

目 录

目 录.....	1
1 概 述.....	8
1.1 建设项目安全评价前期准备情况.....	8
1.1.1 接受评价委托	8
1.1.2 组成评价组	9
1.1.3 现场勘察	9
1.2 评价目的.....	9
1.3 评价范围.....	9
1.4 评价依据.....	10
1.5 评价经过及评价程序.....	10
2 建设项目概况.....	13
2.1 企业简介.....	13
2.2 建设项目简介.....	13
2.2.1 项目名称	13
2.2.2 项目地点	13
2.2.3 项目由来	13
2.2.4 建设性质	15
2.2.5 建设内容及规模	15
2.2.6 建设项目设计上采用的主要技术、工艺（方式）和国内、外同类建设项 目水平对比情况	17
2.3 建设项目选址、周边环境及总平面布置.....	29
2.3.1 建设项目选址	29
2.3.2 建设项目周边环境	31
2.3.3 建设项目总平面布置	31
2.4 建设项目水文、地质及气象条件.....	32
2.4.1 工程地质条件	32
2.4.2 水文条件	32
2.4.3 气象条件	35

2.5 生产工艺流程.....	36
2.5.1 天然气净化工艺	36
2.5.2 天然气液化工艺	37
2.5.3 制冷	38
2.5.4 冷剂补充和储存	39
2.5.5 蒸发气压缩	39
2.5.6 产品储存及装运	40
2.5.7 火炬系统工艺	40
2.6 建设项目主要生产设备.....	40
2.6.1 主要生产设备	40
2.6.2 主要特种设备	43
2.7 建设项目原辅料、中间产品及产品.....	44
2.7.1 主要原辅材料	44
2.7.2 产品及副产品	45
2.7.3 中间产物	46
2.8 危险化学品及理化性能指标.....	46
2.9 危险化学品包装、储存、运输的技术要求.....	48
2.10 建设项目主要建构筑物情况.....	49
2.11 公用工程及辅助设施.....	50
2.11.1 给排水	50
2.11.2 供电	54
2.11.3 防雷接地	55
2.11.4 通信系统	55
2.11.5 采暖通风与空气调节	57
2.11.6 空压站	58
2.11.7 氮气站	59
2.12 储运及装卸设施.....	60
2.12.1 原辅材料	60
2.12.2 LNG 储存和运输	61
2.13 中央化验室的组成及环境.....	62

2.14 消防.....	63
2.14.1 水消防系统	63
2.14.2 消防水量	63
2.14.3 消防水池和消防水泵	63
2.14.4 工艺装置区消防设计	64
2.14.5 LNG 储罐区消防设计	64
2.14.6 其它区域消防设计	64
2.14.7 高倍泡沫系统	65
2.14.8 移动式灭火器设置	65
2.15 自动控制.....	65
2.15.1 控制系统整体方案	65
2.15.2 仪表选型	66
2.15.3 控制室的设置	66
2.15.4 仪表的供电和供气	67
2.15.5 安全技术措施	67
2.15.6 仪表安装	67
2.16 主要技术经济指标.....	68
2.17 建设项目安全专项投资.....	69
2.18 建设项目劳动定员情况.....	70
2.18.1 劳动定员	70
2.18.2 生产制度	70
2.18.3 组织机构	71
3 危险有害因素辨识.....	72
3.1 主要物料的危险、有害因素辨识结果.....	72
3.2 工艺、设备、公用工程危险、有害因素辨识结果.....	73
3.3 重大危险源辨识结果.....	74
3.3.1 重大危险源辨识	74
3.3.2 重大危险源分级	75
4 评价单元划分和评价方法选择.....	76
4.1 评价单元划分原则.....	76

4.2 评价单元划分结果.....	76
4.3 评价方法选择.....	77
5 危险有害因素定性、定量分析	79
5.1 固有危险程度的分析结果.....	79
5.1.1 具有可燃性、爆炸性的化学品数量、状态和所在的作业场所（部位）及其状况（温度、压力）	79
5.1.2 爆炸性化学品的梯恩梯当量	79
5.1.3 可燃性化学品完全燃烧后释放的热量	79
5.1.4 有毒化学品的浓度	80
5.2 建设项目总体及各作业场所固有危险程度定性分析结果.....	80
5.2.1 建设项目产业政策符合性评价结果	80
5.2.2 建设项目选址安全条件评价结果	80
5.2.3 建设项目总平面布置评价结果	81
5.2.4 各个作业场所（单元）的定性评价结果	81
5.2.5 公用工程定性评价	82
5.3 风险程度的分析结果.....	82
5.3.1 出现可燃性、爆炸性泄漏的可能性	82
5.3.2 化学品泄漏后具备造成爆炸、火灾事故的条件	83
5.3.4 化学品泄漏后引发火灾、爆炸事故的后果模拟	83
5.3.4.3 天然气蒸汽云爆炸事故后果模拟	84
6 类似工程事故案例分析	86
7 安全条件和安全生产条件的分析	89
7.1 建设项目安全条件分析.....	89
7.1.1 建设项目对周边环境的影响	89
7.1.2 周边环境对建设项目的影 响	91
7.1.3 自然条件对建设项目的影 响	92
7.2 建设项目安全生产条件分析.....	93
7.2.1 建设项目拟选择的主要技术、工艺和装置、装备、设施的安全可靠性	93
7.2.2 建设项目拟选用的主要安全系统	96

7.2.3 拟选择的主要装置、设备或设施与生产、储存过程的匹配情况	97
7.2.4 拟为生产、储存过程配套和辅助工程能否满足安全生产的需要	97
8 安全对策措施与建议	98
8.1 可研报告中提及的安全对策措施	98
8.1.1 安全技术措施	98
8.1.2 安全卫生防护措施	98
8.2 本报告安全对策措施与建议的依据、原则	100
8.2.1 依据	100
8.2.2 原则	100
8.2.3 用词原则	100
8.3 本报告提出的安全对策措施及建议	101
8.3.1 建设项目选址与总平面布置	101
8.3.2 拟选择的主要技术、工艺或者方式和装置、设备、设施	102
9 项目设立安全评价结论	140
9.1 危险、有害因素辨识结论	140
9.2 定性分析评价结论	140
9.3 定量分析评价结论	141
9.4 应重点防范的主要危险有害因素、部位和应重视的安全对策	142
9.5 对合规性、总平面布置和技术工艺的结论	142
10 与建设单位交换意见情况结果	144
附件 1 各类图以及安全评价过程制作的图表	146
附件 2 主要评价依据	147
F2.1 法律、法规、规章及规范性文件	147
F2.1.1 国家法律	147
F2.1.2 行政法规	147
F2.1.3 部门规章	148
F2.1.4 地方法规	149
F2.2 相关标准、规范	150
F2.3 其他依据	151
F2.4 参考文献	151

附件 3 主要危险有害因素辨识过程	153
F3.1 主要物料的危险、有害因素辨识	153
F3.1.1 原料危险性辨识	153
F3.1.2 生产辅助物料危险性辨识	165
F3.1.3 主要产品危险性辨识	175
F3.2 生产工艺过程危险有害因素辨识	187
F3.2.1 工艺过程中可能出现的危险有害因素	187
F3.2.2 泄漏事故致因分析	188
F3.2.3 依据《企业职工伤亡事故分类》辨识工艺过程危险有害因素	190
F3.3 危险性较大的设备与特种设备的危险有害因素辨识	194
F3.3.1 塔类设备	194
F3.3.2 贮存类设备	195
F3.3.3 换热器	197
F3.3.4 压缩机	197
F3.3.5 机泵设备	198
F3.3.6 锅炉、加热炉	199
F3.3.7 安全附件	200
F3.3.8 控制系统	200
F3.4 高架火炬的危险有害因素辨识	200
F3.4.1 高架火炬的“回火”和“瘪压”现象	200
F3.4.2 事故状态下高架火炬存在的风险	200
F3.5.3 长明灯系统存在的风险	201
F3.5.4 噪音和环境污染	202
F3.5 公用工程危险有害因素辨识	202
F3.6 其他方面的危险有害因素辨识	206
F3.6.1 试车阶段	206
F3.6.2 检修阶段	207
F3.6.3 管理阶段	207
F3.7 重大危险源辨识	208
F3.7.1 危险化学品重大危险源辨识	208

F3.7.2 重大危险源分级	209
F3.7.3 重大危险源辨识小结	212
附件 4 评价方法简介	213
F4.1 安全检查表法	213
F4.2 预先危险性分析	213
F4.3 事故树法	214
F4.4 事件树法	215
F4.5 事故后果模拟法	215
附件 5 定性、定量分析评价	217
F5.1 建设项目选址单元的评价内容	217
F5.1.1 建设项目产业政策符合性评价	217
F5.1.2 建设项目选址安全条件检查	217
F5.1.3 建设项目与周边“八大场所”的间距	223
F5.1.4 建设项目与周边单位的距离	224
F5.2 建设项目安全条件分析论证	225
F5.2.1 分析论证建设项目对周边环境的影响	225
F5.2.2 分析论证周边环境对建设项目的影	227
F5.2.3 分析论证自然条件对建设项目的影	230
F5.3 项目总平面布置单元的评价内容	233
F5.4 各个作业场所（单元）的定性评价内容	238
F5.4.1 各个作业场所（单元）的预先危险性分析	238
F5.4.2 液化天然气储罐火灾爆炸事故树分析	253
F5.4.3 各作业场所（单元）事件树分析	256
F5.5 各个作业场所（单元）的定量评价内容	259
F5.5.1 固有风险程度分析	259
F5.5.2 液化天然气储罐泄漏事故后果模拟	260
F5.5.3 定量风险评价	269
附件 6 其他附件目录	278

1 概 述

1.1 建设项目安全评价前期准备情况

阆中双瑞能源有限公司拟在四川省阆中市阆中市工业集中区建设元坝气田天然气储气调峰工程项目，项目总占地面积为 260 亩，建设范围包括天然气深度净化、液化、储运、火炬系统等四个主系统及供电、给排水、自控、消防、供热、通讯、采暖配套系统。项目建成后实现日处理天然气 100 万 Nm^3 ，年生产天然气液化天然气 21.5 万吨，本项目已取得《企业投资项目备案通知书》（备案号：川投资备[51000014050501]0029），准予本项目备案。

1.1.1 接受评价委托

本项目属于燃气生产及供应业，根《危险化学品安全管理条例》第十二条规定：“新建、改建、扩建生产、储存危险化学品的建设项目（以下简称建设项目），应当由安全生产监督管理部门进行安全条件审查。建设单位应当对建设项目进行安全条件论证，委托具备国家规定的资质条件的机构对建设项目进行安全评价，并将安全条件论证和安全评价的情况报告报建设项目所在地设区的市级以上人民政府安全生产监督管理部门；”《危险化学品建设项目安全监督管理办法》第九条规定：“建设单位应当在建设项目的可行性研究阶段，委托具备相应资质的安全评价机构对建设项目进行安全评价。”

阆中双瑞能源有限公司于 2013 年 9 月委托四川省安全科学技术研究院对该公司元坝气田天然气储气调峰工程项目进行安全评价。

1.1.2 组成评价组

受阆中双瑞能源有限公司委托，四川省安全科学技术研究院成立了由安全工程及化工相关专业人员组成的阆中双瑞能源有限公司元坝气田天然气储气调峰工程项目安全评价小组。

1.1.3 现场勘察

评价组人员分别于 2013 年 9 月 11 日、10 月 8 日在阆中双瑞能源有限公司相关人员的陪同下，对项目所在地阆中市工业集中区进行了实地勘察，广泛收集了有关基础资料，听取有关领导及相关工程技术人员的介绍。

1.2 评价目的

阆中双瑞能源有限公司元坝气田天然气储气调峰工程项目安全评价的目的是贯彻“安全第一、预防为主、综合治理”的方针，落实建设项目安全生产“三同时”制度，查找、分析和预测该工程存在的危险、有害因素及可能导致的危险、危害后果和程度，运用适宜的评价方法对各评价单元进行风险分析，提出合理可行的安全对策措施，论证建设项目对周边环境的影响及周边环境对项目的影响，为建设项目初步设计提供科学依据，以达到最低事故率、最小损失和最优的安全投资效益的目的。

1.3 评价范围

按照四川省安全科学技术研究院与阆中双瑞能源有限公司签订的委托书，本次安全评价的范围包括阆中双瑞能源有限公司元坝气田天然气储气调峰工程项目生产装置及相应的公用工程及辅助设施。阆中双瑞能源有限

公司元坝气田天然气储气调峰工程项目属于“4.c 燃气生产及供应业”，四川省安全科学技术研究院安全评价资质范围含有此类别。

阆中双瑞能源有限公司天然气管道输送设施及输配气门站建设不在本次评价范围内。

本评价报告只对评价项目中涉及到的职业卫生问题提出建议，具体结果以职业卫生评价报告为准；本评价项目中出现的拟建项目与周边社区及城镇的卫生防护距离，具体结果以审批的环境评价报告为准；对消防设施的设置，本安全评价中仅提出建议措施，其具体实施以当地公安消防部门的批复为准。

1.4 评价依据

本报告评价依据主要包括国家现行“法律、法规、规章及规范性文件”、“主要技术标准与规范”、“其它依据”以及“参考文献”，具体内容见本报告附件二。

1.5 评价经过及评价程序

根据《阆中双瑞能源有限公司元坝气田天然气储气调峰工程项目可行性研究报告》的具体内容及项目的实际情况，与建设单位、可行性研究设计单位进行工艺技术交流，检索收集有关法律法规、技术标准、规章规范及相关事故案例，收集、整理安全评价所需要的各种文件、资料和数据等。

本评价报告编制完成后，经四川省安全科学技术研究院内部审核讨论修改后形成初稿，对报告初稿与企业交换了意见，并经双方对报告内容达成一致意见后形成本报告送审稿，报审查机构审核。

评价程序主要包括：准备阶段，危险、有害因素识别与分析，定性、定量评价，提出安全对策措施，形成安全评价结论与建议，编制安全评价报告等，如图 1.5 所示。

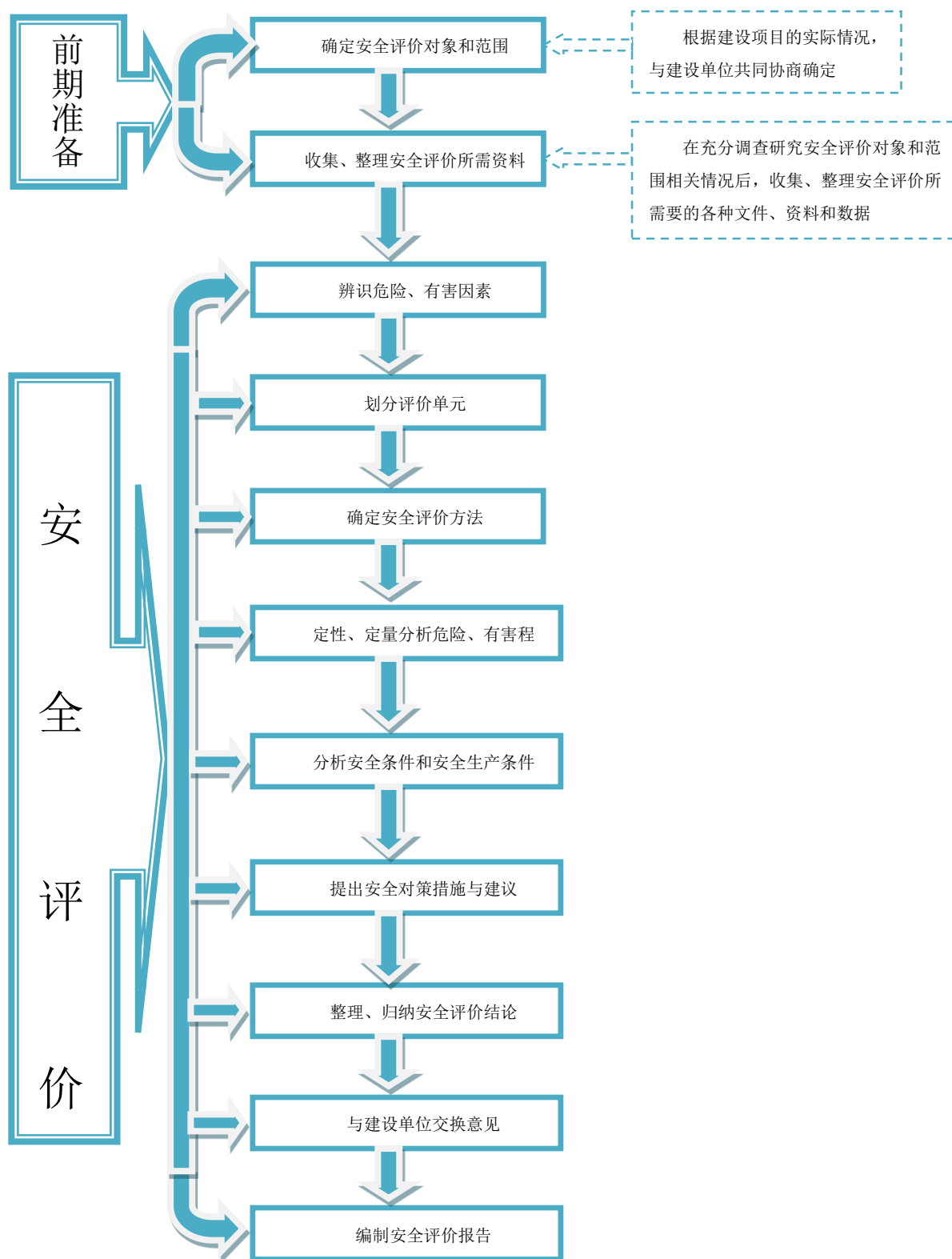


图 1.5 评价程序图

2 建设项目概况

2.1 企业简介

阆中双瑞能源有限公司是由四川双瑞能源有限公司和四川省天然气川东能源有限责任公司出资设立，注册资金 1.5 亿元，注册地址四川省阆中市阆中市工业集中区迎宾路东段。公司的经营范围为液化天然气、液化石油气的生产、销售。

阆中双瑞能源有限公司拟在四川省阆中市阆中市工业集中区新建元坝气田天然气储气调峰工程项目，项目建成后实现日处理 100 万 Nm^3 ，年生产天然气液化天然气 21.5 万吨。

2.2 建设项目简介

2.2.1 项目名称

阆中双瑞能源有限公司元坝气田天然气储气调峰工程项目。

2.2.2 项目地点

本项目拟建于四川省阆中市阆中市工业集中区，项目总占地面积为 260 亩。

2.2.3 项目由来

随着国家对能源需求的不断增长，我国重视利用 LNG 和发展先进技术，将对优化中国能源结构，有效解决能源供应安全、生态环境保护的双重问题，实现经济和社会的可持续发展发挥重要作用。前几年我国在公共交通领域中将 LNG 主要运用在公交客运方面，从 2010 年开始 LNG 运用到公路客运上越来越多，特别是山东、浙江等地较为明显。新版《天然气

利用政策》首次将 LNG 动力汽车纳入鼓励范围内，并特别提出要鼓励和支持汽车、船舶天然气加注设施和设备建设。可以预见，在未来 10-20 年的时间内，LNG 将成为中国天然气市场的主力军。

元坝气田是中国石化继普光气田之后勘探发现的另一个气田，位于川东北地区巴中区块西南部，2007 年元坝 1-1 侧井在长兴组试获 $50 \times 10^4 \text{Nm}^3/\text{d}$ 的高产工业气流，发现了元坝气田。元坝气田海相探明储量 $1592.53 \times 10^8 \text{m}^3$ ，产能 $34 \times 10^8 \text{m}^3$ ；元坝气田陆相地区矿权面积 3251.48km^2 。2010 年部署 10 口专探井，中浅层油气资源得到迅速扩大落实。2011 年部署 6 口井，评价高产富集带。10 口专探井均钻遇气层，5 口获工业气流，其中 2 口超百万方。获得了元坝地区中浅层总资源量 $7021 \times 10^8 \text{m}^3$ ，累计获控制储量 $2596.16 \times 10^8 \text{m}^3$ 、预测储量 $2556.16 \times 10^8 \text{m}^3$ ，储量合计 $5152.32 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

为了支持地方经济的发展，中石化将给当地优惠天然气气价和一定的供应量，在该地区建设液化天然气工厂，可以充分利用资源，变资源优势为经济优势，拉动当地经济发展。

本项目是元坝气田开发工程的配套项目，是元坝气田上游天然气生产与下游天然气用户之间最重要的平稳调节设施。项目符合国家产业政策和天然气利用政策，是国家鼓励类和优先用气类项目。中石化大力支持该项目的建设并出据了用气事宜的复函。（详见附件）

本项目的实施，对投资方而言，可使天然气资源得到充分利用，提高经济效益，加快气田的开发建设。就阆中市而言，一是为城市提供清洁能源，从而改善城市的生态、环境条件；二是可以带来可观的税收，增加经济实力，并带动其它产业（如运输、服务行业）的发展；三是可以解决部分人员的就业，为城市建设与发展取得明显的社会效益。由此可见，建设 LNG 液化工厂，可实现“共赢”，达到社会效益与经济效益的最佳化，

并可以树立良好的社会形象。本工程的实施，对于及时加快中石化西南油气田元坝气田的勘探开发，将元坝气田丰富的天然气输向邻近能源短缺的地区，发展巩固中石化在川渝地区的天然气市场，实现各地资源和市场的互补，加快川渝地区经济发展、拉动国民经济增长、调整我国能源结构和充分利用天然气资源等方面具有重要的经济意义。

综上所述，该项目的建设能促进地方经济发展，改善当地环境质量同时对油气田上游正常生产、下游用户平稳用气以及增加四川天然气有效供给有着重要的意义，项目符合国家产业政策和天然气利用政策，项目建设很有必要。

2.2.4 建设性质

本项目为新建项目，主要产品为液化天然气。本项目建设内容属于国家发展和改革委员会发布的《产业结构调整指导目录（2011 版本）（2013 年修正）》鼓励类“七、石油、天然气”第 3 条“原油、天然气、液化天然气、成品油的储运和管道输送设施及网络建设”，符合国家产业政策。

根据《天然气利用政策》（发改委令第 15 号），第一类优先类：城市燃气“10、城镇中具有应急和调峰功能的天然气储存设施；”本项目作为天然气储气调峰项目，符合天然气利用政策。

2.2.5 建设内容及规模

本项目总占地面积约为 260 亩，项目建成后实现日处理 100 万 Nm³，年生产天然气液化天然气 21.5 万吨。

本项目总投资为 59564 万元人民币。

表 2.2.5-1 工程建设的主要内容

序号	主项名称	详细内容
一	生产装置	
1	工艺装置	包括净化单元、液化单元、冷剂存储单元、蒸发气压缩单元
二	辅助生产设施	
1	备品仓库	
2	检修班	
3	专用仓库	
4	液化天然气罐区	包括 20000m ³ LNG 储罐和 LNG 输送泵
5	液化天然气装车站	包括 6 个装车位
6	火炬系统	高架火炬
三	公用工程	
1	消防泵房、水池	有消防泵、稳压泵、电机、紧急备用柴油系统、电动葫芦、自控仪表、
2	消防废水收集池	新建废水收集池有效容积 1030m ³ ，主要收集生产装置区消防废水及其他所有生产废水
3	全厂变电所	全厂总变电所（电力变压器，10KV 开关柜，配单元式微机保护，低压
4	循环水站	新建循环冷却水站一座，包括冷却塔、循环水池、循环水泵房等
5	公用工程厂房	包括空压站、脱盐水和 PSA 制氮站和液氮气化站
6	办公楼	主要为场内主要行政管理人员办公地点。一层主要为分析化验室、职工食堂、值班室及接待室。二层主要为行政办公区，设置办公室及会议室，三层、四层布置多功能活动室职工休息室（带淋浴设施）等。办公楼内办公面积按 30m ² /人设计，食堂 2m ² /人设计，实验室按 220 m ² 计，值班室及更衣室按 300 m ² 设计，因此本项目办公楼建筑面积为 4000 m ² 。
7	控制室	包括分析化验室。DCS、SIS 等控制系统设备，供电经配电柜、交流配电柜，灭火器配置属严重危险级
8	电气	电缆桥架采用架空敷设
9	电信	本项目全厂电信拟设置电话、网络配线及有线电视配线系统、指令扩音对讲系统、火气控制系统（F&GS）、电视监控系统、周界报警系统、无线防爆对讲电话系统

序号	主项名称	详细内容
10	外管	本项目厂区外管网输送的工艺物料包括：天然气、液化天然气、工艺液体、工艺气体、气态混合制冷剂、液态混合制冷剂、工艺放空气等，输送的其它物料为氮气、压缩空气、仪表空气、脱盐水、循环冷却水等。
13	门卫，大门，围墙	门卫 4 人两班制。厂区设大门三个，一为人流大门，一为运输大门，再一为消防大门，有利于安全和工厂管理。整个厂区用围墙围护，面对道路侧围墙采用美丰样式的开式围墙
11	地磅	配 80 吨地磅 2 台

2.2.6 建设项目设计上采用的主要技术、工艺（方式）和国内、外同类建设项目水平对比情况

1) 国内外工艺技术概况

LNG 工厂的工艺技术核心是天然气的液化部分，各技术提供商的大部分专利也是在液化的技术部分。

液化分离部分是 LNG 装置的核心部分，工艺过程并不十分复杂，主要由天然气液化和天然气分离两部分组成。开发研制经济实用、性能可靠的换热设备和高效节能、操作简单灵活的制冷系统，一直是天然气液化分离生产技术的专利商梦寐以求的目标。目前活跃在中国液化分离市场的主要公司有德国 LINDE、美国 B.V.及法国 SOFREGAZ 等工程公司，这些公司在研究天然气制冷液化方面做了很多研究工作。在传统的阶式制冷、氮循环制冷、膨胀制冷等工艺的基础上开发出了投资低、能量效率高的混合冷剂制冷工艺，近期该工艺被大多数国内外小型 LNG 工厂采用。

国内以成都深冷为代表的部分公司也积极加入混合冷剂制冷工艺的开发研究，打通流程并全部采用国产设备建设并顺利投产的有山西港华 LNG 项目、恒泰新能源有限公司磴口项目等。

2) 国外工艺技术概述

国外工艺常见的液化方法如下：

膨胀制冷：主要优点是利用天然气本身压力进行制冷，装置能耗低，设备台数少，投资少；主要缺点是液化率低，对天然气的组成和压力有较高的要求。这种工艺适用与天然气压力较高，甲烷含量较高，天然气气源较充足，资金紧张的情况下选用。

三级阶式制冷：是 LNG 装置最初经常采用的液化工艺，它包含了三个相对独立、互相串联的制冷剂循环，可以达到天然气全液化的目的。这种工艺投资高，能耗较高，操作复杂，动设备和静设备台数都多。

两级阶式制冷+闪蒸制冷：是将复迭制冷和节流膨胀制冷的工艺相结合，使得液化率比膨胀制冷的液化率有所提高，可达到 50%左右，投资和能耗又比三级阶式制冷工艺的投资有所降低。

混合制冷：是以多组分的混合制冷剂（ N_2 和 C_1-C_5 的混合物）取代传统的单一组分的制冷剂，大大简化了液化单元，提高了操作可靠性、灵活性，强化系统的能量利用，从而实现低能耗、低投资的目的。

3) 国内工艺技术概述

目前国内 LNG 工艺研究开发尚处于初级阶段，其涉及的主要有天然气直接膨胀制冷、氮循环膨胀制冷、混合制冷剂循环制冷等工艺，规模都非常小，介于 1~15 万吨/年之间。

目前仅个别项目已打通流程建立装置且投入生产。但装置中设备余量较大，设备间搭配不合理，或大或小。国内工艺技术的研究开发受国产设备的影响也比较大，国产设备单机（台）能力受限，某些关键设备，国外设备使用 1 台的国内需使用数台才能达到同样生产能力。

国内从事 LNG 液化工艺包设计与转让的主要有中原绿能高科、成都

深冷、四川空分、杭州富斯达、哈尔滨雪贝等公司。从目前已经投入运行的装置情况来看，国内专利技术主要集中于处理量小于 $100 \times 10^4 \text{Nm}^3/\text{d}$ 的装置，特别是 $60 \times 10^4 \text{Nm}^3/\text{d}$ 及以下的装置超过 70% 采用了国内技术。

$100 \times 10^4 \text{Nm}^3/\text{d}$ 及以上的装置目前仅中原绿能在参照美国 B&V 技术的基础上开发成功了单套日处理达到 $100 \times 10^4 \text{Nm}^3/\text{d}$ 的工艺包。

(1) 从已经投入运行的装置情况看，国内技术主要有以下优缺点：

国内专利技术的优点

相同规模下投资较省；

工艺包设计周期较短；

技术服务响应快。

(2) 国内专利技术的缺点

国内 LNG 液化技术目前仍处于模仿阶段，缺乏核心技术的支撑；

设备匹配不合理，装置中设备余量较大，设备间搭配不合理，或大或小；

受国产设备的影响比较大，国产设备单机（台）能力受限，特别是冷剂压缩机等关键设备，国外设备使用 1 台的国内需使用两台才能达到同样生产能力；

使用国内 LNG 工艺技术建设装置时，绝对投资较省，但设备运行较不稳定，检修量大，装置运行单耗较高。

4) 工艺技术方案比较和选择

天然气液化工厂的工艺过程基本包括原料气预处理（净化）、液化、副产品回收、储存、装车、及辅助系统等。通常所指主工艺流程包括天然气预处理和液化工艺，后者则是核心。

5) 天然气预处理工艺

原料气进入低温系统液化前还必须对其进行预处理，以除去原料气中的酸性气体、水分和杂质，如 H_2S 、 CO_2 、 H_2O 、 Hg 、苯以及重烃等，避免它们在低温系统中冻结而堵塞、腐蚀设备和管道。

表 2.2.6-1 原料气预处理后的主要指标

杂质	含量极限
H_2O	<1 ppmV
H_2S	<4 ppmV
CO_2	<50 ppmV
Hg	<0.1 ppbV
苯	<10 ppmV

(1) 脱除酸性气体工艺

原料天然气中往往含有一些酸性气体，常见的酸性气体是 H_2S 、 CO_2 和 COS 。酸性气体不但对人身有害，对设备管道有腐蚀作用，而且因其沸点较高，在降温过程中易成固体析出，因此在液化前必须将其脱除。

用于天然气脱除 CO_2 的方法有溶剂吸收法、物理吸收法、氧化还原法和膜分离法。

表 2.2.6-2 脱除 CO_2 的方法比较

类别	方法	原理	主要特点
化学吸收法	MEA、DEA、DIPA、MDEAD、Benfield、DGA 等	靠酸碱反应吸收酸气，升温脱出酸气	净化度高，适应性宽，经验丰富，应用广泛
物理吸收法	Selexol、Purisol、Flour Solvent 等	靠物理溶解吸收酸气，闪蒸脱出酸气	再生能耗低，吸收重烃，高净化度需有特别再生措施
氧化还原法	Stretford、Sulfolin、Sulferox、Unisulf 等	靠氧化还原反应将 H_2S 氧化为元素硫	集脱硫与硫回收为一体，溶液硫容低
膜分离法	Prism、Separex、Gasep、Delsep 等	靠气体中各个组分渗透速率不同而分离	能耗低，适于处理量高 CO_2 气（20%以上）

目前普遍公认和广泛应用的是溶剂吸收法中的胺法。胺法所用溶剂主要有一乙醇胺（MEA）、二乙醇胺（DEA）、二异丙醇胺（DIPA）、甲基二乙醇胺（MDEA）等。胺法突出的优点是成本低、高反应率、良好的稳定

性和易再生。经净化后， H_2S 的浓度可降到 $5 \times 10^{-5} \text{kg/m}^3$ ， CO_2 浓度可降至 $2.5 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{m}^3$ 。通常 MDEA 和 DIPA 用于选择性脱除 CO_2 和 H_2S ，而 MEA 和 DEA 用于非选择性脱除 CO_2 和 H_2S ，其中 DEA 适用于原料气中含 COS 的场合。目前国内建成及在建的小型 LNG 液化工厂均采用 MDEA 做为脱酸气的溶剂。

根据本项目原料气的组分， CO_2 含量较高，在液化装置中， CO_2 易成为固相析出，堵塞管道，同时 CO_2 不燃烧，无热值，对之运输和液化也是不经济的。可研推荐选用甲基二乙醇胺（MDEA）做为脱酸气溶剂。

（2）脱水工艺

原料气中若含有水分，在液化装置中，会冻结在换热器的表面和节流阀的工作部分，造成堵塞现象。因此在液化前必须将原料气中的游离水脱除，使其露点达到 -100°C 以下。

天然气脱水按原理可分为低温脱水、固体干燥剂吸附和溶剂吸收三大类。

表 2.2.6-3 天然气脱水方法比较

类别	原理	主要特点
冷却法	利用当压力不变时，原料气的含水量随温度降低而减少的原理实现脱水	只适用于大量水分的粗分离
溶剂吸收法	利用吸湿性液体吸收的方法脱除气流中的水蒸气	适用于大型 LNG 液化装置中脱除原料气所含的大部分水分
干燥剂吸附法		能够提供非常低的露点，可使水的体积分数降至 $1 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{m}^3$ 以下；对气温、压力、流速变化不敏感；无腐蚀泡沫问题。但一次投资较大，再生时需要的热量多。

低温脱水和溶剂吸收法脱水深度较低，不适用于本项目；天然气干燥脱水宜采取固体吸附法，固体干燥剂常用的有氧化铝、硅胶、分子筛或这两种吸附剂混合使用。

表 2.2.6-4 固体干燥剂比较

吸附剂	优点	缺点
活性氧化铝	对多数气体和蒸汽都是稳定的 循环使用其物化性能变化不大	呈碱性，可与无机酸发生化学反应 易吸附重烃
硅胶	容易再生	易于饱和 与液态水接触很易炸裂，产生粉尘
分子筛	吸附选择性强 不吸附重烃，避免失效 具有高效吸附性能，适用于深度干燥 同时可以进一步脱除残余酸性气体、不易 受液态水的损害	价格高 再生时耗热高

由于分子筛具有吸附选择能力强、低水汽分压下的高吸附特性，以及同时可以进一步脱除残余酸性气体等优点。现代 LNG 液化工厂采用的吸附脱水方法大都是分子筛吸附。分子筛中 4A 分子筛是比较合适的。因此本项目拟采用 4A 分子筛作为脱水吸附剂。

(3) 脱汞工艺

原料气中有时会还有微量的汞，而汞在低温下以游离的液态汞的形式存在，与金属铝形成铝汞齐，会严重腐蚀 LNG 装置铝制设备（冷箱），引起冷箱穿孔甚至导致停产，因此的汞的含量应受到严格控制。

浸硫活性炭脱汞是一种经济的脱汞方法，其原理是汞与硫在反应器中反应，活性硫将汞以硫化物的方式固定在活性炭的多孔结构上，达到脱汞目的。

(4) 脱重烃工艺

原料气中有时会含有一定的 C₄ 以上的重烃组分，这部分重烃由于凝点较高将在天然气液化过程中提前冷凝，温度过低会结晶导致冷箱的堵塞。因此重烃需在液化过程中脱除。

脱除重烃的方法一般有吸附脱除和低温脱除两种方式。低温脱除法脱除率高，并有利于重烃的回收，给工厂增加效益，本项目推荐采用低温脱

除法脱除原料气组分中重烃。

(5) 尾气脱硫

CO₂ 尾气高空排放，虽然目前原料气组分没有 H₂S 含量，但考虑到原料气组分可能会在运行过程中发生变化，系统中预留增加尾气脱硫装置的接口。尾气脱硫拟采用干法脱硫，脱硫剂采用氧化铁。

6、天然气制冷工艺

迄今为止，在天然气液化领域中成熟的制冷工艺主要有以下三种：阶式制冷循环工艺、带膨胀机的膨胀制冷循环工艺和混合冷剂循环工艺。

(1) 阶式制冷循环工艺

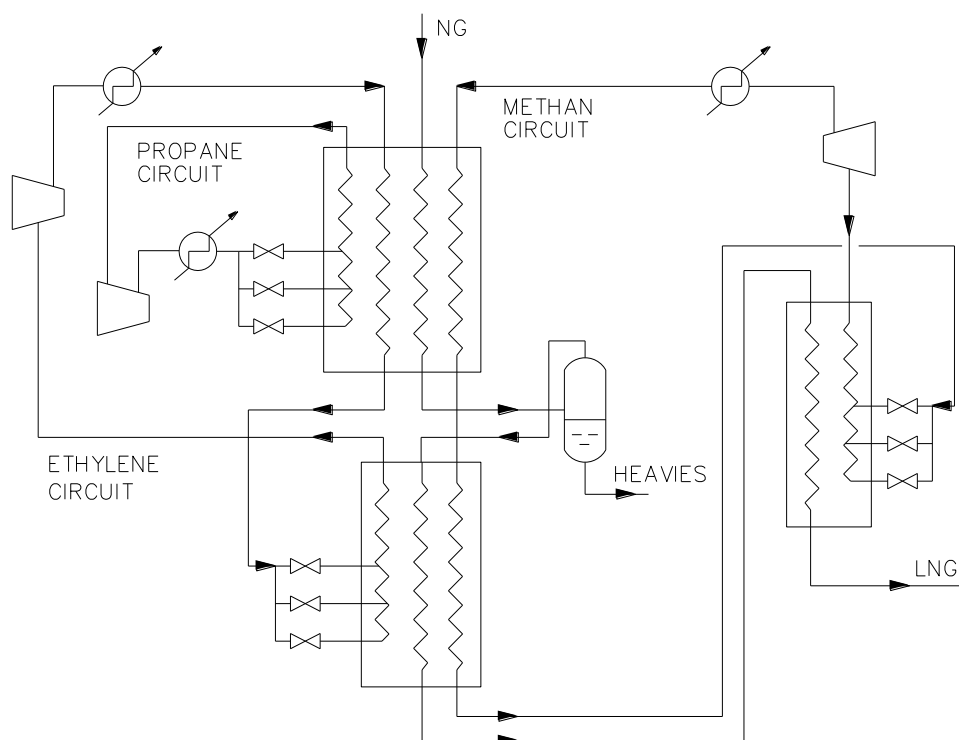
典型的阶式制冷循环由多个单独的制冷循环组成，多为丙烷、乙烯和甲烷等数个不同温度级别的循环系统串联。一般是由丙烷、乙烯和甲烷冷剂的三个制冷循环阶段组成，逐级提供天然气液化所需的冷量，制冷温度梯度分别为：-30℃，-90℃以及-150℃左右。净化后的原料天然气在 3 个制冷循环的冷却器中逐级冷却、冷凝、液化并过冷，经节流降压后获得低温常压液态天然气产品，送至储罐储存。每个系统均有一个压缩机组，获得所需温度级位的冷剂。

优点：能耗低；制冷剂为纯物质，无配比问题；制冷系统与天然气液化系统相互独立，制冷剂为单一组分，各系统相互影响少，操作稳定。

缺点：机组多，流程复杂；对制冷剂纯度要求严格，且不适用于含氮量较多的天然气；管道与控制系统复杂，维护不便；由于控制、操作和维修环节繁多，因而可靠度相对较低。

有些采用阶式制冷的大型 LNG 生产装置为了提高开工率，每个冷剂系统都配备了双透平，虽然这样做可以使装置在某个透平出现问题时仍然有可能保持生产，但操作越发复杂，单位投资也大大增加。

阶式制冷循环工艺较适合于高压气源（利用气源压力能），主要应用于基本负荷型天然气液化装置。在早期的天然气液化生产中，该工艺有较多的应用。但目前这种液化工艺在天然气液化装置上已较少应用。在超大型的液化工厂，改进型的阶式制冷流程尚有应用。



典型的阶式制冷液化流程

（2）带膨胀机的膨胀机制冷工艺

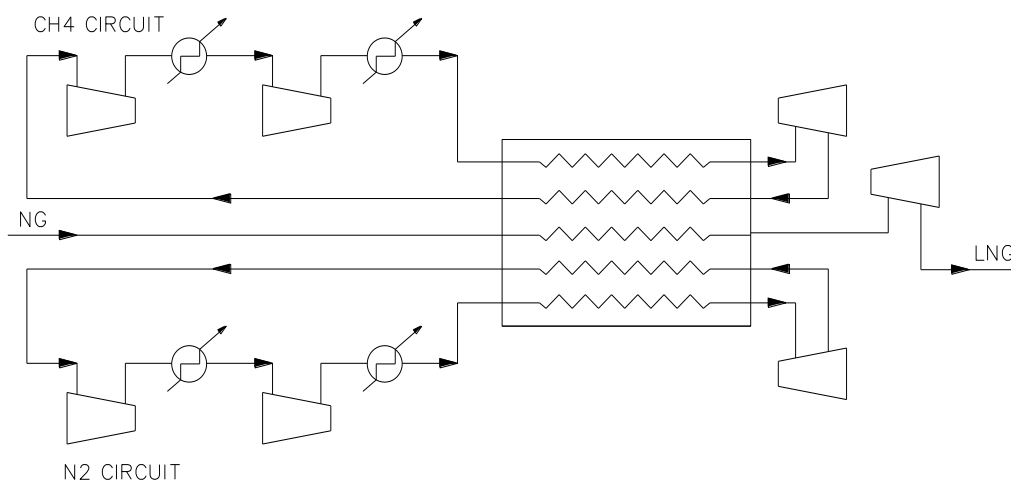
膨胀机流程为利用高压制冷剂如氮气、天然气或混合气，通过透平膨胀机绝热膨胀降温实现液化。系统液化率主要取决于膨胀比和膨胀效率。

优点：流程短、调节灵活、工作可靠、易启动、易操作、维护方便、投资省。

缺点：由于循环气量大、液化率低、换热器传热温差大，功耗大，而且动设备多，尤其是膨胀机的工作性能受原料气压力和组成变化的影响较大；对送入装置的气流要求高，必须深度干燥；回流压力低，换热面积

大。

此类工艺特别适用于装置能力非常小或环境特殊的场合。



典型的CH₄,N₂双循环带膨胀机的液化流程

(3) 混合冷剂循环工艺

混合制冷剂液化工艺是六十年代末期由阶式制冷工艺演变而来的，多采用烃类混合物作为制冷剂，代替阶式制冷工艺中的多个纯组分。混合制冷剂制冷循环 MRC 是采用 N₂ 和 C₁~C₅ 烃类混合物作为循环制冷剂的工艺。该工艺是利用多组分混合物中重组分先冷凝、轻组分后冷凝的特性，在制冷循环中采用混合制冷剂，进行逐级的冷凝、分离、节流、蒸发得到不同温度水平的制冷量，以达到逐步冷却和液化天然气。MRC 即达到类似复迭制冷循环的目的，又克服了其系统复杂的缺点。自 20 世纪 70 年代末，混合制冷剂制冷循环在各种规模的 LNG 装置中得到了最多的应用。

传统的混合冷剂采用多组分的混合冷剂一次压缩，利用不同组分不同沸点，部分冷凝的特点，得到所需不同的温度水平，将原料气顺序冷却液化。为同时保持流程的简单和高效性，高压冷剂在进入冷箱以后，应尽量避免在冷箱中部再次出入冷箱进行气液分离，直到冷箱的另一端经节流阀节流减压，全部返回换热器进行闪蒸，向天然气和高压冷剂提供冷量，然

2	单级混合冷剂液化流程	1.25	
3	丙烷预冷单级混合制冷剂液化流程	1.15	
4	多级混合制冷剂液化流程	1.05	
5	单级膨胀机液化流程	2.00	
6	丙烷预冷单级膨胀机液化流程	1.70	
7	两级膨胀机液化流程	1.70	

各种制冷循环的特性比较见下表。

表 2.2.6-6 各种制冷循环特性比较

指标	阶式制冷	混合冷剂制冷	膨胀制冷
液化效率	高	中	低
流程复杂程度	高	中	低
换热器类型	板翅	板翅或螺旋管	板翅
换热器面积	小	大	小
适应性（规模）	大	中、小	小
投资	高	低	低

综上所述，混合制冷剂循环工艺流程简单、设备少，能耗较低，适应性强，且操作灵活、开停车方便，目前世界上混合冷剂循环技术已经非常成熟，在天然气液化领域中得到广泛应用。因此本项目制冷工艺选用美国 BV 公司混合冷剂循环工艺。

7、工艺技术描述

本项目的天然气液化装置是将来自（界区外）输送管线的原料气经过净化、冷凝至液化一系列工艺过程，再将液化天然气（LNG）送入储罐，经泵送、装车。

液化前，必须脱除管道天然气中所含有的水和二氧化碳，这些物质在液化工艺所采用的低温状态下会冻结，并堵塞设备或降低换热器的性能。因此，装置中主要包含两个预处理步骤来保护液化设备的性能。一个二氧化碳脱除系统利用 MDEA 将原料气体中的二氧化碳浓度降到 50ppmv 以下。一个双床层分子筛系统把水脱除到 1ppmv 以下。

来自液化工段的 LNG 送入 LNG 储罐。储罐内的 LNG 经过泵送至装车站，由汽车槽车外运至用户。

来自储罐工艺液体闪蒸、吸热和物料移动产生的蒸发气，被送入蒸发气压缩机进行压缩后至满足再生气加热炉和其他燃料用户所要求的压力。再生尾气将循环至脱水段入口。在正常操作中工艺没有天然气浪费。

由于国产 LNG 工艺技术研究开发刚起步，规模小，投资高，运行成本高，故本项目不选用国产 LNG 工艺技术，拟使用美国 BV 公司混合制冷剂循环工艺技术。目前世界上混合制冷剂循环技术已经非常成熟，在天然气液化领域中得到广泛应用。该工艺具有以下特点：

（1）操作可靠，流程简单

该工艺只有一个采用单压缩机的混合制冷剂制冷循环。这一简单的制冷系统在调峰型和基荷型 LNG 装置中都有过成功应用的经验。

使用单元循环制冷系统是一个简单可靠的 LNG 装置的关键特征。传统的阶式制冷、丙烷预冷混合制冷及其它混合制冷工艺，由于制冷系统复杂，都存在操作繁琐和维修费用高的问题。使用单循环制冷系统，不仅减少了设备的数量和费用，同时也可将控制中所需仪表减少 50%或更多。

使 LNG 装置工艺简化、易于操作的另一个关键因素是使用单个主换热器。如果在工艺中加入其它的换热设备和容器，开车和操作的复杂性将显著增加。

（2）快速再开车

MRC 工艺设计能够使冷剂在长期停车期间保存在系统中，系统可以在很长停车时间内不损失冷剂，这是在一段时间停车后实现快速再开车的一个关键。

（3）操作弹性

原料天然气液化所需的冷量大约为冷剂换热器负荷的 15~20%。原料气成分和压力的波动对冷剂换热器性能的影响很小；另外，环境条件的变化对本系统的影响也很低。

2.3 建设项目选址、周边环境及总平面布置

2.3.1 建设项目选址

本项目选址位于阆中市阆中市工业集中区。总面积约 260 亩。



2.3.1-1 建设项目地理位置图

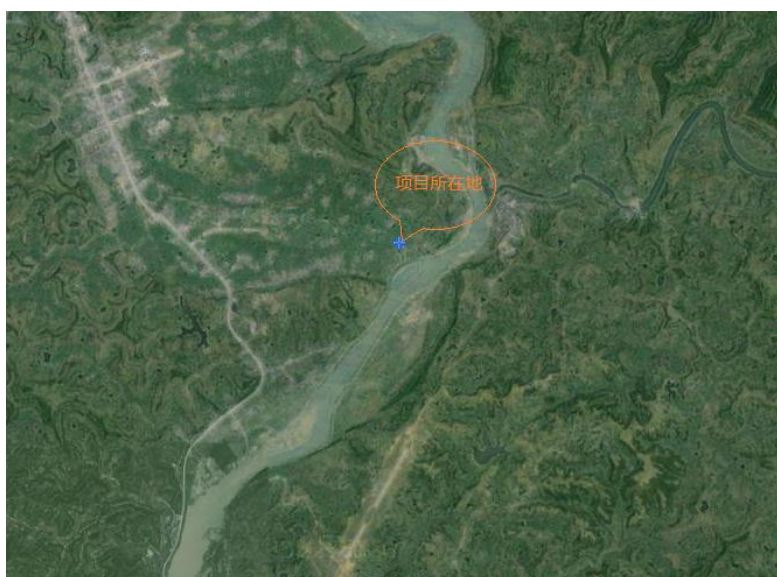


图 2.3.1-2 建设项目卫星位置图

阆中市人民政府与 2006 年以阆府发[2006]80 号文决定成立阆中七里新区，其中包括七里新区和阆中市工业集中区。

项目取得了阆中市人民政府《关于元坝气田天然气储气调峰工程项目用地的批复》（阆府函〔2014〕11 号），同意将位于市工业集中区莺花路西侧、迎宾大道与汉王祠路之间的 304 亩工业用地调整为三类工业用地后作为元坝气田天然气储气调峰工程项目用地。

项目取得了阆中市城市规划委员会办公室《关于元坝气田天然气储气调峰工程项目的拟选址意见》（阆规办〔2014〕18 号），同意项目选址在阆中市工业集中区莺花路西侧、迎宾大道与汉王祠路之间。项目用地属于调整后的三类用地（天然气化工区块），项目用地符合园区规划要求。

项目取得了阆中市工业集中区管理委员会《关于同意元坝气田天然气储气调峰工程项目入驻阆中市工业集中区的批复》（阆工集管委〔2014〕4 号），同意该项目入驻。

阆中市工业集中区座落于国家级历史文化名城阆中市七里新区，距阆中市主城区行政中心三公里。国道 212 线、已开工建设的兰（州）—渝（重庆）铁路、南（充）—广（元）高速公路贯穿其中，嘉陵江渠化工程—金银台航电枢纽工程紧靠园区。园区内建设有孙家垭 220KV 变电站，北侧有黄土坡 220KV 变电站。整个园区嘉陵江碧水绕合，地势平坦开阔。

工业集中区规划设计为江东园区和江西园区。江西园区规划建设用地 10 平方公里，已修建道路 9.3 公里，建成面积达 8 平方公里，道路、供排水管网、电力、天然气、通讯、电视网络等基础设施配套完备。2010 年，计划建设海棠路二期、电站路西段、翠屏路、马家河桥、阆州大道北段等 2.8 公里桥梁、道路工程，并随路延伸建设电力、供水、供气、通讯、电

视网络等基础设施。

2.3.2 建设项目周边环境

建设项目位于阆中市阆中市工业集中区东侧，其周边关系由下表给出。

表 2.3.2 建设项目周边环境一览表

序号	周边情况	所在方位	最近装置距离（m）	备注
1	在建企业	东	在建企业围墙边界距离 LNG 储罐 140m	
2	架空电力线	东	距离 LNG 储罐 172m	
3	架空电力线	东	距离火炬 165m	
	嘉陵江	东南	距离 LNG 储罐 650m	
4	鼎盛建材公司办公楼	南	距离 LNG 储罐 280m	
5	建材企业	西南	最近企业距离 LNG 储罐 320m	
6	兴明玻璃宿舍楼	西南	距离 LNG 储罐 439m	
7	军力鞋业	西	距离 LNG 工艺装置区 301m	
8	架空电力线	西	距离 LNG 工艺装置区 266m	
9	最近居民点	北	距离 LNG 储罐 277m	

2.3.3 建设项目总平面布置

厂区总平面根据生产及辅助设施划分为四个区，即：厂前区、生产及储运区、辅助生产及公用工程区等。

厂前区布置了生产办公楼；生产及储运区布置了主工艺装置（露天联合装置）、LNG 储罐、装车站、地磅、火炬等；辅助生产及公用工程区布置了总变电所、消防泵房/消防水池、废水收集池、循环水站、控制室/变电所、空压站/氮压站/脱离子水站、仓库/维修间等。

厂区东西方向和南北方向各设两条贯穿厂区的主要通道，各功能区用通道加以分割。厂区消防道路皆为环形布置，路面宽度为 6 米，转弯半径为 12 米。

总平面布置具体见报告附件：总平面布置图。

2.4 建设项目水文、地质及气象条件

2.4.1 工程地质条件

本项目位于阆中市经济开发区阆中市工业集中区。阆中市西北紧靠剑门地区，东北毗连大巴山地，东北部的大巴山脉、全支余脉，西北部的剑门山脉，在本县交会。阆中市处于川中丘陵区向川北低山区过渡地带。全境东西北部高，中南部低，呈堰尾槽状地势和多层次梯级地形，海拔328~888.8m。低山、高丘、中丘占幅员面积92%，低丘、平坝占6.31%，水域占1.69%，属低山地貌地形。

阆中市山脉分列嘉陵江东西，嘉陵江以东为大巴山脉，嘉陵江以西为剑门山脉。属大巴山脉的山体有蟠龙山、方山、龙山、大仪山等；属剑门山脉的山体有大罗山、仙桂山及其次级山体支脉。

按《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010），本项目所在地阆中市抗震设防烈度为6度，设计基本地震加速度值为0.05g。

由具有工程勘察综合类甲级资质的四川省川建勘察设计院出具的《元坝气田天然气调峰工程项目详细勘察阶段岩土工程勘察报告》显示：场地地貌单一，地势平坦，无埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石等对工程不利的埋藏物，无特殊不良地质作用，场地和地基整体稳定，适于建筑。场地抗震设防烈度为6度，设计基本地震加速度值为0.05g，设计地震分组为第一组；该场地为II类建筑场地，（消除饱和粉土、细砂的液化）处于对建筑抗震一般场地。

2.4.2 水文条件

（1）水文

拟选建设地址属低山深丘地貌单元，岩性主要为砂岩和泥岩，砂岩为主要含水层，泥岩为隔水层。根据地下水赋存条件、水流性质及水力特征，主要赋存基岩层间裂隙水，由于地势较高，上部砂岩主要为透水层，富水性较差，水量较小，山顶、斜坡地带埋深一般大于 20m，坡脚及沟谷地带埋深一般大于 5m，局部沟谷地带地下水位变幅较大。地下水主要接受大气降雨补给，沿层间裂隙运移，向河流及沟谷就近排泄，水文地质条件简单。

根据已有工程资料，地下水水质类型主要为 $\text{HCO}_3-\text{Ca Mg}$ 型。

(2) 河流

为嘉陵江流域，主要河流为嘉陵江及其支流东河。

a、嘉陵江

嘉陵江是苍溪、阆中境内的主要河流，源头有东、西两支。东源略阳河（又名西汉水），源出甘肃天水嘉陵辅和秦岭南麓；西源白龙江（俗称白河），源于川甘边境岷山北麓。东源自北向南流经陕西略阳，至阳平关进入四川省，继续南流经广元至昭化与西源白龙江汇合，在剑阁县鸯溪乡流入苍溪，经亭子、浙水、马桑、回水、庙垭，在苍溪县纳九曲溪后再流经镇水、五里、寨山、八庙乡，在阆中城西北 15km 的滴水关入阆中县境，过石子、垭口、沙溪、白溪、天鞍、保宁镇、白塔、文成、五马、河溪、双龙、石龙、彭城、朱镇 14 个乡镇，离阆中城南 21.5km 的猫儿井入南部境。

嘉陵江自北向南纵贯苍溪、阆中，流经苍溪县长度为 103km，阆中县长度为 59.45km，其中与苍溪、南部共有河道长 13.1km，河床大多在第四系全新统近代洪积层上，河道开阔、弯曲，河宽在 240m 至 1600m 之间，大部分为砂卵石河床，江水随纵横山势流转，易冲淤变化。阆中境内右岸

有白溪河在天鞍乡空树溪汇入，左岸有东河，在文成乡灵山东侧汇入，构溪河在河溪关汇入。其平均比降在 0.52~0.58‰。

流量参数方面，苍溪境内多年平均流量 $2120\text{m}^3/\text{s}$ ，过境洪峰最大流量 $19800\text{m}^3/\text{s}$ ，最小流量 $112\text{m}^3/\text{s}$ ；阆中保宁镇华光楼处断面多年平均流量 $650\text{m}^3/\text{s}$ ，多年平均最大流量 $11000\text{m}^3/\text{s}$ ，最小流量 $130\text{m}^3/\text{s}$ 。1981 年 7 月 14 日洪峰流量达 $23700\text{m}^3/\text{s}$ ；阆中河溪关上游两公里的金银台水文站处，多年平均流量为 $762\text{m}^3/\text{s}$ ，多年平均最大流量为 $12500\text{m}^3/\text{s}$ 。1903 年 7 月 28 日洪峰流量达到 $27200\text{m}^3/\text{s}$ ，1981 年 7 月 14 日洪峰流量达到 $3100\text{m}^3/\text{s}$ ，1980 年 2 月 1 日实测最枯流量仅 $88\text{m}^3/\text{s}$ 。

b、东河

东河是本县境内的第二大河，发源于四川省南江大巴山南麓，自东北向西南，经南江、旺苍、广元进苍溪，迂回流经东溪、田菜、石灶、土鲤、岳东、文林、漓江、登高、歧坪、南阳、唤马、张王、石门、元坝、金壁、中土等乡后进入阆中，过清泉、博树、井溪、东兴、文成 5 个乡，于文成五郎村口注入嘉陵江，流经苍溪长度为 189.5km ，阆中长度为 34.5km 。河床大部分在第四系全新统近代洪积层上，曲流较为发达，显示成年河谷状态，河宽在 $80\sim 250\text{m}$ 之间，平均比降为 $0.5\sim 1.2\text{‰}$ ，实测多年平均径流量为 $34\times 10^8\text{m}^3/\text{s}$ 。东河多年平均流量为 $10^8\text{m}^3/\text{s}$ ，苍溪、阆中分别在 1966 年，1973 年实测洪峰流量达 $11000\text{m}^3/\text{s}$ ，阆中测得多年平均最大流量为 $5740\text{m}^3/\text{s}$ ，1958 年 3 月 29 日实测最枯流量仅 $7.8\text{m}^3/\text{s}$ 。

阆中市内主要河流有嘉陵江、东河、构溪河、西河、白溪壕，这些江河上游位于广元、巴中等暴雨区，入夏以后，暴雨时洪水时有发生，洪水汇流快，峰高量大，加之河床比降大，冲刷力强，极易毁坏堤防。

阆中市境内山洪灾害主要分布在构溪河、东河上游山区，灾害主要集中

在 6-9 月的雨季，特别是 7-8 月的强降雨和连续降雨期，灾害主要集中涉及城区、江南、七里、双龙、彭城、五马、千佛、石滩、妙高、河溪、东兴、文城等乡镇。按照国家现行防洪标准的规定，结合阆中市实际情况，老区按“20 年一遇洪水”的标准设防，新区按照“50 年一遇洪水”的标准设防。“20 年一遇洪水”防洪标高 350.5~351m（姚溪坝处），“50 年一遇洪水”防洪标高 356.93m（金银台水电站处）。

建设项目毗邻嘉陵江，与嘉陵江的间距符合 GB50160-2008《石油化工企业设计防火规范》的要求。据阆中市防汛办公室提供的资料：自 1961 年至今，嘉陵江阆中市河溪水位站记录显示，保证水位为 348.2m。该最高水位低于建设项目最低标高 353.33m，故建设项目不受洪水影响。（详见附件阆中市防汛办公室提供的水位成果表）

2.4.3 气象条件

阆中市属于亚热带湿润季风气候区，气候温和，雨水充沛，光照适宜，四季分明，冬春干旱，盛夏高温多雨，多绵延秋雨。气温日较差和年较差不大。

根据阆中市气象站实测资料统计，阆中市多年平均气温 16.9℃，极端最高气温 39.5℃，极端最低气温-3.4℃，多年平均降水量 1010.8 mm，多年平均相对湿度 76%，多年平均蒸发量 1256.8 mm，多年平均日照时数 1304.3 h，多年平均霜日数 19 d，多年平均雷暴日数 35 d，多年平均雾日数 22 d，多年平均风速 1.2 m/s，最大风速 20.0 m/s（1991 年 6 月 23 日），相应风向 ENE。多年静风平均频率 24%；年主导风向为北西风，次主导风向为北北西风，最小频率风向为西南西。

