

临泽县通达公路工程有限责任公司
临泽县张掖丹霞公路港物流园加油加气站
项目（加气部分）
安全预评价报告
（备案稿）

法定代表人：马 浩
技术负责人：王多余
评价项目负责人：毛正钊

南昌安达安全技术咨询有限公司

2023 年 9 月

临泽县通达公路工程有限责任公司临泽县张掖丹霞公路 港物流园加油加气站项目（加气部分）

安全评价技术服务承诺书

一、在本项目安全设施竣工验收评价活动过程中，我单位严格遵守《安全生产法》及相关法律、法规和标准的要求。

二、在本项目安全设施竣工验收评价活动过程中，我单位作为第三方，未受到任何组织和个人的干预和影响，依法独立开展工作，保证了技术服务活动的客观公正性。

三、我单位按照实事求是的原则，对本项目进行安全验收评价，确保出具的报告均真实有效，报告所提出的措施具有针对性、有效性和可行性。

四、我单位对本项目安全设施竣工验收评价报告中结论性内容承担法律责任。

南昌安达安全技术咨询有限公司（公章）

2023年9月

规范安全生产中介行为的九条禁令

赣安监管规划字〔2017〕178号

- 一、禁止从事安全生产和职业卫生服务的中介服务机构（以下统称中介机构）租借资质证书、非法挂靠、转包服务项目的行为；
- 二、禁止中介机构假借、冒用他人名义要求服务对象接受有偿服务，或者恶意低价竞争以及采取串标、围标等不正当竞争手段，扰乱技术服务市场秩序的行为；
- 三、禁止中介机构出具虚假或漏项、缺项技术报告的行为；
- 四、禁止中介机构出租、出借资格证书、在报告上冒用他人签名的行为；
- 五、禁止中介机构有应到而不到现场开展技术服务的行为；
- 六、禁止安全生产监管部门及其工作人员要求生产经营单位接受指定的中介机构开展技术服务的行为；
- 七、禁止安全生产监管部门及其工作人员没有法律依据组织由生产经营单位或机构支付费用的行政性评审的行为；
- 八、禁止安全生产监管部门及其工作人员干预市场定价，违规擅自出台技术服务收费标准的行为；
- 九、禁止安全生产监管部门及其工作人员参与、擅自干预中介机构从业活动，或者有获取不正当利益的行为。

前 言

天然气是一种洁净的优质能源。随着人类生存环境污染问题的日益突出，调整能源结构，增加绿色能源（天然气）的使用量是必然选择。国际能源界普遍认为，今后世界天然气产量和消费量将会以较高的速度增长，2023 年以后世界天然气产量将要超过煤炭和石油，而成为世界最主要的能源，21 世纪将是天然气的世纪。

根据《中华人民共和国安全生产法》（中华人民共和国主席令[2021]第八十八号）、《建设项目安全设施“三同时”监督管理办法》（安监局令〔2010〕36 号发布，安监局令〔2015〕77 号、应急部公告〔2018〕12 号修正）和《〈生产安全事故报告和调查处理条例〉罚款处罚暂行规定等四部规章的决定》（国家安全生产监督管理总局令第 77 号）等有关规定，对生产经营单位建设项目进行安全预评价是加强安全管理，做好事故预防工作的重要措施之一。临泽县通达公路工程有限责任公司（以下简称“该公司”）委托南昌安达安全技术咨询有限公司（以下简称“我公司”）对其所属的临泽县张掖丹霞公路港物流园加油加气站项目（加气部分）（以下简称“该项目”）进行安全预评价。

我公司接到委托后，成立了安全评价项目组，并组织有关人员展开工作，进行现场调研、资料与标准收集、项目资料分析、危险和有害因素分析，在此基础上完成了评价单元的划分和评价方法的选择，并对该项目的危险和有害因素进行了定性与定量评价。根据定性与定量评价结果的综合分析，得出了各评价单元的危险性等级和危险、危害程度，进而归纳出了该项目的危险等级和危害程度，随后有针对性地提出消除、预防或减弱该项目危险性、提高该项目安全运行等级的对策措施，最后得出安全评价结论。

在该项目安全评价过程中得到了临泽县通达公路工程有限责任公司的大力支持和配合，在此表示衷心的感谢！

目 录

1 总则	1
1.1 前期准备情况	1
1.2 评价目的	1
1.3 评价范围	1
1.4 评价依据	2
1.5 安全预评价工作程序	6
2 项目概况	7
2.1 建设项目及项目情况	7
2.2 总图布置	11
2.3 工艺及设备	12
2.4 建筑与结构	19
2.5 自动控制	20
2.6 公用工程及辅助设施	24
2.7 安全管理机构及人员编制	28
2.8 安全投入估算	30
3 危险有害因素辨识与分析	32
3.1 危险物质的辨识	32
3.2 工艺过程危险有害因素分析	38
3.3 主要设备、设施危险有害因素分析	42
3.4 总图布置及建构筑物危险有害因素分析	47
3.5 自控系统的危险有害因素分析	48
3.6 职业危险有害因素分析	48
3.7 公用辅助工程危险有害因素分析	49
3.8 安全管理缺陷分析	49

3.9 施工过程危险有害因素分析	51
3.10 其他危险有害因素分析	52
3.11 危险化学品“两重点一重大”辨识	53
3.12 事故案例分析	54
3.13 事故发生的可能性及严重度评价	56
4 评价单元划分与评价方法的选择	57
4.1 评价单元划分原则	57
4.2 评价单元划分	57
4.3 评价方法选择及理由	57
4.4 选用的安全评价方法简介	58
5 定性、定量评价	65
5.1 固有危险程度评价结果	65
5.2 站址选择及总平面布置单元	65
5.3 工艺装置单元评价	71
5.4 公用工程及辅助设施单元评价	85
5.5 安全管理单元评价	91
5.6 各单元评价结论汇总	92
6 建设项目安全条件分析	95
6.1 建设项目周边环境	95
6.2 建设项目安全条件分析	95
7 安全对策措施与建议	99
7.1 建设项目选址及总平面布置	99
7.2 拟选择的主要技术、工艺或者方式和装置、设备、设施	100
7.3LNG 储存	100
7.4LNG 加气区	104
7.5 放散区	105

7.6 管线、法兰、阀门等	106
7.7 卸车区	107
7.8 LNG 泵	107
7.9 拟为危险化学品生产或者储存过程配套和辅助工程	108
7.10 建设项目中主要装置、设备、设施及建筑的布局	112
7.11 事故应急救援措施和器材、设备	113
7.12 安全管理方面的对策措施及建议	115
7.13 重点监管的危险化学品安全监控措施	119
7.14 其他	121
8 结论	124
8.1 评价结果综述	124
8.2 评价结论	125
9 附录	126
9.1 附件	126
9.2 附图	126

1 总则

1.1 前期准备情况

临泽县张掖丹霞公路港物流园加油加气站项目（加气部分）（以下简称“该加气站”）由临泽县通达公路工程有限责任公司投资新建，受临泽县通达公路工程有限责任公司的委托，南昌安达安全技术咨询有限公司对其所属的“临泽县张掖丹霞公路港物流园加油加气站项目（加气部分）”进行安全预评价。根据工程项目特征，我公司成立了评价小组，实地考察了该项目拟建地的周边环境、地形地貌，在收集了相关的国家法律法规、标准、规范、事故案例等，并在充分分析项目潜在的危险和有害因素的基础上，运用科学的评价方法对项目潜在的危险和有害因素进行分析和评价，在此基础上编制完成了安全预评价报告。报告完成后与项目建设单位进行了意见交流，并对评价报告做了部分修改和补充。

1.2 评价目的

1) 贯彻“安全第一，预防为主，综合治理”的安全生产方针，落实该项目“三同时”（该项目的安全设施，与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用），保证该项目建成运行后，在安全、方面符合有关国家法律、法规、标准和规范的要求；

2) 运用安全系统工程方法，辨识、分析和预测该项目建成运行后可能存在的主要危险和有害因素以及危险、危害所造成事故的严重程度；

3) 对存在的危险和有害因素进行定性、定量分析和评价，对其控制手段进行分析，并预测安全等级；

4) 补充提出消除该项目危险性、提高安全运行等级的对策措施，为工程下一步劳动安全卫生设计提供依据。

1.3 评价范围

本次安全评价的范围是：临泽县张掖丹霞公路港物流园加油加气站项目（加气部分）。

评价范围：对该项目站址及外部环境、总平面布置及建（构）筑物安全防护距离符合性、工艺流程及设备（设施）的安全可靠性、公用工程充分必要性及安全管理等内容的危险和有害因素进行评价。具体包括站房，罩棚，60m³LNG 立式储罐 1 座、储罐增压器 1 台、卸车增压器 1 台、LNG 潜液泵 3 台、双枪 LNG 加液机 6 台等设施设

备。该拟建项目涉及加油部分的设备设施及工艺不在本报告中作评价。

本次安全评价过程中所涉及的环境保护、消防和职业危害等方面的内容，以政府有关部门批准或认可的技术文件为准，不在本次评价范围之内。

1.4 评价依据

1.4.1 法律

序号	名称	文号	实施日期
1	中华人民共和国安全生产法	国家主席令[2002]第七十号、[2021]第八十八号修正	2002-11-01
2	中华人民共和国消防法	国家主席令[2008]第六号、[2021]第八十一号修正	2009-05-01
3	中华人民共和国劳动法	国家主席令[1994]第二十八号、[2018]第二十四号修正	1995-01-01
4	中华人民共和国特种设备安全法	国家主席令[2013]第四号	2014-01-01
5	中华人民共和国防震减灾法	国家主席令[2008]第七号修改	2009-05-01
6	中华人民共和国建筑法	国家主席令[1997]第九十一号，国家主席令[2019]第二十九号修改	1998-03-01
7	中华人民共和国突发事件应对法	国家主席令[2007]第六十九号	2007-11-01
8	中华人民共和国气象法	国家主席令[1999]第二十三号，国家主席令[2016]第五十七号	2000-01-01

1.4.2 法规

序号	名称	文号	实施日期
1	危险化学品安全管理条例	国务院令[2011]第 591 号、[2013] 第 645 号第修订	2011-12-01
2	生产安全事故应急条例	国务院令[2019]第 708 号	2019-04-01
3	公路安全保护条例	国务院令[2011]第 593 号	2011-07-01
4	生产安全事故报告和调查处理条例	国务院令[2007]第 493 号	2007-06-01
5	特种设备安全监察条例	国务院令[2009]第 549 号	2009-05-01
6	工伤保险条例	国务院令[2010]第 586 号	2011-01-01
7	生产安全事故应急条例	国务院令[2018]第 708 号	2019-04-01
8	城镇燃气管理条例	国务院令[2010]第 583 号	2011-03-01
9	建设工程质量管理条例	国务院令[2000]第 279 号，国务院令	2000-01-30

临泽县通达公路工程有限责任公司
临泽县张掖丹霞公路港物流园加油加气站项目（加气部分）安全预评价报告

		[2019]第 714 号修改	
10	建设工程安全生产管理条例	国务院令[2003]第 393 号	2004-02-01
11	生产安全事故报告和调查处理条例	国务院[2007]第 493 号	2007-06-01
12	气象灾害防御条例	国务院令[2010]第 570 号	2010-04-01
13	破坏性地震应急管理条例	国务院令[1995]第 172 号	1995-04-01

1.4.3 部门规章

序号	名称	文号	实施日期
1	生产经营单位安全培训规定	国家安监总局令[2006]第 3 号、国家安监总局令[2013]第 63 号修订、国家安监总局令[2015]第 80 号修订	2013-08-19
2	建设项目安全设施“三同时”监督管理办法	国家安监总局令[2010]第 36 号、国家安监总局令[2015]第 77 号修订	2011-02-01
3	危险化学品目录（2015 版）	原国家安全生产监督管理总局等十部门公告（2015）第 5 号，应急管理部等十部门公告（2022）第 8 号修订	2015-05-01
4	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]第 95 号	2011-06-21
5	国家安全监管总局关于公布第二批重点监管危险化学品名录的通知	安监总管三[2013]第 12 号	2013-02-05
6	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]第 116 号	2009-06-12
7	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]第 3 号	2013-01-15
8	生产安全事故应急预案管理办法	国家安监总局令[2016]第 88 号、应急管理部令[2019]第 2 号修正	2009-05-01
9	特别管控危险化学品目录（第一版）	应急管理部等四部门公告 2020 年第 3 号	2020-05-30
10	易制爆危险化学品名录	中华人民共和国公安部令[2019]第 154 号	2019-08-10
11	建设工程消防设计审查验收管理暂行规定	中华人民共和国住房和城乡建设部令[2020]第 51 号	2020-06-01

临泽县通达公路工程有限责任公司
临泽县张掖丹霞公路港物流园加油加气站项目（加气部分）安全预评价报告

序号	名称	文号	实施日期
12	消防监督检查规定	公安部令[2012]第 120 号	2012-11-01
13	防雷减灾管理办法	气象局令[2013]第 11 号	2005-04-01
14	国家安全监管总局关于印发企业安全生产责任体系五落实五到位规定的通知	安监总局办[2015]第 27 号	2015-03-16
15	用人单位劳动防护用品管理规范	安监总厅安健[2018]3 号	2018-01-15
16	国家安全监管总局办公厅关于印发危险化学品目录（2015 版）实施指南（试行）的通知	安监总厅管三[2015]80 号	2015-08-19
17	企业安全生产费用提取和使用管理办法	财资[2022]136 号	2012-02-14
18	应急管理部办公厅关于印发《有限空间作业安全指导手册》和 4 个专题系列折页的通知	应急厅函[2020]299 号	2020-10-29
19	安全生产事故隐患排查治理暂行规定	原国家安全生产监督管理总局令[2008]第 16 号	2008-02-01
20	化工和危险化学品生产经营单位重大生产安全事故隐患判定标准（试行）	安监总管三[2017]121 号	2017-11-13
21	安全生产事故隐患排查治理暂行规定	原国家安全生产监督管理总局令[2008]16 号	2008-02-01
22	危险化学品安全专项整治三年行动实施方案	国务院安全生产委员会文件安委[2020]3 号	2020-04-01

1.4.4 地方政府规章

序号	名称	文号	实施日期
1	甘肃省生产安全事故隐患排查治理办法	甘肃省人民政府令[2016]第 127 号	2016-11-01
2	甘肃省生产经营单位安全生产主体责任规定	甘肃省人民政府令[2017]第 133 号	2017-12-01
3	甘肃省消防安全责任制实施办法	甘肃省人民政府令[2021]第 160 号	2022-03-01

1.4.5 标准及规范

序号	名称	标准号	实施日期
1	汽车加油加气加氢站技术标准	GB50156-2021	2021-10-01

临泽县通达公路工程有限责任公司
临泽县张掖丹霞公路港物流园加油加气站项目（加气部分）安全预评价报告

序号	名称	标准号	实施日期
2	危险货物分类和品名编号	GB6944-2012	2012-12-01
3	危险货物品名表	GB12268-2012	2012-12-01
4	建筑设计防火规范（2018年版）	GB50016-2014	2015-05-01
5	危险化学品经营企业安全技术基本要求	GB18265-2019	2019-11-01
6	危险化学品仓库储存通则	GB15603-2022	2023-07-01
7	易燃易爆性商品储存养护技术条件	GB17914-2013	2014-07-01
8	危险化学品重大危险源辨识	GB18218-2018	2019-03-01
9	建筑灭火器配置设计规范	GB50140-2005	2005-10-01
10	爆炸危险环境电力装置设计规范	GB50058-2014	2014-10-01
11	钢网架结构设计	O7SG531	2008-02-01
12	建筑抗震设计规范（2016年版）	GB50011-2010	1010-12-01
13	建筑物防雷设计规范	GB50057-2010	2011-10-01
14	混凝土结构设计规范（2015年版）	GB50010-2010	2011-07-01
15	低压配电设计规范	GB50054-2011	2012-06-01
16	建筑照明设计标准	GB50034-2013	2014-06-01
17	建筑给水排水设计标准	GB50015-2019	2020-03-01
18	职业性接触毒物危害程度分级	GBZ230-2010	2010-11-01
19	安全标志及其使用导则	GB2894-2008	2009-03-01
20	生产过程安全卫生要求总则	GB/T12801-2008	2009-10-01
21	生产过程危险和有害因素分类与代码	GB/T13861-2022	2022-10-01
22	生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则	GB/T29639-2020	2021-04-01
23	建筑结构荷载规范	GB50009-2012	2012-10-01
24	危险化学品企业特殊作业安全规范	GB30871-2022	2022-10-01
25	加油加气站视频安防监控系统技术要求	AQ/T3050-2013	2013-10-01
26	汽车用液化天然气加气机	GB/T36126-2018	2018-12-01
27	防静电安全技术规范	SY/T7385-2017	2018-03-01
28	个体防护装备配备规范 第1部分：总则	GB39800.1-2020	2022-01-01
29	个体防护装备配备规范 第2部分：石油、化工、天然气	GB39800.2-2020	2022-01-01
30	风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范	GB50275-2010	2011-02-01
31	加油（气）站油（气）储存罐体阻隔防爆技术要求	AQ/T3001-2021	2021-08-01
32	《消防设施通用规范》	GB55036-2022	2023-03-01
33	《建筑防火通用规范》	GB55037-2022	2023-06-01

1.4.6 评价导则及其它依据

序号	名称	标准号	实施日期
1	安全评价通则	AQ8001-2007	2007-04-01
2	安全预评价导则	AQ8002-2007	2007-04-01

1.5 安全预评价工作程序

安全预评价的基本程序图见图 1.5-1。

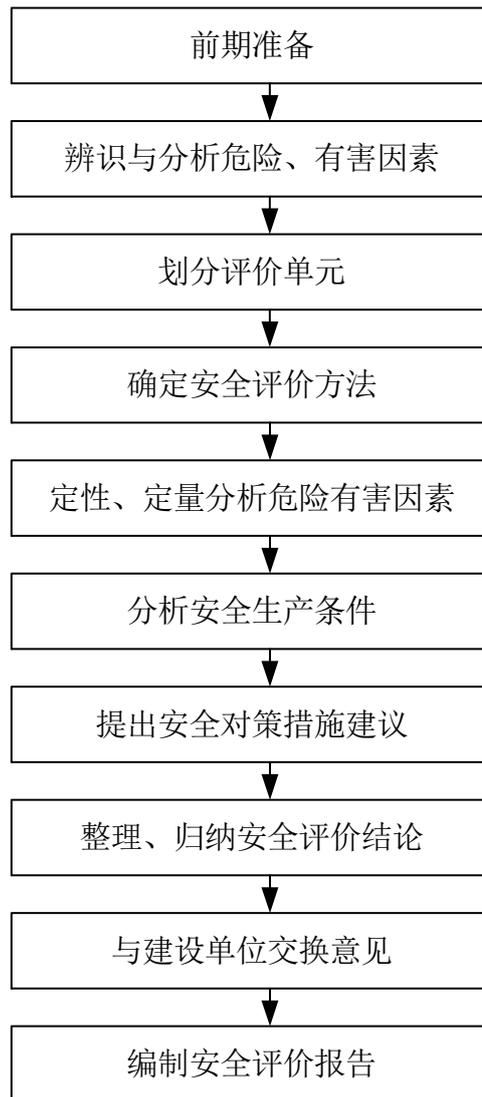


图 1.5-1 安全预评价的基本程序图

2 项目概况

2.1 建设项目及项目情况

2.1.1 建设单位简介

临泽县通达公路工程有限责任公司位于甘肃省张掖市临泽县工业开发区（原临泽路政执法所院内），公司于2014年02月19日成立，2023年06月30日在临泽县市场监督管理局登记，法定代表人：张国韬，统一社会信用代码：91620723091177265P。类型为：有限责任公司（国有独资）。注册资本为叁仟万元整人民币。该公司主要经营范围：许可项目：建设工程施工；道路旅客运输站经营；道路旅客运输经营；非煤矿山矿产资源开采；巡游出租汽车经营服务；道路货物运输（不含危险货物）；房屋建筑和市政基础设施项目工程总承包；校车运营服务；燃气汽车加气经营；建筑劳务分包；公路工程监理。（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动，具体经营项目以相关部门批准文件或许可证件为准）一般项目：对外承包工程；票务代理服务；工程技术服务（规划管理、勘察、设计、监理除外）；机动车充电销售；广告设计、代理；机动车修理和维护；旅客票务代理；高速公路服务区燃气汽车加气站经营（除依法须经批准的项目外，凭营业执照依法自主开展经营活动）。

2.1.2 项目名称及建设性质

- 1) 项目名称：临泽县张掖丹霞公路港物流园加油加气站项目（加气部分）；
- 2) 项目性质：新建项目；
- 3) 建设单位：临泽县通达公路工程有限责任公司；
- 4) 建设地点：临泽县滨河南路延伸段终点处，张掖丹霞公路港物流园园区内。

2.1.3 工程概况

临泽县张掖丹霞公路港物流园加油加气站项目总建设面积为2320m²；新建站房一座，建筑面积700.76m²；罩棚一座，建筑面积1575.04m²。

加油部分：配套购置30m³SF柴油罐2座、双枪双油品潜油泵柴油加油机3台，30m³SF汽油罐2座、双枪双油品潜油泵汽油加油机3台。

加气部分：新设60m³LNG立式储罐1座、储罐增压器1台、卸车增压器1台、BOG加热器1台、LNG潜液泵3台、双枪LNG加液机6台等设施设备。

按照《汽车加油加气加氢技术标准》（GB50156-2021）第 3.0.16 条规定，该站为二级加油加气（LNG）合建站。

该项目初步设计单位为陕西鸣德通圣工程设计有限公司，证书编号：A261133816；资质等级有工程设计专业资质化工石化医药行业石油及化工产品储运乙级，工程设计专业资质市政行业城镇燃气工程乙级等。

2.1.4 选址及周边环境

该项目位于甘肃省张掖市临泽县滨河南路延伸段终点处，张掖丹霞公路港物流园园区内。站区北侧拟建园区规划路，东、南两侧拟建汽车修理间，西侧为服务区。站外建构物安全距离表详见本报告表 5.2-2、表 5.2-3。

该加气站周边 100m 范围内无其他党政机关、军事管制区、学校、医院、商业中心等人口密集区。该加气站周边环境良好，交通便利。该加气站所在地周边环境如下图 2.2-1 所示。

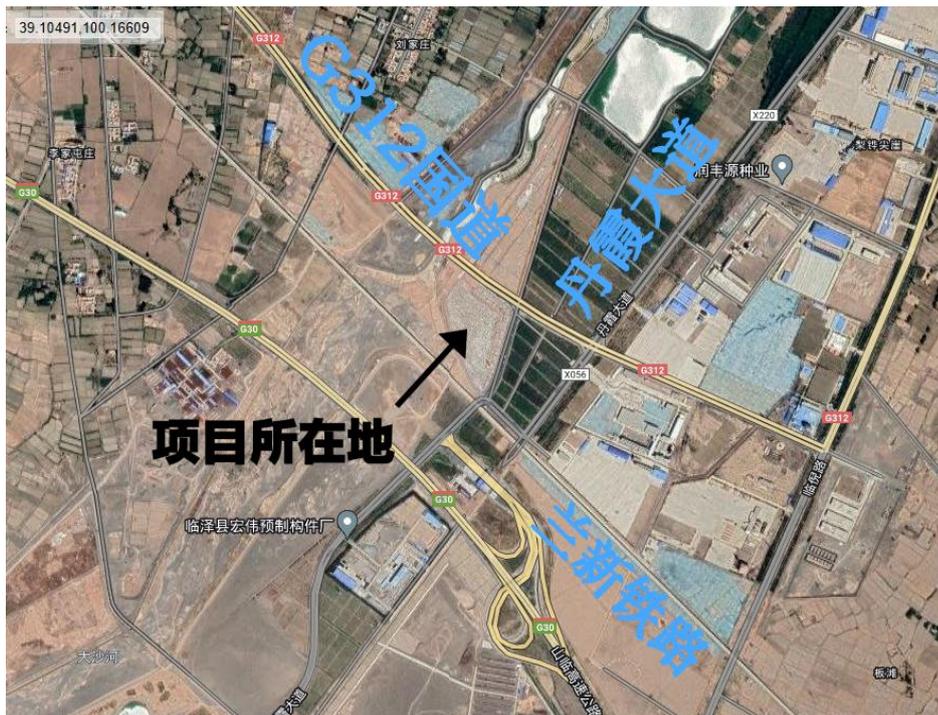


图 2.1-1 项目位置图

2.1.5 自然条件

依据智信众诚建筑设计有限公司（勘查乙级证号：B452007485）于 2021 年 5 月编制的《张掖丹霞公路港物流园加油站、加气站一体化建设项目岩土工程勘测报告》，对建设项目所在的自然条件进行分析。

1、地理位置

该项目位于甘肃省张掖市临泽县滨河南路延伸段终点处，张掖丹霞公路港物流园园区内，东经 100.16609°；北纬 39.10491°。

该项目位于张掖市临泽县滨河南路延伸段终点处、张掖丹霞公路港物流园园区内，园区北临 G312 国道，地理位置优越，具有良好的市场潜力。

2、地质条件

临泽县地形特征是“两山夹一川”。南屏祁连峻峰，北蔽合黎峰峦，中部是平坦的走廊平原。地势南北高、中间低，由东南向西北逐渐倾斜。分三个类型：南部祁连山区，中部是黑河水系冲积形成的走廊平原区，北部合黎山剥蚀残山区。海拔 1380—2278m，海拔最高为 2278m（新风阳山），最低 1380m（蓼泉）。县境内祁连山区为祁连山脉的浅山区，四周山峰环绕，中间为一小盆地，覆盖有厚层黄土，黑河最大支流黎园河从中流经，河南、北阶地为耕地，山坡为牧场。北部合黎山又名北大山，属天山余脉，山势不高，地势平缓，山峰海拔在 1500—2000m 之间，相对高差只有 200—300m，是干旱剥蚀的低山区，植被稀少，属荒漠草原。中部走廊平原地势呈东、南、北三面高，西北低，海拔在 1575.04—1380m 之间。南北山前戈壁和荒漠相拥，沃野绿洲像一块绿宝石镶嵌于其中，地势平坦，土地肥沃，水草茂盛，物产丰富，是临泽精华地带。

3、气象条件

临泽县属大陆性荒漠草原气候。气候干燥，降雨稀少，蒸发量大，多风。气候特征是四季分明，冬季寒冷而漫长，夏季炎热而短暂，春季升温快，秋季降温较慢。四季云量少，晴天多，光照充足，太阳辐射强。年平均日照时数为 3052.9h，气温日较差大，县城年平均日较差 14℃，年平均气温为 7.7℃。年均无霜期 176d。年均降水量 118.4mm，蒸发量 1830.4mm。常年以西北风和东风为主。主要灾害性天气有大风、沙尘暴、干旱、低温冻害、干热风、局地暴雨、霜冻等。主要气候特征如下表 2.1-1 所示：

表 2.1-1 气象特征一览表

气象要素	单位	气象要素	单位
年平均气温	7.7℃	年均降水量	118.4mm
年平均日照时数	3052.9h	极端最高气温	39℃

气象要素	单位	气象要素	单位
极端最低气温	-24.5℃	平均相对湿度	52%
年平均气压	852.0hPa	年平均日照时数	3052.9h
无霜期	176d	主导风向	东南偏南风
平均封冻期	166d	年平均风速	1.8m/s
日平均日照	9.8h	年蒸发量	1830.4mm

4) 地震强度

按照国家标准《建筑抗震设计规范（2016年版）》（GB50011-2010）、《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015）的有关规定，张掖市临泽县地处河西走廊地震带，地震设防烈度为8度，设计基本地震加速度值为0.15g。

2.1.6 气源气质

1) LNG 气源

该项目 LNG 原料委托有资质的单位供应。

该项目原料 LNG 运输工具为 LNG 槽车，委托第三方有专业资质的运输公司运输，槽车拉运至站，交通便利，供应链有保障。

2) LNG 气质

LNG 气质组分的技术指标见表 2.1-2。

表 2.1-2 LNG 的气质组分表

序号	项目	参数	备注
一	组分	mol%	
1	CH ₄	82.422	
2	C ₂ H ₆	11.100	
3	C ₃ H ₈	4.533	
4	N ₂	0.632	
5	其余	1.1128	
二	性质		
1	高热值 (MJ/Nm ³)	46.723	
2	低热值 (MJ/Nm ³)	42.340	
3	液态密度 (MJ/Nm ³)	467	
4	气态密度 (MJ/Nm ³)	0.6829	

序号	项目	参数	备注
5	华白数 (MJ/Nm ³)	57.196	
6	运动粘度 (m ³ /s) (标态)	10.98×10 ⁻⁶	
7	燃烧势	42.575	
8	爆炸上限 (%)	4.318	
9	爆炸下限 (%)	14.357	

2.2 总图布置

2.2.1 总平面布置

该加气站由站房、LNG 储罐区、加气区、加气罩棚组成，平面布置呈矩形，站房为二层框架结构，位于站区南侧，建筑面积为 720.76m²，螺栓球网架结构罩棚一座位于站区中部靠西侧位置，建筑面积 1575.04m²，罩棚下设双枪双油品潜油泵柴油加油机 3 台，双枪双油品潜油泵汽油加油机 3 台，双枪 LNG 加气机 6 台。LNG 潜液泵撬为一撬三泵，位于 LN 罐池内。储罐区在站区南侧与站房并排布置，从左到右依次为站房、LNG 立式储罐区、承重油罐区，LNG 储罐区基地面积为 112.5m²，承重油罐区基地面积为 140.06m²。LNG 储罐防火堤内的设施有 LNG 储罐、潜液泵撬及放散管；LNG 储罐防火堤的西北侧为站房，西南侧为 BOG 回收撬，东南侧为卸车撬。具体站内防火间距表见表 5.2-3。

该项目具体总平面布置情况见附图：临泽县张掖丹霞公路港物流园加油加气站项目总平面布置图。

2.2.2 竖向布置

场地基本平整，该站总体采用平坡式。以站房室内地坪为相对标高±0.00，站房室外地坪高标为-0.15，加油加气区地坪（罩棚下地面为一坪）标高为-0.15，卸油区为一坪，标高为-0.15，卸气区为一坪，标高为-0.15，加油加气岛顶面标高为 0.05，罩棚向内偏移 1m，向外自然找坡。站区坡度为 0.5%~0.8%，其余以不低于 0.5%的坡度坡向站外公路；雨水排向站外道路，出口处公路路边标高为-0.65，入口处标高为-0.30，与站前公路原有硬化平滑连接。

2.2.3 加气岛

- 1) 加气岛高出停车场的地坪 0.15m;
- 2) 加气岛的宽度为 1.2m;

3) 加气岛东西两侧设置防撞柱，防撞柱高 0.5m。

2.2.4 道路

该项目进出口分开设置，道路采用双车道，站区内单车道宽度 5m，双车道宽度 12m。

站内道路采用城市型道路和水泥混凝土路面。

2.2.5 围墙

站区东南两侧拟设置 2.2m 高的临时围墙。

2.2.6 绿化

站区绿化是环境保护的重要措施，站内除了必须的道路、回车场地等外其余均进行绿化，站内场地绿化拟选用低矮灌木和草坪。

2.3 工艺及设备

2.3.1 工艺流程

LNG 加气工艺流程分为卸车流程、调压流程、加气流程、卸压流程，系统流程见图 2.3-1。

1、卸车工艺

装有 LNG 的 LNG 槽车到达指定卸车区域后停稳熄火，先用站内的静电接地仪与槽车的静电导出设备跨接在一起，静止 5min 清除静电。然后通过 LNG 专用卸车金属软管分别将槽车的卸车液相总管、气相口及液相口与 LNG 卸车点相对应的卸车口连接好，同时检查阀门状态，确保各阀门处于待机状态。然后进行软管的吹扫，优先采用 LNG 槽车的 BOG 进行吹扫，同时对卸车密闭管路进行管道的预冷，卸车准备完毕。然后在待机模式下，首先采取冷凝平衡方式进行手动压力平衡，检查阀门状态，确认槽车出液管阀门全开，将储槽与槽车压力平衡至 0.4Mpa，压力平衡完毕后开始卸车。

