



报告编号：皖 WH20260600079

霍邱县双福氧气销售有限责任公司
危险化学品经营
安全现状评价报告

安徽本质安全工程咨询有限公司

资质证书编号：APJ—（皖）—004

二〇二六年六月

报告编号：皖WH20260600079

霍邱县双福氧气销售有限责任公司

危险化学品经营

安全现状评价报告

法定代表人：章亦军

技术负责人：胡友建

项目负责人：杨健

二〇二六年六月

前 言

霍邱县双福氧气销售有限责任公司成立于 2010 年 01 月 11 日，注册地址为安徽省六安市霍邱县冯井镇中军村，公司法定代表人屠强，经营范围包括：氧气、二氧化碳、氩气、液氩、液氧、氮气（无仓储）、乙炔（无仓储）、丙烷（无仓储）等。

霍邱县双福氧气销售有限责任公司于 2023 年 07 月 02 日取得了霍邱县应急管理局核发的《危险化学品经营许可证》（登记编号：霍应急危经字（2023）002），有效期至 2026 年 07 月 01 日。

鉴于该公司的《危险化学品经营许可证》即将到期，为了进一步完善安全生产经营条件，换领《危险化学品经营许可证》，霍邱县双福氧气销售有限责任公司特委托安徽本质安全工程咨询有限公司对其进行安全现状评价。

合同签订后，我公司立即组织各专业人员成立了项目组，通过调研和对生产现场进行实地勘查，多次与企业进行交流，收集相关资料，对存在的安全问题提出针对性的整改意见，指导企业进行整改，并在此基础上编制完成了《霍邱县双福氧气销售有限责任公司危险化学品经营安全现状评价报告》（以下简称“本报告”）。

本报告严格遵照《安全评价通则》（AQ 8001-2007）、《危险化学品经营单位安全评价导则（试行）》的相关规定进行编制，并根据《危险化学品安全管理条例》《危险化学品经营许可证管理办法》等相关规定，对霍邱县双福氧气销售有限责任公司危险化学品经营现场进行了安全评价。

本报告通过对霍邱县双福氧气销售有限责任公司存在的危险有害因素、危险有害程度分析，检查与 2023 年度《危险化学品经营许可证》换证时的安全条件相比，是否降低了安全生产条件；核定充装能力、主要工艺设备、内外部安全间距、建构筑物、公用辅助工程有无变化；安全设施的完好性情况是否符合要求；安全生产责任制、安全管理制度、安全操作规程等安全管理措施是否落实到位等，督促企业对存在的安全隐患完成整改，确保霍邱县双福氧气销售有限责任公司工业气体充装装置能安全、稳定运行。

为了进一步提高霍邱县双福氧气销售有限责任公司安全生产条件和安全管理水平，评价组参照有关法律法规、技术标准的要求，从安全设施的更新与改进、安全条件和安全生产条件的完善与维护、主要装置和特种设备的维护与保养、安全生产投入等方面提出了建议，为企业后期发展、提高安全生产水平提供参考。

报告编制过程中，项目评价组得到了六安市应急管理局、霍邱县应急管理局的指导，霍邱县双福氧气销售有限责任公司对评价工作给予了积极的配合，为报告的完成提供了有力保证，对此表示诚挚的谢意。

目 录

第一章	前期准备	1
1.1	评价目的	1
1.2	评价依据	1
1.3	安全评价对象和范围	5
1.4	安全评价工作经过和程序	6
第二章	被评价单位情况概述	7
2.1	被评价单位基本情况	7
2.2	申请危险化学品种	7
2.3	生产工艺	7
2.4	主要设备和特种设备	7
2.5	公辅工程	7
2.6	主要建、构筑物情况	7
2.7	地理位置和周边情况	7
2.8	自然环境概况	7
第三章	危险、有害因素辨识	9
3.1	危险、有害化学品辨识	9
3.2	生产过程危险性分析	15
3.3	主要危险、有害因素所在场所、部位	31
3.4	定性、定量分析固有危险程度	32
3.5	预测事故的可能性和严重程度	37
3.6	重大危险源辨识过程	39
3.7	事故案例分析	41
第四章	评价方法及单元划分	48
4.1	单元划分及理由说明	48
4.2	评价方法的选用	48
4.3	选用的安全评价方法简介	49
第五章	定性、定量评价	51
5.1	企业外部安全条件	51
5.2	企业内部安全条件	51
5.3	生产设备、设施、装置运行状况	52
5.4	安全设施完好有效情况	59
5.5	安全管理单元检查	60
第六章	对策措施与建议	62
6.1	存在的问题及整改建议	62
6.2	事故隐患整改完成情况	62
第七章	安全评价结论	62
7.1	安全条件评价结论	62
7.2	进一步提高安全生产条件的建议	64
第八章	附件	66

第一章 前期准备

1.1 评价目的

1.为贯彻“安全第一，预防为主，综合治理”的安全生产方针，确保建设项目运行中在安全生产方面符合国家的有关法律法规、标准和规定。

2.为安全生产提供技术支持，以保证建设项目在运营中能够安全运行；保障作业人员在生产过程中的安全。

3.通过检查建设项目安全设施的状况（完备性和运行有效性）来验证系统安全，得出建设项目安全设施是否满足安全生产条件的结论。为企业强化危险化学品的安全管理，为应急管理部门实行安全监管提供参考。

1.2 评价依据

1.2.1 法律法规

1)《中华人民共和国安全生产法（修订）》（中华人民共和国主席令第88号，2021年9月1日起施行）；

2)《中华人民共和国气象法》中华人民共和国主席令第14号，2009年8月27日第十一届全国人民代表大会常务委员会《关于修改部分法律的决定》第一次修正，2014年8月31日第十二届全国人民代表大会常务委员会《关于修改〈中华人民共和国保险法〉等五部法律的决定》第二次修正，2016年11月7日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十四次会议《关于修改〈中华人民共和国对外贸易法〉等十二部法律的决定》第三次修正；