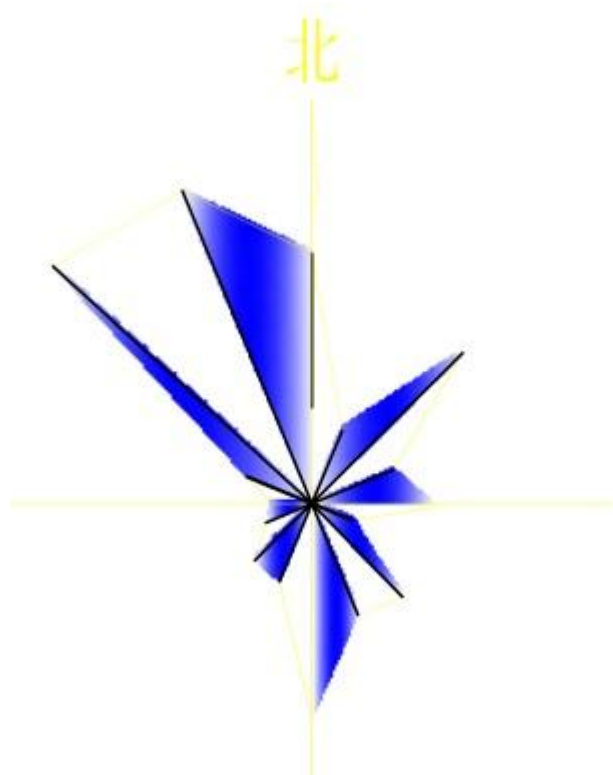


图 2.4.3 项目所处地区风玫瑰图

2.5 生产工艺流程

原料天然气通过管线输送至本项目界区，天然气中含有的 CO_2 、水等必须在进入液化工序前除去，以防止其在低温系统中冻结，堵塞管道、设备。本项目采用胺液吸收脱除 CO_2 。干燥脱水工序采用双床分子筛干燥系统。液化工艺则采用混合冷剂制冷工艺。全厂工艺流程简图详见附图。

2.5.1 天然气净化工艺

2.5.1.1 脱 CO_2

原料气以 5.0MPa 压力进入装置，首先进入原料气过滤分离器。原料气过滤器的作用是除去原料气中的液体和固体杂质。收集到的液体送到界区外。离开过滤器后，气体进入胺吸收塔中，胺溶液由塔顶流下，与原料气接触，将其中的二氧化碳浓度降低到 50 ppmv 以下，设计中拟采用的吸

收剂为甲基二乙醇胺（MDEA）溶液。

离开胺吸收塔塔底的富胺（含二氧化碳），在胺闪蒸罐中闪蒸，流经贫/富胺换热器后再进入胺汽提塔顶。贫/富胺换热器降低了胺汽提塔的热负荷，从而降低了胺再沸器的负荷。胺汽提塔配置了一套水冷式顶部回流系统，冷凝后的胺溶液回流到胺汽提塔的顶部，而富含二氧化碳的气体则被引至大气安全处。

来自胺汽提塔底部的贫胺到胺吸入罐，经过胺增压泵、贫/富胺换热器、胺冷却器和过滤器，再由胺循环泵打回至胺吸收塔顶部。

2.5.1.2 脱水

脱除二氧化碳后的原料气离开胺处理系统后进入脱水段。过滤/分离器用来分离来自上游胺系统的携带物。离开过滤/分离器的气体进入分子筛干燥器，将其中水份脱除。脱水工段设有 2 套分子筛吸附床，1 套在线工作时另一套处于再生状态。

原料气进入在线的分子筛床层，水份在气体流过床层时被吸附。当在线床层水份饱和后，将切换至离线再生，而另一套再生后离线床层则变为在线。饱和的床层将进入加热再生循环，接着被冷却和备用。再生气加热器为床层再生提供所需热量。再生时，热的干气由下至上流过分子筛，脱除床层中的水份，然后，再生气在再生气冷却器中被冷却，冷凝水在再生气分离器中分离，而再生尾气被循环至脱水段的入口。

干燥的、不含二氧化碳的原料气，离开在线分子筛床层的底部，在送入液化工段之前，要进一步脱除其中的汞，再进入粉尘过滤器进行过滤。

2.5.2 天然气液化工艺

液化段采用单循环混合冷剂制冷工艺，液化经过处理的原料气并生产 LNG 产品。冷剂为一种混合物，由氮气和从甲烷至异戊烷的碳氢化合物组

成。冷剂压缩机为两段压缩，由电机驱动。单循环混合冷剂制冷工艺流程简单，操作方便，在提供高效液化工艺的同时，配管少、控制点少、设备数量少。

预处理后的气体进入冷剂换热器，在冷剂换热器中向下流动，冷却到大约-71℃时，原料气被引出换热器。这样做是考虑需要的重组分分离。-71℃的原料气返回冷箱后，继续向下流动，在冷剂换热器的底部作为-162℃的 LNG 流出。液化天然气随后输送到氮气汽提塔再沸器。通过该设备下游的 LNG 产品控制阀调整液化天然气的总流量，同时部分 LNG 在此闪蒸至氮气汽提塔压力及-170℃的温度。从氮气汽提塔出来的 LNG 通过 LNG 泵送至 LNG 储罐，温度为-164℃。塔顶的物流与来自储罐的蒸发气一起送至 BOG 压缩机进行压缩。

2.5.3 制冷

MRC 工艺设计采用了一个简单的闭式制冷循环，冷剂经压缩、部分冷凝、冷却、膨胀，然后被加热并提供冷量。冷剂是由氮气、甲烷、乙烯、丙烷和异戊烷组成的混合物，通常遇到的杂质含量，如丁烷和正戊烷，不会对操作产生显著的影响。来自冷剂换热器顶部的低压冷剂，经冷剂压缩机的第一段压缩后，进入冷剂压缩机段间冷却器。低压段可以有一个或两个缸，取决于制造商的选择。段间罐将气液分离，气相进入冷剂压缩机的二段。由冷剂压缩机出来的高压冷剂与来自段间罐的泵送液相冷剂混合，然后在冷剂冷凝器中冷却，部分冷凝的混合物在冷剂出口分离器中进一步分离。

来自冷剂出口分离器的高压气相和液相冷剂，分别进入冷剂换热器。气相冷剂以其自身的压力流动，液相冷剂则由冷剂泵泵入。气相和液相冷剂在冷剂换热器内部汇合。分别处理气相和液相冷剂是为了保证其进入换

热器芯体时能够合理分布。

高压冷剂向下流过冷剂换热器，在底部流出时已全部冷凝。然后流经汤姆斯-焦耳阀，减压并部分蒸发，使冷剂的温度进一步降低。

冷下来的低压冷剂重新进入冷剂换热器冷端，向上流动，吸收原料气和高压冷剂的热量。

由冷剂换热器出来的低压冷剂，进入冷剂吸入罐，然后进入冷剂压缩机。离开冷剂换热器的低压冷剂的温度，通常在其露点之上，因此其中不含液体。在运行异常和开车时，冷剂吸入罐可以保护压缩机没有液体进入。吸入罐收集到的液体不予排放，而是用从压缩机出口引至冷剂吸入罐底部的一小股热气体，将其蒸发从而使其简单地返回制冷循环。这样即可避免冷剂在系统异常时损失。

2.5.4 冷剂补充和储存

冷剂的补充：氮气由业主在装置中制备并提供。甲烷的补充来自干燥系统。乙烯、丙烷和异戊烷均由各自的储罐提供。所有的冷剂均由冷剂吸入罐的入口管线加入。

各冷剂组分与由压缩机出口引来的一小股高压热气体混合，此热气体（清扫气体）直接由压缩机出口旁路至冷剂吸入罐的入口，用来蒸发乙烯和重组分；另外一小股来自压缩机出口的旁路气体引至冷剂吸入罐的底部，用来蒸发由于多余重组分冷剂引起的任何残留液体。

在系统维修或由于冷剂中液体过多时，用冷剂储罐来存放排出的或多余的冷剂。这些冷剂可以根据需要再加入到系统中，以使冷剂损失最小。

2.5.5 蒸发气压缩

来自 LNG 储罐的蒸发气由蒸发气压缩机压缩。压缩之前，先在蒸发气换热器中被压缩机排出的热气体加热。压缩机为螺杆式，操作范围宽，

而且可靠性高。

由于由 LNG 进入储罐时产生的闪蒸气、储罐吸热产生的闪蒸气、环境温度变化产生的气体、LNG 进出储罐造成的气相变化等所组成，蒸发气的体积是连续变化的。而且蒸发气压缩机的吸入压力接近常压。

蒸发气被压缩后送到干燥系统用作再生气。再生气及富裕的蒸发气部分作为本项目所需燃料气，其余进入界外城市燃气管网。

2.5.6 产品储存及装运

-162℃的 LNG 由冷箱流出后，进入 20000m³的单包容 LNG 储罐，储罐按约 10 天储存量考虑。

产品经内置泵输送至产品灌装站，设 6 个装车车位，由灌装臂向 LNG 槽车充装产品 LNG。

2.5.7 火炬系统工艺

本项目采用高架火炬，火炬高度 80m，最大流量 146 t/h，火炬系统由火炬总管，火炬罐和高架火炬组成。需要送到火炬的工艺排放和泄放物流经过火炬管线和火炬罐 V-701 送到火炬。火炬罐配有电加热器，用来气化其中累积的液体。

2.6 建设项目主要生产设备

2.6.1 主要生产设备

建设项目主要生产设备见下表。

表 2.6.1-1 建设项目主要生产设备一览表

序号	设备名称	数量	材质及规格	备注
1	胺吸收塔	1	CS (SR) 1, 600 mm ID x 19, 000 mm T/T	
2	胺汽提塔	1	SS 1, 500 mm ID x 19, 050 mm T/T	

序号	设备名称	数量	材质及规格	备注
3	进气凝聚过滤器	1	CS 785.8 x 1.1 ACT m ³ /hr / 99.5% of >=0.3μ	
4	贫胺碳过滤床	1	CS (SR) 1, 500 mm ID x 3, 300 mm T/T	
5	收集罐	1	CS 1, 800 mm ID x 5, 600 mm T/T	
6	胺液收集罐	1	CS (SR) 1, 600 mm ID x 5, 100 mm T/T	
7	再生气加热器	1	CS 2.67 x 1.2 MMkJ/hr	
8	分子筛过滤器/分离器	1	CS 870.3 x 1.1 ACT m ³ /hr / 99.5% of >=0.3μ	
9	干燥器	2	CS 1, 400 mm ID x 5, 500 mm T/T	
10	再生气分离器	1	CS 600 mm OD x 2, 740 mm T/F	
11	汞脱除床	1	CS 1, 300 mm ID x 2, 350 mm T/T	
12	干燥系统水碳过滤器	1	CS 600 mm OD x 2, 100 mm T/F	
13	粉尘过滤器	2	CS 833.3 x 1.1 ACT m ³ /hr / 99.5% of >=1.0μ	
14	保护过滤器	2	CS 839.0 x 1.1 ACT m ³ /hr / 99.5% of >=1.0μ	
15	润滑油加热器	3	CS	
16	脱氮塔	1	SS 1, 300 mm ID x 23, 000 mm T/T	
17	重组分精馏塔	1	SS 1, 200 mm ID x 22, 980mm T/T	
18	冷剂出口分离器	1	CS 2, 900 mm ID x 6, 100 mm T/T	
19	热重组分分液罐	1	CS 750 mm ID x 2, 400 mm T/F	
20	再生气压缩机入口淋洗器	1	CS 800 mm OD x 2, 500 mm T/T	
21	燃料油缓冲罐	1	CS 800 mm OD x 2, 250 mm T/T	
22	贫/富胺换热器	1	SS, 管壳式	
23	汽提塔回流冷凝器	1	316L, 管壳式	
24	胺冷却器	1	CS, 管壳式	
25	胺再沸器	1	316LSS, 管壳式	
26	吸收塔进口/出口气体热交换器	1	CS/CS, 管壳式	
27	贫胺过滤器	1	CS-SR, 滤芯式	
28	贫胺活性炭过滤器	1	CS-SR, 立式	
29	胺循环泵	2	CS-SR, 离心泵	1 开 1 备
30	胺增压泵	2	CS-SR, 离心泵	1 开 1 备
31	汽提塔回流泵	2	SS, 离心泵	1 开 1 备
32	胺收集泵	1	SS, 离心泵	

序号	设备名称	数量	材质及规格	备注
33	胺补充泵	1	CS, 计量泵	
34	胺吸收塔	1	CS, 板式	
35	胺汽提塔/回流罐	1	CS, 板式	
36	进气过滤/分离器	1	CS, 滤筒式	
37	胺闪蒸罐	1	CS-SR, 卧式	
38	贫胺液缓冲罐	1	CS-SR, 卧式	
39	胺收集罐	1	CS-SR, 卧式	
40	胺储存罐	1	CS, 立式拱顶	
41	废液罐	1	CS, 卧式	
42	再生气冷却器	1	CS,	
43	粉尘过滤器	2	CS, 滤芯式	
44	再生水活性炭过滤器	1	CS, 立式	
45	脱汞后炭尘过滤器	2	CS, 滤芯式	
46	再生气加热炉	1	CS, 直燃式	
47	分子筛进气分离器	1	CS, 滤筒式	
48	干燥床	2	CS, 立式	
49	再生气分离器	1	CS, 立式	
50	脱汞床	1	CS, 立式	
51	冷剂压缩机	1	离心式	成套进口
52	冷剂换热器	1	钎焊铝冷箱	进口
53	冷剂压缩机段间冷却器	1	CS	
54	冷剂冷凝器	1	CS	
55	低压重烃换热器	1	SS	
56	高压重烃换热器	1	SS, 管壳式	
57	段间冷剂泵	2	CS, 立式涡轮泵	进口, 一开一备
58	制冷剂泵	2	CS, 立式涡轮泵	进口, 一开一备
59	冷剂吸入罐	1	CS, 立式	
60	制冷剂段间分离器	1	CS, 卧式	
61	制冷剂出口分离器	1	CS, 卧式	
62	密封气罐	1	CS, 立式	
63	密封气喷射器	1	CS	进口
64	丙烷卸载泵	1	CS, 容积式	
65	异戊烷卸载泵	1	CS, 容积式	
66	冷剂储罐	1	CS, 卧式	
67	乙烯储罐	1	SS, 卧式	
68	丙烷储罐	1	CS, 卧式	
69	异戊烷储罐	1	CS, 卧式	
70	丙烷干燥床	1	CS, 立式	
71	异戊烷干燥床	1	CS, 立式	
72	制冷剂干燥床	1	CS, 立式	
73	蒸发气压缩机	1	螺杆式	成套进口
74	再生气压缩机	1	往复式	(BOG 外输时不设)
75	蒸发气换热器	1	SS, 管壳式	
76	蒸发气再加热器	4	SS, 管壳式	

序号	设备名称	数量	材质及规格	备注
77	再生气压缩机吸入罐	1	CS, 立式	
78	废液罐	1	CS, 卧式	
79	脱氮分馏塔	1	SS	
80	LNG 储罐 (20000m ³)	1	CS/SS, 单包容	部分进口
81	LNG 装车泵	2	SS, 液下泵	进口
82	地面火炬	1		成套
83	火炬分离罐	1	CS, 卧式	
84	汽车装车臂	6	SS	

2.6.2 主要特种设备

表 2.6.2 主要特种设备表

序	名称	数	类型	参数 1	设计压力	设计温度	材料	备注
1	胺吸收塔	1	板塔式	1, 600	6.0/FV	125	CS	
2	胺汽提塔	1	板塔式	1, 500	0.34/FV	150	SS	
3	进气凝聚过滤	1	筒式	785.8 x 1.1	6.0/FV	66	CS	
4	贫胺碳过滤床	1	立式	1, 500	1.03/FV	80	CS	20%的
5	收集罐	1	卧式	1, 800	1.03/FV	66	CS	
6	胺液收集罐	1	卧式	1, 600	6.0/FV	66	CS	
7	再生气加热器	1	直燃式	2.67 x 1.2	6.0/FV	320	CS	
8	分子筛过滤器/	1	筒式	870.3 x 1.1	6.0/FV	66	CS	
9	干燥器	2	立式	1, 400	6.0/FV	320	CS	
10	再生气分离器	1	立式	600 mm	6.0/FV	66	CS	
11	汞脱除床	1	立式	1, 300	6.0/FV	66	CS	
12	干燥系统水碳	1	立式	600 mm	6.0/FV	66	CS	
13	粉尘过滤器	2	筒式	833.3 x 1.1	6.0/FV	66	CS	
14	保护过滤器	2	筒式	839.0 x 1.1	6.0/FV	66	CS	
15	润滑油加热器	3	电加热				CS	包含
16	脱氮塔	1	立式	1, 300	3.00/FV	-185/66	SS	
17	重组分精馏塔	1	立式	1, 200	6.00/FV	-185/66	SS	
18	冷剂出口分离	1	卧式	2, 900	4.48/FV	66	CS	
19	热重组分分液	1	立式	750 mm ID	6.0FV	66	CS	
20	再生气压缩机	1	立式	800 mm	6.0/FV	66	CS	
21	燃料油缓冲罐	1	立式	800 mm	1.0/FV	66	CS	

22	LNG 储罐	1	单包	20, 000			SS304	
----	--------	---	----	---------	--	--	-------	--

2.7 建设项目原辅料、中间产品及产品

2.7.1 主要原辅材料

1) 项目的主要原料

根据本项目原料气的来源确定为天然气，气源拟来自元坝气田元坝首站，进厂压力 5.2MPa。元坝气田是中国石化继普光气田之后勘探发现的另一个气田，位于川东北地区巴中区块西南部。

通过对原料气气样分析可知，本项目原料气中硫极少。原料气组分见下表。

表 2.7.1-1 原料天然气组分（数据来源可研报告）

组分	百分量（Vol%）	组分	百分量（Vol%）
氢气	0.0000	正戊烷	0.0230
氦气	0.0950	己烷	0.0540
氮气	4.4204	庚烷	0.0219
氧气	0.0000	辛烷	0.0040
硫化氢	0.0002	壬烷	0.0000
氩气	0.0099	癸烷及以上	0.0000
二氧化碳	3.0000	甲基环戊烷	0.0068
二氧化硫	0.0035	苯	0.0031
甲烷	90.0128	环己烷	0.0049
乙烷	1.2621	甲基环己烷	0.0100
乙烯	0.0000	甲苯	0.0000
丙烷	0.6600	乙苯	0.0000
异丁烷	0.1600	对二甲苯	0.0000
正丁烷	0.1500	间二甲苯	0.0000
新戊烷	0.0350	邻二甲苯	0.0000
异戊烷	0.0630	汞（单位：ug/m ³ ）	0.2900
合计	100%		

2) 本项目辅助材料消耗见下表。

表 2.7.1-2 辅助材料消耗表

序号	名称	型号/规格	用途	期望消耗
1	MDEA	CS-2020	二氧化碳脱除	60 kg/年
2	防泡剂	Dowcorning 1430	二氧化碳脱除	1.4L/天
3	活性炭	8X30	二氧化碳脱除	2.2 m ³ /8 月
4	分子筛吸附剂	4A	干燥单元	26 m ³ /5 年
5	分子筛吸附剂	4A	补充冷剂干燥	1m ³ /5 年
6	汞吸附剂	Carlgon Carbon HGR	汞脱除	6 m ³ 初次装填
7	冷剂		冷剂补充	18800 kg 初次装填
8	润滑油	VG32, 46, 68	润滑	6000L 初次装填

3) 本项目燃料来自装置自产燃料气或使用原料气。

4) 水、电、汽和其它动力供应

水：本项目所需的工业水、消防水来自市政供水管网。

电：市供电源。本项目中拟建设 1 座 220KV 变电站以及 1 座 10kV 电站负责向本工程的生产装置区、辅助生产区及办公区供配电；

压缩空气：本项目所需仪表空气、压缩空气来自本项目自建空压站；

氮气：本项目所需氮气来自本项目自建氮气站；

脱盐水：本项目所需脱盐水来自本项目自建脱盐水处理站；

冷却循环水：本项目所需冷却循环水来自本项目自建循环水站；

工艺蒸汽：本项目所需工艺蒸汽来自本项目自建工艺蒸汽锅炉。

2.7.2 产品及副产品

本项目主要产品为液化天然气，副产品为重烃。

表 2.7.2-1 建设项目产品一览表

序号	物料	单位	数量	备注
1	液化天然气	t/a	21x10 ⁴	主产品
2	重烃	t/a	1x10 ³	副产品

表 2.7.2-1 液化天然气产品规格表

组分	Mol %
CH ₄	98.86
C ₂ H ₆	0.05
CO ₂	≤50 ppm
H ₂ O	≤1 ppmv
H ₂ S	nil 痕量
N ₂	1.06
温度	-162℃
压力	0.150bar

表 2.7.2-3 重烃产品规格表（数据来源可研报告）

组分	重烃 Mol %
甲烷 CH ₄	6.73
乙烷 C ₂ H ₆	40.965
丙烷 C ₃ H ₈	14.014
异丁烷 i-C ₄	4.302
正丁烷 n-C ₄	0.799
异戊烷 i-C ₅	2.054
正戊烷 n-C ₅	0.770
正己烷 n-C ₆	9.414
压力	0.2 MPa
温度	24 ℃

2.7.3 中间产物

本项目中间产物为 CO₂（放空）。

2.8 危险化学品及理化性能指标

根据《危险化学品名录（2002 版）》、GB12268-2012《危险货物品名表》、《首批重点监管的危险化学品名录》（安监总管三[2011]95 号）、《第二批重点监管的危险化学品名录》（安监总管三[2013]12 号）、《剧毒化学品目录

(2002 版)》、《高毒物品目录》(卫法监发[2003]142 号)、《易制毒化学品的分类和品种目录》(国务院令 第 445 号)和《易制爆危险化学品名录(2011 版)》,建设项目涉及的危险化学品有:天然气(原料气、液化天然气,主要成分为甲烷、乙烷、丙烷、氮气、二氧化碳)、制冷剂(乙烯、氮气、甲烷、丙烷和异戊烷)和二氧化碳。涉及的重点监管危险化学品有:天然气(甲烷)、乙烷、乙烯。不涉及剧毒化学品、高度物品、易制毒危险化学品、易制爆危险化学品。

表 2.8 建设项目涉及的危险化学品一览表

序号	物料名称	危险特性	闪点(℃)	火灾危险分类	爆炸极限(v %)	理化特性	用途
1	甲烷	易燃,与空气混合能形成爆炸性混合物,遇热源和明火有燃烧爆炸的危险	-188	甲	5.3~15	第 2.1 类易燃气体;无色无臭气体。微溶于水,溶于醇、乙醚	原料、制冷剂
2	乙烷	易燃,与空气混合能形成爆炸性混合物,遇热源和明火有燃烧爆炸的危险	-88.3	甲	3.0~16	第 2.1 类易燃气体;无色无臭气体。微溶于乙醇、丙酮,溶于苯	原料
3	丙烷	极易燃,其蒸气与空气可形成爆炸性混合物,遇明火、高热极易燃烧爆炸	-104	甲	2.1~9.5	第 2.1 类易燃气体,本品有单纯性窒息及麻醉作用	原料
4	异戊烷	极易燃,其蒸气与空气可形成爆炸性混合物,遇明火、高热极易燃烧爆炸	-56	甲 B	1.4~7.6	第 3.1 类易燃液体,无色透明的易挥发液体,有令人愉快的芳香气味	制冷剂
5	乙烯	易燃,与空气混	-	甲	2.7~36	第 2.1 类易燃气体	制冷剂

序号	物料名称	危险特性	闪点(℃)	火灾危险分类	爆炸极限(v %)	理化特性	用途
		合能形成爆炸性混合物					
6	氮	若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险	-	-	-	第 2.2 类不燃气体；无色无臭气体。微溶于水、乙醇	制冷剂
7	液化天然气	混合物，泄漏后可形成沸腾液体扩展蒸气爆炸、蒸气云爆炸等	-	甲 A	-	第 2.1 类易燃气体；无色无臭气体。微溶于水，溶于醇、乙醚	产品
8	二氧化碳	不燃	-	-	-	第 2.2 类 非易燃无毒气体	副产品

2.9 危险化学品包装、储存、运输的技术要求

根据 GB12268-2005《危险货物名表》，本项目所涉及到包装、储存、运输的危险物料技术要求数据表如下：

表 2.9 建设项目涉及到包装、储存、运输的危险物料技术要求数据表

物质名称	物质包装要求	物质储存要求	物质运输要求
甲烷 液化天然气	危险货物编号：21007 UN 编号：1971 包装类别：052 包装方法：钢质气瓶	罐储时要有防火防爆技术措施。露天贮罐夏季要有降温措施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。	原料气为管输、液化天然气为专用车辆，运输时运输车辆应配备相应品种和数量的消防器材及泄漏应急处理设备。夏季最好早晚运输。运输时所用的槽（罐）车应有接地链，槽内可设孔隔板以减少震荡产生静电。严禁与氧化剂等混装混运。运输途中应防暴晒、雨淋，防高温。中途停留时应远离火种、热源、高温区。装运该物品的车辆排气管必须配备阻火装置，禁止使用易产生火花的机械设备和工具装卸。公路运输时要按规定路线行

			驶，勿在居民区和人口稠密区停留。
乙烯	危险货物编号： 21016 UN 编号：1962 包装类别：052 包装方法：钢质气瓶	储存于阴凉、通风的库房。远离火种、热源。库温不宜超过 30℃。应与氧化剂、卤素分开存放，切忌混储。采用防爆型照明、通风设施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。储区应备有泄漏应急处理设备。	采用钢瓶运输时必须戴好钢瓶上的安全帽。钢瓶一般平放，并应将瓶口朝同一方向，不可交叉；高度不得超过车辆的防护栏板，并用三角木垫卡牢，防止滚动。运输时运输车辆应配备相应品种和数量的消防器材。装运该物品的车辆排气管必须配备阻火装置，禁止使用易产生火花的机械设备和工具装卸。严禁与氧化剂、卤素等混装混运。夏季应早晚运输，防止日光曝晒。中途停留时应远离火种、热源。公路运输时要按规定路线行驶，勿在居民区和人口稠密区停留。铁路运输时要禁止溜放。
液氮	危险货物编号： 22006 UN 编号：1977 包装类别：Z01 包装方法：无资料	储存于阴凉、通风的库房。库温不宜超过 30℃。储区应备有泄漏应急处理设备。	不运输
异戊烷	危险货物编号： 31002 UN 编号：1265 包装类别：051	储存于阴凉、通风的库房。远离火种、热源。库温不宜超过 30℃。保持容器密封。应与氧化剂分开存放，切忌混储。采用防爆型照明、通风设施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。储区应备有泄漏应急处理设备和合适的收容材料。	运输时运输车辆应配备相应品种和数量的消防器材及泄漏应急处理设备。夏季最好早晚运输。运输时所用的槽（罐）车应有接地链，槽内可设孔隔板以减少震荡产生静电。严禁与氧化剂等混装混运。运输途中应防曝晒、雨淋，防高温。中途停留时应远离火种、热源、高温区。装运该物品的车辆排气管必须配备阻火装置，禁止使用易产生火花的机械设备和工具装卸。公路运输时要按规定路线行驶，勿在居民区和人口稠密区停留。铁路运输时要禁止溜放。严禁用木船、水泥船散装运输。

2.10 建设项目主要建构筑物情况

建设项目主要建构筑物情况见下表。

表 2.10 建设项目主要建构筑物一览表

序号	构筑物名称	火灾危险性分类	耐火等级	层数	建筑占地面积 (m ²)	建筑面积 (m ²)	结构形式	备注
1	办公楼	民用建筑	二级	四	1000	4000	钢筋混凝土框架结构	/
2	门卫	民用建筑	二级	一	55	55	砖混结构	/
3	地磅房	丙类	二级	一	50	50	砖混结构	/
4	公用工程站	丙类	二级	一	216	216	钢筋混凝土框架结构	/
5	变电所控制室	丙类	二级	一	468	468	钢筋混凝土框架结构	/
6	总变	丙类	二级	一	387	387	钢筋混凝土框架结构	/
7	消防泵房/消防水站	丁类	二级	一	220	220	钢筋混凝土框架结构	/
8	仓库/维修间	丙类	二级	一	755	755	钢筋混凝土框架结构	/
9	循环水站/加药间	丁类	二级		215	215	钢筋混凝土框架结构	
10	装车站	甲类		二	130	260	钢筋混凝土框架结构	
11	压缩机房	丙类	二级	二	305	710	钢框架结构	
12	废水收集池			一			现浇钢筋混凝土结构	
13	储罐区	甲类		一			储罐基础为钢筋混凝土结构 防火堤为钢筋混凝土挡墙	
14	火炬区	甲类		一			钢筋混凝土	
15	工艺装置区	甲类		五				

2.11 公用工程及辅助设施

2.11.1 给排水

2.11.1.1 给水系统

根据用水性质的区分，给水系统主要划分为：原水输水系统、生产生活给水系统、循环冷却水系统、消防给水系统和脱盐水系统五个系统。

（1）原水输水系统

本项目用水就近自嘉陵江取水，设原水取水泵房、净水站及无负压供水装置各一座。原水取水泵额定流量 $Q=150\text{m}^3/\text{h}$ ；一用一备，互为备用。取水泵出水经净水站净化处理，水质满足《生活饮用水卫生标准》

（GB5749-2006）后进入无负压供水装置供给全厂生产生活用水。净水站采用旋流除砂器及紫外线消毒等处理工艺，净水能力： $Q=100\text{m}^3/\text{h}$ 。项目自嘉陵江取水应取得当地相关部门批准性文件。

（2）生活&生产给水系统

厂区生产、生活给水系统采用分压供水方式。给水系统就近从市政给水管网接入 $\text{PE}\Phi 160\text{mm}$ 引水管，引水管设水表计量后分两路，一路直接供给循环水站、洒水栓等用水量大且所需水压低的用水点，一路进入无负压供水装置增压后供给厂前区办公楼及厂区内其他所需水压高的用水点。

（3）消防给水系统

全厂消防用水量最大的单体为 LNG 储罐，其固定式水冷却系统设计消防水量为 200L/s ，辅助水枪或水炮用水量按 45L/s 计，按《石油天然气工程设计防火规范》第 10.4.5 条规定考虑 $200\text{ m}^3/\text{h}$ （ 56L/s ）的余量，故站内总消防用水量约为 310L/s ，消防冷却用水及辅助水枪或水炮用水部分的火灾延续时间为 6 小时计，总用水量为 6530m^3 。

厂区内单独建设一座消防泵站，并设 6600m^3 消防水池一座，分成两格。消防泵房占地面积 308m^2 （ $11\times 28\text{m}$ ），消防水池为埋地式钢筋混凝土结构，占地 1680m^2 （ $40\times 42\text{m}$ ）。消防泵房内设消防主泵两台，其中柴油泵和电动泵各一台，互为备用。电动泵参数： $Q=310\text{L/s}$ ， $P=1.0\text{MPa}$ ，配电机

$N=630Kw$, $U=10KV$; 柴油泵参数: $Q=310L/s$, $P=1.0MPa$, 柴油储量按不小于 6 小时消防消耗量考虑。消防另设稳压泵 2 台, 一备一用, $Q=5.0L/s$, $P=1.10MPa$, 配电机 $N=22Kw$, $U=380v$, 并配有稳压罐及自动控制系统一套。

(4) 循环冷却水管网系统

循环冷却水管网主要为装置区及辅助工程区换热设备提供循环冷却水。厂区内循环水供回水主管埋地敷设, 装置内循环水管支管沿管架敷设。循环水管道采用碳钢管, 焊接。循环水管道需做防腐处理, 室外明露部分采取防冻保温措施。

(5) 脱盐水管网系统

脱盐水管网主要为装置区提供脱盐水。厂区内脱盐水管线沿管架敷设。脱盐水管道采用不锈钢钢管, 焊接, 室外明露部分采取防冻保温措施。

2.11.1.2 排水系统

厂区排水划分为三个系统, 即: 生活污水排水系统、生产废水排水系统(包括污染雨水、消防废水)和清净雨水排水系统。

(1) 生活污水排水系统

生活污水排水系统主要接纳全厂各单体卫生间卫生器具排水、办公楼厨房排水、淋浴间排水等, 采用重力流排放。厨房废水排入生活污水排水系统前需做隔油处理。全厂生活污水经化粪池局部预处理后排至市政污水管网。室外生活污水管采用 PE 双壁波纹管, 橡胶圈密封承插连接, 管道转向、变径或汇集处采用检查井连接, 并在管道直线段每隔 20 米增设检查井。室外生活污水排水管采用砂垫层基础。

(2) 生产废水排水系统(包括污染雨水、消防废水)

生产废水排水系统主要接纳各装置地面冲洗水、轻度污染冷凝废液、

围堰区初期污染雨水、消防发生时产生的消防废水等。初期污染雨水量按降雨厚度 15mm~30mm 考虑。生产废水采用重力流排放至废水收集池。露天装置围堰区内的后期清净雨水排至清净雨水排水系统，初期污染雨水与后期清净雨水排向由切换阀门进行切换，切换阀门井设于废水收集池前，阀门启闭由废水收集池液位控制。排水管道采用碳钢衬水泥管，焊接，管道转向、变径或汇集处采用检查井连接并在管道直线段每隔 30 米增设检查井。

储罐内的消防排水储存在罐区防火堤内。新建废水收集池有效容积 1030m³，主要收集生产装置区消防废水及其他所有生产废水。废水收集池内收集的废水，经检测，达到污水综合排放标准三级后，排入市政污水管网。检测不能达到污水综合排放标准三级标准，则由业主外送第三方处理。废水收集池内设置移动式潜污泵，在需要时提升污水至运输工具内。

废水收集池收集的生产废水必须经过水质检测，若水质符合地面水排放标准，排至清净雨水系统；若水质符合市政污水管接管标准，排至市政污水管网；当水质不符合以上排放标准时，用槽车外运委托第三方处理。

（3）清净雨水排水系统

清净雨水系统主要接纳非污染区域的道路、绿地、铺砌地面、建筑屋面的雨水、循环水系统排污水以及露天装置围堰区的后期清洁雨水。清净雨水采用重力流排放，直接排至市政雨水排水系统。

雨水设计流量按下列公式计算：

$$Q_s = q\Psi F$$

Q_s ——雨水设计流量（L/s）

q ——设计暴雨强度（L/s.hm²）

Ψ ——径流系数

F ——汇水面积 (hm^2)

厂区清浄雨水排水系统设计重现期为 2 年

清浄雨水排水系统采用 PE 双壁波纹管，橡胶圈密封承插连接，管道转向、变径或汇集处采用检查井连接，并在管道直线段每隔 40 米增设检查井。

2.11.2 供电

2.11.2.1 装置总负荷及负荷分级

阆中现有 220kV 变电站一座，220KV 变电站 2 座。220KV 变电站分别为七里变电站和阆中变电站，均属于国家电网。220KV 七里变电站主变容量为 71500kVA，距离站址直线距离 3.3km，主变容量为 (31.5+40) MVA，裕量为 20000kVA，无 35kV 出线间隔；220KV 阆中变电站，主变容量为 100000kVA，裕量为 40000kVA，无 35kV 出线间隔。220kV 保宁站，距离站址直线距离 1.3km，但该变电站无 35kV 电压等级。

本工程共有用电设备 320 台，装机总容量共约 18200kW，需要容量约为 14400kW，其中 10kV 高压电机常用容量 16300kW，备用容量 650kW，低压用电设备工作容量共约 2300kW，备用容量约 600kW；单台高压最大电动机容量约为 12300kW。

本项目消防泵属于一级负荷，仪表自控系统、主装置工艺区部分生产设备为二级负荷，其它生产和辅助设备属于三级负荷。

2.11.2.2 供配电系统

根据负荷等级、用电设备容量及外部电网情况，本项目将在厂区内新建一座 220KV 总变电所。从外部引入两路 220KV 高压电源至厂区 220KV 总变电所。该总变电所内设置两台 25000KVA，110/10kV 的变压器。

220KV 总变电所采用户内 GIS 形式。

10kV 装置变电所内设两台 1600kVA，10/0.4kV 的干式变压器，为本工程内所有低压用电设备提供电源。

2.11.3 防雷接地

压缩机房、装车站，储罐区属第二类防雷建、构筑物；公用装置、办公楼、综合楼、变电站及其建、构筑物，均属第三类防雷建、构筑物。为防直击雷，在建、构筑物屋顶的易受雷击的部位设置避雷带或避雷针，突出屋面的金属设备外壳均应与避雷带相连。220KV 户外装置区域设置避雷针。

根据工艺要求对易产生静电的金属物，如设备、管道、金属构架等，设置防静电接地装置。做好等电位连接措施，以防静电感应。

0.4kV 系统的接地采用 TN-S 系统。变压器中性点设工作接地，并设接地极。各工艺生产场所均设安全接地装置，并与变压器中性点接地体相连。全厂防雷接地、防静电接地和安全接地均相连，构成全厂接地网，接地电阻值不大于 1 欧姆。

DCS 系统接地装置单独设置，接地电阻满足制造商要求。

2.11.4 通信系统

本项目全厂电信拟设置电话、网络配线及有线电视配线系统、指令扩音对讲系统、火气控制系统（F&GS）、电视监控系统、周界报警系统、无线防爆对讲电话系统。

根据本项目的定员及需求，全厂约需要 100 门电话和 100 个网络信息点，根据此规模可研推荐选用电话虚拟网系统，全厂内不设电话程控交换机，电话全部直接接入市政电话交换系统。减少电话程控交换机投资。数据网络系统可研推荐采用性价比较高的超五类系统。将语音、数据等纳入综合布线系统，以便满足信息资源共享的发展要求。主机柜设在办公楼弱电机房内。

在办公楼会议室、重要办公室、食堂、宿舍等处设有有线电视系统，信号从有线网引来。

全厂设置一套指令扩音对讲系统，系统采用无主机形式。在控制室操作台设台式指令扩音对讲话站。在装车站、冷剂压缩机房、BOG 压缩机房、冷剂装卸区处设防爆型指令扩音对讲电话。在变电所、消防泵房设壁挂式指令扩音对讲电话。系统具有选呼、组呼、连呼及群呼以及具有强插、强拆、超时自动复位，通话时正常呼入等功能。系统平时做扩音对讲，发生火灾时可做消防广播用。主装置区沿管廊每间隔 15 米设置一台防爆扬声器，各公用工程装置内也设置适配的扬声器。

根据 LNG 项目的火灾特点，建议全厂统一设置一套火气（F&GS）控制系统，用于全厂火灾、气体泄漏的检测并报警。该系统控制主机位于控制室内，在控制室设操作站。在生产调度信息中心站设火气监控站。F&GS 系统是基于火气控制技术和通讯技术的专用火气监控系统。全厂火警信号、气体泄漏信号均由 F&GS 控制系统统一管理。在变电所、控制室等处设智能型感烟、感温探测器；在压缩机厂房、冷剂装车区域、冷箱、罐区、装车站以及其他存在潜在火灾危险需要经常观测处，设防爆型三频红外火焰探测报警装置和防爆手动报警按钮；在装置区管线法兰处、压缩机房、冷剂装车区域、冷箱、罐区、装车站以及控制室、变电所电缆入口等处设可燃气体探测器；在火气系统监视区域内分别设火灾声光警报器和气体声光警报器。火灾声光警报器报警灯颜色为红色，气体声光警报器报警灯颜色为蓝色。工作站设在控制室操作台上，图形显示探测点。系统可经过通信总线和硬线接入工艺 DCS 系统，并可联动扩音对讲系统。气体探测器选用输出 4~20ma 的变送器。系统由 UPS 供电。

在厂区内设置一套电视监控系统，用于安全监控。在主装置区、压缩机

旁、装车站、罐区设一体化防爆彩色摄像机。在大门口、办公楼入口处、停车场等处设固定式彩色摄像机。全厂设置周界报警系统，探测器选用四光束红外对射式探测器。

为便于室外流动岗位之间的联系，本装置内设一套无线对讲系统。包括若干部手持式防爆无线对讲机。

全厂电信电缆主要在全厂电信桥架内敷设，局部穿管或埋地敷设。

2.11.5 采暖通风与空气调节

2.11.5.1 通风系统

(1) 有可能散发易燃易爆气体、液体的厂房设置事故通风装置，当可燃性气体报警系统报警时事故风机开启，安全时事故风机关闭。对余热散发量较大的厂房，设置消除夏季余热的机械通风装置。

(2) 维修车间、消防水泵房、循环水泵房：设置全面通风系统，消除夏季室内余热，改善室内环境；

(3) 空压站、氮气站：夏季室内有大量余热产生，设置全面通风系统，消除夏季室内余热，改善室内环境；

(4) 办公楼：办公楼中的厕所，会议室等设置机械通风系统，消除室内异味；办公楼中的分析室、通风柜工作时散发出少量的有害有腐蚀性气体，为保证操作环境良好，设置机械排风装置，将逸出的有害气体直接抽至高空排放稀释。

(5) 高低压配电室，变电所：设置全面通风系统，消除夏季室内余热。当室内余热量较大时，可设置分体空调，满足室内环境温度要求。

2.11.5.2 空气调节系统

(1) 办公楼、生活辅助用房，门卫等：采用冷暖型分体柜式或分体

壁挂式空调。

(2) 仪表控制室：根据室内温湿度等室内环境要求，配置恒温恒湿空调。

2.11.6 空压站

2.11.6.1 空压站设计规模

根据工艺及仪表用气负荷、工艺用氮气负荷、用气等级、用气压力和当地的气象条件等要求，考虑间断用气量及总量，本工程设置供气量为 $14.0\text{Nm}^3/\text{min}$ 、额定供气压力为 1.0MPa (g) 的风冷喷油螺杆式空气压缩机 3 台，2 用 1 备；同时设置处理气量为 $15.5\text{Nm}^3/\text{min}$ 微热再生吸附式干燥器 2 套，1 用 1 备；以及容积为 5m^3 的压缩空气缓冲罐 1 台， 40m^3 的压缩空气储气罐 2 台。

2.11.6.2 空压站技术方案

常压空气经消声、过滤进入螺杆式空气压缩机，压缩后的排气压力达 1.0MPa (g) 的压缩空气由压缩空气总管经压缩空气缓冲罐，一部分进入前置除尘过滤器和前置除油过滤器，除掉大部分油份和尘粒，再微热再生吸附式空气干燥器，进行干燥脱水，最后进入后置除尘过滤器，在进行除油除尘以达到仪表空气的要求，送至仪表空气总管。另一部分分别直接送至工厂用气和 PSA 制氮系统所用压缩空气管道。为保证装置安全，确保用气压力，在仪表空气总管及供制氮系统用空气总管上设有自力式调节阀。

2.11.6.3 空压站主要设备

序号	设备名称	材质及规格	数量	备注
1	风冷喷油螺杆式空气压缩机	$Q=14.0\text{Nm}^3/\text{min}$, $P=1.0\text{MPa}$	3 台	2 用 1 备
2	微热再生吸附式空气干燥机	$Q=15.5\text{Nm}^3/\text{min}$	2 套	1 用 1 备
3	压缩空气缓冲罐	5m^3	1 台	

序号	设备名称	材质及规格	数量	备注
4	压缩空气储气罐	40m ³	2 台	
5	前置除尘过滤器	Q=15.5Nm ³ /min	2 套	1 用 1 备
6	前置除油过滤	Q=15.5Nm ³ /min	2 套	1 用 1 备
7	后置除尘过滤器	Q=15.5Nm ³ /min	2 套	1 用 1 备

2.11.7 氮气站

2.11.7.1 氮气站规模

根据全厂用氮气负荷、压力等级要求，选用 1 套供气量为 150Nm³/h PSA 制氮装置，储气罐体积为 10m³。

另外，本项目选用一台 15 m³ 低温液氮储罐，一台处理气量 300 Nm³/h 液氮汽化器，以满足液化系统工艺氮气用量。液氮系统的任务是为液化系统提供工艺用氮气，并在制氮系统出现故障时临时性的提供密封用氮气。以保证系统能够平稳安全运行。

2.11.7.2 制氮系统技术方案

来自空压站的 0.8MPa（g）压缩空气，经过滤器和微热再生吸附式干燥装置干燥净化后进入制氮装置，制氮装置吸附塔中装填有制氮专用吸附剂。当原料空气流过吸附剂床层时，制氮专用吸附剂将选择性吸附通过床层的强吸附能力的氧气，而大部分氮气则顺利的通过吸附剂床层，自吸附塔顶流出，进入氮气缓冲罐，并通过流量计送出 PSA 制氮系统。当一台吸附塔处于吸附阶段时，另一台吸附塔则处于再生过程，两塔交替进行达到连续提纯分离空气制氮的目的。

液氮通过槽车运送到厂区，用槽车自带的槽车泵连接软管充装到液氮低温储罐。来自低温储罐的液氮通过液氮泵送到汽化器中汽化为氮气，并由调压阀组调节至指定工作压力 0.6MPa（g），一部分送往工艺用氮气，另

一部分接入 PSA 制氮系统作为备用。

2.11.7.3 主要设备

序号	设备名称	材质及规格	数量	备注
1	PSA 制氮设备	Q= 150Nm ³ /h, P=0.6 MPa	1 套	
2	氮气储气罐	10m ³	1 台	
3	液氮储罐	15m ³	1 台	
4	液氮汽化器	Q= 300Nm ³ /h	1 台	

2.12 储运及装卸设施

2.12.1 原辅材料

本工程主要原料为天然气，由管道送入工厂。成品为液化天然气 21.5 万吨/年，其它辅助材料运输量很少。工厂所需运输车辆和生活用车由工厂自行配置。配 80 吨地磅 2 台。

道路采用城市型，按工厂性质，道路面层宜采用混凝土面层，故本工程采用混凝土面层。厂内道路宽度主干道为 9 米，次干道为 6 米，消防道路转弯半径为 12 米，净空高度控制在 5 米以上。

本工程原料为天然气由管道送入工厂，其它辅助原材料运输采用公路运输，成品亦采用公路运输。

本项目产品及原料、辅助材料的运输详见下表：

序号	名称	运输量（10 ⁴ t/a）	运输方式
一	运入		
1	原料气	25	管道
2	乙烯	外购	槽车
3	丙烷	外购	槽车
4	戊烷	外购	槽车
5	胺液 MDEA	外购	桶
6	消泡剂	外购	桶装
7	分子筛	外购	桶装

序号	名称	运输量（10 ⁴ t/a）	运输方式
8	汞吸附剂	外购	桶装
9	润滑油	外购	桶装
10	冷却水系统药剂	外购	桶装
11	活性炭	外购	桶装
二	运出		
1	液化天然气	21.5	槽车
	合计	21.5	

2.12.2 LNG 储存和运输

（1）储存规模

根据 LNG 产量，按储存天数 10 天计算所需储罐的容量。

$$V = \frac{nKG}{\rho\phi}$$

V：LNG 储罐计算容量

n：储存天数，10 天

K：不平衡系数：1.2~1.4，取 1.25

G：平均日产量：630t/d

ρ:LNG 密度，0.46t/m³

ø：储罐充装系数，0.9

经计算：LNG 储罐计算容量为：19474m³，配 1 台 20000m³LNG 储罐。

（2）LNG 运输

运输方式：本项目产品 LNG 外输方式是通过公路运输至用户。

装车设备选择：本项目可研推荐采用的装车设备为：LNG 汽车装车臂。

装车车位：根据 LNG 工厂的产量，LNG 专用槽车一般容积为 50m³，年工作天为 360 天计算每天到站装车的车辆数：

$$n = \frac{KG}{360V\rho}$$

n: 每天到站装车车辆数

K: 波动系数, 取 1.5

G: 年装车总量: 21.5 万 t/a

360: 年工作日

V: 一辆汽车槽车的容积, 50m³

ρ:LNG 密度, 0.46t/m³

装车车位数: 每台车装车时间约为 60min。装车站每天工作时间 12 小时, 按每个车位的利用率为 0.6 计算所需装车车位数。

经计算: 每天到站约有 40 辆车, 设 6 个装车车位。

2.13 中央化验室的组成及环境

中央化验室布置在办公楼, 使用面积约 224 平方米。包括以下功能间: 化学分析室、气相色谱室、天平仪器室、药品室、分析办公室。

中央化验室内具备良好的照明、通风、给排水及用电设施。化学分析室设有通风柜, 以排除化验过程中的有毒气体。通风柜内配有上下水、化验水龙头、洗涤池、电插座箱以及局部照明, 便于操作时使用。操作过程中产生的有害气体经风管排至屋顶放空。

气相色谱室、天平仪器室设置空调, 以满足精密分析仪器所需的环境温度及湿度要求。

药品室设有换气排风设施。

2.14 消防

2.14.1 水消防系统

本工程新设置独立的稳高压消防给水系统，消防给水系统由消防水池、消防泵、稳压设备以及高压消防给水管道等组成。消防水池由自建水井补水，消防水经加压后供全厂消防用水。消防管网压力平时由稳压设备保持 0.95~1.0MPa 之间，火灾发生时，消防水炮、消火栓投入使用或自动灭火系统动作，消防管网压力下降，通过消防给水管网压力联锁自动启动消防主水泵供水。

2.14.2 消防水量

根据《石油化工企业设计防火规范》要求，本工程同一时间内的火灾次数按一次考虑。

厂区一次消防用水量最大处为 LNG 储罐区。储罐设置固定式水冷却系统，储罐罐顶冷却水供给强度为 4L/min m²，冷却面积约为 1150.2m²；罐壁冷却水供给强度为 2L/min m²，冷却面积约为 3578.7 m²，经计算，储罐冷却用水量约为 200L/s；罐区辅助水枪或水炮用水量按 45L/s 计，考虑 200m³/h（56L/s）余量，防冷却用水及辅助水枪或水炮用水的连续供水时间按 6h 计，故厂区最大消防用水量按 301L/s 计，所需消防水储量为：
301×6×3600/1000≈6502m³。

2.14.3 消防水池和消防水泵

全厂设埋地式钢筋混凝土消防水池一座，有效容积为 6600m³，分为两格。消防水池补水引自市政给水管网，补水时间不超过 48 小时。

毗邻消防水池设半地下式消防泵一座，设消防主泵两台，其中柴油泵和电泵各一台，互为备用。电动泵参数：Q=310L/s，P=1.0MPa，配电机

$N=630Kw$ ， $U=10KV$ ；柴油泵参数： $Q=310L/s$ ， $P=1.0MPa$ ，柴油储量按不小于 6 小时消防消耗量考虑。消防另设稳压泵 2 台，一备一用， $Q=5.0L/s$ ， $P=1.10MPa$ ，配电机 $N=22Kw$ ， $U=380v$ ，并配有稳压罐及自动控制系统一套。

2.14.4 工艺装置区消防设计

工艺装置区包括成品灌装站周边设环状高压消防给水管网，并沿线每 60 米设地上式室外消火栓，每个室外消火栓配置两支直流水雾两用消防水枪和 4 根消防水带；

同时在上述区域设消防水炮，消防水炮为直流水雾两用型，消防水炮的布置应保证在其有效射程内能覆盖整个装置区，水炮设计流量 $Q=50L/s$ ，额定工作压力 $0.8MPa$ 。

2.14.5 LNG 储罐区消防设计

LNG 储罐区周边设环状高压消防给水管网，并沿线每 60 米设地上式室外消火栓，每个室外消火栓配置两支直流水雾两用消防水枪和 4 根消防水带；LNG 储罐设置固定式水冷却系统，储罐罐顶冷却水供给强度为 $4L/min\ m^2$ ，冷却面积约为 $1150.2\ m^2$ ；罐壁冷却水供给强度为 $2L/min\ m^2$ ，冷却面积约为 $3578.7\ m^2$ ，经计算，储罐冷却用水量约为 $200L/s$ ；罐区辅助水枪或水炮用水量按 $45L/s$ 计，考虑 $200m^3/h$ （ $56L/s$ ）余量，防冷却用水及辅助水枪或水炮用水的连续供水时间按 6h 计，故厂区消防用水量按 $301L/s$ 计，所需消防水储量为： $301 \times 6 \times 3600 / 1000 \approx 6502m^3$ 。

2.14.6 其它区域消防设计

辅助装置及厂前区设环状高压消防给水管网，并沿线每 120 米设地上式室外消火栓。建筑内部根据《建筑设计防火规范》的要求设置室内消火

栓系统或自动喷水灭火系统，室内消防用水直接从室外环状高压消防给水管网引入，并根据相关规范要求采取适当的减压稳压措施。由于全厂的消防采用了稳高压消防给水系统，按照目前国内石化企业的通常做法室内水消防系统不设屋顶消防水箱。

2.14.7 高倍泡沫系统

工艺装置区和成品灌装站在可能发生 LNG 泄漏的区域应采取防止 LNG 泄漏扩散的措施，并设置积液坑，积液坑设高倍泡沫系统保护，本工程工艺装置区和成品灌装站分别设积液坑 3 座。高倍泡沫系统由高倍泡沫发生器、囊式泡沫比例发生器及控制系统组成。高倍泡沫发泡倍数取 400；高倍泡沫发生器型号：PF4 型；泡沫混合液流量 6L/s；泡沫供给速率 144m³/min；泡沫液供给时间 40 分钟；泡沫液耗量 432L。高倍泡沫系统水源引自厂区高压消防给水管网。

2.14.8 移动式灭火器设置

本工程在工艺装置区、成品灌装站、LNG 储罐区周边及灌顶平台、辅助建筑内部均配置移动式磷酸铵盐干粉灭火器，在操作室、控制室、机柜室等处设置移动式二氧化碳灭火器，用于扑灭初期小型及地面流散火灾。

2.15 自动控制

本项目控制系统包括一套用于工艺生产过程控制和运行监测的集散式控制系统（DCS）；一套用于仪表安全控制系统（SIS）。

2.15.1 控制系统整体方案

本工程控制系统共包括以下二部分：天然气液化装置检测设备及相应的分散控制系统（DCS）、仪表安全系统（SIS）等。

（1）分散控制系统（DCS）

分散控制系统（DCS）主要实现主要工艺参数的显示、趋势记录、历史事件的记录、报警、控制、打印、制表及流程图画面动态显示等功能。DCS 系统为整个系统的核心，液化单元等各机组及各种泵的电机联锁保护均可由 DCS 完成，当工艺参数越限时，能记忆、显示、打印并报警。有关的联锁保护将根据工艺要求，由 DCS 系统完成启动或停车，打开或关闭阀门，并可进行手动操作设备的开、停和改变运行状态。

（2）仪表安全系统（SIS）

所有安全设备上的仪表都有独立的分接点。

在 SIS 系统中可调整临界值的设定，同时可通过 DCS 操作员界面和报警管理系统监视报警状态。所有的线圈由 SIS 系统驱动。

安全动作触发之后，即使所有问题得到解决后，元件也不会自动复位，复位动作全部手动完成。

2.15.2 仪表选型

所选用的仪表具有高可靠性、能满足所需精确度要求；满足所处区域的环境条件和防爆等级要求；安装在工艺管道和设备上的仪表满足所处位置的等级和温度等级要求。在本项目中，由于部分介质处于深冷状态，所选仪表需能够承受低温的要求。需信号远传的检测仪表全部采用电子式仪表和气动阀门。

因 LNG 的工况比较特殊，而且危险性比较大，因此对于低温仪表设备及控制系统的采购，原则是如果在检测控制原理上能够满足低温要求，并且技术上成熟，建议采用国产设备；其它的可以采用进口设备。控制系统建议采用进口产品。

2.15.3 控制室的设置

生产辅助区内设置一间控制室，该控制室作为全液化工厂的监视和控

制中心，能够及时有效地监控成套液化设备的生产过程、事故状态的紧急停车、通过声光报警或图像指示发生危险的区域。

控制室内将安装 DCS、SIS、FGS 系统机柜、操作台、火警模拟盘及电视监控系统（CCTV）的系统机柜和监视器。

现场设置一间分析室，分析室内设置成套供货的在线分析仪器柜，其主要数据送入控制室内的 DCS 系统显示、报警。

2.15.4 仪表的供电和供气

全工艺装置区仪表系统采用不间断电源（UPS）系统供电，在外电源掉电后，UPS 电源应保证 60 分钟的正常供电。

仪表空气用于为控制阀和开/关阀提供动力，由空压机提供。仪表空气的用量为 930 Nm³/h，压力为 0.4~0.8 MPa，正常输出压力为 0.6 MPa，在空压机组出现故障的情况下，需保证 30 分钟的供气量。

2.15.5 安全技术措施

爆炸危险区内一般选用本质安全型仪表。

仪表和电器设备的防爆等级不低于相应的防爆等级（GB3836《爆炸性环境用防爆电气设备》），其防护等级不低于 IP65（GB4208《外壳防护等级的分类》）。

仪表接地系统由电气专业统一设置，电阻小于 1Ω。

所有仪表在控制室侧加防雷保护模块，重要的仪表以及安装位置危险的仪表也需要在仪表侧安装防雷保护模块。

2.15.6 仪表安装

由控制室通过多芯电缆经桥架敷设到接线箱再分别接线到现场仪表，现场仪表至接线箱的电缆敷设在小桥架内，仪表的电缆和管线敷设长度应

尽可能的短，并合理、安全、可靠。

本安电缆及其安装应满足安全栅性能要求，在电缆桥架中，仪表供电电缆，本安电缆，仪表信号电缆应用隔板隔开。

现场仪表和端子柜之间的信号电缆屏蔽层应在端子柜侧接地，但在每一个单回路中仅能有一个点接地，仪表电缆汇线槽，仪表盘，电缆保护套管和接线箱等应进行安全接地。

气动信号管采用 $\Phi 8 \times 1\text{mm}$ ，不锈钢管（304SS）。

仪表导压管材质原则上不低于工艺管道的材料等级。

2.16 主要技术经济指标

表 2.16 主要技术经济指标表

序号	项 目 名 称	单 位	指标值	备 注
一	生产规模	$10^4 \text{Nm}^3/\text{d}$	100	日处理天然气
二	产品			
1	LNG	10^4t/a	21.5	
三	年操作时间	小时	8000	
四	主要原材料			
1	天然气	$10^4 \text{Nm}^3/\text{d}$	100	
五	动力消耗			
1	供水（新鲜水）	t/h	67.16	平均
2	供电			
	装机容量	kW	18200	
	年耗电量	10^4kWh	10980	
六	运输量			
1	运入量	10^4t/a	25	
2	运出量	10^4t/a	21.5	
七	定员	人	80	
八	总占地面积	m^2	17300	不包括预留用地
九	建筑总面积	m^2	7400	
十	工程总投资	万 元	59914	报批投资 59564 万元
1	建设投资	万 元	56860	

序号	项 目 名 称	单 位	指标值	备 注
2	建设期利息	万 元	2036	
3	流动资金	万 元	1017	铺底流动资金 305 万元
十一	年销售收入	万 元	103435	
十二	成本和费用			
1	年均总成本费用	万 元	86217	
2	年经营成本费用	万 元	83663	
十三	利润			
1	年均利润总额	万 元	13077	
2	年均净利润	万 元	9808	
3	年均息税前利润（EBIT）	万 元	13722	
十四	年均销售税金及附加	万 元	306	
十五	年均增值税	万 元	3834	
十六	财务分析应力能力指标			
1	投资利税率	%	28.74	
2	资本净利润率	%	82.84	
3	全部投资回收期	年	6.46	税后，含建设期 2 年
4	财务内部收益率			
	所得税前	%	25.82	
	所得税后	%	21.06	
5	财务净现值（ $i_c=12\%$ ）			
	所得税前	万元	47609	
	所得税后	万元	29503	
6	资本金内部收益率	%	37.5	
7	总投资收益率	%	22.9	

2.17 建设项目安全专项投资

本项目总投资 59564 万元，其中安全设施方面的投资 1759 万元，约占项目总投资的 3.0%，用于生产现场安全设施和个人防护设施、安全评价、职业病危害预评价、消防投入等。

表 2.17 安全投入估算表

序号	名称	数量	投资（万元）	备注
1	个人防护用具	60 套	11	
2	干粉灭火器	250 具	28	
3	火焰探测器	100 套	180	
4	浓度检测仪	100 套	150	
5	消防水泵	4 台	110	
6	消防安装材料	1 套	290	
7	消防水池	1 个	200	
8	电气消防安装材料	1 套	300	
9	环保、劳动、安全、卫生评价费		85	
10	其它工艺设备本质安全措施费用		420	
合计			1774	