LNG 卸车时需要采用耐低温高压软管与槽车连接，若管路连接不紧密或软管选材、质量不能满足要求均可能在连接处发生 LNG 泄漏，发生火灾、爆炸事故；卸车时需要为罐车增压，罐车储罐的设计压力强度不够或增压过程中 LNG 气化过量均可能造成罐车超压发生 LNG 泄漏，遇火源发生火灾、爆炸事故；在 LNG 卸车过程中，未安装静电接地装置或静电接地装置电阻不符合要求，装车过程中无法及时

导除静电造成火灾、爆炸事故；天然气储存在 LNG 储罐内，若 LNG 储罐阀门上的法兰、管道法兰、垫片、紧固件等选择不配套或垫片老化；设备、阀门材料选择失误；腐蚀；焊接质量低下等造成设备泄漏。

LNG 加气站卸车方式有三种：自增压卸车、泵增压卸车及泵卸车。出于无能耗、流程简单的考虑，该工艺卸车采用自增压卸车方式：LNG 液体通过 LNG 槽车液相口进入 LNG 撬内的增压气化器，气化后返回 LNG 槽车，提高 LNG 的气相压力到 0.58MPa 左右。将站内 LNG 储罐的压力降至 0.4MPa 后，开始卸液，通过 LNG 槽车及 LNG 储罐之间的压差将 LNG 液体经过槽车的卸液口充入到储罐，随着槽车内液体的减少，要不断对槽车气相空间进行增压，如果卸车时 LNG 储罐气相空间压力较高，还需要对储罐进行泄压，以增大 LNG 槽车与 LNG 储罐之间的压差。

当卸车完毕后，待卸车软管化霜后，切换至待机模式，关闭槽车相应阀门，对卸车软管进行排压处理，将管道内的气体经 LNG 内的 EAG 气化器排空。然后拆卸连接管路及静电接地线路，待气体消散后（约 5min）发动 LNG 槽车缓慢离开卸车区域。

2、储罐调压流程

储罐调压采用潜液泵调压：

流程：LNG 液体经过 LNG 储罐的出液口直接进入 LNG 真空泵池内的潜液泵，由潜液泵增压后进入增压气化器气化，气化后的天然气经 LNG 储罐的气相管返回到 LNG 储罐的气相空间，为 LNG 储罐调压。采用潜液泵为储罐调压时，增压气化器的入口压力为潜液泵的出口压力，增压气化器的出口压力为储罐气相压力，约为 0.6Mpa。

3、加气流程

LNG 加气采用潜液泵的加气工艺。在给车辆加气前必须先必须进行枪预冷（预冷为系统自动控制）。LNG 加气车到站后引导车辆按指定位置停好，检查车辆是否停稳、熄火，车内人员是否已经离车等候。接好静电接地线，分别对车载瓶的加气接口、回气接口和加气枪、回气枪进行吹扫。然后开始加气操作流程。加气方式分为单线、双线加液。当车载储液瓶压力较低时，车载储气瓶采用上进液喷淋式，加进去的 LNG 直接吸收车载液瓶内气体的热量，使气瓶内压力降低，减少放空气体，并调高了加液速度。当车载储气瓶压力较高时，采用双线加液，通过回气管，将车载 LNG 瓶

内的气体经 LNG 加液机回收至 LNG 储罐中，加气完成后拆除汽车与加液机的连接管线和静电接地线，完成加气操作。

4、BOG 放散系统

由于系统漏热，LNG 气化导致系统压力升高，或者在使储罐升压过程中，储罐中的液体不断地气化，这部分气化了的气体如不及时排出，会导致储罐压力越来越大。当系统压力大于设定值时，通过 BOG 回收系统或者打开安全阀经 LNG 撬内的 EAG 气化器升温至 0℃以上后通过放散总管安全放空，同时降低系统内的压力，保证系统安全。

1) BOG 来源：

BOG 是由于吸热或压力变化造成 LNG 的一部分蒸发为气体，本工程中 BOG 气体包括：

- (1) LNG 储罐吸收外界热量产生的蒸发气体；
- (2) LNG 卸车时储罐由于压力、气相容积变化产生的蒸发气体；
- (3) 注入储罐内的 LNG 与原储罐内温度较高的 LNG 接触产生的蒸发气体；
- (4) 卸车时注入储罐内气相容积相对减少产生的蒸发气体；
- (5) 注入储罐内压力较高时进行减压操作产生的气体；
- (6) 槽车内的残余气体。

2) BOG 加臭

BOG 加臭装置采用滴注式加臭装置，设置 20L 的加臭剂罐，加臭剂采用四氢噻吩。当滴注式燃气加臭装置使用时，进气管输入端和出气管输出端分别与外界天然气管路的输出端和输入端密封连接，进液管输入端与外界臭液储存罐连接，打开第一控制阀，外界臭液储存罐中的臭液进入至进液管中，并从进液管输出端滴入至工作腔内，对流经工作腔的天然气进行加臭处理。

3) BOG 回收

BOG 回收气作为燃气用于该项目的燃气锅炉房。燃气从 BOG 调压撬通过 DN50 管道接入锅炉房，管道采用直埋敷设，以达到回收处理的目的。

5、安全泄放工艺

天然气为易燃易爆物质，其安全泄放必须按照规范要求进行设计，LNG 加气站放散管道汇集后采用集中放散。

安全泄放工艺系统由安全阀、爆破片、EAG 加热器、放散管组成。

天然气为常温时，天然气密度远小于空气密度，易扩散。在温度低于-120℃左右时，密度重于空气，一旦泄漏将在地面聚集，不易挥发，需设置 EAG 加热器，对放空的低温 LNG 进行集中加热后，经阻火器后通过放散管集中放散排放，EAG 加热器采用 300Nm³/h 空温式加热器；常温放散 LNG 直接经阻火器后排入放散管，阻火器内装耐高温陶瓷环，安装在放空总管路上。集中放散的放散管管口应高出 LNG 储罐及 12.0m 范围内的建筑物 2.0m 以上，且距地面不应小于 5.0m。

在一些可能会形成密闭的管道上，设置手动放空加安全阀的双重安全措施。

6、燃气锅炉房

该项目燃气锅炉房的燃气来源于 BOG 回收气。燃气从 BOG 调压撬通过 DN50 管道接入锅炉房，管道采用直埋敷设。报警装置与紧急切断阀联动控制。

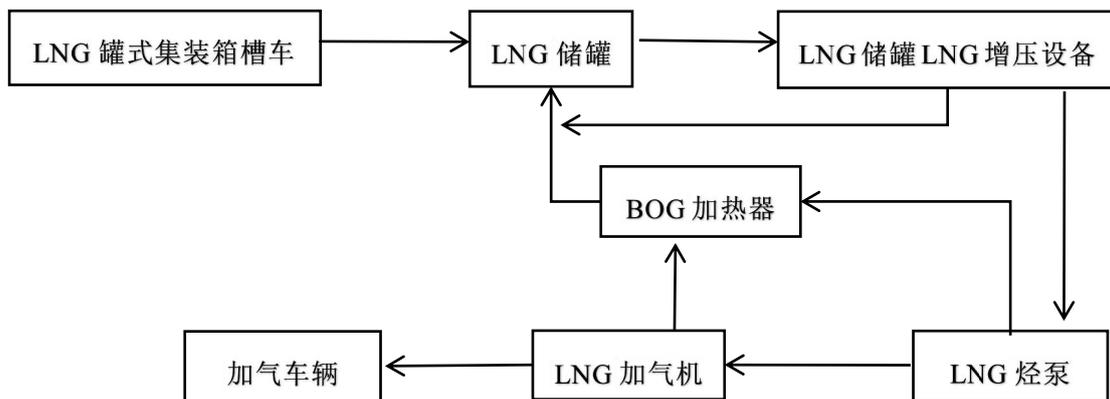


图 2.3-1 工艺流程

2.3.2 主要设备选型

1、增压泵

增压泵由低温潜液泵、低温质量流量计、卸车增压器、EAG 加热器、BOG 加热器、管件阀门、安全放散等设施的组成，通过管道连接集成在一个底座上，底座为 20#槽钢及工字钢组合的碳钢焊接件，做表面防腐，可满足在简易混凝土基础上进行设备的现场管道连接和固定。

2、低温潜液泵

数量：3 台

操作温度：-162℃

入口压力：0.4-0.8Mpa

扬程：>200m 流量：340L/min:

3、卸车增压器和 BOG 加热器

卸车增压器 1 台、BOG 加热器 1 台。

卸车增压器、BOG 加热器：

进口温度为-196℃；

出口温度为-196℃；

压力 1.6MPa。

4、低温储罐

该项目原料使用的储存容器为立式 LNG 低温储罐，有效容积为 60m³，储气罐采用多层缠绕真空隔热结构。最高工作压力为 1.2MPa,设计温度为-196℃，日蒸发率小于 0.20%，主要技术参数见表 2.3-1：

表 2.3-1 低温储罐参数表

名称		LNG 低温罐	
介质		LNG	
介质密度 (kg/m ³)		426	
绝热方式		高真空多层绝热	
日蒸发率		W0.2%	
封结真空度		0.05pa	
真空夹层漏放气速率 (Pa/nil)		W6.00E-06	
	内容器	外壳	
工作压力 (MPa)	1.0	w-0.1	
设计压力 (MPa)	>1.2	-0.1	
气压试验压力 (MPa)	1.46		
气密性试验压力 (MPa)	1.2		
设计温度 (°C)	-196	60	
工作温度 (°C)	-162	环境温度	
主体材料	封头	Ocr18Ni9	16MnR
壁厚	封头	N10mm	N8mm
	筒体	N8mm	N6mm

名称		LNG 低温罐
焊接接头系数	1	0.85
安全阀开启压力 MPa	1.26	

5、加液机

天然气汽车单车加气时间约为 3-5min（包括进出站），选用 6 台双枪加液机，加液机具有气体计量和数量智能修正和远传等功能，主要参数如下：

准确度 0.5 级

额定工作压力 25Mpa

额定流量[^]600NM³/h

工作温度-40℃~50℃

2.3.3 主要设备一览表

表 2.3-3 主要设备一览表

序号	名称	型号及规格	数量	备注
1	低温储罐	LNG 立式低温储罐 V=60m ³	1 座	低温储罐
2	LNG 卸车泵	300Nm ³ /h 卸车增压器 1 台 340L/min LNG 低温潜液泵 1 台 150Nm ³ /h EAG 空温气化器 1 台	1 座	-
3	BOG 气化器	300Nm ³ /h 空温气化器	1 台	-
		500Nm ³ /h 水浴气化器	1 台	-
4	LNG 加液机	双枪<0.25m ³ /min	6 台	-
5	真空夹套	0Cr18Ni9/DN40	20m	-
		0Cr18Ni9/DN25	20m	-
6	不锈钢钢管	0Cr18Ni9/DN20	100m	-
7	高压卡套球阀	0Cr18Ni9/DN20	8 个	-
8	卡套式安全阀	0Cr18Ni9/DN20	4 个	管道用
9	柴油发电机	P75HE	1 台	-
10	空压机	/	1 台	-

表 2.3-4 特种设备一览表

序号	名称	型号及规格	数量	备注
1	低温储罐	LNG 立式低温储罐 V=60m ³	1 座	低温储罐
2	潜液泵撬	PN=1.92,V=0.3m ³	1 台	
3	BOG 回收撬	PN=2.5,V=0.1m ³	1 台	

2.3.4 工艺管道组成件

1、管道

LNG 管道采用低温不锈钢，应符合《流体输送用不锈钢无缝钢管》（GB/T14976-2012）的相关规定。通常采用奥氏体不锈钢管，材质为 0cr18Ni9，虽然其具有优异的低温机械性能，但冷收缩率高达 0.003。站区 LNG 管道在常温下安装，在低温下运行，前后温差高达 180℃，存在着较大的冷收缩量和温差应力，通常采用“门形”补偿装置补偿工艺管道的冷收缩。

LNG 管道的绝热结构主要有常规的绝热材料包复型结构和真空夹套型结构。

采用常规的绝热材料包复型结构，由于不锈钢管道的冷收缩问题，使得绝热材料在包覆时需要预留一定的缝隙，补偿管道的收缩。在这些管道的接口处要阻挡水蒸气，但随着时间的推移，这些绝热材料还是会因吸水而丧失绝热效果。采用这种绝热方式的管道造价低，施工制作方便、快捷，适 LNG 加气站使用。

采用真空夹套型结构的管道，由于是内外双层管，内管用于输送 LNG，承受 LNG 的输送压力；内外管之间为真空夹层，外管防止水分或者空气进入真空夹层。采用这种结构，真空夹层可以隔绝空气的对流传热，多层缠绕的铝箔和纸绝热材料可以隔绝辐射传热和热传导，整体来看这种结构的绝热效果要优于绝热材料包复型结构。这种结构的制造工艺复杂，造价相对比较高，运行维护成本低，设备可靠性高，适用于站房式 LNG 加气站。

2、阀门

工艺系统阀门应满足输送 LNG 的压力和流量要求，同时必须具备耐-196℃的低温性能。常用的 LNG 阀门主要有增压调节阀、减压调节阀、紧急切断阀、低温截止阀、安全阀、止回阀等。

3、法兰及管件

介质温度≤-20℃的管道采用《流体输送用不锈钢无缝钢管》(GB/T14976-2012)，

材质为 OCr18Ni9。管件均采用材质为 Ocr18Ni9 的无缝冲压管件《钢制对焊管件类型与参数》（GB/T12459-2017）。法兰采用凹凸面长颈对焊钢制管法兰（HG20592—2009），其材质为 OCr18Ni9。法兰密封垫片采用金属缠绕式垫片，材质为 Ocr18Ni9。紧固件采用专用双头螺柱、螺母，材质为 OCr18Ni9。

介质温度 $>-20^{\circ}\text{C}$ 的工艺管道，当公称直径 $\leq 200\text{mm}$ 时，采用《输送流体用无缝钢管》（GB/T8163-2018），材质为 Q235B。管件均采用材质为 20 号钢的无缝冲压管件（GB/T12459—2005）。法兰采用凸面带颈对焊钢制管法兰《钢制管法兰（PN 系列）》（HG/T20592-2009），材质为 20 号钢。法兰密封垫片采用柔性石墨复合垫片《钢制管法兰 第 1 部分：PN 系列》（GB/T 9124.1-2019）。

4、管道防腐

LNG 系统管线均采用真空管，管沟敷设，不需要防腐保护。

站内埋地管道外防腐层采用无溶剂液态环氧防腐涂层加聚乙烯胶粘静复合结构。无溶剂液态环氧防腐涂层等级为加强级，防腐层结构厚度 $\geq 800\mu\text{m}$ 。环氧底漆可选用现场喷涂或刷涂工艺。聚乙烯胶粘剂等级为加强级，防腐层结构为双层缠绕，搭接宽度为 55%，厚度 $\geq 2.4\text{mm}$ 。埋地管道外防腐层复合结构厚度 $\geq 3.0\text{mm}$ ，管线外壁除锈等级为 Sa2½级。

2.4 建筑与结构

2.4.1 主要建筑内容

该加气站的主要建（构）筑物包括站房、加气罩棚以及储气罐、加液机等设备的基础设施等。

二层站房：二层框架结构，建筑面积 700.76m^2 ，民用建筑。

加气罩棚：螺栓球网架结构，柱高 8.5m ，檐口 1.5m ，建筑面积 1575.04m^2 。

气罐区：LNG 60m^3 立式储罐 1 具。

加液机：6 台双枪 LNG 加液机。

2.4.2 主要技术参数

加气站内所有建（构）筑物的设计使用年限均为 50 年，抗震设防烈度为 8 度，设计基本地震加速度值为 0.15g ；建筑物结构安全等级为二级，地基基础设计等级为丙级，建筑抗震设防类别为丙类；建筑物耐火等级为二级，结构构件耐火极限为柱

2.5h, 梁 1.5h, 板 1.0h。

2.4.3 建筑结构形式

1) LNG 设备基础

LNG 储罐防护堤及其他设备基础采用钢筋混凝土基础。储罐用地脚螺栓固定在储罐基础上。防护堤亦采用钢筋混凝土基础，防护堤的厚度为 25cm，其中防护堤内地面低于周边地面 0.15m，防护堤顶面高出堤内地面 0.85m，且高出堤外地面 0.65m。

2) 站房

站房面积 700.76m²，二层框架结构。

该项目建构筑物一览表见表 2.4-1。

表 2.4-1 建构筑物一览表

序号	名称	面积/m ²	数量	建筑类型	耐火等级	火灾危险类别	备注
1	二层站房	700.76	1 处	二层框架结构	二级	民用建筑	包含发电间与配电间
2	罩棚	1575.04	1 处	螺栓球网架结构	二级	甲类	
3	加气储罐区	112.5	1 处	混凝土结构	一级	甲类	
4	燃气锅炉间	/	1 处	混凝土结构	二级	民用建筑	
5	化粪池	6	1 处	玻璃钢结构	二级	民用建筑	

2.5 自动控制

该项目控制系统对站内温度、压力信号进行采集和监控，按照工艺要求对泵、阀门等进行控制。系统采用多种抗干扰，具有防雷、接地功能。

2.5.1 自动控制内容

该项目自动控制内容包括站内仪表和自控。

该项目采用 PLC 站控系统对站内工艺变量及设备运行状态进行数据采集，对关键工艺参数、可燃气体和火灾信号进行监控，并对站内关键阀门进行联锁、集中控制，以保证站场安全、可靠、平稳、高效的运行，并充分考虑场站未来的发展，在控制系统软件和硬件设置上，预留足够的扩展裕量；在站场电缆、管线的走向上，

预留足够的路由。

站房控制室计算机监控系统上有设备运行状况信号。

站房控制室内配置 UPS 不间断供电电源（后备式、输出功率 5000VA-4000W）为站控系统、可燃气体检测报警系统及视频监控系统提供电源。

2.5.2 控制系统

根据工艺流程和自动化集中控制、管理的需求，该项目生产控制系统由生产监控操作站、站级过程控制器和现场仪表三部分组成。

LNG 生产监控操作站设置在综合办公室，对 LNG 加气系统的生产过程进行监测管理，动态显示加气流程，包括 LNG 储罐、LNG 潜液泵、BOG 回收撬和 LNG 加液机等运行状态以及急停按钮、可燃气体探测器的报警信息，生产数据的存储、统计、查询、打印。收费电脑设置在便利店收银台。

站级过程控制器集成在站级过程控制机柜内，设置在配电及控制室。站级过程控制器选用可编程控制器（PLC），包括 CPU、接口模块、过程 I/O 及功能模块共同组成，用于实时采集现场的 LNG 储罐上的压力和液位信号、采集气动阀的工作状态信号，LNG 潜液泵撬、BOG 回收撬内的压力、温度、阀门、机泵等的信号，对整个 LNG 加气过程进行程序控制，实现自动化运行。采集现场紧急停止按钮、可燃气体报警控制器信号。LNG 单元控制器除采集成撬装置内仪表信号以外，还应预留 I/O 点。

燃气锅炉房可燃气体探测器对应的可燃报警控制器提供开关量输出信号，接入站级过程控制器，当房间内天然气超标时，联动开启风机强制排风，并切断去燃气锅炉房（燃气壁挂炉）管线电磁阀。

LNG 设备要求：

该项目所采用的 LNG 储罐、LNG 潜液泵、BOG 回收撬、LNG 加液机等由设备成撬商整套提供，设备包括撬装内部各仪表、仪表电缆、防爆接口材料、电缆保护管、防爆接线箱等。撬装防爆接线箱与撬内仪表防爆等级不低于 ExdIIBT4。除此之外，上述设备还应满足如下要求：

1) LNG 储罐上设置液位、压力变送器，液位和压力的信号由 LNG 单元控制器采集，高液位、压力高限报警与紧急切断阀连锁；储罐部分的仪表电缆均接入撬上自带的防爆接线箱，信号由站级过程控制器采集；

2) LNG 潜液泵配置满足工艺要求的仪表设备，仪表电缆均接入 LNG 箱式撬装设备上自带的防爆接线箱，信号由站级过程控制器采集；

3) BOG 回收撬配置满足工艺要求的仪表设备，撬内的仪表电缆均接入撬上自带的防爆接线箱，信号由站级过程控制器采集；

生产控制系统的集成、组态、安装、调试、投运由系统集成商负责完成。厂家与业主共同协商需要上传的数据内容，协助并无条件提供生产控制系统集成商所需全部资料以完成生产控制系统组态工作。

2.5.3 可燃气体泄漏检测和报警系统

可燃气体报警系统由可燃气体探测器和可燃气体报警控制器组成。可燃气体报警控制器设置在控制室内。

该项目设置可燃气体探测器共 11 台：加气岛各 1 台、LNG 卸车增压撬 1 台、LNG 储罐 1 台、LNG 潜液泵 1 台、BOG 回收撬 1 台和燃气锅炉房 1 台。

可燃气体报警控制器采集可燃气体探测器的信号，同时将报警信号通过串口服务器将信号转换为 TCP/IP 信号上传至生产监控操作站，生产监控操作站实时显示各探头浓度数值，监测天然气的泄漏情况。同时向站级过程控制器输出开关量报警信号。当被测区域可燃气体浓度达到或超过设定值时，生产监控操作站进行报警并自动存储报警信息。通过站级过程控制器实现与紧急切断系统的联锁。生产监控操作站自带音响进行报警，并能储存，打印记录，实时显示当前浓度。

燃气锅炉房燃气探测器对应的可燃报警控制器提供开关量输出信号，接入站级过程控制器，当房间内天然气超标时，联动开启风机强制排风，并切断燃气锅炉房管线电磁阀。

2.5.4 视频监控系统

该项目设置视频监控系统，主要包括：视频监控摄像头及监控室。监控部位主要有该项目进、出口处和工艺区等关键场所，以便对生产情况进行监视，以预防意外闯入和及时发现险情给与报警以及火灾确认。

2.5.5 紧急切断系统

该项目拟在控制室、LNG 储罐区、加气区分别设置 ESD 紧急停车控制按钮，在事故发生时，现场人员按下紧急停止按钮，急停信号上传至站级过程控制器，通

过站级过程控制器实现撬装设备、LNG 加液机等工艺设备的紧急停车。

2.5.6 自控仪表选型

1、仪表选型

1) 可燃气体探测器采用催化燃烧式，并配带声光报警装置，露天场所配套遮阳防雨罩；

2) 紧急停止按钮选用具有失效保护且只能手动复位的自锁按钮；

3) 紧急切断阀门采用单作用气动阀，并且配套开关回讯及手轮；

4) 所有显示仪表及所有控制元器件（尤其 PLC 部分）均采用国内外知名品牌，以保证其性能的稳定性及可靠性。具有全套显示、报警、PLC 控制联锁动作功能；具有模拟流程图，能直观反映整站工艺，并且可以在流程图上直接观看工艺参数、工艺参数是否有报警点及主要设备的运行状态；仪表安全报警参数可根据现场及工艺要求手动设定。

2、控制系统选型

在安全可靠的基础上，采用先进的技术和设备，使整个场站的设计体现安全可靠、技术先进、经济合理、符合环保的要求。

2.5.7 仪表供电、接地及其他

1、仪表供电

加气控制系统电压为 220VAC \pm 10%，50Hz \pm 5%。采用 UPS 电源为加气控制系统供电，容量为 5kVA，其后备电池组在外部电源中断后提供不少于 30min 的供电容量，UPS 电源由电气专业提供。

2、系统接地

仪表及控制系统的保护接地、工作接地、防静电接地和防雷接地应采用等电位连接方式，并与电气专业的低压配电系统合用接地装置，接地连接电阻不大于 1 Ω 。

3、仪表的防雷

为了避免雷击使仪表与之相连的监控系统遭到破坏，仪表配置浪涌保护器，现场仪表及成套、撬装设备自带仪表应具有防浪涌功能。

4、仪表的防爆

加气区域生产区属爆炸危险区域，主要按隔爆型进行选型设计，防爆等级不低于 ExdIIBT4，室外仪表防护等级不低于 IP65，室内仪表防护等级不低于 IP55。

2.6 公用工程及辅助设施

2.6.1 给排水系统

站内给水由物流园统一供应，站内最高日用水量为 $2.0\text{m}^3/\text{d}$ ，最大时用水量为 $0.16\text{m}^3/\text{h}$ ，供水压力为 0.20MPa ，水压、水量满足站内需求。

室外给水管采用 S4 系列的聚丙烯 PP-R 塑料管。室内冷水给水管采用 S5 系列的 PP-R 给水管，热熔连接。室内热水给水管使用 S3.2 系列的聚丙烯 PP-R 热水给水管，热熔连接。管道公称压力 0.60MPa 。长期使用温度 $\leq 70^\circ\text{C}$ 。

室内排水管采用 PVC-U 排水管，排水立管采用内螺旋消声塑料排水管，横干、支管采用普通光壁 UPVC 塑料排水管。架空管道不得敷设在对卫生有特殊要求的房间以及变配电间内。室外污水管采用 PVC-U 双壁波纹管，胶圈承插连接，环刚度 8 级，管道埋深小于 0.7 米的管段加钢套管保护。

供水水质符合《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2022）中的相关要求，站内设置用水量计量装置。本工程排水采用污废合流排水系统，重力流排至站内玻璃钢化粪池（容积 6m^3 ）。化粪池由甲方定期清掏，排水量 $1.14\text{m}^3/\text{d}$ 。站区雨水散排，站房屋面雨水通过侧接式雨水斗收集至室外地面散排，罩棚采用四面排水，经天沟收集后由雨水管排出。雨水立管采用 DN100 镀锌钢管。

场区设置 3 处 $\Phi 1000$ 检查井，1 处钢筋混凝土水表检查井。给水管径 De63，排水管径 De300。

2.6.2 供配电系统

1、供电电源

该项目供电电源引自物流园，供电电压为 220/380V，供电能力满足该站需求，该站用电负荷为（130KW），加气站设 150KW 柴油发电机，以应对停电突发事件，满足停电时加气系统紧急用电需求，发电机位于站房发电间内。

2、负荷等级

该项目供电负荷等级为三级。

3、配电方式

配电柜主电源接服务区变压器，备用电源接柴油发电机，发电机与变压器互锁，负荷末端切换。电源电缆采用铠装电缆直埋敷设至本站配电间，铠装电缆穿墙、过

路穿镀锌钢管保护。供配电采用 TN-S 系统，埋地电缆穿镀锌钢管保护，保护钢管两端接地；在电源总配电柜内、信息系统设备箱内装设电涌保护器。站区采用放射式配电，电缆采用非铠装电缆全程穿热镀锌钢管保护，埋地敷设。在电源总配电柜内、信息系统设备箱内装设电涌保护器。信息系统设 UPS 不间断供电电源（后备式、输出功率 5000VA-4000W），UPS 的后备断供电时间为 2h，切换时间 $\leq 5\text{ms}$ 。

4、照明系统

在保证照度的前提下优先采用高效节能灯具和使用寿命长且显色性好的光源。防爆区域内的照明灯具以高压钠灯或金属卤素灯为光源的防爆等为主，适当辅以防爆荧光灯。非防爆区域以高效荧光灯为主，适当辅以部分装饰灯具。

5、防雷防静电接地

该加气站防雷接地、保护接地、工作接地、信息系统接地采用联合接地，接地电阻不大于 1Ω 。

该加气站罩棚和站房防雷新设。加气站罩棚按二类防雷建筑物设防。罩棚防雷采用 $\phi 10$ 热镀锌圆钢避雷带作接闪器，组成不大于 $10\text{m} \times 10\text{m}$ 或 $12\text{m} \times 8\text{m}$ 的网格；避雷带支架每隔 1m（转弯处 0.5m）设置一根；利用罩棚柱柱内 2 根 $\geq \phi 16$ 或 4 根 $\geq \phi 10$ 主筋作引下线。站房防雷按三类防雷建筑物设防，利用 $\phi 10$ 热镀锌圆钢避雷带作接闪器，组成不大于 $20\text{m} \times 20\text{m}$ 或 $24\text{m} \times 16\text{m}$ 的网格；避雷带支架每隔 1m（转弯处 0.5m）设置一根，站房利用柱内 2 根 $\geq \phi 16$ 或 4 根 $\geq \phi 10$ 主筋作引下线，与站内主接地网可靠连接。防雷引下线与避雷带相连和基础钢筋，接地扁钢连接线（体）可靠连接；罩棚立柱设测试卡子。突出屋面的所有金属构件、金属管道均与接闪器可靠焊接。

储罐区及罩棚防雷按二级防雷建筑物设计，采用 TN-S 式接地，LNG 储罐 2 点接地，罩棚为金属屋面，彩钢板间的连接是持久的电气贯通，金属板厚度不小于 0.5mm，板吊顶材料为非易燃物质，可采用铜锌合金焊、熔焊、卷边压接、缝接、螺钉或螺栓连接，金属板应无绝缘被覆层，可利用金属屋面做接闪器，利用钢柱引下线与接地体相连，加气岛为网架结构均为钢构件组成，岛上所有钢构件至少有四处与防雷接地装置可靠连接。罩棚内的加液机及灯具等电气设备不带电的金属外壳均需用 $40 \times 4\text{mm}$ 的热镀锌扁钢引至静电接地网，接地电阻不大于 4Ω 。防晒棚利用金属屋架做接闪器，利用钢柱做引下线与接地网连接，电缆桥架两端与接地网连接。

在站内进入工艺区、储罐区入口、LNG 储罐卸车处设置防静电接地装置和人体静电释放柱，并与接地网可靠连接。

根据《爆炸危险环境电力装置设计规范》（GB50058-2014）及《汽车加油加气加氢站技术标准》（GB50156-2021）的规定，该项目内爆炸危险区域如下划分：

1) 下列区域划分为 1 区：

LNG 加液机的内部空间。

2) 下列区域划分为 2 区：

距 LNG 储罐的外壁和顶部 3.0m 的空间、储罐区的防护堤至储罐外壁，高度为堤顶高度的范围内区域，放散口等。

7、防爆电气选型：

爆炸危险区域内的电气设备选型、安装、电力线路敷设等，执行现行国家标准《爆炸危险环境电力装置设计规范》（GB50058-2014）的规定，处于防爆区的加气机的防爆等级不低于 dIIAT3Gb，其他电气设备防爆等级不低于 dIIAT3Gb。设备与电缆接头处必须采用防爆挠性连管连接，电缆引向电气设备接头处应进行隔离，防爆接线盒应进行接地处理。

站内设道路及区域照明，位于爆炸危险区域内的照明灯具拟选用隔爆型防爆灯，防爆等级为 ExdIIAT3Gb，室内应急照明配线均采用 NH-BV-2×2.5mm² 型铜芯塑料绝缘导线穿热镀锌钢管敷设；室外罩棚内应急照明线路采用 NH-YJV-2×2.5mm² 穿热镀锌钢管敷设；站房应急照明线路采用 NH-YJV-2×2.5mm² 穿热镀锌钢管敷设；应急照明线路暗敷设时，穿管且敷设在非燃烧材料结构层内，保护层厚度不应小于 30mm。明敷设时，穿金属管，管外涂防火涂料。站房照明、普通插座、空调插座管线沿墙、现浇层暗敷，罩棚照明沿网架穿钢管明敷，开关、插座和灯具靠近可燃物时应采取隔热、散热等防火保护措施。弱电线路穿热镀锌钢管敷设，进户线室外埋深大于 0.8m，并在当地冻土层以下。

爆炸危险区域以外的照明，选用非防爆型。配电柜防护等级 IP54，照明配电箱防护等级为 IP65，该项目应急灯型号为 DC36V，防护等级为 IP67，罩棚灯防护等级 IP55 照明线路采用阻燃型导线穿镀锌钢管埋地敷设。