3)《中华人民共和国消防法》中华人民共和国主席令第6号，2008年10月28日第十一届全国人民代表大会常务委员会第五次会议修订，2019年4月23日第十三届全国人民代表大会常务委员会第十次会议《关于修改〈中华人民共和国建筑法〉等八部法律的决定》修正；2021年4月29日第十三届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议修改《中华人民共和国道路交通安全法》等八部法律；

- 4)《中华人民共和国危险化学品安全法》（国家主席令〔2025〕64号）；
- 5)《中华人民共和国特种设备安全法》（中华人民共和国主席令〔2013〕4号，2014年1月1日起施行）；
- 6)《危险化学品安全管理条例》国务院令第591号，2011年12月1日起施行，2013年12月4日由《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国务院令第645号修改）；
- 7)《特种设备安全监察条例》（国务院令第549号，2009年5月1日起施行）；
- 8)《国家安全监管总局关于印发〈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）〉的通知》（原安监总管三〔2017〕121号）；
- 9)《关于印发〈安全生产责任保险实施办法〉的通知》（应急〔2025〕27号）；
- 10)《危险化学品经营许可证管理办法》（2012年7月17日原国家安全监管总局令第55号公布，根据2015年5月27日原国家安全监管总局令第79号修正）；
- 11)《生产经营单位安全培训规定》（原国家安全生产监督管理总局令第3号，2006年3月1日起施行，2013年经原国家安全生产监督管理总局令第63号修改，2013年8月29日起施行，2015年5月29日由《国家安全监管总局关于废止和修改劳动防护用品和安全培训等领域十部规章的决定》（原安监总局第80号令）第二次修订）；
- 12)《生产安全事故应急预案管理办法》（原国家安监总令第88号，自2016年7月1日起施行，根据2019年7月11日应急管理部令第2号修订）；
- 13)《危险化学品目录（2015版）实施指南（试行）》（应急厅函〔2022〕300号）；
- 14)《特别管控危险化学品目录（第一版）》（应急管理部、工业和信息化部、公安部、交通运输部公告2020年第3号）；
- 15)《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》（原安监总管三〔2011〕95号）；

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

17)《国家安全监管总局关于公布第二批重点监管的危险化学品名录的通知》（原安监总管三〔2013〕12号）；

18)《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》（原安监总管三〔2009〕116号）；

19)《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》（原安监总管三〔2013〕3号）；

20)《关于印发〈企业安全生产费用提取和使用管理办法〉的通知》（财资〔2022〕136号）；

21)《关于公布〈安全阀安全技术监察规程〉（TSG ZF001-2006）第1号修改单的公告》（中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局公告，2009年第43号）

22)《安徽省安全生产条例》（2006年12月22日安徽省第十届人民代表大会常务委员会第二十七次会议通过；2017年9月29日安徽省第十二届人民代表大会常务委员会第四十次会议第一次修订；2024年5月31日安徽省第十四届人民代表大会常务委员会第九次会议第二次修订）；

23)《关于印发〈安徽省有限空间作业安全管理与监督暂行规定〉的通知》（皖安办〔2020〕75号）；

1.2.2 标准、规范

表 1-1 标准、规范一览表

序号	名称	文号
1	《建筑设计防火规范》	（GB50016-2014）（2018年版）
2	《消防设施通用规范》	GB55036-2022
3	《民用建筑通用规范》	GB55031-2022
4	《氧气站设计规范》	GB50030-2013
5	《深度冷冻法生产氧气及相关气体安全技术规程》	GB16912-2008

序号	名称	文号
6	《危险化学品仓库储存通则》	GB15603-2022
7	《气瓶安全技术规范》	TSG23-2021
8	《气瓶安全使用技术规定》	TCCGA 20006-2021
9	《气瓶搬运、装卸、储存和使用安全规定》	GB/T34525-2017
10	《液化气体气瓶充装规定 第1部分：工业气瓶》	GB/T 14193.1-2025
11	《气瓶颜色标志》	GB/T7144-2016
12	《瓶装气体分类》	GB/T16163-2012
13	《危险化学品企业特殊作业安全规范》	GB30871-2022
14	《爆炸危险环境电力装置设计规范》	GB50058-2014
15	《爆炸性环境第一部分：设备通用要求》	GB3836.1-2021
16	《危险场所电气防爆安全规范》	AQ 3009-2007
17	《气体汇流排安全技术条件》	TCCGA 20003-2021
18	《低温液体贮运设备使用安全规则》	JB/T6898-2015
19	《生产过程安全卫生要求总则》	GB/T12801-2008
20	《生产过程危险和有害因素分类与代码》	GB/T13861-2022
21	《生产设备安全卫生设计总则》	GB5083-2023
22	《工业企业总平面设计规范》	GB50187-2012
23	《中国地震动参数区划图》	GB18306-2015
24	《建筑物防雷电防护装置检测技术规范》	GB/T21431-2023
25	《供配电系统设计规范》	GB50052-2009
26	《低压配电设计规范》	GB50054-2011
27	《交流电气装置的接地设计规范》	GB/T50065-2011
28	《建筑灭火器配置设计规范》	GB50140-2005
29	《建筑灭火器配置验收及检查规范》	GB50444-2008
30	《消防安全标志设置要求》	GB15630-1995
31	《工业建筑采暖通风与空气调节设计规范》	GB50019-2015
32	《危险货物品名表》	GB12268-2025
33	《工业企业厂内铁路、道路运输安全规程》	GB4387-2008
34	《企业职工伤亡事故分类》	GB6441-86
35	《用电安全导则》	GB/T13869-2017
36	《防止静电事故通用要求》	GB12158-2024
37	《危险化学品重大危险源辨识》	GB18218-2018
38	《安全色和安全标志》	GB2894-2025