2.18 建设项目劳动定员情况

2.18.1 劳动定员

劳动定员：项目劳动定员 80 人。

生产制度：年运行时间 8000 小时，生产人员四班三运转制。

表 2.18 劳动定员表

序号	职务	人数	职责
1	生产工长	4	（四班）
2	操作工（控制室）	20	（四班）
3	锅炉工	4	（四班）
4	仪表工	6	（二班）
5	电工	6	（二班）
6	机械维护工	4	（二班）
7	实验室	2	
8	液态轻烃槽车灌装工	16	（二班）

2.18.2 生产制度

根据中华人民共和国实行每周五天工作制和本项目的生产特点，除管理人员、技术人员及装卸人员为白班制外，其它的操作工和安全员拟采用每天 3 班操作 4 班人员编制。

2.18.3 组织机构

阆中双瑞能源有限公司工厂组织及管理机构均按国际通用的管理模式设置：公司实行董事会领导下的总经理负责制，公司的一切日常业务及管理由总经理负责并向董事会报告。按照国家有关精简机构和减员增效的总体构思，在工厂管理方面突出生产、突出一线，最大限度地减少或取消非生产人员。销售、财务与生产相分离。

3 危险有害因素辨识

3.1 主要物料的危险、有害因素辨识结果

根据《危险化学品名录(2002 版)》、GB12268-2012《危险货物品名表》、《首批重点监管的危险化学品名录》(安监总管三[2011]95 号)、《第二批重点监管的危险化学品名录》(安监总管三[2013]12 号)、《剧毒化学品目录(2002 版)》、《高毒物品目录》(卫法监发[2003]142 号)、《易制毒化学品的分类和品种目录》(国务院令 第 445 号)和《易制爆危险化学品名录(2011 版)》,建设项目涉及的危险化学品有:天然气(原料气、液化天然气,主要成分为甲烷、乙烷、丙烷、氮气、二氧化碳)、制冷剂(乙烯、氮气、甲烷和异戊烷)和二氧化碳。涉及的重点监管危险化学品有:天然气(甲烷)、乙烷、乙烯。不涉及剧毒化学品、高度物品、易制毒危险化学品、易制爆危险化学品。

表 3.1 建设项目涉及的危险化学品一览表

序号	物料名称	危险特性	闪点(℃)	火灾危险分类	爆炸极限(v %)	理化特性	用途
1	甲烷	易燃,与空气混合能形成爆炸性混合物,遇热源和明火有燃烧爆炸的危险	-188	甲	5.3~15	第 2.1 类易燃气体;无色无臭气体。微溶于水,溶于醇、乙醚	原料、制冷剂
2	乙烷	易燃,与空气混合能形成爆炸性混合物,遇热源和明火有燃烧爆炸的危险	-88.3	甲	3.0~16	第 2.1 类易燃气体;无色无臭气体。微溶于乙醇、丙酮,溶于苯	原料
3	丙烷	极易燃,其蒸气与空气可形成	-104	甲	2.1~9.5	第 2.1 类易燃气体,本品有单纯性窒息	原料

序号	物料名称	危险特性	闪点(℃)	火灾危险分类	爆炸极限(v %)	理化特性	用途
		爆炸性混合物，遇明火、高热极易燃烧爆炸				及麻醉作用	
4	异戊烷	极易燃，其蒸气与空气可形成爆炸性混合物，遇明火、高热极易燃烧爆炸	-56	甲 B	1.4~7.6	第 3.1 类易燃液体，无色透明的易挥发液体，有令人愉快的芳香气味	制冷剂
5	乙烯	易燃，与空气混合能形成爆炸性混合物	-	甲	2.7~36	第 2.1 类易燃气体	制冷剂
6	氮	若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险	-	-	-	第 2.2 类不燃气体；无色无臭气体。微溶于水、乙醇	制冷剂
7	液化天然气	混合物，泄漏后可形成沸腾液体扩展蒸气爆炸、蒸气云爆炸等	-	甲 A	-	第 2.1 类易燃气体；无色无臭气体。微溶于水，溶于醇、乙醚	产品
8	二氧化碳	不燃	-	-	-	第 2.2 类 非易燃无毒气体	副产品

3.2 工艺、设备、公用工程危险、有害因素辨识结果

依据《国家安全监管总局关于公布首批重点监管的危险化工工艺目录的通知》（安监总管三[2009]166 号）、《国家安全监管总局关于公布第二批重点监管危险化工工艺目录和调整首批重点监管危险化工工艺中部分典型工艺的通知》（安监总管三[2013]3 号），本项目生产工艺不属于重点监管的危险化工工艺。

依据 GB6441-1986《企业职工伤亡事故分类》，本项目生产过程的主要职业危害因素有火灾爆炸、中毒窒息、车辆伤害、低温伤害等，次要危险有害因素包括触电伤害、高处坠落、机械伤害、噪声伤害等。其典型伤害部位分布如表 3.2-1 和表 3.2-2 所示。

表 3.2-1 主要危险有害因素分布

序号	主要危险有害因素	存在部位或场所	备注
1	火灾爆炸	预处理、压缩、脱碳、脱水、储罐区、液化天然气装卸场所、空分系统	
2	中毒和窒息	预处理、压缩、脱碳、脱水、储罐区、液化天然气装卸场所、空分系统	
3	车辆伤害	厂内道路、液化天然气装卸区	
4	低温伤害	天然气制冷系统和液化天然气储存装车系统	

表 3.2-2 次要危险有害因素分布

序号	主要危险有害因素	存在部位或场所	备注
1	触电伤害	配电线路、各种电气带动的生产设备、照明线路及照明器具	
2	高处坠落	项目中高于 2m 的设备作业面和施工作业，如液化天然气储罐、消防水罐等高大设备及管架	
3	机械伤害	离心机、电动机、输送皮带等具有相对旋转或往复运动的各种机械设备和施工机具设备	
4	噪声伤害	压缩机、泵、加热炉等运转设备	

具体辨识过程见附件三。

3.3 重大危险源辨识结果

依据 GB 18218-2009《危险化学品重大危险源辨识》和《危险化学品重大危险源监督管理暂行规定》（国家安全生产监督管理总局令第 40 号）对建设项目进行辨识。

3.3.1 重大危险源辨识

依据 GB18218-2009《危险化学品重大危险源辨识》的规定，本建设项

目属于重大危险源规定内容的危险化学品是天然气（甲烷）、丁烷和乙烯。根据《可研报告》、企业提供的技术资料、GB18218-2009《危险化学品重大危险源辨识》，经过计算得出：本建设项目构成重大危险源，需要进行重大危险源申报。具体辨识过程见附件三“主要危险有害因素辨识过程”。

3.3.2 重大危险源分级

《危险化学品重大危险源监督管理暂行规定》（国家安全生产监督管理总局令第 40 号）规定了应当对重大危险源进行分级，本报告根据该分级方法进行重大危险源分级，根据《项目可研报告》、企业提供的技术资料、GB18218-2009《危险化学品重大危险源辨识》和《危险化学品重大危险源监督管理暂行规定》（国家安全生产监督管理总局令第 40 号），经过计算得出：本建设项目构成一级重大危险源。具体辨识过程见附件三“主要危险有害因素辨识过程”。

4 评价单元划分和评价方法选择

4.1 评价单元划分原则

本报告按照液化天然气项目工艺功能、生产设施设备相对空间位置、危险有害因素类别等对评价单元进行划分，具体遵循如下原则：

- 1、独立而完整的工艺过程划分为一个单元；
- 2、具有相似工艺过程的装置、设备划分为一个单元；
- 3、危险有害因素类别相似或事故危害范围相同的装置、设备划分为一个单元；
- 4、考虑各装置在平面、空间布置的关系，空间位置相邻的装置、设备划分为一个单元；
- 5、对于包含装置较多的复杂单元，在评价过程中可根据评价方法的需要划分为若干子单元。
- 6、根据以往事故资料，将发生事故能导致停产、波及范围大、造成巨大损失和伤害的关键设备作为一个评价单元，将危险、有害因素大且资金密度大的区域作为一个评价单元。

4.2 评价单元划分结果

参照评价单元的划分原则，根据评价对象的生产工艺流程、总平面布置及建筑物的相对独立性等特点进行评价单元划分，评价单元划分结果如下：

表 4.2 评价单元划分结果

序号	单元名称		理由说明
1	外部条件单元	周边环境单元	识别外部危险有害因素
2		自然条件单元	
3	总平面布置单元		识别总平面布置危险有害因素

序号	单元名称	理由说明
4	工艺单元	识别工艺方面的危险有害因素
5	公用工程及辅助设施单元	识别公用工程和辅助设施的危险有害因素

4.3 评价方法选择

针对不同评价单元的特点，选取不同的评价方法进行分析。具体的方法选择见表 4.3。

表 4.3 评价单元对应的评价方法

序号	单元名称		评价方法
1	外部条件单元	周边环境单元	安全检查表分析法（SCL）
2		自然条件单元	
3	总平面布置单元		安全检查表分析法（SCL）
4	工艺单元		预先危险性分析（PHA）、事故树法（FTA） 事件树法（ETA）、事故后果模拟法
5	公用工程及辅助设施单元		预先危险性分析（PHA）

1、安全检查表法（SCL）

安全检查表是辨识危险源的基本方法，其特点是简便易行。根据法规、标准设置检查项目和内容，并以类比装置的安全技术措施为对照进行安全检查，可预测建设项目在设计、投产及运行中可能存在的各种隐患，并提出应采取的安全技术措施。预评价报告中安全检查的内容重点在于从设计上实现建设项目本质安全化。

2、预先危险性分析法（PHA）

预先危险性分析法可“预先”、“定性”地指出单元的固有危险性，预测危险源、可能发生的事故类别、发生的条件、事故的严重性等级、事故发生的可能性等级。

3、事故树法（FTA）

事故树分析（FTA，Fault Tree Analysis）是一种表示与导致灾害事故有

关的各种因素之间因果关系和逻辑关系的分析法。**FTA** 是对某一种失效状态在一定条件下进行逻辑推理和图形演绎，对可能造成系统事故或导致灾害后果的各种因素（包括硬件、软件、环境、人等）的层层分析，按工艺流程、先后次序和因果关系，把所有的失效原因、失效模式用逻辑与和逻辑或的关系绘制成一个树形结构。

4、事件树法（ETA）

事件树分析是一种逻辑演绎分析方法，是一种从原因到结果的自上而下的分析方法。它在给定的一个初因事件的前提下，分析此初因事件可能导致的各种事件序列的结果。从一个初始事件开始，交替考虑成功与失败的两种可能性，然后再以这两种可能性作为新的初始事件，如此继续分析下去，直至找到最后的结果。因此，**ETA** 是一种归纳逻辑树图，能够看到事故发生的动态发展过程，提供事故后果。

5、事故后果模拟法

危险化学品发生重大事故的类型既与其理化特性有关，又与其生产、储存、使用的方式有关。液化天然气项目主要的危险化学品为液化天然气，依据液化天然气可能产生的事故后果类型，分析其火灾、爆炸的危害范围。

5 危险有害因素定性、定量分析

5.1 固有危险程度的分析结果

5.1.1 具有可燃性、爆炸性的化学品数量、状态和所在的作业场所（部位）及其状况（温度、压力）

附表 5.1.1 具有可燃性、爆炸性的化学品数量、状态和所在的作业场所（部位）及其状况

序号	作业场所	化学品名称	数量（t）	最大压力（MPa）	温度（℃）	火灾危险性
1	天然气净化液化系统	天然气	4.2	3.0~4.0	20~320	甲类
3	液化天然气储罐	液化天然气	8470	常压	-162	甲 _A 类
4	重烃储罐	重烃	98	常压	-185~66	
5	液化天然气装车区	液化天然气	0.43	常压	-162	甲 _A 类
6	胺罐	MDEA	4	常压	66	丙类
7	乙烯储罐	乙烯	16	常压	-185~66	甲类
8	异戊烷储罐	异戊烷	8.7	常压	-185~66	甲 _B 类

5.1.2 爆炸性化学品的梯恩梯当量

表 5.1.2 爆炸性化学品的梯恩梯当量

序号	作业场所（单元）	爆炸性化学物质名称	介质质量（t）	梯恩梯（TNT）当量（t）
1	天然气净化液化系统	天然气	4.2	2.1
2	液化天然气储罐	液化天然气	8470	4050.9
3	液化天然气装车区	液化天然气	0.43	0.21
4	乙烯储罐	乙烯	16	7.11
5	异戊烷储罐	异戊烷	8.7	3.74

5.1.3 可燃性化学品完全燃烧后释放的热量

表 5.1.3 可燃性化学品的梯恩梯当量

序号	作业场所（单元）	爆炸性化学物质名称	介质质量（t）	燃烧后放出的热量（MJ）
1	天然气净化液化系统	天然气	4.2	232911
2	液化天然气储罐	液化天然气	8470	4.7×10 ⁸

3	液化天然气装车区	液化天然气	0.43	23845.65
4	乙烯储罐	乙烯	16	803760.3
5	异戊烷储罐	异戊烷	8.7	422531.2

5.1.4 有毒化学品的浓度

本项目原料气质量较好，硫化氢含量低于 0.3 mg/Nm^3 （可研报告提供），该值低于 GBZ 2.1-2007《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分 化学有害因素》规定的硫化氢最高容许浓度 10 mg/m^3 。此外，考虑到原料天然气中的微量硫化氢在脱二氧化碳工艺过程中被 MDEA 吸收后脱除。因此，可认为本项目不涉及有毒化学品。

5.2 建设项目总体及各作业场所固有危险程度定性分析结果

5.2.1 建设项目产业政策符合性评价结果

建设项目产业政策符合《产业结构调整指导目录（2011 年本）》（发改委令第 9 号）、《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2011 年本）〉有关条款的决定》（发改委令第 21 号）和《天然气利用政策》（发改委令第 15 号）的要求。

5.2.2 建设项目选址安全条件评价结果

建设项目与《危险化学品安全管理条例》（国务院令第 591 号）第十九条规定的“八大场所”的间距符合国家有关规定。

根据阆中市阆中市工业集中区规划，通过对项目外部安全条件采用安全检查表法进行的评价可知，外部条件对本项目的影响因素主要是农户、电力电讯线路及周边企业。因此，在本项目完成拆迁后，外部安全条件对本项目不构成制约性影响，符合国家相关法律、法规、标准规范的规定。其检查内容见本报告附件五“定性、定量分析评价”。

5.2.3 建设项目总平面布置评价结果

建设项目总平面布置符合 HG20571-95《化工企业安全卫生设计规定》、GB50489-2009《化工企业总图运输设计规范》、GB50187-2012《工业企业总平面设计规范》的要求，各厂房、装置、设施之间的安全间距满足 GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》、GB50160-2008《石油化工企业设计防火规范》的规定。

5.2.4 各个作业场所（单元）的定性评价结果

应用预先危险性分析法对原料预处理工序、压缩工序、脱碳工序、脱水工序、储罐区及液化天然气装卸、变配电系统、空分系统等进行分析，在生产过程中存在着车辆伤害、火灾爆炸、中毒和窒息、低温伤害、触电伤害、高处坠落、机械伤害、噪声伤害、腐蚀等危险有害因素。其中火灾、爆炸、中毒窒息危害等级为Ⅳ级（灾难性的）。其余危害等级为Ⅱ～Ⅲ级（临界的、危险的）。

使用事故树分析方法对液化天然气储罐火灾爆炸进行分析，得出 2 个二阶最小割集、40 个三阶最小割集和 32 个四阶最小割集。通过该事故树进行结构重要度计算得出，在不考虑事故发生频率的情况下，罐区通风不良、阀门密封失效、法兰密封失效、罐体损坏、误操作等，是引发储罐火灾爆炸事故的主要因素。

使用事件树分析方法进行原料气管道泄漏和液化天然气储罐泄漏事件树分析。原料天然气管道泄漏可能产生的事故后果类型有：闪火、密闭爆炸、窒息、无害化扩散、喷射火、蒸气云爆炸等；液化天然气储罐破裂可能产生的事故后果类型有：喷射火、闪火、蒸气云爆炸、无害化扩散、沸腾液体扩展蒸气爆炸、池火、火球等。

5.2.5 公用工程定性评价

(1) 自动控制系统子单元

通过使用预先危险性分析法对自控系统误动、拒动、失灵危险性的评价，经过比较可知自动控制系统误动、拒动的危险等级为 II~III 级，说明一旦发生事故，将会造成人员伤亡及系统破坏，因此必须加强运行安全管理。

(2) 电气系统子单元

通过使用预先危险性分析法对电气系统危险性的分析可知，电气系统的危险等级为 III 级，说明一旦发生触电、火灾、爆炸事故，将会造成人员伤亡及系统破坏，甚至引发二次事故。

(3) 空分、空压系统子单元

通过对空分、空压系统的预先危险性分析可知，空分、空压系统的危险等级为 II~III 级，说明一旦发生事故，将会造成人员伤亡及系统破坏，因此必须加强运行管理。

5.3 风险程度的分析结果

5.3.1 出现可燃性、爆炸性泄漏的可能性

本项目主要的具有爆炸性、可燃性的化学品主要是天然气。其泄漏的可能性见下表：

表 5.3.1 危险化学品泄漏的可能性一览表

场所	主要设备	主要部位	泄漏形式	泄漏物质	泄漏可能性
原料预处理系统	高压分离器、原料气脱水塔、原料气脱 CO ₂ 塔	管道接口、阀门、泵	气态	天然气	2
天然气液化系统	主换热器、低温分离器	管道接口、阀门	气态、液态	天然气	3
液化天然气储存系统	液化天然气储罐	管道接口、阀门、泵	液态	液化天然气	2
备注：					

- 1=高或中度严重失效概率，高次要缺陷概率；
 2=严重失效的机会稍高，高泄漏几率或中度次要缺陷几率；
 3=泄漏及重要缺陷概率低，无严重失效可能；
 4=低泄漏几率，无严重失效或几乎重要的缺陷。

5.3.2 化学品泄漏后具备造成爆炸、火灾事故的条件

本项目具有可燃性、爆炸性的化学品主要是天然气，现对其发生火灾、爆炸事故的条件列表如下：

表 5.3.2 发生火灾、爆炸所需要的条件

场所	主要设备	物质	主要部位	主要泄漏形式	事故类型	发生事故条件
天然气预处理系统对	高压分离器、原料气脱水塔、原料气脱 CO ₂ 塔	天然气	管道接口、阀门	气态	火灾、爆炸	泄漏后与空气混合达到爆炸极限，同时有点火源
天然气液化系统	主换热器、低温分离器	天然气	管道接口、阀门、泵	气态、液态	火灾、爆炸	混合气体达到爆炸极限，同时有点火源
液化天然气储存系统	液化天然气储罐	液化天然气	管道接口、阀门	液态、气态	火灾、爆炸	物质泄漏后有点火源，燃烧后造成经济损失和人员伤亡。

5.3.4 化学品泄漏后引发火灾、爆炸事故的后果模拟

使用定量风险分析领域认可度较高的 DNV Phast 6.7 软件对 LNG 储罐泄漏事故进行后果模拟计算。

5.3.4.1 液化天然气喷射火事故后果模拟

LNG 储罐泄漏引发喷射火事故后果模拟考虑如下的情景：储罐至装车区的 DN300 管道在与储罐连接处附近完全破裂，液化天然气以 20 kg/s 流量，0.5 MPa 压力持续泄漏并立即着火燃烧形成喷射火焰。（计算过程详见

附件五)。

计算结果显示：LNG 储罐泄漏引发喷射火事故时，死亡区域基本位于围堰区，轻、重伤区域位于火炬、装车区、公用工程和工艺装置区所在的部分区域；事故不会对周边拟建企业、居民区等造成影响。

5.3.4.2 天然气蒸汽云扩散事故后果模拟

LNG 储罐泄漏引发天然气蒸汽云扩散事故后果模拟考虑如下的情景：储罐至装车区的 DN300 管道在与储罐连接处附近完全破裂，液化天然气以 20 kg/s 流量，0.5 MPa 压力持续泄漏 10 min，泄漏出的 LNG 受热蒸发形成蒸汽云并发生扩散，扩散过程中不着火爆炸。

计算结果显示：

1) 大气稳定度对天然气蒸汽云团最大扩散距离有显著影响，大气稳定度为 B 时（极不稳定），最大扩散距离为 118.7 m；大气稳定度为 D 时（一般），最大扩散距离为 177.8 m；大气稳定度为 F 时（非常稳定），最大扩散距离为 350 m。

2) LNG 储罐泄漏引发天然气蒸汽云扩散事故时，蒸汽云团最大扩散距离为 350 m（大气稳定度为 F），故对北面居民区造成影响。

5.3.4.3 天然气蒸汽云爆炸事故后果模拟

LNG 储罐泄漏引发天然气蒸汽云爆炸事故后果模拟考虑如下的情景：储罐至装车区的 DN300 管道在与储罐连接处完全破裂，液化天然气以 20 kg/s 流量，0.5 MPa 压力持续泄漏 10 min，泄漏出的 LNG 受热蒸发形成蒸汽云并发生扩散，云团漂移到最大扩散距离时着火爆炸。

计算结果显示：

当大气非常稳定时（大气稳定度为 F），蒸汽云爆炸事故可能会影响到项目东南侧拟建企业、鼎盛建材公司办公楼，北面部分居民在事故影响范围

内。

本报告中事故模拟结果是在各种假设条件下计算得出的，可用作下一步详细设计的参考。若事故发生时，由于实际情况下气象、地形及泄漏条件等因素的影响可能会与本报告的假设条件不一致，可能会导致实际事故后果可能与本报告的模拟结果存在误差。特此声明！

6 类似工程事故案例分析

案例 1:

1994 年 10 月，美国俄亥俄州克里夫兰市发生了一次液化天然气贮罐爆炸并引起大火的重重大恶性事故。这个液化天然气贮存基地共有大型贮罐四台，一台为圆筒形，建于 1942 年，其余三台为球形，建于 1949 年，是世界上最早的天然气贮罐。1944 年 10 月 20 日下午，这台圆筒形贮罐（直径 21.3 米，高 12.8 米）在运行中突然发生脆性破裂，并产生许多碎片。大量的可燃气体夹着液滴，成雾状向四周扩散。附近的工厂、商店、住宅等先后发生气体爆炸和火灾，周围的市区被火焰包围，形成一片火海。20 分钟后，与圆筒形相邻的 3 号球罐（直径 17.4 米）由于支柱（无隔热层）被烧弯而倒塌，整个球罐在火焰烘烤下发生剧烈的蒸气爆炸，喷发的火焰高达 300 米。这场由于压力容器破裂而引起连锁反应的灾难性事故，使 79 栋住宅，219 辆汽车和 2 座工厂全部烧毁，另外还有 13 座工厂和 35 栋住宅遭到部分破坏，死亡人数达到 133 人。也由于这批世界上最早的天然气贮罐发生爆炸，使美国的天然气设备受到严重挫折，估计停滞约 20 年。

案例 2:

1973 年 2 月 10 日，美国纽约市里士满区的斯塔坦岛上，一个容量约为 10 万立方米的液化天然气贮罐发生爆炸事故，罐内 40 个操作人员立即死亡，轻重伤者 3 人。下午 1 时 10 分左右，在进行检修作业的贮罐内，发生了火灾。在贮罐南侧离顶棚 3 米左右吊着一个脚手架上，进行作业的两个操作人员，听到响声，向下一看，发现贮罐底部有烟和火焰上升。他们急忙爬梯子上来，从圆形顶盖的开口处逃出。这时，烟已从开口处向外冒出，追随在两人之后，腾空升起。在贮罐外边的人们，亲眼看见储罐的顶盖一度上升后又落入大罐中，烟和火焰喷上高空。顶盖落下后，贮罐继续燃烧了 5~6

小时。这是由于储罐内的聚酯、聚氨酯、聚己烯、粘合剂等有机物质燃烧的缘故。

储罐内部的修理作业中，在取掉聚酯膜时引起气压降低，使浸透在聚氨酯绝热材料中的丁烷，戊烷等可燃气体，进入储罐内的空间。

虽然无法确认点火源，但是可以推测是真空清扫机的电机火花、静电火花、或者打火机等明火之中的一个，使烃类气体着火。这个火焰使在聚氨酯层和聚酯膜之间的爆炸性混合气体着火，从而使聚酯膜从聚氨酯层上剥离，进一步促进了气体的放出。在聚氨酯绝热材料壁和聚酯膜中吸附的烃类气体燃烧火焰的支持下，火灾扩大起来。

储罐内的空气被加热，因此，储罐内的压力迅速上升，引起储罐顶盖向上飞起。其结果是，圆顶被破坏，顶盖落到储罐底部。在顶盖上虽然安装有压力安全装置，可是，对由火灾引起的急剧压力上升，安全装置则失灵了。美国矿务局调查的结果认为，泄漏的天然气中的高沸点烃，浸入并被吸附在聚氨酯绝热材料层中，要完全将之除去是极端困难的事情。沸点低的甲烷、乙烷已经挥发完了，而沸点高的丁烷、戊烷等部分残留了下来。

案例 3:

当不同组分的天然气站混装或天然气站长期储存上层天然气发生“老化”时，可能形成两个相对稳定的液面层，当外界热量传入罐内时，两个液相层引发传质和传热并相互混合，液层表面也开始蒸发，下层由于吸收了上层的热量，而处于“过热”状态。当二液相层密度接近时，可在短时间内产生大量天然气蒸发气体，使罐内压力急剧上升有可能引发爆炸。1971 年 8 月，意大利 La Spezia, SNAM 的天然气终端接收站，储罐充装完毕后 18 小时发生翻滚事故。储罐最高压力冲至 94.7kPa，通过安全阀等正常的放散途径高速排放，直至槽内压力下降至 24kPa 时恢复正常。整个过程历时 2 小时。

事故后果导致排放损失 LNG181.44t。事故原因，充装的新 LNG 的密度比存液的密度大。形成分层；充装的新 LNG 的温度比存液的温度高。带入了较多热量，促进层间混合；充装量比存液量大得多；充装时间短，仅为 18 小时；在翻滚发生前 4 小时，由于控制阀的故障使槽内压力下降，增加了上层的蒸发量，使上层的密度加大，促进了两层的混合加快。

案例 4:

1973 年，英国 Canvey 岛一 LNG 储罐破裂，少量 LNG 泄漏并沿雨后泥地扩散，形成可燃爆炸蒸气（“快速相位变化气体”），随后发出大声爆炸，但并未造成人员伤亡。

案例 5:

1975 年，阿尔及利亚 Arzew 储罐，与储罐低温液体相连接的铝阀破裂，LNG 泄漏，1 名工作人员冻伤致死，没有形成蒸气火灾。

案例 6:

1993 年，印度尼西亚一天然气液化站的液化设施，在管路检修过程中造成 LNG 泄漏。泄漏的 LNG 进入地下水泥排污系统，由于大量 LNG 汽化产生过大压力使排污系统顿时破坏。

案例 7:

2009 年 2 月，位于上海洋山深水港区中西门堂岛的液化天然气接收站工地在调试中介质气化器的过程中发生燃爆事故，造成 1 名工人死亡，16 人受伤。

7 安全条件和安全生产条件的分析

7.1 建设项目安全条件分析

7.1.1 建设项目对周边环境的影响

(1) 建设项目易发火灾、爆炸事故的 LNG 储罐、工艺装置区、LNG 装车站和火炬与周边单位、环境的间距均符合相关法律法规、国家标准的规定。

(2) 根据 GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》，围堰区至室外活动场所、建构筑物的隔离距离，应按国家公认的液化天然气燃烧的热辐射计算模型确定，计算结果见下表：

表 7.1 建设项目储罐围堰至室外活动场所、建构筑物的隔离距离

热辐射通量 (kW/m ²)	隔离距离要求 (m)	计算结果 m
4	不得有 50 人以上的室外活动场所	274 (距围堰边缘, 下同)
9	不得有活动场所、学校、医院、监狱、拘留所和居民区等在用建筑物	156.7
30	不得有即使是能耐火且提供热辐射保护的在用建筑物	62.7

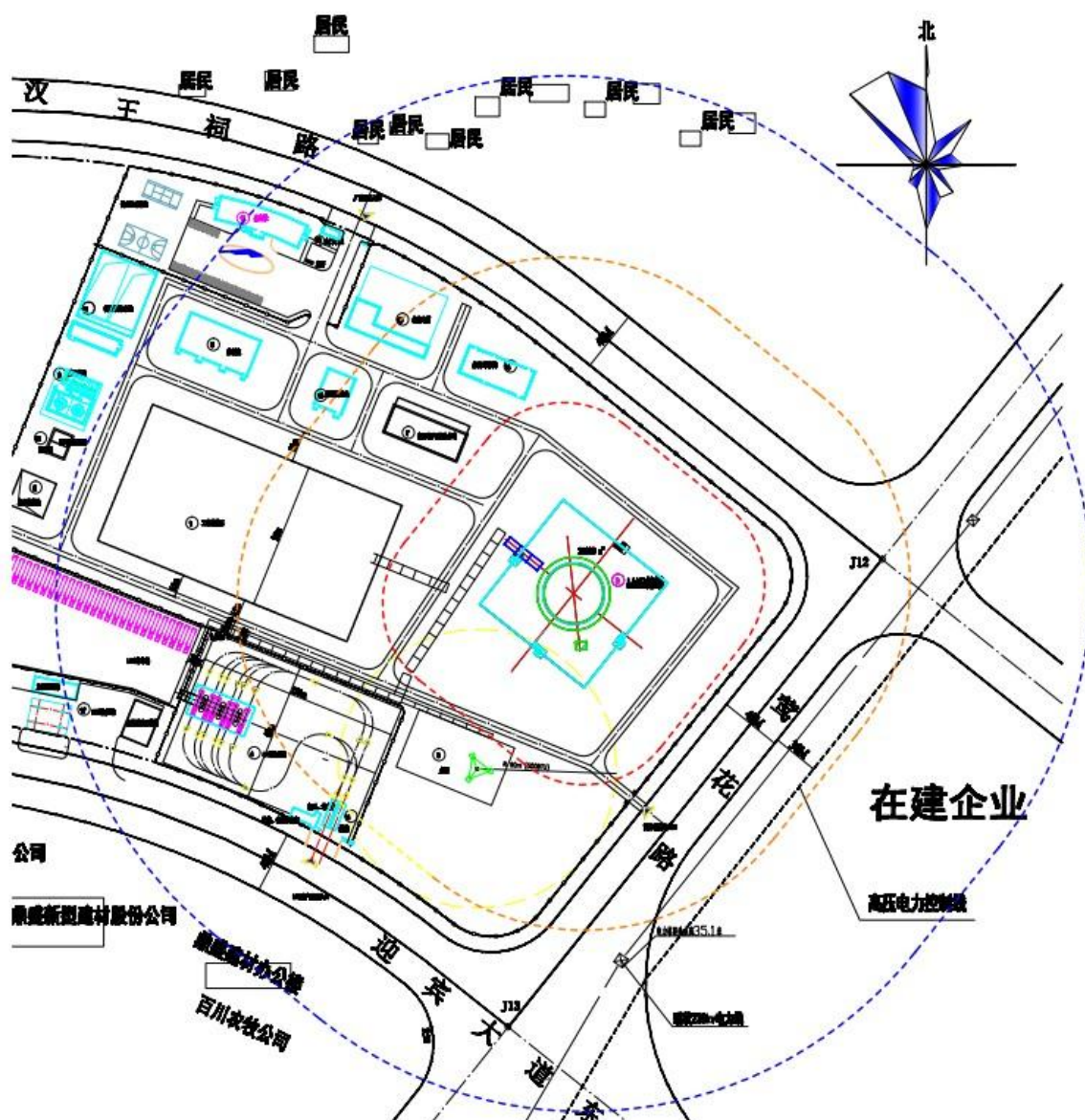


图 7.1 热辐射隔离距离图

由图 7.1 可知：距离围堰边缘 62.7 米的区域内无任何建构物；距离围堰边缘 156.7 米的区域内均为建设项目及相邻拟建企业工艺装置区、园区道路，无活动场所、学校、医院、监狱、拘留所和居民区；距离围堰边缘 274 米的区域内有建设项目装置、相邻拟建企业、园区道路、少数农户，无 50 人以上室外活动场所。

(3) 通过对 LNG 储罐进行定量风险计算可知，本项目东南侧拟建企业、鼎盛建材公司办公楼，北侧河口村居民，南侧孙家娅村部分居民处于个人风险不可接受范围内，阆中双瑞能源有限公司应对“阆中元坝气田天然气

储气调峰工程项目”LNG 储罐外 850 m 范围内的居民（项目北侧约 60 户居民，南侧约 20 户）进行拆迁。本项目已经取得阆中市工业集中区管理委员会《关于元坝气田天然气储气调峰工程项目安全间距范围内民居拆迁的回复》（阆工集管委函〔2014〕10 号），管委会表示：将开展拆迁工作，并承诺在项目试生产前，按要求完成安全间距内全部民居拆迁工作。（详见附件）

由上述三点可知：建设项目与周边单位、环境的间距均符合相关法律法规、国家标准的规定；在完成项目周边的拆迁工作后，发生 LNG 泄漏引发的火灾爆炸事故对周边单位、环境的影响有限。

7.1.2 周边环境对建设项目的影

7.1.2.1 园区道路对建设项目的影

园区道路与项目之间有绿化、围墙分隔，行人和行驶的车辆不会对生产造成直接影响。园区道路与建设项目的间距符合 GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》的要求，对建设项目不构成制约性影响。

7.1.2.2 架空电力线路对建设项目的影

建设项目界区东南侧有 220KV 架空电力线，该线路位于项目界区之外，符合 GB50160-2008《石油化工企业设计防火规范》“架空电力线路严禁穿越生产区”的要求，走向平行项目东南侧围墙，未穿越生产装置区、储罐区、装车区。由该架空电力线与建设项目的最小间距可知，220KV 架空电力线对建设项目的生产经营活动无制约性影响。

7.1.2.3 拟建企业（东南侧）对建设项目的影

建设项目东南侧有拟建企业（碳纤维厂）。该工厂生产、经营活动中可能产生明火、火花，故需考查项目与其之间的防火间距。由该企业与建设项目的最小间距可知，两者间的防火间距均满足 GB50183-2004《石油天然气

工程设计防火规范》和 GB50160-2008《石油化工企业设计防火规范》的要求，故相邻企业对建设项目的生产经营活动无制约性影响。

7.1.2.4 周边居民生活对建设项目的影

本项目拟建于阆中市阆中市工业集中区，界区北面有居民区、散居民房。由居民区、散居民房与建设项目的最小间距可知，建设项目与周边居民区、散居民房的距离符合 GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》的要求，故周边居民生活对建设项目的生产经营活动无制约性影响。

7.1.2.5 嘉陵江对建设项目的影

由嘉陵江与建设项目的最小间距可知，建设项目与嘉陵江的距离符合 GB50160-2008《石油化工企业设计防火规范》的要求，故嘉陵江对建设项目的生产经营活动无制约性影响。此外，据阆中市防汛办公室提供的资料：自 1961 年至今，嘉陵江阆中市河溪水位站记录显示，保证水位为 348.2m。该最高水位低于建设项目最低标高 353.33m，故建设项目不受洪水影响。（详见附件阆中市防汛办公室提供的水位成果表）。

7.1.3 自然条件对建设项目的影

（1）根据 GB50011-2010《建筑抗震设计规范》和《建筑抗震规范局部修订》，阆中市抗震设防烈度为 6 度，符合 GB50187-2012《工业企业总平面设计规范》规定的“发震断层和抗震设防烈度为 9 度及高于 9 度的地震区不应选为厂址”。

（2）由具有工程勘察综合类甲级资质的四川省川建勘察设计院出具的《元坝气田天然气调峰工程项目详细勘察阶段岩土工程勘察报告》显示：场地地貌单一，地势平坦，无埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石等对工程不利的埋藏物，无特殊不良地质作用，场地和地基整体稳定，适于建筑。

(3) 据阆中市防汛办公室提供的资料：自 1961 年至今，嘉陵江阆中市河溪水位站记录显示，保证水位为 348.2m。该最高水位低于建设项目最低标高 353.33m，故建设项目不受洪水影响。

7.2 建设项目安全生产条件分析

7.2.1 建设项目拟选择的主要技术、工艺和装置、装备、设施的安全可靠性

7.2.1.1 可行性报告编制单位简介

项目可行性研究单位东华工程科技股份有限公司前身是化学工业部第三设计院，原系国务院国资委直接管理的中国化学工程集团公司的全资子公司，现为中国化学工程股份有限公司设计板块的旗下公司。公司各拥有化工、石油化工、医药、市政、建筑等十多项甲级设计资质以及工程总承包甲级资质，具有对外工程总承包权和进出口经营权。公司在信息化方面进行了大量的投入，多达 1800 个信息点的计算机网络结构化布线系统覆盖所有办公区域。人均拥有各类高性能计算机 1.2 台并全部联网。引进了大量的正版软件，三维工程设计已经成为公司的设计主流。公司一直位居中国勘察设计行业百强之列，在化工勘察设计企业中名列前茅。

近年来，该公司承接了鄂尔多斯市宏基亿泰能源有限公司年产 40 万吨 LNG 项目（40 万吨/年，3 万方储罐）的工程设计、华油天然气广元有限公司天然气联合处理厂项目（100 万方/天，2 万方储罐）的工程设计、西安市西蓝天然气有限公司天然气综合利用项目（50 万方/天，1 万方储罐）的工程设计等一系列 LNG 建设项目，工程咨询和设计能力较强。

7.2.1.2 工艺技术安全可靠性

建设项目关键工艺——天然气液化选用美国 BV 公司的混合制冷工艺。迄今为止，该工艺已成功运用到数十套基荷和调峰装置中，液化装置单线生

产规模从 8 万 m^3/d 到 500 万 m^3/d 。混合制冷液化工艺的主要特点是：（1）采用单级制冷系统，流程简单，操作控制可靠；（2）对冷剂组分的变化不敏感，对不同组份原料气具有较强的弹性和适应性；（3）开停车速度快，需要补充冷剂量少，具有较高的效率；（4）设备数量少，布置紧凑，造价和操作费用低。混合制冷工艺在国内的首次应用是中国海洋石油总公司的珠海 LNG 装置，该项目于 2008 年 12 月顺利投产，天然气年处理量 2 亿 m^3 ，日处理量 60 万 m^3 ，日产 LNG 约 350t。除此之外，华油天然气股份广安 LNG 调峰项目（日处理量 100 万 m^3 ）、陕西省安塞县 LNG 项目（日处理量 200 万 m^3 ）等建设项目均选用了混合制冷工艺，安全可靠得到充分验证。

7.2.1.3 装置、装备、设施的安全可靠性

本项目储运系统包括 LNG 储罐区和 LNG 装车站，LNG 存储罐区设置 20000 m^3 立式单包容常压液化天然气储罐 1 座，LNG 储罐设置在围堰内，围堰总高 4m，LNG 输送泵（内置潜液泵）两台设置在 LNG 储罐内。LNG 存储罐区的围堰内和 LNG 装车站设置了 LNG 集液池。

（1）LNG 储罐

由液化工艺单元送来的液化天然气从顶部进入 LNG 储罐，物料温度： -162°C 。罐顶还设有低压氮气保护线、超压放空线（至 BOG 压缩机回收）、LNG 泵回流线、LNG 泵出线、装车 LNG 返回线、装车 BOG 返回线等。

液化天然气储罐建造的基本标准 API-620 和 BS-7777 中，均有明确规定，“储罐的开孔优先考虑在罐顶”。EN1473《液化天然气设备和安装-岸上设备的设计》明确规定，“储罐的罐壁和底部不允许有接管”。最新的液化天然气储罐建造参考标准 EN-14620 则明确规定，“液化天然气储罐需使用内置泵，罐壁和罐底均不允许开孔”。据此，本项目储罐所有的进出连接口和其他仪表接口都设计在储罐顶部（含液位计、压力表、温度计、安全阀等附

件接管), 进料时, LNG 可以上部进料, 也可以通过内部插入管从下部进料。该设计可以使不同比重的 LNG 以不同方式进入储罐。通常, 较重的 LNG 从上部进入, 较轻的 LNG 从下部进入。同时, 通过 LNG 罐内泵对罐内 LNG 进行循环, 在循环返回储罐的管线末端设有斜向喷嘴, 可使罐内 LNG 有效混合, 以便有效防止分层和罐内液体发生翻滚现象。

在正常操作条件下, 储罐的绝对压力通过 BOG 压缩回收储罐的蒸发气来控制。

(2) LNG 装车区

LNG 经贮罐内设置的 2 台低温 LNG 输送泵 (一开一备) 送至装车台装车, 每只 LNG 万向装车臂设有液相进料线、液相返回线、气相返回线、氮气吹扫线等, 加注时液相进料线和气相返回线与槽车相连。

7.2.1.4 关键进口装置、装备、设施

为确保工艺安全, 建设项目关键装置、装备、设施为进口。

表 7.2.1.4 进口装置、装备、设施一览表

序号	名称	数量	类型	参数 1	设计压力	设计温度	材料	备注
1	胺吸收塔	1	板塔	1, 600 mm	6.0/FV	125	CS	
2	胺汽提塔	1	板塔	1, 500 mm	0.34/FV	150	SS	
3	进气凝聚过滤器	1	筒式	785.8 x 1.1	6.0/FV	66	CS	
4	贫胺碳过滤床	1	立式	1, 500 mm	1.03/FV	80	CS	20%的
5	收集罐	1	卧式	1, 800 mm	1.03/FV	66	CS	
6	胺液收集罐	1	卧式	1, 600 mm	6.0/FV	66	CS	
7	再生气加热器	1	直燃	2.67 x 1.2	6.0/FV	320	CS	
8	分子筛过滤器/分	1	筒式	870.3 x 1.1	6.0/FV	66	CS	
9	干燥器	2	立式	1, 400 mm	6.0/FV	320	CS	
10	再生气分离器	1	立式	600 mm	6.0/FV	66	CS	
11	汞脱除床	1	立式	1, 300 mm	6.0/FV	66	CS	

序号	名称	数量	类型	参数 1	设计压力	设计温度	材料	备注
12	干燥系统水碳过滤	1	立式	600 mm	6.0/FV	66	CS	
13	粉尘过滤器	2	筒式	833.3 x 1.1	6.0/FV	66	CS	
14	保护过滤器	2	筒式	839.0 x 1.1	6.0/FV	66	CS	
15	润滑油加热器	3	电加				CS	包含于
16	脱氮塔	1	立式	1, 300 mm	3.00/FV	-185/66	SS	
17	重组分精馏塔	1	立式	1, 200 mm	6.00/FV	-185/66	SS	
18	冷剂出口分离器	1	卧式	2, 900 mm	4.48/FV	66	CS	
19	热重组分分液罐	1	立式	750 mm ID	6.0FV	66	CS	
20	再生气压缩机入口	1	立式	800 mm	6.0/FV	66	CS	
21	燃料油缓冲罐	1	立式	800 mm	1.0/FV	66	CS	
22	LNG 储罐	1	单包	20, 000 m ³			SS304	

7.2.2 建设项目拟选用的主要安全系统

(1) 为了保证工厂的装置安全、平稳、长周期的运行，采用分布式控制系统（DCS）对工艺过程进行集中控制、显示、记录和报警。a) 分布式控制系统（DCS），实现对工厂所有生产过程的连续监测和控制操作；b) 紧急关断系统（ESD），实现对工厂内工艺装置进行紧急关断操作；d) 火气探测系统（F&G），实现对工厂内生产区域进行火气探测和控制操作；d) 安全监视系统，实现对工厂内安全状况及厂区环境进行监视。为了提高整个分布式控制系统的可靠性，DCS、ESD、F&G 将独立设站，并各自完成不同的功能。

(2) 在工厂设置一个中心控制室，对工厂内所有参数进行集中操作与控制。中心控制室包括操作室、机柜室、工程师室、UPS 电源室、交接班室、更衣室等。

(3) 工厂装置区为易燃、易爆危险场所。自控设备要求质量可靠、技

术先进、性能稳定、安全防爆，有成熟的应用经验。主要系统按本安系统考虑，现场仪表选用本安型仪表。

7.2.3 拟选择的主要装置、设备或设施与生产、储存过程的匹配情况

本项目目前处于可研阶段，拟选择的主要装置、设备或设施与危险化学品生产、储存过程基本匹配，但需在初步设计中进行细化。

7.2.4 拟为生产、储存过程配套和辅助工程能否满足安全生产的需要

本项目可研从总图运输、给排水、供电及电讯、供热、储运设施、采暖通风及空气调节、空压站、消防等多方面进行了规划。本项目可研对公用工程的描述符合相关法律法规标准规范的要求，在本项目初步设计中满足可研和本报告中提出的对策措施并加强对运行管理，本项目的配套和辅助工程能满足安全生产的要求。

小结：从以上分析可以得出结论，本项目拟选择的主要技术、工艺或者方式和装置、设备、设施，拟为危险化学品生产或者储存过程配套和辅助工程能够满足安全生产的需要。

8 安全对策措施与建议

安全预评价的对策措施是要求设计单位、建设单位和业主单位在建设项目设计、施工和管理中采取的消除、预防和减弱危险、有害因素的技术措施和管理措施。安全对策措施实质上是保障整个生产、劳动过程安全对策措施及全面的、全系统的事故防范措施和人身健康保障措施。在对该项目危险有害因素进行分析和评价的基础上，依据国家有关的标准、规范和规定，同时借鉴其它类似工程在设计、运行、安全防护等方面的经验和教训，对该项目提出的有针对性的安全对策和措施及建议。

8.1 可研报告中提及的安全对策措施

8.1.1 安全技术措施

爆炸危险区内一般选用本质安全型仪表。

仪表和电器设备的防爆等级不低于相应的防爆等级（GB3836《爆炸性环境用防爆电气设备》），其防护等级不低于 IP65（GB4208《外壳防护等级的分类》）。

仪表接地系统由电气专业统一设置，电阻小于 1Ω 。

所有仪表在控制室侧加防雷保护模块，重要的仪表以及安装位置危险的仪表也需要在仪表侧安装防雷保护模块。

8.1.2 安全卫生防护措施

为确保生产安全，防止灾害和事故的发生及蔓延，在项目建设中，充分设置各种足够的、必须的安全、卫生和消防设施。

（1）选择优质的设备、材料，保证工程质量，确保生产安全、正常。杜绝不正常的泄漏。

(2) 按照有关标准、规范，在火灾爆炸危险场所内的建构筑物的结构形式、建筑材料及设备符合防火防爆要求。

(3) 设备、管道、建构筑物之间保持足够的防火距离，并符合有关标准、规范的要求。

(4) 在具有火灾、爆炸危险的生产设备和管道上设置安全阀、爆破片、水封、阻火器等防爆阻火设施。

(5) 设置火炬，使排放的可燃气体和液体通过火炬经过燃烧后排放。

(6) 设置可燃气体监测及火灾报警系统，可及时准确地探测可能发生的泄漏及火情。

(7) 配备计算机监测、控制系统，设置事故连锁、报警和紧急切断设施。便于处理突发事件，保证生产的安全进行。

(8) 在防爆区内的所有金属设备、管道、储罐等设有静电接地。对可能产生静电危害的工作场所，配置个人防静电防护用品。

(9) 按介质的组份及泄漏源的实际情况严格划分防爆区域。

(10) 尽量将电气设备或容易产生火花的其他设备安装在远离防爆区域的地方。

(11) 必须设在防爆区域内的电气设备，严格按照规范规定选用相应等级的防爆电气设备，并采取相应的防爆措施。

(12) 根据工作环境特点配备各种必需的防护用具和用品。包括洗眼器、淋浴器、眼面防护用具、工业安全帽、工作帽、防护手套、防护鞋靴、防毒面具、耳塞及护肤用品等。

(13) 设置工业电视监视系统，便于监控和处理突发事件，保证生产的安全进行。

(14) 加强安全培训、制定规章及责任制。

8.2 本报告安全对策措施与建议的依据、原则

8.2.1 依据

(1) 东华工程科技股份有限公司编制的《阆中双瑞能源有限公司元坝气田天然气储气调峰工程项目可行性研究报告》；

(2) 国家现行法律、法规、规章及规范性文件；

(3) 相应的技术标准与规范；

(4) 现场勘查结果；

(5) 相关事故案例。

8.2.2 原则

(1) 能消除或减弱生产过程中产生的危险、危害；

(2) 能处置危险、有害物，并减低到国家规定的限度内；

(3) 能预防生产装置失灵和操作失误产生的危险、危害；

(4) 发生意外事故时，能为遇险人员提供自救和互救条件。

8.2.3 用词原则

(1) 很严格的对策措施用“必须、严禁或禁止”，表示很严格，非这样做不可。

(2) 严格的对策措施用“应、不应或不得”，表示严格，在正常情况下均应这样做。

(3) 允许稍有选择的对策措施用“宜或不宜”，表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做。

(4) 建议用词原则是在设计、施工及以后的生产运行过程中可以采纳也可以不采纳的，有条件时，应尽可能的采纳本报告的建议。

8.3 本报告提出的安全对策措施及建议

8.3.1 建设项目选址与总平面布置

8.3.1.1 建设项目选址

1) 按照《建筑工程抗震设防分类标准》(GB 50223-2008) 3.0.3 的要求, 各抗震设防类别建筑的抗震设防标准, 应符合下列要求: “重点设防类, 应按高于本地区抗震设防烈度一度的要求加强其抗震措施”。据此, 本项目储罐区、装置区、控制室应按高于本地区抗震设防烈度一度的要求加强其抗震措施。

2) 由具有工程勘察综合类甲级资质的四川省川建勘察设计院出具的《元坝气田天然气调峰工程项目详细勘察阶段岩土工程勘察报告》提出了相关注意事项: 场地地下水对混凝土结构及钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性, 场地土对混凝土结构及钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性; 地基基础施工发现异常, 可通过施工验槽酌情处理, 必要时进行施工勘察; 设计方应收集拟建工程区域土壤氡浓度或土壤表面氡析出率测定历史资料及土壤氡浓度或土壤表面氡析出率平均值数据, 若无相关数据时, 应按照《民用建筑工程室内环境污染控制规范》要求进行氡浓度检测。

3) 建设项目业主单位应根据下表热辐射量的计算结果, 与当地政府做好沟通工作, 以防止本项目对后期修建的建构筑物、公共区域等造成制约性影响。

附表 8.3.1.1 建设项目储罐围堰至室外活动场所、建构筑物的隔离距离

热辐射通量 (kW/m ²)	隔离距离要求 (m)	计算结果 m
4	不得有 50 人以上的室外活动场所	274 (距围堰边缘, 下同)
9	不得有活动场所、学校、医院、监狱、拘留所和居民区等在用建筑物	156.7
30	不得有即使是能耐火且提供热辐射保护的在用建筑物	62.7

4) 通过对 LNG 储罐进行定量风险计算可知, 本项目东南侧拟建企业、鼎盛建材公司办公楼, 北侧河口村居民, 南侧孙家娅村部分居民处于个人风险不可接受范围内, 阆中双瑞能源有限公司应对“阆中元坝气田天然气储气调峰工程项目” LNG 储罐外 850 m 范围内的居民 (项目北侧约 60 户居民, 南侧约 20 户) 进行拆迁。

5) 根据《供配电系统设计规范》(GB 50052-2009) 第 3.0.2 条: 一级负荷应由双重电源供电, 当一电源发生故障时, 另一电源不应同时受到损坏。阆中双瑞能源有限公司应在下一步设计中落实供电双重电源的来源。

8.3.1.2 建设项目总平面布置

(1) 该项目的建 (构) 筑物布置、生产火灾类别、防火间距、安全疏散等应主要依据《石油天然气工程设计防火规范》、《石油化工企业设计防火规范》和《工业企业总平面设计规范》的要求执行, 在施工中必须按图施工, 保证设计中的防火间距。

(2) 各生产厂房及辅助设施等建筑内严禁设置员工宿舍。

(3) 本项目竖向布置为阶梯布置, 当道路路面高出附近地面 2.5 m 以上、且在距道路边缘 15 m 范围内, 有工艺装置或可燃气体、可燃液体的储罐及管道时, 应在该段道路的边缘设护墩、矮墙等防护设施。

8.3.2 拟选择的主要技术、工艺或者方式和装置、设备、设施

8.3.2.1 工艺技术方面的主要安全对策与建议

生产工艺主要应重视以下几个方面:

1) 依据《国家安全监管总局关于公布首批重点监管的危险化学品名录的通知》(安监总管三[2011]95 号), 天然气 (甲烷) 属于重点监管的危险化学品, 其安全措施如下:

（1）一般要求

①操作人员必须经过专门培训，严格遵守操作规程，熟练掌握操作技能，具备应急处置知识。

②密闭操作，严防泄漏，工业场所全面通风，远离火种、热源，工作场所严禁吸烟。

③在生产、使用、储存场所设置可燃气体检测报警仪，使用防爆型的通风系统和设备，配备两套以上的重型防护服。穿防静电工作服，必要时佩戴防护手套，接触高浓度时应佩戴化学安全防护眼镜，佩戴供气式呼吸器。进入罐或其他高浓度区作业，须有人监护。储罐等压力容器和设备应设置安全阀、压力表、液位计、温度计，并应装有带压力、液位、温度远传记录和报警功能的安全装置，重点储罐需设紧急切断装置。

（2）操作安全

①天然气系统运行时，不准敲击，不准带压修理和紧固，不得超压，严禁负压。

②生产区域内，严禁明火和可能产生明火、火花的作业（固定动火区必须距离生产区 30 m 以上）。生产需要或检修期间需动火时，必须办理动火审批手续。配气站严禁烟火，严禁堆放易燃物，站内应有良好的自然通风并应有事故排风装置。

③天然气配气站中，不准独立进行操作。非操作人员未经许可，不准进入配气站。

④充装时，使用万向节管道充装系统，严防超装。

（3）运输安全

①运输车辆应有危险货物运输标志、安装具有行驶记录功能的卫星定位装置。未经公安机关批准，运输车辆不得进入危险化学品运输车辆限制通

行的区域。

②槽车和运输卡车要有导静电拖线；槽车上要备有 2 只以上干粉或二氧化碳灭火器和防爆工具。

2) 脱碳脱水

(1) CO_2 属酸性气体，在天然气液化装置中， CO_2 易成为固相析出从而堵塞管道，同时酸性气体不但对人体有害，对设备管道也有腐蚀，所以必须脱除。

(2) 若天然气中含有水分，则在液化装置中，水在低于零点时将以冰或霜的形式冻结在换热器和节流阀的工作部位，不仅可能导致管线堵塞，也可造成喷嘴和分离设备的堵塞，所以必须脱除。

(3) CO_2 洗涤单元的操作对污染非常敏感，试车前必须用精制水、钾盐溶液和一定比例的 MDEA 溶液依次对系统进行彻底冲洗，以除去油脂类，避免运行中出现“发泡”现象。

(4) MDEA 的循环流量必须根据工厂的负荷变化调整，以保持合格的二氧化碳浓度。MDEA 的浓度、水平衡、热平衡、塔的压力降和温度都是控制的要点。

(5) 胺液储罐应采用保温和伴热，以防在低温天气，胺液中出现结晶。

3) 液化

在确定天然气液化流程的运行参数时，应保证：

(1) 混合制冷剂进入压缩机前的温度要高于露点温度，避免液滴进入压缩机发生液击的危险；

(2) 混合制冷剂进入气液分离器前处于气、液两相区，即制冷温度处于该压力下的泡点温度和露点温度之间。

(3) 注意混合制冷剂的合理配比。

4) 火炬系统

(1) 火炬设置应符合下列要求：

①火炬的高度，应经辐射热计算确定，确保火炬下部及周围人员和设备的安全。

②进入火炬的可燃气体应经凝液分离罐分离出气体中直径大于 $300\mu\text{m}$ 的液滴；分离出的凝液应密闭回收或送至焚烧坑焚烧。

③应有防止回火的措施。

④火炬应有可靠的点火设施。

⑤距火炬筒 30 m 范围内，严禁可燃气体放空。

⑥液体、低热值可燃气体、空气和惰性气体，不得排入火炬系统。

(2) 每根火炬排放气总管都应设分离罐，用以分离气体夹带的液滴或可能发生的两相流中的液相。为防止产生“火雨”，分离罐的分离能力为至少将 $\geq 400\mu\text{m}$ 的液滴分离下来，最好将 $\geq 150\mu\text{m}$ 的液滴也分离下来，尽量减少液滴夹带。分离罐选用直径一般为其长度的 $1/2 \sim 1/3$ ，并为火炬总管尺寸的 $3 \sim 4.5$ 倍。

8.3.2.2 装置、设备、设施方面的主要安全对策与建议

1) 在初设中对特种设备型号、尺寸、材质等进行明确，压力容器和压力管道，选材、设计、制造、安装和使用必须符合《特种设备安全监察条例》要求进行，选择有相关资质的单位进行设计、制造、安装和检测，严禁违章操作，加强日常维护和管理；应定期对特种设备、安全附件及强制检测设备设施等进行检测，特种设备在使用前到所在地区的地、市级以上特种设备安全监察机构注册登记。

2) 管道焊接应由具有焊接资质的专业人员按照相关技术规范进行作业，

所有焊缝均应进行外观检查，合格后按《工业金属管道工程施工及验收规范》进行无损检测，无损检测合格后应对所有工艺管道进行液压强度试验，在强度试验合格后，管线还应进行气密性试验。

3) 本项目泵、阀门数量、种类繁多，而危险有害物质的泄漏点主要就是集中在泵和阀门。所以在设备选型时应注意选择类比质量好、可靠性强的设备，同时加强此类设备的重点巡视。

4) 所有组件应按现行相关标准设计和建造，物理、化学、热力学性能应满足在相应设计温度下最高允许工作压力的要求，其结构应在事故极端温度条件下保持安全、可靠。

5) 液化天然气设施应设围堰，并应符合下列规定：

(1) 当罐组内的储罐已采取了防低温或火灾的影响措施时，围堰区内的有效容积应不小于罐组内一个最大储罐的容积；当储罐未采取防低温和火灾的影响措施时，围堰区内的效容积应为罐组内储罐的总容积。

(2) 在低温设备和易泄漏部位应设置液化天然气液体收集系统；其容积对于装车设施不应小于最大罐车的罐容量，其他为某单一事故泄漏源在 10 min 内最大可能的泄漏量。

(3) 围堰必须能够承受所包容液化天然气的全部静压头，所圈闭液体引起的快速冷却、火灾的影响、自然力（如地震、风雨等）的影响，且不渗漏。

(4) 储罐与工艺设备的支架必须耐火和耐低温。

6) 压缩机

(1) 润滑系统的准备工作

启动润滑油箱加热器 将润滑油温度升至 35~ 45 ℃之间，启动润滑油主泵，使润滑系统进入循环状态，调节泵出口、轴承入口和调速系统的油压

使其达到操作指标要求。

（2）轴封系统的准备工作

启动密封油箱加热器 将密封油油温升至 35~45 之间 °C，启动密封油主泵使密封油系统进入循环状态，调节泵出口和密封腔入口的油压使其符合操作指标的要求。

（3）真空复水系统的准备工作

复水器加水，启动复水主泵，建立复水系统的闭路循环，调试辅助复水泵自启动性能使其达到启动灵敏控制自启动参数符合给定指标。

（4）工艺系统

为确保压缩机长周期稳定运行，操作维护人员必须做到正确使用精心维护，及时调节，避免机组在超温、超压、超转速及超负荷的情况下运行。

（5）管网

管网是气体介质输送的通道，如管网内有焊渣、铁屑和其他杂质存在，一旦被高速气流带至压缩机内，这对压缩机的叶轮气封将产生严重的冲击。因此，压缩机欲取得长周期稳定运行的效果，管网必须保持干净整洁。

7) 管廊

（1）管道及其桁架跨越厂内道路的净空高度不应小于 5m。

（2）可燃气体、液化烃和可燃液体的金属管道除需要采用法兰连接外，均应采用焊接连接。公称直径等于或小于 25mm 的可燃气体、液化烃和可燃液体的金属管道和阀门采用锥管螺纹连接时，除能产生缝隙腐蚀的介质管道外，应在螺纹处采用密封焊。

（3）永久性的地上、地下管道不得穿越或跨越与其无关的工艺装置、系统单元或储罐组；在跨越罐区泵房的可燃气体、液化烃和可燃液体的管道上不应设置阀门及易发生泄漏的管道附件。