凡突出屋面的所有金属构件、金属管道均与避雷带可靠焊接。

加液机接地：机体和其内设备，电线管都与接地支线做电气连接，连接线为

BVR10mm²。

加液机防爆等级 ExdIAT3，罐区防爆区域防爆等级为 Exd11BT4Gb。

2.6.3 仪表风系统

该项目设置 1 台空压机，加气工艺系统中在需要紧急切断或需要实现自动化控制的部位均设置气动阀，空压机为气动阀提供符合要求的动力控制气源。

2.6.4 采暖通风系统

1) 采暖

该项目供热由燃气锅炉房提供低温热水，房间采用低温热水地板辐射供暖系统，卫生间采用暖气片供暖。

2) 通风

该项目工艺设备均为露天安装，采用自然通风。该项目发电间、配电间兼设备控制室采用隔墙式百叶窗换气扇；站房卫生间用管道式排气扇通风，自带逆止功能；通风管材为镀锌钢板，厚度为 0.5mm，法兰连接。二层卫生间采用浴霸自带换气扇通风，换气扇自带逆止功能；其他房间采用自然通风。

2.6.5 消防系统

根据《汽车加油加气加氢站技术标准》（GB50156-2021）12.2.3，该加气站地上 LNG 储罐总容积不大于 60m³ 时，可不设消防加水系统。加气站站房内在自来水管网上设消防软管卷盘，消防器材配置数量满足使用要求。

1) 消防车道

该项目站内道路单车道宽度 5m，双车道宽度 12m。

2) 消防器材的配置

该项目设置消防器材如下表 2.6-1：

表 2.6-1 加气部分灭火器配置一览表

序号	配置区域	种类	型号	数量
1	站房	5Kg 手提式 CO ₂ 灭火器	MT7	2 具
2	加气区	5Kg 手提式干粉灭火器	MFZ/ABC5 型	12 具
3	储罐区	35Kg 推车式干粉灭火器	MFTZ/ABC50 型	2 具
5	发电室	5Kg 手提式 CO ₂ 灭火器	MT7	2 具

序号	配置区域	种类	型号	数量
6	配电室	5Kg 手提式 CO ₂ 灭火器	MT7	2 具
7	燃气锅炉房	5Kg 手提式 CO ₂ 灭火器	MT7	2 具

3) 消防依托

该项目的消防以张掖市临泽县消防救援大队为主，自救为辅；该站距张掖市临泽县消防救援大队 3.7km。

2.6.6 通讯情况

站区内设置语音电话通信、计算机网络系统、监控系统，满足站区安全生产、行政管理的需求。站房内便利店、办公室内各设置电话 1 部，供生产调度、营业和火灾报警使用。便利店、办公室设置宽带网接入终端，供站内远程报表和数据远传使用。

站内设监控设备一套，对加液机、罐区、进出口、站房内便利店等监控。

整个站区拟设置 14 台摄像机，硬盘录像机等设备安装在控制室机柜内。工作人员在控制室监视监控器画面就可以实现出入口、加油、卸油区、加气卸车区、罐区、站房内的全天候全方位的动态监视。

视频监控系统有一台单独的机柜，通信系统与站内零管系统设备共用一个 19 英寸标准机柜。监控摄像头在站房内吸顶安装，在罩棚柱上安装，线路采用六类屏蔽网线，穿钢管敷设。

2.7 安全管理机构及人员编制

2.7.1 组织机构

依据《中华人民共和国安全生产法》、《危险化学品建设项目经营许可证管理办法》等有关规定，该加气站设以站长为组长，操作人员等为成员的安全管理组织机构。

该加气站投入使用后设置以站长为组长的安全管理领导小组，设专职安全员 1 人。安全领导小组主要安全职责为：

1) 组织或者参与拟订本单位安全生产规章制度、操作规程和生产安全事故应急救援预案；

2) 组织或者参与本单位安全生产教育和培训，如实记录安全生产教育和培训情

况；

- 3) 组织开展危险源辨识和评估，督促落实本单位重大危险源的安全管理措施；
- 4) 组织或者参与本单位应急救援演练；
- 5) 检查本单位的安全生产状况，及时排查生产安全事故隐患，提出改进安全生产管理的建议；
- 5) 制止和纠正违章指挥、强令冒险作业、违反操作规程的行为；
- 6) 督促落实本单位安全生产整改措施。
- 7) 法律、法规、规章规定的其他安全生产要求。

该站设操作工 6 人，配备站长 1 人，技术员 1 人，安全员 1 人，收银员 1 人。经过相关部门培训、考核，并取得相应的安全管理资格证。站内各岗位均制定安全操作规程和岗位责任制，作业人员上岗前必须经过培训，合格后方可上岗。

2.7.2 人员编制

根据国家关于行业定员编制规定，结合该项目的规模，该项目定员 10 人，人员编制确定如下：

表 2.7-1 劳动定员编制表

序号	岗位	人数	职责	备注
1	站长	1	全面负责	白班
2	技术员	1	负责技术相关	白班
3	安全员	1	负责工艺安全	白班
4	操作工	6	加气站设计定员	二班制
5	收银员	1	负责财务	白班
合计		10		

2.7.3 人员培训

天然气为易燃易爆危险品，从业人员需严格按照各项管理制度及操作程序规范操作，稍有疏忽即可能酿成火灾、爆炸等生产事故，造成财产损失或人员伤亡。

为使从业人员熟悉各项管理制度及操作程序，提高从业人员素质，需对从业人员进行就业培训及再学习教育，特制定人员培训计划如下：

- 1) 设立工作人员专门培训计划；

- 2) 在投运以前,对工作人员进行上岗前培训,并派遣人员到已投运的该项目进行观摩学习;
- 3) 对管理层进行技术培训,以便能够更有效的进行管理工作;
- 4) 对安全保障人员进行技术培训,使其能够熟练的使用各种抢修、抢险工具及抢修、抢险操作程序;
- 5) 安全管理人员必须经过相关单位组织的危险化学品安全管理人员培训考核,经考试合格后,持证上岗;
- 6) 压力容器、安全员等岗位必须经质监局培训合格后,持证上岗。

2.8 安全投入估算

该项目总投资为 2000 万元,其中安全方面投入 103 万元,占总投资的 5.15%,主要用于安全附件及其他设施设备安全方面维护保养费用以及其他安全教育培训。各项安全设施投资统计见表 2.8-1。

表 2.8-1 安全设施投资估算表

类别		投入要素名称	投资额 (万元)	占总投资 比例 (%)
预防事故设施	检测报警设施	高低液位报警设施、闭路监控设施、卸油静电接地报警仪	30.8	5.15%
	设备安全防护设施	防雷防静电设施、电涌保护装置、防护罩、防冻、防腐、防渗漏设施等		
	防爆设施	防爆灯具、防爆电器、防爆工具		
	作业场所防护设施	防撞设施、绝缘工具等		
	安全警示标志	各种安全警示标志		
控制事故设施	泄压和止逆设施	呼吸阀等	15.8	5.15%
	紧急处理设施	紧急备用电源、潜油泵的紧急切断系统		
减少与消除事故影响设施	防止火灾蔓延设施	阻火器、防火材料涂层	56.4	5.15%
	灭火设施	消防器材		
	紧急个体处置设施	应急照明灯、带蓄电功能的照明灯、手电筒等		
	应急救援设施	医疗救护箱、呼吸器		
	逃生避难设施	安全通道		

临泽县通达公路工程有限责任公司
临泽县张掖丹霞公路港物流园加油加气站项目（加气部分）安全预评价报告

类别		投入要素名称	投资额 (万元)	占总投资 比例 (%)
	劳动防护用品和装备	防静电服、劳保手套等劳动防护用品与装备		
	其他	教育培训、应急演练费用等		
合计			103	

3 危险有害因素辨识与分析

3.1 危险物质的辨识

3.1.1 危险化学品名称及主要特性

该项目工艺装置在运行过程中存在的主要危险物质为 LNG，加臭过程中使用的加臭剂四氢噻吩，管道进行吹扫的过程中会用到氮气，因此，下面对液化天然气、四氢噻吩、氮气进行危险特性分析。

表 3.1-1 液化天然气理化特性

标识	中文名：天然气[含甲烷，液化的]；液化天然气		危险货物编号：21008	
	英文名：Liquefied natural gas, LNG		UN 编号：1972	
	CAS 号：8006-14-2			
理化性质	外观与性状		无色无臭液体。	
	相对密度（水=1）		0.46g/cm ³	
	沸点（℃）		-160~-164	
毒性及健康危害	健康危害	天然气主要由甲烷组成，其性质与纯甲烷相似，属“单纯窒息性”气体，高浓度时因缺氧而引起窒息。液化天然气与皮肤接触会造成严重灼伤。		
	急救方法	应使吸入天然气的患者脱离污染区，安置休息并保暖；当呼吸失调时进行输氧；如呼吸停止，应先清洗口腔和呼吸道中的粘液及呕吐物，然后立即进行口对口人工呼吸，并送医院急救；液体与皮肤接触时用水冲洗，如产生冻疮，就医诊治。		
燃烧爆炸危险性	燃烧性	易燃	燃烧分解物	无意义
	闪点（℃）	-184℃	爆炸上限（v%）	14（室温时）；13（-162℃）
	引燃温度（℃）	无资料	爆炸下限（v%）	5（室温时）；6（-162℃）
	危险特性	极易燃；蒸气能与空气形成爆炸性混合物；当液化天然气由液体蒸发为冷的气体时，其密度与常温下的天然气不同，约比空气重 1.5 倍，其气体不会立即上升，而是沿着液面或地面扩散，吸收水与地面的热量以及大气与太阳的辐射热，形成白色云团。由雾可察觉冷气的扩散情况，但在可见雾的范围之外，仍有易燃混合物存在。如易燃混合物扩散到火源，就会立即闪回燃着。当冷气温热至-112℃左右，就变得比空气轻，开始向上升。液化天然气遇水生成白色冰块，冰块只能在低温下保存，温度升高即迅速蒸发，如急剧扰动能猛烈爆喷。		
	储运条件与泄漏处	储运条件：液化天然气应在大气压下稍高于沸点温度（-160℃）下用绝缘槽车或槽式驳船运输；用大型保温气柜在接近大气压并在相应的低温（-160~		

理	-164℃) 下储存, 远离火种、热源, 并备有防泄漏的专门仪器; 钢瓶应储存在阴凉、通风良好的专用库房内, 与五氟化溴、氯气、二氧化氯、三氟化氮、液氧、二氧化氧、氧化剂隔离储运。泄漏处理: 切断火源, 勿使其燃烧, 同时关闭阀门等, 制止渗漏; 并用雾状水保护阀门人员; 操作时必须穿戴防毒面具与手套。对残余废气或钢瓶泄漏出气要用排风机排至空旷地方。
灭火方法	用泡沫、雾状水、二氧化碳、干粉。

表 3.1-2 四氢噻吩理化特性

标识	中文名: 四氢噻吩	危险货物编号: 32111		
	英文名: Tetrahydrothiophene	UN 编号: 2412		
	CAS 号: 110-01-0			
理化性质	外观与性状	无色液体。		
	相对密度 (水=1)	1.00g/cm ³		
	沸点 (°C)	119		
毒性及健康危害	健康危害	该物质对环境可能有危害, 对水体应给予特别注意。 小鼠吸入蒸气中毒时, 呈运动性兴奋、共济失调、麻醉, 最后死亡。 慢性中毒实验中, 小鼠体重增长减慢及肝功能变化。对人皮肤刺激的作用弱。		
	急救方法	迅速脱离现场至空气新鲜处。呼吸困难时给输氧。呼吸停止时, 立吸入即进行人工呼吸, 就医。 食入: 误服者给饮大量温水, 催吐, 就医。		
燃烧爆炸危险性	燃烧性	易燃	燃烧分解物	一氧化碳、二氧化碳、硫化氢、氧化硫
	闪点 (°C)	12.8°C	爆炸上限 (v%)	无资料
	引燃温度 (°C)	无资料	爆炸下限 (v%)	无资料
	危险特性	遇高热、明火或与氧化剂接触, 有引起燃烧的危险。其蒸气比空气重, 能在较低处扩散到相当远的地方, 遇火源引着回燃。若遇高热, 容器内压增大, 有开裂和爆炸的危险。		
	储运条件与泄漏处理	储运条件: 储存于阴凉、通风仓间内。远离火种、热源。仓温不宜超过 30°C。防止阳光直射。包装要求密封, 不可与空气接触。应与氧化剂分于存放。储存间内的照明、通风等设施应采用防爆型, 开关设在仓外。配备相应品种和数量的消防器材。罐储时要有防火防爆技术措施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。灌装时应注意流速(不超过 3m/s), 且有接地装置, 防止静电积聚。搬运时要轻装轻卸, 防止包装及容器损坏。 废弃: 处置前参阅国家和地方有关法规。废物储存参见“储运注意事项”。		

	用控制焚烧法处置。焚烧炉排出的气体通过洗涤器除去。 泄漏处置：疏散泄漏污染区人员至安全区，禁止无关人员进入污染区，切断火源。建议应急处理人员戴自给式呼吸器，穿一般消防防护服。在确保安全情况下堵漏。喷水雾会减少蒸发，但不能降低泄漏物在受限制空间内的易燃性。用活性炭或其它惰性材料吸收，然后使用无火花工具收集运至废物处理场所处置。也可以用不燃性分散剂制成的乳液刷洗，经稀释的洗水放入废水系统。如大量泄漏，利用围堤收容，然后收集、转移、回收或无害处理后废弃。
灭火方法	用泡沫、二氧化碳、干粉、砂土。

表 3.1-3 氮气理化特性

标识	中文名：氮[压缩的]；氮气		危险货物编号：22005			
	英文名：nitrogen, compressed		UN 编号：1066			
	分子式：N ₂	分子量：28.01	CAS 号：7727-37-9			
理化性质	外观与性状	无色无味压缩或气体。				
	熔点（℃）	-209.8	相对密度（水=1）	0.81	相对密度（空气=1）	0.97
	沸点（℃）	-195.6	饱和蒸气压（kPa）		1026.42/-173℃	
	溶解性	微溶于水、乙醇。		临界温度（℃）	-147	
毒性及健康危害	侵入途径	吸入。				
	毒性	LD ₅₀ : 无意义 LC ₅₀ : 无意义				
	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、神情恍惚、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，患者可迅速昏迷、因呼吸和心跳停止而死亡。潜水员深替时，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”。				
	急救方法	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。呼吸心跳停止时，立即进行人工呼吸和胸外心脏按压术，就医。皮肤、眼睛与液体接触发生冻伤时，用大量水冲洗，就医治疗。				
燃烧爆炸危险性	燃烧性	不燃	燃烧分解物		氮气	
	闪点（℃）	无意义	爆炸上限（v%）		无意义	
	引燃温度（℃）	无意义	爆炸下限（v%）		无意义	

危险特性	不燃，但在日光曝晒下，或搬运时猛烈摔甩，或者遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险。				
建规火险分级	戊	稳定性	稳定	聚合危害	不聚合
禁忌物	-----				
储运条件与泄漏处理	<p>储运条件：储存于阴凉、通风的仓间内，仓内温度不宜超过 30℃。防止阳光直射。验收时应注意品名，注意验瓶日期，先进仓先发用。搬运时应轻装轻卸，防止钢瓶及附件损坏。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。</p>				

3.1.2 物质危险有害因素辨识与分析

1、液化天然气（LNG）

天然气由常温冷却至-162℃时，从气态变成液态，称为液化天然气（LNG）。天然气在液化过程中进一步得到净化，甲烷的纯度更高，不含二氧化碳、硫化物，无色、无味、无毒、无腐蚀性。液化天然气的体积约为同量气态天然气体积的 1/625，大大方便了储存和运输。液化天然气比水轻，重量仅为同体积的 45%。

LNG 属于液化烃，火灾危险性分类为甲 A 类液体。LNG 一旦从储罐中或管道中泄漏，一小部分立即急剧气化成蒸汽，剩下的泄漏到地面，立即沸腾，同周围空气混合形成冷蒸汽雾，在空气中冷凝形成白烟，再稀释受热后成云。气化量取决于从土壤、水、大气传导给 LNG 的热量的变化。LNG 刚刚泄漏时，气化率很高，为 2.5m³/min（以液体减少量表示），土壤紧接着很快就会冻结，几分钟之内，气化率大幅度降低。在 LNG 泄漏 2~30min 内，气化率与时间的平方近似成反比，土壤冻结后，气化需要的热量从大气和太阳辐射中得到，气化率趋近于一个常数。

由于 LNG 为深冷液体，因此它泄漏形成的烟同一般典型气化有差别。LNG 泄漏冷气体在初期比周围空气浓度大，形成层或层流，当泄漏到地面上时，很像是一种液体。但 LNG 气化后密度比空气低，因而稍有泄漏即挥发扩散。

LNG 的危险性主要有以下几方面：

1) 低温冻伤

由于 LNG 是-162℃的深冷液体，皮肤直接与低温物体表面接触会产生严重的伤

害。直接接触时，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。粘接后，可用加热的方法使皮肉解冻，然后再揭开。这时候如硬将皮肤从低温表面撕开，就会将这部分皮肤撕裂，所以当戴湿手套工作时应特别注意。

低温液体黏度较低，它们会比其他液体（如水）更快地渗进纺织物或其他多孔的衣料里去。在处理与低温液体或蒸汽相接触或接触过的任何东西时，都应戴上无吸收性的手套（PVC 或皮革制成），手套应宽松，这样如发生液体溅到手套上或渗入手套里面时，就可容易地交手套脱下。如有可能发生激烈的喷射或飞溅，应使用面罩或护目镜保护眼睛。

2) 低温危害

由于 LNG 处于很低的温度，低温可导致许多材料抗拉、抗压等机械强度、低温冲击韧性等发生变化。在 LNG 高压烃泵中的 LNG 泄漏时，可导致一般材料的地基、支撑件等的脆性失效。

3) LNG 的泄漏

由于低温操作，金属部件会出现明显的收缩，在管道系统的任何部位尤其是焊缝，阀门、法兰、管件、密封及裂缝处，都可能出现泄漏和沸腾蒸发，如果不及时封闭这些蒸气，它就会逐渐上浮，且扩散较远，容易遇到潜在的火源，十分危险。

4) 低温麻醉

没有充分保护措施，在低于 10°C 下待久后，就会有低温麻醉的危险产生，随着体温下降生理功能和智力活动下降，心脏功能衰竭，进一步下降会致人死亡。

5) 窒息

呼吸 LNG 低温蒸气有损健康，短时间内，导致呼吸困难，时间一长，就会产生严重的后果。虽然 LNG 蒸气没有毒，但其中的氧含量低，容易使人窒息。如果吸入纯净 LNG 蒸气而不迅速脱离，很快就会失去知觉，几分钟后便死亡。当空气中的氧含量逐渐降低，操作人员没有一点感觉，也没有任何警示。等意识到，则为时已晚。

6) 冷爆炸

在 LNG 泄漏遇到水情况下，水与 LNG 之间非常高的热传递速率，LNG 将激烈地沸腾并伴随大的响声、喷出水雾，导致 LNG 蒸气爆炸。这个现象类似水落在—

块烧红的钢板上发生的情况，可使水立即蒸发，为避免这种危险，应保持设备区的干燥。

7) 易燃易爆性

由于 LNG 和天然气的主要成分相近，均为易燃易爆组分，LNG 泄漏后首先是快速蒸发，接着蒸发速度降低，挥发到空气中的气态天然气遇点火源，可发生火灾或爆炸事故。

LNG 蒸气遇到火源着火后，火焰会扩散到氧气所及的地方。游离云团中的天然气处于低速燃烧状态，云团内形成的压力低于 5kPa，一般不会造成很大的爆炸危害。燃烧的蒸气就会阻止蒸气云团的进一步形成，然后形成稳定燃烧。

8) 流动扩散性

LNG 若大量泄漏时，有一部分在空气中蒸发，向空气中扩散；一部分液体向低洼的地方流动，导致扩散范围的扩大，一旦遇到点火源，将会发生火灾、爆炸。

2、四氢噻吩

四氢噻吩为易燃液体，不溶于水，可混溶于乙醇、乙醚、苯、丙酮。主要用作溶剂、有机合成中间体。

四氢噻吩遇高热、明火或与氧化剂接触，有引起燃烧的危险。其蒸气比空气重，能在较低处扩散到相当远的地方，遇火源引着回燃。若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险。

3、氮气

氮气为非易燃无毒气体，固然危险性低，但是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、神情恍惚、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，患者可迅速昏迷、因呼吸和心跳停止而死亡。潜水员深替时，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”。

氮气具有以下危险特性：

由于气体的扩散性，即使其非易燃、无毒，但因其在环境中会冲淡氧的浓度，会造成人员的伤害。

3.2 工艺过程危险有害因素分析

3.2.1 工艺过程危险有害因素分析

该项目工艺过程主要包括 LNG 卸车、LNG 储存、加气，而液化天然气具有易燃、易爆性、低温冻伤的危害，天然气在经过各工艺设备、管线时，若材质不符合要求、施工质量不合格，在设备、管线受振动、腐蚀、超温超压、违章作业等情况下，都有可能发生介质泄漏，冻伤周围的操作人员，如遇明火或火花，则能引发火灾、爆炸事故。若电气设备不符合防爆要求、防静电措施不符合要求，不能将介质在流动过程中摩擦产生的静电及时导出、违章动火等因素的情况下，大量泄漏的介质遇到明火或火花，就会引发火灾爆炸事故。加气车辆停车管理不到位，外部人员进入站内随意开动阀门，导致天然气泄漏，都有可能发生火灾、爆炸、低温冻伤等事故。

1、卸车过程

该项目卸车采用给槽车增压和 LNG 潜液泵联合方式卸车，站内卸车增压器给槽车增压，利用压差将 LNG 送入低温储罐。若储罐气相管未装降压调节阀及手动 BOG 排气阀，当卸车时 LNG 吸热或压力变化而产生的蒸发气体无法排出储罐，积聚一定压力时将会发生容器爆炸事故。当有 LNG 泄漏时，会有人员冻伤事故发生。另外，槽车在运输过程中产生静电，如果没有静电消除装置，在卸车时，有可能发生静电火花，一旦周围存在可燃气体，有可能发生燃爆事故，人体静电未消除，也有可能发生此类事故。卸车时由于驾驶员的疏忽，没有采取防溜车措施，可能发生溜车，导致卸车软管拉断，LNG 大量泄漏，发生火灾爆炸等事故，人员在紧急情况下采取措施不当，可能发生人员被车辆挤伤等伤亡事故。

2、储存过程

任何传入储罐的热量都将导致一定量的 LNG 蒸发成气体，这部分气体成为蒸发气（即 BOG）。在 LNG 的贮存过程中，有时会产生“翻滚现象”，即所谓的短时间内有大量气体从 LNG 储罐中散发出来，如不采取预防措施将导致设备超压。LNG 储罐中有时会形成两个稳定的液层。这是因为新注入罐中的 LNG 与罐底原剩的部分密度不同而又未充分混合，导致下层密度高于上层。当有热量传入储罐时，两个液层之间自发地进行传质和传热，最终完成混合。同时在液层表面进行蒸发，此蒸发过程吸收了上层液体的热量而使下层液体处于“过热”状态。当两层液体的

密度接近相等时，就会突然迅速混合而在短时间内产生大量气体，并使储罐内压力急剧上升，甚至顶开安全阀。在蒸发过程中，当蒸发气量明显低于其正常量时，为出现翻滚现象的前兆。所以，在设备运转过程中要严密检测蒸发气量，以防止液层大量储热。

LNG 储罐若发生泄漏，泄漏的 LNG 刚开始蒸发时产生的气体温度接近液体温度，其密度大于环境空气。冷气体在未大量吸收环境空气中热量之前，沿地面形成一个流动层，当其温度升至约-80℃时，气体密度就小于环境空气，形成的蒸发气和空气的混合物在温度继续上升的过程中逐渐形成密度小于空气的云团。此云团的膨胀和扩散与风速、大气稳定度有关。LNG 储罐区若发生火灾，随着 LNG 储罐的破裂、泄漏，泄漏的 LNG 以喷射形式进入大气，同时进行膨胀和蒸发，还进行与空气的剧烈混合。大部分 LNG 包在初始形成的类似溶胶的云团之中，在进一步与空气混合的过程中完全气化，气体向外扩散，其扩散面积越大，形成的火灾面积也就越大。同时，LNG 燃烧所形成的火焰温度高，辐射热强，对于周围的建筑物会造成不同程度的损坏，同时也可能会造成人员的烫伤事故。

LNG 火灾灭火后，在未切断可燃气体的气源或易燃液体源的情况下，遇到火源或高温将发生复燃、复爆。故 LNG 一旦燃烧，只有在完全切断气源或有非常可行、可靠的安全措施的情况下，方可灭火，否则，极有可能会引起复燃、复爆，造成更大的损失，若不能切断气源，只能在安全保护下让其自行燃烧。

该项目采用 LNG 立式储罐，若 LNG 防火堤设计不合理，防火堤耐火等级不符合规范要求，无法承受 LNG 低温变化影响，防渗措施不到位，则若发生 LNG 泄漏，会导致 LNG 在土壤中的大量扩散及火灾爆炸事故的发生。

3、升压过程

储罐内 LNG 升压时，在经过储罐增压器、LNG 潜液泵等工艺设备、管线、管件时，若设备制作质量、材质不符合要求、产品防爆等级不合格、安全附件不完善等，在设备、管线受振动、腐蚀、超温超压、违章作业等情况下，都有可能发生介质泄漏，尤其是在压力条件下发生泄漏。如遇明火或火花，则能引发火灾、爆炸事故。在电气设备不符合防爆要求、防静电措施不符合要求，不能将介质在流动过程中摩擦产生的静电及时导出、违章动火等因素的情况下，大量泄漏的介质遇到明火或火花，就会引发火灾爆炸事故。

4、加气过程

加气时若没有给车载瓶卸压，则会造成容器爆炸事故。

充装时未采取密封灌装技术，使大量天然气外逸或由于操作不当、产品外溢等原因，在加气口附近形成一个爆炸危险区域，遇烟火、使用手机、铁钉鞋磨擦、金属碰撞、电气打火等，都可导致火灾、爆炸事故。

在加气的过程中由于加气枪损坏、人员操作不当等原因，使天然气外溢，遇到明火等火源，导致火灾、爆炸事故。

静电起火。若加气使用的软管无静电连接或静电连接设施损坏、使用不当，相关管线无静电接地等，易造成静电积聚放电，点燃天然气；在加气过程中，若操作人员未按规定穿防静电工作服而穿带铁钉的鞋以及违章抽烟、使用明火等，天然气遇明火、火花时，就会产生爆炸燃烧。

加气未结束或结束后未拔枪，加气车辆拉断加气枪，拉断阀失灵造成泄漏，遇到火源发生火灾爆炸事故。

加液机旁未设防撞柱，当司机野蛮行驶时，可能撞击加液机造成天然气泄漏，引发火灾爆炸事故。

5、卸压过程

泄放工艺系统由安全阀、爆破片、放散管组成。天然气在常温时，天然气密度远小于空气密度，易扩散。在温度低于-120℃左右时，密度大于空气，一旦泄漏将在地面附近聚积，不易挥发，需设置 EAG 加热器，对放空的低温 NG 进行集中加热后，经阻火器后集中放散排放。EAG 加热器采用空温式换热器；常温放散 NG 直接经阻火器后排入放散塔。阻火器内装耐高温陶瓷环，安装在放空总管路上。若安全泄放排空高度不够，将易燃易爆气体排放到作业现场，严重威胁整个站区安全。

6、输送

LNG 泵在正式输送液体之前，应先对整个系统及管路进行充分的预冷。这个过程非常重要，否则由于系统温度过高，引起 LNG 气化，产生气液两相流，使泵无法正常运行。

该项目采用的是 LNG 低温泵输送 LNG，输送泵不仅要具有一般低温液体输送泵能承受低温的性能，而且对泵的气密性能和电器方面的安全性要求更高，易燃易爆介质即使微量泄漏，随着空气中的不断积累，而与空气可能形成可燃爆的混合物，

因此 LNG 泵的密封（尤其是轴封）显得尤为重要。除了密封，电动机的防爆问题也是相当重要的。另外为防止泵的振动，电动机的轴承、联轴器的对中，长轴驱动的轴承的支撑等问题也要引起重视，所以选择 LNG 低温泵时一定要本着安全、可靠的原则进行。

LNG 的输送管路在设计中不仅要考虑低温液体的隔热要求，还应特别注意因低温引起的热应力问题，防止水蒸气渗透的防护措施、避免出现冷凝和结冰的现象、管道泄漏的探测方法以及防火等问题。否则，管道的隔热不好会导致系统压力升高，低温引起的热应力可导致管道断裂等重大事故的发生，所以必须采取一定的措施来补偿因温度的变化引起的热膨胀和冷收缩，例如采用弯管和膨胀节，否则也会引起管线的破坏，造成泄漏，引发事故。

7、其它

在该项目中存在液化天然气（LNG），人体接触 LNG 后会生成类似灼伤的水泡，LNG 蒸发时产生的冷气体同样也会灼伤皮肤，因此，在操作过程中要注意人员的防冻保护，以免造成低温灼伤。

此外，天然气燃烧不完全时生成的一氧化碳，对人体也有毒害作用。吹扫时所用的氮气大量地泄漏到空气或室内达到一定浓度时，可使人窒息死亡。

工艺过程中的主要危险因素为火灾、爆炸、低温冻伤；次要因素有窒息、噪声等。

3.2.2 危险有害区域的划分和危险有害因素分布

依据该项目工艺特点和以上的辨识与分析，可以确定该项目的的主要危险和有害因素是火灾、爆炸、低温冻伤、容器爆炸、触电、窒息、高处坠落、机械伤害、车辆伤害、噪声等及其他伤害。

根据该项目的危险和有害因素分析并结合以往加气站中各种危险、有害因素的发生概率及其危险危害后果的严重程度，本次安全评价将对火灾、爆炸两个因素进行重点分析评价。危险和有害因素分布情况见表 3.2-1。

表 3.2-1 危险有害区域的划分和危险有害因素分布表

序号	场所或设备	危险有害因素
1	LNG 卸车区	火灾爆炸、车辆伤害、低温冻伤、触电、窒息
2	LNG 储罐区	火灾爆炸、低温冻伤、窒息、机械伤害、容器爆炸

序号	场所或设备	危险有害因素
3	LNG 加气区	火灾爆炸、低温冻伤、触电、机械伤害、车辆伤害
4	控制室、配电室	火灾、触电
5	燃气锅炉房	火灾、爆炸、中毒窒息
6	发电间	触电、噪声、振动、机械伤害、中毒窒息
7	营业站房	火灾、触电

3.3 主要设备、设施危险有害因素分析

3.3.1 设备、设施危险和有害因素分析

1、LNG 储罐

1) 储罐固有危险性

LNG 储罐是相对危险的设备，该项目选用容积为 60m³ 立式储罐 1 座，若平时不注意对罐体、管道、管道连接件的维护和保养，这些地方发生破裂都会造成 LNG 的泄漏。储罐的材质应能适应在低温条件下工作，如材料在低温工作状态下的抗拉和抗压等机械强度、低温冲击韧性和热膨胀系数等。储罐的充注管路设计应考虑在顶部和底部均能充灌，这样能防止 LNG 产生分层或消除已经产生的分层现象。储罐的地基除能承受罐体负荷外还应能经受与 LNG 直接接触的耐低温性能，防止意外情况下 LNG 产生泄漏而使地基遭受损坏。储罐的隔热材料必须选用不燃材料，并能承受消防水的冲击力。此外，罐体及管道的保冷层也应定时检测，以免其失效，造成罐内气体大量气化，引起超压。在储罐的装卸作业过程中，由于压力在 0.8~1.6MPa 之间波动，故在设计中应对储罐进行疲劳分析，避免储罐发生疲劳破坏。