序号	名称	文号
39	《个体防护装备配备规范 第1部分：总则》	GB39800.1-2020
40	《个体防护装备配备规范 第2部分：石油、化工、天然气》	GB39800.2-2020
41	《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》	GB/T29639-2020
42	《危险货物分类和品名编号》	GB6944-2025
43	《消防安全标志 第1部分：标志》	GB13495.1-2015
44	《道路运输危险货物车辆标志》	GB13392-2023
45	《固定式钢梯及平台安全要求第1部分：钢直梯》	GB4053.1-2009
46	《固定式钢梯及平台安全要求第2部分：钢斜梯》	GB4053.2-2009
47	《固定式钢梯及平台安全要求第3部分：工业防护栏杆及钢平台》	GB4053.3-2009
48	《特种设备使用管理规则》	TSG 08-2017
49	《特种设备重大事故隐患判定准则》	GB45067-2024
50	《固定式压力容器安全技术监察规程》	TSG 21-2016
51	《固定式压力容器安全技术监察规程》	TSG 21-2016/XG1-2020
52	《安全阀安全技术监察规程》	TSG ZF001-2006
53	《工业管道安全技术规程》	TSG 31-2025
54	《通用用电设备配电设计规范》	GB50055-2011
55	《电力安全工作规程 电力线路部分》	GB26859-2011
56	《20kV 及以下变电所设计规范》	GB50053-2013
57	《安全评价通则》	AQ8001-2007
58	《惰性气体或缺氧场所的危险》	T/CCGA 90002-2020
59	《氧气或富氧气氛火灾危险》	T/CCGA 90001-2020

1.2.3 相关批复、文件

- 1) 安全评价委托书；
- 2) 营业执照、合同、现场勘查记录、企业提供的其他资料等。

1.3 安全评价对象和范围

评价对象：霍邱县双福氧气销售有限责任公司危险化学品经营安全现状。

评价范围为该公司的选址、总平面布置、主要设备设施、公用辅助设施、安全管理。

原辅材料和产品的外部运输、职业危害（职业病防治等事宜）、环评均

不在本次评价范围。

1.4 安全评价工作经过和程序

1.4.1 安全评价工作经过

我公司成立了项目评价组，在确定评价对象和范围后，认真收集、整理评价所需各种资料和数据，将评价过程中遇到的问题及时反馈给霍邱县双福氧气销售有限责任公司有关人员，与该公司管理人员和技术人员进行交流，交换意见，在霍邱县双福氧气销售有限责任公司工作人员大力支持和配合下，完成安全现状评价报告编制工作。

1.4.2 安全评价工作程序

本次安全现状评价工作程序如下图所示。

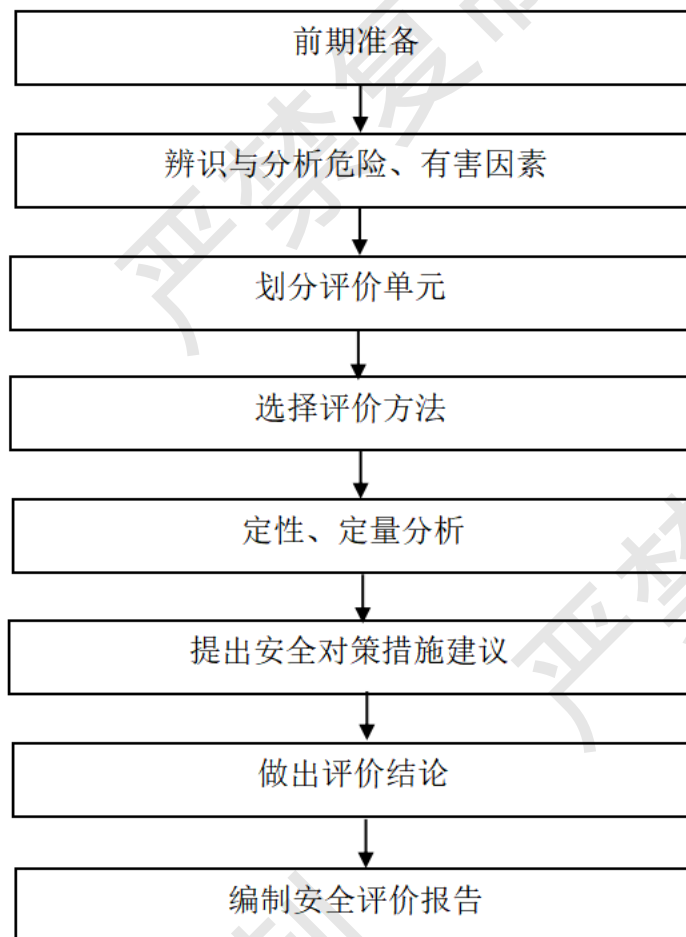


图 1-1 安全现状评价工作程序

第二章 被评价单位情况概述

2.1 被评价单位基本情况

霍邱县双福氧气销售有限责任公司成立于 2010 年 01 月 11 日，注册地址为安徽省六安市霍邱县冯井镇中军村，公司法定代表人屠强企业基本情况见表 2-1。

2.2 经营的危险化学品种类

对照上轮 2023 年取证时的情况，该公司经营的危险化学品的品种、储存能力均未发生变化。

2.3 生产工艺

对照上次换证时的充装经营流程，在充装经营流程方面未发生变化。

2.4 主要设备和特种设备

主要设备见下表：

2.5 公辅工程

2.6 主要建、构筑物

2.7 地理位置和周边情况

该公司的区域位置和周围情况见下图。

2.8 自然环境概况

该公司位于霍邱县冯井镇。冯井镇地处霍邱县西北部，东与范桥乡接壤，东南与高塘镇为邻，南连经济开发区，西邻临水镇，西南与河南省固始县毗邻，北接周集镇，距霍邱县城 34 千米，区域总面积 99.56 平方千米。