(4) 公用工程管道与可燃气体、液化烃和可燃液体的管道或设备连接时应符合下列规定：

- ①连续使用的公用工程管道上应设止回阀，并在其根部设切断阀；
- ②在间歇使用的公用工程管道上应设止回阀和一道切断阀或设两道切断阀，并在两切断阀间设检查阀；
- ③仅在设备停用时使用的公用工程管道应设盲板或断开。

(5) 甲、乙 A 类设备和管道应有惰性气体置换设施。

(6) 可燃气体压缩机的吸入管道应有防止产生负压的措施。

(7) 进、出装置的可燃气体、液化烃和可燃液体的管道，在装置的边界处应设隔断阀和 8 字盲板，在隔断阀处应设平台，长度等于或大于 8m 的平台应在两个方向设梯子。

8.3.2.3 重大危险源

(1) 本项目建成后应当建立完善重大危险源安全管理规章制度和安全操作规程，并采取有效措施保证其得到执行。

(2) 应当根据构成重大危险源的危险化学品种类、数量、生产、使用工艺（方式）或者相关设备、设施等实际情况，按照下列要求建立健全安全监测监控体系，完善控制措施：

①重大危险源配备温度、压力、液位、流量、组份等信息的不间断采集和监测系统以及可燃气体和有毒有害气体泄漏检测报警装置，并具备信息远传、连续记录、事故预警、信息存储等功能；一级重大危险源，具备紧急停车功能。记录的电子数据的保存时间不少于 30 天；

②重大危险源的化工生产装置装备满足安全生产要求的自动化控制系统；一级重大危险源，装备紧急停车系统；

③对重大危险源中易燃气体重点设施，设置紧急切断装置。液化气体的

一级重大危险源，配备独立的安全仪表系统（SIS）；

④安全监测监控系统符合国家标准或者行业标准的规定。

（3）应当按照国家有关规定，定期对重大危险源的安全设施和安全监测监控系统进行检测、检验，并进行经常性维护、保养，保证重大危险源的安全设施和安全监测监控系统有效、可靠运行。维护、保养、检测应当作好记录，并由有关人员签字。

（4）应当明确重大危险源中关键装置、重点部位的责任人或者责任机构，并对重大危险源的安全生产状况进行定期检查，及时采取措施消除事故隐患。事故隐患难以立即排除的，应当及时制定治理方案，落实整改措施、责任、资金、时限和预案。

（5）应当对重大危险源的管理和操作岗位人员进行安全操作技能培训，使其了解重大危险源的危险特性，熟悉重大危险源安全管理规章制度和安全操作规程，掌握本岗位的安全操作技能和应急措施。

（6）应当在重大危险源所在场所设置明显的安全警示标志，写明紧急情况下的应急处置办法。

（7）应当将重大危险源可能发生的事故后果和应急措施等信息，以适当方式告知可能受影响的单位、区域及人员。

（8）危险化学品单位应当依法制定重大危险源事故应急预案，建立应急救援组织或者配备应急救援人员，配备必要的防护装备及应急救援器材、设备、物资，并保障其完好和方便使用；配合地方人民政府安全生产监督管理部门制定所在地区涉及本单位的危险化学品事故应急预案。

应当配备便携式浓度检测设备、空气呼吸器、化学防护服、堵漏器材等应急器材和设备；易燃易爆气体的重大危险源，还应当配备一定数量的便携式可燃气体检测设备。

(9) 应当制定重大危险源事故应急预案演练计划，并按照要求进行事故应急预案演练。

应急预案演练结束后，危险化学品单位应当对应急预案演练效果进行评估，撰写应急预案演练评估报告，分析存在的问题，对应急预案提出修订意见，并及时修订完善。

(10) 应当对辨识确认的重大危险源及时、逐项进行登记建档。重大危险源档案应当符合相关规定。

(11) 本项目构成一级重大危险源，且液化易燃气体实际存在（在线）量与其在《危险化学品重大危险源辨识》中规定的临界量比值大于 1，应当在项目建成后委托具有相应资质的安全评价机构，按照有关标准的规定采用定量风险评价方法进行安全评估，确定个人和社会风险值；在完成重大危险源安全评估报告或者安全评价报告后 15 日内，应当填写重大危险源备案申请表，报送所在地县级人民政府安全生产监督管理部门备案。

8.2.3.4 拟为危险化学品生产或者储存过程配套和辅助工程

1) 变配电系统

(1) 本项目《可行性研究报告》已严格按照《供配电系统设计规范》的相关规定进行了负荷分级，明确本装置为连续生产，用电负荷为二级，应在初步设计、施工过程中予以落实，以满足各级负荷的供电要求。对安全电源、备用电源、应急电源也应满足相关规范要求。

(2) 防触电

①电气设备必须有国家指定机构的安全认证标志；

②选用绝缘等级好的电气设备的电缆，穿戴绝缘防护用品，配电室地面和墙面应采用不导电材料做成；

③变压器、配电柜、高压电气设备进行有效隔离；电气设备、线路的检修，应由取得上岗证的电工执行，其他人员不得乱动；

④电机长期备用或检修后的试车，应先由电工检查后方可启动；

⑤注意保护一切电气设备，防止进水、蒸汽等物质，影响电气设备绝缘质量。

(3) 防电气火灾

①明确生产火灾危险性类别，正确划分电气火灾危险区域；

②有火灾爆炸危险的场所，应充分保持通风，防止有害气体积聚和室内温度上升引发的电气火灾事故；

③严格火灾危险及防爆区域的电气设备过流、过载、短路保护措施，正确选用熔断器，不准使用金属导线代替熔断线。

2) 仪表及自动控制

①DCS 控制系统冗余设计一定要充足。

②仪表设施应能及时、准确、全面地对各种参数进行检测、调节、控制，出现异常情况时能迅速显示、调节或报警，联锁系统动作后应有征兆报警设施。

③仪表的供电应有 UPS 事故电源，空气储气罐的容量应保证停电、停气后维持 30min 的用量。

④由于本项目涉及到的易燃易爆物质较多，火灾、爆炸和中毒的危险性较大，因此自控系统还应增设紧急停车系统即 ESD 控制系统，以保证紧急情况下整个系统能够及时可靠地进行停车操作。

⑤ESD 控制系统可隔离或切断 LNG、可燃液体、可燃制冷剂或可燃气体的来源，并关闭一些如继续运行可能加大或维持灾情的设备。

⑥ESD 控制系统应有失效保护，没有失效保护的紧急的全部设备

15m 以内的部件，应安装或设置在不可能暴露到火焰中的地点，或者应保证暴露在火灾中时，能安全运行至少 10min 以上。

⑦紧急关闭系统的启动可以手动、自动或两者兼有。手动调节器应设在紧急情况发生时可接近的地点，距其保护的设施至少 15m。

3) 储运设施

储运设施应满足《石油天然气工程设计防火规范》、《石油化工企业设计防火规范》第 6 章的相关要求。

(1) 天然气储罐

①储罐材料的物理特性应适应在低温条件下工作，如低温条件下的抗拉抗压强度、低温冲击韧性、热胀系数等。

②储罐的充注管路设计应考虑在顶部和底部均能充灌，防止及消除分层现象。

③储罐的地基应牢固并能经受天然气直接接触的低温。

④绝热材料必须是不可燃，并有足够的强度，能承受消防水的冲击，当火蔓延到容器外壳时，绝热层不应出现熔化或沉降，绝热效果不应迅速下降。外罐外部着火时，绝热层不能因熔融、塌陷等而使绝热层的导热性明显变差。承重的底部绝热层的设计和安装，热应力和机械应力产生的开裂，应不危及储罐的整体性。

⑤储罐应设双套带高液位报警和记录的液位计、显示和记录罐内不同液相高度的温度计、带高低压力报警和记录的压力计、安全阀和真空泄放设施、储罐必须配备一套与高液位报警联锁的进罐流体切断装置。液位计应能在储罐运行情况下进行维修或更换，选型时必须考虑密度变化因素，必要时增加密度计，监视罐内液化分层，避免罐内“翻混”现象发生。

(2) 可燃液体储存系统

①储存甲 B、乙 A 类的液体应选用金属浮舱式的浮顶或内浮顶罐。对于有特殊要求的物料，可选用其他型式的储罐。

②储罐应成组布置，并应符合下列规定：

a 在同一罐组内，宜布置火灾危险性类别相同或相近的储罐；当单罐容积小于或等于 1000m^3 时，火灾危险性类别不同的储罐也可同组布置；

b 可燃液体的低压储罐可与常压储罐同组布置。

③甲 B、乙类液体的固定顶罐应设阻火器和呼吸阀；对于采用氮气或其他气体气封的甲 B、乙类液体的储罐还应设置事故泄压设备。

④可燃液体的储罐宜设自动脱水器，并应设液位计和高液位报警器，必要时可设自动联锁切断进料设施。

⑤储罐的进料管应从罐体下部接入；若必须从上部接入，宜延伸至距罐底 200mm 处。

⑥储罐的进出口管道应采用柔性连接。

（3）汽车槽车装卸

① 汽车罐车应符合《液化气体汽车罐车安全监察规程》、《机动车运行安全技术条件》的相关规定。

② 汽车罐车应设置紧急截断控制、易熔塞、阻火器、吹扫置换系统、导静电接地及灭火装置等安全设施。

③ 在槽车进行装卸的过程中，设施 7.6 m 以内或离蒸气比空气重的致冷剂 15 m 以内，严禁一切车辆行驶。

④ 在连接槽车之前，应先检查槽车并设置刹车装置、变速器和油门于正确的位置，根据要求设置警示灯或信号。在转运完成前或槽车脱扣之前，警示标志或警示灯不得拿开或重新设置。除非转运作业要求，否则车辆发动机应熄火。装卸连接前，车轮下设置刹车块。只有在槽车与管道

脱扣而且放出的蒸气散尽后，车辆的发动机才能启动。

⑤ 如果储罐中没有正压，则应测试氧含量。在这两种情况下，如果槽车罐中的氧体积含量超过 2%，就不能装车，而应置换使氧体积含量低于 2%。

⑥槽车从罐顶经一打开的圆顶盖装卸时，在打开顶盖前应将整个管道电屏蔽或接地。

⑦汽车罐车停放的要求：

- a) 不得停靠在机关、学校、厂矿、桥梁、仓库和人员稠密等地方；
- b) 停车位置应通风良好，停车地点附近不得有明火；
- c) 停车检修时应使用不产生火花的工具，不得有明火作业；
- d) 途中停车如果超过六小时，应按当地公安部门指定的安全地点或有《道路危险货物运输中转许可证》的专用停车场停放；
- e) 途中发生故障，维修时间长或故障程度危及安全时，应立即将汽车罐车转移到安全场地，并由专人看管，方可进行维修；
- f) 重新行车前应对全车进行认真检查，遇有异常情况应妥善处理，达到要求后方可行车；
- g) 停车时驾驶员和押运员不得同时离开车辆。

(4) 装卸设施

① 装卸站的进、出口宜分开设置；当进、出口合用时，站内应设回车场；

② 装卸车场应采用现浇混凝土地面；

③ 站内无缓冲罐时，在距装卸车鹤位 10m 以外的装卸管道上应设便于操作的紧急切断阀；

④ 进出口 LNG 汽车装卸台的车辆应有静电接地和熄火装置；在储

罐区和汽车装卸台入口处设置静电栓，操作人员进入前，可通过紧握静电栓导走人体所带的静电。

⑤ 装卸车鹤位之间的距离不应小于 4m；双侧装卸车栈台相邻鹤位之间或同一鹤位相邻鹤管之间的距离应满足鹤管正常操作和检修的要求。

⑥ LNG 装卸时，应对鹤管（充装臂）、密封件，快速切断阀门等进行检查，发现问题及时处理，严防泄漏。槽车充装推广使用万向充装管道系统，禁止使用软管充装。

4) 消防系统

(1) 消防水量、消防给水设施、露天消防给水、灭火器的设计配置应符合《石油天然气工程设计防火规范》、《石油化工企业设计防火规范》、《建筑灭火器配置设计规范》等相关规范的要求。

(2) 本项目消防系统建设应进行消防设计，消防设计文件应报送公安机关消防机构进行审核，消防系统建设安装完工后应提交当地消防大队进行消防设施验收。

(3) 火灾和气体泄漏检测装置，应按以下原则配置：

① 装置区、罐区以及其他存在潜在危险需要经常观测处，应设火焰探测报警装置。相应配置适量的现场手动报警按钮。

② 装置区、罐区以及其他存在潜在危险需要经常观测处，应设连续检测可燃气体浓度的探测报警装置。

③ 装置区、罐区、集液池以及其他存在潜在危险需要经常观测外，应设连续检测天然气泄漏的低温检测报警装置。

④ 探测器和报警器的信号盘应设置在保护区的控制室或操作室内。

(4) 容量大于或等于 30000m³ 的站场应配有遥控摄像、录像系统，

并将关键部位的图像传送给控制室的监控器上。

(5) 天然气站场的消防水系统，应按如下原则配置：

① 储存总容量大于或等于 265m^3 的液化天然气罐组应设固定供水系统。

② 固定消防水系统的消防水量应以最大可能出现单一事故设计水量，并考虑 $200\text{m}^3/\text{h}$ 余量后确定。移动式消防冷却水系统应能满足消防冷却水总用水量的要求。

(6) 液化天然气站场应配有移动式高倍数泡沫灭火系统。液化天然气储罐总容量大于或等于 3000m^3 的站场，集液池应配固定式全淹没高倍数泡沫灭火系统，并应与低温探测报警装置联锁。系统的设计应符合现行国家标准《高倍数、中倍数泡沫灭火系统设计规范》的有关规定。

(7) 扑救液化天然气储罐区和工艺装置内可燃气体、可燃液体的泄漏火灾，宜采用干粉灭火。需要重点保护的液化天然气储罐通向大气的安全阀出口管应设置固定干粉灭火系统。

(8) 消防水池（罐）的设置应符合下列规定：

① 水池（罐）的容量应同时满足最大一次火灾灭火和冷却用水要求。在火灾情况下能保证连续补水时，消防水池（罐）的容量可减去火灾延续时间内补充的水量。

② 当消防水池（罐）和生产、生活用水池（罐）合并设置时，应采取确保消防用水不作它用的技术措施，在寒冷地区专用的消防水池（罐）应采取防冻措施。

③ 当水池（罐）的容量超过 1000m^3 时应分设成两座，水池（罐）的补水时间，不应超过 96h。

④ 供消防车取水的消防水池（罐）的保护半径不应大于 150m。

（9）事故污水防控措施

为杜绝生产装置发生事故时污水、消防水等携带物料进入排水系统排至厂外，本项目应建立环境风险事故二级防范措施。一级防控措施将污染物控制在贮罐区、装置区；二级防控将污染物控制在排水系统事故应急贮水池。

①一级防控措施

在贮罐区应设置围堰，围堰的容积应不小于该区域内最大装置物料全部泄漏时的泄漏量。同时，根据《建筑设计防火规范》，围堰选用的材质、厚度等应保证围堰的耐火极限能够达到 6 小时。

在装置区、罐区等设置污染雨水收集系统，将污染区的初期污染雨水和后期的清净雨水分开，实现清污分流。

②二级防控措施

应建设事故应急池，并配套隔离装置、收集装置以及提升泵等，保证在事故状态下的废液（包括泄漏的物料、消防水等）能够得到及时收集。

8.2.3.5 事故应急救援措施和器材、设备

1) 企业必须有书面的应急程序，明确在不同事故情况下操作人员应采取的措施和如何应对，而且必须备有一定数量的防护服和至少 2 个手持可燃气体探测器。

2) 企业应明确应急救援需要使用的应急物资和装备的类型、数量、性能、存放位置、管理责任人及其联系方式等内容。

3) 企业应明确应急专项经费来源、使用范围、数量和监督管理措施，保障应急状态时生产经营单位应急经费的及时到位。

4) 针对该项目生产运行过程中主要危险特性和可能发生的事故类型，应制定相应的事故应急预案，并对职工进行教育培训，让其掌握各种

应急处理措施和急救方法，并定期组织进行演练。其中事故应急救援预案应按《生产经营单位安全生产事故应急预案编制导则》有关要求进行编制。

5) 项目建成后，应加强和供气门站的联系，装置和门站均应设置紧急切断装置，以实现在事故情况下减少 LNG 泄漏量，防止事故进一步扩大；并在本项目和门站各自的应急救援预案中体现上下游之间的应急措施。

8.2.3.6 安全工程方面

首先，要求有相应设计资质的设计单位进行安全设施设计专篇的设计。在进行安全设施设计时，应根据本项目物料的危险有害性及工艺特点，配置相应的安全设施，各系统、装置建议配置的安全设施如下表。

表 8.2.3.6 安全设施设置一览表

安全设施类别			项目安全设施名称	是否应设置	设置位置	备注
预防性安全设施	检测、报警设施	压力报警设施		●	主装置区 储罐区	
		温度报警设施		●	主装置区 储罐区	
		液位报警设施		●	主装置区 储罐区	
		流量报警设施		●	主装置区 储罐区	
		组份等报警设施		●	主装置区 储罐区	
		可燃气体检测和报警设施		●	主装置区 储罐区	
		有毒有害气体检测和报警设施		●	主装置区 储罐区	
		氧气等检测和报警设施			不涉及	

安全设施类别			项目安全设施名称	是否应设置	设置位置	备注
		用于安全检查和数据分析等检验检测设备、仪器	便携式可燃气体检测仪等	●		
	设备安全防护设施	防护罩	电机防护罩、传动设施防护罩	●		可能出现机械伤害的部位
		防护屏	电力防护屏	●		
		负荷限制器		●		
		行程限制器	起重设备行程限制器等	●		
		制动设施		●		
		限速设施			不涉及	
		防雷设施	避雷针、避雷带等	●		建构筑物、主装置区、储罐区
		防潮设施		●		
		防晒设施		●		建构筑物、储罐区
		防冻设施				
		防腐设施	土建防腐、设备材料防腐等	●		
		防渗漏设施	管道、设备、阀门、法兰密封	●		全厂
		传动设备安全锁闭设施				
		电器过载保护设施		●		全厂各电负荷单位
		静电接地设施	静电接地、法兰跨接、静电接地桩等	●	主装置区 储罐区	
	防爆设施	各种电气、仪表的防爆设施	防爆电机、防爆开关	●		可能发生可燃物质泄漏的部位

安全设施类别			项目安全设施名称	是否应设置	设置位置	备注
		抑制助燃物品混入(如氮封)、易燃易爆气体和粉尘形成等设施		●	储罐区等	
		阻隔防爆器材		●		主工艺区
		防爆工器具		●		
	作业场所防护设施	作业场所的防辐射设施				
		作业场所的防静电设施	静电接地、法兰跨接、静电接地桩等	●		
		作业场所的防噪音设施	减震基础、消声器、隔离操作间等	●	泵类、压缩机	
		作业场所的通风(除尘、排毒)设施	自然通风、强制通风	●		全厂可能出现有毒有害物质泄漏的部位
		作业场所的防护栏(网)设施		●		
		作业场所的防滑设施		●		
		作业场所的防灼烫设施	保温层等	●		全厂各高温装置、管路
	安全警示标志	指示性警示标志		●		各相应部位
		警示作业安全警示标志		●		
		逃生避难警示标志		●		
		风向警示标志		●		
控制性安全设施	泄压和止逆设施	用于泄压的阀门	安全阀等	●		主装置区 储罐区
		爆破片		●		
		放空管		●		
		用于止逆的阀门等设施		●		

安全设施类别			项目安全设施名称	是否应设置	设置位置	备注
	紧急处理设施	真空系统的密封设施				
		紧急备用电源	双回路、柴油消防泵等	●		
		紧急切断、分流、排放（火炬）、吸收、中和、冷却等设施		●		主装置区 储罐区
		通入或者加入惰性气体、反应抑制剂等设施		●		
		紧急停车、仪表联锁等设施	DCS	●		
减少与消除事故影响设施	防止火灾蔓延设施	阻火器		●		
		安全水封		●		
		回火防止器		●		
		防油（火）堤		●		
		防爆墙		●		
		防爆门				
		防火墙		●		
		防火门		●		
		蒸汽幕				
		水幕				
		防火材料涂层		●		钢结构建筑物
	灭火设施	水喷淋灭火设施				
		惰性气体灭火设施		●		
		蒸气灭火设施		●		
		泡沫释放灭火设施		●		
		消火栓		●		
		高压水枪（炮）		●		
		消防车				
		消防水管网		●		
		消防站				
		洗眼器		●		
		喷淋器		●		

安全设施类别		项目安全设施名称	是否应设置	设置位置	备注
	紧急个体处置设施	逃生器			不涉及
		逃生索			不涉及
		应急照明设施	●		
	应急救援设施	堵漏	●		
		工程抢险装备	●		
		现场受伤人员医疗抢救装备	●		
	逃生避难设施	逃生和避难的安全通道（梯）	●		
		安全避难所（带空气呼吸系统）	●		
		避难信号	●	风向标等	
	劳动防护用品和装备	包括头部、面部、视觉、呼吸、听觉器官，四肢，躯干防火、防毒、防灼烫、防腐蚀、防噪声、防光射、防高处坠落、防砸击、防刺伤等免受作业场所物理、化学因素伤害的劳动防护用品和装备	手套、口罩、工作服、防护眼镜、空呼器	●	按 要 求 配 置

注：“●”表示本项目应设置的安全设施。

针对本项目的具体特点，在安全防护中还应注意以下方面：

1) 防火、防爆

(1) 消防区内禁止吸烟和非工艺火源。

(2) 加强对进入厂区的车辆检查，对有潜在火源的车辆或其他运输工具，禁止进入围堰区、储罐区、生产装置区等易燃易爆场所。厂区内禁行的易燃易爆区域应设有设置限制车辆通行的标志。

(3) 尽量避免在火灾爆炸危险场所内动火，如果必须动火，应按动火级别办理动火许可证；在输送、贮存易燃易爆物料管道、设备上动火

时，必须办理特殊动火许可证。

(4) 未经批准的人员不得进入安全防护区域。

(5) 各种动机械均能因各种原因产生摩擦与撞击导致火花产生，因必须加强各种动机械的润滑管理、清垢管理；加强现场管理，禁止穿带钉子鞋进入易燃易爆场所；不能随意在易燃易爆场所抛掷金属物件，撞击设备、管线。

(6) 工艺设备、管道等必须采取良好的密封措施，经常加强巡检，防止可燃物料泄漏到操作环境中，引起火灾、爆炸事故。

2) 防中毒窒息

(1) 根据《职业性接触毒物危害程度分级》、《有毒物作业分级》、《工业企业设计卫生标准》、《工作场所有害因素职业接触限值》等标准规范，对物料和工艺、生产设备（装置）、控制及操作系统、有毒介质泄漏（包括事故泄漏）处理、抢险等技术措施进行优化组合，采取综合对策措施。

(2) 存在有毒物质逸散可能且自然通风不能满足安全需要时，应设置必要的机械通风排毒、净化（排放）装置。

(3) 制定事故应急预案，明确毒物泄漏发生时，人员疏散及抢救措施，并组织演练。对可能接触有毒物质的操作、检修人员，应配备相应的防毒面具、护目镜、胶手套及胶靴。

(4) 增设安全警示标志，现场制作毒物周知卡或安全须知，在重要的醒目位置或厂区最高处设置风向标。

3) 防雷、防静电措施

(1) 对处理和输送可燃物料的、可能产生静电危险的设备和管道（包括放空管），均应采取静电接地措施。其设计应满足《防止静电事故

通用导则》和《化工企业静电接地设计技术规程》的要求。

(2) 工艺装置内露天布置的塔、容器等，当顶板厚度等于或大于 4mm 时，可不设避雷针保护，但必须设防雷接地。

3) 生产、贮存和装卸甲类液体与可燃气体的管线及设备，应设静电接地装置，静电接地的连接线应保证足够的机械强度和化学稳定性，连接能应当可靠，不得有中断处。法兰之间应采取跨接以消除静电。

(4) 应按建筑物、生产装置类型和雷电事故的可能性及后果，正确划分生产建筑物防雷等级。设备、高大框架等的防雷设计应符合《建筑物防雷设计规范》的要求。

(5) 防雷接地装置冲击接地电阻不应大于 10Ω ，当钢罐仅做防感应雷接地时，冲击接地电阻不应大于 30Ω 。

(6) 定期由具有资质的检测单位对防雷接地设施进行检测，认真做好记录并保存。对损坏或不符合要求的防雷接地设施应及时更换和检修。

4) 防腐蚀

(1) 建构物应严格按《工业建筑防腐蚀设计规范》(GB50046-2008) 的要求进行防腐设计，并按《建筑防腐蚀工程施工及验收规范》(GB50212-2002) 的要求进行竣工验收。

(2) 设备、设施、管道等必须选择合适的材料及涂敷防腐涂层进行保护。

5) 防噪声

(1) 根据《噪声作业分级》、《工业企业噪声控制设计规范》、《工业企业噪声测量规范》、《工业企业厂界噪声标准》和《工业企业设计卫生标准》等，采取低噪声工艺和设备，合理平面布置。

(2) 工艺设备、管道等的噪声控制设计应符合《化工建设项目噪声

控制设计规定》、《工业企业噪声控制设计规范》的规定。

(3) 工艺设备、压缩机、高压泵等应选用低噪声的设备，必要时应采取消声、隔声、吸声等措施。

6) 防冻伤

(1) 在低温装置及管线设计施工中应选用质量合格的保温材料。加强设备维护保养，坚持巡回检查，发现保温绝热层脱落高温层裸露等问题应及时处理。

(2) 在低温作业场所，设置“小心冻伤”等安全警示标志。

(3) 工作人员配备必要的个人防护用品。日常液体转运作业中的防护服应包括防低温手套、护目镜、面罩和连身衣或长袖防护衫。

7) 防机械伤害、高空坠落、物体打击

(1) 在机械吊装作业时，应防止高空散落、碰撞而发生危险。

(2) 具有坠落危险的场所、高度超过坠落基准面 2m 的操作平台要设供站立的平台和防坠落栏杆、安全盖板、防护板等。

(3) 每层平台的直梯口应有防操作人员坠落的措施，相邻两层的直梯宜错开设置。

(4) 为了防止高处作业事故的发生，应严格执行下列规定：

① 高处作业人员必须符合身体要求，同时必须正确穿戴个体防护用品（如安全带、安全鞋、安全帽、安全手套等）；

② 设置安全网、安全距离、安全信号和标志；

③ 遇 6 级以上（含 6 级）强风、雷暴等恶劣气候，露天场所不能进行高处作业；

④ 夜间进行高处作业，必须有足够照明；

⑤ 作业前，应严格检查登高用具的安全可靠性。

(5) 在进行动火作业、罐内作业、高处作业、起重作业等危险性作业时，应规范作业手续和操作规程。

8) 防车辆伤害

(1) 工厂道路、坡度、转弯半径、警示标示等应满足《工业企业厂内运输安全规程》、《机动工业车辆安全规范》等标准规范的要求。

(2) 制冷剂、天然气等危险物料在运输过程中必须按危化品运输的相关要求进行，危化品和危废的运输工具必须设立标志，按规定的车速行驶，运输单位和车辆必须取得公安消防部门的批准；装卸时尽量采用机械化装卸，保证物料运输安全。

9、安全色和安全标志

(1) 厂内交通道路应设置路牌、安全警告标志牌等设施，并定期维修保养，保持清晰。

(2) 生产场所作业地点的紧急通道和紧急出口均应设置明显的标志和指示箭头；

(3) 在危险作业地点应在项目处设置安全警示标志；

(4) 在阀门比较集中，易因误操作而引发事故时，应在阀门附近标明输送物质名称、符号或设明显标志；

(5) 各类管道按《工业管道的基本识别色、识别符号和安全标识》、《安全色》要求涂刷相应的色标和明显的流向标志；

(6) 母线护网、高压设备围栏、变配电设备遮拦等屏护设施上根据各自屏护对象特征设置相应警示标志；

(7) 高处作业时设置安全信号和标志；

(8) 重大危险源，有毒、缺氧、窒息、存在高空坠落等危险作业地点应在醒目的地方设置安全警示标志。

8.2.3.7 安全管理方面

依据《国家安全监管总局、工业和信息化部关于危险化学品企业贯彻落实<国务院进一步加强企业安全生产工作的通知>的实施意见》（安监总管三[2010]186号文），建设项目应做到：

1) 强化安全生产体制、机制建设，建立健全企业全员安全生产责任体系

(1) 建立和不断完善安全生产责任体系。坚持“谁主管、谁负责”的原则，明确企业主要负责人、分管负责人、各职能部门、各级管理人员、工程技术人员和岗位操作人员的安全生产职责，做到全员每个岗位都有明确的安全生产职责并与相应的职务、岗位匹配。

(2) 建立和不断完善安全生产规章制度。企业要主动识别和获取与本企业有关的安全生产法律法规、标准和规范性文件，结合本企业安全生产特点，将法律法规的有关规定和标准的有关要求转化为企业安全生产规章制度或安全操作规程的具体内容，规范全体员工的行为。应建立至少包含以下内容的安全生产规章制度：安全生产例会，工艺管理，开停车管理，设备管理，电气管理，公用工程管理，施工与检维修（特别是动火作业、进入受限空间作业、高处作业、起重作业、临时用电作业、破土作业等）安全规程，安全技术措施管理，变更管理，巡回检查，安全检查和隐患排查治理；干部值班，事故管理，厂区交通安全，防火防爆，防尘防毒，防泄漏，重大危险源，关键装置与重点部位管理；危险化学品安全管理，承包商管理，劳动防护用品管理；安全教育培训，安全生产奖惩等。

建立、健全各类安全管理制度和台帐。业主单位应根据设计单位应编制项目的操作指南，作为业主单位制定操作规程、安全规程的依据。业主单位应根据设计单位提供的操作指南结合项目建设的实际情况建立和完善

各种安全规章制度、岗位责任制和岗位安全操作规程，并严格执行。

(3) 加强安全生产管理机构建设。企业要设置安全生产管理机构或配备专职安全生产管理人员。安全生产管理机构要具备相对独立职能。专职安全生产管理人员应不少于企业员工总数的 2%（不足 50 人的企业至少配备 1 人），要具备化工或安全管理相关专业中专以上学历，有从事化工生产相关工作 2 年以上经历，取得安全管理人员资格证书。

(4) 建立和严格执行领导干部带班制度。企业要建立领导干部现场带班制度，带班领导负责指挥企业重大异常生产情况和突发事件的应急处置，抽查企业各项制度的执行情况，保障企业的连续安全生产。企业副总工程师以上领导干部要轮流带班。生产车间也要建立由管理人员参加的车间值班制度。要切实加强企业夜间和节假日值班工作，及时报告和处理异常情况和突发事件。

(5) 及时排查治理事故隐患。企业要建立健全事故隐患排查治理和监控制度，逐级建立并落实从主要负责人到全体员工的隐患排查治理和监控机制。要将隐患排查治理纳入日常安全管理，形成全面覆盖、全员参与的隐患排查治理工作机制，使隐患排查治理工作制度化、常态化，做到隐患整改的措施、责任、资金、时限和预案“五到位”。建立事故隐患报告和举报奖励制度，动员、鼓励从业人员及时发现和消除事故隐患。对发现、消除和举报事故隐患的人员，应当给予奖励和表彰。

(6) 切实加强职业健康管理。企业要明确职业健康管理机构及其职责，完善职业健康管理制度，加强从业人员职业健康培训和健康监护、个体防护用品配备及使用管理，保障职业危害防治经费投入，完善职业危害防护设施，做好职业危害因素的检测、评价与治理，进行职业危害申报，按规定在可能发生急性职业损伤的场所设置报警、冲洗等设施，建立从业

人员上岗前、岗中和离岗时的职业健康档案，切实保护劳动者的职业健康。

根据《中华人民共和国劳动法》第五十六条和《中华人民共和国安全生产法》第四十九条规定，该企业的生产从业人员在作业过程中，应当严格遵守本单位的安全生产规章制度和操作规程，正确佩戴和使用劳动防护用品。建议该企业在该项目建成投产后，严格执行劳动纪律和安全规程，严禁违章指挥、违章操作、违反劳动纪律。对“三违”人员给予相应的处罚和再教育，以提高作业人员的安全意识。

做好防护用品的配备和发放工作。个体防护设备的选用及配备应符合《劳动防护用品选用规则》的有关规定和要求，通过加强教育和日常的安全生产管理检查等方式，严格要求作业人员按规定佩戴个人防护用品。

根据《中华人民共和国职业病防治法》第十九条规定，建议该企业在该项目建成投产前，设立职业卫生管理组织，有专职的职业卫生专业管理人员，负责全厂的职业卫生工作，并建立完善的职业卫生管理制度和操作规程。建议由生产厂长、各车间主任和班组长兼任安全员，组成安全卫生组，负责与有关安全卫生管理工作，制定本项目的安全卫生管理规章制度。贯彻和落实上级主管部门的安全卫生指令，进行安全监督、教育和考核等工作。

根据《中华人民共和国劳动法》第五十四条和《中华人民共和国职业病防治法》第十三条和三十二条的规定，该项目的工作场所应有配套的更衣间、休息室、孕妇休息间等卫生设施。建立完善的职业病防治制度。有职业病危害岗位的操作人员，在操作人员上岗前、在岗期、离岗时，组织职业健康检查，并将结果告知操作者。

(7) 建立健全安全生产投入保障机制。企业的安全投入要满足安全

生产的需要。要严格执行安全生产费用提取使用管理制度，明确负责人，按时、足额提取和规范使用安全生产费用。安全生产费用的提取和使用要符合《高危行业企业安全生产费用财务管理暂行办法》（财企〔2006〕478号）要求。主要负责人要为安全生产正常运行提供人力、财力、物力、技术等资源保障。企业要积极推行安全生产责任险，实现安全生产保障渠道多样化。为企业的所有从业人员办理工伤保险，按时缴纳保险费。

2) 强化工艺过程安全管理，提升本质化安全水平

(1) 加强建设项目安全管理。企业新建、改建、扩建危险化学品建设项目要严格按照《危险化学品建设项目安全许可实施办法》（国家安全监管总局令第8号）的规定执行，严格执行建设项目安全设施“三同时”制度。新建企业必须在化工园区或集中区建设。

1) 应根据国家相关规定，对项目职业危害积极控制与预防。

2) 在主体工程施工的同时，必须同时进行安全、工业卫生、环保、消防设施的施工，并确保配套设施的完善。

3) 在施工过程中，应有专人负责安全、卫生、环保、消防设施的施工监督检查，及时纠正施工过程的违章现象。

4) 项目竣工、试生产运行正常后，必须对项目的设施、设备、装置实际运行状况及管理状况进行验收评价。

5) 竣工验收工作应由安全、卫生、环保、消防等部门会同工会组织参加。凡安全、卫生、环保、消防设施未与主体工程同时建成试车，经考核达不到设计要求的，均不能验收投产。

(2) 积极开展工艺过程风险分析。企业要按照《化工企业工艺安全管理实施导则》（AQ/T3034-2010）要求，全面加强化工工艺安全管理。

(3) 确保设备设施完整性。企业要制定特种设备、安全设施、电气

设备、仪表控制系统、安全联锁装置等日常维护保养管理制度，确保运行可靠；防雷防静电设施、安全阀、压力容器、仪器仪表等均应按照有关法规和标准进行定期检测检验。对风险较高的系统或装置，要加强在线检测或功能测试，保证设备、设施的完整性和生产装置的长周期安全稳定运行。

建立设备台帐，定期对设备进行维护保养；对各种特种设备的使用应按照《特种设备安全监察条例》的规定进行登记注册，并定期送检。

（4）大力提高工艺自动化控制与安全仪表水平。新建大型和危险程度高的化工装置，在设计阶段要进行仪表系统安全完整性等级评估，选用安全可靠的仪表、联锁控制系统，配备必要的有毒有害、可燃气体泄漏检测报警系统和火灾报警系统，提高装置安全可靠性。

（5）加强变更管理。企业要制定并严格执行变更管理制度。对采用的新工艺、新设备、新材料、新方法等，要严格履行申请、安全论证审批、实施、验收的变更程序，实施变更前应对变更过程产生的风险进行分析和控制。任何未履行变更程序的变更，不得实施。任何超出变更批准范围和时限的变更必须重新履行变更程序。

（6）加强重大危险源管理。企业要按有关标准辨识重大危险源，建立健全重大危险源安全管理制度，落实重大危险源管理责任，制定重大危险源安全管理与监控方案，建立重大危险源安全管理档案，按照有关规定做好重大危险源备案工作。

《安全生产法》第三十三条规定：“生产经营单位对重大危险源应当登记建档，进行定期检测、评估、监控，并制定应急预案，告知从业人员和相关人员在紧急情况下应当采取的应急措施。生产经营单位应当按照国家有关规定将本单位重大危险源及有关安全措施、应急措施报有关地方人

民政府负责安全生产监督管理的部门和有关部门备案。”因此，业主应对本项目构成重大危险源的装置进行申报。同时，对重大危险源需定期进行检查及巡查，及时掌握重大危险源的动态变化情况，发现异常情况时及时采取相应措施。

(7) 高度重视储运环节的安全管理。制订和不断完善危险化学品收、储、装、卸、运等环节安全管理制度，严格产品收储管理。根据危险化学品的特点，合理选用合适的液位测量仪表，实现储罐收料液位动态监控。建立储罐区高效的应急响应和快速灭火系统；加强危险化学品输送管道安全管理，对经过社会公共区域的危险化学品输送管道，要完善标志标识，明确管理责任，建立和落实定期巡线制度。要采取有效措施将危险化学品输送管道危险性告知沿途的所有单位和居民。严防占压危险化学品输送管道。道路运输危险化学品的专用车辆，要使用具有行驶记录功能的卫星定位装置。在危险化学品槽车充装环节，推广使用金属万向管道充装系统代替充装软管，禁止使用软管充装液氯、液氨、液化石油气、液化天然气等液化危险化学品。

(8) 加快安全生产先进技术研发和应用。企业应积极开发具有安全生产保障能力的关键技术和装备。鼓励企业采用先进适用的工艺、技术和装备，淘汰落后的技术、工艺和装备。加快对化工园区整体安全、大型油库、事故状态下危害控制技术和危险化学品输送管道安全防护等技术研究。

3) 加强作业过程管理，确保现场作业安全

(1) 开展作业前风险分析。企业要根据生产操作、工程建设、检维修、维护保养等作业的特点，全面开展作业前风险分析。要根据风险分析的结果采取相应的预防和控制措施，消除或降低作业风险。

(2) 严格作业许可管理。企业要建立作业许可制度，对动火作业、进入受限空间作业、破土作业、临时用电作业、高处作业、起重作业、抽堵盲板作业、设备检维修作业等危险性作业实施许可管理。

(3) 加强作业过程监督。企业要加强对作业过程的监督，对所有作业，特别是需要办理作业许可证的作业，都要明确专人进行监督和管理，以便于识别现场条件有无变化、初始办理的作业许可能否覆盖现有作业任务。进行监督和管理的人员应是作业许可审批人或其授权人员，须具备基本救护技能和作业现场的应急处理能力。

(4) 加强对承包商的管理。企业要加强对承担工程建设、检维修、维护保养的承包商的管理。要对承包商进行资质审查，选择具备相应资质、安全业绩好的企业作为承包商，要对进入企业的承包商人员进行全员安全教育，向承包商进行作业现场安全交底，对承包商的安全作业规程、施工方案和应急预案进行审查，对承包商的作业过程进行全过程监督

4) 实施规范化安全培训管理，提高全员安全意识和操作技能

(1) 进一步规范和强化企业安全培训教育管理。企业要制定安全培训教育管理制度，编制年度安全培训教育计划，制定安全培训教育方案，建立。

该企业在该项目正式投产前，应健全目前的安全生产责任体系，采取措施，把安全生产责任切实落实到基层、班组、生产岗位，落实到每名员工。建议该企业根据设计方和设备供应商提供的资料和要求，组织编写该项目的工艺操作规程和岗位安全作业规程，对重要设备重新编写设备的操作规程和检修规程。对每个操作人员进行安全生产教育和培训，经考核合格后才能上岗。做到：通过培训教育，使每个生产操作人员做到“四懂三会”，即懂结构、懂原理、懂性能、懂用途；会使用、会维护保养、会排

除故障。

搞好员工的安全再教育培训工作，主要负责人、安全管理人员每年安全生产管理培训时间不得少于 16 学时，从业人员不得少于 20 学时。

(2) 企业主要负责人和安全生产管理人员要主动接受安全管理资格培训考核。企业的主要负责人和安全生产管理人员必须接受具有相应资质培训机构组织的培训，参加相关部门组织的考试（考核），取得安全管理资格证书。企业主要负责人应了解国家新发布的法律、法规；掌握安全管理知识和技能；具有一定的企业安全管理经验。安全生产管理人员应掌握国家有关法律法规；掌握风险管理、隐患排查、应急管理和事故调查等专项技能、方法和手段。

根据《安全生产法》等相关规定，本项目应设置专门的安全管理机构，同时配备 4 名专职安全管理人员。生产经营负责人、安全生产管理人员应经安全任职资格培训考核合格持证上岗。

(3) 加强特种作业人员资格培训。特种作业人员须参加由具有特种作业人员培训资质的机构举办的培训，掌握与其所从事的特种作业相应的安全技术理论知识和实际操作技能，经相关部门考核合格，取得特种作业操作证后，持证上岗。

5) 加强应急管理，提高应急响应水平

(1) 建立健全企业应急体系。企业要依据国家相关法律法规及标准要求，建立、健全应急组织和专（兼）职应急队伍，明确职责。鼓励企业与周边其他企业签订应急救援和应急协议，提高应对突发事件的能力。

加强消防管理和培训，使企业职工掌握厂内消防器材的正确使用，经常检查维护各种消防设施，对过期失效的消防器材及时更换。

定期开展消防演练，并加强同当地公安消防队的联系，在有条件的情

况下与当地公安消防队举行联合演练，以提高消防救援水平和实战能力。

(2) 完善应急预案管理。企业应依据国家相关法规及标准要求，规范应急预案的编制、评审、发布、备案、培训、演练和修订等环节的管理。企业的应急预案要与周边相关企业（单位）和当地政府应急预案相互衔接，形成应急联动机制。

(3) 建立完善企业安全生产预警机制。企业要建立完善安全生产动态监控及预警预报体系，每月进行一次安全生产风险分析。发现事故征兆要立即发布预警信息，落实防范和应急处置措施。对重大危险源和重大隐患要报当地安全生产监管部门和行业管理部门备案。

6) 加强事故事件管理，进一步提升事故防范能力

(1) 加强安全事件管理。企业应对涉险事故、未遂事故等安全事件（如生产事故征兆、非计划停工、异常工况、泄漏等），按照重大、较大、一般等级别，进行分级管理，制定整改措施，防患于未然；建立安全事故事件报告激励机制，鼓励员工和基层单位报告安全事件，使企业安全生产管理由单一事后处罚，转向事前奖励与事后处罚相结合；强化事故事前控制，关口前移，积极消除不安全行为和不安全状态，把事故消灭在萌芽状态。

(2) 加强事故管理。企业要根据国家相关法律、法规和标准的要求，制定本企业的事故管理制度，规范事故调查工作，保证调查结论的客观完整性；事故发生后，要按照事故等级、分类时限，上报政府有关部门，并按照相关规定，积极配合政府有关部门开展事故调查工作。事故调查处理应坚持“四不放过”和“依法依规、实事求是、注重实效”的原则。

(3) 深入分析事故事件原因。企业要根据国家相关法律、法规和标准的规定，运用科学的事故分析手段，深入剖析事故事件的原因，找出安

全管理体系的漏洞，从整体上提出整改措施，改善安全管理体系。

（4）切实吸取事故教训。建立事故通报制度，及时通报本企业发生的事故，组织员工学习事故经验教训，完善相应的操作规程和管理制度，共同探讨事故防范措施，防范类似事故的再次发生；对国内外同行业发生的重大事故，要主动收集事故信息，加强学习和研究，对照本企业的生产现状，借鉴同行业事故暴露出的问题，查找事故隐患和类似的风险，警示本企业员工，落实防范措施；充分利用现代网络信息平台，建立事故事件快报制度和案例信息库，实现基层单位、基层员工及时上报、及时查寻、及时共享事故事件资源，促进全员安全意识的提高；充分利用事故案例资源，提高安全教育培训的针对性和有效性；对本单位、相关单位在一段时间内发生的所有事故事件进行统计分析，研究事故事件发生的特点、趋势，制定防范事故的总体策略。

7) 严格检查和考核，促进管理制度的有效执行

（1）加强安全生产监督检查。企业要完善安全生产监督检查制度，采取定期和不定期的形式对各项管理制度以及安全管理要求落实情况进行监督检查。

（2）严格绩效考核。企业应对安全生产情况进行绩效考核。要设置绩效考核指标，绩效考核指标要包含人身伤害、泄漏、着火和爆炸事故等情况，以及内部检查的结果、外部检查的结果和安全生产基础工作情况、安全生产各项制度的执行情况等。要建立员工安全生产行为准则，对员工的安全生产表现进行考核。

8) 全面开展安全生产标准化建设，持续提升企业安全管理水平

（1）全面开展安全达标。企业要全面贯彻落实《企业安全生产标准化基本规范》（AQ/T9006-2010）、《危险化学品从业单位安全标准化通用规

范》(AQ3013-2008), 积极开展安全生产标准化工作。要通过开展岗位达标、专业达标, 推进企业的安全生产标准化工作, 不断提高企业安全管理水平。

(2) 深入开展安全文化建设。企业要按照《企业安全文化建设导则》(AQ/T9004-2008) 要求, 充分考虑企业自身安全生产的特点和内、外部的文化特征, 积极开展和加强安全文化建设, 提高从业人员的安全意识和遵章守纪的自觉性, 逐渐消除“三违”现象。主要负责人是企业安全文化的倡导者和企业安全文化建设的直接责任者。

企业应该认真贯彻落实工厂、车间、班组的“三级教育”制度, 开展全员安全生产教育, 使职工具有高度的安全责任心、慎密的态度, 并且要熟悉相应的业务, 有熟练的操作技能和应急处理能力。

8.2.3.8 项目试生产

1) 试车工作必须执行《化学工业大、中型装置试车工作规范》的有关规定。试车工作开始前, 必须编制试车方案和事故应急处理程序, 根据同类型工厂试车的经验教训, 将各种有可能出现的事故纳入事故应急处理程序中, 并制定相应的处理对策。前一阶段试车不合格, 不得进行下一阶段的试车。试车过程中发生故障或事故时, 必须立即查找原因, 采取相应措施, 予以排除, 否则严禁继续试车。

2) 试生产前生产装置及现场环境必须具备的条件:

- (1) 已通过化工建设项目设立安全审查和安全设施设计审查;
- (2) 试车范围内的工程已按设计文件规定的内容和标准完成;
- (3) 试车范围内的设备和管道系统的内部处理及耐压试验、严密性试验合格;

(4) 试车范围内的电器系统和仪表装置的检测、自动控制系统、连锁及报警系统等必须符合设计文件的规定;

(5) 试生产所需的水、电、汽、气及各种原辅材物料满足试生产的需要;

(6) 试车现场已清理干净,道路、照明等满足试生产的需要。

3) 试生产方案内容应符合《危险化学品建设项目安全监督管理办法》(国家总局第 45 号令)要求并向当地安监部门备案,并建议按以下内容编制:

(1) 建设项目施工完成情况;

(2) 试车目的;

(3) 生产、储存的危险化学品品种和设计能力;

(4) 试车组织、试车负责人及参加试车的人员;

(5) 试车必须具备的条件;

(6) 试车所需准备工作及检查内容的目录;

(7) 试车所需外部协作条件及临时设施的方案;

(8) 试车所需原料、燃料,化学药品和水、电、汽、气、备品备件等物资清单;

(9) 试车程序和进度表;

(10) 开、停车及紧急事故处理的程序与要求;

(11) 试生产(使用)过程中可能出现的安全问题和对策及采取的安全措施;

(12) 试生产过程中的事故应急救援预案;

(13) 试生产起止日期。

4) 注意总结试运行的经验,及时修订安全操作规程,安全操作规程

应按岗位进行编制。

9 项目设立安全评价结论

通过对阆中双瑞能源有限公司元坝气田天然气储气调峰工程项目主要危险有害因素进行分析，以及采用安全检查表分析法、预先危险性分析法、事故树分析法、事件树分析法、事故后果模拟等安全评价方法对本项目的重点工艺、设备、装置进行评价，依据国家相关法规标准，得出评价结论如下：

9.1 危险、有害因素辨识结论

(1) 建设项目涉及的危险化学品有：天然气（原料气、天然气，主要成分为甲烷、乙烷、微量硫化氢）、制冷剂（乙烯、氮气、甲烷和丁烷）和二氧化碳。涉及的重点监管危险化学品有：天然气（甲烷）、乙烷、乙烯、硫化氢。涉及的高毒物品有硫化氢。不涉及剧毒化学品、易制毒危险化学品、易制爆危险化学品。

(2) 本项目的主要危害因素有火灾、爆炸、中毒窒息、车辆伤害、低温伤害等；次要危害因素有触电伤害、高处坠落、机械伤害、噪声伤害等。

(3) 本建设项目生产及储存装置构成一级重大危险源。

(4) 本项目主要生产、储存装置的火灾危险性分类均为甲类。

(5) 本项目生产工艺不属于重点监管的危险化工工艺。

9.2 定性分析评价结论

(1) 建设项目 LNG 储罐、工艺装置区、高架火炬和 LNG 装车区与周边居民区、散居房屋、拟建企业、园区道路、嘉陵江、220KV 架空电力线路和架空通信线路的距离均符合 GB50183-2004《石油天然气工程设计防火

规范》、GB50160-2008《石油化工企业设计防火规范》的相应要求。

(2) 应用预先危险性分析法对各个作业场所(单元)等进行分析,结果显示:在生产过程中存在着火灾爆炸、车辆伤害、中毒和窒息、低温伤害、触电伤害、高处坠落、机械伤害、噪声伤害等危险有害因素。其中火灾爆炸、中毒窒息危害等级为IV级(灾难性的)。其余危害等级为II~III级(临界的、危险的)。

(3) 用事故树分析方法对天然气储罐火灾爆炸进行分析,结果显示:在不考虑事故发生频率的情况下,罐区通风不良、阀门密封失效、法兰密封失效、罐体损坏、误操作等,是引发储罐火灾爆炸事故的主要因素。

(4) 使用事件树分析方法进行原料气管道泄漏和天然气储罐泄漏事件树分析。原料天然气管道泄漏可能产生的事故后果类型有:闪火、密闭爆炸、窒息、无害化扩散、喷射火、蒸气云爆炸等;天然气储罐破裂可能产生的事故后果类型有:喷射火、闪火、蒸气云爆炸、无害化扩散、沸腾液体扩展蒸气爆炸、池火、火球等。

9.3 定量分析评价结论

(1) 对 LNG 储罐泄漏引发喷射火事故的后果进行模拟,结果显示:最大可能死亡范围(热辐射通量 37.5 kW/m^2)为 62.7 m;最大可能重伤范围(热辐射通量 12.5 kW/m^2)为 156.7 m;最大可能轻伤范围(热辐射通量 4 kW/m^2)为 274 m。

(2) 对 LNG 储罐泄漏引发天然气蒸汽云扩散事故的后果进行模拟,结果显示:LNG 储罐泄漏引发天然气蒸汽云扩散事故时,蒸汽云团最大扩散距离为 350 m(大气稳定度为 F),故事故不会对周边拟建企业、居民区

等造成影响。

(3) 通过对 LNG 储罐进行定量风险计算可知，本项目东南侧拟建企业、鼎盛建材公司办公楼，北侧河口村居民，南侧孙家娅村部分居民在事故影响范围内，阆中双瑞能源有限公司应对“阆中元坝气田天然气储气调峰工程项目” LNG 储罐外 850 m 范围内的居民（项目北侧约 60 户居民，南侧约 20 户）进行拆迁。，本项目已经取得阆中市工业集中区管理委员会《关于元坝气田天然气储气调峰工程项目安全间距范围内民居拆迁的回复》（阆工集管委函〔2014〕10 号），管委会表示：将开展拆迁工作，并承诺在项目试生产前，按要求完成安全间距内全部民居拆迁工作。（详见附件）

9.4 应重点防范的主要危险有害因素、部位和应重视的安全对策

本项目应重点防范的主要危险有害因素为：火灾、爆炸、中毒窒息。

本项目重点防范部位包括压缩工序、液化工序、储存工序、汽车槽车装卸工序、清洁燃料储罐区。

本项目应重视的安全对策措施为：工艺技术方面、重大危险源、仪表及自动控制系统、消防系统。

9.5 对合规性、总平面布置和技术工艺的结论

本项目建设条件（立项备案、区域规划、选址等）符合国家现行规范的要求。

本项目总平面布置符合国家现行规范要求。

通过对本项目主要技术、工艺和装置、设备设施安全可靠分析，本项目工艺技术较为先进成熟，主要装置、设备设施较为安全可靠。

综合评价结论:

阆中双瑞能源有限公司元坝气田天然气储气调峰工程项目在认真落实本评价报告和项目可研报告提出的安全对策措施后，其安全程度能够达到可接受的程度，从安全生产角度符合国家有关法律法规、标准、规章、规范的要求。

10 与建设单位交换意见情况结果

评价组就建设项目安全评价中各个方面的情况，与建设单位反复、充分地交换了意见，其主要内容如下：

表 10 交换意见情况表

序号	交换内容	评价院意见	业主单位意见	备注
1	评价报告中评价范围是否与业主单位委托内容一致。	一致	一致	
2	项目的概况与业主单位提供的建设内容是否一致。	一致	一致	
3	项目的主要危险、有害因素与评价分析是否恰当、合理。	恰当、合理	恰当、合理	
4	项目的安全对策措施与建议是否具有针对性和可操作性。	具有针对性和可操作性	具有针对性和可操作性	
5	安全评价结论是否客观、公正，符合实际情况。	客观、公正，符合实际情况	客观、公正，符合实际情况	
6	报告附件资料是否与业主单位提供的相符合。对报告附件资料有无其他异议。	相符合，无异议	相符合，无异议	
7	其他	无	无	
8	双方对上述交换内容进行签章确认	评价机构 签章/签字 日期：	业主单位 签章/签字 日期：	
备注	项目评价组应就建设项目安全评价中各个方面的情况，与业主单位反复、充分的交换意见，并将交换结果填写于上表中。当评价组与业主单位对建设项目安全评价中某些内容达不成一致意见时，应在上表备注栏中如实说明相关方的其理由。本表不够可另附表补充。			

安全评价报告

附

件

附件 1 各类图以及安全评价过程制作的图表

- 1、项目周边关系图（见报告附件）
- 2、平面布置图（见报告附件）
- 3、工艺流程简图（见报告附件）

附件 2 主要评价依据

F2.1 法律、法规、规章及规范性文件

F2.1.1 国家法律

1. 《中华人民共和国安全生产法》（主席令第 70 号，自 2002 年 11 月 1 日起施行）；
2. 《中华人民共和国劳动法》（主席令第 28 号，自 1995 年 1 月 1 日起施行）；
3. 《中华人民共和国消防法》（主席令第 6 号，自 2009 年 5 月 1 日起施行）；
4. 《中华人民共和国环境保护法》（主席令第 22 号，于 1989 年 12 月 26 日通过并公布，自公布之日起施行）；
5. 《特种设备安全法》（主席令第 4 号，自 2014 年 1 月 1 日起施行）；
6. 《中华人民共和国突发事件应对法》（主席令第 69 号，自 2007 年 11 月 1 日起施行）；
7. 《中华人民共和国建筑法》（主席令第 46 号，自 2011 年 7 月 1 日起施行）。

F2.1.2 行政法规

1. 《使用有毒物品作业场所劳动保护条例》（国务院令第 352 号）；
2. 《危险化学品安全管理条例》（国务院令第 591 号）；
3. 《安全生产许可证条例》（国务院令第 397 号）；

4. 《特种设备安全监察条例》（国务院令第 549 号）；
5. 《公路安全保护条例》（国务院令第 593 号）；
6. 《工伤保险条例》（国务院令第 586 号）；
7. 《生产安全事故报告和调查处理条例》（国务院令第 493 号）；
8. 《易制毒化学品管理条例》（国务院令第 445 号）；
9. 《天然气利用政策》（国家发展和改革委员会令第 15 号）；
10. 《国务院关于进一步加强企业安全生产工作的通知》（国发[2010]23 号）。

F2.1.3 部门规章

1. 《产业结构调整指导目录（2011 年本）》（2013 年修正）；
2. 《劳动防护用品监督管理规定》（安监总局令第 1 号）；
3. 《生产经营单位安全培训规定》（安监总局令第 3 号）；
4. 《特种作业人员安全技术培训考核管理规定》（安监总局令第 30 号）；
5. 《特种设备作业人员监督管理办法》（安监总局令第 140 号）；
6. 《安全生产事故隐患排查治理暂行规定》（安监总局令第 16 号）；
7. 《生产安全事故应急预案管理办法》（安监总局令第 17 号）；
8. 《危险化学品建设项目安全监督管理办法》（安监总局令第 45 号）；
9. 《危险化学品重大危险源监督管理暂行规定》（安监总局令第

40 号);

10.《首批重点监管的危险化学品安全措施和应急处置原则的通知》(安监总厅管三〔2011〕142 号);

11.《第二批重点监管的危险化学品名录》(安监总管三[2013]12 号);

12.《国家安全监管总局 工业和信息化部关于危险化学品企业贯彻落实〈国务院进一步加强企业安全生产工作的通知〉的实施意见》(安监总管三[2010]186 号);

13.《关于督促化工企业切实做好几项安全环保重点工作紧急通知》(安监总危化[2006]10 号);

14.《企业安全生产费用提取和使用管理办法》(财企〔2012〕16 号);

15.《防雷减灾管理办法》(气象局令第 24 号);

16.《危险化学品名录》(2002 版,国家安全生产监督管理局公告 2003 年第 1 号)。

F2.1.4 地方法规

1.《四川省安全生产条例》(四川省第十届人民代表大会常务委员会公告第 90 号);

2.《四川省生产经营单位安全生产责任规定》(四川省人民政府令第 216 号);

3.《四川省人民政府关于进一步加强企业安全生产工作的实施意见》(川府发电[2010]59 号);

4.《四川省企业安全生产风险抵押金管理暂行办法实施细则(试行)》(川财企[2007]33 号);

5. 关于印发《四川省危险化学品建设项目安全监督管理实施细则》的通知（川安监[2012]111 号）。

F2.2 相关标准、规范

1. 《石油天然气工程设计防火规范》，GB50183-2004；
2. 《石油化工企业设计防火规范》，GB50160-2008；
3. 《液化天然气（LNG）生产、储存和装运》GB/T20368-2006
4. 《建筑设计防火规范》GB50016-2006；
5. 《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010；
6. 《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》GB50058-92；
7. 《工业企业总平面设计规范》GB50187-2012；
8. 《建筑采光设计规范》GB/T50033-2001；
9. 《建筑照明设计标准》GB50034-2004；
10. 《建筑灭火器配置设计规范》GB50140-2005；
11. 《防洪标准》GB 50201-94；
12. 《建筑抗震设计规范》GB50011-2010；
13. 《企业职工伤亡事故分类》GB6441-86；
14. 《危险化学品重大危险源辨识》GB18218-2009；
15. 《危险化学品名录》（2002 版）；
16. 《危险货物品名表》GB12268-2012；
17. 《常用化学危险品贮存通则》GB15603-1995；
18. 《安全色》GB2893-2008；
19. 《安全标志使用导则》GB2894-2008
20. 《10kV 及以下变电所设计规范》GB50053-94；

- 21.《供配电系统设计规范》GB50052-2009;
- 22.《钢制压力容器》GB150-2011;
- 23.《防止静电事故通用导则》GB12158-2006;
- 24.《生产过程安全卫生要求总则》GB12801-2008;
- 25.《石油化工企业可燃气体和有毒气体检测报警设计规范》
GB50493-2009;
- 26.《石油化工储运系统罐区设计规范》SH3007-2007;
- 27.《化工企业总图运输设计规范》GB50489-2009;
- 28.《供配电系统设计规范》GB 50052-2009;
- 29.《低压配电设计规范》GB 50054-2011;
- 30.《化学品分类和危险性公示通则》GB13690-2009;
- 31.《生产设备安全卫生设计总则》GB5083-1999;
- 32.《安全评价通则》(AQ8001-2007);
- 33.《安全预评价导则》(AQ8002-2007);
- 34.《化工企业定量风险评价导则》(AQ/T3046-2013);
- 35.《基于风险检验的基础方法》(SY/T 6714-2008);
- 36.《建筑工程抗震设防分类标准》(GB50223-2008)。