2) LNG 储罐的压力控制

储罐内的压力控制是非常重要的，必须将其控制在允许的范围内，过高或过低都存在危险。存在热传导或充注新的 LNG 均可能导致液体蒸发，压力升高；如果从储罐向外排液或抽气不当，则可能导致压力下降甚至形成负压。为了防止热传导引起罐内压力升高，采用释放罐内 BOG 的方法控制压力上限。在储罐的气相管道上设置自动减压阀，当储罐内压力升高到设定值时，自动减压阀便缓慢开启，将罐内 BOG 放出；当压力下降到设定值以下时，自动减压阀关闭。

3) 预防翻滚现象的发生

通常储罐内的 LNG 长期静置或在充注新的 LNG 液体后，将形成上下两个密度

不同的液相层。当外界热量传入罐内时，液层表面开始蒸发，各层密度发生变化，当两液相层密度接近时，两个液层就会发生强烈混合，在短时间内产生大量气体，使罐内压力急剧上升，这就是翻滚现象。翻滚可导致储罐超压、失稳。

2、LNG 工艺管道

在进行 LNG 管道设计时，除了要作好绝热外，还应解决因低温引起的冷收缩问题。管材通常选用具有优异低温性能的奥氏体不锈钢管，但其线性膨胀系数较大，需要进行补偿。

LNG 管道的液封问题应当引起重视，管道内只要存有少量 LNG 液体，就可能产生很大危害。由于不可能保证绝对无热量交换，管道内残留的液体会因吸热不断气化，压力持续上升，直到管道或阀门被破坏，所以要合理设置安全阀与切断阀。

液化天然气管线集中布置在的管沟内，如果管沟内的管架、支架以及基础等不够牢固，可导致管线失去支撑而断裂，大量介质泄漏，若遇明火或火花及静电火花，会引发火灾、爆炸及窒息事故。

管沟内填埋不实，管沟上方的盖板承受力达不到要求，车辆通过时压塌盖板，使管沟内的管线有断裂的可能，可导致管线内介质大量泄漏，若遇明火或火花及静电火花，会引发火灾、爆炸及窒息事故。

3、LNG 低温潜液泵危险性分析

该项目 LNG 低温泵采用潜液式低温泵，潜液泵故障，大量放热，可导致 LNG 温度升高、气化，导致生产无法正常进行，甚至导致储罐超压泄漏事故。

4、卸车增压器危险性分析

卸车增压器等工艺设备制造质量、材质不符合要求、产品防爆等级不合格、安全附件不完善等，在设备、管线受振动、腐蚀、超温超压、违章作业等情况下，都有可能发生介质泄漏，尤其是在压力条件下发生泄漏。

5、BOG 危险性分析

LNG 气化器的材质必须耐低温，如铝合金。对于中小型气化站多采用空温式气化器，由于需要定期除霜，一般选用两组气化器定期切换使用。每个气化器的进口端都设有切断阀和安全阀，以便在非运行时不会因产生 BOG 而发生超压事故。

6、LNG 加液机危险性分析

若加液机不是本质安全型产品，内部电气本身不防爆，整机接地不良或未接地，

都会产生电火花，如发生泄漏将引起火灾爆炸。

加液机应具有自动控制和手动操作两种功能，加气枪与汽车加气口配套，自动密封，加气软管应配有拉断阀。如以上安全装置失效，极易引发安全事故。

7、LNG 槽车危险性分析

天然气槽车本身设计不合理，制造有缺陷，使用方法不当，会造成其耐压能力不够，发生破裂，导致天然气泄漏，遇点火源则发生火灾、爆炸事故；设备与外部管线相连的阀门、管件等，若由于安装质量差，或由于疏忽漏装垫片，以及使用过程中的腐蚀穿孔、产生疲劳造成的裂纹等，都可能引起天然气泄漏，遇点火源则易导致火灾、爆炸事故；另外，槽车在防静电设施失效的情况下引起电火花、在危险区内违禁使用明火、检修时违规操作等情况，也易诱发火灾、爆炸事故。

槽车停车位管理不到位，固定不稳而溜车，致使拉断卸气管线而大量泄漏；站外人员随意进入站内开动卸气阀，导致拖车罐瓶内的天然气大量泄漏，致使人员中毒、窒息，同时天然气迅速扩散，与空气形成爆炸性混合气体，遇到明火发生火灾爆炸事故。

8、空压机危险性分析

1) 由于空气具有氧化性能，尤其在较高压力下，输送系统又具有较高的流速，因此系统的危险既具有氧化（热）的危险，又具有高速磨损及摩擦的危险。由于压缩机的气缸、贮气器、空气输送（排气）管线因超温、超压可以发生爆炸，因此，压缩机各部件的机械温度应控制在允许范围内；

2) 雾化的润滑油或其分解物与压缩空气混合可以引起爆炸；

3) 压缩机油封和润滑系统或空气入口气体不符合要求，使大量油类、烃类等进入，沉积于系统低洼处，例如法兰、阀门、波纹管、变径处等，在高压气体作用下，逐渐被雾化、氧化、结焦、炭化、分解，成为爆炸的潜在条件；

4) 潮解的空气和系统的不规范清洁、冷热交替的作业都可能使管内壁产生铁锈，在高速气体作用下剥落，成为引燃源；

5) 空气压缩过程中的不稳定和喘振状态可以导致介质温度突然升高。这是由于系统内流体（空气）在突然作用下局部绝热压缩作用的结果；

6) 在进行修理安装工作时，擦拭物、煤油、汽油等易燃液体落入汽缸、贮气器及空气导管内，空压机启动时可以导致爆炸；

7) 压缩系统受压部分的机械强度不符合标准；

8) 压缩空气压力超过规定。

因此，要选择技术成熟可靠的压缩机产品，精心安装维护，配备和完善压缩自保联锁设施和气体检测仪表。

9、放散管危险性分析

若该项目内未设置放散管，且放散管管口未高出 LNG 储罐及以管口为中心半径 12m 范围内的建（构）筑物 2m 及以上，且距地面距离不足 5m，或放散管口设有雨棚等影响放散气流垂直向上的装置，则使 LNG 不能垂直向上放散，因此，可能使周围的人员窒息或发生火灾爆炸等事故。

10、燃气锅炉房危险性分析

燃气锅炉房中使用的天然气具有较大的危险特性如：挥发性、易燃、易爆性、易产生积聚静电性、易扩散、流淌性和膨胀性、毒害性和麻醉作用，易发生中毒窒息事故。

3.3.2 电气设施危险有害因素分析

1、配电室

配电室内可能会因以下原因而发生火灾、爆炸事故：如线路短路；负荷超载、接触不良、散热不良或由于设备自身故障导致过热而引起火灾；设备接地不良引起雷电火灾；操作失误、违章或蛇、鼠、雀等小动物进入导致线路短路打火等引起火灾；当易燃易爆物质进入配电室或变电所，天然气与空气混合达到爆炸极限时，遇火花可能发生爆炸事故，进而引起火灾事故。

另外，电缆着火也可导致火灾。电缆火灾的引发因素有：

1) 电缆设计布置方面，电缆过于靠近供暖管道，而又缺乏有效的隔热措施，使电缆长期处于高温环境，容易产生老化，破坏电缆的绝缘，使电缆短路而导致火灾；

2) 电缆或照明电缆因过载发热，使电缆绝缘层着火并引燃附近的易燃物而酿成火灾；

3) 不重视电缆的敷设质量，例如布置不整齐，任意交叉，没有留出充分的巡视通道，制作电缆头不注意工艺要求，不按规定设置电缆卡具或用铅丝帮扎塑料电缆等，这些都给运行管理带来困难，还留下故障隐患。

2、电气设备

该项目危险物料主要为天然气，属于甲类火灾危险性项目，危险区域大都处于爆炸危险区域1区或2区。因此要求其电气设备必须采用防爆电气，若电气设备不具有国家指定机构的安全认证标志或防爆电气的防爆等级达不到要求或采用国家颁布淘汰的电气设备，从而导致设备故障、产生电火花，从而引起火灾爆炸事故。

此外，由于电气设备的触电保护、漏电保护、短路保护、绝缘、电气隔离、屏护、电气安全距离等不符合要求，也易引起触电事故的发生。

3、电气线路

在该项目工艺区域内，电缆数量较多，这些电缆大多采用电缆沟敷设。电缆往往由于老化或遭受外力损坏等发生电缆火灾事故。电缆火灾的特点是火势凶猛而且沿着电缆很快延燃，造成大面积损失。且电缆火灾发生后扑救非常困难，一些消防器具往往是用不上，甚至不起作用，很难把火灾遏制在小范围内，并在短时间内加以扑灭。

4、防雷防静电

由于装置内存在易燃易爆物质，若防静电、防雷直击等电气接地措施不可靠或接地设施损坏，易发生电火花，可能导致火灾、爆炸等危险事故的发生。

5、事故照明

若没有事故状态下的照明，消防、疏散用电及应急措施用电不可靠，管理制度不完善，则一旦发生事故，救援无法有效展开，事故得不到有效控制，从而酿成更大事故的发生。

3.3.3 其他设备设施危险有害因素分析

1、柴油发电机危险性分析

柴油发电机在运行时会产生大量烟气，如果排烟管线密封不良，烟气会在房间内积聚，形成缺氧窒息环境。如果排烟管线未安装阻火器等，产生的火花易点燃周边易燃物，引发火灾事故，应安装排烟风机、阻火器、防护罩等安全设施，防止机械伤害、中毒与窒息、火灾等事故发生。

2、管沟危险性分析

站区内的管沟内集中布置液化天然气、天然气管线，如果管沟内的管架、支架以及基础等不够牢固，可导致管线失去支撑而断裂，大量介质泄漏，若遇明火或火花及静电火花，会引发火灾、爆炸及窒息事故。

管沟内填埋不实，管沟上方的盖板承受力达不到要求，车辆通过时压塌盖板，使管沟内的管线有断裂的可能，可导致管线内介质大量泄漏，若遇明火或火花及静电火花，会引发火灾、爆炸及窒息事故。

3、防爆电气危险性分析

该项目内主要可能存在的危险物质有天然气和液化天然气，这两种物质均具有爆炸性，因此，在工艺区内设置的电气设备等若未采用防爆电气，则可能引发爆炸等事故的发生。

3.4 总图布置及建构筑物危险有害因素分析

3.4.1 总图布置危险有害因素分析

如果对总图布置、防火间距、风向和建筑物的朝向、动力设施、道路、储存设施等考虑不周易导致火灾、爆炸等事故的发生。如果运输、装卸、消防、疏散、人流、物流、平面交叉和竖向交叉运输的不合理等，容易导致事故的发生。如果建构筑物的耐火等级以及结构、层数、防火间距、安全疏散等不合理，可能会导致事故的发生。

作业场所作业面狭窄、安全通道狭窄、紧急疏散门设置不够、高度超过 2m 以上设备操作平台的斜梯、直梯的防护栏杆高度不够、栏杆间隙过大、防护挡板、踏板的防滑等设施不完善，地面凹凸不平，存在坑洞，则会造成滑倒、摔伤、高处坠落等事故的发生。

3.4.2 LNG 储罐围堰危险有害因素分析

若 LNG 储罐围堰设计不合理，储罐耐火等级不符合规范要求，无法承受 LNG 低温变化影响，防渗措施不到位，则若发生 LNG 泄漏，会导致 LNG 在土壤中的大量扩散及火灾爆炸事故的发生。

3.4.3 LNG 低温储罐基础

由于罐内低温介质的传导作用，使得地基土极易发生冻胀并使土体隆起，进而造成基础破坏。因此，为消除这一不利因素，在进行低温储罐设计时，除了在罐底板与基础底板表面之间设置保温措施外，还必须对罐基础采取防冻措施。

3.4.4 罩棚危险有害因素分析

若罩棚设计、施工缺陷，受自然灾害风荷载、雪荷载、地震的影响，可能破坏

建筑物的稳定性，造成坍塌事故；若罩棚防雷接地缺陷、失效，可引发雷电直击、产生电火花而造成设备设施变形受损、信息失灵；由于罩棚为钢结构，故若罩棚的耐火极限达不到 0.25h，一旦发生火灾事故，罩棚容易被烧坏而容易发生掉落，而人员不能及时的撤离，造成人员伤亡事故。

3.4.5 站房危险有害因素分析

站房耐火等级达不到要求，一旦明火管理不当，生产、生活用火失控，就容易导致火灾。

3.5 自控系统的危险有害因素分析

如果控制系统检测和传输设施损坏或故障，各种信号不能及时或有效的传到控制室，可能会给该项目的安全控制带来困难，甚至会导致操作失误，引起事故的发生。若控制程序错误或损坏，或程序误运行，致使控制阀门误动作，工艺设备和设施可能会被损坏，使天然气泄漏，可能会导致火灾、爆炸事故的发生。若控制阀门质量不合格，不能有效的动作，会造成工艺系统憋压，甚至导致设备设施破裂，物料泄漏引起火灾、爆炸事故。为了保证检测仪表的可靠性，在运行过程中应定期对仪器仪表进行检测、校验，以免因仪表控制失灵而发生危险。

3.6 职业危险有害因素分析

1) 噪声与振动

噪声能引起职业性噪声耳聋或引起神经衰弱、心血管及消化系统等疾病的高发，会使操作人员的失误率上升，严重时会导致事故发生。

振动危害有全身振动和局部振动，可导致人的中枢神经、植物神经功能紊乱，血压升高，也会导致设备、部件的损坏。

该项目产生噪声和振动危害的设备主要是空压机、各类泵、加气车辆等。若不能采取有效的措施，操作人员会因受到噪声与振动的危害，使噪声环境中的作业人员听力受到影响，甚至损坏耳膜，使操作人员失误率上升，严重时会导致事故的发生；振动可导致人的中枢神经、植物神经功能紊乱，血压升高，也会导致设备、部件的损坏。

2) 低温冻伤

该项目中天然气是以极低的温度液化，人体接触 LNG 后会生成类似灼伤的水

泡，LNG 蒸发时生产的冷气体同样也会灼伤皮肤，因此，在操作过程中要注意人员的防冻保护，以免造成低温灼伤。

3.7 公用辅助工程危险有害因素分析

公用工程指装置的电、通风、消防、仪表自控、吹扫置换等。电用于电机的动力和照明；给水用于站内生活用水等；排风机用于爆炸危险区域的通风；仪表自控用于保证工艺系统的正常运行；氮气用于工艺系统的吹扫置换；灭火器用于站内消防；BOG 调压用于保障燃气锅炉房天然气的可靠稳定供应；仪表自控用于保证工艺系统的正常运行。

如果公用工程中断，该项目工艺装置要紧急全面停工，装置动力电中断后，所有机泵基本全停，此时，防止设备、容器憋压，造成安全阀起跳和法兰、阀门、人孔垫片损坏，致使天然气泄漏，引起着火爆炸危险和热物料烫伤人员以及窒息中毒等危害。如果发生停电将导致所有机泵停止运行，造成全装置停车。PLC 一旦失电，不能及时恢复，将使得装置各系统的仪表不能正常操作，易引发着火爆炸、中毒、环境污染等事故。

如果仪表自控失灵，可能会给装置的安全控制带来困难，甚至会导致操作失误，引起事故的发生。若控制程序错误或损坏，或程序误运行，致使控制阀门误动作，导致事故的发生，生产装置和设施可能会被损坏。若控制阀门质量不合格，不能有效的动作，会造成生产系统憋压，甚至导致设备设施破裂，天然气泄漏引起事故。为了保证检测仪表的可靠性，在正常运行过程中应定期对仪表进行检测、校验，以免因仪表控制失灵而发生危险。

如果吹扫置换装置失效，可能会导致工艺设备、管道内空气不能有效置换，造成天然气与空气混合形成爆炸混合气体，形成爆炸安全隐患。

如果关键部位，如空压机房、罩棚、站房内等未设置应急照明，当突然停电时，可能造成机器的损坏或人员的伤亡。

3.8 安全管理缺陷分析

1) 安全管理机构

安全管理机构是一个企业安全生产工作的核心部门，建立一个企业的安全生产管理系统，使安全工作贯穿生产的方方面面，建立全方位、全过程、全体人员的安全生产管理系统，若未设立安全管理机构或管理机构不健全，安全管理混乱，一旦发生

事故，不能有效地组织人员控制事故，将导致恶性事故的发生。

2) 安全生产责任制、安全管理制度及安全操作规程

安全生产责任制是生产单位各项安全生产规章制度的核心，是生产单位行政岗位责任制和经济责任制度的重要组成部分，也是最基本的职业安全健康管理制。安全生产责任制是将各级负责人员、各职能部门及其工作人员和各岗位生产工人在职业安全健康方面应做的事情和应负的责任加以明确，规定的一种制度。如果安全生产责任制不健全或未落实，可能会导致各类事故的发生。

在制定安全生产责任制的同时，还应制定企业的各项安全管理制度和安全操作规程。安全生产规章制度是生产单位搞好安全生产，保证其正常运行的重要手段。如果安全管理制度和安全操作规程不健全，各项安全工作就会得不到落实，操作过程得不到安全，尤其是对重大危险源的检测评估、设备建档、制度建设、监督管理等存在缺陷，均会导致各种事故的发生。

3) 从业人员教育培训

如果教育和培训的内容不全面或作业人员得不到有效的安全培训，操作人员不能掌握应有的安全知识和技能，作业人员的安全意识薄弱，违章行为时有发生，操作失误率高，不懂得自救，则容易导致各种事故的发生。

4.安全投入不足

如果安全投入不够，没有相应的安全设施、不合格设施得不到及时的检修或更换、人员安全教育培训得不到保证、人员防护用品用具不足等，则易导致事故发生，且一旦发生事故，损失严重，人员伤亡较大。

5) 事故应急救援体系

该项目的运行过程中存在巨大的能量和有害物质，一旦发生事故，往往会造成极其严重的生命、财产损失和环境破坏；当事故或灾害不可能完全避免的时候，建立重大事故应急救援体系，组织及时有效的应急救援行动已成为抵御事故或控制灾害蔓延、降低危害后果的关键甚至是唯一手段；若未制定事故应急救援预案，未配备应急救援人员和必要的应急救援器材、设备，未组织演练，该项目建成投产后如果发生事故，可能会得不到有效控制，事故继续扩大和蔓延，将造成惨重的后果和经济损失。

3.9 施工过程危险有害因素分析

建筑施工安全技术措施是施工组织设计中的重要组成部分，是具体安排和指导工程安全施工的安全管理与技术文件，是针对每项工程在施工过程中可能发生的事故隐患和可能发生的安全问题进行预测，从技术上和管理上采取措施，防范事故的发生。

1) 建筑施工中的人员伤亡事故类别主要包括高处坠落、物体打击、触电和机械伤害四类；

2) 项目建设期无序和混乱局面是从工程招投标、资质审查，施工申报许可到进行施工控制把关不严所造成的；

3) 建设项目易发事故的作业如土方开挖、建构物基础处理、吊装工程、脚手架工程尤其是储罐附近的临时用电、钢材切割焊接、使用机械设备等，未编制专项安全施工组织设计；

4) 特种作业如电工作业、吊装工程、脚手架工程、钢材切割焊接、使用机械设备等施工单位和人员资质不符合有关要求易导致事故发生；

5) 建筑施工中的高处坠落事故易发生在离坠落面 2m 以上的高处作业中，如该项目中的投光灯的安装工程、储罐的罐顶作业等的高处作业和安装拆卸脚手架作业等；

6) 建筑施工中的物体打击事故易发生在施工现场未实施有效隔离防护或存在立体交叉作业时的安全措施不到位、组织计划安排不合理和吊装设备存在缺陷或操作不当，被吊重物坠落伤人；

7) 建筑施工中各种带电起重机械、搅拌机、打桩机、电焊机、照明器具以及电动工具等，发生人员触电和电器火灾事故的可能性较高；

8) 建筑施工中从事起重作业时会有发生起重伤害事故的可能性。如重物坠落、起重机失稳倾翻、起重机金属结构的破坏等均会引起起重伤害事故；

9) 建筑施工中易发生坍塌事故，如：工程结构设计不合理，脚手架、模板支架、起重设备结构设计不合理，施工现场管理松弛、各项质量、安全管理制度流于形式，施工队伍素质差、不执行法规、标准，违章指挥，违章作业，思想上存在盲目性、冒险性、随意性，现场作业环境不良，安全防护设施缺乏等均会在施工过程中引发坍塌事故。

3.10 其他危险有害因素分析

1) 高处坠落、物体打击

在操作检修过程中，若人员登高检修设备及更换照明灯具时因防护措施不完善或监护不力，或在操作检修作业中麻痹大意，也有发生高处坠落事故的危险。雨棚焊接不牢，遇大风等恶劣天气，有高空落物砸伤人员和损坏车辆、加液机的可能，导致物体打击。

2) 触电危害

当出现电气设备外壳未采取保护接地或接零、接零失效、线路过载、电气设备本身缺陷、带电体裸露、操作人员违章等情况，都可能导致触电的危险。

3) 车辆伤害

站内交通环境随加气车辆的增加而变化，由于站内加气车辆多，场地狭小，如果现场管理不到位，疏导不当等会造成站内交通混乱，导致站内交通事故的发生，有可能对员工造成伤害，也可能引起连锁爆炸火灾安全事故。

4) 人的不安全行为

一切经营活动都是由人来进行控制和完成的，在该项目的经营活动中，人在经营过程中起着主导作用，因此人的不安全行为，会给经营活动带来很大影响，也可能造成事故。如人员操作技能达不到要求，安全意识和防护、应急处理能力差；有章不循、违章操作、违章指挥，盲目蛮干；由于责任心不强，心情不畅或判断失误，造成天然气泄漏，而造成火灾、爆炸和窒息事故的发生。

5) 装置初次投入运行的危险性

运输到加气站的气源，需要在高压状态下注入储气设备中，这就要求加气站内的相关设备具有极好的密封性。但在实际中，在加气站的相关设备或管道的连接部位，密封性较差，极易容易出现天然气泄露，同时若天然气的自身压力超过设备的承压能力，也会引起天然气泄漏。此时，若存在火源，就会引发火灾或爆炸事故。易因操作不当造成泄漏。在实践中，有些天然气加气站的设备极易因作业人员操作不当造成天然气泄漏。比如，天然气卸车软管与槽车连接，加气软管与加气机连接，二者都存在因作业人员操作不当发生拉断软管的可能性，从而造成天然气泄漏。

6) 环境因素

自然环境对本项目的影响主要有：地震、雷击、洪水等。

（1）地震

地震是一种能产生巨大破坏作用的自然现象，出现的机率较小，对建（构）筑物破坏作用明显，作用范围大，进而威胁设备和人员的安全。

（2）雷击

雷电是大自然中的静电放电现象，建（构）筑物、输电线路和变配电装备等设施及设备遭到雷电袭击时，会产生极高的电压和极大的电流，在其波及的范围内可能造成设备或设施的毁坏，导致火灾或爆炸并直接或间接地造成人员伤亡。

（3）洪水

极端天气下的暴雨及洪水可能威胁站区的安全，其作用范围广，但出现的可能性较小，洪涝浸渍设备影响生产。本项目在设计中考虑建（构）筑物的标高和排水问题。

3.11 危险化学品“两重点一重大”辨识

3.11.1 重点监管的危险化学品辨识

依据《国家安全监管总局关于公布首批重点监管的危险化学品名录的通知》（安监总管三〔2011〕95号文件）及《国家安全监管总局关于公布第二批重点监管危险化学品名录的通知》（安监总管三〔2013〕12号文件），该项目工艺过程涉及的天然气属于重点监管的危险化学品。

3.11.2 重点监管的危险化工工艺辨识

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〕116号）及《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），该项目工艺过程不属于重点监管的危险化工工艺。

3.11.3 危险化学品重大危险源辨识依据

1) 根据《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218-2018），重大危险源和临界量的定义如下：

危险化学品重大危险源是指长期或临时地生产、储存、使用和经营危险化学品，且危险化学品的数量等于或超过临界量的单元。

临界量是指对于某种或某类危险化学品构成重大危险源所规定的最小数量。

单元是指涉及危险化学品的生产、储存装置、设施或场所，分为生产单元和储存单元。

危险化学品重大危险源的辨识依据是危险化学品的危险特性及其数量。单元内存在的危险化学品为单一品种，则该物质的数量即为单元内危险化学品的总量，若等于或超过相应的临界量，则定为重大危险源；单元内存在的危险化学品为多品种时，则按下式计算，若满足下面公式，则定为重大危险源：

$$\frac{q_1}{Q_1} + \frac{q_2}{Q_2} + \dots + \frac{q_n}{Q_n} \geq 1$$

式中： q_1, q_2, \dots, q_n —每种危险化学品实际存在量，t；

Q_1, Q_2, \dots, Q_n —与各危险化学品相对应的临界量，t。

2) 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》（GB18218-2018）的规定，加气站储存经营的液化天然气属于辨识标准中规定的易燃液体，因此，将加气站划分为储存单元和加气单元，对其进行危险化学品重大危险源辨识，其重大危险源辨识见表 3.11-1。

表 3.11-1 危险化学品重大危险源辨识表

物质名称	储存场所	物质类别	临界量	最大拥有量	q/Q	辨识依据	是否构成重大危险源
LNG	LNG 储罐（储存单元）	易燃气体	50t	25.8t	0.516<1	GB18218 -2018	否
LNG	潜液泵撬（加气单元）	易燃气体	50t	0.387t	0.008<1		否
四氢噻吩	加臭装置	易燃液体	1000t	0.002L	$2 \times 10^{-6} < 1$		否

依据《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218-2018），对该项目进行危险化学品重大危险源辨识，辨识认为该加气站未构成危险化学品重大危险源。

3.12 事故案例分析

案例一：兰州某加气站车载钢瓶爆炸事故

2006年1月15日晚8时30分，一辆出租车在中国石油天然气股份有限公司玉门油田分公司兰州玉金加气站加气过程中，车载天然气钢瓶突然发生爆炸，事故造成一名出租车司机受伤。

1) 现场

事故发生后，记者随后赶到事故现场，玉金加气站周围已经拉起了警戒线，安监部门的工作人员正在对事故进行调查。加气站的一台加气机被炸毁，在加气机旁

边停靠着 4 辆被爆炸波及的出租车，其中一辆车号为甘 A·86110 的捷达出租车被完全炸毁，车窗户以及车门被炸飞，副驾驶座飞到距离该车约 50m 的地方。停靠在 该车前方的 1 辆车和后方的 2 辆车也不同程度地遭到损伤。

2) 措施

据加气站的工作人员介绍，当晚 8:30，发生爆炸的车号为甘 A·86110 的捷达出租车驶入加气站加气，在加气过程中，车辆后备箱中的天然气钢瓶突然发生爆炸，出租车和加气机瞬间被炸毁。事故发生后，加气站工作人员立即采取紧急措施，关闭了加气站所有阀门，后马上对现场实施封锁，并疏导前来加气的车辆马上离开。受爆炸影响，玉金加气站和旁边的万吨级玉金加油站全部暂停营业。

3) 祸因：疑为使用劣质气罐

据参与现场调查的一名工作人员介绍，通过对爆炸现场的残留物判断，发生爆炸的出租车使用的气罐质量并没有达标，正规的气罐壁厚应该为 12mm，而该车使用的气罐壁厚只有 8~10mm，完全没有达到国家标准。在加气过程中，劣质气罐承受不了 20MPa 的压力，便引发了爆炸，幸好在发生爆炸时，车辆已经熄火，否则后果不堪设想。具体事故原因是否与此有关，七里河区安监局、兰州市安监局工作人员将爆炸残留物提取化验后，将进行进一步调查。

案例二：LNG 储罐发生事故

1944 年美国俄亥俄州克利夫兰市的一个调峰站的 LNG 储罐发生事故，时至今日，LNG 安全标准经过了一个相当漫长的历程。当时，那个 LNG 储罐仅仅运行了几个月就突然破裂，溢出 120 万加仑（相当于 4542m³）的液化天然气。由于防护堤不能满足要求而被淹没，尔后液化天然气流进街道和下水道。液化天然气在下水道气化引起爆炸，将古力盖抛向空中，下水管线炸裂。部分低温天然气渗透到附近住宅地下室，又被热水器上的点火器引爆，将房子炸坏。很多人被围困在家中，有些人试图冲出去，但没能逃离燃烧的街道和高温困境。10h 后，火灾才得到控制。此次爆炸波及 14 个街区，财产损失巨大，其中有 200 辆轿车完全毁坏和 136 人丧生。

事故调查小组没有查明储罐失事原因，追溯事故发生的一年前，在该罐交付使用期间，附近罐底产生了一道裂缝。人们没有去调查裂缝的成因，只是对该罐进行了简单的修补后即投入运行。现在人们认识到，导致该罐失事的原因是内罐上某处出现了裂缝，溢出的液体充满了内壳和外壁之间的空间，而且气化后导致压力过大。

过去对密闭的空间的设计与现在不同，没有采取泄压措施。另外，过去用来制作内罐的材料是 3.5%镍钢，它不适宜低温工作，现在通常改用 9%镍钢。

3.13 事故发生的可能性及严重度评价

1、LNG 运输槽车卸液时发生 LNG 泄漏，遇明火发生火灾爆炸事故，其后果最坏；若在卸液过程中发生作业人员冻伤及车辆伤害，其后果一般；

2、站内 LNG 储罐及连接管件因制造缺陷、超压、超温、腐蚀、振动等原因而引发生液化天然气泄漏，容器爆炸事故，造成设备损坏、停产、人员伤亡事故，其后果最坏；若各类安全装置未定期检测、检定、校验，则有可能发生压力容器、压力管道爆炸事故，其后果最坏；

3、安全管理不到位，加气车辆争抢车位而发生车辆伤害事故，进而引发火灾、爆炸事故，其后果严重；

4、安全投入不足，设备、设施存在缺陷，均可能造成火灾、爆炸事故，其后果严重；

5、未严格管理现场动火、检修、临时用电作业，而发生火灾、爆炸、人员触电事故，其后果严重；

6、作业人员违反操作规程加液时发生冻伤，其后果一般。

4 评价单元划分与评价方法的选择

4.1 评价单元划分原则

评价单元是指系统的一个独立组成部分。评价单元划分的目的是将系统划分为不同类型的评价单元进行评价，这样不仅可以简化评价工作、减少评价工作量、避免遗漏，而且由于能够得出每个评价单元危险性的比较概念，避免以最危险单元的危险性来表征整个系统的危险性、夸大整个系统的危险性的可能性，从而提高评价的准确性降低了采取安全对策措施的安全投资费用。

评价单元划分的一般原则为：以危险、有害因素的类别及事故范围划分评价单元，也可以生产工艺、生产设施、设备相对位置划分评价单元。

评价单元的划分既可以危险有害因素的类别为主划分，也可以装置，设施和工艺流程的特征来划分，或者将二者结合起来划分。

4.2 评价单元划分

为了便于分析该项目的安全条件，根据该项目的实际情况和《危险化学品建设项目安全评价细则（试行）》（安监总危化〔2007〕255号）的要求，结合危险有害因素分析，将该项目划分为以下5个评价单元：

- 1) 站址选择及总平面布置单元；
- 2) 工艺装置单元：
 - (1) 槽车卸车区；
 - (2) LNG 储罐区；
 - (3) LNG 加气区。
- 3) 公用工程及辅助设施单元：
 - (1) 电气系统；
 - (2) 控制系统；
 - (3) 采暖通风；
 - (4) 建构筑物。
- 4) 安全管理单元

4.3 评价方法选择及理由

安全评价方法是对系统的危险性、危害性进行分析、评价的工具。目前已开发

出数十种，每一种评价方法的原理、目标、应用条件、适用对象不尽相同，各有其特点和优缺点。

根据建设项目生产工艺特点，结合项目危险和有害因素分析结果，本次建设项目安全评价选用安全检查表法、危险度评价法、预先危险性分析法、道化学公司“火灾、爆炸指数评价法”（第七版）、事故树法进行评价。

建设项目单元划分及方法选择见下表 4.3-1。

表 4.3-1 评价单元划分及方法选择

序号	评价单元	主要设备、设施	评价方法
1	站址选择及总平面布置单元	1) 站址选择 2) 总平面布置	安全检查表法
2	工艺装置单元	1) 槽车卸车区 2) LNG 储罐区 3) LNG 加气区	预先危险性分析法 火灾爆炸指数评价法 事故树分析法 危险度评价法
3	公用工程及辅助设施单元	1) 电气系统 2) 控制系统 3) 采暖通风 4) 建构筑物	预先危险性分析法
4	安全管理单元		预先危险性分析法