冯井镇境内大部分为丘陵地形。十里长白山绵延境内西部，属大别山系，另有大小山头十余座。

冯井镇属于亚热带季风气候，其特点是四季温和，雨量适中，光照充足，雨热同季，无霜期长。

冯井镇主要河流沔西干渠穿境而过。

冯井镇主要自然灾害为旱灾、涝灾、冰雹、霜冻等。

根据《中国地震动参数区域图》GB 18306-2015，该公司所在地冯井镇的峰值加速度为 0.05g，反应谱特征周期为 0.35s，地震烈度为VI度。

第三章 危险、有害因素辨识

3.1 危险、有害化学品辨识

该公司主要从事工业气体批发、零售经营相关业务。在经营过程中涉及有氧气（液态、气态）、氩气（液态、气态）、氮气（气态）、二氧化碳、乙炔、丙烷。

1.根据《危险化学品目录》（2022 调整版、2026 年调整），液氧和氧气（CAS 号：7782-44-7）、液氩和氩气（CAS 号：7440-37-1）、二氧化碳（CAS 号：124-38-9）、氮气（CAS 号：7727-37-9）、乙炔（CAS 号：74-86-2）、丙烷（CAS 号：74-98-6）属于目录中所列的危险化学品，但均不属于剧毒化学品。

2.根据原卫生部关于印发《高毒物品目录》的通知（卫法监发〔2003〕142 号），该公司不涉及高毒物品。

3.根据《易制毒化学品管理条例》和相关文件规定，该公司经营的化学品不涉及易制毒化学品。

4.根据《易制爆危险化学品名录》（2017 年版）辨识，该公司经营的化学品不涉及易制爆化学品。

5. 根据《各类监控化学品名录》（工业和信息化部令第 52 号）辨识，该公司经营的化学品不涉及监控化学品。

6.根据《特别管控危险化学品目录（第一版）》（应急管理部、工业和信息化部、公安部、交通运输部公告〔2020〕3 号）辨识，该公司经营的化学品不涉及特别管控危险化学品。

7.根据《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）以及《国家安全监管总局关于公布第二批重点监管的危险化学品名录的通知》（安监总管三〔2013〕12 号）辨识，该公司经营的乙炔是首批重点监管危险化学品。

8.根据《危险化学品目录（2015 版）实施指南（试行）》（应急厅函〔2022〕

300 号修改，2026 年修改）的相关规定，该公司经营的危险化学品危险性类别及危险特性见下表 3-1。

表 3-1 危险化学品的危险性类别及危险特性一览表

序号	品名	CAS 号	危险性类别	危险化学品分类	爆炸极限 (%)	主要危险	火灾危险性类别
1	氧	7782-44-7	氧化性气体，类别 1 加压气体	第 2.2 类 不燃气体	无意义	助燃性，氧化性	乙类
2	氩	7440-37-1	加压气体	第 2.2 类 不燃气体	无意义	窒息性	戊类
3	氮	7727-37-9	加压气体	第 2.2 类 不燃气体	无意义	窒息性	戊类
4	二氧化碳	124-38-9	加压气体 特异性靶器官毒性— 一次接触，类别 3（麻醉效应）	第 2.2 类 不燃气体	无意义	窒息性	戊类
5	乙炔	74-86-2	易燃气体，类别 1 化学不稳定性气体，类别 A 加压气体	第 2.1 类 易燃气体	2.1~80	易燃、易爆	甲类
6	丙烷	74-98-6	易燃气体，类别 1 加压气体	第 2.1 类 易燃气体	2.1~9.5	易燃、易爆	甲类
资料来源如下： 1.《建筑设计防火规范》GB 50016-2014（2018 年版） 2.《危险化学品安全技术全书》（化学工业出版社，第 2 版） 3.《危险化学品目录》（应急管理部等十部委公告（2022 年）第 8 号调整，2026 年调整） 4.《危险化学品目录（2015 版）实施指南（试行）》（安监总厅管三〔2015〕80 号，应急厅函〔2022〕300 号修改，2026 年修改） 5.《关于公布首批重点监管的危险化学品名录的通知》（原安监总管三〔2011〕95 号）和《国家安全监管总局关于公布第二批重点监管的危险化学品名录的通知》（安监总管三〔2013〕12 号） 6.《易制毒化学品管理条例》（国务院令 第 445 号）							

3.1.1 物料危险性识别

该公司涉及的危险化学品的理化性质见下表：

表 3-2 氧

标识	中文名：氧（压缩的或液化的）		英文名：oxygen, compressed or liquefied	
	分子式：O ₂	分子量：32		UN 编号：1072
	序号：2528	RTECS: RS2060000		CAS 号：7782-44-7
	危险类别：氧化性气体，类别 1；加压气体			
理化	性状：无色无臭气体			