F2.3 其他依据

- 1.《元坝气田天然气储气调峰工程项目可行性研究报告》;
- 2.业主提供的其他资料。

F2.4 参考文献

- 1.《安全评价》第三版;

- 2.《危险化学品安全评价与安全监察控制考核技术规范实用手册》（中国化工出版社 2007 年 3 月出版）；
- 3.由张海峰主编，化学工业出版社 2008 年出版的《危险化学品安全技术说明全书》（第二版）；
- 4.由刘铁民、张兴凯、刘功智主编，化学工业出版社 2005 年出版的《安全评价方法应用指南》。

附件 3 主要危险有害因素辨识过程

F3.1 主要物料的危险、有害因素辨识

根据《危险化学品名录（2002 版）》、GB12268-2012《危险货物物品名表》、《首批重点监管的危险化学品名录》（安监总管三[2011]95号）、《第二批重点监管的危险化学品名录》（安监总管三[2013]12号）、《剧毒化学品目录（2002 版）》、《高毒物品目录》（卫法监发[2003]142号）、《易制毒化学品的分类和品种目录》（国务院令 第 445 号）和《易制爆危险化学品名录（2011 版）》，建设项目涉及的危险化学品有：天然气（原料气、液化天然气，主要成分为甲烷、乙烷、丙烷、氮气、二氧化碳）、制冷剂（乙烯、氮气、甲烷和异戊烷）和二氧化碳。涉及的重点监管危险化学品有：天然气（甲烷）、乙烷、乙烯。不涉及剧毒化学品、高度物品、易制毒危险化学品、易制爆危险化学品。

F3.1.1 原料危险性辨识

建设项目的原材料为天然气。原料气由中石油西南油气田分公司，供气压力约为 3.0MPa。由可研报告可知，原料天然气主要成分（含量大于 0.1 v%）为：甲烷、乙烷、丙烷、氮气和二氧化碳。

F3.1.1.1 甲烷

甲烷属于一级可燃气体，无色无臭，甲烷燃烧速度快，燃烧热值高，扩散能力强，一旦燃烧，速度极快，多为爆炸式燃烧，甚至爆轰，火势蔓延快，危害大，难于控制和扑救。甲烷的安全技术说明书见下表。

附表 3.1.1.1 甲烷安全技术说明书

化学品名称	
化 学 品 中 文 名称:	甲烷
化 学 品 英 文 名称:	methane
CAS No.:	74-82-8
危险性概述	
危险性类别:	第 2.1 类易燃气体
侵入途径:	
健康危害:	甲烷对人基本无毒,但浓度过高时,使空气中氧含量明显降低,使人窒息。当空气中甲烷达 25%~30%时,可引起头痛、头晕、乏力、注意力不集中、呼吸和心跳加速、共济失调。若不及时脱离,可致窒息死亡。皮肤接触液化本品,可致冻伤。
环境危害:	
燃爆危险:	本品易燃,具窒息性。
急 救 措 施	
皮肤接触:	若有冻伤,就医治疗。
眼睛接触:	
吸 入:	迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难,给输氧。如呼吸停止,立即进行人工呼吸。就医。
食 入:	
消 防 措 施	
危险特性:	易燃,与空气混合能形成爆炸性混合物,遇热源和明火有燃烧爆炸的危险。与五氧化溴、氯气、次氯酸、三氟化氮、液氧、二氟化氧及其它强氧化剂接触剧烈反应。
有害燃烧产物:	一氧化碳、二氧化碳。
灭火方法及 灭火剂:	切断气源。若不能切断气源,则不允许熄灭泄漏处的火焰。喷水冷却容器,可能的话将容器从火场移至空旷处。灭火剂:雾状水、泡沫、二氧化碳、干粉。
泄漏应急处理	

应急处理:	迅速撤离泄漏污染区人员至上风处，并进行隔离，严格限制出入。切断火源。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿防静电工作服。尽可能切断泄漏源。合理通风，加速扩散。喷雾状水稀释、溶解。构筑围堤或挖坑收容产生的大量废水。如有可能，将漏出气用排风机送至空旷地方或装设适当喷头烧掉。也可以将漏气的容器移至空旷处，注意通风。漏气容器要妥善处理，修复、检验后再用。		
操作处置与储存			
操作处置注意事项:	密闭操作，全面通风。操作人员必须经过专门培训，严格遵守操作规程。远离火种、热源，工作场所严禁吸烟。使用防爆型的通风系统和设备。防止气体泄漏到工作场所空气中。避免与氧化剂接触。在传送过程中，钢瓶和容器必须接地和跨接，防止产生静电。搬运时轻装轻卸，防止钢瓶及附件破损。配备相应品种和数量的消防器材及泄漏应急处理设备。		
储存注意事项:	储存于阴凉、通风的库房。远离火种、热源。库温不宜超过 30℃。应与氧化剂等分开存放，切忌混储。采用防爆型照明、通风设施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。储区应备有泄漏应急处理设备。		
接触控制/个体防护			
最高容许浓度:	中 国 MAC：未制定标准； 前苏联 MAC：300mg/m³； TLVIN：ACGIH 窒息性气体； TLVWN：未制定标准。		
工程控制:	生产过程密闭，全面通风		
呼吸系统防护:	一般不需特殊防护，但建议特殊情况下，佩戴自吸过滤式防毒面具（半面罩）。		
眼睛防护:	一般不需要特殊防护，高浓度接触时可戴安全防护眼镜。		
身体防护:	穿防静电工作服。		
手防护:	戴一般作业防护手套。		
其他防护:	工作现场严禁吸烟。避免长期反复接触。进入罐、限制性空间或其它高浓度区作业，须有人监护。		
理化特性			
外观与性状:	无色无臭气体。		
Ph 值:		熔点（℃）:	-182.5
相对密度（水=1）:	0.42（-164℃）	沸点（℃）:	-161.5
闪点（℃）:	-188	引燃温度（℃）:	538

爆炸下限[%（V/V）]:	5.3	爆炸上限[%（V/V）]:	15
溶解性	微溶于水，溶于醇、乙醚		
主要用途:	用作燃料和用于炭黑、氢、乙炔、甲醛等的制造。		
稳定性和反应活性			
稳定性:			
禁配物:	强氧化剂、氟、氯。		
毒理学资料			
急性毒性:	LD50: 无资料 LC50: 无资料		
生态学资料			
其他有害作用:	该物质对环境可能有危害，对鱼类和水体要给予特别注意。还应特别注意对地表水、土壤、大气和饮用水的污染。		
废 弃 处 置			
废弃处置方法:	处置前应参阅国家和地方有关法规。建议用焚烧法处置。		
运 输 信 息			
包装标志:		包装类别:	
运 输 注 意 事 项:	采用钢瓶运输时必须戴好钢瓶上的安全帽。钢瓶一般平放，并应将瓶口朝同一方向，不可交叉；高度不得超过车辆的防护栏板，并用三角木垫卡牢，防止滚动。运输时运输车辆应配备相应品种和数量的消防器材。装运该物品的车辆排气管必须配备阻火装置，禁止使用易产生火花的机械设备和工具装卸。严禁与氧化剂等混装混运。夏季应早晚运输，防止日光曝晒。中途停留时应远离火种、热源。公路运输时要按规定路线行驶，勿在居民区和人口稠密区停留。铁路运输时要禁止溜放。		

F3.1.1.2 乙烷

乙烷是无色无臭、易燃易爆的气体，在加压、低温下可液化。其沸点-88.3℃，闪点-60℃，自燃点 515℃。微溶于水。

乙烷接触火种极易燃烧，遇火星或高热源有燃烧爆炸危险。乙烷与空气形成爆炸性混合物，爆炸极限 3.2~12.5%。空气中乙烷浓度过高时会因缺氧而导致窒息。乙烷的安全技术说明书见下表。

附表 3.1.1.2 乙烷安全技术说明书

化学品名称	
化 学 品 中 文 名称:	乙 烷
化 学 品 英 文 名称:	ethane
CAS No.:	74-80-0
危险性概述	
危险性类别:	第 2.1 类易燃气体
侵入途径:	
健康危害:	高浓度时,有单纯性窒息作用。空气中浓度大于 6%时,出现眩晕、轻度恶心、麻醉症状;达 40%以上时,可引起惊厥,甚至窒息死亡。
环境危害:	
燃爆危险:	本品易燃,具窒息性。
急 救 措 施	
皮肤接触:	
眼睛接触:	
吸 入:	迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难,给输氧。如呼吸停止,立即进行人工呼吸。就医。
食 入:	
消 防 措 施	
危险特性:	易燃,与空气混合能形成爆炸性混合物,遇热源和明火有燃烧爆炸的危险。与氟、氯等接触会发生剧烈的化学反应。
有 害 燃 烧 产 物:	一氧化碳、二氧化碳。
灭 火 方 法 及 灭 火 剂:	切断气源。若不能切断气源,则不允许熄灭泄漏处的火焰。喷水冷却容器,可能的话将容器从火场移至空旷处。灭火剂:雾状水、泡沫、二氧化碳、干粉。
泄漏应急处理	
应急处理:	迅速撤离泄漏污染区人员至上风处,并进行隔离,严格限制出入。切断火源。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器,穿防静电工作服。尽可能切断泄漏源。合理通风,加速扩散。如有可能,将漏出气用排风机送至空旷地方或装设适当喷头烧掉。也可以将漏气的容器移至空旷处,注意通风。漏气容器要妥善处理,修复、检验后再用。
操作处置与储存	

操作处置注意事项:	密闭操作，全面通风。操作人员必须经过专门培训，严格遵守操作规程。建议操作人员穿防静电工作服。远离火种、热源，工作场所严禁吸烟。使用防爆型的通风系统和设备。防止气体泄漏到工作场所空气中。避免与氧化剂、卤素接触。在传送过程中，钢瓶和容器必须接地和跨接，防止产生静电。搬运时轻装轻卸，防止钢瓶及附件破损。配备相应品种和数量的消防器材及泄漏应急处理设备。		
储存注意事项:	储存于阴凉、通风的库房。远离火种、热源。库温不宜超过 30℃。应与氧化剂、卤素分开存放，切忌混储。采用防爆型照明、通风设施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。储区应备有泄漏应急处理设备。		
接触控制/个体防护			
最高容许浓度:	中 国 MAC：未制定标准； 前苏联 MAC：300mg/m³； TLVIN：ACGIH 窒息性气体； TLVWN：未制定标准。		
工程控制:	生产过程密闭，全面通风		
呼 吸 系 统 防 护:	一般不需特殊防护，但建议特殊情况下，佩戴自吸过滤式防毒面具（半面罩）。		
眼睛防护:	一般不需要特殊防护。		
身体防护:	穿防静电工作服。		
手防护:	戴一般作业防护手套。		
其他防护:	工作现场严禁吸烟。避免长期反复接触。进入罐、限制性空间或其它高浓度区作业，须有人监护。		
理 化 特 性			
外观与性状:	无色无臭气体。		
Ph 值:		熔点（℃）:	-183.3
相对密度（水=1）:	0.45	沸点（℃）:	-88.6
闪点（℃）:	<-50	引燃温度（℃）:	472
爆 炸 下 限 [%（V/V）]:	3.0	爆炸上限[%（V/V）]:	16.0
溶解性	不溶于水，微溶于乙醇、丙酮，溶于苯。		
主要用途:	用于制乙烯、氯乙烯、氯乙烷、冷冻剂等。		
稳定性和反应活性			
稳定性:			

禁配物：	强氧化剂、卤素。	
毒理学资料		
急性毒性：	LD50：无资料 LC50：无资料	
生态学资料		
其 他 有 害 作 用：	该物质对环境可能有危害，应特别注意对地表水、土壤、大气和饮用水的污染。	
废 弃 处 置		
废弃处置方法：	处置前应参阅国家和地方有关法规。建议用焚烧法处置。	
运 输 信 息		
包装标志：		包装类别：052
运 输 注 意 事 项：	采用钢瓶运输时必须戴好钢瓶上的安全帽。钢瓶一般平放，并应将瓶口朝同一方向，不可交叉；高度不得超过车辆的防护栏板，并用三角木垫卡牢，防止滚动。运输时运输车辆应配备相应品种和数量的消防器材。装运该物品的车辆排气管必须配备阻火装置，禁止使用易产生火花的机械设备和工具装卸。严禁与氧化剂、卤素等混装混运。夏季应早晚运输，防止日光曝晒。中途停留时应远离火种、热源。公路运输时要按规定路线行驶，勿在居民区和人口稠密区停留。铁路运输时要禁止溜放。	

F3.1.1.3 丙烷

丙烷为易燃气体, 与空气混合能形成爆炸性混合物, 遇热源和明火有燃烧爆炸的危险, 其安全技术说明书见下表。

附表 3.1.1.3 丙烷安全技术说明书

化学品名称	
化学品中文名称:	丙烷
化学品英文名称:	propane
CAS No.:	74-98-6
危险性概述	
危险性类别:	第 2.1 类易燃气体
侵入途径:	

健康危害:	本品有单纯性窒息及麻醉作用。人短暂接触 1%丙烷, 不引起症状; 10%以下的浓度, 只引起轻度头晕; 接触高浓度时可出现麻醉状态、意识丧失; 极高浓度时可致窒息。
环境危害:	
燃爆危险:	本品易燃。
急救措施	
皮肤接触:	
眼睛接触:	
吸入:	迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难, 给输氧。如呼吸停止, 立即进行人工呼吸。就医。
食入:	
消防措施	
危险特性:	易燃气体, 与空气混合能形成爆炸性混合物, 遇热源和明火有燃烧爆炸的危险。与氧化剂接触猛烈反应。气体比空气重, 能在较低处扩散到相当远的地方, 遇火源会着火回燃。
有害燃烧产物:	一氧化碳、二氧化碳。
灭火方法及灭火剂:	切断气源。若不能切断气源, 则不允许熄灭泄漏处的火焰。喷水冷却容器, 可能的话将容器从火场移至空旷处。灭火剂: 雾状水、泡沫、二氧化碳、干粉。
泄漏应急处理	
应急处理:	迅速撤离泄漏污染区人员至上风处, 并进行隔离, 严格限制出入。切断火源。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器, 穿防静电工作服。尽可能切断泄漏源。用工业覆盖层或吸附/ 吸收剂盖住泄漏点附近的下水道等地方, 防止气体进入。合理通风, 加速扩散。喷雾状水稀释、溶解。构筑围堤或挖坑收容产生的大量废水。如有可能, 将漏出气用排风机送至空旷地方或装设适当喷头烧掉。漏气容器要妥善处理, 修复、检验后再用。
操作处置与储存	
操作处置注意事项:	密闭操作, 全面通风。操作人员必须经过专门培训, 严格遵守操作规程。远离火种、热源, 工作场所严禁吸烟。使用防爆型的通风系统和设备。防止气体泄漏到工作场所空气中。避免与氧化剂、卤素接触。在传送过程中, 钢瓶和容器必须接地和跨接, 防止产生静电。搬运时轻装轻卸, 防止钢瓶及附件破损。配备相应品种和数量的消防器材及泄漏应急处理设备。

储 存 注 意 事 项:	储存于阴凉、通风的库房。远离火种、热源。库温不宜超过 30℃。应与氧化剂、卤素分开存放，切忌混储。采用防爆型照明、通风设施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。储区应备有泄漏应急处理设备。		
接触控制/个体防护			
最 高 容 许 浓 度:	中 国 MAC：未制定标准； 前苏联 MAC：300mg/m³； TLVIN：ACGIH 窒息性气体； TLVWN：未制定标准。		
工程控制:	生产过程密闭，全面通风		
呼 吸 系 统 防 护:	一般不需特殊防护，但建议特殊情况下，佩戴自吸过滤式防毒面具（半面罩）。		
眼睛防护:	一般不需要特殊防护，高浓度接触时可戴安全防护眼镜。		
身体防护:	穿防静电工作服。		
手防护:	戴一般作业防护手套。		
其他防护:	工作现场严禁吸烟。避免长期反复接触。进入罐、限制性空间或其它高浓度区作业，须有人监护。		
理 化 特 性			
外观与性状:	无色气体，纯品无臭。		
Ph 值:		熔点（℃）：	-187.6
相对密度（水=1）:	0.58（-44.5℃）	沸点（℃）：	-42.1
闪点（℃）：	-104	引燃温度（℃）：	450
爆 炸 下 限 [%（V/V）]:	2.1	爆炸上限[%（V/V）:	9.5
溶解性	微溶于水，溶于乙醇、乙醚。		
主要用途:	用于有机合成。		
稳定性和反应活性			
稳定性:			
禁配物:	强氧化剂、卤素。		
毒理学资料			
急性毒性:	LD50：无资料 LC50：无资料		
生态学资料			
其 他 有 害 作	该物质对环境可能有危害，对鱼类和水体要给予特别注意，还应特别注意		

用：	对地表水、土壤、大气和饮用水的污染。	
废 弃 处 置		
废弃处置方法：	用焚烧法处置。	
运 输 信 息		
包装标志：		包装类别：052
运 输 注 意 事 项：	本品铁路运输时限使用耐压液化气企业自备罐车装运，装运前需报有关部门批准。采用钢瓶运输时必须戴好钢瓶上的安全帽。钢瓶一般平放，并应将瓶口朝同一方向，不可交叉；高度不得超过车辆的防护栏板，并用三角木垫卡牢，防止滚动。运输时运输车辆应配备相应品种和数量的消防器材。装运该物品的车辆排气管必须配备阻火装置，禁止使用易产生火花的机械设备和工具装卸。严禁与氧化剂、卤素等混装混运。夏季应早晚运输，防止日光曝晒。中途停留时应远离火种、热源。公路运输时要按规定路线行驶，勿在居民区和人口稠密区停留。铁路运输时要禁止溜放。	

F3.1.1.4 二氧化碳

二氧化碳安全技术说明书见下表。

附表 3.1.1.4 二氧化碳安全技术说明书

标识	中文名：二氧化碳、碳酸酐		英文名：carbon dioxide	
	分子式：CO ₂	分子量：44.01		CAS 号：124-38-9
	危规号：22019			
理化性质	性状：无色无臭气体			
	溶解性：溶于水、烃类等多数有机溶剂			
	熔点（℃）：－56.6（527kPa）	沸点（℃）：-78.5（升华）	相对密度（水＝1）：1.56（－79℃）	
	临界温度（℃）：31	临界压力(MPa)：7.39	相对密度（空气＝1）：1.53	
	燃烧热（KJ/mol）：无意义	最小点火能（mJ）：	饱和蒸汽压（KPa）：1013.25（－39℃）	
燃烧爆炸危险	燃烧性：不燃		燃烧分解产物：	
	闪点（℃）：无意义		聚合危害：不聚合	
	爆炸极限（V%）：无意义		稳定性：稳定	
	危险特性：若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险			
	消防措施：本品不燃。切断气源。喷水冷却容器，可能的话将容器从火场移至空旷处			

性	
毒性	接触限值： 毒理资料：
对人体危害	侵入途径：吸入 健康危害：在低浓度时，对呼吸中枢呈兴奋作用，高浓度时则产生抑制甚至麻痹作用。中毒机制中还兼有缺氧的因素。 急性中毒：人进入高浓度二氧化碳环境，在几秒钟内迅速昏迷倒下，反射消失、瞳孔扩大或缩小、大小便失禁、呕吐等，更严重者出现呼吸停止及休克，甚至死亡。固态（干冰）和液态二氧化碳在常压下迅速汽化，能造成-80~-43℃低温，引起皮肤和眼睛严重的冻伤。 慢性影响：经常接触较高浓度的二氧化碳者，可有头晕、头痛、失眠、易兴奋、无力等神经功能紊乱等主诉。但在生产中是否存在慢性中毒国内外均未见病例报道。
急救	眼：若有冻伤，就医治疗。 皮肤：若有冻伤，就医治疗。 吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸。就医。
防护	工程防护：密闭操作，提供良好的自然通风条件。 呼吸系统防护：一般不需要特殊防护，高浓度接触时可佩戴空气呼吸器。 眼睛防护：一般不需要特殊防护。 身体防护：穿一般作业工作服。 手防护：戴一般作业防护手套。 其他：避免高浓度吸入。进入罐、限制性空间或其它高浓度区作业，须有人监护。
泄漏处理	迅速撤离泄漏污染区人员至上风处，并进行隔离，严格限制出入。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿一般作业工作服。尽可能切断泄漏源。合理通风，加速扩散。 漏气容器要妥善处理，修复、检验后再用。
贮运	包装标志：5 UN 编号：1013 包装分类：III 包装方法：钢质气瓶 储运条件：不燃性压缩气体。储存于阴凉、通风仓间内。仓内温度不宜超过 30℃。远离火种、热源。防止阳光直射。应与易燃或可燃物分开存放。验收时要注意品名，注意验瓶日期，先进仓的先发用。搬运时轻装轻卸，防止钢瓶及附件破损。

F3.1.1.5 氮气

氮气安全技术说明书见下表。

附表 3.1.1.5 氮气安全技术说明书

标识	中文名：氮气		英文名：nitrogen	
	分子式：N ₂	分子量：28.01		CAS 号：7727—37—9
	危规号：22005			

理化性质	性状：无色无臭气体。		
	溶解性：微溶于水、乙醇。		
	熔点（℃）：-209.8	沸点（℃）：-195.6	相对密度（水=1）：0.81（-196℃）
	临界温度（℃）：-147	临界压力（MPa）：3.40	相对密度（空气=1）：0.97
	燃烧热（KJ/mol）：	最小点火能（mJ）：	饱和蒸汽压（KPa）：1026.42（-173℃）
燃烧爆炸危险性	燃烧性：不燃		燃烧分解产物：氮气。
	闪点（℃）：无意义		聚合危害：不聚合
	爆炸下限（%）：		稳定性：稳定
	爆炸上限（%）：		禁忌物：
	引燃温度（℃）：		最小点火能（mJ）：
	危险特性：遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险。		
	消防措施：本品不燃。用雾状水保持火场中容器冷却。		
毒性			
对人体危害	侵入途径：吸入。 健康危害：空气中氮气含量过高，使吸入气氧分压下降，引起缺氧窒息。吸入氮气浓度不太高时，患者最初感胸闷、气短、疲软无力；继而有烦躁不安、极度兴奋、乱跑、叫喊、精神恍惚、步态不稳，称之为氮酩酊，可进入昏睡或昏迷状态。吸入高浓度，患者可迅速出现昏迷、呼吸心跳停止而死亡。潜水员深潜时，可发生氮的麻醉作用；若从高压环境下过快转入常压环境，体内会形成氮气气泡，压迫神经、血管或造成微血管阻塞，发生减压病。		
急救	吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困然，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸和胸外心脏按压术。就医。		
防护	工程防护：生产过程密闭，提供良好的自然通风条件。 呼吸系统防护：一般不需要特殊防护。当作业场所空气中氧气浓度低于 18% 时，必须佩戴空气呼吸器、氧气呼吸器或长管面具。 眼睛防护：一般不需要特殊防护。 身体防护：穿一般作业工作服。 手防护：戴一般作业防护手套。 其他：避免高浓度吸入。进入罐、限制性空间或其他高浓度区作业，须有人监护。		
泄漏处理	迅速撤离泄漏污染区人员至上风处，并进行隔离，严格限制出入。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿一般作业工作服。尽可能切断泄漏源。合理通风，加速扩散。漏气容器要妥善处理，修复、检验后再用。		

贮运	包装标志：5 UN 编号： 1066 包装方法：钢质气瓶 包装分类：III 储运条件：不燃性压缩气体。储存于阴凉、通风仓间内。仓间温度不宜超过 30℃。 远离火种、热源，防止阳光直射。验收时要注意品名，注意验瓶日期，先进仓的先发用。搬运时轻装轻卸，防止钢瓶及附件破损。
----	---

F3.1.2 生产辅助物料危险性辨识

建设项目所需辅料为 MDEA、消泡剂、分子筛干燥剂、活性炭、制冷剂（甲烷、乙烯、异戊烷、液氮）等。

F3.1.2.1 MDEA

MDEA 的中文名称是甲基二乙醇胺，通常称为 N-甲基二乙醇胺。相对密度（水=1）为 1.042（25℃），沸点为 247℃，相对粘度为 90-115mm²/S（20℃），性状为无色或微黄色粘稠液体，能与水、醇互溶，微溶于醚。广泛应用于油田气和煤气的脱硫净化、乳化剂和酸性气体吸收剂、酸碱控制剂、聚氨酯泡沫催化剂。

附表 3.1.2.1 二乙醇胺安全技术说明书

化学品名称	
化 学 品 中 文 名称：	N-甲基二乙醇胺
化 学 品 英 文 名称：	N-methy-diethanolamine
CAS No.:	105-59-9
危险性概述	
危险性类别：	无资料
侵入途径：	吸入、食入、经皮肤吸收
健康危害：	接触后对皮肤及粘膜有刺激性，接触后皮肤会引起潮红，刺激和疼痛乃至化学灼伤，接触眼睛可引起严重发红并造成角膜损伤。
环境危害：	该物质属碱性，对水体和土壤造成污染。
燃爆危险：	闪点为 134℃（闭口杯），燃点为 295℃，遇高热燃烧爆炸危险，与强氧化剂接触发生剧烈反应。
急救措施	

皮肤接触:	脱去污染的衣着,用大量清水彻底冲洗皮肤,再用肥皂彻底洗涤。
眼睛接触:	立即翻开上下眼睑,用流动清水或生理盐水冲洗至少 15min,并快速就医。
吸入:	迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难,给输氧。如呼吸停止,立即进行人工呼吸。就医。
食入:	饮足量温水,催吐,就医。
消防措施	
危险特性:	有腐蚀性,对眼、粘膜或皮肤有刺激性,有化学灼伤的危险,其蒸汽遇高热有燃烧爆炸危险,遇强氧化剂剧烈反应,会腐蚀铜及铜化合物。
有害燃烧产物:	一氧化氮、一氧化碳、二氧化碳。
灭火方法及灭火剂:	泡沫、干粉、二氧化碳灭火,还可用水、沙土扑救。
泄漏应急处理	
应急处理:	切断火源,迅速撤离泄漏污染区人员至安全地带,并进入隔离、严格限制出入,建议应急处理人员穿戴防护服,脚穿雨靴,尽可能切断泄漏源,防止进入下水道、江河。小量泄漏:尽可能将泄漏液收集在容器内,少量残液用自来水冲洗后收集在一起交由废水处理站处理。大量泄漏:构筑围堤或挖坑收容,收集后进行回收或运至废物处理场所处理。
操作处置与储存	
操作处置注意事项:	系统操作,加强通风,操作人员须经过专门培训,严格遵守操作规程,建议操作人员穿戴工作服,佩戴塑胶手套,远离火种,热源,工作场所严禁吸烟,严禁接触强氧化剂,搬运时要轻装轻卸,防止包装容器损坏,配备相应的消防器材,空气中浓度超标,建议戴过滤式防毒面具,紧急事态抢救或撤离时,应急处理设备或倒空的容器可能残留有害物。
储存注意事项:	储存于阴凉、干燥、通风库房、远离火种、热源,保持容器密闭,应与氧化剂、食用化学品分开存放,切记湿储,储区应备有泄漏应急处理设备和合适的收容材料。
接触控制/个体防护	
最高容许浓度:	中国 MAC: 未制定标准; 前苏联 MAC: 未制定标准; TLVIN: 未制定标准; TLVWN: 未制定标准。
工程控制:	生产过程密闭、加强通风。
呼吸系统防护	应佩戴空气呼吸器或氧气呼吸器。

护：			
眼睛防护：	戴化学安全防护眼镜。		
身体防护：	穿工作服。		
手防护：	戴橡胶手套。		
其他防护：	工作现场严禁吸烟、进食，定期进行体检。		
理化特性			
外观与性状：	无色或微黄色粘稠液体，微有氨味		
PH 值：		熔点（℃）：	-48
相对密度（水=1）：	1.0425	沸点（℃）：	246~249
闪点（℃）：	134	引燃温度（℃）：	
爆炸下限[%（V/V）]：		爆炸上限[%（V/V）]：	
溶解性	与水互溶，溶于乙醇、甲醇等有机溶剂中，微溶于醚。		
主要用途：	作为炼油厂炼制过程中脱除硫化氢以及有机硫的有效溶剂，并可再生。		
稳定性和反应活性			
稳定性：	稳定		
禁配物：	强氧化剂。		
毒理学资料			
急性毒性：	LD50：无资料 LC50：无资料		
生态学资料			
其他有害作用：	该物质对环境可能有危害，对水体应给予特别注意。		
废弃处置			
废弃处置方法：	进行氧化或生化处理。		
运输信息			
包装标志：		包装类别：	
运 输 注 意 事 项：	铁路运输时应严格按照铁道部《危险货物运输规则》中的危险货物配装表进行配装。运输时运输车辆应配备相应品种和数量的消防器材及泄漏应急处理设备。夏季最好早晚运输，运输时所用槽（罐）车应有接地链，槽内可设孔隔板以减少震荡产生静电。严禁与氧化剂、酸类、金属粉末、食用化学品等混装运输。运输途中应防暴晒、雨淋、防高温。中途停留时		

	应远离火种、热源、高温区。转运该物品的车辆排气管必须配有阻火装置，禁止使用易产生火花的机械设备和工具装卸。公路运输时要按规定的路线行驶，勿在居民区和人口稠密区停留。铁路运输时要禁止溜放。严禁用木船、水泥船散装运输
--	--

F3.1.2.2 液氮

液氮安全技术说明书见下表。

附表 3.1.2.2 液氮安全技术说明书

化学品名称	
化 学 品 中 文 名称:	液氮
化 学 品 英 文 名称:	Liquid nitrogen
CAS No.:	7727-37-9
危险性概述	
危险性类别:	第 2.2 类不燃气体
侵入途径:	
健康危害:	皮肤接触液氮可致冻伤。如在常压下汽化产生的氮气过量，可使空气中氧分压下降，引起缺氧窒息。
燃爆危险:	本品不燃，具窒息性。
急 救 措 施	
吸 入:	迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸。就医。
消 防 措 施	
危险特性:	若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险。
有害燃烧产物:	氮气。
灭 火 方 法 及 灭 火 剂:	本品不燃。用雾状水保持火场中容器冷却。可用雾状水喷淋加速液氮蒸发，但不可使水枪射至液氮。
泄漏应急处理	

应急处理:	迅速撤离泄漏污染区人员至上风处，并进行隔离，严格限制出入。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿防寒服。不要直接接触泄漏物。尽可能切断泄漏源。防止气体在低凹处积聚，遇点火源着火爆炸。用排风机将漏出气送至空旷处。漏气容器要妥善处理，修复、检验后再用。		
操作处置与储存			
储 存 注 意 事 项:	储存于阴凉、通风的库房。库温不宜超过 30℃。储区应备有泄漏应急处理设备。		
接触控制/个体防护			
最 高 容 许 浓 度:	中国 MAC：未制定标准； 苏联 MAC：未指定标准； TLVTN：未指定标准； TLVWN：未指定标准；		
工程控制:	密闭操作。提供良好的自然通风条件。		
呼 吸 系 统 防 护:	一般不需特殊防护。当作业场所空气中氧气浓度低于 18%时，必须佩戴空气呼吸器、氧气呼吸器或长管面具。		
眼睛防护:	戴安全防护罩。		
身体防护:	穿防寒服。		
手防护:	戴防寒手套。		
其他防护:	避免高浓度吸入。防止冻伤。		
理 化 特 性			
外观与性状:	压缩液体，无色无臭。		
Ph 值:		熔点（℃）：	-209.8
相对密度（水=1）:	0.81（-196℃）	沸点（℃）：	-195.6
相对密度（空气=1）：	0.97	饱和蒸气压（kPa）：	1026.42（-173℃）
燃 烧 热（KJ/mol）：	无意义	临界温度（℃）：	-147
临 界 压 力（MPa）：	3.40	辛醇/水分配系数:	无资料
闪点（℃）：	无意义	引燃温度（℃）：	无意义
爆 炸 下 限[%（V/V）]:	无意义	爆炸上限[%（V/V）]:	无意义

溶解性：	微溶于水、乙醇。		
主要用途：	用作制冷剂等。		
稳定性和反应活性			
稳定性：			
避免接触的条件：			
禁配物：			
运 输 信 息			
危险货物编号：	22006	UN 编号：	1977
包装标志：		包装类别：	Z01
运 输 注 意 事 项：	铁路暂不办理运输。采用钢瓶运输时必须戴好钢瓶上的安全帽。钢瓶一般平放，并应将瓶口朝同一方向，不可交叉；高度不得超过车辆的防护栏板，并用三角木垫卡牢，防止滚动。夏季应早晚运输，防止日光曝晒。		

F3.1.2.3 乙烯

乙烯的安全技术说明书见下表。

附表 3.1.2.3 乙烯安全技术说明书

化学品名称	
化 学 品 中 文 名称:	乙烯
化 学 品 英 文 名称:	ethylene
CAS No.:	74-85-1
危险性概述	
危险性类别:	第 2.1 类易燃气体
侵入途径:	
健康危害:	具有较强的麻醉作用。急性中毒: 吸入高浓度乙烯可立即引起意识丧失, 无明显的兴奋期, 但吸入新鲜空气后, 可很快苏醒。对眼及呼吸道粘膜有轻微刺激性。液态乙烯可致皮肤冻伤。慢性影响: 长期接触, 可引起头昏、全身不适、乏力、思维不集中。个别人有胃肠道功能紊乱。
环境危害:	对环境有危害, 对水体、土壤和大气可造成污染。

燃爆危险:	本品易燃。
急救措施	
皮肤接触:	若有冻伤, 就医治疗。
眼睛接触:	
吸入:	迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难, 给输氧。如呼吸停止, 立即进行人工呼吸。就医。
食入:	
消防措施	
危险特性:	易燃, 与空气混合能形成爆炸性混合物。遇明火、高热或与氧化剂接触, 有引起燃烧爆炸的危险。与氟、氯等接触会发生剧烈的化学反应。
有害燃烧产物:	一氧化碳、二氧化碳。
灭火方法及灭火剂:	切断气源。若不能切断气源, 则不允许熄灭泄漏处的火焰。喷水冷却容器, 可能的话将容器从火场移至空旷处。灭火剂: 雾状水、泡沫、二氧化碳、干粉。
泄漏应急处理	
应急处理:	迅速撤离泄漏污染区人员至上风处, 并进行隔离, 严格限制出入。切断火源。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器, 穿防静电工作服。尽可能切断泄漏源。合理通风, 加速扩散。喷雾状水稀释。如有可能, 将漏出气用排风机送至空旷地方或装设适当喷头烧掉。漏气容器要妥善处理, 修复、检验后再用。
操作处置与储存	
操作处置注意事项:	密闭操作, 全面通风。操作人员必须经过专门培训, 严格遵守操作规程。建议操作人员穿防静电工作服。远离火种、热源, 工作场所严禁吸烟。使用防爆型的通风系统和设备。防止气体泄漏到工作场所空气中。避免与氧化剂、卤素接触。在传送过程中, 钢瓶和容器必须接地和跨接, 防止产生静电。搬运时轻装轻卸, 防止钢瓶及附件破损。配备相应品种和数量的消防器材及泄漏应急处理设备。
储存注意事项:	储存于阴凉、通风的库房。远离火种、热源。库温不宜超过 30℃。应与氧化剂、卤素分开存放, 切忌混储。采用防爆型照明、通风设施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。储区应备有泄漏应急处理设备。
接触控制/个体防护	

最高容许浓度:	中 国 MAC: 未制定标准; 前苏联 MAC: 100mg/m³; TLVIN: ACGIH 窒息性气体; TLVWN: 未制定标准。		
工程控制:	生产过程密闭, 全面通风		
呼 吸 系 统 防 护:	一般不需要特殊防护, 高浓度接触时可佩戴自吸过滤式防毒面具(半面罩)。		
眼睛防护:	一般不需特殊防护。必要时, 戴化学安全防护眼镜。		
身体防护:	穿防静电工作服。		
手防护:	戴一般作业防护手套。		
其他防护:	工作现场严禁吸烟。避免长期反复接触。进入罐、限制性空间或其它高浓度区作业, 须有人监护。		
理 化 特 性			
外观与性状:	无色气体, 略具烃类特有的臭味。		
Ph 值:		熔点 (℃):	-169.4
相对密度 (水=1):	0.61	沸点 (℃):	-103.9
闪点 (℃):	无意义	引燃温度 (℃):	425
爆炸下限[% (V/V)]:	2.7	爆炸上限[% (V/V):	36
溶解性	不溶于水, 微溶于乙醇、酮、苯, 溶于醚。		
主要用途:	用于制聚乙烯、聚氯乙烯、醋酸等。		
稳定性和反应活性			
稳定性:			
禁配物:	强氧化剂、卤素。		
毒理学资料			
急性毒性:	LD50: 无资料 LC50: 无资料		
生态学资料			
其 他 有 害 作 用:	该物质对环境有危害, 对鱼类应给予特别注意。还应特别注意对地表水、土壤、大气和饮用水的污染。		
废 弃 处 置			
废弃处置方法:	处置前应参阅国家和地方有关法规。建议用焚烧法处置。		
运 输 信 息			

包装标志:		包装类别: 052
运输注意事项:	采用钢瓶运输时必须戴好钢瓶上的安全帽。钢瓶一般平放, 并应将瓶口朝同一方向, 不可交叉; 高度不得超过车辆的防护栏板, 并用三角木垫卡牢, 防止滚动。运输时运输车辆应配备相应品种和数量的消防器材。装运该物品的车辆排气管必须配备阻火装置, 禁止使用易产生火花的机械设备和工具装卸。严禁与氧化剂、卤素等混装混运。夏季应早晚运输, 防止日光曝晒。中途停留时应远离火种、热源。公路运输时要按规定路线行驶, 勿在居民区和人口稠密区停留。铁路运输时要禁止溜放。	

F3.1.2.4 异戊烷

异戊烷的安全技术说明书见下表。

附表 3.1.2.4 异戊烷安全技术说明书

化学品名称	
化学品中文名称:	异戊烷
化学品英文名称:	isopentane
CAS No.:	78-78-4
危险性概述	
危险性类别:	第 3.1 类易燃液体
侵入途径:	
健康危害:	主要有麻醉及轻度刺激作用。可引起眼和呼吸道的刺激症状, 重者有麻醉症状, 甚至意识丧失。慢性影响: 眼和呼吸道的轻度刺激。皮肤长期接触可发生轻度皮炎。
燃爆危险:	本品极度易燃。
急救措施	
吸入:	迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难, 给输氧。如呼吸停止, 立即进行人工呼吸。就医。
消防措施	
危险特性:	极易燃, 其蒸气与空气可形成爆炸性混合物, 遇明火、高热极易燃烧爆炸。与氧化剂接触发生强烈反应, 甚至引起燃烧。其蒸气比空气重, 能在较低处扩散到相当远的地方, 遇火源会着火回燃。若遇高热, 容器内压增大, 有开裂和爆炸的危险。

有害燃烧产物:	一氧化碳、二氧化碳。		
灭火方法及灭火剂:	喷水冷却容器，可能的话将容器从火场移至空旷处。处在火场中的容器若已变色或从安全泄压装置中产生声音，必须马上撤离。灭火剂：泡沫、二氧化碳、干粉、砂土。用水灭火无效。		
泄漏应急处理			
应急处理:	迅速撤离泄漏污染区人员至安全区，并进行隔离，严格限制出入。切断火源。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿防静电工作服。尽可能切断泄漏源。防止流入下水道、排洪沟等限制性空间。小量泄漏：用活性炭或其它惰性材料吸收。也可以用不燃性分散剂制成的乳液刷洗，洗液稀释后放入废水系统。大量泄漏：构筑围堤或挖坑收容。用泡沫覆盖，降低蒸气灾害。用防爆泵转移至槽车或专用收集器内，回收或运至废物处理场所处置。		
操作处置与储存			
储存注意事项:	储存于阴凉、通风的库房。远离火种、热源。库温不宜超过 30℃。保持容器密封。应与氧化剂分开存放，切忌混储。采用防爆型照明、通风设施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。储区应备有泄漏应急处理设备和合适的收容材料。		
接触控制/个体防护			
最高容许浓度:	中国 MAC：未制定标准； 苏联 MAC：未指定标准； TLVTN：未制定标准； TLVWN：未指定标准；		
工程控制:	生产过程密闭，全面通风。提供安全淋浴和洗眼设备。		
呼吸系统防护:	空气中浓度较高时，应该佩戴自吸过滤式防毒面具（半面罩）。		
眼睛防护:	必要时，戴化学安全防护眼镜。		
身体防护:	穿防静电工作服。		
手防护:	戴橡胶耐油手套。		
其他防护:	工作现场严禁吸烟。避免长期反复接触。		
理化特性			
外观与性状:	无色透明的易挥发液体，有令人愉快的芳香气味。		
PH 值:		熔点（℃）:	-159.4
相对密度（水=1）:	0.62	沸点（℃）:	27.8

相对密度（空气=1）：	2.48	饱和蒸气压（kPa）：	79.31（21.1℃）
燃 烧 热（KJ/mol）：	3504.1	临界温度（℃）：	187.8
临 界 压 力（MPa）：	3.33	辛醇/水分配系数:	无资料
闪点（℃）：	-56	引燃温度（℃）：	420
爆炸下限[%（V/V）]:	1.4	爆炸上限[%（V/V）]:	7.6
溶解性：	不溶于水，可混溶于乙醇、乙醚等多数有机溶剂。		
主要用途：	用于有机合成，也作溶剂。		
稳定性和反应活性			
稳定性：			
避免接触的条件：			
禁配物：	强氧化剂。		
运输信息			
危险货物编号：	31002	UN 编号：	1265
包装标志：		包装类别：	051
运 输 注 意 事 项：	运输时运输车辆应配备相应品种和数量的消防器材及泄漏应急处理设备。夏季最好早晚运输。运输时所用的槽（罐）车应有接地链，槽内可设孔隔板以减少震荡产生静电。严禁与氧化剂等混装混运。运输途中应防曝晒、雨淋，防高温。中途停留时应远离火种、热源、高温区。装运该物品的车辆排气管必须配备阻火装置，禁止使用易产生火花的机械设备和工具装卸。公路运输时要按规定路线行驶，勿在居民区和人口稠密区停留。铁路运输时要禁止溜放。严禁用木船、水泥船散装运输。		

F3.1.3 主要产品危险性辨识

本项目产品为液化天然气，副产品为重烃（主要成分为正丁烷、异丁烷、正戊烷、异戊烷、正己烷等）。

F3.1.3.1 液化天然气

本项目主产品是液化天然气（-162.2℃，常压），潜在的危险主要

来源于其三个重要性质。

(1) 液化天然气的温度极低

其沸点在大气压下约为 -162°C ，沸腾温度随蒸气压力的变化梯度约为 $1.25 \times 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Pa}$ 。在这一温度条件下，其蒸发气密度高于周围空气的密度。

(2) 极少量的液化天然气液体可以转变为很大体积的气。

一个体积的液化天然气可以转变为约 600 个体积的气体。液化天然气的密度约为 $460 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。液化天然气的密度取决于其组分，在某些情况下可高达 $520 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。密度还是液体温度的函数，其变化梯度约为 $1.35\text{kg}/(\text{m}^3 \text{ }^{\circ}\text{C})$ 。

(3) 类似于其他气态烃类化合物，天然气是可燃的

在大气环境下，气体体积分数在 5%~15%的情况下可燃。

F3.1.3.2 正丁烷

正丁烷的安全技术说明书见下表。

附表 3.1.3.2 正丁烷安全技术说明书

化学品名称	
化 学 品 中 文 名称:	正丁烷
化 学 品 英 文 名称:	n-butane
CAS No.:	106-97-8
危险性概述	
危险性类别:	第 2.1 类易燃气体
侵入途径:	
健康危害:	高浓度有窒息和麻醉作用。急性中毒：主要症状有头晕、头痛、嗜睡和酒醉状态、严重者可昏迷。慢性影响：接触以丁烷为主的工人有头晕、头痛、睡眠不佳、疲倦等。

燃爆危险:	本品易燃, 具窒息性。
急救措施	
吸入:	迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难, 给输氧。如呼吸停止, 立即进行人工呼吸。就医。
消防措施	
危险特性:	易燃, 与空气混合能形成爆炸性混合物, 遇热源和明火有燃烧爆炸的危险。与氧化剂接触猛烈反应。气体比空气重, 能在较低处扩散到相当远的地方, 遇火源会着火回燃。
有害燃烧产物:	一氧化碳、二氧化碳。
灭火方法及灭火剂:	切断气源。若不能切断气源, 则不允许熄灭泄漏处的火焰。喷水冷却容器, 可能的话将容器从火场移至空旷处。灭火剂: 雾状水、泡沫、二氧化碳、干粉。
泄漏应急处理	
应急处理:	迅速撤离泄漏污染区人员至上风处, 并进行隔离, 严格限制出入。切断火源。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器, 穿防静电工作服。尽可能切断泄漏源。用工业覆盖层或吸附/ 吸收剂盖住泄漏点附近的下水道等地方, 防止气体进入。合理通风, 加速扩散。喷雾状水稀释、溶解。构筑围堤或挖坑收容产生的大量废水。如有可能, 将漏出气用排风机送至空旷地方或装设适当喷头烧掉。漏气容器要妥善处理, 修复、检验后再用。
操作处置与储存	
储存注意事项:	储存于阴凉、通风的库房。远离火种、热源。库温不超过 30℃, 相对湿度不超过 80%。应与氧化剂、卤素分开存放, 切忌混储。采用防爆型照明、通风设施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。储区应备有泄漏应急处理设备。
接触控制/个体防护	
最高容许浓度:	中国 MAC: 未制定标准; 苏联 MAC: 300mg/m ³ ; TLVTN: ACGIH 800ppm, 1900mg/m ³ ; TLVWN: 未指定标准;
工程控制:	生产过程密闭, 全面通风。
呼吸系统防护:	一般不需要特殊防护, 但建议特殊情况下, 佩戴自吸过滤式防毒面具 (半面罩)。
眼睛防护:	一般不需要特殊防护, 高浓度接触时可戴化学安全防护眼镜。
身体防护:	穿防静电工作服。

手防护：	戴一般作业防护手套。		
其他防护：	工作现场严禁吸烟。避免长期反复接触。进入罐、限制性空间或其它高浓度区作业，须有人监护。		
理化特性			
外观与性状：	无色气体，有轻微的不愉快气味。		
PH 值：		熔点（℃）：	-138.4
相对密度（水=1）：	0.58	沸点（℃）：	-0.5
相对密度（空气=1）：	2.05	饱和蒸气压（kPa）：	106.39（0℃）
燃 烧 热 （KJ/mol）：	2653	临界温度（℃）：	151.9
临 界 压 力 （MPa）：	3.79	辛醇/水分配系数：	无资料
闪点（℃）：	-60	引燃温度（℃）：	287
爆炸下限[%（V/V）]：	1.5	爆炸上限[%（V/V）]：	8.5
溶解性：	易溶于水、醇、氯仿。		
主要用途：	用于有机合成和乙烯制造，仪器校正，也用作燃料等。		
稳定性和反应活性			
稳定性：			
避免接触的条件：			
禁配物：	强氧化剂、卤素		
运输信息			
危 险 货 物 编 号：	22012	UN 编号：	1011
包装标志：		包装类别：	052
运 输 注 意 事 项：	本品铁路运输时限使用耐压液化气企业自备罐车装运，装运前需报有关部门批准。采用钢瓶运输时必须戴好钢瓶上的安全帽。钢瓶一般平放，并应将瓶口朝同一方向，不可交叉；高度不得超过车辆的防护栏板，并用三角木垫卡牢，防止滚动。运输时运输车辆应配备相应品种和数量的消防器材。装运该物品的车辆排气管必须配备阻火装置，禁止使用易产生火花的机械设备和工具装卸。严禁与氧化剂、卤素等混装混运。夏季应早晚运输，防止日光曝晒。中途停留时应远离火种、热源。公路运输时要按规定路线行		

	驶，勿在居民区和人口稠密区停留。铁路运输时要禁止溜放。
--	-----------------------------

F3.1.3.3 异丁烷

异丁烷的安全技术说明书见下表。

附表 3.1.3.3 异丁烷安全技术说明书

化学品名称	
化学品中文名称:	异丁烷
化学品英文名称:	i-butane
CAS No.:	106-97-8
危险性概述	
危险性类别:	第 2.1 类易燃气体
侵入途径:	
健康危害:	高浓度有窒息和麻醉作用。急性中毒：主要症状有头晕、头痛、嗜睡和酒醉状态、严重者可昏迷。慢性影响：接触以丁烷为主的工人有头晕、头痛、睡眠不佳、疲倦等。
燃爆危险:	本品易燃，具窒息性。
急救措施	
吸入:	迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸。就医。
消防措施	
危险特性:	易燃，与空气混合能形成爆炸性混合物，遇热源和明火有燃烧爆炸的危险。与氧化剂接触猛烈反应。气体比空气重，能在较低处扩散到相当远的地方，遇火源会着火回燃。
有害燃烧产物:	一氧化碳、二氧化碳。

灭 火 方 法 及 灭 火 剂：	切断气源。若不能切断气源，则不允许熄灭泄漏处的火焰。喷水冷却容器，可能的话将容器从火场移至空旷处。灭火剂：雾状水、泡沫、二氧化碳、干粉。		
泄漏应急处理			
应急处理：	迅速撤离泄漏污染区人员至上风处，并进行隔离，严格限制出入。切断火源。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿防静电工作服。尽可能切断泄漏源。用工业覆盖层或吸附/ 吸收剂盖住泄漏点附近的下水道等地方，防止气体进入。合理通风，加速扩散。喷雾状水稀释、溶解。构筑围堤或挖坑收容产生的大量废水。如有可能，将漏出气用排风机送至空旷地方或装设适当喷头烧掉。漏气容器要妥善处理，修复、检验后再用。		
操作处置与储存			
储 存 注 意 事 项：	储存于阴凉、通风的库房。远离火种、热源。库温不超过 30℃，相对湿度不超过 80%。应与氧化剂、卤素分开存放，切忌混储。采用防爆型照明、通风设施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。储区应备有泄漏应急处理设备。		
接触控制/个体防护			
最 高 容 许 浓 度：	中国 MAC：未制定标准； 苏联 MAC：未制定标准； TLVTN：未制定标准； TLVWN：未制定标准；		
工程控制：	生产过程密闭，全面通风。		
呼 吸 系 统 防 护：	一般不需要特殊防护，但建议特殊情况下，佩戴自吸过滤式防毒面具（半面罩）。		
眼睛防护：	一般不需要特殊防护，高浓度接触时可戴化学安全防护眼镜。		
身体防护：	穿防静电工作服。		
手防护：	戴一般作业防护手套。		
其他防护：	工作现场严禁吸烟。避免长期反复接触。进入罐、限制性空间或其它高浓度区作业，须有人监护。		
理化特性			
外观与性状：	无色气体，有轻微的不愉快气味。		
PH 值：		熔点（℃）：	-159.6
相对密度（水 =1）：	0.56	沸点（℃）：	-11.8
相对密度（空 气=1）：	2.01	饱和蒸气压（kPa）：	160.09（0℃）

燃 烧 热 (KJ/mol)：	2653	临界温度（℃）：	151.9
临 界 压 力 (MPa)：	3.65	辛醇/水分配系数:	无资料
闪点（℃）：	-82.8	引燃温度（℃）：	460
爆炸下限[% (V/V)]:	1.8	爆炸上限[%（V/V）]:	8.5
溶解性：	易溶于水、乙醚。		
主要用途：	染料，制冷剂		
稳定性和反应活性			
稳定性：			
避 免 接 触 的 条件：			
禁配物：	强氧化剂、卤素		
运输信息			
危 险 货 物 编 号：	22012	UN 编号：	1969
包装标志：		包装类别：	052
运 输 注 意 事 项：	本品铁路运输时限使用耐压液化气企业自备罐车装运，装运前需报有关部门批准。采用刚瓶运输时必须戴好钢瓶上的安全帽。钢瓶一般平放，并应将瓶口朝同一方向，不可交叉；高度不得超过车辆的防护栏板，并用三角木垫卡牢，防止滚动。运输时运输车辆应配备相应品种和数量的消防器材。装运该物品的车辆排气管必须配备阻火装置，禁止使用易产生火花的机械设备和工具装卸。严禁与氧化剂、卤素等混装混运。夏季应早晚运输，防止日光曝晒。中途停留时应远离火种、热源。公路运输时要按规定路线行驶，勿在居民区和人口稠密区停留。铁路运输时要禁止溜放。		

F3.1.3.4 正戊烷

正戊烷安全技术说明书见下表。

附表 3.1.3.4 正戊烷安全技术说明书

化学品名称	
化 学 品 中 文 名称:	戊烷
化 学 品 英 文	n-pentane

名称:	
CAS No.:	109-66-0
危险性概述	
危险性类别:	第 3.1 类低闪点易燃液体
侵入途径:	
健康危害:	高浓度可引起眼与呼吸道粘膜轻度刺激症状和麻醉状态，甚至意识丧失。慢性作用为眼和呼吸道的轻度刺激。可引起轻度皮炎。
燃爆危险:	本品极度易燃。
急救措施	
吸入:	迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸。就医。
消防措施	
危险特性:	极易燃，其蒸气与空气可形成爆炸性混合物，遇明火、高热极易燃烧爆炸。与氧化剂接触发生强烈反应，甚至引起燃烧。液体比水轻，不溶于水，可随水漂流扩散到远处，遇明火即引起燃烧。在火场中，受热的容器有爆炸危险。其蒸气比空气重，能在较低处扩散到相当远的地方，遇火源会着火回燃。
有害燃烧产物:	一氧化碳、二氧化碳。
灭火方法及灭火剂:	喷水冷却容器，可能的话将容器从火场移至空旷处。处在火场中的容器若已变色或从安全泄压装置中产生声音，必须马上撤离。灭火剂：泡沫、二氧化碳、干粉、砂土。用水灭火无效。
泄漏应急处理	
应急处理:	迅速撤离泄漏污染区人员至安全区，并进行隔离，严格限制出入。切断火源。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿防静电工作服。尽可能切断泄漏源。防止流入下水道、排洪沟等限制性空间。小量泄漏：用活性炭或其它惰性材料吸收。大量泄漏：构筑围堤或挖坑收容。用泡沫覆盖，降低蒸气灾害。用防爆泵转移至槽车或专用收集器内，回收或运至废物处理场所处置。
操作处置与储存	

储 存 注 意 事 项:	储存于阴凉、通风的库房。远离火种、热源。库温不宜超过 30℃。保持容器密封。应与氧化剂分开存放，切忌混储。采用防爆型照明、通风设施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。储区应备有泄漏应急处理设备和合适的收容材料。		
接触控制/个体防护			
最 高 容 许 浓 度:	中国 MAC: 未制定标准; 苏联 MAC: 300mg/m3; TLVTN: OSHA 1000ppm; ACGIH 600ppm, 1770mg/m3; TLVWN: ACGIH 750ppm, 2210mg/m3;		
工程控制:	生产过程密闭，全面通风。提供安全淋浴和洗眼设备。		
呼 吸 系 统 防 护:	一般不需特殊防护。空气中浓度较高时，建议佩戴自吸过滤式防毒面具(半面罩)。		
眼睛防护:	必要时，戴化学安全防护眼镜。		
身体防护:	穿防静电工作服。		
手防护:	戴橡胶耐油手套。		
其他防护:	工作现场严禁吸烟。避免长期反复接触。		
理化特性			
外观与性状:	无色液体，有微弱的薄荷香味。		
Ph 值:		熔点（℃）:	-129.8
相对密度（水=1）:	0.63	沸点（℃）:	36.1
相对密度（空气=1）:	2.48	饱和蒸气压（kPa）:	53.32（18.5℃）
燃 烧 热（KJ/mol）:	3506.1	临界温度（℃）:	196.4
临 界 压 力（MPa）:	3.37	辛醇/水分配系数:	无资料
闪点（℃）:	-40	引燃温度（℃）:	260
爆 炸 下 限[%（V/V）]:	1.7	爆炸上限[%（V/V）]:	9.8
溶解性:	微溶于水，溶于乙醇、乙醚、丙酮、苯、氯仿等多数有机溶剂。		
主要用途:	用作溶剂，制造人造冰、麻醉剂，合成戊醇、异戊烷等。		
稳定性和反应活性			
稳定性:			
避 免 接 触 的			

条件:			
禁配物:	强氧化剂		
运输信息			
危险货物编号:	31002	UN 编号:	1265
包装标志:		包装类别:	051
运输注意事项:	运输时运输车辆应配备相应品种和数量的消防器材及泄漏应急处理设备。夏季最好早晚运输。运输时所用的槽（罐）车应有接地链，槽内可设孔隔板以减少震荡产生静电。严禁与氧化剂等混装混运。运输途中应防曝晒、雨淋，防高温。中途停留时应远离火种、热源、高温区。装运该物品的车辆排气管必须配备阻火装置，禁止使用易产生火花的机械设备和工具装卸。公路运输时要按规定路线行驶，勿在居民区和人口稠密区停留。铁路运输时要禁止溜放。严禁用木船、水泥船散装运输。		

F3.1.3.5 异戊烷

异戊烷安全技术说明书见 F3.1.2.4。

F3.1.3.6 正己烷

正己烷安全技术说明书见下表。

附表 3.1.3.6 正己烷安全技术说明书

化学品名称	
化学品中文名称:	己烷
化学品英文名称:	n-hexane
CAS No.:	110-54-3
危险性概述	
危险性类别:	第 3.1 类低闪点易燃液体
侵入途径:	
健康危害:	本品有麻醉和刺激作用。长期接触可致周围神经炎。急性中毒：吸入高浓度本品出现头痛、头晕、恶心、共济失调等，重者引起神志丧失甚至死亡。对眼和上呼吸道有刺激性。慢性中毒：长期接触出现头痛、头晕、乏力、胃纳减退；其后四肢远端逐渐发展成感觉异常，麻木，触、痛、震动和位置等感觉减退，尤以下肢为甚，上肢较少受累。进一步发展为下肢无力，

	肌肉疼痛，肌肉萎缩及运动障碍。神经-肌电图检查示感觉神经及运动神经传导速度减慢。
燃爆危险：	本品极度易燃，具刺激性。
急救措施	
吸入：	迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸。就医。
消防措施	
危险特性：	极易燃，其蒸气与空气可形成爆炸性混合物，遇明火、高热极易燃烧爆炸。与氧化剂接触发生强烈反应，甚至引起燃烧。在火场中，受热的容器有爆炸危险。其蒸气比空气重，能在较低处扩散到相当远的地方，遇火源会着火回燃。
有害燃烧产物：	一氧化碳、二氧化碳。
灭火方法及灭火剂：	喷水冷却容器，可能的话将容器从火场移至空旷处。处在火场中的容器若已变色或从安全泄压装置中产生声音，必须马上撤离。灭火剂：泡沫、二氧化碳、干粉、砂土。用水灭火无效。
泄漏应急处理	
应急处理：	迅速撤离泄漏污染区人员至安全区，并进行隔离，严格限制出入。切断火源。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿防静电工作服。尽可能切断泄漏源。防止流入下水道、排洪沟等限制性空间。小量泄漏：用砂土或其它不燃材料吸附或吸收。也可以用不燃性分散剂制成的乳液刷洗，洗液稀释后放入废水系统。大量泄漏：构筑围堤或挖坑收容。用泡沫覆盖，降低蒸气灾害。用防爆泵转移至槽车或专用收集器内，回收或运至废物处理场所处置。
操作处置与储存	
储存注意事项：	储存于阴凉、通风的库房。远离火种、热源。库温不宜超过 30℃。保持容器密封。应与氧化剂分开存放，切忌混储。采用防爆型照明、通风设施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。储区应备有泄漏应急处理设备和合适的收容材料。
接触控制/个体防护	
最高容许浓度：	中国 MAC：未制定标准； 苏联 MAC：300mg/m ³ ； TLVTN： OSHA 500ppm， 1760mg/m ³ ； ACGIH 50ppm， 176mg/m ³ ；