4.4 选用的安全评价方法简介

4.4.1 预先危险性分析法（PHA）

该方法是在进行某项工程活动之前对系统存在的各种危险因素、出现条件和事故可能造成的后果进行宏观、概略分析的系统安全分析方法。其目的是早期发现系统的潜在危险因素，确定系统的危险性等级，提出相应的防范措施，防止这些危险、有害因素发展成为事故。预先危险性分析的危险性等级划分见表 4.4-1。

表 4.4-1 预先危险性等级的划分

危险级别	危险程度	可能导致的后果
I	安全的	不会造成人员伤亡及系统损坏。
II	临界的	处于事故的边缘状态，暂时还不致于造成人员伤亡、系统损坏或降低性能，但应予以排除或采取控制措施。

III	危险的	会造成人员伤亡及系统损坏，要立即采取防范对策措施。
IV	灾难性的	会造成人员严重伤亡及系统严重破坏的灾难性事故，必须予以果断排除并进行重点防范。

4.4.2 安全检查表法（SCL）

安全检查表分析法（Safety Check List Analysis）是将一系列分析项目列出检查表进行分析以确定系统状态。这些项目包括设备、储运、操作、管理等各个方面。安全评价检查表内容包括标准、规范和规定。正确的使用安全检查表分析将保证每个设备符合标准，而且要以识别之需进一步分析的区域。安全检查表，既可运用于简单的快速分析也可运用于更深层次的分析，它是识别已知危险的有效方法。

4.4.3 道化学公司“火灾、爆炸指数评价法”（第七版）

美国道化学公司火灾、爆炸指数评价法（第七版）历经 30 年不断修善，更趋于成熟，更切合实际。为全球普遍采用的定量评价方法。评价方法是以代表工艺过程危险的主要物质的潜能——“物质系数”为基础，结合工艺过程中确定事故损害大小的主要因素——“一般工艺危险性”及设备状况、物料处理量、安全装置等导致事故发生的主要因素——“特殊工艺危险性”，对工艺装置及所含物料的实际潜在火灾、爆炸危险性进行客观的定量计算和评价。在考虑采取安全措施后对工艺单元危险性所起的补偿作用进行最终评价。按照上述评价过程，火灾、爆炸指数评价可分为两个阶段，即初期评价及最终评价。初期评价是指在不考虑任何安全补偿措施的情况下，判断单元固有的潜在危险程度。最终评价是指在采取及实现了各项安全措施、设备、项目的基础上，得出其现实危险程度。风险分析评价程序见下图。

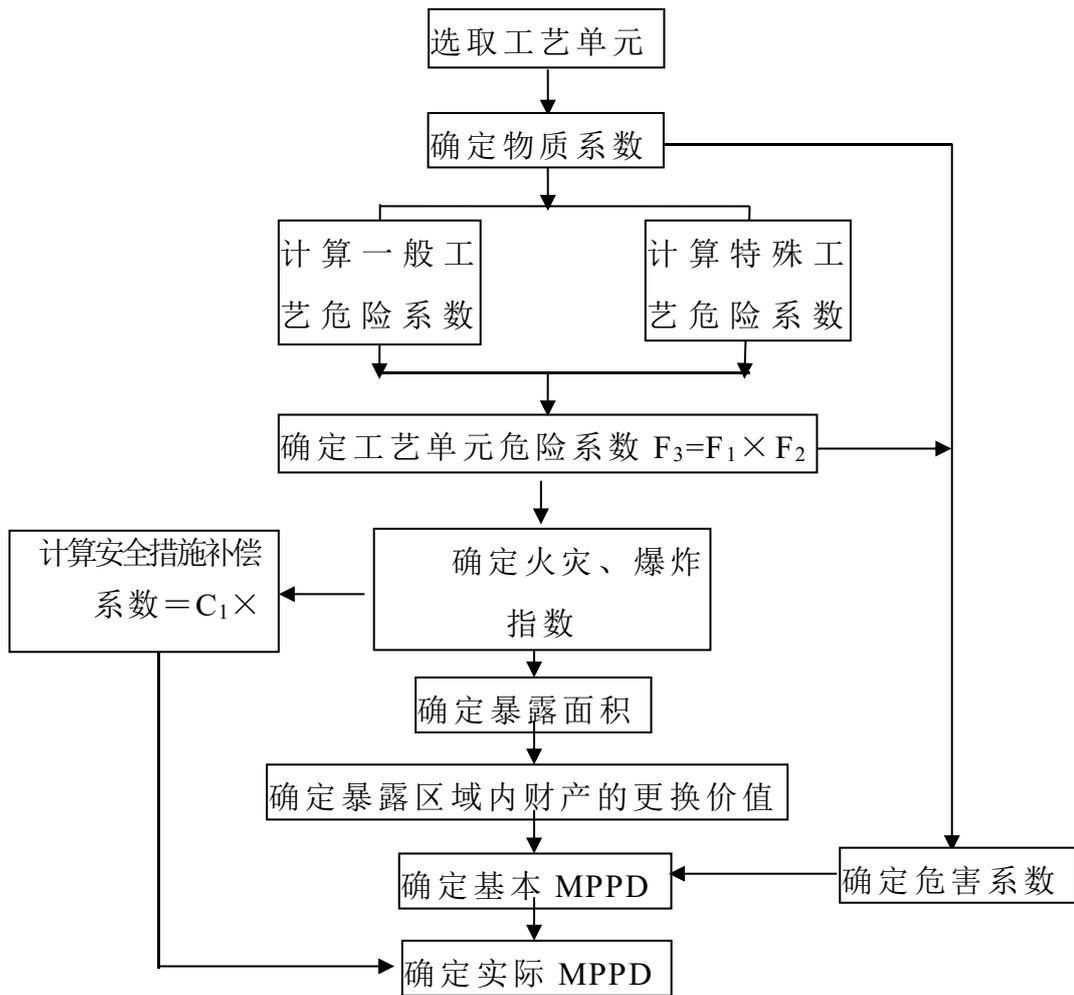


图 4.4-1 道七版风险分析计算程序图

火灾、爆炸危险指数（F&EI）与危险等级划分见下表 4.4-2:

表 4.4-2 火灾爆炸指数（F&EI）与危险等级

火灾爆炸指数（F&EI）	危险等级
1~60	最轻
61~96	较轻
97~127	中等
128~158	很大
>159	非常大

4.4.4 事故树分析法（FTA）

事故树分析是从结果到原因，找到与灾害有关的因素，以及它们两者之间的因果关系和逻辑关系的分析方法。它依照演绎原理，从顶上事件开始逐次分析每一事件的直接原因直到基本事件为止。在故障分析中，将涉及与事故有关的人、机、环

境三大因素，因此分析全面、透彻而又有逻辑性。其分析过程包括求最小割集和最小径集，计算各基本事件的结构重要度，然后分析确定重要的安全对策。

事故树分析的主要作用是：能对导致灾害事故的多种因素及逻辑关系作出全面描述；便于发现和查明系统内固有的和潜在的危险因素，为安全设计提供依据；为经济合理地制订技术措施及采取管理对策提供依据；使作业人员全面了解和掌握各项控制要点；对所发生的事故进行原因分析。

4.4.5 危险度评价法

借鉴日本劳动省安全评价六阶段法的定量评价表，结合我国《石油化工企业设计防火标准（2018年版）》（GB50160-2008）、《压力容器中化学介质毒性危害和爆炸危险程度分类标准》（HG/T20660-2017）等有关规范、标准，对其内容做了部分修改后编制而成的“危险度评价指标”（见表 4.4-3）。

表 4.4-3 危险度评价指标

项目	10分(A)	5分(B)	2分(C)	0分(D)
物质(指原材料中间体或危险程度最大的物质)	①甲类可燃气体(注1) ②甲A液态烃类 ③甲类固体 ④极度危害介质(注2)	①乙类可燃气体 ②甲B、乙A类可燃液体 ③乙类固体 ④高度危害介质	①乙B、丙A.B类可燃液体 ②丙类固体 ③中、轻度危害介质	不属A-C项物质
容量(注3)	气体1000m ³ 以上 液体1000m ³ 以上	气体500-1000m ³ 液体50-100m ³	气体100-500m ³ 液体10-50m ³	气体 < 100m ³ 液体 < 10m ³
温度	1000°C以上使用,其操作温度在燃点以上。	①在1000°C以上使用,但操作温度在燃点以下。 ②在250-1000°C使用,其操作温度在燃点以上。	①在250-1000°C使用操作温度小于燃点。 ②在低于250°C使用操作温度在燃点以上。	低于250°C使用,操作温度在燃点以下。
压力	100MPa以上	20-100MPa	1-20MPa	1MPa以下

项目	10分(A)	5分(B)	2分(C)	0分(D)
操作	①临界放热和特别剧烈的放热反应操作。 ②在爆炸基线范围内或其附近的操作。	①中等放热反应操作。如烷基化、氧化、聚合、缩合等反应。 ②系统进入空气中的不纯物质，可能发生危险的操作。 ③使用粉状或雾状物质，有可能发生粉尘爆炸的操作。 ④单批式操作。	①轻微放热反应操作。如加氢、水合、异构化中和等反应。 ②精制操作中伴有的化学反应。 ③单批式，但开始用机械等手段进行程序操作。 ④有一定危险操作。	无危险的操作。
备注	注1：见《石油化工企业设计防火标准（2018年版）》（GB50160-2008）中可燃物质的火灾危险性分类； 注2：《HG20660-2000》中表1、表2； 注3：无化学反应的精制和储存工程降一级评价。			

规定单元危险度由物质、容量、温度、压力和操作五个项目共同确定，其危险度分别按 A=10、B=5、C=2、D=0 赋值计分，由分数之和确定危险等级。危险度分级情况见表 4.4-4。

表 4.4-4 危险度分级表

危险程度	分值范围	危险级别
高度危险	16 分以上	I级
中度危险	11-15 分	II级
低危险度	10 分以下	III级

4.4.6 蒸气云爆炸伤害模型（VCE）

1) TNT 当量计算

蒸气云爆炸是一类经常发生且后果十分严重的爆炸事故。采用 TNT 当量法估计蒸气云爆炸的严重度，即如果某次事故造成的破坏状况与 x 千克 TNT 爆炸造成的破坏状况相当，则称此次爆炸的威力为 x 千克 TNT 当量。

用下式来估计爆炸的 TNT 当量

$$W_{TNT}=1.8aW_fQ_f/Q_{TNT}$$

式中：

W_{TNT} --蒸气云的 TNT 当量（kg）

1.8--地面爆炸系数

a--蒸气云的 TNT 当量系数，取 a=4%

W_f --蒸气云中燃料的总质量（kg）

Q_f --燃料的燃烧热（MJ/kg）

$Q_{TNT-TNT}$ 的爆热，可取为 $Q_{TNT}=4.52MJ/kg$

2) 爆炸的人员伤害分区

为了估计可能出现的爆炸所造成的人员伤亡情况，根据人员因爆炸而伤亡概率的不同，将爆炸危险源周围由里向外依次划分为以下三个区域：

(1) 死亡区：该区内的人员如缺少防护，则被认为将无例外地蒙受严重伤害或死亡，其内径为零，外径记为 $R_{s0.5}$ ，表示外圆周处人员因冲击波作用导致肺出血而死亡的概率为 50%，它与爆炸量间的关系由下式确定

$$R_{s0.5}=13.6 (W_{TNT}/1000)^{0.37}$$

式中：

W_{TNT} --爆源的 TNT 当量（kg）

(2) 重伤区：该区内的人员如缺少防护，则绝大多数人员将遭受严重伤害，极少数人可能死亡或受轻伤，其内径就是死亡半径，外径记为 $R_z0.5$ ，代表该处人员因冲击波作用而耳膜破裂的概率为 50%，它要求的冲击波峰值超压为 44000Pa。

冲击波超压 ΔP_s （atm）可用下式计算：

$$P_s=0.137Z^{-3}+0.119Z^{-2}+0.269Z^{-1}-0.019$$

$$Z=R/(E/P_0)^{1/3}$$

$$\Delta P_s=44000/P_0$$

式中：

ΔP_s --冲击波超压，atm；

Z--中间变量；

R--重伤半径（m）；

P_0 --环境压力（Pa），一个大气压（atm） $\approx 101300Pa$ ；

E--爆源总能量（J）；可按下列下式计算：

$$E=W_{TNT} \cdot Q_{TNT}$$

式中：

W_{TNT} -蒸气云的 TNT 当量 (kg)

$Q_{TNT-TNT}$ 的爆热

(3) 轻伤区：该区内的人员如缺少防护，则绝大多数人员将遭受轻微伤害，少数人将受重伤或平安无事，死亡的可能性极小。该区内径为重伤半径，外径记为 $R_{q0.01}$ ，表示外边界处耳膜因冲击波作用而破裂的概率为 1%，它要求的冲击波峰值超压为 17000Pa。计算公式同上。

3) 财产损失半径 R_c ：可以假定此半径内的财产完全损失，此半径外的财产完全无损失。

半径由下式确定：

$$R_c = K (W_{TNT})^{1/3} / [1 + (3175/W_{TNT})^2]^{1/6}$$

式中：

K --破坏系数， $K=5.6$ 。

W_{TNT} --爆源的 TNT 当量 (kg)。

5 定性、定量评价

5.1 固有危险程度评价结果

该项目涉及的危险化学品天然气具有易燃易爆特性，所以主要分析天然气的火灾爆炸的固有危险程度，火灾爆炸的危险性程度由易燃易爆物质的量、TNT 当量及燃烧后放出的热量来体现。

5.1.1 TNT 当量计算

1) 计算公式

$$W_{TNT} = \alpha W_f Q_f / Q_{TNT}$$

式中， α -蒸汽云爆炸的效率因子，表明参与爆炸的可燃气体的分数，一般取 3% 或 4%；

W_f —为 A 物质质量（kg）；

Q_f —为 A 物质热值（KJ/kg）；（单纯物质热值查阅化学品安全卫生综合信息系统，混合物需要计算出混合热值，参看下表）；

Q_{TNT} —为 TNT 的爆炸热，一般取 4.52×10^6 J/kg；

W_{TNT} —A 物质的梯恩梯当量（kg）。

2) TNT 当量计算

该项目 LNG 存在部位主要为 LNG 储罐，其储存量为：25.8t，其 TNT 当量为：

LNG 储罐： $W_{TNT} = 0.04 \times 25.8 \times 10^3 \times 46.6 \times 10^3 / 4.52 \times 10^6 = 10.64$ kg

5.1.2 固有危险特征表

经过对该项目天然气的调查和拥有量的核实，TNT 当量经过计算后具体见表 5.1-1。

表 5.1-1 主要易燃易爆物质固有危险特性表

序号	场所	物质名称	状态	温度（℃）	压力（Mpa）	物质的量（t）	TNT 当量（t）	燃烧后放出的热量（MJ）
1	LNG 储罐	LNG	液体	-162	1.2	25.8	11.38	5.14×10^7

5.2 站址选择及总平面布置单元

5.2.1 安全检查表法评价

根据站址周边环境实际情况，平面布置原则，采用安全检查表法进行分析评价。

通过现场实地调查，结合建设单位提供的有关技术资料图纸的分析，对照《汽车加油加气加氢站技术标准》（GB50156-2021），编制了站址选择及总平面布置安全检查表，具体见表 5.2-1。

表 5.2-1 站址选择及总平面布置检查表

序号	检查内容	依据	检查结果	检查情况
一	站场选择			
1	加气站的站址选择，应符合城乡规划、环境保护和防火安全的要求，并应选在交通便利的地方。	GB50156-2021 /4.0.1	符合	选址符合规划，交通便利。
2	在城市中心区不应建一级汽车加油加气加氢站、CNG加气母站。	GB50156-2021 /4.0.2	符合	该项目未建在城市中心区，为二级加油加气合建站。
3	城市建成区内的加气站，宜靠近城市道路，但不宜选在城市干道的交叉路口附近。	GB50156-2021 /4.0.3	符合	未在城市建成区内。
4	LNG加气站、各类合建站中的LNG工艺设备与站外建（构）筑物的安全间距，不应小于表4.0.7的规定。	GB50156-2021 /4.0.7	符合	具体见表 5.2-2。
5	本标准表4.0.4~表4.0.8中，设备或建（构）筑物的计算间距起止点应符合本标准附录A的规定。	GB50156-2021 /4.0.9	符合	具体见表 5.2-3。
6	与汽车加油加气加氢站无关的可燃介质管道不应穿越汽车加油加气加氢站用地范围。	GB50156-2021 /4.0.12	符合	架空电力线及通信线未跨越站区。
7	与汽车加油加气加氢站无关的可燃介质管道不应穿越汽车加油加气加氢站用地范围。	GB50156-2021 /4.0.13	符合	该项目无可燃介质管道穿越。
二	总平面布置			
8	车辆入口和出口应分开设置。	GB50156-2021 /5.0.1	符合	出、入口拟分开设置。
9	站区内停车位和道路应符合下列规定： 1.站内车道或停车位宽度应按车辆类型确定。 CNG加气母站内单车道或单车停车位宽度，不应小于4.5m，双车道或双车停车位宽度不应小于9m；其他类型加油加气站的车道或停车位，单车道或	GB50156-2021 /5.0.2	符合	该项目内单车道宽度5m，双车道宽度12m，主要道路转弯半径

临泽县通达公路工程有限责任公司
临泽县张掖丹霞公路港物流园加油加气站项目（加气部分）安全预评价报告

序号	检查内容	依据	检查结果	检查情况
	<p>单车停车位宽度不应小于4m，双车道或双车停车位不应小于6m。</p> <p>2.站内的道路转弯半径应按行驶车型确定，且不宜小于9m。</p> <p>3.站内停车位应为平坡，道路坡度不应大于8%，且宜坡向站外。</p> <p>4.加油加气作业区内的停车位和道路路面不应采用沥青路面。</p>			大于9m。加气作业区内停车位和道路路面是混凝土硬化地面。
10	加气作业区与辅助服务区之间应有界线标识。	GB50156-2021 /5.0.3	符合	该项目加气作业区与辅助服务区之间拟设置界线标识。
11	加气作业区内，不得有“明火地点”或“散发火花地点”。	GB50156-2021 /5.0.5	符合	作业区内无此类地点。
12	加气站的变配电间或室外变压器应布置在爆炸危险区域之外，且与爆炸危险区域边界线的距离不应小于3m。变配电间的起算点应为门窗等洞口。	GB50156-2021 /5.0.8	符合	配电室未布置在爆炸危险区域之内。
13	站房可布置在加气作业区内，但应符合本规范第14.2.10条的规定。	GB50156-2021 /5.0.9	符合	站房布置符合14.2.10条的规定。
14	当汽车加油加气加氢站内设置非油品业务建筑物或设施时，不应布置在作业区内，与站内可燃液体或可燃气体设备的防火间距，应符合本标准第4.0.4条~第4.0.8条有关三类保护物的规定。当站内经营性餐饮、汽车服务、司机休息室等设施内设置明火设备时，应等同于“明火地点”或“散发火花地点”。	GB50156-2021 /5.0.10	符合	该项目非油品业务未设置在作业区内，汽车服务内未设置明火设备。
15	加气站内的爆炸危险区域，不应超出站区围墙和可用地界线。	GB50156-2021 /5.0.11	符合	爆炸危险区域未超出站区围墙和可用地界限。
16	加气站的工艺设备与站外建（构）筑物之间，宜	GB50156-2021	符合	整个站区南

序号	检查内容	依据	检查结果	检查情况
	设置高度不低于2.2m的不燃烧体实体围墙。当加气站的工艺设备与站外建（构）筑物之间的距离大于表4.0.4~表4.0.9中安全间距的1.5倍，且大于25m时，可设置非实体围墙。面向车辆入口和出口道路的一侧可设非实体围墙或不设围墙。	/5.0.12		侧拟建 2.2m 高的实体围墙。
17	加气站站内外设施之间的防火距离，不应小于表 5.0.13-1和表5.0.13-2的规定。	GB50156-2021 /5.0.13	符合	具体见表 5.2-3。
18	表5.0.13-1和表5.0.13-2中，CNG储气设施、油品卸车点、LPG泵（房）、LPG压缩机（间）、天然气压缩机（间）、天然气调压器（间）、天然气脱硫和脱水设备、加油机、LPG加气机、CNG加卸气设施、LNG卸车点、LNG潜液泵罐、LNG柱塞泵、地下泵室入口、LNG加气机、LNG气化器与站区围墙的防火间距还应符合本规范第5.0.11条的规定，设备或建（构）筑物的计算间距起止点应符合本规范附录A的规定。	GB50156-2021 /5.0.14	符合	按要求计算。
19	加油加气站内爆炸危险区域的等级和范围划分，应符合本规范附录C的规定。	GB50156-2021 /5.0.15	符合	符合要求，具体见 2.6.2 节。

表 5.2-2 站内设备与站外建构筑物之间的安全距离表（m）

站外建（构）筑物		站内 LNG 工艺设备					
		地上 LNG 储罐		加液机		放空管管口	
		二级站					
		标准	实际	标准	实际	标准	实际
重要公共建筑物		80	无	50	无	50	无
明火地点或散发火花地点		30	无	25	无	25	无
民用建筑 物保护类 别	一类保护物	30	无	25	无	25	无
	二类保护物	20	无	16	无	16	无
	三类保护物（服务区辅助用房）	16	78	14	34.68	14	78
甲、乙类物品生产厂房、库房和甲、乙类液体储罐		30	无	25	无	25	无

临泽县通达公路工程有限责任公司
临泽县张掖丹霞公路港物流园加油加气站项目（加气部分）安全预评价报告

丙、丁、戊类物品生产厂房、 库房和丙类液体储罐以及容 积不大于 50m ³ 的埋地甲、乙 类液体储罐		22	无	20	无	20	无
室外变配电站		35	无	30	无	30	无
铁路（兰新铁路）		60	180	50	190	50	180
城市 道路	快速路主干路（园区北 临 G312 国道）	10	82	8	72	8	87
	次干路、支路（园区规 划路）	8	14.28	6	33.55	6	14.28
架空通信线		0.75H	无	0.75H	无	0.75H	无
架空 电力 线路	无绝缘层	1.5H	无	1.0H	无	1.0H	无
	有绝缘层	1.0H	无	0.75H	无	0.75H	无
<p>注：《汽车加油加气加氢站技术标准》（GB50156-2021）表 4.0.7。</p> <p>1.室外变、配电站指电力系统电压为 35kV~500kV，且每台变压器容量在 10MV·A 以上的室外变、配电站，以及工业企业的变压器总油量大于 5t 的室外降压变电站。其他规格的室外变、配电站或变压器按丙类物品生产厂房确定。</p> <p>2.表中道路系指机动车道路。油罐、加油机和油罐通气管管口与郊区公路的安全间距按城市道路确定，高速公路、一级和二级公路按城市快速路、主干路确定；三级和四级公路按城市次干路、支路确定。</p>							

表 5.2-3 站内设施之间的防火间距（m）

设施名称	汽油罐	柴油罐	汽油通气 管管口	柴油通气 管管口	油品卸 车点	汽油加油 机	柴油加油 机	站房	站区围墙	发电间	燃气锅炉房
LNG 储罐	10/15.6	8/15.6	8/23.4	8/23.4	8/23.4	6/46.8	6/46.8	6/10.8	4/14.28	12/43	12/42
LNG 卸车点	6/11.7	6/11.7	8/19.5	6/19.5	6/15.6	6/41	6/41	6/18.6	2/21.9	12/51	12/50
LNG 加液机	4/27.3	4/27.3	8/42.9	6/42.9	6/35.1	2/11.7	2/11.7	6/14	2/33.55	8/22.27	8/19.27
LNG 潜液泵橇	6/17.55	6/17.55	8/27.3	6/27.3	6/23.4	6/46.8	6/46.8	6/12.7	--	8/42	8/41
注：1.《汽车加油加气加氢站技术标准》（GB50156-2021）表 5.0.13-2。 2.表中--表示无间距要求，分子代表标准距离，分母代表实际距离。											

5.2.2 单元评价结论

通过对站址选择及总平面布置单元进行 19 项检查，19 项均符合规范要求。

5.3 工艺装置单元评价

对 LNG 工艺装置单元主要运用预先危险性分析法、危险度法、道化法和事故树分析法进行安全评价。

5.3.1 预先危险性分析法评价

1) LNG 槽车卸液预先危险性分析

LNG 槽车在卸液过程中，若操作不当，导致 LNG 泄漏，易发生作业人员被冻伤或窒息，遇火源而发生火灾、爆炸事故。因此，对 LNG 槽车卸液进行 PHA 分析，具体分析结果见下表。

表 5.3-1 LNG 槽车卸液预先危险性分析

事故类型	触发事件	危险等级	预防对策和措施
火灾爆炸	1) 卸液过程发生泄漏； 2) 车辆发动机未熄灭； 3) 因静电接地损坏、作业人员未按规定着装等原因产生静电火花； 4) 雷雨天卸车作业； 5) 违章抽烟，使用明火等； 6) 卸车用气液相软管线腐蚀泄漏。	III	1) 认真检查卸液设施，严格执行槽车卸液规程，避免卸液过程发生泄漏； 2) 卸液过程中车辆必须熄火； 3) 定期检查维护静电接地设施，作业人员应按规定穿防静电服装； 4) 应避免雷雨天卸液； 5) 加气站内禁止吸烟、严禁使用明火； 6) 迅速利用就近的灭火器材灭火； 7) 如初期火势就很大，用现有灭火设施不能将火扑灭，应立即拨打火警电话“119”，同时尽可能限制火势蔓延，配合消防队灭火； 8) 车辆排气筒必须戴防火帽，卸车熄火； 9) 严格烟火管理，站内严禁烟火； 10) 严格卸液操作规程，定期维护保养卸液软管，安全检测检验，接口密封良好。
低温冻伤	若 LNG 槽车卸液操作不当，导致低温液体泄漏，作业人员防护措施不到位。	II	1) 认真检查卸液设施，严格执行槽车卸液规程，避免 LNG 泄漏； 2) 为操作人员提供相应的劳动防护用品。
窒息	1) 天然气意外泄漏；	II	1) 卸液时安全措施必须到位，防止天然气泄

	2) 作业场所含氧量降低，吸入深冷天然气； 3) 作业场所未设置可燃气体泄漏检测报警仪。		漏； 2) 作业场所应有良好的通风； 3) 卸车区应设置可燃气体泄漏检测报警仪。
车辆伤害	1) 车况不良，失控； 2) 违章驾驶，视线不清； 3) 槽车进站时未正向行驶； 4) 麻痹大意，未看到行驶中的车辆。	II	1) 认真检查并严格执行各项管理制度，带病车辆禁止进入卸车区； 2) 加强教育、培训，提高安全意识； 3) 禁止酒后、无证驾驶车辆，禁止在工作时间嬉戏、打闹，按规定行驶。

单元评价小结：从上表可以看出，LNG 槽车卸液时的火灾爆炸危险因素的等级为III级，危险的，其他危险和有害因素等级均为II级，临界的。槽车进站卸液时，应有专人引导、指挥作业，严格执行卸液操作规程，防止意外事故发生。

2) LNG 储罐预先危险性分析评价

LNG 储罐若一旦发生泄漏，在有引火源条件下，可能会发生火灾、爆炸事故。因此对 LNG 储罐应用 PHA 分析，具体分析结果见下表。

表 5.3-2 LNG 储罐预先危险性分析

危险因素	触发事件	危险等级	预防对策和措施
泄漏	罐体泄漏 1) 储罐基础有裂缝、倾斜，出现变形使连接部位断裂； 2) 腐蚀穿孔； 3) 罐体焊缝开焊； 4) 充装量超量； 5) 液位报警装置故障； 6) 储罐内 BOG 超压； 7) 保冷失效导致储罐压力激增，安全排放没有有效降低压力； 8) 选材不当。	III	1) 加强维护检查，定期检查储罐基础并测定储罐壁厚，发现问题及时处理； 2) 严格按操作规程作业； 3) 严禁充装量超量； 4) 定期校验报警系统的灵敏度； 5) 随时观察 LNG 低温储罐有无产生白雾现象； 6) 确保低温储罐保冷层的完好有效； 7) 保证火炬系统能在储罐发生严重故障时及时处理掉罐内 LNG； 8) 经常检查保冷情况，发现问题及时处理； 9) 对安全附件应定期检验。
	管线泄漏 1) 管线有明显扭曲、位移、变形； 2) 管线有裂纹、缩孔、夹渣、	II	1) 及时停车，更换或处理； 2) 对管线加强维护、检查，发现问题及时处理；

危险因素	触发事件	危险等级	预防对策和措施
	皱皮等缺陷； 3) 法兰连接不符合要求； 4) 管路与管件的连接处及焊缝处渗漏； 5) 阀门受损，发生渗漏； 6) 选材不当，没有选用耐低温的材质。		3) 调整使法兰盘面与管线中心线垂直，同组法兰不准加双垫，螺栓、螺母齐整、紧固、满扣； 4) 对阀门的动、静密封点经常检查、发现密封不良及时处理。
	1) 卸车时管线接口密封不严、不牢，造成低位液体泄漏； 2) 管件、阀门受损，发生低温液体泄漏； 3) 储罐超装溢出，发生泄漏。	II	1) 对设施、设备定期检修； 2) 对操作人员定期培训、要求持证上岗； 3) 加强个人防护用品。
引火源	有明火 1) 外来施工人员违章动火； 2) 检修违章动火； 3) 站场吸烟。	II	1) 对进入作业区外来人员加强管理； 2) 严格检移动火安全管理制度。
	撞击火花 用铁质工具撞击、敲打罐体、管线、地面等。	II	严格执行管理制度和安全操作规程，使用防爆工具。
	静电放电 1) 导除静电措施不良； 2) 灌装流速过快； 3) 无人体静电释放装置。	II	1) 罐体至少设 2 处静电接地点，定期检测，确保完好； 2) 管线上的阀门、法兰等处作可靠的静电跨接； 3) 控制灌装速度在规定的范围； 4) 增设人体静电释放装置。
	电气火花 1) 火灾、爆炸危险环境内电气设施不防爆或防爆等级不符合要求； 2) 线路超负荷。	II	1) 根据火灾、爆炸危险环境，正确选用防爆电气，并经常检查、维护，确保其性能； 2) 线路装设过负载保护装置。
	雷击 无防雷接地装置或防雷接地装置故障。	II	1) 罐体作良好的接地装置； 2) 所有露天装置及金属框架、构件等均应做可靠的等电位连接和防雷接地； 3) 定期检查接地可靠情况，接地电阻应符合有关国家标准的规定。

单元评价小结：从上表分析可知，LNG 储罐是重点危险源，储罐和管线发生泄漏的危险等级为II~III级，临界的、危险的，这是由于储罐及管线发生泄漏是构成火灾爆炸的前提条件。因此，罐区防火是重点安全工作之一，加强站场管理，储罐安全附件必须齐全有效，并定期维护保养与检验，增设警示标志。

5.3.2 危险度评价法评价

根据主要装置单元中装置的工艺参数，依据危险度评价取值赋分标准和危险度分级表，得出主要装备单元内各评价子单元的危险度计算值和危险度等级，见表 5.3-3。

表 5.3-3 主要装备设施单元装置危险度评价表

序号	评价单元名称	主要介质		设备容量		温度		压力		操作		总分值	危险等级
		名称	分值	m ³	分值	°C	分值	MPa	分值	类型	分值		
1	LNG 储罐	LNG	10	60	5	<250 操作 温度在 燃点以下	0	1.2	2	有一定 危险操作	2	19	I
2	LNG 潜液泵	LNG	10	液体 <10	0	<250 操作 温度在 燃点以下	0	1.2	2	有一定 危险操作	2	14	II
3	LNG 加液机	LNG	10	液体 <10	0	<250 操作 温度在 燃点以下	0	1.6	2	有一定 危险操作	2	14	II
4	BOG 加热器	LNG	10	液体 <10	0	<250 操作 温度在 燃点以下	0	1.0	2	有一定 危险操作	2	14	II