性质	熔点 (°C) : -218.8	溶解性: 溶于水、乙醇
	沸点 (°C) : -183.1	燃烧热 (kJ/mol) :
	饱和蒸气压 (kPa) : 506.62 / -164°C	
	临界温度 (°C) : -118.4	相对密度 (水=1) : 1.14 / -183°C
	临界压力 (MPa) : 5.08	相对密度 (空气=1) : 1.43
燃烧爆炸危险性	燃烧性: 助燃	燃烧分解产物:
	闪点 (°C) : 无意义	聚合危害: 不能出现
	爆炸极限 (V%) : 无意义	稳定性: 稳定
	自燃温度 (°C) : 无意义	禁忌物: 易燃或可燃物、活性金属粉末、乙炔
	危险特性: 是易燃物、可燃物燃烧爆炸的基本元素之一, 能氧化大多数活性物质。与易燃物 (乙炔、甲烷等) 形成有爆炸性的混合物	
	爆炸性气体的分类、分级、分组:	
	灭火剂: 本品不燃, 根据着火原因选择适当灭火剂灭火。 特别危险性: 是易燃物、可燃物燃烧爆炸的基本元素之一, 能氧化大多数活性物质。与易燃物 (如乙炔、甲烷等) 形成有爆炸性的混合物。 灭火注意事项及防护措施: 切断气源。喷水冷却容器, 尽可能将容器从火场移至空旷处	
毒理学信息	急性毒性: TCLo:100pph (100%) (人吸入, 14h); TCLo:80pph (大鼠吸入) 皮肤刺激或腐蚀 无资料 眼睛刺激或腐蚀 无资料 呼吸或皮肤过敏 无资料 生殖细胞突变性 无资料 致癌性 无资料 生殖毒性 无资料 特异性靶器官系统毒性—一次接触 无资料 特异性靶器官系统毒性—反复接触 常压下, 在80%氧中, 生活4d, 大鼠开始陆续死亡; 兔的视细胞全部损毁; 在纯氧中, 兔48h视细胞全部损毁; 狗60h有死亡; 猴3d出现呼吸困难, 6~9d死亡 吸入危害 无资料	
对人体危害	常压下, 当氧的浓度超过 40%时, 有可能发生氧中毒, 吸入 40%~60%的氧时, 出现胸骨后不适感、轻咳, 进而胸闷、胸骨后烧灼感和呼吸困难, 咳嗽加剧; 严重时可发生肺水肿、窒息。吸入的氧浓度在 80%以上时, 出现面部肌肉抽动、面色苍白、眩晕、心动过速、虚脱, 继而全身强直性抽搐、昏迷、呼吸衰竭而死亡	
急救	吸入: 迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。呼吸停止时, 立即进行人工呼吸。就医	
防护	工程控制: 密闭操作。提供良好的自然通风条件。呼吸系统防护: 一般不需特殊防护。眼睛防护: 一般不需特殊防护。身体防护: 穿工作服。手防护: 必要时戴防护手套。其他防护: 避免高浓度吸入	
泄漏应急处理	作业人员防护措施、防护装备和应急处置程序 消除所有点火源。根据气体扩散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。建议应急处理人员戴正压自给式呼吸器, 穿一般作业工作服。勿使泄漏物与可燃物质 (如木材、纸、油等) 接触。尽可能切断泄漏源。喷雾状水抑制蒸气或改变蒸气云流向。 环境保护措施: 泄漏气允许排入大气中 泄漏化学品的收容、清除方法及所使用的处置材料 隔离泄漏区直至气体散尽。	
操作与储运	操作注意事项: 密闭操作, 提供良好的自然通风条件。操作人员必须经过专门培训, 严格遵守操作规程。远离火种、热源。工作场所严禁吸烟。远离易燃、可燃物。防止气体泄漏到工作场所空气中。避免与活性金属粉末接触。搬运时轻装轻卸, 防止钢瓶及附件破损。配备相应品种和数量的消防器材及泄漏应急处理设备。 储存注意事项: 储存于阴凉、通风的不燃气体专用库房。远离火种、热源。库温不宜超过 30°C。应与易 (可) 燃物、活性金属粉末等分开存放, 切忌混储。储区应备有泄漏处理设备。	

表 3-3 氩

标识	中文名：氩（压缩的或液化的）		英文名：argon， compressed or liquefied	
	分子式：Ar	分子量：39.95		UN 编号：1006
	序号：2505	RTECS: CF2300000		CAS 号：7440-37-1
	危险类别：加压气体			
理化性质	性状：无色无臭的惰性气体			
	熔点（℃）：-189.2		溶解性：微溶于水	
	沸点（℃）：-185.7		相对密度（水=1）：1.40（-186℃）	
	饱和蒸气压（kPa）：202.64（-179℃）		相对密度（空气=1）：1.38	
	临界温度（℃）：-122.3		燃烧热（kJ/mol）：无意义	
	临界压力（MPa）：4.86		最小引燃能量（mJ）：无意义	
燃烧爆炸危险性	燃烧性：不燃		燃烧分解产物：无意义	
	闪点（℃）：无意义		聚合危害：不聚合	
	爆炸极限（V%）：无意义		稳定性：稳定	
	自燃温度（℃）：无意义		禁忌物：无资料	
	危险特性：惰性气体，有窒息性，在密闭空间内可将人窒息死亡。若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险			
	灭火剂 本品不燃。根据着火原因选择适当灭火剂灭火 特别危险性 若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险 灭火注意事项及防护措施：消防人员须佩戴防毒面具，穿全身消防服，在上风向灭火。切断气源，喷水冷却容器，尽可能将容器从火场移至空旷处。			
毒理学信息	急性毒性：无资料；皮肤刺激或腐蚀：无资料 眼睛刺激或腐蚀：无资料；呼吸或皮肤过敏：无资料 生殖细胞突变性：无资料；致癌性：无资料 生殖毒性：无资料 特异性靶器官系统毒性—一次接触：无资料 特异性靶器官系统毒性—反复接触：无资料 吸入危害：无资料。			
对人体危害	侵入途径：吸入。健康危害：普通大气压下无毒。高浓度时，使氧分压降低而发生窒息。氩浓度达 50%以上，则引起严重症状；75%以上时，可在数分钟内死亡。当空气中氩浓度增高时，先呈呼吸加速，注意力不集中，共济失调。继之，疲倦乏力、烦躁不安、恶心、呕吐、昏迷、抽搐，以至死亡。液态氩可致皮肤冻伤；眼部接触可引起炎症			
急救	皮肤接触：若有皮肤冻伤，先用温水洗浴，再涂抹冻伤软膏，用消毒纱布包扎。就医。吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。呼吸困难时给输氧。呼吸停止时，立即进行人工呼吸。就医			
防护	工程控制：密闭操作。提供良好的自然通风条件。呼吸系统防护：高浓度环境中，佩戴供气式呼吸器或自给式呼吸器。眼睛防护：一般不需特殊防护。身体防护：穿工作服。手防护：一般不需特殊防护。其他防护：避免高浓度吸入。进入罐或其他高浓度区作业，须有人监护			
泄漏处理	迅速撤离泄漏污染区人员至上风处，并隔离直至气体散尽，建议应急处理人员戴自给式呼吸器，穿相应的工作服。切断气源，通风对流，稀释扩散。如有可能，及时使用。漏气容器不能再用，且要经过技术处理以清除可能剩下的气体。			