	TLVWN：未制定标准；		
工程控制：	生产过程密闭，全面通风。提供安全淋浴和洗眼设备。		
呼 吸 系 统 防 护：	空气中浓度超标时，佩戴自吸过滤式防毒面具（半面罩）。		
眼睛防护：	必要时，戴化学安全防护眼镜。		
身体防护：	穿防静电工作服。		
手防护：	戴橡胶耐油手套。		
其他防护：	工作现场严禁吸烟。避免长期反复接触。		
理化特性			
外观与性状：	无色液体，有微弱的特殊气味。		
PH 值：		熔点（℃）：	-95.6
相对密度（水=1）：	0.66	沸点（℃）：	68.7
相对密度（空气=1）：	2.97	饱和蒸气压（kPa）：	13.33（15.8℃）
燃 烧 热 （KJ/mol）：	4159.1	临界温度（℃）：	234.8
临 界 压 力 （MPa）：	3.09	辛醇/水分配系数：	无资料
闪点（℃）：	-25.5	引燃温度（℃）：	244
爆 炸 下 限 [% （V/V）]：	1.2	爆炸上限 [%（V/V）]：	6.9
溶解性：	不溶于水，溶于乙醇、乙醚等多数有机溶剂。		
主要用途：	用于有机合成，用作溶剂、化学试剂、涂料稀释剂、聚合反应的介质等。		
稳定性和反应活性			
稳定性：			
避 免 接 触 的 条件：			
禁配物：	强氧化剂		
运输信息			
危 险 货 物 编 号：	31005	UN 编号：	1208

包装标志:		包装类别:	052
运 输 注 意 事 项:	运输时运输车辆应配备相应品种和数量的消防器材及泄漏应急处理设备。夏季最好早晚运输。运输时所用的槽（罐）车应有接地链，槽内可设孔隔板以减少震荡产生静电。严禁与氧化剂、食用化学品等混装混运。运输途中应防曝晒、雨淋，防高温。中途停留时应远离火种、热源、高温区。装运该物品的车辆排气管必须配备阻火装置，禁止使用易产生火花的机械设备和工具装卸。公路运输时要按规定路线行驶，勿在居民区和人口稠密区停留。铁路运输时要禁止溜放。严禁用木船、水泥船散装运输。		

F3.2 生产工艺过程危险有害因素辨识

依据《国家安全监管总局关于公布首批重点监管的危险化工工艺目录的通知》（安监总管三[2009]166号）、《国家安全监管总局关于公布第二批重点监管危险化工工艺目录和调整首批重点监管危险化工工艺中部分典型工艺的通知》（安监总管三[2013]3号），本项目生产工艺不属于重点监管的危险化工工艺。

建设项目工艺过程主要包括净化、液化、储存、运输，天然气经过净化处理（脱碳、脱水）后，采用节流、膨胀及外加冷源制冷工艺，使甲烷变成液体，其体积缩小 625 倍。整个过程中，关键工艺是液化工艺。

F3.2.1 工艺过程中可能出现的危险有害因素

（1）若天然气中含有水分，则在液化装置中，水在低于零度时将以冰或霜的形式冻结在换热器的表面和节流阀的工作部分。

（2）天然气和水会形成天然气水合物，它是半稳定的固态化合物，可以在零度以上形成，它不仅可能导致管线堵塞，也可造成喷嘴和分离设备的堵塞。

（3）酸性气体不但对人体有害，对设备管道有腐蚀作用，而且

因沸点较高，在降温过程中易呈固体析出。二氧化碳也是酸性气体，在天然气液化装置中，二氧化碳易成为固相析出，堵塞管道。

(4) 液态烃输送管道两个固点之间，由于冷收缩产生的应力，可能远远超过材料的屈服点，若管道未采用有效措施进行补偿或采用膨胀率小的管材，可能导致管道破裂，液态烃发生泄漏，引发事故。

(5) 输送管道的保温层选用的材料不正确或保温层受到破坏，管道内液体可能急剧气化，造成管道内压力升高，胀裂管道。

(6) 液态烃储运过程中，会发生涡旋的非稳性现象。涡旋是由于向已装有液态烃的低温储槽中充注新的液态烃或由于液态烃中的氮优先蒸发而使储槽内的液体发生分层，分层后的各层液体在储槽周壁漏热的加热下，形成各自独立的自然对流循环。该循环使各层液体的密度不断发生变化，当相邻两层液体的密度近似相等时，两个液层就会发生强烈混合，从而引起储槽内过热的液态烃大量蒸发引发事故。

(7) 不同产地、不同气源的液态烃若储存在一起，可能因密度差而引起液态烃的分层。

F3.2.2 泄漏事故致因分析

物料泄漏事故是与其扩散、中毒、火灾爆炸事故紧密联系在一起，是中毒、火灾爆炸事故的前因。反过来，火灾爆炸事故所产生的破坏力，在特定条件下，又会引发新的泄漏事故，形成恶性循环，导致事故升级。

F3.2.2.1 生产、储存、装卸过程中物料泄漏事故致因分析

(1) 由于设计不合理、或选材不当、制造质量缺陷，造成设备及管道意外损坏发生泄漏；

(2) 由于操作人员误操作，或由于工艺控制失调造成设备受压波动，损坏管道系统而发生泄漏；

(3) 若自动控制系统发生故障，可能造成工艺指标失调（如发生超温、超压），导致设备管道泄漏。

(4) 该生产系统属深冷系统，若在降温及复热过程中，降温、复热速度过快，可能引起设备、管道及附件热应力破坏而产生泄漏。

(5) 开停各类压缩机、泵时，若发生阀门开关、升降转速（指透瓶压缩机）不当，可能发生超压、震动等现象而引起设备、管道、阀门泄漏。

F3.2.2.2 罐区储存过程中出现的泄漏

(1) 液位控制失灵而造成事故；

(2) 由于操作失误使储罐储存过量而造成泄漏；

(3) 外部火焰烘烤或强烈的热辐射作用，使得储罐耐火能力下降，而造成储罐破裂发生泄漏；

(4) 各储罐的保冷及压力控制设施故障，使液化气储罐压力升高，当安全设施失灵，可能引起储罐超压、破裂而发生泄漏。

(5) 由于设计失误或运行中的严重腐蚀，使储罐壁过薄；制造过程中误用材料；或由于储罐存在材料缺陷或制造缺陷，使储罐在工作压力下破坏而发生泄漏；

(6) 由于储罐基础发生不均匀沉降或由于地震原因，造成储罐破损发生泄漏；

(7) 设备、管道长期使用，因腐蚀而使设备、管道出现穿孔而发生泄漏；

(8) 由于法兰阀门、法兰垫片变质、阀门阀杆的密封料松动或泵

的轴密封损坏而发生物料泄漏。

(9) 若各储罐或罐组未设置防护堤，或堤内容量太小，当储罐发生大量泄漏液态可燃物时，则会发生低温液化气体漫流，遇点火源引起火灾爆炸事故，由于无防护堤可能引起火灾爆炸事故扩大。

(10) 储罐用珠光砂进行保冷，若保冷失效，储罐压力急剧升高，出现罐体超压破裂，引发事故。

F3.2.3 依据《企业职工伤亡事故分类》辨识工艺过程危险有害因素

依据《企业职工伤亡事故分类》（GB6441-1986），结合大型天然气液化天然气项目的特点，本项目生产过程的主要危害有害因素有火灾爆炸、中毒窒息、车辆伤害、低温伤害等，次要危险有害因素包括触电伤害、高处坠落、机械伤害、噪声伤害、腐蚀等。

F3.2.3.1 主要危险有害因素分析

(1) 火灾爆炸

本项目可能发生的爆炸事故有：压力容器爆炸、可燃性气体（如甲烷、异丙烷）与空气混合形成的爆炸等。

对于容器爆炸，装置中有很多压力容器和压力管道，如液化天然气储罐、冷却器、分离器等。当系统压力升高，温度突然变化造成超压或设备、管道本身有缺陷时可能会发生容器爆炸。在发生爆炸的同时，液化天然气、压缩天然气等也会大量泄漏，并发生继发性火灾爆炸事故。可能发生容器爆炸的场所主要分布在各系统的压力容器及压力管道处。

可发生火灾、爆炸事故的危险物质有天然气、液化天然气等，均属甲类火灾危险物质，对整个生产过程对各类设备特别是关键设备可

靠性的要求较高，若设计中考虑不周，施工中把关不严或者运行中的管理松懈、操作不当，发生泄漏，遇明火、火花或高热物质，发生火灾和爆炸事故，爆炸产生的冲击波易造成人员伤亡和建（构）筑物及设备损坏。

建设项目中，可能存在的点火源为：①明火；如果在易燃易爆场所存在明火，遇爆炸性混合气体极易造成爆炸、火灾事故。主要明火表现在：动火用明火，现场吸烟明火，厂区内通行机动车辆未戴阻火器产生的明火，电力设备火灾，已建设施发生火灾爆炸事故时产生的明火及区界外的其他明火。②静电荷积聚：压缩天然气、液化天然气的电阻率大于 $10^{12}\Omega\cdot m$ ，运输、装卸或输送过程中，都会产生静电，且不易消除。从管口或破损处高速喷出时，由于强烈的摩擦作用，也会产生静电，静电积累到一定程度时就会放电，若静电火花能量达到或大于天然气的最小点火能且形成空气混合物的浓度处在燃爆极限范围内，就会引起燃烧、爆炸。厂区内通信工具产生的静电也有可能引爆天然气等易燃气体。另外，如果防雷接地设施不符合要求，雷电击中存有天然气等易燃气体的设备设施，均可引起火灾爆炸事故。

（2）中毒窒息

该项目天然气中含有硫化氢等有毒气体，且大量泄漏时，会造成空气中氧含量不足，因此，可能存在中毒和窒息事故。造成这类事故的主要原因是：设备管道内危险物质泄漏或设备爆炸后大量有害气体或物质外泄、进入设备内未按程序办理手续、不会使用或不正确使用个人防护器材等。

甲烷属于“单纯窒息性”气体，高浓度时因缺氧窒息而引起中毒，

空气中甲烷浓度达到 25%~30%时,出现头昏,呼吸加速,运动失调。虽然液化天然气蒸气没有毒,但其中的氧含量低,容易使人窒息。如果吸入液化天然气蒸气而不迅速脱离,很快将会失去知觉,几分钟后便死亡。可能发生甲烷中毒和窒息事故的场所主要分布在天然气制冷系统和原料气、再生气脱水系统,在放空和排放系统也有可能发生。

另外,氮气也有可能造成窒息性伤害。空气中氮气含量过高,使吸入器氧分压下降,引起缺氧窒息。在设备、装置检修过程中需使用氮气进行置换,如果设备内未进行充分置换,人员进入操作则极有可能发生窒息性死亡事故。可能发生氮气窒息事故的场所主要分布于氮气膨胀制冷系统。液化天然气储罐使用氮封,也有发生氮气窒息事故的可能。

(3) 车辆伤害

本项目液化天然气运输采用 45 m³ 低温罐车运输方式。槽车数量众多,运输量较大,液化天然气车辆在行驶中由于误操作会引起人体坠落和物体倒塌、下落、挤压伤亡事故。在液化天然气储存装车系统易发生车辆伤害事故。

(4) 低温伤害

天然气经过逐步压缩净化,以-162℃的状态进入液化天然气储罐,温度较低。低温液体泄漏时要大量吸收周围的能量,如接触人体则要大量吸收皮肤内热量,造成冻伤。皮肤直接与液化天然气深冷液体或低温物体表面接触时,可造成与烧伤类似的起疱灼伤,皮肤表面的潮气会凝结并粘在低温物体表面上。皮肤及皮肤以下组织冻结,很容易撕裂,并留下伤口。

从液化天然气储罐等低温设备设施中泄漏出来的气体温度较低,

能致灼伤，如暴露于这种气体中，即使时间很短，也会对人体眼睛等脆弱的组织造成伤害。人体未经保护的部位接触未经有效隔离的装有液化天然气的管道和容器，极冷的金属会粘住皮肉而硬将皮肤从低温表面撕开，就会将这部分皮肤撕裂。粘接后，可用解热的方法解冻，然后再撕开。

可能发生液化天然气冻伤的场所主要分布在天然气制冷系统和液化天然气储存装车系统。

F3.2.3.2 次要危险有害因素分析

（1）触电伤害

生产中使用大量电气设备。电气设备接地不良、存在着触电的危险。触电伤害主要发生部位可能为：变配电室及电线开关、露天高位设施（雷电伤害）等。

本项目中各种以电力为能源的动力、照明和控制电器设备等因故障、误操作、过负荷、老化失修、雷击等原因，不仅本身有可能发生火灾爆炸事故，而且可能直接造成人身触电伤害和设备财产损失。

（2）高处坠落

从业人员在本项目生产装置内高大设备及高处作业平台上作业时，由于操作违章或生产现场防护设施自身存在的缺陷以及特定的生产环境所限制，往往造成高处坠落事故的发生。

可能发生高处坠落事故的场所主要有液化天然气储罐、消防水罐等高大设备及管架。

（3）机械伤害

整个生产装置中，具有相对旋转或相对往复运动的机械设备（如压缩机、泵等）直接与人体接触可引起夹击、碰撞、剪切、卷入、绞、

碾、割、刺等事故，这类事故在化工行业也属于多发事故，造成该类事故发生的原因多是由于防护不当、操作失误、警示信号不灵所引起。

（4）噪声伤害

液化天然气工厂生产过程中的压缩机、泵、加热炉等大型运转设备运转时产生的机械性噪声、大型电机产生的电磁性噪声、管路中各节流装置产生的流体动力性噪声等对操作人员的健康有较大的危害，如果生产过程中长期接触噪声可导致职业性耳聋。

生产过程中使用压缩机等设备，这些设备运行过程中产生振动，操作人员现场接触造成振动危害。振动引起中枢及周围神经系统的功能改变，使动物神经紊乱、血压和心律不稳，皮肤感觉迟钝。长期接触低频率、大振幅的振动，可以造成职业性雷诺氏症。

产生强噪声和振动的场所主要有天然气制冷系统、工厂风系统等。

（5）腐蚀

腐蚀是由于环境引起的材料破坏或性能下降，根据腐蚀机理可分为电化学腐蚀、化学腐蚀、微生物腐蚀、应力腐蚀、电流干扰腐蚀。腐蚀造成设备、建（构）筑物的材料损坏，强度降低，从而形成事故隐患。本项目中存在的腐蚀形式主要有大气腐蚀、原料天然气中微量硫化物、二氧化碳酸性气体对管道、设备的腐蚀、气液冲刷腐蚀等。

F3.3 危险性较大的设备与特种设备的危险有害因素辨识

本项目使用的危险性较大设备与特种设备主要包括：泵、压缩机、贮存设施、塔、换热器、加热炉、控制系统、压力管道等。

F3.3.1 塔类设备

塔类设备是实现净化、吸收、萃取和分离操作的设备。本项目中

的塔类设备有原料气脱水塔、原料气脱 CO₂ 塔、胺吸收塔、胺汽提塔等。虽然塔内结构简单，组件较少，机械故障不多，但塔内污染、腐蚀和泄漏故障必须高度重视。

(1) 设备泄漏会引起化学灼烫、中毒、窒息。

(2) 设备密封性能不可靠，物料泄漏到空气中与空气混合达到爆炸极限；进塔物料输送量过大，出塔泵送出的物料变小，会出现溢塔现象，进塔物料输送量过小，出塔泵送出的物料变大，会出现冲塔现象。

(3) 在检修期间，未作置换置换不彻底，方法不正确，进塔作业没有进行有毒有害气体检测及办理动火手续，管理不善，违章操作等都会引起中毒、窒息、火灾和爆炸的发生。根据目前塔类设备火灾爆炸事故的统计，大部分事故是检修期间，管理不善，违章动火而引起的；高处坠落也是塔类设备经常发生的危险之一。

(4) 高处坠落、起重伤害也是塔类设备的危险因素之一，主要是在巡检和检修期间，由于平台栏杆的设计不合理，检修时吊装作业的局限性所引起。

F3.3.2 贮存类设备

本项目中的贮存类设备有低温储罐、闪蒸罐、回流罐、缓冲罐等，主要危险有害因素有：

(1) 操作温度突然升高，物料汽化压力升高超过设备本体屈服强度而引起爆炸。

(2) 安全附件或安全防护联锁装置不配套、不齐全或失效，未按规定定期校检；监控显示系统不齐全、信息错误或失效。；

(3) 充装量过多，随气温的升高罐内压力升高，联锁保护、超

限报警、故障报警、状态异常报警不全或出现故障。

(4) 压力容器及其安全附件没有按要求定期进行内外部检验；管线没有采取防静电接地措施或静电接地失效，有可能导致静电积聚而发生事故。

(5) 贮存设备的防火间距不符合规范要求，一旦某一台设备发生意外，发生火灾，会波及其它设备，引起事故的进一步扩大；罐区如果没有设置防火堤，一旦发生意外发生泄漏或火灾爆炸，物料和事故消防水会向外溢出，蔓延到其它界区。

(6) 液化天然气低温储罐。本项目生产过程中使用的液化天然气储罐容积为 20000m^3 ，储存温度可低至 -162°C 。液化天然气储罐的储液量大，储存温度低，一旦发生火灾、爆炸事故，危害特别大。若基础强度不能满足装卸物料即罐体本身的重量，或地质条件不良出现基础不均匀沉降，可能使储罐倾斜导致罐体开裂、连接管道断裂，介质泄漏。若液化天然气氮气正压保护失效、真空结果夹层内真空降低、绝热材料吸水失去绝热作用，引起管内温度、压力急剧升高，易引起超压爆炸事故。操作失误或检修时罐内介质未完全置换或清理不净，都有可能引发爆炸事故。

另外，液化天然气储运过程中，会产生“涡旋”现象。涡旋是由于向已装有液化天然气的低温储罐中充注新的液化天然气液体，或由于液化天然气中的氮优先蒸发而使储槽内的液体发生分层。分层后的各层液体在储槽漏热的加热下，形成各自独立的自然对流循环。该循环使各层液体的密度不断发生变化，当相邻两层液体的密度近似相等时，两个液层就会发生强烈混合，从而引起储槽内过热的液化天然气大量蒸发引发事故。

F3.3.3 换热器

本项目中的换热器有贫/富胺换热器等。换热器是化工工艺中使用比较广泛的设备，由于换热器工作的流体具有易燃、易爆、有毒、具腐蚀性等特点，加之生产过程处理量大，连续性强，换热器正常运行的困难较多，稍有不慎就会发生事故。据国外化工设备损坏情况统计资料介绍，换热器的损坏率在所有化工设备损坏的比例中所占比例最大，达到 27.2%。

换热器管束、封头失效，管子胀口泄漏、腐蚀以及因换热器材料疲劳、零部件损坏均可能引起燃烧爆炸伤害事故。

资料显示，热交换器的事故类型主要有燃烧爆炸、严重泄漏和管束蚀穿三种。其中设计不合理、制造缺陷、材料选择不当、腐蚀严重、违章作业、操作失误和维护管理不善是导致事故的主要原因。

F3.3.4 压缩机

本项目所使用的压缩机主要是冷剂压缩机、BOG 压缩机、再生气压缩机等，其危险有害因素辨识按离心式和往复式来考虑。

(1) 介质输送流量过大，温度、压力急剧升高，易发生火灾、爆炸事故。

(2) 压缩机段间的安全阀失效；润滑系统不可靠，冷却系统发生故障，段间气体温度过高；压缩过程产生的热量没有被冷却夹套及时交换而使缸体温度急剧升高，造成缸体爆裂。

(3) 没有进行定期检修、维护和保养，备品备件、易损件没有及时更换；监控显示、联锁保护系统、报警系统等不全或失效。

(4) 平衡（离心式压缩机包括动静平衡）产生偏差，安装误差过大，振动过大，或发生共振现象。

(5) 复式压缩机余隙容积调整不符合要求，余隙容积过大，压缩工况产生变化，无用功增大，长期运行，压缩机的故障率加大；余隙容积过小，压缩机运行时，由于温度的升高，轴和活塞膨胀，产生顶缸现象。

(6) 往复式压缩机一段缸进口压力过高，其他段的压力可能超过压缩机缸体承压极限，发生爆裂。

(7) 运动部件如果没有防护装置（如罩、网等）极易对人身造成伤害。

(8) 压缩机、风机的润滑系统管道破裂，润滑油处于雾化状态，遇明火发生火灾，此情况一般出现在安装或检修期间进行润滑系统油循环作业。

F3.3.5 机泵设备

本项目中涉及的泵有低温泵、胺收集泵、胺增压泵、胺循环泵等。如果机泵在运行过程中出现故障或超压，将影响整个系统的正常和安全运行，可能会出现整个系统瘫痪，发生意外事故，甚至会引起人身伤害、火灾和爆炸事故。

(1) 没有进行定期检修、维护和保养，备品备件及易损件没有按使用周期进行检查和更换。

(2) 设备磨损严重；选用的设备噪声超标；控制室没有隔音门窗，没有配备耳机或耳塞，造成人员操作失误。

(3) 监控、联锁保护系统、报警等不全或失效，润滑系统、冷却系统不可靠或发生故障。

(4) 平衡产生偏差，振动过大；机器润滑系统管道破裂，润滑油处于雾化状态，遇明火发生火灾，此情况一般出现在安装或检修

期间进行润滑系统油循环作业。

(5) 管道与机器接口安装时强力配管，力量传递到机器上，使机器的安装精度发生变化。

(6) 运动部件如果没有防护装置（如罩、网等）极易对人身造成伤害；易损或易出现故障传动机构安装有易（快）开式的防护罩，如果没有联锁（由电气开关组成的闭锁 / 开锁装置）装置，在检查、检修时极易因人员的误操作导致设备异常启动，从而造成人身伤害事故。

(7) 轴承润滑不良，温度太高，轴承被烧毁；机械密封（或填料密封）泄漏，介质泄漏到空气中，形成爆炸极限浓度。

(8) 泵类设备重大事故主要泵的选型不适合工艺介质、泵轴弯曲、泵轴扭断、烧坏断裂，轴承、轴瓦严重磨损，轴封严重泄漏及其他零部件损坏，泵电机烧坏有可能引起燃烧爆炸事故，或引起灼伤事故。

F3.3.6 锅炉、加热炉

加热炉结构设计不合理或制造缺陷，特别是对热胀冷缩部件的设计若考虑不充分或制造过程中被限制变形，运行时可能造成开裂或损坏；炉管偏流或局部过热，可能将炉管烧穿，引起火灾。

加热炉停运时间较长时，炉内温度降低，低于露点温度时，水蒸气与二氧化硫、二氧化碳结合腐蚀管壁，可能造成腐蚀穿孔。

若加热炉低压高能点火装置和自动熄火保护装置以及连锁控制系统发生故障，燃料气阀关闭不严，炉膛内有燃气，重新点炉时，未按规定程序吹扫，操作不当等易造成火灾爆炸事故。

F3.3.7 安全附件

生产装置中使用的安全阀发生故障，不仅不能对系统起到保护作用，而且有可能直接造成事故。压力表、液位计、温度测量仪表、紧急切断装置等安全附件出现故障失效时，也将给安全运行带来隐患。

F3.3.8 控制系统

用于控制液位、压力、流量的仪器仪表以及 DCS、SIS 系统硬件和软件发生故障，则系统参数无法实现有效控制，有可能造成超压、超温、泄漏等事故，甚至引发火灾爆炸。

F3.4 高架火炬的危险有害因素辨识

F3.4.1 高架火炬的“回火”和“憋压”现象

高架火炬的缺点是开启过早会产生回火现象，开启过晚会造成憋压。当火炬非正常工作时，有潜在蒸气云聚集的危险。因此高架火炬系统通常包括特殊的安全监控保护系统以及防回火措施。一旦火炬开启过早，若未安装防回火设施或防回火设施，很可能会出现空气倒流引发的回火，放散管道内将发生爆炸事故。若火炬开启过晚，将造成憋压现象，严重时会发生设备超压爆炸事故。

F3.4.2 事故状态下高架火炬存在的风险

建设项目火炬运行的主要危险状况是：工艺装置突然失电、液化工艺失效、停压缩机、重大泄漏及着火等事故引起的短时间大量可燃气体排放火炬，此时高架火炬存在的主要问题是：

（1）在突然事故状况下，火炬将在最大排放量下进行燃烧，火炬中部的烧嘴因为供氧不足火焰将可能会超越其围栏的高度，火焰的

热辐射量和火焰温度可能会影响周边装置及设施的安全。

(2) 在突然事故的状况下，要求自动点火操作系统“灵、准、稳”点着排放气，一旦失误，点不着，将会有大量的可燃气体从高架火炬排除，在其上空形成爆炸蒸汽云，其后果十分危险。

(3) 事故状态下，周边装置以及设施一旦有易燃易爆物质严重泄漏，在特定的气象条件下，高架火炬会将其引燃发生火灾，甚至爆炸，并释放出有毒物质。

(4) 在突发事故状况下，可燃气体排放量达到最大值，短时间内不可能达到充分燃烧，将会发生光化学烟雾现象，以高架火炬为中心，向四周扩散，危害周围环境。

F3.5.3 长明灯系统存在的风险

高架火炬的长明灯对安全来说至关重要，所有的长明灯都必须保持长期点燃。长明灯在下列若干情况下可能会熄灭：

(1) 在恶劣气候的影响下，如大风以及暴风雨雪，长明灯有可能熄灭。

(2) 长明灯意外熄灭后，探测火焰状态的热电偶故障或自动点火装置失效。

(3) 长明灯燃料气管线气压过低导致长明灯因燃料供给不足而熄灭。

长明灯在点燃时亦可能会因如下原因无法点燃放散气体：

(1) 燃烧器与防热辐射金属栏之间距离过近，无法保证足够的空气进入燃烧区域。

(2) 各排燃烧器相距过近，无法保证足够的空气供给。

(3) 多级燃烧控制系统失效，导致火炬瞬间排放量过大，放散

燃气的压力和流量超出最佳负荷范围。

F3.5.4 噪音和环境污染

高架火炬正常情况下燃烧较为充分，但是事故状态或不完全燃烧情况下，火炬燃烧会产生厌恶，影响环境。燃烧后的有害气体浓度是高架火炬设计中必须考虑的问题。本项目放散去火炬处理组分主要为甲烷、乙烷、丙烷等，这些物质在其完全燃烧后的组分为水和二氧化碳，有害气体浓度基本为 0。

火炬燃烧时，伴随着热量、气体、光的能量释放会产生噪声。高架火炬燃烧的噪声大致有三个来源：

- (1) 来自火炬燃烧器的喷射气体与周围空气相混合的噪音。
- (2) 消烟媒介以及相关的混合。
- (3) 排放气体通过管道和阀门时产生的噪声。

高架火炬燃烧炉具有很好的吸音特性，能大幅度降低火炬的燃烧噪音，炉膛的吸引墙以及防止热辐射隔离墙有助于减低噪音，防止炉膛脉震，操作时实现无烟、低噪音。

F3.5 公用工程危险有害因素辨识

1) 电气系统

变电站、配电站、电机是易造成触电事故的主要作业场所，这些触电事故的主要原因，除设备自身缺陷、作业环境特征（如潮湿、腐蚀），还有人为的违章操作引起的。具体表现为：①机器设备接地效果不好，漏电保护开关失灵；②在带电设备的附近或在高压线路附近工作时，不符合安全距离或无监护措施；③倒闸操作不核对设备名称、编号、位置状态；线路检修时未装设或不按规定安装接地线；④线路

或电气设备检修时，不设置或未按规定装设接地线，线路检修时电气线路、设备检修中措施不落实，检修完毕又选用不同型号元件互换；在配电柜处没有挂警示标志也没有专人值守；检修结束，不办理工作终结手续，就对停电设备供电；⑤跨越安全围栏或超越安全警戒线，误碰带电设备；未经许可，非电气专业人员进入变配电室、整流室触及带电体；⑥使用电动工具的金属外壳不接地，不戴绝缘手套；⑦电缆带残余电荷，或因雷电引发的人员触电事故；⑧缺乏电气安全知识，非专业人员蛮干行为，有关工作人员擅自扩大工作范围，触及带电体；违反操作规程单人带电作业。⑨安装不当，设备维修不善，装设地线未进行接地检验；⑩擅自进入变压器室或超越安全警戒线，工作人员误碰带电设备；

引起电气火灾的主要原因有电气线路过载、短路、接触不良、散热差、线路老化等设备和技术因素，而误操作引起电气火灾亦是其原因之一。具体有：①过载：电机、变压器、电气线路超负荷运行，导致电器绝缘材料过热起火；②短路：电气线路发生瞬间电流会超过正常电流几十倍，致使电线、电缆温度急剧升高，远远超过线路的允许值，并常有短路电弧发生，而引起电路火灾。常见短路火灾事故有：用闸刀直接启动或断开大容量负荷和带负荷熔断器引发相间短路电弧，或违章引起的短路；③接触不良：导线接头连接不牢或焊接不良（有虚焊等），会使接点电阻升高，导致接点温度过高而引发火灾；同时由于接点等接触不良，还会接点温度过高而引发火灾；同时由于接点等接触不良，还会迸发点火引燃可燃物质；④散热差：电机、变压器所带散热风叶、散热器等缺陷，受损或变压器漏油致使循环油液位下降导致散热不良。电气设备热量积累不能及时排出，致使电器设

备绝缘材料过热引发火灾；⑤线路老化：线路处于恶劣环境中，或使用时间过长，都可导致线路老化，绝缘损坏而发生火灾；电机轴承损坏，转子轴与轴承座摩擦发热，负荷增大，导致电流迅速增大；⑥变电所、配电室内电气设备若发生火灾，会因电缆、电线塑料外皮燃烧而产生大量毒雾，操作人员灭火抢险时，若不戴防毒面具或防护器材使用器材不当，可能发生中毒、窒息的危险；

2) 空分系统

空压站所涉及的危险性设备装置主要有压力容器、电气设备等。

(1) 压力容器由于设计不当、制造缺陷、管理不善或操作不当等有可能发生破裂爆炸，破裂分为延性破裂、疲劳破裂、腐蚀破裂、脆性破裂、压力冲击破裂和蠕变破裂。压力容器破裂时，内部的气体迅速泄出，同时瞬间膨胀并以很高的速度释放出内在的能量。

(2) 空压站电气设备运行时的主要危险是人身触电事故和电气火灾事故。电压不稳或超高，停电等造成的其它事故。

(3) 该空压站在进行空气压缩时，要用到一定数量的空气压缩机，空所压缩机在工作时会产生一定的噪声。作业人员长时间在噪声超标的环境中可能引起噪声伤害。

(4) 压缩机等转动设备在设备正常运转、设备检修过程还可能出现机械伤害事故。

(5) 在对储气罐检修时，其工作平台搭建不牢固，未佩戴安全防护用具均可能造成人员高处坠落事故。

(6) 放置在高处的工具掉落，原材料、工具在转运过程中脱落，击中人员，造成物体打击事故。

3) 消防系统

消防系统为装置安全运行保驾护航，如果消防系统设计不合理，使用不当，不能起到预防和消除火灾的发生，控制险情，使火灾进一步扩大，造成财产损失和人员伤亡，主要原因包括：

（1）消防设计缺陷：消防水池蓄水能力不够，布局不合理，消防设备及设施数量不够且不符合燃烧物质的特性；

（2）报警联动装置没有起作用；

（3）总图布置不符合规范要求，消防道路、防火间距不够，使火灾事故扩大；

（4）操作人员缺乏消防知识，没有经过演练；

（5）没有设置事故池，消防系统设备发生故障；

（6）消防水池安全防护措施不当，造成人员溺水。

4) 储运系统

本工程中原料、产品的运输主要有两种形式：第一种为汽车运输，采用汽车作为运输工具；第二种为管道运输，采用各种输送管道作为运输工具。在原料、产品运输、装卸过程中主要的危险、有害因素有：

（1）采用管道运输物料时，由于腐蚀等原因导致管道壁变薄，一旦管道不能承受管道内物料的压力时导致管道破裂，管道内物质外泄。采用管道运输的物质主要为天然气，为易燃物质，一旦泄漏可对附近作业人员造成窒息伤害，遇明火、高热、静电等激发源时，还可引起燃烧、爆炸事故。

（2）采用汽车运输时，若原料包装物破损，可导致原料泄漏，遇明火、高热、静电等激发源可引起火灾爆炸事故和人员窒息事故。在采用汽车运输过程中，如因交通事故、包装物质量问题等原

因导致泄漏，可导致作业人员窒息，若遇到激发源还可引发火灾、爆炸事故。在运输过程中，还可引起车辆伤害。

F3.6 其他方面的危险有害因素辨识

F3.6.1 试车阶段

(1) 试车工作没有按《化学工业大、中型装置试车工作规范》的有关规定进行。试车工作开始前，没有编制试车方案和事故应急处理程序，产生的后果可能是试车不能顺利进行，发生设备损坏和人员伤亡事故；

(2) 在试车前没有落实试车过程的安全管理机构，业主没有派安全人负责试车过程的安全消防管理，安全财产和人员的安全将得不到保证，甚至会扩大事故后果；

(3) 消防设施没有按设计文件配置，施工安装完毕后，没有经当地消防主管部门验收合格。压力容器没有经当地的技术监督部门检验合格，操作人员没有经过培训，装置本质安全将得不到保证；

(4) 如制定的试车方案不完善，没有制定严格的试车程序和安全操作规程，就会造成试车工作的混乱，不严格执行单体试车、联动试车、全流程试车以及气体置换、连锁报警、检测仪表调试等安全操作规程，会造成物料泄漏，引起意外事故。

(5) 安全技术措施不到位，如传动设备防护不到位，方案不落实，可能发生设备、机械、触电等事故；操作人员经验不足，或新使用的设备、工艺管线泄漏易造成人员伤害。

F3.6.2 检修阶段

检修过程中的主要危险是机械伤害、电气伤害、高处坠落、物体打击、中毒、火灾爆炸、起重伤害等。

(1) 机械伤害主要来源于检修人员不严格执行检修安全操作规程，如：机械设备还在运行过程中，检修人员就对其进行检修，旋转的机械对检修人员造成的伤害。

(2) 电气伤害来源于不严格执行安全用电管理制度，电气未完全断电，或在检修作业时，未挂上“正在检修，禁止合闸”的警示标志，在检修过程中触电引起伤亡事故。

(3) 检修过程中还存在爆炸的危险，这是由于生产过程中存在的易燃物质，在检修时没有使用氮气等惰性气体进行置换排气处理，当在生产系统中与空气混合的浓度达到了爆炸极限时，如果有火源存在，易引起爆炸。

另外，由于本项目涉及物料的毒害性，当其泄漏在作业环境中，浓度超标，而作业人员又不能及时发现时，容易造成中毒事故。

(4) 在检修中需要进行起重作业时，如操作人员未经培训，或不按操作规程操作时，易引起起重伤害。

F3.6.3 管理阶段

(1) 如果企业没有独立的安全管理机构或专职安全管理人员，安全管理工作很难有序开展，日常安全管理工作无法正常地进行。

(2) 企业没有健全的安全管理制度、安全岗位责任制，安全操作规程不能够有效地约束、指导作业人员进行安全地作业，管理人员不能尽职尽责地进行安全管理。

(3) 如果企业没有事故应急救援预案并进行有效的演练，一旦

发生事故，无法从容施救，很有可能使得事故后果扩大。

(4) 如果从业人员没有经过严格地培训，掌握与工作相关的安全知识，在工作中就有可能盲目作业，而发生中毒、火灾等事故。如果管理人没有经过培训，不能够掌握相关的安全管理知识，有可能盲目瞎指挥，导致中毒、火灾等事故的进一步扩大。

F3.7 重大危险源辨识

重大危险源辨识主要依据 GB18218-2009《危险化学品重大危险源辨识》和《危险化学品重大危险源监督管理暂行规定》（国家安全生产监督管理总局令第 40 号）进行。

F3.7.1 危险化学品重大危险源辨识

根据《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218-2009）标准辨识。

1) 定义

重大危险源是指长期地或临时地生产、加工、搬运，使用或贮存危险物质、且危险物质的数量等于或超过临界量的单元。这类单元中的物质具有导致火灾、爆炸或中毒的危险，发生重大火灾、爆炸或毒物泄漏事故，给现场人员或公众带来严重危害，对财产造成重大损失，对环境造成严重污染。

2) 重大危险源辨识方法

①单元内存在的危险物质为单一品种，则该物质的数量即为单元内危险物质的总量，若等于或超过相应的临界量，则定为重大危险源；

②单元内存在的危险物质为多品种时，则按下式计算，若满足则定为重大危险源；

$$q_1/Q_1+q_2/Q_2+\dots+q_n/Q_n\geq 1$$

式中： $q_1, q_2, \dots, q_n$ --每种危险物质实际存在量，t；

$Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ --各危险物质的临界量，t。

③重大危险源辨识过程

根据 GB 18218-2009《危险化学品重大危险源辨识》规定，该建设项目涉及重大危险源物质为天然气（甲烷）、丁烷和乙烯，其临界量与实际存在量由附表 3.7.1 给出。

附表 3.7.1 物质临界量与实际存在量一览表

序号	物质名称	临界量 (t)	实际存在量 (t)	备注
1	天然气（甲烷）	50	8470	
2	乙烷	10	7.15	
3	丙烷	10	7.5	
4	异戊烷	10	9.2	
5	乙烯	50	18	

由于本项目中天然气(甲烷)的实际存在量已大于相应的临界量，故本项目危险化学品存在量构成重大危险源，需要进行重大危险源申报。

F3.7.2 重大危险源分级

根据《危险化学品重大危险源监督管理暂行规定》（国家安全生产监督管理总局令第 40 号）对本项目重大危险源进行分级。

（1）分级指标

采用单元内各种危险化学品实际存在（在线）量与其在 GB 18218-2009《危险化学品重大危险源辨识》中规定的临界量比值，经校正系数校正后的比值之和 R 作为分级指标。

（2）分级指标 R 的计算

分级指标 R 由下式求得：

$$R = \alpha \left(\beta_1 \frac{q_1}{Q_1} + \beta_2 \frac{q_2}{Q_2} + \beta_3 \frac{q_3}{Q_3} + \beta_4 \frac{q_4}{Q_4} + \beta_5 \frac{q_5}{Q_5} \right)$$

式中，

q_1 —天然气（甲烷）的实际存在量，8470 t；

q_2 —乙烷的实际存在量，7.15 t；

q_3 —丙烷的实际存在量，7.5 t；

q_4 —异戊烷的实际存在量，9.2 t；

q_5 —乙烯的实际存在量，18 t；

Q_1 —天然气（甲烷）的临界量，50 t；

Q_2 —乙烷的临界量，10 t；

Q_3 —丙烷的临界量，10 t；

Q_4 —异戊烷的临界量，10 t；

Q_5 —乙烯的临界量，50 t；

β_1 —天然气（甲烷）的校正系数；

β_2 —乙烷的校正系数；

β_3 —丙烷的校正系数；

β_4 —异戊烷的校正系数；

β_5 —乙烯的校正系数；

α —重大危险源厂区外暴露人员的校正系数。

(3) 校正系数 β 的取值

根据单元内危险化学品的类别不同，设定校正系数 β 值，见附表

3.7.2.-1 和附表 3.7.2.-2：

附表 3.7.2-1 校正系数 β 取值表

危险化学品类别	毒性气体	爆炸品	易燃气体	其他类
β	见附表 3-6-3	2	1.5	1

注：危险化学品类别依据《危险货物品名表》中分类标准确定。

附表 3.7.2-2 常见毒性气体校正系数 β 值取值表

毒性气体	一氧化碳	二氧化硫	氨	环氧乙烷	氯化氢	溴甲烷	氯
β	2	2	2	2	3	3	4
毒性气体	硫化氢	氟化氢	二氧化氮	氰化氢	碳酰氯	磷化氢	异氰酸甲酯
β	5	5	10	10	20	20	20

注：未在附表 3-6-3 中列出的有毒气体可按 $\beta=2$ 取值，剧毒气体可按 $\beta=4$ 取值。

由查上表可知： $\beta_1=1.5$ ， $\beta_2=1.5$ ， $\beta_3=1.5$ ， $\beta_4=1.0$ ， $\beta_5=1.5$ 。

4、校正系数 α 的取值

根据重大危险源的厂区边界向外扩展 500 米范围内常住人口数量，设定厂外暴露人员校正系数 α 值，见下表：

附表 3.7.2-4 校正系数 α 取值表

厂外可能暴露人员数量	α
100 人以上	2.0
50 人~99 人	1.5
30 人~49 人	1.2
1~29 人	1.0
0 人	0.5

根据本厂区情况及周围环境，本厂区向外扩张 500 m 范围内常住人口数量为 100 人以上，故 α 取 2.0。

5、分级标准

根据计算出来的 R 值，按照下表确定危险化学品重大危险源的级别。

附表 3.7.2-4 危险化学品重大危险源级别和 R 值的对应关系表

危险化学品重大危险源级别	R 值
一级	$R \geq 100$
二级	$100 > R \geq 50$
三级	$50 > R \geq 10$
四级	$R < 10$

$$\text{经过计算得出 } R = \alpha \left(\beta_1 \frac{q_1}{Q_1} + \beta_2 \frac{q_2}{Q_2} + \beta_3 \frac{q_3}{Q_3} + \beta_4 \frac{q_4}{Q_4} + \beta_5 \frac{q_5}{Q_5} \right) \\ = 515.5 > 100$$

通过 R 的值与附表 3.7.2-4 对比，可知：本项目构成一级重大危险源。

F3.7.3 重大危险源辨识小结

根据 GB18218-2009《危险化学品重大危险源辨识》标准规定，建设项目危险化学品存在量构成重大危险源。

根据《危险化学品重大危险源监督管理暂行规定》（国家安全生产监督管理总局令第40号）对建设项目进行重大危险源分级，建设项目危险化学品存在量构成一级重大危险源。

附件 4 评价方法简介

F4.1 安全检查表法

安全检查表分析（SCL）是利用检查条款按照相关的标准、规范等对已知的危险类别、设计缺陷以及与一般工艺设备、操作、管理有关的潜在危险性和有害性进行判别检查。

安全检查表分析可适用于工程、系统的各个阶段。安全检查表可以评价物质、设备和工艺，常用于专门设计的评价，检查表法也能用在新工艺（装置）的早期开发阶段，判定和估测风险，还可以对已经运行多年的在役（装置）的危险进行检查。

F4.2 预先危险性分析

预先危险性分析（PHA）又称为初步危险分析。主要用于对危险物质和装置的主要工艺区域等进行分析，是一种定性分析方法。其目的是辨识系统中潜在的危险，确定其危险等级，防止这些危险发展成事故；其功能是大体识别与系统有关的主要危险，鉴别产生危险的原因，估计事故出现对人体及系统产生的影响，判定已识别的危险等级，并提出消除或控制危险性的措施。预先危险分析的危险性等级划分见附表 4-2。

附表 4-2 危险性等级划分表

级别	危险程度	可能导致的后果
I	安全的	不会造成人员伤亡和系统破坏
II	临界的	处于事故的边缘状态，暂时还不至于造成人员伤亡、系统损坏或降低系统性能，但应予以排除或采取控制措施
III	危险的	会造成人员伤亡和系统损坏，要采取防范对策措施

IV	灾难性的	造成人员重大伤亡及系统严重破坏的灾难性事故，必须予以排除并进行重点防范
----	------	-------------------------------------

F4.3 事故树法

事故树分析（FTA）是一种表示与导致灾害事故有关的各种因素之间因果关系和逻辑关系的分析法。FTA 是对某一种失效状态在一定条件下进行逻辑推理和图形演绎，对可能造成系统事故或导致灾害后果的各种因素（包括硬件、软件、环境、人等）的层层分析，按工艺流程、先后次序和因果关系，把所有的失效原因、失效模式用逻辑与和逻辑或的关系绘制成一个树形结构。

通过定性和定量分析，判明灾害或功能故障的发生途径和导致危害、功能故障发生概率及其他定量指标（如结构重要度、概率重要度、临界重要度），最终找出系统的薄弱环节，采取相应措施加以改善，以提高系统的可靠性。

事故树分析法的特点：

1) 事故树是一种图形演绎方法，可以就某些特定的故障状态作逐层深入分析，直观、便捷、有效地分析各层次、各因素间的相互关系。

2) 事故树分析能对导致灾害或功能故障的各种因素及逻辑关系作出简单、全面、形象的描述。

3) 事故树可以分析某些元部件、单元对系统的影响以及导致这些元部件、单元故障的特殊原因。

4) 可对系统和元部件进行定性分析，也可以对参数数据定量分析。

F4.4 事件树法

事件树分析（ETA）是一种逻辑演绎分析方法，是一种从原因到结果的自上而下的分析方法。它在给定的一个初因事件的前提下，分析此初因事件可能导致的各种事件序列的结果。从一个初始事件开始，交替考虑成功与失败的两种可能性，然后再以这两种可能性作为新的初始事件，如此继续分析下去，直至找到最后的结果。因此，ETA 是一种归纳逻辑树图，能够看到事故发生的动态发展过程，提供事故后果。

事故的发生是若干事件按时间顺序相继出现的结果，每一个初始事件都可能导致灾难性的后果，但并不一定是必然的后果。因为事件向前发展的每一步都会收到安全防护措施、造作人员的工作方式、安全管理及其他条件的约制。因此，每一阶段都有两种可能性后果，即达到既定目标的“成功”和达不到既定目标的“失败”。

ETA 从事故的初始事件（或诱发事件）开始，途径原因事件到结果事件为止，每一事件都按成功和失败两种状态进行分析。成功和失败的分叉成为歧点，用树枝上的分支作为成功事件，下分支作为失败事件，按事件发展顺序不断延续分析，直至最后结果，最终形成一个在水平方向横向展开的树形图。

F4.5 事故后果模拟法

事故后果模拟法就是运用相关的数学模型，定量的描述一个可能发生的重大事故对周围范围内的设施、人员以及对环境造成危害的程度，它是危险源危险性分析的一个主要组成部分。分析结果可为企业

或企业主管部门提供关于重大事故后果的信息。由于火灾、爆炸、中毒是常见的重大事故，会造成严重的人员伤亡和巨大的财产损失，因此经常运用的是有关火灾、爆炸、中毒的事故后果分析，即热辐射、爆炸波、中毒的严重性和影响程度。

附件 5 定性、定量分析评价

F5.1 建设项目选址单元的评价内容

F5.1.1 建设项目产业政策符合性评价

本项目为新建项目，主要产品为液化天然气。本项目建设内容属于国家发展和改革委员会发布的《产业结构调整指导目录（2011 版本）（2013 年修正）》鼓励类“七、石油、天然气”第 3 条“原油、天然气、液化天然气、成品油的储运和管道输送设施及网络建设”，符合国家产业政策。

根据《天然气利用政策》（国家发展和改革委员会令第 15 号），第一类优先类：“城镇燃气：1、城镇（尤其是大中城市）居民炊事、生活热水等用气；2、公共服务设施（机场、政府机关、职工食堂、幼儿园、学校、医院、宾馆、酒店、餐饮业、商场、写字楼、火车站、福利院、养老院、港口、码头客运站、汽车客运站等）用气；3、天然气汽车（尤其是双燃料及液化天然气汽车），包括城市公交车、出租车、物流配送车、载客汽车、环卫车和载货汽车等以天然气为燃料的运输车辆。”本项目面对市场需求，可作为城镇燃气的配套燃料项目，符合天然气利用政策。

F5.1.2 建设项目选址安全条件检查

依据《中华人民共和国安全生产法》（主席令第 70 号）、《危险化学品安全管理条例》（国务院令第 591 号）、《国务院安委会办公室关于进一步加强危险化学品安全生产工作地指导意见》（安委办[2008]26 号）、《危险化学品建设项目安全监督管理办法》（国家安全

生产监督管理总局令第 45 号)、《四川省饮用水水源保护管理条例》(2011 年 11 月 25 日四川省第十一届人民代表大会常务委员会公告第 63 号)、GB50489-2009《化工企业总图运输设计规范》、GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》、GB50160-2008《石油化工企业设计防火规范》、HG20571-95《化工企业安全卫生设计规定》、GB50187-2012《工业企业总平面设计规范》,用安全检查表分析法对建设项目选址安全条件进行检查,详见附表 5.1.2。

附表 5.1.2 建设项目选址安全条件检查表

序号	检查内容	检查依据	检查情况	结论
1	建设单位应当在建设项目的可行性研究阶段,对下列安全条件进行论证,编制安全条件论证报告: (一)建设项目是否符合国家和当地政府产业政策与布局; (二)建设项目是否符合当地政府区域规划; (三)建设项目选址是否符合《工业企业总平面设计规范》(GB50187)、《化工企业总图运输设计规范》(GB50489)等相关标准;涉及危险化学品长输管道的,是否符合《输气管道工程设计规范》(GB50251)、《石油天然气工程设计防火规范》(GB50183)等相关标准; (四)建设项目周边重要场所、区域及居民分布情况,建设项目的设施分布和连续生产经营活动情况及其相互影响情况,安全防范措施是否科学、可行; (五)当地自然条件对建设项目安全生产的影响和安全措施是否科学、可行;	《危险化学品建设项目安全监督管理办法》(国家安全生产监督管理总局令第 45 号),第八条	该建设项目正委托四川省安全科学技术研究院进行安全条件论证	

序号	检查内容	检查依据	检查情况	结论
	(六) 主要技术、工艺是否成熟可靠; (七) 依托原有生产、储存条件的, 其依托条件是否安全可靠			
2	危险化学品的生产装置和储存数量构成重大危险源的储存设施, 与下列场所、区域的距离必须符合国家标准或国家有关规定: (一) 居民区、商业中心、公园等人口密集区域; (二) 学校、医院、影剧院、体育场(馆) 等公共设施; (三) 供水水源、水厂及水源保护区; (四) 车站、码头、机场以及公路、铁路、水路交通干线、地铁风亭及出入口; (五) 基本农田保护区、畜牧区、渔业水域和种子、种畜、水产苗种生产基地; (六) 河流、湖泊、风景名胜区和自然保护区; (七) 军事禁区、军事管理区; (八) 法律、行政法规规定予以保护的其他区域	① 《危险化学品安全管理条例》(国务院令 第 591 号), 第十九条 ② 《铁路运输安全保护条例》(国务院令 第 430 号), 第十七条 ③ 《四川省饮用水水源保护管理条例》(2011 年 11 月 25 日四川省第十一届人民代表大会常务委员会公告 第 63 号) ④ GB50160-2008 《石油化工企业设计防火规范》 ⑤ GB50183-2004 《石油天然气工程设计防火规	详见附表 5.1.3	符合

序号	检查内容	检查依据	检查情况	结论
		范》		
3	新建的化工建设项目必须进入产业集中区或化工园区	《国务院安委会办公室关于进一步加强危险化学品安全生产工作指导意见》(安危办[2008]26号)	本项目拟建于阆中市阆中市工业集中区	符合
4	选择厂址应充分考虑地震、软地基、湿陷性黄土、膨胀土的地址因素飓风、雷暴、沙暴等气象灾害,采取可靠技术方案,避开断层、滑坡泥石流、地下溶洞等地区	HG20571-95《化工企业安全卫生设计规定》,第 2.1.2 条	选择厂址不在地震高发区,无不良地基,不在断层、滑坡泥石流、地下溶洞等地区	符合
5	化工企业的厂址应符合当地城乡规划,按工厂生产类型及安全卫生要求与城镇、村庄和工厂居住区保持足够的距离	HG20571-95《化工企业安全卫生设计规定》,第 2.1.6 条	本项目拟建于阆中市阆中市工业集中区,符合城乡规划要求,与周边单位的距离见 F5.1.4、F5.2 章节	符合
6	散发有害物质的工业企业厂址,应位于城镇、相邻工业企业和居住区全年最小频率风向的上风侧,不应位于窝风地段,并应满足有关防护距离的要求	GB50187-2012《工业企业总平面设计规范》,第 3.0.7 条	建设项目生产原料、产品均不属于有毒有害物质;厂区位于阆中市(距项目 6 km)的全年最小频率风向(西北风)的上风侧	符合
7	下列地段和地区不应选为厂址: (一)发震断层和抗震设防烈度为 9 度及高于 9 度的地震区; (二)有泥石流、滑坡、流沙、溶洞等直接危害的地段; (三)采矿陷落(错动)区地表界限内;	GB50187-2012《工业企业总平面设计规范》,第 3.0.14 条	①根据《建筑抗震设计规范局部修订》,阆中抗震设防烈度为六度; ②没有选址在有泥石流、滑坡、流沙、溶洞等直接危害的地段; ③项目拟建于阆中市	符合

序号	检查内容	检查依据	检查情况	结论
	(四) 爆破危险界限内; (五) 坝或堤决溃后可能淹没的地区; (六) 有严重放射性物质污染影响区; (七) 生活居住区、文教区、水源保护区、名胜古迹、风景游览区、温泉、疗养区、自然保护区和其它需要特别保护的区域; (八) 对飞机起落、电台通讯、电视转播、雷达导航和重要的天文、气象、地震观察以及军事设施等规定有影响的范围内; (九) 很严重的自重湿陷性黄土地段, 厚度大的新近堆积黄土地段和高压缩性的饱和黄土地段等地质条件恶劣地段; (十) 具有开采价值的矿藏区; (十一) 受海啸或湖涌危害的地区。		阆中市工业集中区, 无采矿陷落 (错动) 区; ④ 本项目拟建于阆中市阆中市工业集中区, 周边无爆破作业区; ⑤ 本项目东北侧嘉陵江段无水坝, 不存在溃坝风险; ⑥ 本项目拟建于阆中市阆中市工业集中区, 周边无放射性物质污染影响区; ⑦ 本项目拟建于阆中市阆中市工业集中区, 周边无生活居住区、文教区、名胜古迹、风景游览区、温泉、疗养区、自然保护区和其它需要特别保护的区域, 本项目东北侧嘉陵江段非水源保护区; ⑧ 本项目拟建于阆中市阆中市工业集中区, 周边无电台通讯、电视转播、雷达导航和重要的天文、气象、地震观察以及军事设施; ⑨ 选址不在地质条件恶劣地段; ⑩ 本项目拟建于阆中市阆中市工业集中区, 非矿藏区; 11 本项目位于内陆地区, 远离湖泊, 不存在海啸或湖涌危害	

序号	检查内容	检查依据	检查情况	结论
8	厂址的选择应符合国家工业布局 and 当地城镇总体规划及土地利用总体规划的要求。厂址选择应严格执行国家建设前期工作的有关规定	GB50489-2009《化工企业总图运输设计规范》，第 3.1.1 条	厂址选择符合国家工业布局 and 当地城镇总体规划及土地利用总体规划的要求。	符合
9	厂址选择应充分利用非可耕地和劣地，不宜破坏原有森林、植被，并应减少土石方开挖量	GB50489-2009《化工企业总图运输设计规范》，第 3.1.3 条	本项目拟建于阆中市阆中市工业集中区，未对森林、植被造成破坏；所在地地势平坦，土方开挖量小	符合
10	厂址选择应同时满足交通运输设施、能源和动力设施、防洪设施、环境保护工程及生活等配套建设用地的要求	GB50489-2009《化工企业总图运输设计规范》，第 3.1.4 条	项目周边交通便利（邻近 302 省道、G75 兰海高速，有完善的能源、动力设施、防洪设施及生活等配套设施	符合
11	厂址应有充足、可靠的水源和电源，且应满足企业发展需要	GB50489-2009《化工企业总图运输设计规范》，第 3.1.7 条	工业集中区现有 100 kVA 变电站 1 座、即将新建 3 座 220KVA 变电站，生产用水就近自嘉陵江取水，电力、水源能够满足企业发展的需要	符合

小结：建设项目选址符合《危险化学品安全管理条例》（国务院令 第 591 号）、《国务院安委会办公室关于进一步加强危险化学品安全生产工作地指导意见》（安委办[2008]26 号）、《危险化学品建设项目安全监督管理办法》（国家安全生产监督管理总局令 第 45 号）、《四川省饮用水水源保护管理条例》（2011 年 11 月 25 日四川省第十一届人民代表大会常务委员会公告第 63 号）、GB50489-2009《化工企业总图

运输设计规范》、GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》、GB50160-2008《石油化工企业设计防火规范》、HG20571-95《化工企业安全卫生设计规定》、GB50187-2012《工业企业总平面设计规范》的要求。

F5.1.3 建设项目与周边“八大场所”的间距

依据《铁路运输安全保护条例》（国务院令第 430 号）、《四川省饮用水水源保护管理条例》（四川省第十一届人民代表大会常务委员会公告第 63 号）、GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》、GB50160-2008《石油化工企业设计防火规范》，对建设项目与周边“八大场所”（《危险化学品安全管理条例》（国务院令第 591 号），第十条）的安全距离进行检查，详附表 5.1.3。

附表 5.1.3 建设项目与周边“八大场所”的距离

序号	检查内容	检查依据	检查情况	结论
1	本项目与居民区、商业中心、公园等人口密集区域的距离是否满足相关规定	GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》，第 10.2.5 条、第 4.0.4 条	本项目位于阆中市阆中市工业集中区，周边无居民区、商业中心、公园等人口密集区域。	符合
2	本项目与车站、码头、机场以及公路、铁路、水路交通干线、地铁风亭及出入口的距离是否满足相关规定	GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》，第 10.2.5 条、第 4.0.4 条	周边无车站、码头、水路交通干线和地铁；与公路（园区道路）的距离详见附表 5.1.3	符合
3	本项目与河流、湖泊、风景名胜区和自然保护区的距离是否满足相关规定	GB50160-2008《石油化工企业设计防火规范》，第 4.1.9 条	本项目位于阆中市阆中市工业集中区，本项目周边无湖泊、风景名胜区和自然保护区；与河流（嘉陵江）的距离详见附表 5.1.3	符合
4	本项目与学校、医院、影	GB50183-2004《石油	本项目位于阆中市阆中	符合

序号	检查内容	检查依据	检查情况	结论
	剧院、体育场（馆）等公共设施的距離是否满足相关规定	天然气工程设计防火规范》，第 10.2.5 条、第 4.0.4 条	市工业集中区，周边无学校、医院、影剧院、体育场（馆）等公共设施	符合
5	本项目附近是否有供水水源、水厂及水源保护区	《四川省饮用水水源保护管理条例》(四川省第十一届人民代表大会常务委员会公告第 63 号)	本项目东南侧嘉陵江段非水源保护区；项目污水进园区污水管网	
6	本项目附近是否有基本农田保护区、畜牧区、渔业水域和种子、种畜、水产苗种生产基地	项目周边无基本农田保护区、畜牧区、渔业水域和种子、种畜、水产苗种生产基地、军事禁区、军事管理区、法律、行政法规规定予以保护的其他区域等		
7	本项目附近是否有军事禁区、军事管理区			
8	本项目附近是否有法律、行政法规规定予以保护的其他区域。			

小结：建设项目与周边“八大场所”（《危险化学品安全管理条例》（国务院令 第 591 号），第十九条）的间距符合国家有关规定。

F5.1.4 建设项目与周边单位的距离

依据《铁路运输安全保护条例》（国务院令 第 430 号）、GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》、GB50160-2008《石油化工企业设计防火规范》，对建设项目 LNG 储罐、工艺装置区、LNG 装车区与周边单位的安全距离进行检查，详附表 5.1.4.1。

5.1.4.1 建设项目与周边单位的距离

	兴明玻璃宿舍楼 (m)	最近散居房屋 (m)	东南侧拟建企业 (m)	南面建材公司	园区道路	220KV 架空电力线路 (m)
LNG 储罐	439/120	277/90	140/120	280/120	101/30	172/40
工艺装置区	220/90	200/67.5	286/120	228/120	152/22.5	288/40
LNG 装车区	200 /90	330/67.5	283/120	138/120	45/22.5	303/40
高架火炬	370/120	400/120	140/120	174/120	100/60	165/80

注：上表中分子为实际间距；分母为标准规范（未特殊注明，均为 GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》）要求的安全间距）

小结：建设项目 LNG 储罐、工艺装置区和 LNG 装车区与周边单位的距离均符合 GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》、GB50160-2008《石油化工企业设计防火规范》的相应要求。