单元评价小结：由以上危险度评价可知，LNG 储罐危险度属高度危险，危险等级为I级。LNG 泵、LNG 加液机、BOG 加热器属中度危险，危险等级为II级。

5.3.3 火灾、爆炸危险指数法

该项目的工艺比较简单，将液化天然气进行储存、加气，没有化学反应，对该站

（加气部分）工艺单元采用火灾爆炸指数法进行分析。火灾、爆炸指数（F&EI）取值见表 5.3-4，安全措施补偿系数见表 5.3-5。

表 5.3-4 火灾、爆炸指数（F&EI）计算

工艺单元	合建站（加气部分）	设备：LNG 储罐
工艺设备中的主要物料		液化天然气
确定特制系统 MF 的物质		甲烷
物质系数 MF（单元温度超过 60°C 时应注明）		21
1.一般工艺危险	危险系数范围	采用危险系数
基本系数	1.00	1.00
A.放热化学反应	0.30~1.25	
B.吸热反应	0.20~0.40	
C.物料处理与输送	0.25~1.05	0.50
D.密闭式或室内工艺单元	0.25~0.90	
E.通道	0.20~0.35	
F.排放和泄漏控制	0.25~0.50	0.50
一般工艺危险系数（F ₁ ）		2.00
2.特殊工艺危险		
基本系数	1.00	1.00
A.毒性物质	0.20~0.80	
B.负压（<500mmHg）	0.50	
C.易燃范围内及接近易燃范围的操作		
(1)灌装易燃液体	0.50	0.50
(2)过程失常或吹扫故障	0.30	
(3)一直在燃烧范围内	0.80	
D.粉尘爆炸	0.25~2.00	
E.压力释放	0.18~1.5	0.32
F.低温	0.20~0.30	0.30
G.易燃及不稳定物质的重量	3.6×10 ⁴ kg	
物质重量—kg	21.5	
物质燃烧热 Hc—J/kg	(10 ³ Btu·lb ⁻¹)	
(1)工艺中的液体及气体		
(2)储存中的液体及气体	0.1~3	2
(3)储存中的可燃固体及工艺中的粉尘		

H.腐蚀与磨蚀	0.10~0.75	
I.泄漏——接头和填料	0.10~1.50	0.30
J.使用明火设备		
K.热油热交换系统	0.15~1.15	
L.转动设备	0.50	
特殊工艺危险系数（F ₂ ）		4.42
工艺单元危险系数（F ₃ =F ₁ ×F ₂ ）		8
火灾、爆炸指数（F&EI=F ₃ ×MF）		168

表 5.3-5 安全措施补偿系数 C

项目	补偿系数范围	补偿系数
1.工艺控制安全补偿系数（C ₁ ）		
a.应急电源	0.98	0.98
b.冷却装置	0.97~0.99	
c.抑爆装置	0.84~0.98	
d.紧急停车装置	0.96~0.99	0.96
e.计算机控制	0.93~0.99	0.93
f.惰性气体保护	0.94~0.96	
g.操作规程/程序	0.91~0.99	0.95
h.化学活泼性物质检查	0.91~0.98	
i.其他工艺危险分析	0.91~0.98	
C ₁ =		0.85
2.隔离安全补偿系数（C ₂ ）		
a.遥控阀	0.96~0.98	0.98
b.卸料/排空装置	0.96~0.98	
c.排放系统	0.91~0.97	
d.联锁装置	0.98	0.98
C ₂ =		0.96
3.防火设施安全补偿系数（C ₃ ）		
a.泄漏检测装置	0.94~0.98	0.98
b.钢结构	0.95~0.98	
c.消防水供应系统	0.94~0.97	
d.特殊灭火系统	0.91	
e.洒水灭火系统	0.74~0.97	

项目	补偿系数范围	补偿系数
f.水幕	0.97~0.98	
g.泡沫灭火装置	0.92~0.97	
h.手提灭火器材/喷水枪	0.93~0.98	0.98
i.电缆防护	0.94~0.98	0.94
C ₃ =		0.91
安全措施补偿系数 C=C ₁ ×C ₂ ×C ₃		0.74

确定物质系数（MF）

该加气站主要物质为液化天然气（主要成分甲烷），查道七版附录 A《物质系数和特性》可知，（1）甲烷的物质系数 MF=21。

（2）计算一般工艺危险系数：F1=2.00

（3）计算特殊工艺危险系数：F2=4.42

（4）定火灾、爆炸指数（F&EI）

$$F3 = F1 \times F2 = 2.00 \times 4.42 = 8.84 > 8$$

因 F3 最大值为 8，所以取 F3=8

$$\text{火灾、爆炸指数 } F\&EI = F3 \times MF = 21 \times 8 = 168$$

（5）暴露半径及影响区域面积

$$\text{暴露半径 } R = F\&EI \times 0.256 \approx 43.008 \text{ (m)}$$

$$\text{影响区域面积 } S = \pi R^2 \approx 5808 \text{m}^2。$$

（6）确定暴露区域内财产的更换价值

暴露区域内财产价值可由区域内含有财产（按投资额 1000 万元计算）的更换价值来确定：

$$\text{更换价值} = \text{原来成本} \times 0.82 \times \text{价值增长系数}$$

$$= 1000 \times 0.82 \times 1 = 820 \text{ (万元)}$$

上式中 0.82 系数是考虑到事故发生时有些成本不会损失或无需更换，如场地的平整、道路、地下管线和地基、工程费用等。由于该站站（加气部分）为新建项目，价格增长影响不大，系数确定为 1，暴露区域内财产更换价值为实际投资。故设该项目的更换价值为以爆炸点为圆心，半径 43.008m 范围内的投资额，以储罐发生爆炸为模型（即为圆心），43.008m 的圆形范围内损失的财产价值约 820 万元人民币。

（7）确定危害系数

根据 F3 和 MF 的关系曲线，查得危害系数为 0.82。

(8) 计算安全措施补偿系数 (C)

根据该项目的具体条件及道七版的有关规定，得工艺控制补偿系数 $C_1=0.85$ ；物质隔离补偿系数 $C_2=0.96$ ；防火措施补偿系数 $C_3=0.91$ （见表 5.2-2 安全措施补偿系数表）。

安全措施补偿系数 $C=C_1 \times C_2 \times C_3=0.74$ 。

(9) 计算基本最大财产损失 MPPD 和实际最大财产损失 MPPD

基本 MPPD=更换价值×危害系数=820 万元×0.82=682.4 万元

实际 MPPD=基本 MPPD×C=682.4 万元×0.74=497.58 万元。

(10) 该站（加气部分）危险分析汇总见表 5.3-6。

表 5.3-6 A 站（加气部分）危险分析汇总

序号	项 目	工艺单元
1	物质系数 (MF)	21
2	单元工艺危险系数 (F ₃)	8
3	火灾爆炸指数 (F&EI)	168
4	危险等级	非常大
5	暴露半径 (m)	43.008
6	暴露面积 (m ²)	5808
7	安全措施补偿系数	0.74
8	补偿后火灾爆炸指数 (F&EI)	124.32
9	补偿后危险等级	较轻
10	危害系数	0.82
11	更换价值	820 万元
12	基本 MPPD	682.4 万元
13	实际 MPPD	497.58 万元

单元评价小结：经以上火灾、爆炸危险指数评价，得出该项目 LNG 储罐在爆炸后，其影响半径为 43.008m，影响面积为 5808m²，在该范围内财产损失为 682.4 万元。在采取相应安全措施后，实际最大财产损失可降低为 497.58 万元。

5.3.4 事故树分析法评价

1) LNG 储罐火灾爆炸事故树分析

火灾爆炸事故是该项目重点防范的事故类型，尤其是储罐的火灾爆炸事故，其事故后果非常严重，下面运用事故树分析法进行分析评价。

(1) 事故原因调查

储罐火灾爆炸事故原因见表 5.3-7。

表 5.3-7 储罐火灾爆炸事故原因调查表

序号	事件名称	事件代号	事件类别	备注
1	储罐火灾爆炸事故	E	顶上事件	
2	火源	E ₁	中间事件	
3	可燃气体泄漏	E ₂	中间事件	
4	静电火花	E ₁₁	中间事件	
5	明火	E ₁₂	中间事件	
6	电火花	E ₁₃	中间事件	
7	撞击火花	E ₁₄	中间事件	
8	雷电火花	E ₁₅	中间事件	
9	储罐抽瘪破裂	E ₂₁	中间事件	
10	设备老化	E ₂₂	中间事件	
11	储罐超压泄漏	E ₂₃	中间事件	
12	人体静电放电	E ₁₁₁	中间事件	
13	储罐静电放电	E ₁₁₂	中间事件	
14	避雷器失灵	E ₁₅₁	中间事件	
15	液位超过安高	E ₂₃₁	中间事件	
16	未及时发现	E ₂₃₂	中间事件	
17	静电积累	E ₁₁₂₁	中间事件	
18	接地不良	E ₁₁₂₂	中间事件	
19	达到爆炸极限	X ₁	基本事件	
20	作业中导体接近	X ₂	基本事件	
21	穿化纤服	X ₃	基本事件	
22	管道内壁粗糙	X ₄	基本事件	
23	罐壁与空气摩擦	X ₅	基本事件	
24	流速高	X ₆	基本事件	
25	接地线损坏	X ₇	基本事件	
26	接地电阻不符合要求	X ₈	基本事件	
27	未设防静电接地装置	X ₉	基本事件	
28	违章吸烟	X ₁₀	基本事件	
29	机动车辆未戴防火罩	X ₁₁	基本事件	

序号	事件名称	事件代号	事件类别	备注
30	违章动火	X ₁₂	正常事件	
31	电器不防爆	X ₁₃	基本事件	
32	绝缘损坏	X ₁₄	基本事件	
33	穿铁钉鞋	X ₁₅	基本事件	
34	使用铁制工具	X ₁₆	基本事件	
35	未设避雷器	X ₁₇	基本事件	
36	避雷器故障	X ₁₈	基本事件	
37	设计缺陷	X ₁₉	基本事件	
38	接地电阻超标	X ₂₀	基本事件	
39	空气	X ₂₁	正常事件	
40	安全装置失灵	X ₂₂	基本事件	
41	操作不当	X ₂₃	基本事件	
42	罐壁管线腐蚀穿孔	X ₂₄	基本事件	
43	端面密封泄漏	X ₂₅	基本事件	
44	液位指示失灵	X ₂₆	基本事件	
45	安全装置未动作	X ₂₇	基本事件	
46	未检查	X ₂₈	基本事件	
47	报警仪失灵	X ₂₉	基本事件	
48	罐基础不均匀下沉	X ₃₀	基本事件	
49	地震破坏	X ₃₁	基本事件	
50	保冷失效	X ₃₂	基本事件	

(2) 编制事故树

(3) 事故树定性分析

①求事故树的割集数和径集数

利用“加乘”法求事故树的割集数和径集数得：

割集数=24×1×11=264（个）

径集数=4+1+4=9（个）

割集代表事故发生的途径，径集代表预防事故发生的途径。该事故树割集数较多，达 264 个，径集有 9 个，说明储罐火灾爆炸事故的发生较难控制。

该事故树的定性分析根据其最小径集进行。

②求事故树的最小径集

利用布尔代数法求得该事故树的最小径集如下：

$P_1=\{X_1, X_2, X_4, X_5, X_6, X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}, X_{16}, X_{17}, X_{18}, X_{19}, X_{20}\}$

$P_2=\{X_1, X_2, X_7, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}, X_{16}, X_{17}, X_{18}, X_{19}, X_{20}\}$

$P_3=\{X_1, X_3, X_4, X_5, X_6, X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}, X_{16}, X_{17}, X_{18}, X_{19}, X_{20}\}$

$P_4=\{X_1, X_3, X_7, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}, X_{16}, X_{17}, X_{18}, X_{19}, X_{20}\}$

$P_5=\{X_1, X_{23}, X_{25}, X_{26}, X_{27}, X_{28}, X_{29}, X_{30}, X_{31}, X_{32}\}$

$P_6=\{X_1, X_{23}, X_{25}, X_{26}, X_{27}, X_{28}, X_{29}, X_{31}, X_{32}\}$

$P_7=\{X_1, X_{24}, X_{25}, X_{26}, X_{27}, X_{28}, X_{29}, X_{30}, X_{31}, X_{32}\}$

$P_8=\{X_1, X_{24}, X_{25}, X_{26}, X_{27}, X_{28}, X_{29}, X_{31}, X_{32}\}$

$P_9=\{X_1, X_{21}\}$

c.求事故树基本事件的结构重要度

$I_{\Phi(1)} > I_{\Phi(21)} = I_{\Phi(22)} = I_{\Phi(23)} = I_{\Phi(24)} = I_{\Phi(25)} = I_{\Phi(28)} = I_{\Phi(29)} = I_{\Phi(32)} = I_{\Phi(30)} = I_{\Phi(31)}$
 $> I_{\Phi(26)} = I_{\Phi(27)} > I_{\Phi(10)} = I_{\Phi(11)} = I_{\Phi(12)} = I_{\Phi(13)} = I_{\Phi(14)} = I_{\Phi(15)} = I_{\Phi(16)} = I_{\Phi(17)} = I_{\Phi(18)} = I_{\Phi(19)} = I_{\Phi(20)} > I_{\Phi(4)} = I_{\Phi(5)} = I_{\Phi(6)} > I_{\Phi(2)} = I_{\Phi(3)} > I_{\Phi(7)} = I_{\Phi(8)} = I_{\Phi(9)}$

单元评价小结：由火灾爆炸事故树的分析得知，火灾爆炸事故共有 32 个基本事件，最小割集有 264 个，最小径集有 9 个。由基本事件的结构重要度可知，达到爆炸极限是导致火灾爆炸事故的最重要的事件，其次是存在空气，再次是引起泄漏的基本事件，最后才是引起火源的各基本事件。

1) LNG 火灾爆炸事故树分析

(1) 编制事故树：

以“加液机燃爆”为顶上事件，进行事故树定性分析评价，见图 5.3-2。

(2) 求最小径集

对事故树进行分析，得到 10 个最小径集：

$$P_1 = \{X_{22}\}$$

$$P_2 = \{X_1 X_2 X_3\}$$

$$P_3 = \{X_4 X_5 X_6 X_7 X_8 X_{12} X_{14} X_{15} X_{16} X_{17} X_{18}\}$$

$$P_4 = \{X_4 X_5 X_6 X_7 X_8 X_{13} X_{14} X_{15} X_{16} X_{17} X_{18}\}$$

$$P_5 = \{X_4 X_5 X_6 X_7 X_8 X_{12} X_{14} X_{15} X_{16} X_{17} X_{19} X_{80} X_{21}\}$$

$$P_6 = \{X_4 X_5 X_6 X_7 X_8 X_{13} X_{14} X_{15} X_{16} X_{17} X_{19} X_{80} X_{21}\}$$

$$P_7 = \{X_4 X_5 X_6 X_9 X_{10} X_{11} X_{12} X_{14} X_{15} X_{16} X_{17} X_{18}\}$$

$$P_8 = \{X_4 X_5 X_6 X_9 X_{10} X_{11} X_{13} X_{14} X_{15} X_{16} X_{17} X_{18}\}$$

$$P_9 = \{X_4 X_5 X_6 X_9 X_{10} X_{11} X_{12} X_{14} X_{15} X_{16} X_{17} X_{19} X_{20} X_{21}\}$$

$$P_{10} = \{X_4 X_5 X_6 X_9 X_{10} X_{11} X_{13} X_{14} X_{15} X_{16} X_{17} X_{19} X_{20} X_{21}\}$$

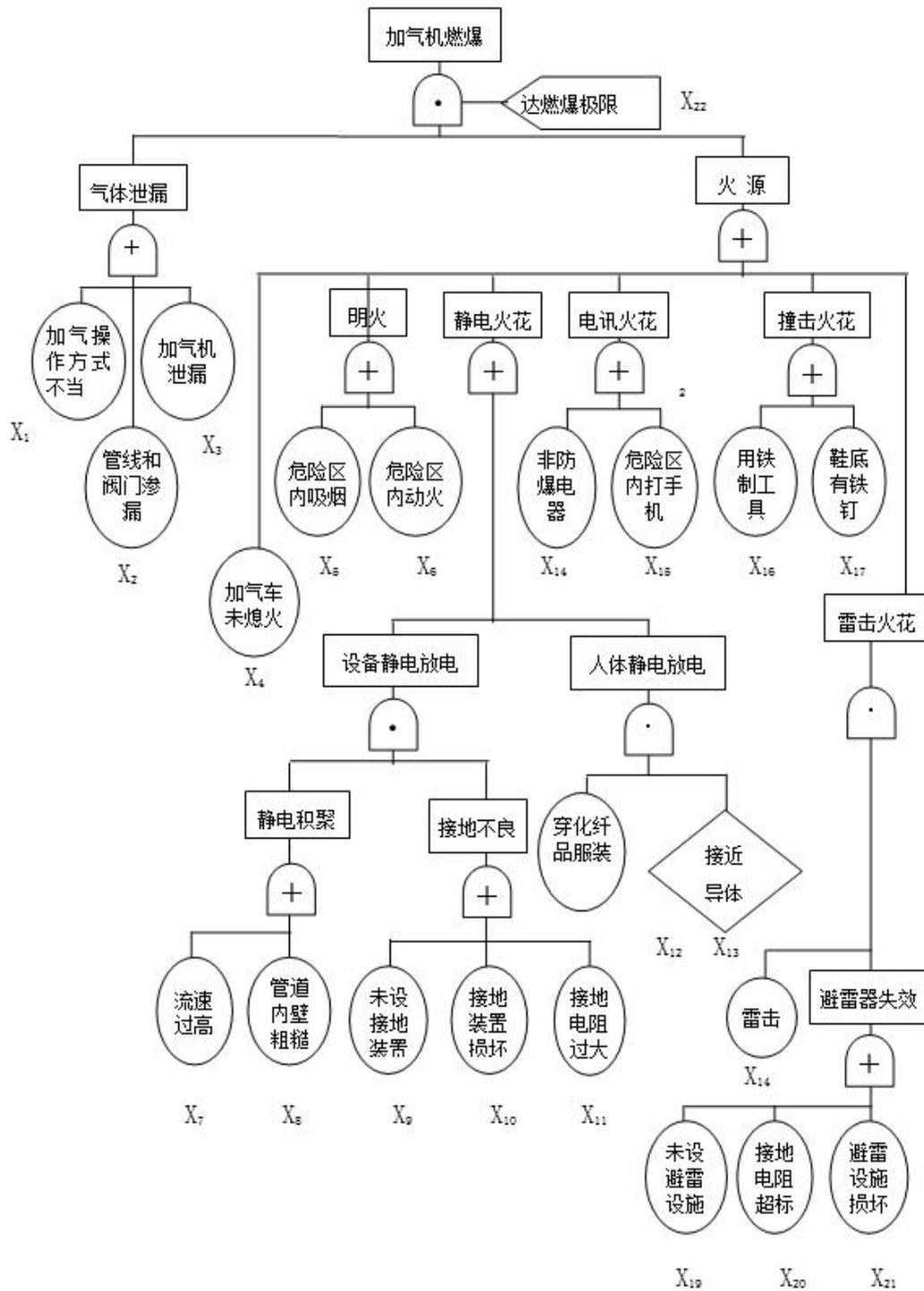


图 5.3-2 加液机燃爆事故树图

(3) 结构重要度

根据判别结构重要度近似方法，可得：

$$I_{\phi(22)} > I_{\phi(1)} = I_{\phi(2)} = I_{\phi(3)} > I_{\phi(4)} = I_{\phi(5)} = I_{\phi(6)} = I_{\phi(14)} = I_{\phi(15)} = I_{\phi(16)} = I_{\phi(17)} >$$

$$I_{\phi(18)} > I_{\phi(7)} = I_{\phi(8)} > I_{\phi(12)} = I_{\phi(13)} > I_{\phi(9)} = I_{\phi(10)} = I_{\phi(11)} > I_{\phi(19)} = I_{\phi(20)} = I_{\phi(21)}$$

单元评价小结：由加液机火灾爆炸事故树的分析得知，火灾爆炸事故共有 21 个基本事件，最小径集有 10 个。由基本事件的结构重要度可知，达到爆炸极限是导致火灾爆炸事故的最重要的事件，其次是加气操作方式不当、管线和阀门泄漏、加液机泄漏的基本事件，最后是引起火源的各基本事件。

5.4 公用工程及辅助设施单元评价

本单元主要针对该项目各类公用工程及辅助设施，采用预先危险性分析法对其进行评价如下。

5.4.1 供配电系统评价

供配电系统的主要危险、有害因素为火灾、爆炸、触电等。由于短路击穿、过载、过热、雷击及电弧电火花等原因很容易引起火灾危险，特别是电火花遇到易燃易爆气体更容易引起火灾事故。另外，带电设备的防护装置失灵、漏电保护设施失效、裸露的电源线、操作人员的违章操作以及操作人员用电知识缺乏等也会导致触电事故的发生。现应用预先危险性分析（PHA）对电气系统中可能出现的各种事故类型进行分析评价，见表 5.4-1。

表 5.4-1 供配电系统预先危险性分析表

事故类型	触发事件	危险等级	预防对策和措施
电器设备损坏	1) 电气设备本身存在的质量问题； 2) 预防性实验的检修不到位； 3) 操作技能不熟练； 4) 监护人员不合格。	II	1) 严把设备进货的质量关； 2) 严把预防性实验的质量关； 3) 加强职工操作技能的培训； 4) 选用合格人员进行操作监护。
误停电	1) 没有模拟演示； 2) 责任心不强，思想麻痹，监护制度不严； 3) 不认真执行操作票制度、工作票制度，违章作业，违章操作； 4) 违反交接班制度。	II	1) 操作前必须进行模拟演示； 2) 监护人员必须是设备熟悉的人员应注意力集中，监护人认真负责； 3) 必须严格执行电业安全工作规程； 4) 严格执行交接班制度。

事故类型	触发事件	危险等级	预防对策和措施
火灾爆炸	1) 线路短路; 2) 可燃气体窜入, 遇电火花发生火灾爆炸; 3) 过载引起火灾; 4) 由于设备自身故障导致过热而引起火灾; 5) 接地不良引起雷电火灾。	III	1) 定期对电器线路进行检修, 确保其处于完好状态; 2) 作好防护措施, 防止气体窜入; 3) 通风设施、可燃气体燃烧报警仪等应运转良好; 4) 防过载、防过热、防接地、防接触不良、防电缆老化]防雷电接地等安全措施应齐全完好; 5) 消防器材应完备、好用。
触电	1) 人体触及（接近）带电体 (1) 正常作业带电; (2) 触及带电部位; (3) 违章擅自带电作业; (4) 非专业人员乱动电器; (5) 工具绝缘部分损伤; 2) 触及意外带电部位 (1) 电器设备绝缘损坏; (2) 断电后放电不充分; (3) 误送电; (4) 设备外壳带电; 3) 护栏失效, 触及邻近带电体; 4) 防护措施失效 (1) 接地系统不良; (2) 未使用防护用品或防护用品不符合要求。	II	1) 接地系统应保持完好; 2) 电气设备、电缆应保证绝缘; 3) 电器设备应留有足够安全防护距离, 如防护距离达不到要求, 则应加装隔离罩或外罩; 4) 经常使用电器设备应采用漏电保护装置; 5) 检修时应配备防触电工具, 并采取相应防触电措施, 严格按检修、操作规程进行; 6) 定期检验, 避免正常不带电部位意外带电; 7) 对常备的防护用品必须进行定期的检查维修; 8) 每次的检修工作都必须经过批准, 指定专人进行监护, 并要有可靠的安全防护措施。

分析结果:

从上表的预先危险性分析可知, 发生火灾爆炸的危险性等级最高, 为III级; 电器设备损坏、误停电、触电的危险性等级为II、III级。

5.4.2 暖通系统评价

采暖通风系统的主要危险和有害因素为燃气锅炉房天然气泄漏、作业环境通

风不良、火灾、爆炸等。由于天然气泄漏很容易引起火灾爆炸事故，现应用预先危险性分析（PHA）对采暖通风系统中可能出现的各种事故类型进行分析评价。见表 5.4-2。

表 5.4-2 暖通系统预先危险性分析表

事故类型	触发事件	危险等级	预防对策和措施
天然气泄漏	1.管道连接件腐蚀泄漏。 2.锅炉点火控制系统失效。 3.维护保养不到位。 4.产品质量存在缺陷。	III	1.严把设备进货质量关。 2.定期维护保养设备。 3.加强职工操作技能的培训。 4.设置可燃气体检测报警仪。
火灾爆炸	1.天然气泄漏，通风不良。 2.明火、电气火花。 3.可燃气体检测报警失效。	III	1.严格执行管理规章制度，加强通风。 2.定期维护保养可燃气体检测报警仪。 3.配备移动式可燃气体检测仪。
作业场所通风不良	1.可燃气体窜入或渗入，遇明火、电火花发生火灾爆炸。 2.联锁系统失效。	II	1.加强通风，敞开设置。 2.通风联锁系统完好有效。

单元分析评价结果：从上表的分析可知，暖通系统燃气锅炉房天然气泄漏及火灾爆炸危险等级为III级，其他各类危险有害因素危险等级为II级。

5.4.3 消防系统评价

该项目消防主要危险、有害因素为火灾不能有效扑灭及火灾事故扩大。应用预先危险性分析（PHA）对消防系统中可能出现的各种事故类型进行分析评价。

表 5.4-3 消防系统预先危险性分析

序号	事故类型	触发事件	危险等级	预防对策和措施
1	初期火灾不能有效扑灭	1)未配备灭火器或灭火器数量不足； 2) 灭火器超过使用有效期； 3) 灭火器在使用有效期内失效；	II	1) 按照消防要求，配备数量足够的灭火器； 2) 灭火器定时审验，按照要求时间更换； 3) 灭火器定时检验，如在有效期内压力不足或已失效的，要立即更换；

序号	事故类型	触发事件	危险等级	预防对策和措施
		4) 灭火器配备位置不当; 5) 灭火器配备型号错误; 6) 人员未经培训, 不能正确使用灭火器; 7) 人员未经培训演练, 不能正确配合灭火。		4) 灭火器配备位置应按照站场火灾危险区域要求位置配备数量足够的灭火器; 5) 加强人员培训, 保证现场作业人员能正确使用灭火器; 6) 加强灭火演练, 保证现场作业人员能密切配合灭火。
2	火灾事故扩大	1) 初期火灾控制不当; 2) 人员未经培训演练, 不知请求救援和报告方式; 3) 通讯联络不畅; 4) 道路不畅, 消防通道不足。	III	1) 加强人员演练, 保证现场作业人员能正确配合扑灭初期火; 2) 加强人员演练, 现场作业人员知道救援和报告的联络方式, 通讯手段; 3) 保证道路通畅, 保证消防通道通畅。

单元分析评价结果：从上表的分析可知，消防系统中火灾事故扩大危险等级为III级，初期火灾不能扑救危险等级为II级。

5.4.4 自控系统评价

自动控制系统的主要危险和有害因素为火灾、爆炸等。应用预先危险性分析（PHA）对控制系统中可能出现的各种事故类型进行分析评价。

表 5.4-4 自控系统预先危险性分析

危险有害因素	触发事件	现象	事故及后果	危险等级	预防对策和措施
压力控制系统失控	1) 压力检测设备设计、选型存在质量问题; 2) 未按照有关规定进行安装和工程验收; 3) 未定期进行检验、维护和检修不到位; 4) 电磁阀发生故障; 5) 紧急停水、电。	1) 压力系统超压时不能正常报警; 2) 正常情况下误报警。	1) 系统安全运行不能保证; 2) 由于误报警而紧急停工, 造成经济损失和设备损坏。	II	1) 压力检测设备和压力传感器要按规范选型; 2) 按照有关规定进行安装和工程验收; 3) 安装压力指示仪表、智能流量仪表（带温度、压力补偿和显示）; 4) 提高作业人员的技术素质。
可燃气体报警	1) 可燃气体报警检测设备设计、选型存在	1) 可燃气体超	1) 可燃气体报警系统安全运	II	1) 可燃气体报警检测设备和传感器要按规范选型;

危险有害因素	触发事件	现象	事故及后果	危险等级	预防对策和措施
系统失控	质量问题； 2) 对可燃气体报警未按照有关规定进行安装和工程验收； 3) 未定期对可燃气体报警进行检验、维护和检修不到位。	过指标 时不能及时报警； 2) 正常情况下误报警。	行不能保证； 2) 由于误报警而紧急停工，造成经济损失和设备损坏。		2) 按照有关规定进行安装和工程验收； 3) 对可燃气体报警系统定期进行校验、维护和检查。确保可燃气体浓度达到 1) 25% 时及时报警，可编程控制器 PLC 动作灵敏和及时； 4) 提高作业人员的技术素质。

单元分析评价结果：从上表的分析可知，自控系统中各类危险有害因素危险等级均为II级。

5.4.5 建（构）筑物单元预先危险性分析

建（构）筑物单元预先危险性分析见表 5.4-5。

表 5.4-5 建（构）筑物单元预先危险性分析表

危险有害因素	触发事件	事故后果	危险等级	预防对策和措施
建筑物缺陷	1) 受压构件砌体承载力不足或降低； 2) 混凝土结构构件损坏，建筑物丧失稳定和承载能力； 3) 施工质量存在缺陷。	建筑物倒塌；人员伤亡	III	1) 请有资质的设计单位和有资质的施工单位进行工程设计、施工（施工单位必须具备钢结构施工资质）； 2) 落实工程建设监理，履行建设工程质量验收制度，建筑物没有建设工程验收（工程质量监督部门出据建设工程质量监督报告）不得投入使用。
基础缺陷	1) 建筑基础的设计、施工缺陷； 2) 室外设备基础缺陷； 3) 地基产生不均匀沉降，房屋局部倾斜； 4) 基础稳定性差。	建筑物倒塌；人员伤亡	III	1) 严格按照《建筑地基基础设计规范》（GB50007-2011）规定，组织基础建设施工； 2) 定期检查，地基产生不均匀沉降时，要采取工程技术措施。

危险有害因素	触发事件	事故后果	危险等级	预防对策和措施
建筑物火灾	1) 建筑物耐火等级低，防火间距不足； 2) 厂房墙面内部采用可燃材料的保温压型钢板，对其进行明火和高温作业； 3) 电气设备、变配电室等消防设计缺陷； 4) 变配电室与其他建筑物之间无安全消防通道； 5) 变配电室缺乏警示标志； 6) 消防器材配备不足。	烧毁厂房、设备人员伤亡	III	1) 储罐区与邻建构筑物、设施的防火间距及站内建筑与设施的安全距离必须满足《汽车加油加气加氢站技术标准》（GB50156-2021）的有关要求； 2) 严格按《建筑设计防火规范（2018版）》（GB50016-2014）组织厂房、办公楼等设计、施工； 3) 建设单位应当自依法取得施工许可之日起七个工作日内，将消防设计文件报公安机关消防机构备案，建成后，建设单位在验收后应当报公安机关消防机构备案，公安机关消防机构应当进行抽查； 4) 建筑物必须按《建筑物防雷设计规范》（GB50057-2010）的规定，采取防直接雷击、防雷电感应和防雷电波侵入的措施； 5) 按照规范标准和工程设计建造变配电室，经质量部门验收合格后，方可投入使用； 6) 按照《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》（GB50169-2016）规定，对屋内外配电装置的金属或钢筋混凝土构架以及靠近带电部分的金属遮栏和金属门、变压器的金属底座和外壳、电缆桥架、支架和配电、控制、保护用的屏（柜、箱）的金属框架和底座均应设置接地装置； 7) 定期检查线路，老化的线路及时更换； 8) 设置完善的消防设施和消防安全标志； 9) 加强消防安全教育，并定期组织消防演练。
照明缺陷	1) 作业环境不良（场地狭窄、地面高低不平、场地杂乱）； 2) 有害光照（指眩	照明不足或照明灯具损坏，作业场所	II	1) 设置厂房工作照明、标志照明（显示场所及设备标志的照明，包括障碍照明、诱导照明）、事故应急照明； 2) 按照《建筑照明设计标准》