包装	包装分类：Ⅲ。包装标志：5。包装方法：钢质气瓶
储运	储存于阴凉、通风仓间内。仓内温度不宜超过 30℃。远离火种、热源。防止阳光直射。应与易燃或可燃物分开存放。验收时要注意品名，注意验瓶日期，先进仓的先发用。搬运时轻装轻卸，防止钢瓶及附件破损 运输注意事项 采用钢瓶运输时必须戴好钢瓶上的安全帽。钢瓶一般平放，并应将瓶口朝同一方向，不可交叉；高度不得超过车辆的防护栏板，并用三角木垫卡牢，防止滚动。严禁与易燃物或可燃物等混装混运。夏季应早晚运输，防止日光暴晒。铁路运输时要禁止溜放

表 3-4 氮

标识	中文名：氮（压缩的或液化的）		英文名：nitrogen, compressed or liquefied	
	分子式：N ₂	分子量：28.01	UN 编号：1066	
	序号：172	RTECS: QW9700000	CAS 号：7727-37-9	
	危险类别：加压气体			
理化性质	性状：无色无臭气体			
	熔点（℃）：-209.8		溶解性：微溶于水、乙醇	
	沸点（℃）：-195.6		燃烧热（kJ/mol）：无意义	
	饱和蒸气压（kPa）：1026.42（-173℃）			
	临界温度（℃）：-147		相对密度（水=1）：0.81（-196℃）	
	临界压力（MPa）：3.40		相对密度（空气=1）：0.97	
燃烧爆炸危险性	燃烧性：不燃		燃烧分解产物：氮气	
	闪点（℃）：无意义		聚合危险：不聚合	
	爆炸极限（V%）：无意义		稳定性：稳定	
	自燃温度（℃）：无意义		禁忌物：	
	危险特性：若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险			
	爆炸性气体的分类、分级、分组：			
	灭火剂 本品不燃。根据着火原因选择适当灭火剂灭火 特别危险性 若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险 灭火注意事项及防护措施 喷水冷却容器，尽可能将容器从火场移至空旷处			
毒理学信息	急性毒性 无资料 皮肤刺激或腐蚀 无资料			
	眼睛刺激或腐蚀 无资料 呼吸或皮肤过敏 无资料			
	生殖细胞突变性 无资料 致癌性 无资料			
	生殖毒性 无资料			
	特异性靶器官系统毒性—一次接触 无资料			
	特异性靶器官系统毒性—反复接触 无资料			
对人体危害	吸入危害 无资料			
	常压下氮气无毒。当作业环境中氮气浓度增高、氧气相对减少时，引起单纯性窒息作用。当氮浓度大于 84% 时，可出现头晕、头痛、眼花、恶心、呕吐、呼吸加快、脉率增加、血压升高、胸部压迫感等症状，甚至失去知觉，出现阵发性痉挛、紫绀、瞳孔缩小等缺氧症状，如不及时脱离环境，可致死亡。氮麻醉可出现一系列神经精神症状及共济失调，严重时出现昏迷。高压下氮气可引起减压病。液态氮具有低温作用，皮肤接触液态氮时可引起严重冻伤。			
急救	吸入迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，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			

防护	一般不需特殊防护。当作业场所空气氧气浓度低于 18%时，必须佩戴空气呼吸器、氧气呼吸器或长管面具。穿一般工作服，戴一般防护手套。进入罐、限制性空间或高浓度区需有人监护。
泄漏处理	迅速撤离泄漏污染区人员至上风处，进行隔离，严格限制出入。应急处理人员戴自给正压式呼吸器。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。
储运	不燃性压缩气体。储存于阴凉通风仓间内。仓温不宜超过 30℃。远离火种、热源，防止阳光直射。搬运时轻装轻卸，防止钢瓶及附件破损 运输注意事项 采用钢瓶运输时必须戴好钢瓶上的安全帽。钢瓶一般平放，并应将瓶口朝同一方向，不可交叉；高度不得超过车辆的防护栏板，并用三角木垫卡牢，防止滚动。严禁与易燃物或可燃物等混装混运。夏季应早晚运输，防止日光暴晒。铁路运输时要禁止溜放。

表 3-5 二氧化碳

标识	中文名：二氧化碳（压缩的或液化的）、碳酸酐		英文名：carbon dioxide，compressed or liquefied；carbonic anhydride	
	分子式：CO ₂	分子量：44.01	UN 编号：1013	
	序号：642	RTECS 号：FF6400000	CAS 号：124-38-9	
	危险类别：加压气体；特异性靶器官毒性—一次接触，类别 3（麻醉效应）			
理化性质	性状：无色无臭气体。			
	熔点/℃：-56.6		溶解性：溶于水、烃类等多数有机溶剂。	
	沸点/℃：-78.5		相对密度（水=1）：1.56（-196℃）	
	饱和蒸气压/kPa：1013.25（-39℃）		相对密度（空气=1）：1.53	
	临界温度/℃：31		燃烧热（kJ·mol ⁻¹ ）：无意义	
	临界压力/Mpa：7.39		最小点火能/mJ：无意义	
燃烧爆炸危险性	燃烧性：不燃		燃烧分解产物：	
	闪点/℃：无意义		聚合危害：不聚合	
	爆炸极限：无意义		稳定性：稳定	
	引燃温度/℃：无意义		禁忌物：	
	危险特性：若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险。			
	灭火剂 本品不燃。根据着火原因选择适当灭火剂灭火 特别危险性 若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险 灭火注意事项及防护措施 喷水冷却容器，尽可能将容器从火场移至空旷处			
毒理学信息	急性毒性 LCLo 657190ppm （大鼠吸入，15min） 人吸入 LCLo 10pph (1min)(10%),9pph (5min)(9%) 皮肤刺激或腐蚀 无资料 眼睛刺激或腐蚀 无资料 呼吸或皮肤过敏 无资料 生殖细胞突变性 无资料 致癌性 无资料 生殖毒性 无资料 特异性靶器官系统毒性—一次接触 无资料 特异性靶器官系统毒性—反复接触 无资料 吸入危害 无资料			
	TCLo 2000ppm			
对人体	侵入途径：吸入。 健康危害：在低浓度时，对呼吸中枢呈兴奋作用。高浓度时则产生抑制甚至麻痹作用。中毒机制中还兼有缺氧的因素。急性中毒：人进入高浓度二氧化碳环境，在几秒钟内迅速昏迷倒下，			