F5.2 建设项目安全条件分析论证

F5.2.1 分析论证建设项目对周边环境的影响

建设项目涉及天然气、液化天然气等易燃易爆物质，因此，该企业有害物质发生泄漏后引发火灾、爆炸事故，将可能对周边单位、环境造成一定的影响。故有必要分析论证建设项目对周边环境的影响。

（1）建设项目易发火灾、爆炸事故的 LNG 储罐、工艺装置区、LNG 装车站和高架火炬与周边单位、环境的间距均符合相关法律法规、国家标准的规定。

（2）根据 GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》，围堰区至室外活动场所、建构筑物的隔离距离，应按国家公认的液化天

然气燃烧的热辐射计算模型确定，计算结果见下表：

附表 5.2.1 建设项目储罐围堰至室外活动场所、建构筑物的隔离距离

热辐射通量 (kW/m ²)	隔离距离要求 (m)	计算结果 m
4	不得有 50 人以上的室外活动场所	274 (距围堰边缘, 下同)
9	不得有活动场所、学校、医院、 监狱、拘留所和居民区等在用建 筑物	156.7
30	不得有即使是能耐火且提供热辐 射保护的在用建筑物	62.7

由图 7.1 可知：距离围堰边缘 62.7 米的区域内无任何建构筑物；距离围堰边缘 156.7 米的区域内均为建设项目及相邻拟建企业工艺装置区、园区道路，无活动场所、学校、医院、监狱、拘留所和居民区；距离围堰边缘 274 米的区域内有建设项目装置、相邻拟建企业、园区道路、少数农户，无 50 人以上室外活动场所。

(3) 通过对 LNG 储罐进行定量风险计算可知，本项目东南侧拟建企业、鼎盛建材公司办公楼，北侧河口村居民，南侧孙家娅村部分居民处于个人风险不可接受范围内，阆中双瑞能源有限公司应对“阆中元坝气田天然气储气调峰工程项目” LNG 储罐外 850 m 范围内的居民（项目北侧约 60 户居民，南侧约 20 户）进行拆迁。本项目已经取得阆中市工业集中区管理委员会《关于元坝气田天然气储气调峰工程项目安全间距范围内民居拆迁的回复》（阆工集管委函〔2014〕10 号），管委会表示：将开展拆迁工作，并承诺在项目试生产前，按要求完成安全间距内全部民居拆迁工作。（详见附件）

由上述三点可知：建设项目与周边单位、环境的间距均符合相关法律法规、国家标准的规定；在完成项目周边的拆迁工作后，发生 LNG 泄漏引发的火灾爆炸事故对周边单位、环境的影响有限。

F5.2.2 分析论证周边环境对建设项目的影

F5.2.2.1 园区道路对建设项目的影

园区道路与项目之间有绿化、围墙分隔，行人和行驶的车辆不会对生产造成直接影响。园区道路发生交通事故时，绿化、围墙能防止车辆伤害波及项目界区内。由附表 5.2.2.1 给出的园区道路与建设项目的最小间距可知，园区道路与建设项目的间距符合 GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》的要求，对建设项目不构成制约性影响。

附表 5.2.2.1 园区道路与建设项目的最小间距

建设项目单元	园区道路与其 最小间距	标准规范 ^a 要求的 安全间距	是否对建设项目 产生影响
LNG 储罐	101	30	无制约性影响
LNG 生产装置区	152	22.5	无制约性影响
LNG 装车区	45	22.5	无制约性影响
高架火炬	100	60	无制约性影响

F5.2.2.2 220KV 架空电力线对建设项目的影

建设项目界区东南侧有 220KV 架空电力线，该线路虽位于项目界区之内，但符合 GB50160-2008《石油化工企业设计防火规范》“架空电力线路严禁穿越生产区”的要求，未穿越生产装置区、储罐区、装车区。由附表 5.2.2.2 给出的该架空电力线与建设项目的最小间距可知，220KV 架空电力线对建设项目的生产经营活动无制约性影响。

^a GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》

附表 5.2.2.2 架空电力线与建设项目的最小间距

建设项目单元	电力线与其最小间距	标准规范 ^a 要求的 安全间距	是否对建设项目 产生影响
LNG 储罐	172	40 (GB50183) 10 (电力设施保护条例)	无制约性影响
LNG 生产装置区	288	40 (GB50183) 10 (电力设施保护条例)	无制约性影响
LNG 装车区	303	40 (GB50183) 10 (电力设施保护条例)	无制约性影响
高架火炬	165	80 10 (电力设施保护条例)	无制约性影响

F5.2.2.3 拟建企业（东南侧）对建设项目的影

建设项目东南侧有拟建企业（碳纤维厂）。该工厂生产、经营活动中可能产生明火、火花，故需考查项目与其之间的防火间距。由附表 5.2.2.3 给出的相邻企业与建设项目的最小间距可知，两者间的防火间距均满足 GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》和 GB50160-2008《石油化工企业设计防火规范》的要求，故相邻企业对建设项目的生产经营活动无制约性影响。

附表 5.2.2.3 拟建企业（东南侧）与建设项目的最小间距

建设项目单元	相邻企业与其最小间距	标准规范 ^b 要求的 安全间距	是否对建设项目 产生影响
LNG 储罐	140	120 (GB50183) /70 (GB50160)	无制约性影响
LNG 生产装置区	286	120 (GB50183) /50 (GB50160)	无制约性影响
LNG 装车区	283	120 (GB50183) /50 (GB50160)	无制约性影响
高架火炬	140	120	无制约性影响

F5.2.2.4 周边居民生活对建设项目的影

^a GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》、《电力设施保护条例》（国务院令第 239 号）

^b GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》、GB50160-2008《石油化工企业设计防火规范》

本项目拟建于阆中市阆中市工业集中区，界区北面有居民区、散居民房。由附表 5.2.2.4 给出的居民区、散居民房与建设项目的最小间距可知，建设项目与周边居民区、散居民房的距离符合 GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》的要求，故周边居民生活对建设项目的生产经营活动无制约性影响。

附表 5.2.2.4 居民区、散居民房与建设项目的最小间距

建设项目单元	居民区与其最小间距	标准规范 ^a 要求的安全间距	散居民房与其最小间距	标准规范 ^b 要求的安全间距	是否对建设项目产生影响
LNG 储罐	439	120	277	120	无制约性影响
LNG 生产装置区	220	120	200	120	无制约性影响
LNG 装车区	200	120	330	120	无制约性影响
高架火炬	370	120	400	120	无制约性影响

F5.2.2.5 嘉陵江对建设项目的影晌

由嘉陵江与建设项目的最小间距可知，建设项目与嘉陵江的距离符合 GB50160-2008《石油化工企业设计防火规范》的要求，故嘉陵江对建设项目的生产经营活动无制约性影响。据阆中市防汛办公室提供的资料：自 1961 年至今，嘉陵江阆中市河溪水位站记录显示，保证水位为 348.2m。该最高水位低于建设项目最低标高 353.33m，故建设项目不受洪水影响。（详见附件阆中市防汛办公室提供的水位成果表）

^a GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》、GB50160-2008《石油化工企业设计防火规范》

^b GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》、GB50160-2008《石油化工企业设计防火规范》

附表 5.2.2.5 嘉陵江与建设项目的最小间距

建设项目单元	嘉陵江与其 最小间距	标准规范 ^a 要求的 安全间距	是否对建设项目 产生影响
LNG 储罐	650	25	无制约性影响
LNG 生产装置区	700	20	无制约性影响
LNG 装车区	700	20	无制约性影响
高架火炬	650	25	无制约性影响

F5.2.3 分析论证自然条件对建设项目的影

本项目拟建区域地形平坦，属川西平原地貌：地势西高东低，表层地质构造以沉积为主，粘土以及砂砾石层分布广泛，地基承载力较高，相对稳定。该区域属四川盆地亚热带季风气候，气候温和，雨量较充沛，四季分明，多年平均气温 16.9℃，多年平均降水量 1010.8mm，年日照数多年平均为 1304.3 h，主导风向西北风。

依据 GB50489-2009《化工企业总图运输设计规范》、GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》、GB50160-2008《化工企业安全设计规定》、GB50201-94《防洪标准》等标准规范，用安全检查表法并对其进行检查，见下表：

附表 5.2.3 自然条件对建设项目影响安全检查表

序号	检查内容	检查依据	检查情况	结论
1	选择厂址应充分考虑地震、软地基、湿陷性黄土、膨胀土的地质因素以及飓风、雷暴、沙包等气象危害，采取可靠技术方案，避开断层、滑坡、泥石流、地下溶洞等比较发育的地区	HG20571-95 《化工企业安全设计规定》， 第 2.1.2 条	根据四川省川建勘察设计院出具的《元坝气田天然气调峰工程项目详细勘察阶段岩土工程勘察报告》，选择厂址无特殊不良地质作用，场地和地基整体稳定，适于建筑。	

^a GB50160-2008《石油化工企业设计防火规范》

序号	检查内容	检查依据	检查情况	结论
2	厂址应不受洪水、潮水和内涝的威胁。凡可能受江、河、湖、海或山洪、排涝威胁的化工企业场地高程设计，应符合国家《防洪标准》的有关规定，并采取有效的防洪、排涝措施。 大型工矿企业的防洪标准为 100-50 年一遇。当工矿企业遭受洪水淹没后，可能引起爆炸或会导致毒液、毒气、放射性等有害物质大量泄漏、扩散时，对于中、小型工矿企业，其规模应提高两等后，按表 4.0.1 的规定确定其防洪标准。	HG20571-95 《化工企业安全设计规定》，第 2.2.4 条 GB50201-94 《防洪标准》第 4.0.1 条	据阆中市防汛办公室提供的资料：自 1961 年至今，嘉陵江阆中市河溪水位站记录显示，保证水位为 348.2m。该最高水位低于建设项目最低标高 353.33m，故建设项目不受洪水影响。	
3	厂址不应选在发震断层及地震基本烈度高于 9 度的地震区	GB50489-2009 《化工企业总图运输设计规范》，第 3.1.13 条	该地区地震基本烈度为 6 度。	符合
4	厂址的自然地形，应有利于工厂布置、厂内运输、场地排水及减少土石方工程等，且自然地面坡度不宜大于 5%	GB50489-2009 《化工企业总图运输设计规范》，第 3.2.2 条	本项目拟建区域地形平坦，属川西平原地貌：地势西高东低，表层地质构造以沉积为主，粘土以及砂砾石层分布广泛，地基承载力较高，相对稳定。	符合
5	厂址应位于城镇或居住区的全年最小频率风向的上风侧	GB50489-2009 《化工企业总图运输设计规范》，第 3.1.8 条	建设项目生产原料、产品均不属于有毒有害物质；厂区位于阆中市（距项目 6 km）的全年最小频率风向（西南风）的上风侧。	符合

序号	检查内容	检查依据	检查情况	结论
6	厂址应具有满足建设工程需要的工程地质及水文地质条件，在地质灾害易发区应进行地质灾害危险性评估。	GB50489-2009 《化工企业总图运输设计规范》，第3.2.3条	厂址具有满足建设工程需要的工程地质及水文地质条件；不属于地质灾害易发区。	符合
7	站址应选在人口密度较低且受自然灾害影响小的地区	GB50183-2004 《石油天然气工程设计防火规范》，第10.2.1条	阆中市阆中市工业集中区，人口密度相对较低，受自然灾害影响较小。	符合
8	站址应远离下列设施： 1 大型危险设施（例如，化学品、炸药生产厂及仓库等）； 2 大型机场（包括军用机场、空中实弹靶场等）； 3 与本工程无关的输送易燃气体或其他危险流体的管线； 4 运载危险物品的运输线路（水路、陆路和空路）。	GB50183-2004 《石油天然气工程设计防火规范》，第10.2.2条	本项目周边无大型危险设施、大型机场、运载危险物品的运输线路、危险流体输送管线、运载危险物品的运输线路。	符合
9	建站地区及与站场间应有全天候的陆上通道，以确保消防车辆和人员随时进入和站内人员在必要时安全撤离。	GB50183-2004 《石油天然气工程设计防火规范》，第10.2.4条	阆中市阆中市工业集中区交通便利，有全天候的陆上通道，以确保消防车辆和人员随时进入和站内人员在必要时安全撤离。	符合

小结：建设项目所在地自然条件符合 GB50489-2009《化工企业总图运输设计规范》、GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》、GB50160-2008《化工企业安全设计规定》、GB50201-94《防洪标准》等标准规范的要求。

F5.3 项目总平面布置单元的评价内容

依据 GB50489-2009《化工企业总图运输设计规范》、GB50187-2012《工业企业总平面设计规范》、HG20571-95《化工企业安全卫生设计规定》、GB50160-2008《石油化工企业设计防火规范》和 GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》，用安全检查表法对本项目的总平面布置进行检查，见附表 5.3-1：

附表 5.3-1 项目总平面布置检查表

序号	检查内容	检查标准	检查结果	结 论
1	总平面布置，应符合下列要求： 一、在符合生产流程、操作要求和使用功能的前提下，建筑物、构筑物等设施，应联合多层布置； 二、按功能分区，合理地确定通道宽度； 三、厂区、功能分区及建筑物、构筑物的外形宜规整； 四、功能分区内各项设施的布置，应紧凑、合理。	GB50187-2012 《工业企业总平面设计规范》，第 4.1.2 条	根据《可研报告》在满足工艺流程前提下，考虑运输、消防、安全、绿化、道路、地上地下管线、节约用地等因素对工程设施按功能进行组合、分区布置，各功能区块清楚，紧凑合理，通道顺畅。	符合
2	总平面布置，应合理地组织货流和人流。	GB50187-2012 《工业企业总平面设计规范》，第 4.1.8 条	全厂总平面布置中，分别设计有人流和物流进出口。	符合
3	总变电站位置的选择，应符合下列要求： 应便于输电线路进出，靠近负荷中心或主要用户；不得受粉尘、水雾、腐蚀性气体等污染源的影响，并应位于散发粉尘、腐蚀性气体污染源	GB50187-2012 《工业企业总平面设计规范》，第 3.4.4 条	全厂总变位于项目东侧，即位于厂区全年最小频率风向下风侧；其周边无强烈振动设施。	符合

序号	检查内容	检查标准	检查结果	结 论
	全年最小频率风向的下风侧和散发水雾场所冬季盛行风的上风侧； 避免布置在有强烈振动设施的场地附近； 应有运输变压器的道路；地势较高，避免位于低洼积水地段。			
4	全厂性修理设施，宜集中布置；车间维修设施，在确保生产安全的前提下，应靠近主要用户布置。	GB50187-2012 《工业企业总平面设计规范》，第4.4.1条	符合要求。	符合
5	化工企业厂区总平面应根据厂内各生产系统及安全、卫生要求进行功能明确合理分区的布置，分区内部和相互之间保持一定的通道和间距。	HG20571-95《化工企业安全卫生设计规定》，第2.2.1条	本项目分区合理，分区内部设有安全通道及消防通道。	符合
6	厂区内火灾危险较高，散发烟尘、水雾和噪音的生产部分应布置在全年最小风频率的上风方位，厂前、机、电、仪修和总变配电等部分应位于全年最小风频率的下风向，厂前区宜面向城镇和工厂居住区一侧。	HG20571-95《化工企业安全卫生设计规定》，第2.2.2条	本项目布置合理。	符合
7	厂区道路应根据交通、消防和分区的要求合理布置，力求顺通。危险场所应为环行，路面宽度按交通密度及安全因素确定，保证消防、急救车辆畅行无阻。	HG20571-95《化工企业安全卫生设计规定》，第2.2.6条	符合要求。	符合
9	具有易燃易爆的工艺生产装置、设备、管道，在满足生产	HG20571-95《化工企业安全卫生	采用露天、敞开或半敞开式的建（构）筑	符合

序号	检查内容	检查标准	检查结果	结 论
	要求的条件下，宜按生产特点，集中联合布置，采用露天、敞开或半敞开式的建（构）筑物。	设计规定》，第 3.1.2	物。	
11	总平面布置，应根据当地气象条件和地理位置等，使建筑物具有良好的朝向和自然通风。生产有特殊要求和人员较多的建筑物，应避免西晒。	GB50489-2009 《化工企业总图运输设计规范》，第 5.1.9 条	总平面布置合理，建筑物具有良好的通风和采光。	
12	站场总平面，应根据站的生产流程及各组成部分的生产特点和火灾危险性，结合地形、风向等条件，按功能分区集中布置。	GB50183-2004 《石油天然气工程设计防火规范》，第 10.3.1 条	按功能分区集中布置。	符合
13	液化天然气储存总容量介于 3000 m ³ 和 30000 m ³ 之间时，与居住区，公共福利设施的距离应大于 120 m。	GB50183-2004， 《石油天然气工程设计防火规范》，第 10.3.2 条	建设项目 LNG 储罐与居民区间距大于 400 m	符合
14	围堰和集液池至室外活动场所、建（构）筑物的隔热距离（作业者的设施除外），应按下列要求确定： 1 围堰区至室外活动场所、建（构）筑物的距离，可按国际公认的液化天然气燃烧的热辐射计算模型确定，也可使用管理部门认可的其他方法计算确定。 2 室外活动场所、建（构）筑物允许接受的热辐射量，在风速为 0 级、温度 21℃ 及相对湿度为 50% 条件下，不应大于下述规定值：	《石油天然气工程设计防火规范》 GB50183-2004 10.3.4	根据计算结果，热辐射量达 4000W/m ² 界线为距液化天然气储罐围堰 274 m，9000W/m ² 界线为距液化天然气储罐 156.7 m，30000W/m ² 界线为距液化天然气储罐 62.7 m。由可研报告附件总图可知：（1）热辐射量 30000W/m ² 界限内除储罐、围堰外，无任何建构筑物；（2）热辐射量 9000W/m ²	符合

序号	检查内容	检查标准	检查结果	结 论
	1) 热辐射量达 $4000\text{W}/\text{m}^2$ 以内, 不得有 50 人以上的室外活动场所。 2) 热辐射量达 $9000\text{W}/\text{m}^2$ 热辐射量达界线以内, 不得有活动场所、学校、医院、监狱、拘留所和居民区等在用建筑物: 3) 热辐射量达 $30000\text{W}/\text{m}^2$ 界线以内, 不得有即使是能耐火且提供热辐射保护的在用构筑物。 3 燃烧面积应分别按下列要求确定: 1) 储罐围堰内全部容积 (不包括储罐) 的表面着火; 2) 集液池内全部容积 (不包括设备) 的表面着火。		界限内无活动场所、学校、医院、监狱、拘留所和居民区等在用建筑物; (3) 热辐射量 $4000\text{W}/\text{m}^2$ 界限内未建设项目厂区、周边拟建企业厂区, 无 50 人以上室外活动场所。	

附表 5.3-2 平面布置的主要安全间距及标准规范符合情况

序号	装置、设施、建构筑物		实际 间距 (m)	相关规范要求 (m)	符合 情况
1	LNG 储罐	高架火炬	109	90 (GB50183-2004) 90 (GB50160-2008)	符合
		LNG 装车区	180	20 (GB50183-2004) 55 (GB50160-2008)	符合
		工艺装置区	105	30 (GB50183-2004) 70 (GB50160-2008)	符合
		控制室	230	35 (GB50183-2004) 90 (GB50160-2008)	符合
		总变电所	159	35 (GB50183-2004) 80 (GB50160-2008)	符合

序号	装置、设施、建构筑物		实际 间距 (m)	相关规范要求 (m)	符合 情况
2	LNG 装车区	高架火炬	152	90 (GB50183-2004) 90 (GB50160-2008)	符合
		LNG 储罐	180	20 (GB50183-2004) 55 (GB50160-2008)	符合
		工艺装置区	62	25 (GB50183-2004) 25 (GB50160-2008)	符合
		控制室	200	25 (GB50183-2004) 40 (GB50160-2008)	符合
		总变电所	250	25 (GB50183-2004) 30 (GB50160-2008)	符合
3	工艺装置区	高架火炬	230	90 (GB50183-2004) 90 (GB50160-2008)	符合
		LNG 装车区	62	25 (GB50183-2004) 25 (GB50160-2008)	符合
		LNG 储罐	105	30 (GB50183-2004) 70 (GB50160-2008)	符合
		控制室	40	25 (GB50183-2004) 40 (GB50160-2008)	符合
		变电所	40	25 (GB50183-2004) 30 (GB50160-2008)	符合

小结：建设项目总平面布置符合 HG20571-95《化工企业安全卫生设计规定》、GB50489-2009《化工企业总图运输设计规范》、GB50187-2012《工业企业总平面设计规范》的要求，各厂房、装置、设施之间的安全间距满足 GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》、GB50160-2008《石油化工企业设计防火规范》的规定。

F5.4 各个作业场所（单元）的定性评价内容

F5.4.1 各个作业场所（单元）的预先危险性分析

根据本项目的工艺特点，对建设项目各个作业场所的危险程度运用预先危险性分析法进行定性分析，再根据各个作业场所的危险等级总结出建设项目总的危险程度。预先危险性分析如附表 5.4.1-1 到附表 5.4.1-13 所示。

附表 5.4.1-1 火灾爆炸预先危险性分析表

潜在事故及其分布	火灾爆炸（原料预处理工序、压缩工序、脱碳工序、脱水工序、液化工序、储罐区及液化天然气装卸场所）
危险因素	可燃爆物质（甲烷、乙烷、丙烷、乙烯、异戊烷、液化天然气等）
触发事件一	一.故障泄漏 1、储罐、槽、塔、管线阀门、法兰等破损泄漏； 2、罐、槽、塔、管、阀、表等连接处泄漏，泵破裂或转动设备密封处泄漏； 3、罐、槽、塔、管、阀因加工、材料、焊接质量不好或安装不当而泄漏； 4、设备原因，主要为设备故障、管道堵塞或损坏；设备放空、排污装置配置不当；主要转动设备发生故障；长期超负荷运行；设备不符合设计技术要求；设备损坏未及时修理；设备仪表腐蚀引入爆炸性气体。 5、撞击或人为损坏造成管道容器泄漏，以及储罐、槽等超装溢出； 6、由自然灾害（如雷击、台风、地震）造成设备破裂泄漏； 二.运行泄漏 1、超温超压造成泄漏； 2、安全设施有缺陷，安全阀、防爆膜等安全附件失灵、损坏或操作不当； 3、违章指挥、违章作业、误操作。 4、物料在容器、管道或其他储存体中自聚、破裂、泄漏； 5、热交换不充分而造成能量过分积聚，导致罐、槽、塔、器等破裂、泄漏； 6、突然停电。
发生条件	1、易燃易爆物蒸汽压达爆炸极限；2、易燃易爆物泄漏；3、易燃物质遇足够的点火源。
触发事件二	一.明火 1、火星飞溅；2、违章动火；3、外来人带入火种；4、物质过热引发； 5、点火吸烟；6、它处火灾蔓延；7、其它火源

	二.火花 1、金属撞击（带钉皮鞋、金属碰撞等）；2、电气火花；3、线路老化或受到损坏、引燃绝缘层；4、短路电弧；5、静电；6、雷击；7、进入车辆未戴阻火器等；8、手机火花、焊割、打磨产生火花等
事故后果	物料漏损、人员伤亡、停产、造成严重损失
危险等级	IV
危险程度	灾难性的
防范措施	一.控制与消除火源 1、严禁吸烟、火种和穿带钉皮鞋、不带阻火器车辆进入易燃易爆区； 2、严格执行动火制度并加强防范措施； 3、易燃易爆场所一律使用防爆电气设备； 4、严禁钢性工具敲击、抛掷，不使用发火工具； 5、按标准装置避雷装置，并定期检查； 6、.严格执行防静电措施； 7、严禁机动车辆进入火灾、爆炸危险区域； 8、运送物料的机动车辆必须佩戴完好的阻火器，正确行驶，不发生任何故障和车祸； 9、转动设备部位要保持清洁，防止因摩擦引起杂物等燃烧； 10、周围居民点在一定范围内不能燃放烟花爆竹。 二.严格控制设备质量及安装流程 1、罐、槽、塔、器、泵、阀、压缩机、冷机、管线质量； 2、压力容器、管道及其仪表要定期检验、检测、试压； 3、对设备、管线、阀、报警器检测仪表定期检修； 4、设备及电气按规范按 标准和规范安装，定期检修，保证完好状态； 5、易燃易爆物挥发散落场所的高温部件必须隔热、密闭措施。 三.加强管理、严格工艺，防止易燃易爆物的跑冒滴漏 1、张贴作业场所危险化学品安全标签； 2、杜绝三违（违章作业、违章指挥、违反劳动纪律），严格工艺规定，防止工艺参数发生变化； 3、坚持巡回检查，发现问题及时处理，如液位报警如器、呼吸阀、压力表、氮封、安全阀、管线防冻、防腐、联锁仪表、消防及救护设施是否完好？液位报警器是否正常？罐、槽、塔、器、管、进出料阀（包括截止阀、自动调节阀）等有否泄漏？消防通道、地沟是否畅通； 4、检修时做好隔离、清空、通风，在监护下进行动火等作业； 5、加强培训、教育、考核工作，经常性检查有否违章、违纪现象； 6、防止易燃、易爆物料的跑、冒、滴、漏；

	7、严防车辆撞坏管线、管架桥等设施； 四、安全设施保持齐全、完好 1、安全设施（包括消防设施、遥控装置等）保持齐全完好； 2、贮罐安装高、低液位报警器，易燃易爆场所安装可燃气体监测报警装置。
--	---

附表 5.4.1-2 中毒、窒息预先危险性分析表

潜在事故	中毒窒息（原料预处理工序、压缩工序、脱碳工序、脱水工序、液化工序、储罐区及液化天然气装卸场所）
危险因素	1、有毒物料（如硫化氢等）泄漏； 2、窒息性气体（如氮气等）；
触发事件一	1、生产过程中的主要有毒有害物料如硫化氢等发生泄漏； 2、泄漏原因如"火灾、爆炸"触发事件中"1.故障泄漏和 2.运行泄漏"等方面； 3、维修时，罐、塔、管、阀等中的有毒有害物料未彻底清洗干净； 4、窒息性或毒性气体的泄漏量较大，且有积聚； 5、在容器内作业时缺氧。
发生条件	1、有毒物料超过容许浓度；2、毒物摄入体内；3.缺氧。
触发事件二	1、毒物及窒息性毒物浓度超标； 2、通风不良； 3、.缺乏泄漏物料的危险有害特性及其应急预防方法的知识； 4、不清楚泄漏物料的种类，应急处理不当； 5、在有毒现场无相应的防毒过滤器、面具、空气过滤器以及其它相关的防护用品 6、因故未戴防护用品； 7、防护用品选型不当或使用不当； 8、救护不当； 9、在有毒或缺氧、窒息场所作业时无人监护。
事故后果	物料漏损、人员中毒窒息
危险等级	IV级
危险程度	灾难性的
防范措施	1、严格控制设备质量及其安装流程，消除泄漏的可能性； 2、严防车辆行驶时撞坏管线、管架桥、其它设备 3、泄漏后应采取相应措施：①查明泄漏源点，切断相关阀门，消除泄漏源，及时报告；②如泄漏量大，应疏散有关人员至安全处。 4、定期检修、维护保养，保持设备完好；检修时，彻底清洗干净并检测有毒有害物质浓度氧含量，合格后方可作业；作业时，穿戴劳动防护用品，有人监护并有抢救后备措施；

	5、要有应急预案，抢救时勿忘正确使用防毒过滤器、氧气呼吸器及其它劳动防护用品； 6、组织管理措施:①加强检查、检测有毒有害物质有否跑、冒、滴、漏；②教育、培训职工掌握有关毒物的毒性，预防中毒、窒息的方法及其急救法；③ 要求职工严格遵守各种规章制度、操作规程；④设立危险、有毒、窒息性标志；⑤设立急救点，配备相应的急救药品、器材；⑥培训医务人员对中毒、窒息、灼烫等的急救处理能力。
--	---

附表 5.4.1-3 机械伤害预先危险性分析表

潜在事故	机械伤害（原料预处理工序、压缩工序、脱碳工序、脱水工序等具有相对旋转或往复运动的各种机械设备的场所）
危险因素	绞、割、碾、碰、挤、戳，伤及人体
触发事件一	1、在生产检查、维修设备时，不注意而被碰、割、戳、碾、挤等； 2、衣物等被绞入转动设备； 3、旋转、往复、滑动物体撞击伤人；
发生条件	人体碰到转动、移动等运动物体
触发事件二	1、工作时注意力不集中； 2、劳动防护用品未正确穿戴； 3、违章作业。
事故后果	人体伤害
危险等级	II 级
危险程度	临界的
防范措施	1、工作时注意力要集中，要注意观察； 2、正确穿戴好劳动防护用品； 3、作业过程中严格遵守操作规程； 4、设备转动部分设置防护罩（如外露轴等）；5、危险运动部位的周围应设置防护栅栏； 6、机器设备要定期检查、检修，保证其完好状态。

附表 5.4.1-4 车辆伤害预先危险性分析表

潜在事故	车辆伤害（厂内道路、液化天然气装卸区等）
危险因素	车辆撞人，车辆撞设备、管线
触发事件一	1、车辆有故障（如刹车、阻火器不灵、无效等）； 2、车速过快； 3、道旁管线、管架桥无防撞设施和标志； 4、路面不好（如路面有陷坑、障碍物、冰雪等）； 5、 超载驾驶。
发生条件	车辆撞击人体、设备、管线等
触发事件二	1、驾驶员道路行驶违章； 2、驾驶员工作精力不集中（抽烟、谈话、打手机等）； 3、驾驶员酒后驾车； 4、驾驶员疲劳驾驶； 5、驾驶员情绪不好或情绪激动时驾车。

事故后果	人员伤亡、撞坏管线等造成泄漏，引起二次事故
危险等级	II 级
危险程度	临界的
防范措施	1、生产现场（特别是易燃易爆区）严禁车辆入内； 2、增设交通标志（特别是限速行驶标志）； 3、保持路面状态良好； 4、管线等不设在紧靠路边； 5、驾驶员遵守交通规则，道路行驶不违章； 6、加强驾驶员的教育、培训和管理（如要求行驶时不吸烟、不谈话、不疲劳驾驶、不酒后驾驶、不激情加速，行驶时注意观察、集中注意力等）； 7、行驶车辆无故障，保持完好状态； 8、车辆不超载、不超速行驶

附表 5.4.1-5 高处坠落预先危险性分析表

潜在事故	高处坠落（项目中高于 2m 的设备作业面和施工作业场所，如液化天然气储罐、消防水罐等高大设备及管架）
危险因素	进行登高架设、检查、检修等作业
触发事件一	1、高处作业有洞无盖、临边无栏，不小心造成坠落； 2、无脚手架、板，造成高处坠落； 3、梯子无防滑措施，或强度不够、固定不牢造成跌落； 4、高处行道、塔杆、贮罐扶梯、管线架桥及护栏等锈蚀，或强度不够造成坠落； 5、未穿防滑鞋或防护用品穿戴不当，造成滑跌坠落； 6、在大风、暴雨、雷电、霜冻、积雪条件下登高作业，不慎跌落； 7、吸入有毒、有害气体或氧气不足、身体不适造成跌落； 8、作业时嬉戏打闹。
发生条件	1、2m 以上（含 2m）高处作业； 2、作业面下是设备或硬质地面。
触发事件二	1、无脚手架和防范措施，踩空或支撑物倒塌； 2、高处作业面下无安全网； 3、未系安全带或安全带挂结不可靠； 4、安全带、安全网损坏或不合格； 5、违反"十不登高"规定； 6、未穿防滑鞋、紧身工作服； 7、违章作业、违章指挥、违反劳动纪律； 8、情绪不稳定，疲劳作业、身体有疾病、工作时精力不集中。
事故后果	人员伤亡
危险等级	III 级
危险程度	危险的
防范措施	1、登高作业人员必须在身心健康状态下登高作业，必须严格执行"十不登高"； 2、登高作业人员必须穿戴防滑鞋、紧身工作服、安全帽，系好安全带；

	3、事先搭设脚手架等安全设施； 4、在屋顶、塔杆、贮罐等高处作业顶设防护栏杆、安全网； 5、入罐进塔工作时要检测毒物深度氧含量，并有现场监护； 6、上下层交叉作业顶搭设严密牢固之中间隔板、罩棚作隔离； 7、临边、洞口要做到"有洞必有盖""有边必有栏"以防坠落； 8、安全带安全网、栏杆、护墙、平台要定期检查确保完好； 9、六级以上大风、暴雨、雷电、霜冻、大雾、积雪等恶劣气候条件下尽可能避免高处作业； 10、可以在地面做的作业，尽量不要安排在高处做，即"尽可能高处作业平地做"； 11、加强对登高作业人员的安全教育、培训、考核工作； 12、坚决杜绝登高作业中的"三违"。
--	---

附表 5.4.1-6 噪声危害预先危险性分析表

潜在事故	噪声危害（压缩机、泵、加热炉等运转设备）
危险因素	各类泵、风机等噪声
触发事件一	作业人员在风机、泵房等噪声强度大的场所作业；二氧化碳等带压物料泄漏或排空
发生条件	缺乏个体防护用品（护耳器等）
触发事件二	1、装置没有减振、降噪设施； 2、减振、降噪设施无效； 3、未戴个体护耳器；①因故、或故意不戴护耳器；②无护耳器； 4、护耳器无效；①选型不当；②使用不当；③护耳器已经失效
事故后果	听力损伤
危险等级	Ⅱ级
危险程度	临界的
防范措施	1、采取隔声、吸声、消声等降噪措施； 2、设置减振、声阻尼等装置； 3、佩戴适宜的护耳器； 4、实行时间防护，即事先做好充分准备，尽量减少不必要的停留时间。

附表 5.4.1-7 低温伤害预先危险性分析表

潜在事故	低温危害（天然气制冷系统和液化天然气储存装车系统）
危险因素	低温物料
触发事件一	1、生产储运中低温物料故障喷出；①储罐等低温设备泄漏；②低温管线泄漏；③低温阀门泄漏；④低温设备与管线连接处泄漏；⑤低温物料阀门与管线连接处泄漏； 2、检修中低温物料故障喷出；①从阀门喷出；②从管线法兰喷出；③从其他

	部位喷出。
发生条件	
触发事件二	1、未戴防护用具；①防护用具缺乏；②取用不便；③因故未戴； 2、防护用具失效；①用具破损、失效；②用具选型不对；③使用不当。 3、检修低温设备时，未将设备、管线内物料排空外；未关闭物料阀门；未对物料管线加堵盲板。
事故后果	人员冻伤，甚至死亡
危险等级	III 级
危险程度	危险的
防范措施	1、处理低温物料泄漏故障时，建议作业人员佩戴带合适的防护面具，穿合适的工作服，戴防冻手套； 2、严格控制设备质量，加强设备维护保养； 3、坚持巡回检查，发现问题及时处理； 4、检修低温设备时，应将设备、管线内物料排空完，应关闭阀门，并对管线加堵盲板。

附表 5.4.1-8 储罐区预先危险性分析表

危险源位置	储罐区
事故类型	火灾、爆炸、中毒
触发条件	1、地基出现不均匀下沉导致储罐或者储槽破裂。 2、由于工人责任心不强或违章操作导致储罐等超装溢出。 3、罐、阀门、管道、流量计、仪表连接处泄漏。 4、输送物料的速度快，物料与管壁、配件摩擦产生静电。 5、罐区杂草或其他易燃物燃烧引燃可燃蒸气。 6、由自然灾害造成的破裂泄漏，如雷击等。 7、由于罐体或管道长期腐蚀导致破裂或泄漏 8、点火吸烟 9、抢修、检修时违章动火，焊接时未按有关规定动火。 10、用钢制工具敲打设备、管道，产生撞击火花。
事故后果	人员伤亡设备损坏
危险等级	III~IV
对策措施	1、对罐区应做工程地基勘察和场地、地基的地震效应评价。 2、每年进行一次基础沉降观测，及时处理不均匀的沉降。 3、罐体与进出口管线采用挠性连接。 4、加强设备维护、保养，保证储罐安全设施、管道密封完好。 5、加强仪表测量的监控，物料高度不超过安全高度，使管线处于正常的

	压力范围。 6、罐、阀、管线等设备及其配套仪表要选用合格产品，并把好安装质量关。 7、控制物料流速，流动产生的静电量与物料在管道中的流速成正比。 8、罐区防火堤内不应存有任何易燃物且不应种植油性植物和草类。 9、罐区内的管与管，管与罐，泵与管、管上的金属附件，以及其它相关的工艺设备、设施和它们附近可能发生感应带电的金属物都应接地。罐区入口应设置静电消除器。 10、罐区内严禁明火，动火检修时应办理动火令。 11、使用青铜或镀铜工具，严禁钢质工具敲打、撞击、抛掷。
--	---

附表 5.4.1-9 装车系统预先危险性分析表

危险源位置	装车台
事故类型	火灾、爆炸
触发条件	1、灌装流速过快，导致静电聚集。 2、过量充装，导致外溢。 3、连接管道、阀门、管件材质不符合要求，选型不当，不符合介质的使用要求； 4、违反操作规程、管理规定； 5、运输车辆、装车设备未接地或接地不良； 6、装车鹤管缺陷，人员操作不当，导致灌装物料大量泄漏； 7、装车过程未拆卸接装口，车辆误动导致管线拉扯断，设备内物料泄漏； 8、液化天然气管线距道路过近，车辆撞击或其他外力损坏。
事故后果	人员伤亡，财产损失
危险等级	IV
对策措施	1、设计合适的输送泵和管径，控制灌装流速，灌装完毕后进行静置。 2 加强维护、检修，保持灌装计量完好，防止过量充装。 3、充装的连接管线、阀门、管件的选型应符合介质及使用条件的要求，并选用有制造资质单位的合格产品。 4、运输车辆应具有危险化学品运输资质，液化天然气储罐应为具有生产资格的单位生产的产品。 灌装区应设可燃气体报警仪。 6、严格操作规程、管理规程，严禁违章灌装。 7、装车车辆应设置可靠的接地，输送管线应设置可靠的接地，应设置防静电跨接。 8、作业场所严禁使用非防爆通讯工具，进入灌装区域人员，必须消除人

	体静电，现场作业人员必须穿防静电服和防静电鞋，作业现场禁止穿脱衣服、帽子或类似物。 9、装运该物品的车辆排气管必须配备阻火装置。
--	--

附表 5.4.1-10 自动控制系统预先危险性分析

事故类型	自动控制系统误动、拒动、失灵
触发条件	1、自控系统在设计、性能、软件、开关量冗余配置上存在问题； 2、硬件配置不匹配。 3、个别硬件设计不完善、质量有缺陷； 4、电源设计不合理、可靠。电缆没有进行屏蔽 5、没有考虑系统的抗干扰措施、自诊断和自恢复能力，I/O 通道没有隔离措施； 6、自动控制保护装置定值不准确； 7、随意解除运行中的保护； 8、控制系统故障，如：测温、测压、自动调整控制失灵。
事故后果	人员伤亡设备损坏
危险等级	II～III
对策措施	1、系统和控制器的配置要重点考虑可靠性和负荷率（包括冗余度）指标； 2、系统控制逻辑的分配，不宜过分集中在某个控制器上，主要控制器应采用冗余配置； 3、电源设计必须合理、可靠； 4、要注重自动控制系统接口的可靠性措施； 5、加强系统的抗干扰措施、自诊断和自恢复能力，I/O 通道应强调隔离措施。电缆的质量与屏蔽问题也必须高度重视； 6、要充分考虑主辅设备的可控性； 7、规范系统软件和应用软件的管理； 8、定期进行保护定值的核实检查和保护的動作试验； 9、自动控制器必须冗余配置且可自动无扰切换； 10、应加强定期巡视检查若发生热工保护系统故障，必须开具工作票经总工程师批准后，迅速处理。 11、自动保护及其配置和技术指标必须满足 DCS 相应的标准要求； 12、按规程完善保护系统。不能随意解除运行中的保护； 13、自动控制设备进行有效接地； 14、自动控制系统的环境温度、湿度应适宜，采取防尘、防高温、防冻措施。

附表 5.4.1-11 电气系统预先危险性分析表

潜在事故	触电（使用电器的场所如变配电室、泵类机械、照明设备等）
------	-----------------------------

危险因素	漏电、绝缘损坏、安全距离不够、雷击
触发事件一	1、安全距离不够（如架空线路、室内线路、变配电设备、用电设备及检修的安全距离）； 2、设备漏电；3、绝缘损坏、老化；4、保护接地、接零不当； 5、手持电动工具类别选择不当，疏于管理； 6、建筑结构未做到“五防一通”（即防火防水、防漏、防雨雪、防小动物和通风良好）；7、防护用品和工具质量缺陷或使用不当； 8.雷击。
发生条件	1、人体接触带电体； 2、安全距离不够，引起电击穿； 3、通过人体的电流时间超过 50 mA/s； 4、设备外壳带电
触发事件二	1、手及人体其它部位、随身金属物品触及带电体，或因空气潮湿，安全距离不够，造成电击穿； 2、电气设备漏电、绝缘损坏；3、电气设备金属外壳接地不良； 4、防护用品、电动工具检验、更新程序有缺陷； 5、防护用品、电动工具使用方法不当； 6、电工违章作业或非电工违章操作； 7、雷电（直接雷、感应雷、雷电侵入波）。
事故后果	人员伤亡、引发二次事故
危险等级	III 级
危险程度	危险的
防范措施	1、电气绝缘等级要与使用电压、环境动作条件相符，并定期检查、维护、保持完好状态； 2、采用遮拦、护罩、箱匣等防护措施，防止人体接触带电体； 3、架空、室内线、所有漏电设备及其检修作业要有安全距离； 4、严格按标准要求对电气设备做好保护接地和三相接零； 5、按制度对强电线路加强管理、巡查、检修。 6、电焊机绝缘完好、接线不裸露，定期检测漏电，电焊作业者穿戴防护用品，注意夏季防触电，有监护和应急措施； 7、根据作业场所特点正确选择 I、II、III类手持电动工具，确保安全可靠，并根据要求严格执行安全操作规程； 8、建立、健全并严格执行电气安全规章制度和电气操作规程； 9、坚持对员工的电气安全操作和急救方法的培训、教育； 10、定期进行电气安全检查，严禁“三违”； 11、对防雷措施进行定期检查、检测，保持完好、可靠状态； 12、制定并执行电气设备使用、保管、维修、更新程序；

附表 5.4.1-12 变配电系统预先危险性分析表

序号	潜在事故	触发条件	事故后果	危险等级	对策措施
1	变压器损坏爆炸	1、没有明确变压器专责人员及其职责,从而导致了管理上的松懈。 2、对新购变压器类设备没有进行认真的验收 3、由于套管、冷却器、潜油泵、气体继电器、压力释放阀、导线、分接开关等附件质量不良,导致变压器的故障。 4、主变压器在投产前或大修后,未进行现场局部放电试验。5、设备密封不良,导致变压器、互感器进水或空气受潮。6、变压器冷却器潜油泵负压区出现渗漏油。 7、套管的伞裙间距低于标准,发生污闪事故。8、潜油泵的轴承磨损,长期运行破碎后,将破损物带入变压器内,引起变压器运行异常。 9、由于油品质量和油务管理存在的问题,造成油介损异常、变压器烧毁。10、套管安装就位后,内部气体没有充分逸出,发生套管内部放电。11、潜油泵没采用低速油泵,造成油流静电放电。 12、变压器的消防设施不完善。 13、中性点保护和防雷设施不完善。主变压器防雷系统失效。主变压器中性点及外壳未按反措要求进行双扁钢接地。14、变压器出口及近区发生短路,引起变压器内部损坏。15、未按规定进行色谱测和微水监督。16、冷却系统故障,造成上层油温高。17、铁芯两点或多点接地,漏磁造成	设备损坏人员伤亡	II ~ III	1、设备采购时,应要求制造厂有可靠、密封措施。2、对运行中的设备,如密封不良,应采取改进措施,确保防止变压器、互感器进水或空气受潮。3、加强运行巡视,应特别注意变压器冷却器潜油泵负压区出现的渗漏油。4、防止套管、引线、分接开关引起事故。套管的泄漏比距低于标准的,应采取加硅橡胶伞裙套和涂刷有机硅涂料等措施,防止污闪事故。5、油泵应选用低速油泵。潜油泵轴承应采用 E 级或 D 级轴承。6、每年进行至少一次红外成像测温检查。7、加强油质管理,对运行中油应严格执行有关标准。8、特别注意对套管的质量检查和运行监视,防止运行中发生爆炸喷油,引起变压器着火。9、要按《电力设备典型消防规程》(DL 5027-1993)的规定设置变压器的防爆墙。10、套管安装就位后,带电前必须静放。对保存期超过 1 年的 220KV 及以上套管,安装前应进行局放试验、一定电压下的介损试验和油色谱分析;11、套管渗漏油时,应及时处理,防止内部受潮而

		变压器本体局部过热。18、套管接头接触不良，发热，无红外测温装置，不能够有效发现热缺陷。			损坏。12、定期观察套管油位。当套管缺油时，应认真查找原因，并进行补油。
2	接地网事故	1、接地电阻不合格；2、接地装置局部范围腐蚀严重、断裂；3、接地网的动、热稳定性不满足要求；4、接地网设计单位在设计时，存在着接地网布置不合理、考虑因素不齐全；5、施工单位没有严格按照设计进行施工；6、变压器、断路器、电压及电流互感器等与主接地网间只有单根连接或接地下线热容量不够；7、接地装置引下线的导通检测工作没有定期进行；8、电气设备与接地网没有连接或连接失败。	人身伤害设备损坏机组停运	II ~ III	1、做好接地装置的热稳定容量校核工作，提出完善的接地网不同地点连接，认真按图施工，隐蔽工程应按程序验收合格；2、要确保接地装置的质量，试验连接可靠；3、变压器中性点、重要设备及构架，宜有2根与主接地网不同地点连接，且每根引下线均应符合热稳定的要求，连接下线应便于定期进行检查测试；4、接地装置引下线的导通检测工作应每年进行一次，根据历次测量结果进行分析比较，以决定是否需要进行开挖、处理；5、接地网接地电阻应合格；6、应定期测试各种设备与接地网的连接情况，严禁设备失地运行。
3	继电保护事故	1、误碰继电保护装置； 2、误接线； 3、整定错误； 4、设备存在缺陷。	设备损坏	II ~ III	1、继电保护装置必须满足以下四个基本要求：选择性、快速性、灵敏性、可靠性。2、配置专用的继电保护调试设备，合理使用继电保护仪器、仪表，和正确的试验接线；3、加强继电保护工作人员专业技能和职业素质的培养；4、编制继电保护运行规程和典型操作票，在检修工作中必须执行继电保护专用工作票（安全措施卡）制度。

4	误操作、触电事故	1、不执行“两票”及安规中的有关规定； 2、无闭锁装置或失灵； 3、绝缘损坏、设备漏电； 4、接地设施及漏电保护不完善； 5、闭锁失灵后，解锁管理混乱； 6、各种防护措施和防护用品缺陷（无遮拦、没穿绝缘靴）	引起烧伤、死亡设备损坏、机组停运较大经济损失	III	1、应选用具有“五防”功能的开关柜。升压站、高压配电室闭锁装置可靠；2、检修和生活电源均应加装漏电保护器并定期试验；3、接地可靠、电阻合格；4、强化安全管理、提高员工自我保护意识；5、严格执行“两票”制度；6、强化解锁管理，防止误操作；7、防触电的各类防护措施应齐全到位，工作人员应配备绝缘工具和劳动保护用品。
5	高压配电装置污闪、短路事故	1、高压开关设备选型不当，性能不能满足使用工况的要求。2、制造、安装质量达不到产品技术条件要求。3、开关设备维护不及时，由于操作机构有缺陷而使开关拒分、拒合和误动。4、开关柜及相对地绝缘距离小，绝缘裕度不够，在污秽、雷电、潮湿、操作过电压条件下易闪络；5、开关支持瓷瓶、母线支持瓷瓶、电流互感器爬电距离小，在脏污情况下不能保证安全运行。6、绝缘隔板材质不符合运行工况的要求，易受潮、凝露导致带电体对其放电引起闪络；7、电流互感器、热稳定性差，抗短路故障能力弱，当发生短路故障时，造成电流互感器爆炸或对地闪络；8、在手车柜推入柜内之前，没有检查开关设备的位置，在合闸位置推入手车；9、某些产品达不到额定截流水平或触头接触不良，从而引起隔离触头发热，或引起弧光造	设备损坏，大面积停电；极易造成停机事故	II ~ III	1、产品选型要针对现场的实际使用要求；2、认真做好设备的全过程管理，从选型、制造质量、安装验收、运行维护、检修测试等各个环节均要加强管理，认真对待；3、在使用期间，定期对设备维护、检测，使设备保持正常工作的状态；4、选用新型的适合恶劣气候条件下使用的元件和材料，如支持绝缘子、电流互感器、电压互感器、隔离开关、接地开关和新型耐高温、阻燃、耐弧型绝缘隔板，可以提高绝缘水平，减少绝缘事故；5、对开关柜柜间进行封堵，可以避免发生“火烧连营”事故，但要考虑加强门的强度和设置放爆门，避免发生内部电弧导致开关柜爆炸伤人；6、对母线和带电部位采用绝缘母线和绝缘封闭，

		成短路。10、小动物进入开关柜，引起接地飞弧； 11、开关柜柜间未隔开，一台开关柜内部事故导致飞弧或空气绝缘下降，多处放电； 12、断流容量不足而造成开关设备烧损或爆炸； 13、隔离开关检修超周期。			在不规则的带电部位也可采用绝缘涂料，能改善相间和对地绝缘性能；7、改善手车柜隔离插头加工装配工艺和触头电气性能，避免因接触不良过热引起电弧。手车柜推入柜内之前应检查开关设备位置；8、防止小动物进入造成相对地闪络；9、采取降低过电压措施，避免弧光接地过电压或谐振过电压造成绝缘闪络；10、改善开关柜的运行环境，加强去污清扫工作，定期检查柜内各零部件；11、采用五防装置运行可靠的开关柜，严禁五防功能不完善的开关柜进入系统使用；12、定时校核开关设备短路容量；
--	--	---	--	--	--

附表 5.4.1-13 空压系统预先危险性分析表

序号	潜在事故	触发条件	事故后果	危险等级	对策措施
1	空压机、储气罐爆炸	1、由于油路堵塞造成缺油，导致超温，引发燃烧、爆炸； 2、冷却水供应不足，导致超温，引发燃烧、爆炸； 3、储气罐本体引出气管故障使基础地脚松动产生疲劳裂纹； 4、储气罐本体接近腐蚀性气体及液体； 5、罐内积存废油和污水产生严重腐蚀； 6、各种压力表、温度计、报警装置、紧急停车失灵。	设备损坏人员伤亡	III	1、各类安全附件必须完好、灵敏； 2、严格按照规程操作； 3、对承压部件及安全附件定期进行检验； 4、坚持巡回检查，并做好各类记录； 5、操作人员持证上岗； 6、对压力表、安全阀、报警装置等应定时具有资质的有关部门检验，并于检验合格后使用。

2	空气压缩机噪声	空气压缩机组、管道、及其建筑物没采用隔声、消声和吸声等降低噪声的措施。	噪声危害	I	采取隔声、消声和吸声措施和个体防护。
3	管道爆破	1、设计原因包括：选用材料不当；阀门、管件选型不合理；2、安装不合理；3、管理不善及年久失修。	设备损坏、人员伤亡	III	1、设计时按规定选材； 2、按照装配要求合理安装； 3、制度运行维护及检修制度。在运行中严格执行。
4	空气压缩机机械伤害	1、旋转部分无防护罩或防护罩损坏或防护罩尺寸不符合要求；2、违反操作规程；	设备损坏、人员伤亡	II~III	1、在泵及电机及其他机械的旋转部位安装防护罩； 2、严格执行安全操作规程，建立奖惩制度。
5	电动机内发生火花、燃烧	设计、选型有缺陷；电动机接线柱松动，电缆没有良好接触，出现虚连；电气线路短路，打火；电动机受油污污染，存在可燃物；电动机绕组制造有缺陷，使用不当，过载，造成电动机超温。	设备损坏	II~III	空气压缩机驱动设备——电动机不得过载，要经常维护保养，以防止短路或其他事故；
6	压力不稳或超压、超温导致停车或事故	安全阀、压力表、温度计、等没有安装、失效或指数不准	设备损坏	II~III	1、各级调节阀要灵敏好用，联锁装置齐全，一旦超压、超温，应能自动停车； 2、安全阀、压力表、温度计要灵敏可靠，指读准确，出现故障立即停车处理。
7	压差过大；造成压缩机机械故障	空气滤芯堵塞，进气阀、排气阀堵塞；电磁阀、调节器、自动温度调节阀等故障，导致阀调节不准或失效	设备损坏	II~III	1、定期检查进气、排气系统，防止压差过大； 2、做好安全检查，认真执行操作制度，严格执行安全技术操作规程。

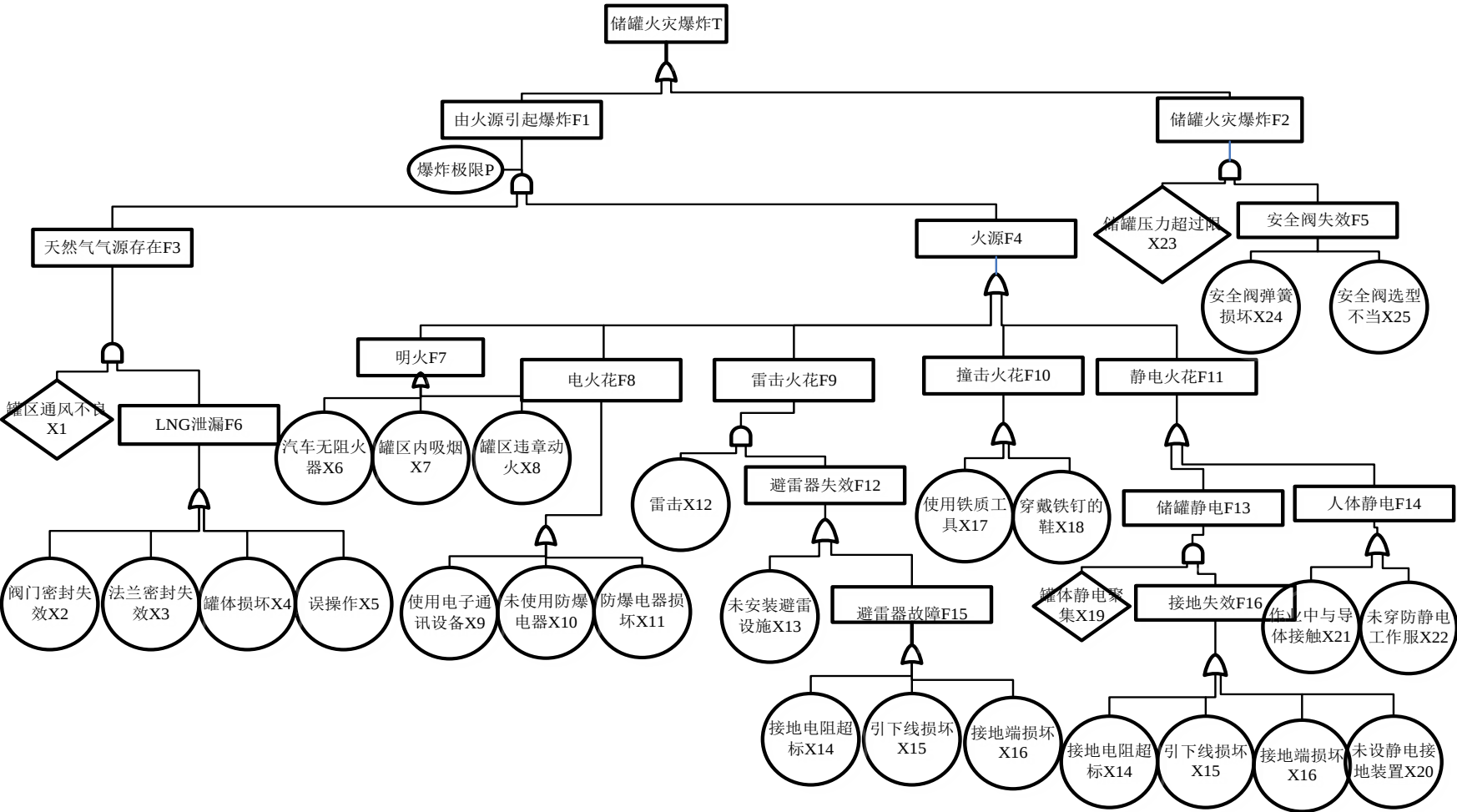
小结:应用预先危险性分析法对各个作业场所(单元)进行分析,在生产过程中存在着车辆伤害、火灾爆炸、中毒窒息、低温伤害、触电、高处坠落、机械伤害、噪声伤害、腐蚀等危害。其中火灾、爆炸、中毒窒息危害等级为IV级(灾难性的)。其余危害等级为II~III级(临界的、危险的)。

F5.4.2 液化天然气储罐火灾爆炸事故树分析

F5.4.2.1 建立液化天然气储罐火灾与爆炸事故树

根据顶事件确定原则,取:“液化天然气储罐火灾、爆炸”作为顶事件。顶事件确定后,分析引起顶事件发生的最直接、充分和必要的原因。引起液化天然气储罐火灾、爆炸有两种原因:一是化学爆炸,即罐内液化天然气泄漏,遇空气、火源发生爆炸;二是物理爆炸,即罐内压力急剧升高,罐体泄压系统失灵,压力超过罐体所能承受的压力,发生爆炸事故。

然后把引起顶事件发生的各种可能原因又分别看作顶事件,采用类似的方法继续往下分析,建立以逻辑门符号表示的液化天然气储罐火灾、爆炸事故树,如附图 5.4.2.1 所示。该事故树共考虑了 25 个不同的底事件。



附图 5.4.2.1 液化天然气储罐火灾爆炸事故树

F5.4.2.2 液化天然气储罐火灾、爆炸事故树分析

F5.4.2.2.1 最小割集计算

定性分析是从事故树结构出发，分析各底事件的发生对顶事件发生所产生的影响程度。定性分析目的是找出事故树的所有最小割集，发现系统故障或导致顶事件发生的全部可能原因，并定性地识别系统的薄弱环节。最小割集是导致顶事件发生的必要且充分的底事件的集合。利用布尔代数化简法进行计算。

$$\begin{aligned}
 T &= F_1 + F_2 = F_3 \quad F_4 + X_{23} \quad F_5 = X_1 F_6 \quad (F_2 + F_8 + F_9 + F_{10} + F_{11}) + X_{23} \quad (X_{24} + X_{25}) \\
 &= X_1 \quad (X_2 + X_3 + X_4 + X_5) \quad (X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} F_{12} + X_{17} + X_{18} + F_{13} + F_{14}) \\
 &\quad + X_{23} X_{24} + X_{23} X_{25} \\
 &= X_1 \quad (X_2 + X_3 + X_4 + X_5) \quad [X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} \quad (X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16}) \\
 &\quad + X_{17} + X_{18} + X_{19} \quad (X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{20}) + X_{21} + X_{22}] + X_{23} X_{24} + X_{23} X_{25} \\
 &= X_1 X_2 X_6 + X_1 X_2 X_7 + X_1 X_2 X_8 + X_1 X_2 X_9 + X_1 X_2 X_{10} + X_1 X_2 X_{11} + X_1 X_2 X_{17} + X_1 X_2 X_{18} + X_1 X_2 X_{21} + X_1 X_2 X_{22} + X_1 X_3 X_6 + X_1 X_3 X_7 + X_1 X_3 X_8 + X_1 X_3 X_9 + X_1 X_3 X_{10} + X_1 X_3 X_{11} + X_1 X_3 X_{17} + X_1 X_3 X_{18} + X_1 X_3 X_{21} + X_1 X_3 X_{22} + X_1 X_4 X_6 + X_1 X_4 X_7 + X_1 X_4 X_8 + X_1 X_4 X_9 + X_1 X_4 X_{10} + X_1 X_4 X_{11} + X_1 X_4 X_{17} + X_1 X_4 X_{18} + X_1 X_4 X_{21} + X_1 X_4 X_{22} + X_1 X_5 X_6 + X_1 X_5 X_7 + X_1 X_5 X_8 + X_1 X_5 X_9 + X_1 X_5 X_{10} + X_1 X_5 X_{11} + X_1 X_5 X_{17} + X_1 X_5 X_{18} + X_1 X_5 X_{21} + X_1 X_5 X_{22} + X_1 X_2 X_{12} X_1 + X_1 X_2 X_{12} X_{14} + X_1 X_2 X_{12} X_{15} + X_1 X_2 X_{12} X_{16} + X_1 X_2 X_{14} X_{19} + X_1 X_2 X_{15} X_{19} + X_1 X_2 X_{16} X_{19} + X_1 X_2 X_{19} X_{20} + X_1 X_3 X_{12} X_{13} + X_1 X_3 X_{12} X_{14} + X_1 X_3 X_{12} X_{15} + X_1 X_3 X_{12} X_{16} + X_1 X_3 X_{14} X_{19} + X_1 X_3 X_{15} X_{19} + X_1 X_3 X_{16} X_{19} + X_1 X_3 X_{19} X_{20} + X_1 X_4 X_{12} X_{13} + X_1 X_4 X_{12} X_{14} + X_1 X_4 X_{12} X_{16} + X_1 X_4 X_{12} X_{19} + X_1 X_4 X_{14} X_{19} + X_1 X_4 X_{15} X_{19} + X_1 X_4 X_{16} X_{19} + X_1 X_4 X_{19} X_{20} + X_1 X_5 X_{12} X_{13} + X_1 X_5 X_{12} X_{14} + X_1 X_5 X_{12} X_{15} + X_1 X_5 X_{12} X_{16} + X_1 X_5 X_{14} X_{19} + X_1 X_5 X_{15} X_{19} + X_1 X_5 X_{16} X_{19} + X_1 X_5 X_{19} X_{20} + X_{23} X_{24} + X_{23} X_{25}
 \end{aligned}$$