危险有害因素	触发事件	事故后果	危险等级	预防对策和措施
	光、频闪效应等）。	无照明， 引发工伤 事故		（GB50034-2013）规定，针对办公室等不同 要求配备相宜照度的工作照明。
建筑通风不良	1) 变配电场所没有 设置通风设施； 2) 通风设施设计缺 陷。	设备故障	II	按照《工业建筑供暖通风与空气调节设计规 范》（GB50019-2015）规定，设置通风降尘 措施或设备。

单元分析评价结果：本单元主要危险因素是建筑物火灾、建筑物缺陷、基础缺陷，其危险性等级为III级，危险程度为危险的，会造成人员伤亡和系统损坏，设计时应采取对策措施予以防范；该项目中，配电室要做好防火工作，从设计、施工、投产运行的各个环节，认真做好消防设计备案和日常消防检查；照明缺陷、通风不良其危险等级均为II级，危险程度为临界的，处于事故边缘状态，企业应采取相应措施，使其能有效控制或将其排除。

5.5 安全管理单元评价

安全管理单元采用预先危险性分析法进行评价，见表 5.5-1。

表 5.5.1 建（构）筑物单元预先危险性分析表

危险因素	阶段	触发事件	事故结果	危险等别	对策措施
安全管理缺陷	生产运行的全过程	1.未建立安全管理组织机构 2.未配备专职安全管理人员 3.未建立健全企业主要负责人、 职能机构及各岗位人员安全生 产责任制 4.安全生产规章制度不健全 5.无安全作业操作规程或操作 规程不完善 6.企业主要负责人、安全负责 人、新职工等未进行安全培训， 持证上岗	发生 各类 伤亡 事故 导致 人员 伤亡 财产 损失	III	1.应建立安全管理组织机构 2.应配备专职安全管理人员 3.应建立健全企业主要负责 人、职能机构及各岗位人员 安全生产责任制 4.安全生产规章制度应健全 5.应有安全作业操作规程或 操作规程应完善 6.企业主要负责人、安全负责 人、新职工等应进行安全培 训，持证上岗

危险因素	阶段	触发事件	事故结果	危险等别	对策措施
		7.无火灾、爆炸、泄漏等事故应急预案及事故管理制度 8.安全生产投入未纳入企业的概算或安全投入不足 9.未能进行建设项目安全生产“三同时”审批及验收 10.未定时巡检 11.未对管线附近施工单位进行严格管理和沟通等 12.未落实安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防工作机制			7.应制定火灾、爆炸、泄漏等事故应急预案及事故管理制度 8.安全生产投入应纳入企业的概算或保证足够的安全投入 9.应按建设项目安全生产“三同时”审批及验收 10.应定时巡检 11.应对管线附近施工单位进行严格管理和沟通等 12.建立落实安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防工作机制

单元小结：

通过预先危险性分析可知安全管理单元危险级别为Ⅲ级，建设单位应建立健全安全管理制度，加强员工安全教育培训，加强作业场所风险识别，对作业场所定期进行隐患排查，将事故发生的可能性降至最低。

5.6 各单元评价结论汇总

5.6.1 站址选择与总平面布置单元评价结果

通过对站址选择及总平面布置单元进行 18 项检查，18 项均符合规范要求。

5.6.2 工艺装置单元评价结果

预先危险性分析法评价结论：

1) 通过对 LNG 槽车卸液预先危险性分析可知：LNG 槽车卸液时的火灾爆炸危险因素的等级为Ⅲ级，危险的，其他危险和有害因素等级均为Ⅱ级，临界的；

2) 通过对 LNG 储罐预先危险性分析可知：LNG 储罐是重点危险源，储罐和管线发生泄漏的危险等级为Ⅱ~Ⅲ级，临界的、危险的，这是由于储罐及管线

发生泄漏是构成火灾爆炸的前提条件；

3) 危险度评价法评价结论：由危险度评价可知，LNG 储罐、气化器、危险度属高度危险，危险等级为I级。LNG 泵、LNG 加液机属中度危险，危险等级为II级。

火灾、爆炸危险指数法评价结论：经火灾、爆炸危险指数评价，得出该项目 LNG 储罐在爆炸后，其影响半径为 43.008m，影响面积为 5808m²，在该范围内财产损失为 840.36 万元。在采取相应安全措施后，实际最大财产损失可降低为 509.93 万元。

事故树分析法评价结论：

1) 通过对 LNG 储罐火灾爆炸事故树分析可知：火灾爆炸事故共有 32 个基本事件，最小割集有 264 个，最小径集有 9 个。由基本事件的结构重要度可知，达到爆炸极限是导致火灾爆炸事故的最重要的事件，其次是存在空气，再次是引起泄漏的基本事件，最后才是引起火源的各基本事件；

2) 通过对 LNG 加液机火灾爆炸事故树分析可知：火灾爆炸事故共有 21 个基本事件，最小径集有 10 个。由基本事件的结构重要度可知，达到爆炸极限是导致火灾爆炸事故的最重要的事件，其次是加气操作方式不当、管线和阀门泄漏、加液机泄漏的基本事件，最后是引起火源的各基本事件。

5.6.3 公用工程及辅助设施单元评价结果

通过对该项目各类公用工程及辅助设施进行预先危险性分析可知：

供配电系统中火灾爆炸危险等III级，其他各类危险有害因素危险等级为II级；暖通系统中燃气锅炉房天然气泄漏及火灾爆炸危险等级为III级，其他各类危险有害因素危险等级为II级；消防系统中火灾事故扩大危险等级为III级，初期火灾不能扑救危险等级为II级；自控系统中各类危险有害因素危险等级均为II级；建（构）筑物系统中建筑物火灾、建筑物缺陷、基础缺陷的危险性等级为III级，其他各类危险有害因素危险等级均为II级。

5.6.4 安全管理单元评价结果

经过对该项目安全管理单元采用的预先危险性分析分析，安全管理缺陷、人

为因素、环境因素、安全设施缺陷等是造成安全事故的主要原因，安全管理缺陷的危险等级为III级，属于危险的，在以后的运行中应加强管理，避免各种安全事故的发生。

6 建设项目安全条件分析

6.1 建设项目周边环境

6.1.1 建设项目周边环境的生产经营和居民活动

该项目位于甘肃省张掖市临泽县滨河南路延伸段终点处，张掖丹霞公路港物流园园区内。站区北侧拟建园区规划路，东、南两侧拟建汽车修理间，西侧为服务区，该项目用地站内距离及周边环境满足安全防护要求，安全距离、道路交通等做到了统一规划，合理安排。

6.1.2 建设项目周边安全生产条件

在该项目 200m 范围内无以下八大类场所：商业中心、公园等人口密集区域；学校、医院、影剧院等公共设施；供水水源、水厂及水源保护区；码头（按照国家规定，经批准专门从事危险化学品装卸作业的除外）、机场及水路交通干线、地铁风亭及出入口；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；河流、湖泊、风景名胜区和自然保护区；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。

6.2 建设项目安全条件分析

6.2.1 建设项目选址及总平面布置符合性分析

根据项目选址周边环境实际情况，平面布置原则，通过现场实地调查，结合对建设项目的有关技术资料图纸的分析，对照《汽车加油加气加氢站技术标准》（GB50156-2021）的有关条款，编制了项目选址安全检查表，通过 18 项的检查，18 项均符合规范要求。

6.2.2 建设项目对周边环境的影响

该项目与周边建、构筑物安全距离符合要求，但是若该项目发生各类事故时，可能泄漏天然气，天然气泄漏到周边与空气混合可形成爆炸混合气体，当遇到点火能量，可能发生火灾爆炸事故时，可能会对站区公路过往的行人、车辆造成一定的影响，严重时可能造成人员伤亡和财产损失。

6.2.3 周边环境对建设项目的影晌

1) 该项目来往人员随意使用明火、将火源扔入站内或在站外附近燃放烟花爆竹等都会影响到该项目的安全，严重时可能造成人员伤亡和财产损失；

2) 若外来加气人员在加气区内违规使用明火，吸烟或使用打火机等物品，则可能引起站内发生火灾爆炸事故。

因此，该项目需要引起足够的重视，在进站口设置进站须知、限速牌、安全警示标志等，同时与周围居民及工作人员协同做好安全管理工作，避免事故的发生。故周边环境对该项目的影晌在可控范围内。

6.2.4 自然条件对建设项目的影晌

根据当地自然条件，自然环境可能对该项目造成影响的主要危险有害因素是高低气温、大风、雷电、暴雨、沙尘暴、地震等地质灾害等。

1、低温危害

低温危害主要来自于较低的气候温度。该项目所在地极端最低温度为-24.5℃。

低温会给操作人的身体健康带来一定的危害，人员长时间处在低温环境中，会导致冻伤；低温还会影响人的行为，使人麻木，反应迟钝，使操作工巡检时可能造成漏检等不利情况，从而埋下安全隐患；也可能导致操作失误，引发火灾爆炸事故。

若设备未采取防冻防凝措施或防冻防凝措施不当，设备、管线会有冻裂的危险，可能导致天然气泄漏，引发火灾、爆炸、窒息等事故。埋地管线埋深必须在最大冻土层下，否则可能被冻裂，导致天然气泄漏。

天然气的临界浮力温度是-107℃，高于这个临界温度则放散的天然气密度比空气小，反之则放散的天然气密度比空气大，容易聚集引起火灾爆炸危险。因此，若当地气温过低，则可能导致 EAG 气化器的外部结霜，进而影响到气化后天然气温度，从而无法保证低温天然气（小于-107℃）的有效放散，导致天然气低处聚集达到火灾爆炸极限，在遇到点火源的情况下，发生火灾爆炸事故。

2、高温伤害

高温作业环境会引起中暑，该项目所在地域极端最高温度为 35.6℃，若人体

长期处于高温作业环境中可出现高血压、心肌受损和消化功能障碍病症等。

在高温环境下，可能导致 LNG 储罐等压力容器压力增大，引起管线连接处天然气泄漏，同时高温还可能增大压力容器爆炸的可能性。

3、雷电火灾

自然环境中有雷暴的存在。雷电流能破坏装置或设备绝缘，产生火花，引起燃烧或爆炸等事故。

设备、建构筑物等在雷暴日期间存在较大的危险性，如缺少防雷接地设施或防雷接地不全、损坏等，易发生雷击、火灾爆炸等事故。

4、大风影响

风对该项目的影响主要为对罩棚的影响：

大风对罩棚的影响最大，严重时可将整个罩棚掀翻，引发其它重大事故。

风对罩棚迎风面的整体作用表现为吸力，且对罩棚侧面迎风前缘底角区域吸力作用最大，由于罩棚钢结构自重较轻，罩棚屋面系统也多采用轻质材料，所以罩棚对风载荷较为敏感。当出现短时大风时，可能引起钢结构罩棚破坏事故，轻则罩棚屋面材料被掀落，重则造成整个结构的坍塌。因此，建设单位应告知设计单位在设计罩棚时，应考虑罩棚结构能抵抗当地最大风载荷和雪载荷。

此外，风还对该项目运行过程中安全性生产影响，主要表现在天然气的无组织排放（系指泄漏），风可加速向外扩散，从而使泄漏的天然气到达较远的区域，造成事故的扩大和对周围大气环境的污染。因此，进行该项目的设计及运行管理时，应根据该项目及周边环境的实际情况，充分考虑风力、风向、频率及地形等因素的影响，尽量避免和减少其对工艺设施可能造成的危害。

5、极端恶劣天气对该项目的影响

张掖市年降水量较小，但是可能发生局部暴雨，若站内排水系统不好，有可能造成内涝，损坏站内设备设施；寒冷季节若降雪量较大，暴雪荷载超过罩棚荷载，会引发罩棚倒塌、酿成事故；若遇冰雹天气会对露天设备设施造成一定影响。

6、地震破坏

地震是地壳运动的一种表现形式，是地球内部传播出来的地震波造成的地面震动，破坏性大，影响面广，突发性强，常有明显的区域特征，是影响装置及设

备安全运行的事故因素之一。

地震产生地面竖向与横向震动，可导致地面开裂、裂缝、塌陷，还可引发火灾、滑坡等自然灾害。地震可对该项目的生产装置、辅助生产设施、建构筑物、埋地管道等造成威胁及破坏，可导致水、电、通讯线路中断，引发更为严重的自然灾害。

张掖市在地震区划分上，抗震设防烈度为 8 度，一旦发生较大地震，可造成设备管线开裂泄漏，导致火灾爆炸事故。

7、湿度危害

物体在不同的湿度环境里其导电性不同，湿度越大物体的导电性越强，反之，湿度越小物体的导电性越小，就容易形成静电堆积，若静电不能及时导走，就会产生火花放电现象。张掖市平均空气湿度为 49%，故该项目极易发生湿度低引起的静电起火现象。若同时遇到气体泄漏情况就会引起火灾爆炸现象。所以应采取避免和减少湿度对该项目可能造成的影响。

7 安全对策措施与建议

7.1 建设项目选址及总平面布置

1、选址时，除考虑建设项目经济性和技术合理性并满足工业布局和城市规划要求外，还应重点考虑地质、地形、水文、气象等自然条件对该项目的影响和该项目与周边环境的相互影响。对站区四周空地应密切关注，如果要规划建设，应与当地政府部门、周边单位密切联系，保证该项目的周边环境与该项目的距离满足安全距离要求；

2、站内的爆炸危险区域，不应超出站区围墙和可用地界线。建筑物的安全疏散门应向外开启；

3、应考虑风向和建设项目与周边区域电力及通讯设施在危险、危害性方面相互影响的程度，保证进站电力线路的合规引入和敷设；

4、建筑物、管道、设备基础在设计、施工中应考虑地基下沉的危害；

5、加气作业区与辅助服务区之间应有明显标识；

6、车辆入口和出口应分开设置；

7、作业区内不得种植油性植物；

8、站内车道或停车位宽度应按车辆类型确定。加气站内单车道或单车停车位宽度不应小于 4.5m，双车道或双车停车位宽度不应小于 9m；其他类型汽车加油加气加氢站的车道或停车位，单车道或单车停车位宽度不应小于 4m，双车道或双车停车位宽度不应小于 6m。站内的道路转弯半径应按行驶车型确定，且不宜小于 9m。站内停车位应为平坡，道路坡度不应大于 8%，且宜坡向站外。作业区内的停车场和道路路面不应采用沥青路面。

9、在工艺区周围，设置固定的安全防护栏，防止人员随意进入，损坏设备，造成事故；

10、工艺设备与站外建构筑物之间拟设置高度不低于 2.2m 的不燃烧实体围墙。面向车辆入口和出口道路的一侧可设置非实体围墙或不设围墙；

11、加气作业区内不得有“明火地点”或“散发火花地点”；

12、变配电间或室外变压器应布置在爆炸危险区域之外，且与爆炸危险区域

边界线的距离不应小于 3m；

13、在工艺区出入口处应设置人体静电释放装置；

14、储罐区防火堤内应设置集水井，集水井内的集水定期用水泵清理。

7.2 拟选择的主要技术、工艺或者方式和装置、设备、设施

1、LNG 的工艺设备、设施安装，应采取室外安装，便于操作，便于人工灭火和疏散事故排放液体和气体；

2、站内设备及管道，凡经增压、输送、储存需显示压力的地方，均应设压力测试点，并应设供压力表拆卸时高压气体泄压孔。压力表量程范围应为 2 倍工作压力，压力表准确度不应低于 1.5 级；

3、站内的天然气管道、储罐应设置泄压保护装置，泄压保护装置应采取防塞和防冻措施；

4、为了避免分层现象，LNG 应来自同一地区的相同气源；

5、应设置紧急停车系统，当该系统执行紧急停车时，应切断或隔离液化天然气以及其他易燃易爆介质的来源，并关闭由于继续运行将导致事故加剧和扩大的设备，或采取必要的放空；

6、对可能出现真空的管道、工艺容器或其它设备，设计中应考虑该设备能承受相应的负压；或应采取措施，防止真空对设施造成的损坏。如果采用引入气体的方式来防止真空，则引入的气体不能使系统内形成可燃混合物；

7、控制室和现场应装有紧急停车手动触发装置，触发后能执行相应关断逻辑。装置应具有防止误动作保护措施。手动触发装置应位于事故时能及时到达的区域，至少离所保护设备 15m，并应显著地标出其设计功能。

7.3 LNG 储存

1、LNG 储罐中那些常与 LNG 接触的零部件和与 LNG 或低温 LNG 蒸气（温度低于-29℃的蒸气）接触的所有材料，在物理化学性质方面应与 LNG 相适应，并应适宜在-162℃使用；

2、所有 LNG 储罐设计应适应顶部和底部灌装，除非有防止分层的其它有效措施；

3、液化天然气储罐、低温容器和设备的基础，如果使土地结冰或霜冻，应配备温度监测系统；

4、LNG 储罐基础应能承受与 LNG 接触，或应保护避免接触积聚的 LNG 而危及结构整体性；

5、LNG 储罐及其防护系统设计，应符合当地抗震设防要求；

6、在施工、静水试验、运行和操作期间，应对 LNG 储罐基础是否发生沉降进行定期监视。对任何超过设计规定的沉降应进行调查并根据需要采取调整措施；

7、LNG 储罐应采用缓冲垫和荷载环等，使支撑系统的应力集中最小化。应考虑内罐的膨胀和收缩，支撑系统的设计应是传递到内罐和外罐的应力在允许极限内；

8、LNG 储罐应在易接近的地方加上耐腐蚀铭牌进行标识；

9、对 LNG 储罐的所有开口，应标出其开口功能，在结霜情况下，应能看得见标记；

10、LNG 储罐的外部绝热层应不可燃，应含有一种防潮材料，耐消防水冲刷。外保护层的火焰蔓延等级不应大于 25（材料的火焰蔓延等级按 NFPA255《建筑材料表面燃烧特性的标准试验方法》，或 ULC 标准 CAN4-S102《建筑材料和组件表面燃烧特性》1988 确定）；

11、安装 LNG 储罐的基础，应由有相应资质的单位设计，并按公认的结构工程做法进行施工。在基础设计和施工前，应做地质勘探，确定现场下面的土层和物理性质；

12、用于储存液化天然气的全容式液化天然气储罐应满足：

- 1) 安全地储存低温液体；
- 2) 安全地充装和外输；
- 3) 蒸发气可以安全的排出；
- 4) 除真空保护外，可以防止空气和水气进入；
- 5) 能抵抗住可能的最大风荷载和最大雪荷载对储罐的损坏；
- 6) 在最高和最低设计压力之间安全地运行；
- 7) 在设计寿命内可满足多次停产检修充装；

8) 在内罐泄漏情况下，当外罐是金属时，要满足低温要求。

13、应采取措施防止空气进入蒸发气回收系统；

14、由于低温贮罐与低温槽车内的 LNG 的日蒸发率约为 0.3%，这部分蒸发气体温度较低，简称 BOG 闪蒸汽（BoilOff Gas），BOG 闪蒸汽会使贮罐气相空间的压力升高。为保证贮罐的安全及装卸车的需要，在设计中应设置贮罐安全减压阀（可根据贮罐储存期间压力自动排除 BOG），产生的 BOG 气体通过放空阀至 BOG 加热器加热后，再进入 BOG 储罐储存。因此，站内应设计 1 台 BOG 储罐。BOG 系统的设计应该保证在正常操作过程中低温气体不能直接释放到大气中，同时该系统应至少收集以下可能产生的蒸发气：

——储罐及所有容纳液化天然气的容器中闪蒸出的蒸发气；

——液化天然气的设备及管道的气体安全泄放系统排放的蒸发气。

15、液化天然气增压系统的材质应适应其所有工作范围下的温度和压力，同时要注意各种材质之间的匹配性；

16、安全阀与 LNG 储罐之间应设切断阀，切断阀在正常操作时应处于铅封开启状态；

17、与储罐气相空间相连的管道上应设置人工放散阀；

18、储罐的仪表设置应符合下列规定：

1) LNG 储罐应设置液位计和高液位报警器。高液位报警器应与进液管道紧急切断阀连锁；

2) LNG 储罐最高液位以上部分应设置压力表；

3) 在内罐与外罐之间应设置检测环形空间绝对压力的仪器或检测接口；

4) 液位计、压力表应能就地指示，并应将检测信号传送至控制室集中显示。

19、LNG 潜液泵管路系统和附属设备的设置应符合下列规定：

1) LNG 储罐的底部（外壁）与潜液泵池的顶部（外壁）的高差应符合 LNG 潜液泵的安装使用要求；

2) 潜液泵池的回气管道宜与 LNG 储罐的气相管道相接通；利用潜液泵卸车时，则宜与槽车气相管相接；

3) 应设置压力、温度或液位检测装置并远传监控；

4) 在泵出口管道上应设置全启封闭式安全阀和切断阀。

20、LNG 储罐设置最高、最低液位报警装置，最高液位控制在 90%，最低控制在 10%；

21、LNG 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（不应少于 2 个，1 用 1 备）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，监视罐内液体分层，避免罐内“翻滚现象”发生；

22、LNG 储罐的基础应能经受 LNG 的低温，在意外情况下 LNG 产生泄漏或溢出，LNG 与地基直接接触，地基应不会损坏。储罐的基础，应每年测定基础下沉状况，并记录在案；

23、LNG 储罐应配备两套独立的液位计，操作员能实时监控储罐液位。每只液位计均应能提供高、低液位报警。高液位报警值的设置应使操作员有充分的时间中止液化天然气进料，避免液位超出最大允许充装高度。低液位的报警值应使操作员有充分的时间停止罐内泵的外输。

除以上两套用于监控的液位计外，液化天然气储罐还应配备独立的液位高高检测，信号应采用硬线连接方式接入安全仪表系统，并在液位达到设定值时触发联锁切断液化天然气进料。液位高高检测宜采用表决方式以确保关断信号的有效性。

24、LNG 储罐绝热材料应避免对接触件造成腐蚀；

25、填充在内外罐之间的保冷材料要考虑储罐的热胀冷缩问题，当罐壁间保冷材料为膨胀珍珠岩时，应采用能吸收大罐直径变形的材料来避免因形变造成的珍珠岩下沉；

26、储罐基础应保证基础下面土壤不能结冰。如果无法避免结冰，应安装加热设施。加热设施应能在储罐不停产情况下检修和更换；同时应考虑一用一备；

27、为减轻地震的影响，基础设计可考虑采用减震垫；

28、储罐要配备仪表，装在合适的位置来检测储罐的压力变化，压力检测应

设置：

1) 连续的压力测量；
2) 独立的高压力检测；
3) 独立的低压力（负压）检测；
4) 检测到压力低后，蒸发器压缩机和罐内泵应自动停机，必要的话，真空保护阀应自动打开，向罐内引入天然气；

5) 在保冷层和内罐之间应设置压差检测或者在保冷层安装单独的压力检测。

29、储罐的操作压力和安全阀释放压力之间应考虑足够的余量，避免不必要的放空；

30、储罐至少要装配两个可以直接向大气泄压的安全阀。安全阀应考虑至少有 1 台备用；

31、安全阀的排放量应考虑在储罐最高工作压力时，火灾情况下的热量输入或者各种情况组合产生的气体流量；

32、储罐应配备结构检测设施来监测储罐的结构（包括罐底）状态，监测设施应能显示正常值、报警和紧急报警，监测设施的设计应保证出现异常情况时，有足够时间采取纠正措施；

33、LNG 储罐等设备的设置，应符合下列规定：

1) LNG 储罐组四周应设防护堤，堤内的有效容量不应小于其中 1 个最大 LNG 储罐的容量。防护堤内地面应至少低于周边地面 0.1m，防护堤顶面应至少高出堤内地面 0.8m，且应至少高出堤外地面 0.4m。防护堤内堤脚线至 LNG 储罐外壁的净距不应小于 2m。防护堤应采用不燃烧实体材料建造，应能承受所容纳液体的静压及温度变化的影响，且不应渗漏。防护堤的雨水排放口应有封堵措施。

2) 防护堤内不应设置其他可燃液体储罐。非明火气化器和 LNG 泵可设置在防护堤内。

7.4 LNG 加气区

1、加气机不得设置在室内。

2、LNG 加液机的技术要求应符合下列规定：

- 1) 加气系统的充装压力不应大于汽车车载瓶的最大工作压力；
- 2) 气机计量误差不宜大于 1.5%；
- 3) 加气机加气软管应设安全拉断阀，安全拉断阀的脱离拉力宜为 400N~600N。
- 4) 加气机配置的软管应符合本标准第 9.2.2 条的规定，软管的长度不应大于 6m。

3、在 LNG 加气岛上宜配置氮气或压缩空气管吹扫接头，其最小爆破压力不应小于公称压力的 4 倍。

7.5 放散区

1、天然气放散应符合下列规定：

- 1) 集中放散的放散管管口应高出 LNG 储罐及 12.0m 范围内的建筑物 2.0m 以上，且距地面不应小于 5.0m。放散管管口不得设雨罩等阻滞气流向上的装置，底部宜采取排污措施；
- 2) 低温天然气应经加热器加热后放散，天然气的放散温度不宜比周围环境温度低 50℃；

3) 放散管应设置防止回火的设施。

2、可燃气体放空应符合下列要求：

- 1) 可能存在点火源的区域内不应形成爆炸性气体混合物；
- 2) 有害物质的浓度及排放量应符合有关污染物排放标准的规定；
- 3) 放空时形成的噪声应符合有关卫生标准；
- 4) 连续排放的可燃气体排气筒顶或放空管口，应高出 20m 范围内的平台或建筑物顶 2.0m 以上。对位于 20m 以外的平台或建筑物顶，应满足图 6.8.8 的要求，并应高出所在地面 5m。
- 5) 间歇排放的可燃气体排气筒顶或放空管口，应高出 10m 范围内的平台或建筑物顶 2.0m 以上。对位于 10m 以外的平台或建筑物顶，应满足图的要求，并应高出所在地面 5m。

3、优化工艺流程，设计中应考虑设置回收 EAG 的设备、设施。

7.6 管线、法兰、阀门等

1、LNG 管道和低温气相管道的设计应符合下列规定：

1) 管道系统的设计压力不应小于最大工作压力的 1.2 倍，且不应小于所连接设备或容器的设计压力与静压头之和；

2) 管道的设计温度不应高于-196℃；

3) 管道和管件材质应采用耐低温不锈钢，管道应符合现行国家标准《液化天然气用不锈钢无缝钢管》GB/T38810 的有关规定，管件应符合现行国家标准《钢制对焊管件 类型与参数》GB/T112459 的有关规定。

2、管道穿越车行道路时宜采用套管保护；

3、所有的管道应至少符合下列防火要求之一：

1) 管道材料既能承受正常的操作温度，又能承受紧急状态下的极端温度；

2) 能通过保温层或其它方式延迟极端温度导致的管道失效，直到作业者采取措施；

3) 在遭受溢出物着火高温的情况下，管道能够隔离。

4、管道应根据介质温度选材；

5、LNG 储罐的充注管路设计应考虑在顶部和底部均能充灌，这样能防止 LNG 产生分层，或消除已经产生的分层现象。同时，安全阀泄放系统应采取防止冰冻、防堵塞的措施；

6、用于 LNG 管道的管架，在设计时应注意避免产生过高的热量传导，引起结冰或支架材料的脆裂。用于低温流体输送的管道的支架、管托应选用耐低温材料制成，并具有良好的耐火性能；

7、液态天然气管道上的切断阀之间必须设置安全阀，放散气体集中放散；

8、液态天然气的阀门，应采用长阀杆和在线检修结构的阀门；

9、吹扫用氮气管上应设止回阀；

10、应设置专用的储罐冷却管线，用于储罐的最初冷却，冷却管末端可采用喷嘴或环形喷淋管的形式；

- 11、LNG 储罐根部阀与储罐应采用焊接连接；
- 12、低温管道所采取的绝热措施应符合《工业设备及管道绝热工程设计规范》GB50264 的有关规定；
- 13、LNG 管道的两个切断阀之间应设置安全阀或其他泄压装置；
- 14、站内工艺管道应设置手动截止阀、气动切断阀、安全放散阀、止回阀等，LNG 储罐的进、出管道设有气动紧急切断阀，液相管道上两个阀门之间设有去 BOG 系统的全启式安全阀；
- 15、在进行 LNG 管道设计时，除了要做好绝热外，还应解决因低温引起的冷收缩问题。管材通常选用具有优异低温性能的奥氏体不锈钢管，但其线性膨胀系数较大，设计时需要进行补偿；
- 16、站内的法兰应能满足在高压、低温下工作的机械强度要求和刚度要求。

7.7 卸车区

- 1、连接槽车的液相管道上应设置切断阀和止回阀，气相管道上宜设置切断阀；
- 2、LNG 卸车宜采用奥氏体不锈钢金属软管，其公称压力不应小于装卸系统工作压力的 2 倍，其最小爆破压力应大于 4 倍的公称压力；
- 3、LNG 槽车应密闭卸液，槽车卸车时应设置防溜车措施。

7.8 LNG 泵

LNG 潜液泵管路系统和附属设备的设置应符合下列规定：

- 1、LNG 储罐的底部（外壁）与潜液泵池的顶部（外壁）的高差应满足 LNG 潜液泵的性能要求；
- 2、潜液泵池的回气管道宜与 LNG 储罐的气相管道相接通；利用潜液泵卸车时，则宜与槽车气相管相接；
- 3、应设置压力、温度或液位检测装置并远程监控；
- 4、在泵出口管道上应设置全启封闭式安全阀和切断阀，泵出口宜设置止回阀。

7.9 拟为危险化学品生产或者储存过程配套和辅助工程

1、建、构筑物

1) 站房及其他附属建筑物的耐火等级不应低于二级。当罩棚顶棚的承重构件为钢结构时，其耐火极限可为 0.25h，顶棚其他部分不得采用燃烧体建造；

2) 加气场地的罩棚的设计应符合下列规定：

罩棚应采用不燃烧材料建造；

进站口无限高措施时，罩棚的净空高度不应小于 4.5m；

罩棚遮盖加液机的平面投影距离不宜小于 2m。

3) 罩棚设计应计算活荷载、雪荷载、风荷载，其设计标准值应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 的有关规定；

4) 罩棚的抗震设计应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 的有关规定执行；

5) 加气岛的设计应符合下列规定：

气岛应高出停车位的地坪 0.15~0.2m；

加气岛两端的宽度不应小于 1.2m；

加气岛上的罩棚立柱边缘距岛端部，不应小于 0.6m。

6) 布置有可燃气体设备的建筑物的门、窗应向外开启，并按现行国家标准《建筑设计防火规范》（GB50016-2014）的有关规定采取泄压措施；

7) 临泽县可能存在大风天气，大风可能引起钢结构罩棚破坏事故，轻则罩棚屋面材料被掀落，重则造成整个结构的坍塌。因此，加液机罩棚设计时应能承受当地最大风荷载、雪荷载、活荷载，从而达到结构安全等级要求。