危害	出现反射消失、瞳孔扩大或缩小、大小便失禁、呕吐等症状，更严重者出现呼吸停止及休克，甚至死亡。固态（干冰）和液态二氧化碳在常压下迅速汽化，能造成-80~-43℃低温，引起皮肤和眼睛严重的冻伤。 慢性影响：经常接触较高浓度的二氧化碳者，可有头晕、头痛、失眠、易兴奋、无力等神经功能紊乱主诉。但在生产中是否存在慢性中毒国内外均未见病例报道。
急救	皮肤接触：若有冻伤，就医治疗。 眼睛接触：若有冻伤，就医治疗。 吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。呼吸停止时，立即进行人工呼吸。就医。
防护	工程控制：密闭操作，提供良好的自然通风条件。 呼吸系统防护：一般不需特殊防护。高浓度接触时可佩戴空气呼吸器。 眼睛防护：一般不需特殊防护。 手防护：戴一般作业防护手套。 身体防护：穿一般作业工作服。 其他：避免高浓度吸入。进入罐、受限空间或其他高浓度区作业，须有人监护。
泄漏处理	迅速撤离泄漏污染区人员至上风处，并进行隔离，严格限制出入。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿一般作业工作服。尽可能切断泄漏源。合理通风，加速扩散。漏气容器要妥善处理，修复、检验后再用。
储运	不燃性压缩气体。储存于阴凉、通风仓间内。仓内温度不宜超过 30 度。远离火种、热源。防止阳光直射。应与易燃或可燃物分开存放。验收时要注意品名，注意验瓶日期，先进仓的先发用。搬运时要轻装轻卸，防止钢瓶及附件破损。

表 3-6 乙炔

标识	中文名：乙炔，电石气	英文名：acetylene		
	分子式：C ₂ H ₂	分子量：26.04	RTECS 号：AO9600000	UN 编号：1001
	危规号：21024	危险性类别：第 2.1 类 易燃气体		CAS 号：74-86-2
理化性质	性状：无色无臭气体，工业品有使人不愉快的大蒜气味			
	熔点（℃）：-81.8（119KPa）		溶解性：微溶于水、乙醇，溶于丙酮、氯仿、苯	
	沸点（℃）：-83.8		相对密度（水=1）：0.62	
	饱和蒸气压（KPa）：4053(16.8℃)		相对密度（空气=1）：0.91	
	临界温度（℃）：35.2		燃烧热（KJ / mol）：1298.4	
	临界压力（MPa）：6.14		最小引燃能量（mJ）：0.02	
燃烧爆炸危险性	燃烧性：易燃		燃烧分解产物：一氧化碳、二氧化碳	
	闪点（℃）：无意义		聚合危害：聚合	
	爆炸极限（V%）：2.1~80.0		稳定性：稳定	爆炸性气体分级、分组：IICT2
	引燃温度（℃）：305		禁忌物：强氧化剂、强酸、卤素	
	危险特性： 极易燃烧爆炸。与空气能形成爆炸性混合物，遇明火、高热能引起燃烧爆炸。与氧化剂接触会猛烈反应。与氟、氯等卤素接触会发生剧烈的化学反应。能与铜、银、汞等的化合物生成爆炸性物质。 灭火方法： 切断气源。若不能立即切断气源，不要熄灭正在燃烧的气体。喷水冷却容器，可能的话将容器从火场移至空旷处。 灭火剂： 雾状水、二氧化碳、干粉。			
毒性	接触限值： 中国 PC-TWA 未制定；PC-STEL 未制定 前苏联 MAC 未制定 美国 TLV-TWA ACGIH 室息性气体 TLV-STEL 未制定。			

对人体危害	侵入途径： 吸入 健康危害： 具有麻醉作用。高浓度吸入可引起单纯窒息。 急性中毒： 当暴露于 20%浓度时，出现明显缺氧症状；吸入高浓度，初期兴奋、多语、哭笑不安，后出现眩晕、头痛、恶心、呕吐、共济失调、嗜睡；严重者昏迷、紫绀、瞳孔对光反应消失、脉弱而不齐。当混有磷化氢、硫化氢时，毒性增大，应予注意。
急救	吸入： 迅速脱离现场至空气新鲜处，保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧；如呼吸停止，立即进行人工呼吸，就医。
防护	工程控制： 生产过程密闭，全面通风。 呼吸防护： 一般不需要特殊防护，但建议特殊情况下，佩戴自吸过滤式防毒面具（半面罩）。 眼睛和身体防护： 眼睛一般不需要特殊防护，高浓度接触时戴安全防护眼镜；穿防静电工作服，戴一般作业防护手套。
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，切断火源。应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿消防服，尽可能切断泄漏源。合理通风，加速扩散。喷雾状水稀释、溶解，构筑围堤或挖坑收容产生的大量废水。如有可能，将泄漏的气体用排风机送到空旷地方或装设适当喷头烧掉。漏气容器要妥善处理，修复、检验合格后再用。
储运	乙炔的包装通常是溶解在溶剂及多孔物中，装入钢瓶。储存于阴凉、通风仓间内，仓内温度不宜超过 30℃，远离火种、热源，防止阳光直射。应与氧气、压缩空气、卤素（氟、氯、溴）、氧化剂等分开存放，切忌混储。储存间电气要防爆，禁止使用易产生火花的机械设备和工具，严格进行验收，注意验瓶日期，先进仓的先发用，搬运时轻装轻卸，防止钢瓶及附件破损。