计算结果表明，液化天然气储罐火灾、爆炸事故树有 2 个二阶最小割

集；40 个三阶最小割集；32 个四阶最小割集。由割集理论可知，

F5.4.2.2.2 结构重要度计算

不考虑各事件发生频率，通过评价软件对该事故树进行结构重要度计算得出，结构重要度：

$I(1) > I(2) = I(3) = I(4) = I(5) > I(19) = I(12) > I(14) = I(15) = I(16) > I(18) = I(21) = I(9) = I(17) = I(6) = I(22) = I(7) = I(8) = I(10) = I(11) > I(23) = I(13) = I(20) > I(24) = I(25)$

即结构重要度：

罐区通风不良 > 阀门密封失效 = 法兰密封失效 = 罐体损坏 = 误操作液化天然气泄漏 > 罐体静电聚集 = 雷击 > 接地电阻超标 = 引下线损坏 = 接地端损坏 > 穿带铁钉的鞋 = 作业中与导体接触 = 使用电子通信工具 = 使用铁质工具工作 = 使用未带阻火器的汽车 = 未穿防静电服工作 = 罐区内吸烟 = 罐区内违章动火 = 未使用防爆电器 = 防爆电器损坏 > 储罐压力超过限 = 未安装避雷设施 = 未设静电接地装置 > 安全阀弹簧损坏 = 安全阀选型不当。

因此，在不考虑事故发生频率的情况下，罐区通风不良、阀门密封失效、法兰密封失效、罐体损坏、误操作等，是引发储罐火灾爆炸事故的主要因素。

F5.4.3 各作业场所（单元）事件树分析

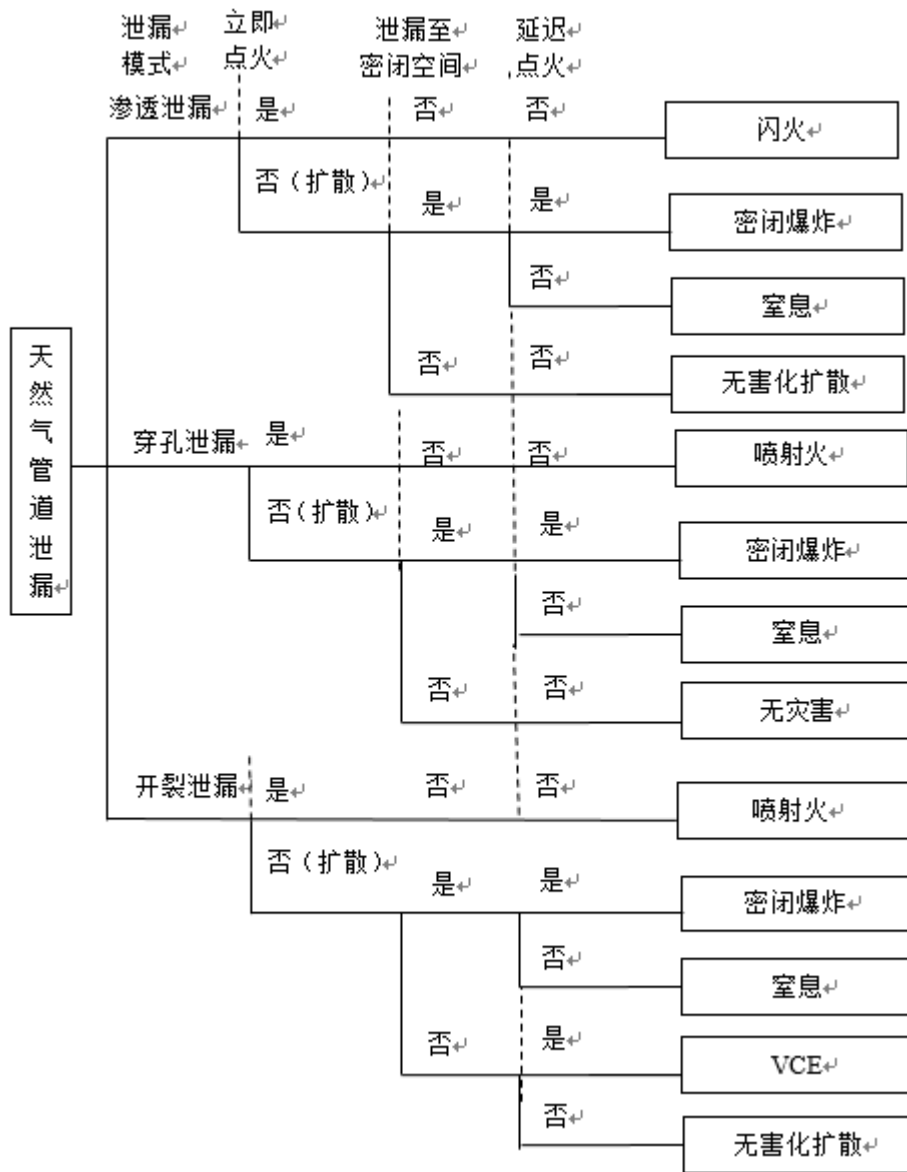
本项目中，天然气泄漏包括气态天然气泄漏和液态天然气泄漏两种情况。

F5.4.3.1 原料气管道风险事件树分析

引起管道安全风险的直接危害事件是燃气泄漏。采用事件树分析管道泄漏所导致的后续事件和因果事件。

由于本项目天然气原料采用管道输送，因此选择天然气泄漏作为事件树分析的初因事件，将天然气管道泄漏中渗透泄漏、穿孔泄漏和开裂泄漏这

3 种基本模式同时作为事件树分析的初因事件。附图 5.4.3.1 中，由于后续事件是否发生而使得管道泄漏具有 13 种不同的后果。



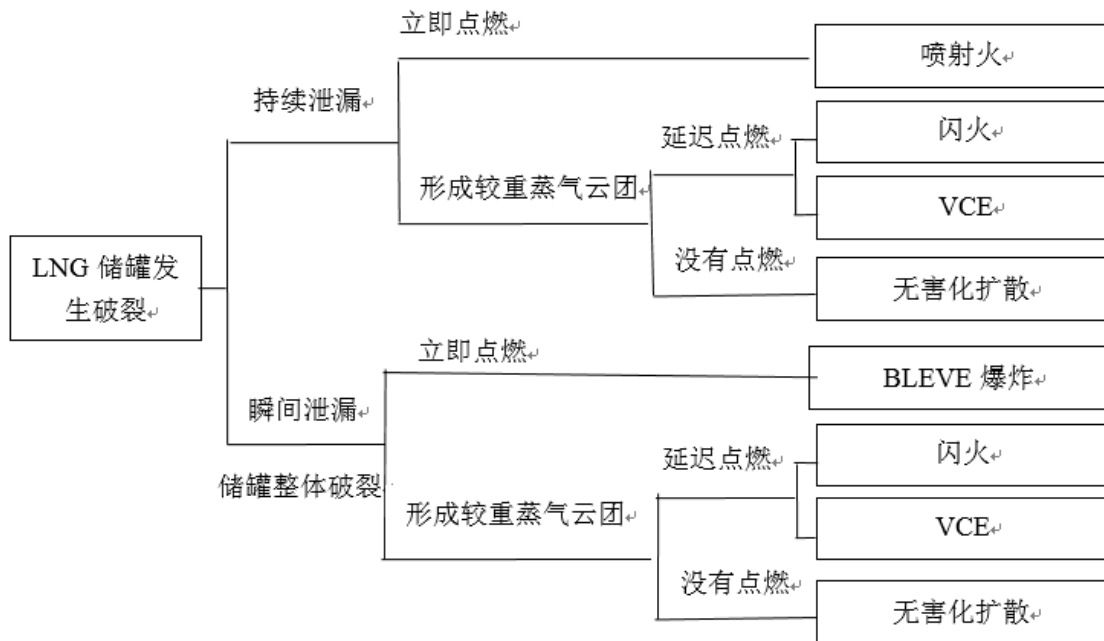
附图 5.4.3.1 天然气管道泄漏事件树

天然气管道渗透泄漏包括天然气从管道直接渗透到空气中以及管道穿孔、开裂并经过土壤渗透到空气中两种情况，而穿孔泄漏和开裂泄漏则表示天然气由于管道穿孔或开裂而直接泄漏到空气中，燃气以任何种模式泄漏由管道的敷设方式及失效原因决定。立即点燃泛指天然气泄漏后且未大量积聚前被点燃的情况，即不会导致爆炸、闪火、火球情况的点燃，而非仅指

燃气一泄漏就马上就点燃。燃气发生立即点燃后，由于燃气被消耗掉，因而也不会再发生泄漏到密闭空间或燃气被点燃的情况。渗透泄漏由于泄漏流量小，压力降低到较低水平，立即点燃后一半发生普通的着火，而不会发生射流火灾。而穿孔泄漏和开裂泄漏后的立即点燃，则会产生喷射火，从而导致射流火灾。天然气泄漏到密闭空间时，若被引爆，则会发生密闭空间爆炸，若密闭空间里有人，即使不被引爆，也有可能导致窒息。天然气管道开裂，且泄漏流量特别大时，即使泄漏在开敞空间，也有可能被引爆，从而发生开敞空间气云爆炸。

F5.4.3.2 液化天然气储罐事件树分析

液化天然气低温储罐是大型天然气液化天然气项目的主体设备。对低温液化天然气泄漏引起火灾爆炸发生的不同事故情形可以进行定性分析，结果见附图 5.4.3.2。



附图 5.4.3.2 液化天然气储罐破裂事件树

液化天然气一旦发生泄漏就会立即沸腾而气化，在气化过程中从周围环境（地面、水泥构件、管道系统，甚至空气）中吸收热量。开始液化天然

气比空气重，随着时间的推移，逐渐地吸收热量，它与周围环境温度渐渐接近，液化天然气密度逐渐小于空气密度。此时，蒸发气体随气流或风力漂移到其他地方，会在非常低的浓度（一般是体积的 5%~15%）下起火爆炸。因此，蒸气云的边缘很容易遇到火源起火爆炸，并且会迅速向蒸发的液池回火燃烧，如果对这种泄漏不采取正确的防护措施，储罐及其周围设施都会因热辐射遭受严重破坏。

在火灾条件下，当罐体表面出现破裂后，在容器内高压的驱动下，天然气以气态、液态或气液两相流的形式高速喷出。对于泄漏引起火灾发生的不同事故情况可以进行定性分析。

易燃气体泄漏到空气中，其蒸气与空气混合形成可燃性云雾，当这种云雾的浓度处于爆炸范围时，遇到火源将发生爆炸，产生冲击波，对周围的人员和设施造成一定的损伤或破坏。这就是所谓的蒸气云爆炸。

F5.5 各个作业场所（单元）的定量评价内容

F5.5.1 固有风险程度分析

F5.5.1.1 具有可燃性、爆炸性的化学品数量、状态和所在的作业场所（部位）及其状况（温度、压力）

附表 5.5.1.2 具有可燃性、爆炸性的化学品数量、状态和所在的作业场所（部位）及其状况（温度、压力）

序号	作业场所	化学品名称	数量 (t)	最大压力 (MPa)	温度 (℃)	火灾危险性
1	天然气净化液化系统	天然气	4.2	3.0~4.0	20~320	甲类
3	液化天然气储罐	液化天然气	8470	常压	-162	甲 _A 类
4	重烃储罐	重烃	98	常压	-185~66	
5	液化天然气装车区	液化天然气	0.43	常压	-162	甲 _A 类
6	胺罐	MDEA	4	常压	66	丙类
7	乙烯储罐	乙烯	16	常压	-185~66	甲类
8	异戊烷储罐	异戊烷	8.7	常压	-185~66	甲 _B 类

F5.5.1.2 爆炸性化学品的梯恩梯当量

附表 5.5.1.2 爆炸性化学品的梯恩梯当量

序号	作业场所（单元）	爆炸性化学物质名称	介质质量（t）	梯恩梯（TNT）当量（t）
1	天然气净化液化系统	天然气	4.2	2.1
2	液化天然气储罐	液化天然气	8470	4050.9
3	液化天然气装车区	液化天然气	0.43	0.21
4	乙烯储罐	乙烯	16	7.11
5	异戊烷储罐	异戊烷	8.7	3.74

F5.5.1.3 可燃性化学品完全燃烧后释放的热量

附表 5.5.1.3 可燃性化学品的梯恩梯当量

序号	作业场所（单元）	爆炸性化学物质名称	介质质量（t）	燃烧后放出的热量（MJ）
1	天然气净化液化系统	天然气	4.2	232911
2	液化天然气储罐	液化天然气	8470	4.7×10^8
3	液化天然气装车区	液化天然气	0.43	23845.65
4	乙烯储罐	乙烯	16	803760.3
5	异戊烷储罐	异戊烷	8.7	422531.2

F5.5.1.4 有毒化学品的浓度

本项目原料气质量较好，硫化氢含量低于 0.3 mg/Nm^3 （可研报告提供），该值低于 GBZ 2.1-2007《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分 化学有害因素》规定的硫化氢最高容许浓度 10 mg/m^3 。此外，考虑到原料天然气中的微量硫化氢在脱二氧化碳工艺过程中被 MDEA 吸收后脱除。因此，本项目不涉及有毒化学品。

F5.5.2 液化天然气储罐泄漏事故后果模拟

使用定量风险分析领域认可度较高的 DNV Phast 6.7 软件对 LNG 储罐泄漏事故进行后果模拟计算。

本项目 LNG 储罐拟采用单包容结构，进出液的管道（含液位计、压力表、温度计、安全阀等附件接管）全都从罐顶进出，该结构成熟、可靠、安全，国内容积相当的 LNG 储罐多采用此类结构。GB 50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》第 10.3.5 条关于设计泄漏量的确定，按第 2 款“管道从罐顶进出的储罐围堰区，设计泄漏量按一条管道连续输送 10 min 的最大流量考虑”的要求作为设计泄漏量适合本项目情况。本项目进出储罐最大流量的管道为储罐至装车区的 DN300 管道，流量为 20 kg/s，压力为 0.5 MPa。

F5.5.2.1 液化天然气喷射火事故后果模拟

（1）计算设置

LNG 储罐泄漏引发喷射火事故后果模拟考虑如下的情景：储罐至装车区的 DN300 管道在与储罐连接处附近完全破裂，液化天然气以 20 kg/s 流量，0.5 MPa 压力持续泄漏并立即着火燃烧形成喷射火焰。

具体的计算参数设置由下表给出。

附表 5.5.2.1 喷射火危害范围计算参数设置

参数类别		参数值
危险物质		LNG
气象条件	风速	1.6 ms ^a
	大气温度	16.3 ℃ ^b
	相对湿度	82 % ^c
	大气稳定度	B（不稳定）、D（一般）、F（稳定）
泄漏源强度	泄漏方式	DN300 管道完全破裂，LNG 水平喷出
	罐内物质相态	液态
	罐内物质温度	-163 ℃

^a 当地年平均风速

^b 当地多年平均气温

^c 当地年平均相对湿度

管内介质压力	0.5 MPa
地面粗糙度	25 cm

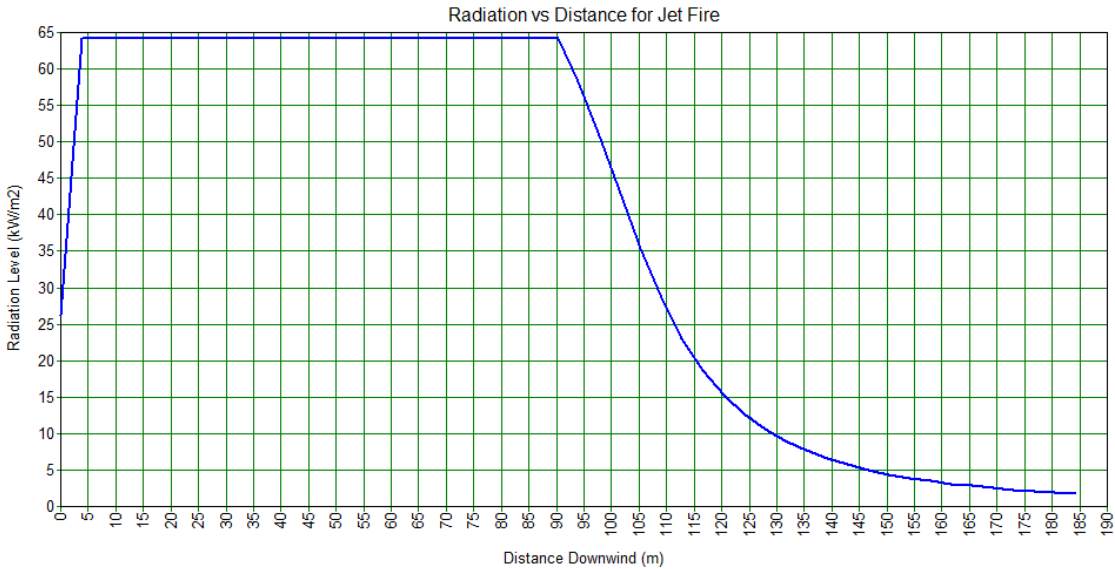
(2) 计算结果

由附表 5.5.2.1 不难发现喷射火事故模拟结果不受大气稳定度影响。

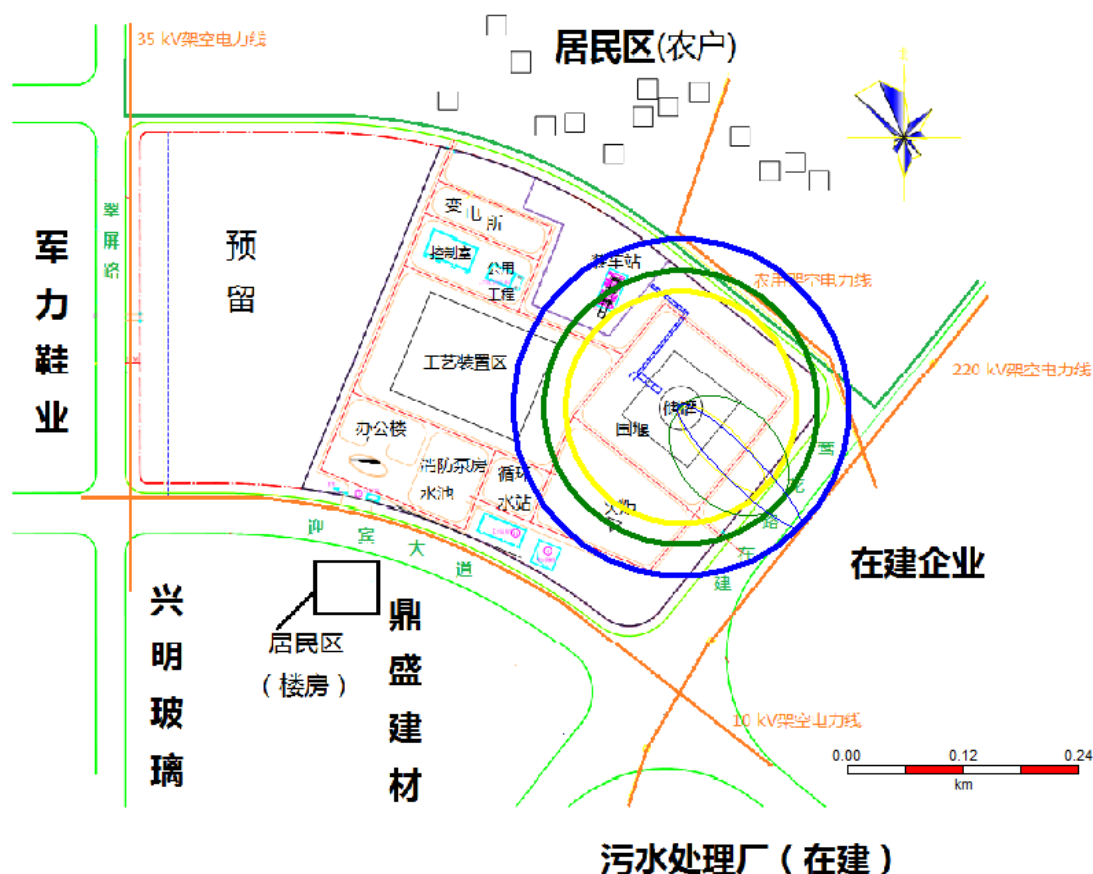
附表 5.5.2.1 LNG 储罐泄漏引发喷射火事故的模拟结果

参数	结果		
	大气稳定度 B	大气稳定度 D	大气稳定度 F
初始喷射速度	34.5 m/s	34.5 m/s	34.5 m/s
火焰长度	92.1 m	92.1 m	92.1 m

图 5.5.2.1-1 给出了喷射火热辐射强度随喷射方向距离的变化规律，可以看出：热辐射强度随喷射方向距离的增加呈先增大后减小的变化规律，最大热辐射强度 64.2 kW/m² 出现在距泄漏点 3.7~90.0 m 位置处。



附图 5.5.2.1-1 LNG 储罐泄漏引发喷射火事故时热辐射强度随喷射方向距离的变化规律



附图 5.5.2.1-2 LNG 储罐泄漏引发喷射火事故时的影响范围

附图 5.5.2.1-2 给出了喷射火事故的影响范围，结果显示：最大可能死亡范围（热辐射通量 37.5 kW/m^2 ）为 104.2 m；最大可能重伤范围（热辐射通量 12.5 kW/m^2 ）为 124.4 m；最大可能轻伤范围（热辐射通量 4 kW/m^2 ）为 153.4 m。

计算结果显示：LNG 储罐泄漏引发喷射火事故时，死亡区域基本位于围堰区，轻、重伤区域位于高架火炬、装车区、公用工程和工艺装置区所在的部分区域；事故不会对周边拟建企业、居民区等造成影响。

F5.5.2.2 天然气蒸汽云扩散事故后果模拟

(1) 计算设置

LNG 储罐泄漏引发天然气蒸汽云扩散事故后果模拟考虑如下的情景：储罐至装车区的 DN300 管道在与储罐连接处附近完全破裂，液化天然气以

20 kg/s 流量，0.5 MPa 压力持续泄漏 10 min，泄漏出的 LNG 受热蒸发形成蒸汽云并发生扩散，扩散过程中不着火爆炸。

具体的计算参数设置由下表给出。

附表 5.5.2.2-1 蒸汽云扩散危害范围计算参数设置

参数类别		参数值
危险物质		LNG
气象条件	风速	1.6 ms ^a
	大气温度	16.3 ℃ ^b
	相对湿度	82 % ^c
	大气稳定度	B（不稳定）、D（一般）、F（稳定）
泄漏源强度	泄漏方式	DN300 管道完全破裂，LNG 水平喷出
	罐内物质相态	液态
	罐内物质温度	-163 ℃
	管内介质压力	0.5 MPa
	介质泄漏时间	10 min
地面粗糙度		25 cm

（2）计算结果

考虑到 GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》规定天然气扩散隔离区边界的空气中甲烷气体平均浓度不应超过 2.5 %（25000 ppm），故本报告天然气蒸汽云扩散事故后果模拟计算以甲烷浓度 2.5 %（25000 ppm）为天然气蒸汽云团边界条件。

附表 5.5.2.2-2 给出了大气稳定度为 F 条件下，LNG 储罐泄漏引发天然气蒸汽云扩散事故的模拟结果。不难看出：随着大气稳定度的增加，天然气蒸汽云最大扩散距离增加，这主要是因为稳定的大气不利于高浓度云团的耗散。

^a 当地年平均风速

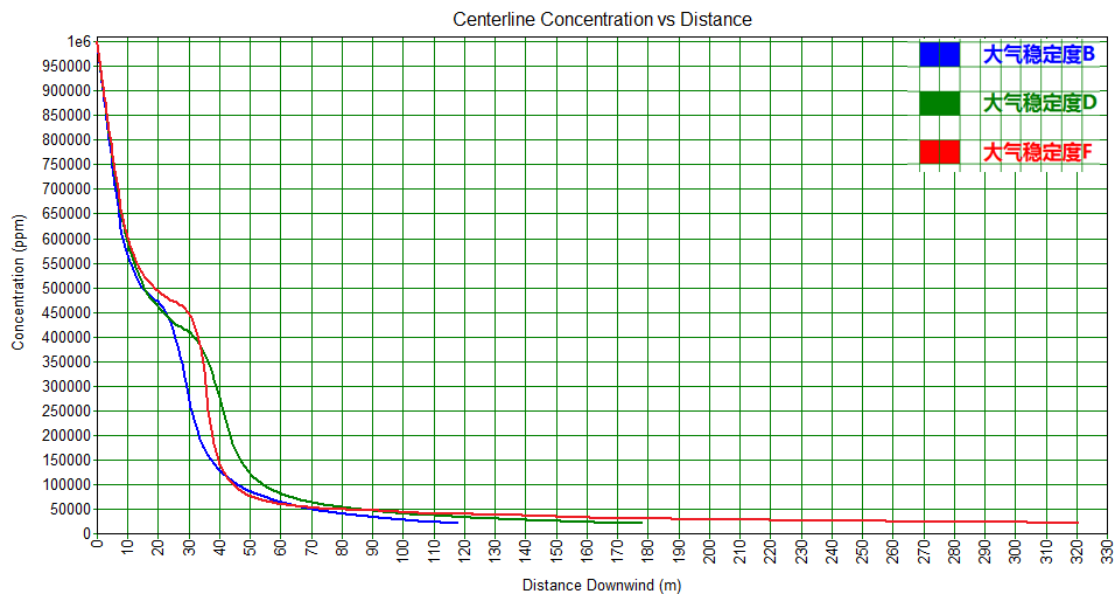
^b 当地多年平均气温

^c 当地年平均相对湿度

附表 5.5.2.2-2 LNG 储罐泄漏引发天然气蒸汽云扩散事故的模拟结果

参数	结果		
	大气稳定度 B	大气稳定度 D	大气稳定度 F
泄漏总量	12000 kg	12000 kg	12000 kg
最大扩散距离 ^a	118.7 m	177.8 m	315.9
达到最大扩散距离的历时	70.2 s	120.3 s	295.3 s

附图 5.2.2.2-1 给出的是天然气云团中心浓度随扩散方向距离的变化规律，可以看出：1）天然气云团中心浓度随距离呈急剧下降趋势；2）大气越不稳定，下降趋势越明显。

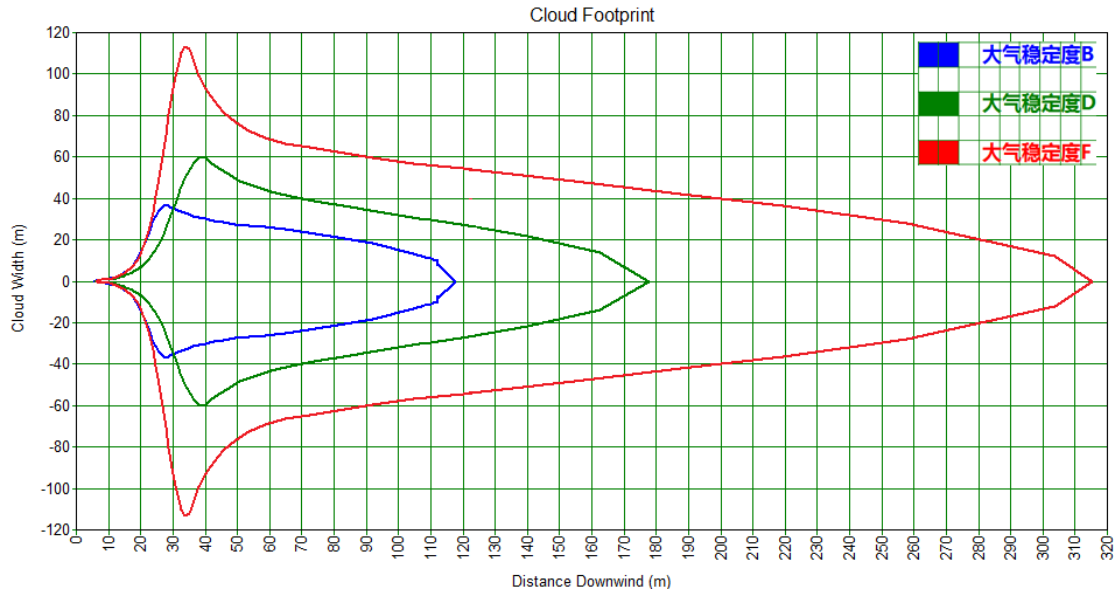


附图 5.5.2.2-1 LNG 储罐泄漏引发天然气蒸汽云扩散事故时

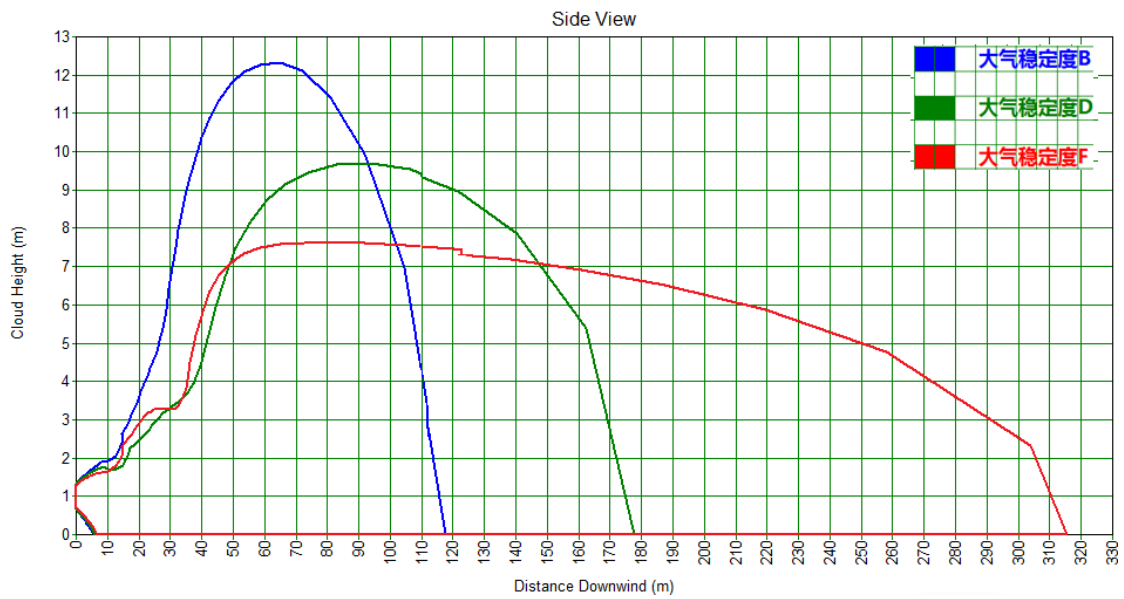
云团中心浓度随扩散方向距离的变化规律

附图 5.5.2.2-2、5.5.2.2-3 给出的是天然气蒸汽云扩散过程中云团边界（甲烷浓度 2.5 %）的俯视图、侧视图。不难发现：大气越稳定，天然气云团扩散距离越远，影响面积越大，这主要是因为稳定的大气不利于高浓度云团的耗散。上述结果说明，LNG 储罐泄漏若发生在夜间（大气稳定度较高），其蒸汽云扩散范围将远大于白天。

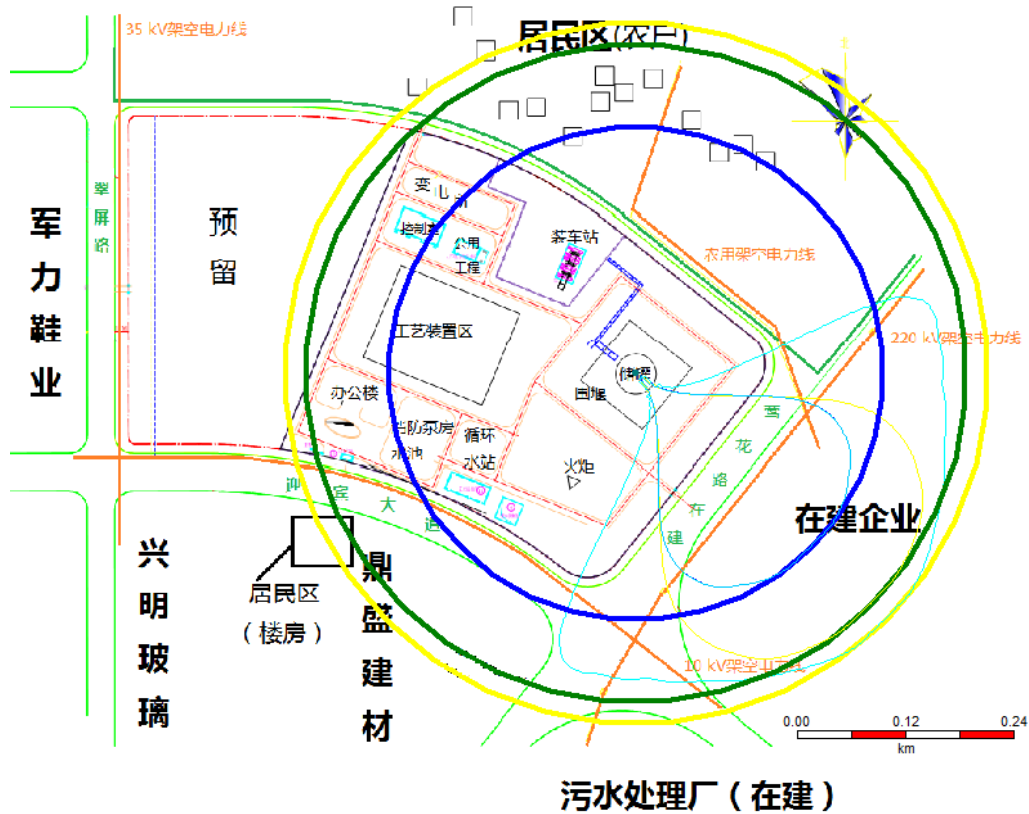
^a 云团中心甲烷浓度下降到 2.5 %（25000 ppm）时与泄漏点的距离



附图 5.5.2.2-2 LNG 储罐泄漏引发天然气蒸汽云扩散事故时云团边界的俯视图



附图 5.5.2.2-3 LNG 储罐泄漏引发天然气蒸汽云扩散事故时云团边界的侧视图



附图 5.5.2.2-4 LNG 储罐泄漏引发天然气蒸汽云扩散事故时影响范围

计算结果显示：LNG 储罐泄漏引发天然气蒸汽云扩散事故时，蒸汽云团最大扩散距离为 350 m（大气稳定度为 F），故事故会对项目北侧居民区造成影响。

F5.5.2.3 天然气蒸汽云爆炸事故后果模拟

（1）计算设置

LNG 储罐泄漏引发天然气蒸汽云爆炸事故后果模拟考虑如下的情景：储罐至装车区的 DN300 管道在与储罐连接处附近完全破裂，液化天然气以 20 kg/s 流量，0.16 MPa 压力持续泄漏 10 min，泄漏出的 LNG 受热蒸发形成蒸汽云并发生扩散，云团漂移到最大扩散距离时着火爆炸。

具体的计算参数设置由下表给出。

附表 5.5.2.3-1 蒸汽云爆炸危害范围计算参数设置

参数类别	参数值
------	-----

危险物质	LNG	
气象条件 ^a	风速	1.0 m/s
	大气温度	21 ℃
	相对湿度	50 %
	大气稳定度	F（稳定）
泄漏源强度	泄漏方式	DN300 管道完全破裂，LNG 水平喷出
	罐内物质相态	液态
	罐内物质温度	-163 ℃
	管内介质压力	0.16 MPa
	介质泄漏时间	10 min
地面粗糙度	25 cm	

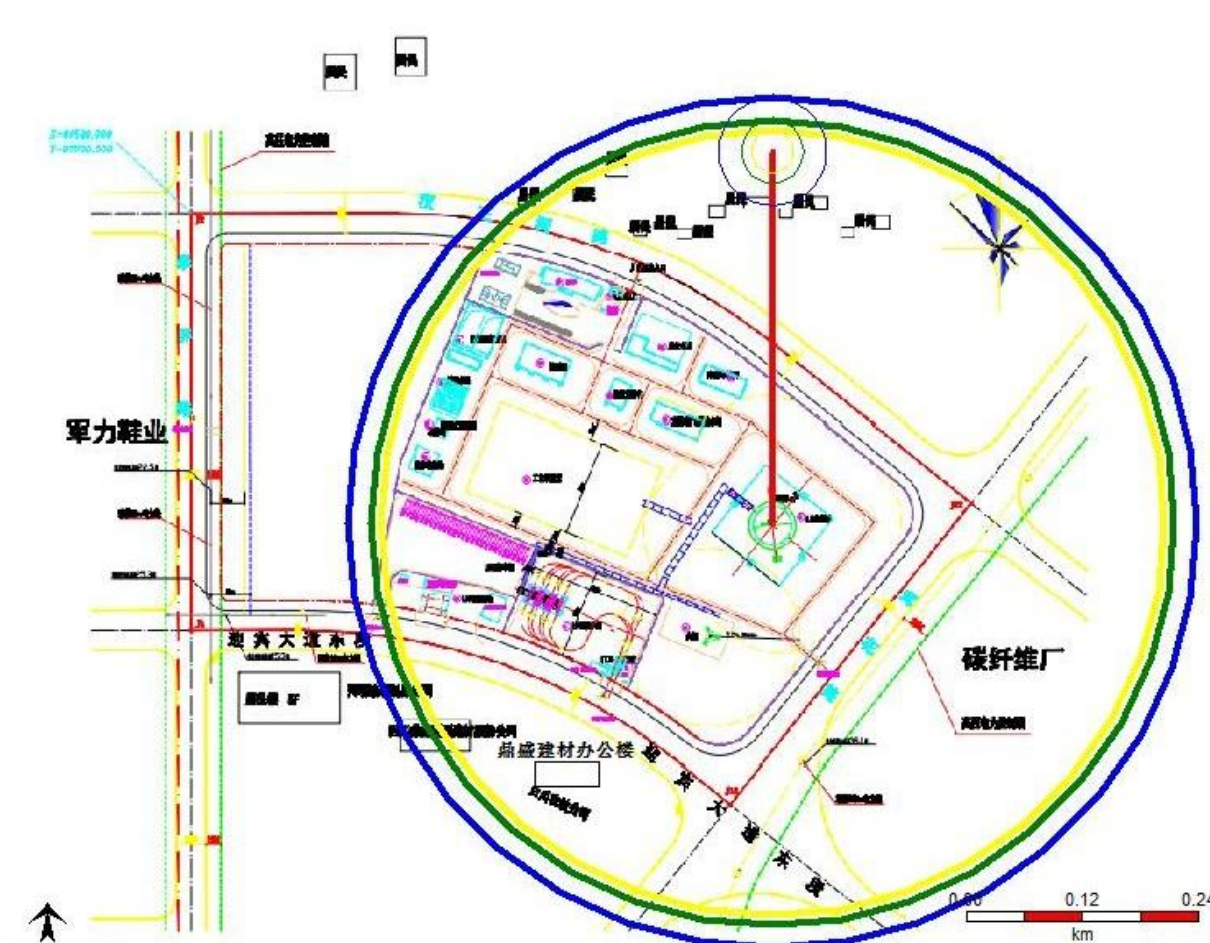
（2）计算结果

附表 5.5.2.3-2 给出了大气稳定度为 F 条件下，最严重的蒸汽云爆炸事故（即爆炸发生在云团漂移至最大扩散距离时）的后果模拟结果。

附表 5.5.2.3-2 蒸汽云爆炸危害范围计算结果

大气稳定度	泄漏总量 (kg)	参与爆炸的天然气质量 (kg)	爆炸时云团中心距离泄漏点大致距离 (m)	冲击波超压 (MPa)	伤害程度	伤害半径 (m)	最大可能危害距离 (m)
F	12000	316.72	350	0.02	轻伤	47.28	397.28
				0.05	重伤	27.25	377.25
				0.10	死亡	18.41	368.41

^a 参照 GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》10.3.4 所给定的环境参数条件



附图 5.5.2.3 LNG 储罐泄漏引发天然气蒸汽云爆炸事故的最大可能危害范围

附图 5.5.2.3 给出的是大气稳定度为 F 条件下，最严重的蒸汽云爆炸事故危害范围（以最大可能轻伤范围计）。可以看出：当大气非常稳定时（大气稳定度为 F），蒸汽云爆炸事故可能会影响到项目东南侧拟建企业、南侧部分企业和北侧的部分居民。

F5.5.3 定量风险评价

根据国家安全生产监督管理总局 2014 年第 13 号公告《危险化学品生产、储存装置个人可接受风险标准和社会可接受风险标准（试行）》的要求，需对陆上危险化学品企业新建、改建、扩建和在役生产、储存装置进行定量计算，确定外部安全防护距离。

经危险化学品重大危险源辨识与分级，本项目构成一级重大危险源且

涉及国家安全生产监督管理总局公布的重点监管的危险化学品——甲烷。因此根据国家安全监管总局 2014 年第 13 号公告,需采用定量风险评价法,确定外部安全防护距离。同时,由于本项目生产、储存装置符合《危险化学品重大危险源监督管理暂行规定》(国家安全生产监督管理总局令第 40 号)第九条规定的情形,因此本项目定量风险评价结果将按照《危险化学品重大危险源监督管理暂行规定》中规定的风险标准执行。

本节将参照《化工企业定量风险评价导则》(AQ/T3046-2013)相关内容对本项目 LNG 储罐进行定量风险评价,计算个人风险和社会风险值,从而进一步确定外部安全防护距离。

F5.5.3.1 个人风险和社会风险值计算

1) 个人风险计算模型

个人风险是指因危险化学品重大危险源各种潜在的火灾、爆炸、有毒气体泄漏事故造成区域内某一固定位置人员的个体死亡概率,即单位时间内(通常为年)的个体死亡率。通常用个人风险等值线表示。

个人风险计算步骤如下:

a) 选择一个泄漏场景 (LOC), 确定 LOC 的发生频率 f_s (即设备失效频率);

b) 选择一种天气等级 M 和该天气等级下的一种风向 ϕ , 给出天气等级 M 和风向 ϕ 同时出现的联合概率 $P_M \times P_\phi$;

c) 如果是可燃物释放, 选择一个点火事件 i 并确定点火概率 P_i 。如果考虑物质毒性影响, 则不考虑点火事件;

d) 计算在特定的 LOC 、天气等级 M 、风向 ϕ 及点火事件 i (可燃物) 条

件下网格单元上的死亡概率 $P_{\text{个人风险}}$ ，计算中参考高度取 1m；

e) 计算 (LOC 、 M 、 ϕ 、 i) 条件下对网格单元个人风险的贡献；

$$\Delta IR_{S,M,\phi,i} = f_S \times P_M \times P_\phi \times P_i \times P_{\text{个人风险}}$$

f) 对所有的点火事件，重复 c—e 步的计算；对所有的天气等级和风向，重复 b—e 步的计算；对所有的 LOC ，重复 a—e 步的计算，则网格点处的个人风险由下式计算。

$$IR = \sum_S \sum_M \sum_\phi \sum_i \Delta IR_{S,M,\phi,i}$$

2) 社会风险计算模型

社会风险是指能够引起大于等于 N 人死亡的事故累积频率 (F)，即单位时间内 (通常为年) 的死亡人数。通常用社会风险曲线 (F - N 曲线) 表示。

社会风险计算步骤如下：

a) 首先确定以下条件：

- 1) 确定 LOC 及其发生频率 f_s ；
- 2) 选择天气等级 M ，概率为 P_M ；
- 3) 选择天气等级 M 下的一种风向 ϕ ，概率为 P_ϕ ；
- 4) 对于可燃物，选择条件概率为 P_i 的点火事件 i 。

b) 选择一个网格单元，确定网格单元内的人数 N_{cell} ；

c) 计算在特定的 LOC 、 M 、 ϕ 及 i 下，网格单元内的人口死亡百分比

$P_{\text{社会风险}}$ ，计算中参考高度取 1 m。

d) 计算在特定的 LOC 、 M 、 ϕ 及 i 下的网格单元的死亡人数 $\Delta N_{S,M,\phi,i}$ ；

$$\Delta N_{S,M,\phi,i} = P_{\text{社会风险}} \times N_{\text{cell}}$$

e) 对所有网格单元, 重复 b—d 步的计算, 对 LOC 、 M 、 ϕ 及 i , 计算死亡总人数 $N_{S,M,\phi,I}$;

$$N_{S,M,\phi,I} = \sum_{\text{所有网格单元}} \Delta N_{S,M,\phi,i}$$

f) 计算 LOC 、 M 、 ϕ 及 i 的联合频率 $f_{S,M,\phi,i}$;

$$f_{S,M,\phi,i} = f_S \times P_M \times P_\phi \times P_i$$

对所有的 LOC (f_S)、 M 、 ϕ 及 i , 重复 a—f 步的计算, 用累积死亡总人数 $N_{S,M,\phi,i} \geq N$ 的所有事故发生的频率 $f_{S,M,\phi,i}$ 构造 F-N 曲线。

$$F_N = \sum_{S,M,\phi,i} f_{S,M,\phi,i} \rightarrow N_{S,M,\phi,i} \geq N$$

3) 个人风险和社会风险计算参数

(1) 本项目生产、储存装置个人风险和社会风险计算时, 主要考虑本项目 20000m³ 的 LNG 储罐;

(2) 泄漏场景, 根据《化工企业定量风险评价导则》(AQ/T3046-2013) 中 8.1.4 节对泄漏场景选取的要求, 选取储罐完全破裂;

(3) 其计算所用的设备失效频率选取《基于风险检验的基础方法》(SY/T 6714-2008) 第 8.2 节中建议的同类设备失效频率值, 由于本项目尚在可行性研究阶段, 设备工艺条件及生产经营单位的工艺安全管理水平暂不明确, 因此未对设备失效频率进行修正。当设备建成进入投产后, 可考虑设备工艺条件以及生产经营单位的工艺安全管理水平, 对设备失效频率进行修正;

(4) 气象参数, 选取当地平均风速 1.2 m/s, 大气稳定度 F (在此稳定度下, 不利于扩散, 有相对较大的危险性), 同时考虑 16 个风向以及每个风向的风频;

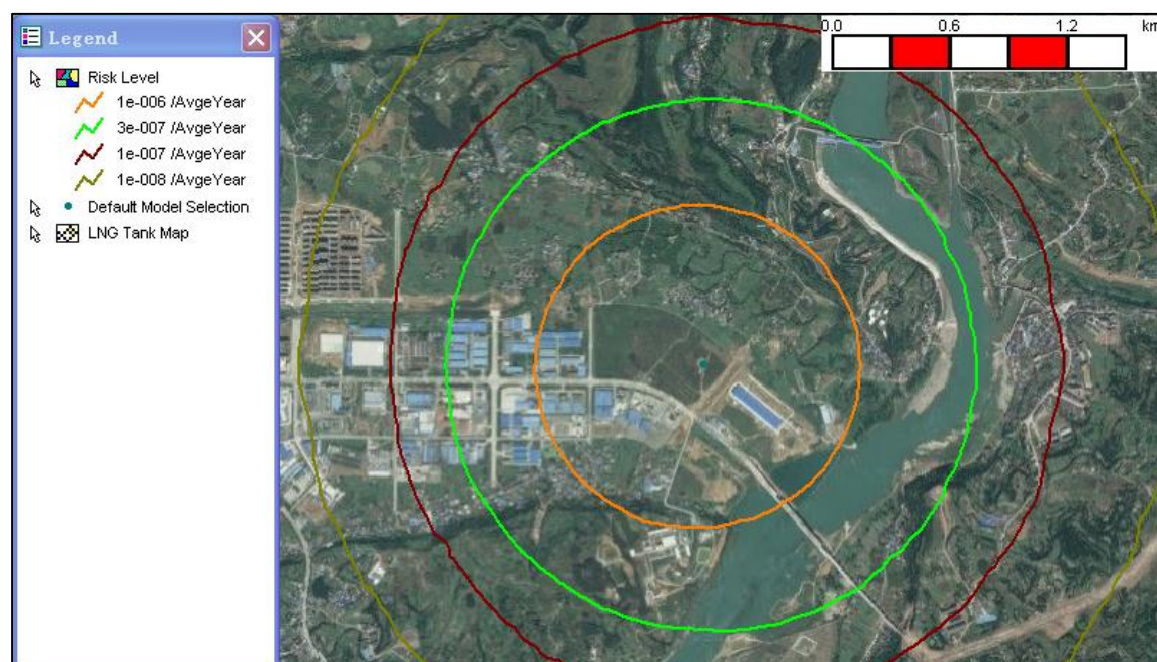
(5) 点火源，主要考虑项目所在地周围道路以及周边企业相应点火源；人口数据，主要考虑项目所在地周边居民以及周边企业的人口分布。具体参数见附表 5.5.3.1-1。

附表5.5.3.1-1 模拟计算参数

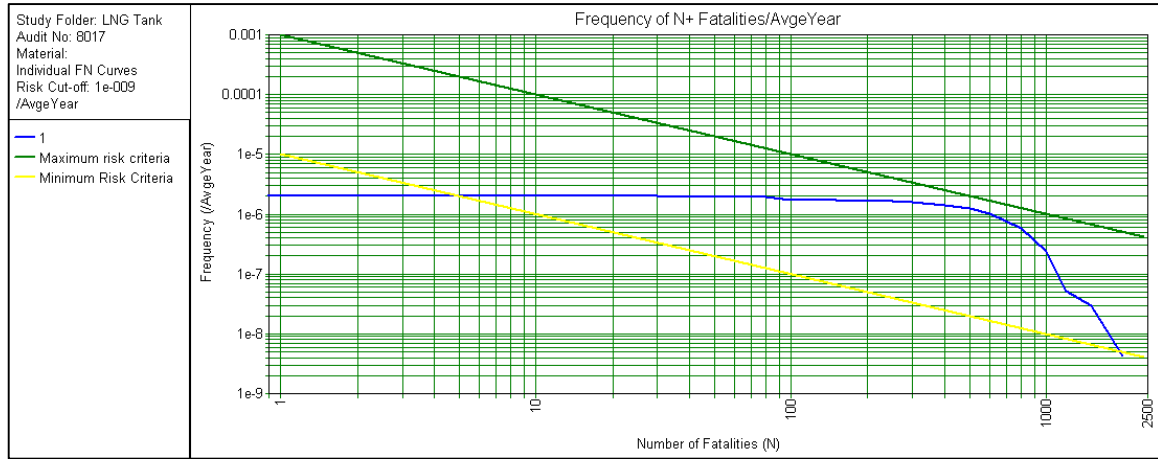
设备名称	泄漏场景	失效频率	物质	容积	风速	大气稳定度	围堰高度	围堰面积
LNG 储罐	破裂	2×10^{-5}	液化天然气	20000m ³	1.2m/s	F	2.5m	7396m ²

4) 个人风险和社会风险计算结果

通过对本项目 LNG 储罐个人风险和社会风险的计算，得到个人风险等值线（附图 5.5.3.1-1）；社会风险曲线，即 F-N 曲线（附图 5.5.3.1-2）。



附图 5.5.3.1-1 LNG 储罐个人风险等值线图



附图5.5.3.1-2 LNG储罐社会风险曲线（F-N曲线）

小结：1）经重大危险源个人风险计算，本项目LNG储罐所关注的周边单位及场所承受的个人风险见附表5.5.3.1-2。

附表 5.5.3.1-2 周边关注点承受的个人风险一览表

关注场所名称	方位	与厂界距离km	日常人员数量	个人风险值
河口村居民	N	0.06~0.3	约200人	$3.5 \times 10^{-7} \sim 6 \times 10^{-6}$
孙家垭村居民	SE	0.37~0.54	约276人	$3 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-7}$
园区拆迁安置区	NW	1.3	约1000人	$7 \times 10^{-8} \sim 3 \times 10^{-9}$
河溪镇居民	E	1.5	约4000人	$4 \times 10^{-7} \sim 2 \times 10^{-7}$

2）经社会风险计算，本项目LNG储罐产生的社会风险主要落在尽可能降低的区域内。

F5.5.3.2 可容许风险标准

本报告可容许风险标准按照《危险化学品重大危险源监督管理暂行规定》（国家安全生产监督管理总局令第40号）所公布的标准执行。

1）可容许个人风险标准

个人风险是指因危险化学品重大危险源各种潜在的火灾、爆炸、有毒气体泄漏事故造成区域内某一固定位置人员的个体死亡概率，即单位时间内（通常为年）的个体死亡率。通常用个人风险等值线表示。

通过定量风险评价，危险化学品单位周边重要目标和敏感场所承受的个人风险应满足附表 5.5.3.2-1 中可容许风险标准要求。

附表5.5.3.2-1 可容许个人风险标准

危险化学品单位周边重要目标和敏感场所类别	可容许风险 (/年)
1.高敏感场所（如学校、医院、幼儿园、养老院等）； 2.重要目标（如党政机关、军事管理区、文物保护单位等）； 3.特殊高密度场所（如大型体育场、大型交通枢纽等）。	$<3 \times 10^{-7}$
1.居住类高密度场所（如居民区、宾馆、度假村等）； 2.公众聚集类高密度场所（如办公场所、商场、饭店、娱乐场所等）。	$<1 \times 10^{-6}$

2) 可容许社会风险标准

社会风险是指能够引起大于等于 N 人死亡的事故累积频率 (F)，也即单位时间内（通常为年）的死亡人数。通常用社会风险曲线 (F-N 曲线) 表示。

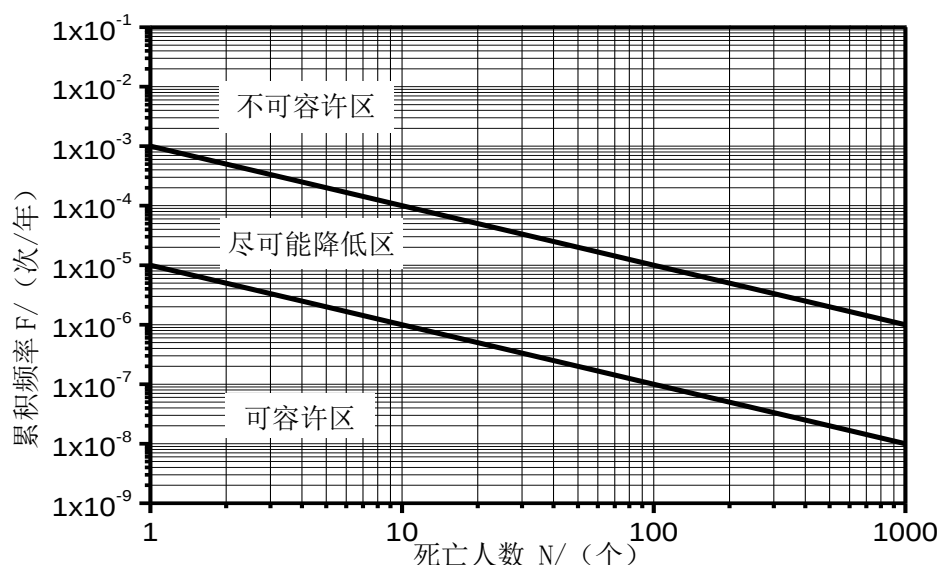
可容许社会风险标准采用 ALARP (As Low As Reasonable Practice) 原则作为可接受原则。ALARP 原则通过两个风险分界线将风险划分为 3 个区域，即：不可容许区、尽可能降低区 (ALARP) 和可容许区。

①若社会风险曲线落在不可容许区，除特殊情况外，该风险无论如何不能被接受。

②若落在可容许区，风险处于很低的水平，该风险是可以被接受的，无需采取安全改进措施。

③若落在尽可能降低区，则需要在可能的情况下尽量减少风险，即对各种风险处理措施方案进行成本效益分析等，以决定是否采取这些措施。

通过定量风险评价，危险化学品重大危险源产生的社会风险应满足附图 5.5.3.2-1 中可容许社会风险标准要求。



附图 5.5.3.2-1 可容许社会风险标准 (F-N) 曲线

F5.5.3.3 定量风险评价结果分析

通过对本项目 LNG 储罐个人风险和社会风险计算，并对照可容许风险标准，得出以下结论：

1) 从个人风险等值线（附图 5.5.3.1-1）及附表 5.5.3.1-2 可以看出，本项目 LNG 储罐周边区域人员所受到的个人风险值在距离本项目 LNG 储罐约 850m 外均低于 1×10^{-6} ，因此可以认为距离本项目 LNG 储罐约 850m 外周边区域人员所承受的个人风险在可容许范围之内；

2) 从社会风险曲线（附图 5.5.3.1-2）可以看出，本项目 LNG 储罐产生的社会风险值落在尽可能降低区域内，因此应采取相应措施降低社会风险值，从而使本项目 LNG 储罐产生的社会风险满足可容许的社会风险标准要求。

3) 通过对个人风险值的计算，可以推算出本项目外部安全防护距离约为 850m。

本报告中定量风险评价结果是在各种假设条件下计算得出的，可用作下一步详细设计的参考。若事故发生时，由于实际情况下气象、地形及泄漏条件等因素的影响可能会与本报告的假设条件不一致，可能会导致实际事

故后果可能与本报告的模拟结果存在误差。特此声明！

由于装置还未建，本报告中定量风险评价的计算过程中无法进行设备失效频率修正，企业应在本项目建成后验收前进行重大危险源评估时，重新进行修正计算。

附件 6 其他附件目录

- 1、安全技术服务委托书
- 2、企业法人营业执照
- 3、《企业投资项目备案通知书》（备案号：川投资备[51000014050501]0029）
- 4、阆中市人民政府《关于元坝气田天然气储气调峰工程项目用地的批复》（阆府函〔2014〕11 号）
- 5、阆中市城市规划委员会办公室《关于元坝气田天然气储气调峰工程项目的拟选址意见》（阆规办〔2014〕18 号）
- 6、阆中市工业集中区管理委员会《关于同意元坝气田天然气储气调峰工程项目入驻阆中市工业集中区的批复》（阆工集管委〔2014〕4 号）
- 7、阆中市城市规划委员会办公室《关于元坝气田天然气储气调峰工程项目周边建设用地的说明》
- 8、阆中市城市规划委员会办公室《关于元坝气田天然气储气调峰工程项目周边道路规划调整的说明》
- 9、关于元坝气田天然气储气调峰工程项目用气事宜的复函（西南油气函〔2013〕77 号）
- 10、项目可研报告（封面）
- 11、可研编制单位资格证书
- 12、岩土工程勘察报告（封面及结论）
- 13、阆中市防汛办公室水位成果说明
- 14、阆中市工业集中区管理委员会《关于集中区消防配套的承诺函》（阆工集管委函〔2014〕8 号）
- 15、《关于元坝气田天然气储气调峰工程项目安全间距范围内民居拆

迁的回复》（阆工集管委函〔2014〕10号）

16、工艺流程简图

17、总平面布置图

18、周边关系及隔离距离图

19、报告修改说明