2、供配电

1) 该项目供电负荷等级为三级，信息系统应设不间断供电电源（UPS 不间断电源，延时时间为 2h）；

2) 站内的供电系统应设置独立的计量装置；

3) 罩棚、营业室、控制室、配电室等处，均应设事故照明；

4) 电力线路宜采用电缆并直埋敷设。电缆穿越行车道部分，应穿钢管保护；

5) 当采用电缆沟敷设电缆时，加气作业区内的电缆沟内必须充沙填实。电缆不得与 LNG 管道以及热力管道敷设在同一沟内；

6) 爆炸危险区域内的电气设备选型、安装、电力线路敷设等，应符合现行国家标准《爆炸危险环境电力装置设计规范》（GB50058-2014）的有关规定；

7) 站内爆炸危险区域以外的照明灯具，可选用非防爆型。罩棚下处于非爆炸危险区域的灯具，应选用防护等级不低于 IP44 级的照明灯具。

3、防雷防静电

1) LNG 储罐必须进行防雷接地，接地点不应少于 2 处；

2) 天然气管道上的阀门、法兰、胶管两端等连接处应用铜导线跨接。当法兰的连接螺栓不少于 5 根时，在非腐蚀环境下，可不跨接；

3) 加液机上加气枪胶管应设置接地线，在加气前与车辆相连；

4) 信息系统应采用铠装电缆或导线穿钢管配线。配线电缆金属外皮两端、保护钢管两端均应接地；

5) 建议信号传送选用对绞屏蔽电缆，以减弱外界电磁场的干扰，提高整个系统的抗干扰能力，增加系统的可靠性；

6) 电气设备金属外壳应采用保护性接地接零，安装漏电保护器；

7) 建（构）筑物的防雷分类及防雷措施应按《建筑物防雷设计规范》（GB50057-2010）的有关规定严格执行；

8) 该项目的工艺区为甲 A 类火灾爆炸危险场所，应在工艺区入口处设置人体静电消除设施；

9) 防静电系统、管线、设备法兰导线必须按规范要求，接线牢固；

10) 站内罩棚的防雷措施应满足第二类防雷建筑物防雷措施的要求。站内建筑物防雷装置的接地、静电接地、电气和电子信息系统等接地应共用接地装置，其接地电阻不应大于 1Ω 。地上天然气管道始、末端接地装置的接地电阻不应大于 4Ω ；

11) 建筑物屋面应设置避雷网，防静电方面设备每台两处接地，法兰、阀门之间作金属跨接；变配电系统设置过电压保护设施；

12) 爆炸危险区域内的所有钢制法兰两侧应采用金属导线跨接；

13) 站内爆炸危险区地坪应采用不发火花混凝土地面；

14) 加气区爆炸区域不应超出用地红线；

15) 供配电系统宜采用 TN-S 系统，供电系统的电缆金属外皮或电缆金属保护管两端均应接地，在供配电系统的电源端应安装于设备耐压水平相适应的过电压（电涌）保护器；

16) 防雷接地系统设计依据国家《建筑物防雷设计规范》（GB50057-2010），在爆炸危险区域内的建、构筑物按第二类防雷设计，接地电阻不大于 4Ω ，其余均按第三类防雷设计；

17) 站内爆炸危险区域内金属设备及工艺管道均作防静电接地处理，接地材料为镀锌编织带，跨接于阀门、流量计等设备金属连接法兰上，防止电荷集聚，确保设备安全运行。出口管线设绝缘法兰。站内管段均由静电接地电缆可靠接地，将气流摩擦产生的静电导入大地，防止事故发生；

18) 根据不同的爆炸危险区域进行电器设备的防爆选型、安装等；

19) 应根据工艺需要在主要工艺介质的进口或出口设置流量检测；

20) 站内所有变配电设施不应采用充油型电气设备；

21) 露天仪表应选择全天候型，防护等级不低于 IP55；

22) LNG 储罐必须进行防雷接地，接地点不应少于两处；

23) 信息系统的配电线路首、末端与电子器件连接时，应装设与电子器件耐压水平相适应的过电压（电涌）保护器。

4、报警和紧急切断系统

1) 可燃气体检测报警装置的高限报警值小于等于可燃气体爆炸下限浓度（V%）值的 25%；

2) 可燃气体报警仪的选用和安装应严格按照《石油天然气工程可燃气体检测报警系统安全技术规范》（SY/T6503-2016）执行。可燃气体报警器宜布置在可燃气体释放源的最小频率风向的上风侧。检测天然气时，其安装高度宜高出释放源 1~2m 或上部易积聚可燃气体处；

3) 应在调压区、储气区、工艺管道区、罐区、槽车加气区、车辆加气区等重要部位均应设置可燃气体检测报警系统；

4) 站内有液化天然气的场所应为可燃气体报警探头设置位置：当可燃气体检测器位于释放源的最小频率风向的上风侧时，可燃气体检测器与释放源的距离不宜大于 15m；当可燃气体检测器位于释放源的最小频率风向的下风侧时，可燃气体检测器与释放源的距离不宜大于 5m；其安装高度应距地面或不透风楼地板 0.3~0.6m。

5) 可燃气体检测报警器宜集中设置在控制室或值班室内；

6) 可燃气体检测报警系统应配有不间断电源；

7) LNG 泵应设超温、超压自动停泵保护装置；

8) LNG 泵和加气站管道上的紧急切断阀，应能由手动启动的远程控制切断系统操纵关闭；

9) 紧急切断系统应至少在下列位置设置启动开关：

(1) 距该项目卸车点 5m 以内；

(2) 在加气现场工作人员容易接近的位置；

(3) 在控制室或值班室内；

(4) 紧急切断系统应只能手动复位。

10) 可燃气体检测报警器应与进站管线电磁阀切断联锁；

11) 燃气锅炉房的可燃气体检测报警器应与风机联锁，一旦泄漏的可燃气浓度超过报警下限的 25% 时，立即自动切断气源。

5、消防系统

1) 建议站内设一部消防专用电话，便于发生火警时及时与火场、控制中心及消防队联系；

2) 应配备 2 支防爆手电筒（可充电）。

6、暖通系统

站内爆炸危险区域内的房间或箱体应采取通风措施，并应符合下列规定：

采用强制通风时，通风设备的通风能力在工艺设备工作期间应按每小时换气不小于 15 次计算，在工艺设备非工作期间应按每小时换气不小于 6 次计算，可以满足通风的要求。通风设备应防爆并应与可燃气体浓度报警器联锁。

采用自然通风时，通风口总面积不应小于 $300\text{cm}^2/\text{m}^2$ （地面），通风口不应

少于 2 个，且应靠近可燃气体积聚的部位设置。

室内外采暖管道宜直埋敷设，当采用管沟敷设时，管沟应充沙填实，进出建筑物处应采取隔断措施。

7、安全泄压

安全泄压排气应排向安全方向，以防止高压气泄放时造成人员伤害事故。

7.10 建设项目中主要装置、设备、设施及建筑的布局

1、储罐区与邻建构筑物、设施的防火间距及站内建筑与设施的安全距离必须满足《汽车加油加气加氢站技术标准》（GB50156-2021）的有关要求；

2、控制室朝向火灾危险性的设备侧的外墙，应为无门窗、洞口的非燃烧实体墙；

3、站内爆炸危险区域的房间应采取通风措施，并应符合下列规定：

1) 采用强制通风时，通风设备的通风能力在工艺设备工作期间应按每小时换气 15 次计算，在工艺设备非工作期间应按每小时换气 5 次计算；

2) 采用自然通风时，通风口总面积不应小于 $300\text{cm}^2 / \text{m}^2$ （地面），通风口不应少于 2 个，且应靠近可燃气体积聚的部位设置。

4、站内绿化不得种植油性植物，种植的植物不要妨碍消防车辆的通行以及影响消防设施的运行；

5、建筑物的安全疏散门应向外开启；

6、安全泄压排气应排向安全方向，以防止高压气泄放时造成人员伤害事故；

7、在设备周围，设置固定的安全防护栏，防止人员随意进入，损坏设备，造成事故；

8、杜绝明火或火种进站，对进入工艺区的车辆必须安装防火罩，对于进入工艺区的人员必须严格执行相关制度，严禁烟火；

9、布置在危险区域内的配电室应采用正压防护，面向工艺区一侧不应设置门、窗户；

10、在土建的施工过程中，对于可能引起管道不均匀沉降的地段，其地基应进行处理。管沟内的回填土要夯实，并且回填土内不得夹带瓦砾、砖块和垃圾等

杂物；

11、有爆炸危险的建筑物应按现行国家标准《建筑设计防火规范（2018版）》（GB50016-2014）的有关规定，采取泄压措施；

12、站场内管线应在满足安全、维修方便的条件下合理布置，各类管线的线路力求做到流向合理、流程顺畅、缩短物流距离，并使管线之间，管线与建（构）筑物之间在平面及竖向上相互协调，紧凑合理；

13、站场内储罐区及工艺区应设置环形消防车道，受地形限制时，应设有回车场的尽头式消防车道，回车场的面积应按所配消防车辆的车型确定，但不宜小于15×15m；

14、槽车装卸区应有足够的面积，车辆不必做过多的移动或转向。

7.11 事故应急救援措施和器材、设备

1、事故应急救援预案

1) 根据该项目可能发生的较大事故和实际情况，要在项目正式投产前，按照《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》（GB/T29639—2020），制定符合实际和切实可行的事故应急救援预案；定期组织员工进行演练，对演练中发现的不适宜的部分要及时进行修订完善；

2) 企业制定应急救援预案的目的是为了有效地预防事故发生或者在事故发生后能有效控制事故不再扩大，将事故造成的影响与损失尽可能降低；在重大事故发生后能及时予以控制，防止扩大蔓延，有效地组织抢险和救援。企业应对企业内可能发生危险的场所与部位进行辨识与评估，找出可能造成重大危险事故发生的场所与部位，并事先对重大事故后果进行预测（如：重大事故发生后可能出现的状态、人员伤亡情况、设备设施损坏情况、物料泄漏可能引发的火灾爆炸情况、有害物质扩散可能对企业及周边地区造成的危害程度等等），然后依据预测情况制定事故应急救援预案，组织、培训应急救援队伍，配备应急救援器材，以便在事故发生后，能及时按照预定方案进行救援；

3) 应急预案应根据预测危险源、危险目标可能发生事故的类别、危险程度而编制。同时也要充分考虑现有物质、人员及危险源的具体条件，能及时、有效

地统筹指导事故应急救援行动；

4) 企业应定期组织人员进行应急救援预案的培训和演练，评价演练效果，以评审应急救援预案的充分性、有效性和可操作性。应将应急救援预案报当地安全生产监督管理部门和有关部门备案并通报当地应急协作单位；

5) 事故应急救援预案应按《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》（GB/T29639-2020）的要求编制，应做到格式统一、内容全面完整、可操作性强，并以书面形式在当地安监部门备案。

2、应急救援组织及人员

应按实际需要组建义务消防队，配备必要的应急救援器材、设备。

3、应急防护器材及劳动防护用品配备

1) 有危险的场所或部位应设置相应的安全栏杆、网、罩、盖板等防护设施，并设置必要的安全色和安全标志及事故照明设施；

2) 为防止事故断电，该项目站房数显系统设有 UPS 不间断供电电源，容量为 5kVA。议控间、配电室、罩棚下配有应急灯具 4 处；

3) 应急防护器材应可靠有效、操作简单、启用方便；应布设在不易被破坏又随手可得的明显之处，应有明显标志并认真管理；主要应急器材应有一定的储备；

4) 在站内易发生事故的场所设置相应的事故应急照明设施，并设置必备的防尘口罩、防护手套、防冻手套，急救药品与器械等应急器具；

5) 配电室内应按要求配备绝缘手套、绝缘靴、绝缘杆等；

6) 企业应根据从业人员接触危害的种类和强度，按《劳动防护用品选用规则》、《个体防护装备选用规范》等国家标准的为从业人员配备符合国家标准或行业标准的劳动防护用品，并督促、检查从业人员按规定佩戴和使用。加强对劳动防护用品使用情况的检查监督，凡不按规定使用劳动防护用品者不得上岗作业；

7) 站区道路应设限速标志。

4、站内应配备防静电工作服、安全帽、防爆灯具、安全教育培训教室、医疗器械等设备、设施，并且定期检查防护用品的完好性。上岗前应按要求穿戴整

齐；

5、灭火器具的设置应根据其火灾危险性类别和面积高效的布置在装置区内及操作框架平台上，并设置消防柜加以保护；

6、在储气区、加气区等处设置消防报警器，以便发生事故时在第一时间进行报警，节省扑救时间、提高扑救效率；

7、现场应设置《紧急疏散示意图》；

8、消防力量应采取自身建立义务消防组织，根据制定的应急救援预案定期进行事故演练，以便应对初期火灾的扑救与抢险；对于较大的事故应与张掖市消防支队进行联防，每年自身建立的义务消防组织应与联防单位最少组织不少于2次的联合演习，提高紧急情况下的事故应急能力，将企业的意外损失减少到最低；

9、按紧急事故处理及救护人数配备送风隔离式或呼吸式防毒面具，并按紧急事故处理及救护人数的30%配备备用品。

7.12 安全管理方面的对策措施及建议

1、从业人员安全素质及安全管理

临泽县通达公路工程有限责任公司应针对企业的具体情况，设立专门的安全组织机构，公司必须设立专职的安全员，各班组设立专（兼）职安全员，企业主要管理人员、安全负责人及操作人员应进行安全培训和专业知识培训，做到持证上岗；特种作业人员应持有特种作业操作证；应建立安全管理制度、岗位责任制度及操作规程；

2、企业主要负责人、安全管理人员必须经过安全培训，考核合格取得安全管理资格证书。其他从业人员必须经过安全技术培训、考核合格取得操作证。新从业人员必须经过严格的三级安全教育和专业培训，并经考核合格后方可上岗；

3、站内涉及的电工、危险物品操作等特种作业人员应按国家有关规定经相关部门培训考核合格取得特种作业人员操作证书，不得无证上岗；

4、安全设施投入资金应专款专用；

5、应按国家的相关规定进行职业卫生评价，建立健全职工健康档案；

6、该项目投入使用前应配置齐全有关安全警示标志，如“进站须知”、“禁

止吸烟”、“禁带火种”、“禁打手机”、“顾客止步”、“火警电话 119”、“请熄火加气”、“谨慎倒车”等；

7、应选择具有相应资质的技术力量雄厚的设计、施工和监理以及检测单位，定期或不定期抽查对规范和标准的执行情况，确保工程质量符合要求；

8、危险区域各类人员均应了解危险物品的特性，掌握各类防护器材的使用以及自救、互救知识；

9、实行严格监督办法，上岗人员必须配戴劳动保护用品，并且严禁带易燃或可燃物品进入易燃区域；

10、该项目应配备防爆工具，在火灾爆炸危险区域检修作业时必须使用；

11、在施工安装前，完成站内的建筑（工程）设计消防审核工作，在施工安装后，进行站内的建筑工程竣工消防验收工作；

12、工程建成后要严格按照《固定式压力容器安全技术监察规程》（TSG 21-2016）的要求，做好压力容器的安全管理及技术档案的管理工作；

13、对工程中各类设备、仪器、仪表的定货应严把质量关，以防因质量问题引发安全事故；

14、凡容易发生事故危及生命安全的场所和设备、均设置危化品性能周知卡和安全警示标志，涂有安全色，以引起注意；阀门附近应标明输送介质的名称、流向等标志；站内的紧急通道和紧急出入口均设置明显的标志和指示箭头；

15、项目施工过程中，应协调好施工单位和该项目的工作，并制定相应的应急预案，防止因施工造成事故发生，确保安全施工；

16、建设施工完成后，应及时做好竣工验收及其资料的归档工作；

17、天然气管道焊缝外观应成型良好，宽度以每道盖过坡口 2mm 为宜，焊接接头不得有裂纹、未融合、夹渣、飞溅、咬肉存在。天然气管道焊接接头无损检测的等级评定，应执行国家现行标准《承压设备无损检测》（JB/T4730）规定，射线照透质量等级不低于 AB 级；

18、天然气管道系统完成后，应进行压力试验。管道系统的压力试验应以洁净水进行，试验压力应为设计压力的 1.5 倍。管道系统采用气压试验，试验时应有施工单位技术负责人批准的技术措施，试验压力应为设计压力的 1.15 倍，压

力试验的环境温度不得低于 5°C。压力试验过程中若有泄漏，不得带压处理。缺陷消除后重新试压；

19、站内设备及管道，凡经增压、输送、储存需显示压力的地方，均应设压力测试点，并应设供压力表拆卸时高压气体泄压孔。压力表量程范围应为 2 倍工作压力，压力表准确度不应低于 1.5 级；

20、对于高压设备应选择国家安检部门指定产品，严格按照规范的要求进行维护及操作。危险场所设置必要的安全警示标志，采取必要的劳动保护措施，保证安全运行；

21、建议配备日常巡检时用便携式可燃气体检测仪；

22、人员应配置不受暴露于 LNG 影响的防护工作服，并应置于设施已接近处；

23、设备的技术资料应齐全，有产品合格证，建立完整的设备管理档案。压力容器应按相关规定取得国家有关部门颁发的使用证，按规定定期检验，做好记录；安全附件应齐全、灵敏好用并定期校验；

24、项目建设过程中，建设单位、设计、勘察、工程监理、施工等各单位都应按照《建设工程安全生产管理条例》的要求履行安全职责，保证施工安全和工程质量；

25、公司在与施工单位签订施工合同时，应签定安全管理协议，明确各自的安全管理职责。施工安装阶段，应安排专人监督检查施工质量和施工安全，及时发现和纠正施工单位的不安全行为，确保施工安全。进行大型设备吊装等危险作业时，应当安排专门人员进行现场安全管理，确保操作规程的遵守和安全措施的落实；

26、施工现场，特别是临时用电设备、脚手架、出入通道口边沿存放处等，均应按《安全色》（GB2893-2008）、《安全标志及其使用导则》（GB2894-2008）的规定悬挂醒目的安全标志牌；施工现场的用电线路、用电设施的安装和使用应当符合临时用电规范和安全操作规程；进入施工现场必须配戴安全帽；

27、企业应选择有资质的施工单位、工程监理单位、工程质量监督单位、工程检测单位；

28、施工单位应加强风险管理和应急知识的培训，提高作业人员的风险意识和应急自救能力。进场作业前，务必使作业人员了解作业的危险因素、危害后果，掌握防范措施、自救和互救方法，防止在危害因素不明或防护措施不可靠的情况下冒险作业和盲目施救，造成事故发生及伤亡人数扩大；

29、该项目建设施工过程中应密切关注周边环境变化，严格执行动火或动土作业规程，禁止违章作业，保证前期工程安全；

30、从业人员为高危行业，必须进行安全技术培训，取得操作证书，做到持证上岗；

31、气化器、管道和管架及其它低温装置的设计和施工，应能防止这些设施和设备因土壤冻结或霜冻升沉而受到损坏，应采取相应措施，防止形成破坏力；

32、施工安全对策措施

1) 在液化天然气接收站施工期间应编制有施工安全计划，施工安全计划应包括识别施工期间的各种危险有害因素，评估相应的风险，制定预防、控制措施并有效实施；

2) 施工单位应为施工人员配备基本的个人防护设备，对于特殊作业应配备专门的特殊个人防护设备；

3) 施工期间应对场地平面布置进行科学的安全管理，保证各种施工作业协调有序地进行；

4) 对于大型吊装作业，应编制专门的吊装计划，作业时应将吊装区域隔离，并由有资格的人员来进行吊装作业；

5) 高处或临边作业应采取可靠的防坠落保护措施。配电系统和电气设备应装有漏电保护装置，并由专业人员进行安装和检查。

33、在装卸现场不应有点火源及非防爆电气设备；

34、管道系统安装完毕后，在试运行前，应进行吹扫、试压、干燥和惰性气体置换；

35、焊接压力管道的焊工，应按《特种设备焊接操作人员考核细则》进行考试，取得焊工合格证。焊工施焊的范围应与本人资格考试所取得的资格范围相一致，且应持证上岗；

36、无损检测人员应按《特种设备无损检测人员考核与监督管理规则》进行考核，取得相应的资格；

37、材料和设备的规格、型号、材质等应符合设计文件的要求；

38、材料和设备必须具有有效的质量证明文件，并应符合下列规定：

1) 材料质量证明文件的特性数据应符合相应产品标准的规定；

2) “压力容器产品质量证明书”应符合《固定式压力容器安全技术监察规程》的规定，且应有“锅炉压力容器产品安全性能监督检验证书”；

3) 气瓶应具有符合《气瓶安全监察规程》要求的“产品合格证和批量检验质量证明书”，且应有“锅炉压力容器产品安全性能监督检验证书”；

4) 压力容器应按规定进行检验与验收；

5) 其它设备应有符合相应标准要求的质量证明文件。

39、管道的安装应方便拆卸及清除污物和积沉的残液；

40、防静电系统、管线、设备法兰导线必须按规范要求，接线牢固；

41、若站内使用对讲机，对讲机须防爆。

7.13 重点监管的危险化学品安全监控措施

1、一般要求

天然气属于重点监管的危险化学品之一，在加气工艺过程中，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。

天然气在整个工艺过程中应密闭输送，严禁出现泄漏，一旦发生泄漏，应立即启动紧急切断系统，疏散人员撤离现场，泄漏场所应全面通风，且禁止火种、热源的出现。

在下一步设计、施工中，天然气容易出现泄漏的场所应设置可燃气体监测报警仪，若工艺设备、设施设置在房间内，应在房间内设置防爆型风机和设备，且风机应与可燃气体监测报警仪进行连锁。

在站内工作人员必须穿防静电工作服，必要时戴防护手套。在进入 LNG 罐区作业时，须有人监护。储罐、潜液泵、气化器等的进出口管道上应设置安全阀、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,尤其与储罐连接的 LNG 管道应设置可远程操作的紧急切断装置。LNG 储罐区及工艺设备区域应设置安全警示标志。

防雷接地、防静电接地、电气设备的工作接地、保护接地及信息系统的接地等,宜共用接地装置,其接地电阻应按其中接地电阻值要求最小的接地电阻值确定。

2、操作安全

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。在站场内,严禁明火和可能产生明火、火花的作业。在需要检修期间需动火时,必须办理动火审批手续。在加气作业前,应先检查车载气瓶是否经过检验合格,确定合格后再进行充装。

3、储存安全

周边环境与站内的设备、设施的安全距离及站场内各设备、设施之间的距离符合《汽车加油加气加氢站技术标准》(GB50156-2021)的要求;且灭火器的配置符合相关规范要求;建构筑物的防雷,应按《建筑物防雷设计规范》(GB50057-2010)的规定设置防雷设施,并定期进行检查和检测。

4、运输安全

1) 运输 LNG 的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) 槽车要有导静电拖线;槽车上要备有 2 具以上干粉或二氧化碳灭火器和防爆工具。

5、泄漏应急处置

消除所有点火源。根据天然气的影响区域划定警戒区,无关人员从侧风、上风向撤离至安全区。应急处理人员戴正压自给式空气呼吸器,穿防静电服。作业时使用的所有设备应接地。禁止接触或跨越泄漏物。尽可能切断泄漏源。若可能翻转容器,使之逸出气体而非液体。喷雾状水抑制蒸气或改变蒸气云流向,避免水流接触泄漏物。禁止用水直接冲击泄漏物或泄漏源。防止气体通过下水道、通风系统和密闭性空间扩散。隔离泄漏区直至气体散尽。作为一项紧急预防措施,

泄漏隔离距离至少为 100m。如果为大量泄漏，下风向的初始疏散距离应至少为 800m。

7.14 其他

1、可燃气体泄漏的原因主要存在以下几个方面：

1) 人的不安全因素：人员未经培训合格即操作加气设备和工艺设备，人员疏忽大意等引起误操作仪器设备等；

2) 设备的不安全因素：选用的设备非正规厂家生产，没有合格证，未设置可燃气体检测报警器，或可燃气体检测报警器以及其他设备等未进行日常的检维修从而发生故障，未被工作人员及时发现等；

3) 环境的影响：夏天气温太高，导致储罐等设备内的物料升温，设备的压力升高，从而导致可燃气体泄漏，冬天温度过低，导致人员不能有效的操作仪表等。

因此，鉴于以上可燃气体发生泄漏的原因，应该从人、机、环境三方面提出安全防护措施，即人员应经过培训合格后方能上岗，且应有充足的休息，应有责任心，对仪器设备应进行检维修，冬天在室外操作设备仪表时应穿戴防护用品，夏天应对工艺区加强巡检，储罐内物料不能装的太多等，在可能泄漏可燃气体的地方应安装可燃气体在线监测报警器，并应保证其有效投入使用。

2、防雷防静电

1) 电气接地应符合下列规定：

(1) 防雷接地、防静电接地、电气设备的工作接地、保护接地及信息系统的接地等，宜共用接地装置，其接地电阻应按其中接地电阻值要求最小的接地电阻值确定；

(2) 放散管在接入全站共用接地装置后，可不单独做防雷接地；

2) 当站内的站房和罩棚等建筑物需要防直击雷时，应采用避雷带（网）保护。当罩棚采用金属屋面时，其顶面单层金属板厚度大于 0.5mm、搭接长度大于 100mm，且下面无易燃的吊顶材料时，可不采用避雷带（网）保护；

3) 信息系统应采用铠装电缆或导线穿钢管配线。配线电缆金属外皮两端、保护钢管两端均应接地；

4) 信息系统的配电线路首、末端与电子器件连接时，应装设与电子器件耐压水平相适应的过电压（电涌）保护器；

5) 地上或管沟敷设的 LNG 管道，应设防静电和防感应雷的共用接地装置，其接地电阻不应大于 30Ω ；

6) 防静电接地装置的接地电阻不应大于 100Ω 。

3、配电室

1) 配电室屋顶承重构件的耐火等级不应低于二级，其他部分不应低于三级。当配电室与其他场所毗邻时，门的耐火等级应按两者中耐火等级高的确定；

2) 配电室长度超过 7m 时，应设两个出口，并宜布置在配电室的两端。当配电室为楼上楼下两部分布置时，楼上部分的出口应至少有一个通向该层走廊或室外的安全出口。配电室的门均应向外开启，但通向高压配电室的门应为双向开启门；

3) 配电室的门、窗关闭应密合；与室外相通的洞、通风孔应设防止鼠、蛇类等小动物进入网罩，其防护等级不宜低于现行国家标准《外壳防护等级（IP 代码）》（GB/T4208）规定的 IP3X 级。

4.施工安全对策措施

1) 在施工期间应编制有施工安全计划，施工安全计划应包括识别施工期间的各种危险有害因素，评估相应的风险，制定预防、控制措施并有效实施；

2) 施工单位应为施工人员配备基本的个人保护设备，对于特殊作业应配备专门的特殊个人保护设备；

3) 施工期间应对场地平面布置进行科学的安全管理，保证各种施工作业协调有序地进行；

4) 对于大型吊装作业，应编制专门的吊装计划，作业时应将吊装区域隔离，并由有资格的人员来进行吊装作业；

5) 高处或临边作业应采取可靠的防坠落保护措施。配电系统和电气设备应装有漏电保护装置，并由专业人员进行安装和检查。

6) 项目施工过程中，应协调好施工单位和加气站的工作，并制定相应的应急预案，施工场地应进行区域隔离，防止因施工造成事故发生。施工安装阶段，

应安排专人监督检查施工质量和施工安全，及时发现和纠正施工单位的不安全行为，确保安全施工。

7) 气化器、管道和管架及其它低温装置的施工，为防止这些设施和设备因土壤冻结或霜冻升沉而受到损坏，建设时应考虑其低温特性，应采用钢筋混凝土的基础设计进行施工。

5、控制系统安全对策措施

1) 可燃气体检测器一级报警值设定值应小于或等于可燃气体爆炸下限的25%。

2) LNG 储罐应设置液位上限、下限报警装置和压力上限报警装置。

3) 报警器应设置在控制室或值班室内。

4) 汽车加油加气加氢站应设置紧急切断系统，该系统应能在事故状态下实现紧急停车和关闭紧急切断阀的保护功能。

5) 紧急切断系统应至少在下列位置设置紧急切断开关：

(1) 在汽车加油加气加氢站现场工作人员容易接近且较为安全的位置；

(2) 在控制室、值班室内或站房收银台等有人员值守的位置

6) 工艺设备的电源和工艺管道上的紧急切断阀应能由手动启动的远程控制切断系统操纵关闭。

7) 紧急切断系统应只能手动复位。

8 结论

8.1 评价结果综述

1、该项目存在的主要危险有害物质是液化天然气和氮气；存在的危险、有害因素有火灾爆炸、低温冻伤、容器爆炸、窒息、触电、坍塌、高处坠落、物体打击、车辆伤害、噪声危害及其他伤害等，应重点防范的危险有害因素是火灾、爆炸、低温冻伤及窒息；

2、依据《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218-2018），辨识结果为该加气站未构成危险化学品重大危险源；

3、运用安全检查表对该项目的外部安全条件和总平面布置进行 18 项检查，18 项均符合规范要求；

4、工艺装置单元评价结论：

预先危险性分析法评价结论：

1) 通过对 LNG 槽车卸液预先危险性分析可知：LNG 槽车卸液时的火灾爆炸危险因素的等级为Ⅲ级，危险的，其他危险和有害因素等级均为Ⅱ级，临界的；

2) 通过对 LNG 储罐预先危险性分析可知：LNG 储罐是重点危险源，储罐和管线发生泄漏的危险等级为Ⅱ~Ⅲ级，临界的、危险的，这是由于储罐及管线发生泄漏是构成火灾爆炸的前提条件；

3) 危险度评价法评价结论：由危险度评价可知，LNG 储罐、气化器、危险度属高度危险，危险等级为Ⅰ级。LNG 泵、LNG 加气机属中度危险，危险等级为Ⅱ级。

火灾、爆炸危险指数法评价结论：经火灾、爆炸危险指数评价，得出该项目 LNG 储罐在爆炸后，其影响半径为 43.008m，影响面积为 5808m²，在该范围内财产损失为 682.4 万元。在采取相应安全措施后，实际最大财产损失可降低为 497.585 万元。

5、事故树分析法评价结论：

1) 通过对 LNG 储罐火灾爆炸事故树分析可知：火灾爆炸事故共有 32 个基

本事件，最小割集有 264 个，最小径集有 9 个。由基本事件的结构重要度可知，达到爆炸极限是导致火灾爆炸事故的最重要的事件，其次是存在空气，再次是引起泄漏的基本事件，最后才是引起火源的各基本事件；

2) 通过对 LNG 加气机火灾爆炸事故树分析可知：火灾爆炸事故共有 21 个基本事件，最小径集有 10 个。由基本事件的结构重要度可知，达到爆炸极限是导致火灾爆炸事故的最重要的事件，其次是加气操作方式不当、管线和阀门泄漏、加气机泄漏的基本事件，最后是引起火源的各基本事件。

6、该站（加气部分）的工艺在国内已普及，工艺技术成熟可靠，装置、设备、设施也安全可靠，未使用国家明令淘汰、禁止使用的工艺、设备；

7、针对项目的实际情况，依据国家现行法律、法规、规范和标准的要求，对项目的选址，拟选择的主要技术、工艺或方式以及装置、设备、设施，拟为危险化学品生产或者储存过程服务的配套工程和辅助工程，建设项目中主要装置、设备、设施的布局，事故应急救援措施和器材、设备、安全管理等方面提出了相应的安全对策措施及建议。

8.2 评价结论

临泽县通达公路工程有限责任公司临泽县张掖丹霞公路港物流园加油加气站项目（加气部分）选址及周边环境符合要求，选用的工艺技术成熟、可靠，从安全生产角度符合相关法律、法规、技术标准和规范的要求。

建设单位在以后的安全设施设计过程中，应按照国家有关规定请有相应资质的设计单位按照国家有关法规、标准、规范对项目的总图布置、工艺装置及安全设施进行设计，并按照本评价报告提出的措施和要求完善安全技术措施和设施，保证项目符合安全要求。

建设单位在今后的施工、运行过程中应将本报告中提出的各项安全措施落实到位，加强安全管理，严格执行各项安全管理规章制度及安全操作规程，则该项目能够达到安全生产的条件，项目建成后能够做到安全运行。

9 附录

9.1 附件

- 1) 委托书；
- 2) 建设单位营业执照；
- 3) 备案文件；
- 4) 建设用地许可证；
- 5) 地勘报告；
- 6) 初步设计单位资质；
- 7) 专家组意见和修改说明。

9.2 附图

- 1) 周边关系图；
- 2) 总平面布置图；
- 3) 工艺流程图；
- 4) 爆炸危险区域划分图；
- 5) 静电接地图；
- 6) 可燃气体探测布置图；
- 7) 消防器材平面布置图；
- 8) 监控平面图。