表 3-7 丙烷

标识	中文名：丙烷；	英文名：Propane	
	分子式：C ₃ H ₈	分子量：44.10	UN 编号：1978
	危规号：21011	RTECS 号：TX2275000	CAS 号：74-98-6
理化性质	性状：无色气体，纯品无臭	危险性类别：第 2.1 类易燃气体	
	熔点（℃）：-187.6	溶解性：微溶于水，溶于乙醇、乙醚	
	沸点（℃）：-42.1	相对密度（水=1）：0.58（-44.5℃）	
	饱和蒸气压（KPa）：53.32(-55.6℃)	相对密度（空气=1）：1.56	
	临界温度（℃）：96.8	燃烧热（kJ / mol）：2217.8	
	临界压力（MPa）：4.25	最小点火能（mJ）：0.31	
燃烧爆炸危险性	燃烧性：易燃	气体或蒸气爆炸性混合物类、级、组：IIAT ₁	
	闪点（℃）：-104	燃烧分解产物：一氧化碳、二氧化碳	
	爆炸极限（V%）：2.1-9.5	聚合危害：不聚合	
	引燃温度（℃）：450	稳定性：稳定	
		禁忌物：强氧化剂、卤素	
	危险特性：易燃。与空气混合能形成爆炸性混合物，遇热源和明火有燃烧爆炸的危险。与氧化剂接触会猛烈反应。气体比空气重，能在较低处扩散到相当远的地方，遇明火会引着回燃		
	灭火方法：切断气源。若不能立即切断气源，则不允许熄灭正在燃烧的气体。喷水冷却容器。灭火剂：雾状水、干粉、二氧化碳		
毒性	接触限值：前苏联 MAC（mg / m ³ ）300 ACGIH：窒息性气体		
对人体	侵入途径：吸入 有单体性窒息及麻醉作用。人短暂接触 1%丙烷不引起症状。10%以下浓度，只引起轻度头晕；高浓度时可出现麻醉状态，意识丧失；极高浓度时可窒息		

危害急救	吸入：人员迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。
防护	工程控制：生产过程密闭，全面通风 呼吸系统防护：佩戴自吸过滤式防毒面具（半面罩） 眼睛防护：高浓度接触时可戴安全防护眼镜 身体防护：穿防静电工作服 手防护：戴一般作业防护手套 其他：工作现场禁止吸烟。避免长期反复接触。进入罐、高浓度区作业，须有人监护
泄漏处理	人员迅速撤离污染区至上风处，并进行隔离，严格限制出入。切断火源。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
储运	易燃压缩气体。储存于阴凉、通风仓库内，室内温度小于 30℃；远离火种、热源，防止阳光直射；应与氧气、压缩空气、卤素（氟、氯、溴）、氧化剂等分开存放。切忌混储混运。储存间内照明、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。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。搬运时轻装轻卸，防止钢瓶及附件破损

3.2 生产过程危险性分析

3.2.1 生产过程危险、有害因素识别和分析

（1）火灾、爆炸

1) 总平面布置

如果建（构）筑物乱搭乱建，导致建（构）筑物之间、装置设施之间安全间距不足，厂房、储罐装置和生产设备、消防设施等安全设施未设置到位，一旦发生火灾爆炸事故，不能及时有效扑救，将波及相邻建筑物，操作人员无法安全逃生，使事故后果扩大。

2) 道路及运输

企业原材料、产品的日常内外运输量大，厂内机动车辆行驶频繁。若充气人员的气瓶放置不牢从车辆上滚落，运输道路的硬化、宽度、转弯半径、车辆行驶标志、限速标志等不规范，都可能发生车辆撞击设备、设施、行人的事故，进一步酿成火灾和人员伤亡事故。若运输车辆排气口未安装阻火帽或采取其他有效安全措施，进入罐区和充装区装卸，遇可燃气体泄漏，可作为点火源，引发火灾或爆炸事故。消防通道不畅，无环形通道或尽头式消防车回车场，发生火灾爆炸事故后，不能及时救助，将使事故状态扩大。

3) 构、建筑物

建（构）筑物耐火等级如果没有达到规范要求的二级或以上，相互间防

火间距不符合规范要求，建筑物的强度不够，建筑物内部没有按要求留有足够的安全通道、安全出口和安全疏散距离，万一发生火灾爆炸，建筑物和设备不能延迟倒塌，员工没有及时逃生，就会造成伤亡事故。

4) 充装、储存、装卸

分装、装卸过程中与氧气接触的仪器、仪表、管道和气瓶接口，如含有油脂或油脂处理不净，可能导致着火引起火灾；氧气泄漏遇明火或燃烧物可使火势加大。

电气设施老化、接触不良、短路等，作业人员违章操作、违章用电，以及其他原因，也可能会引起电火花、电气火灾等火源。生产装置的避雷设施不健全、接地电阻超标、接地下线断路、未按照检测周期进行防雷防静电检测等原因，有遭遇雷击引发火灾的危险。

液氧和气氧是助燃剂，液氧与可燃物接近时，遇明火极易引起燃烧。液氧蒸发成氧气时，能被衣服等织物吸附，遇火源易引起闪燃。液氧与可燃物接触时，因撞击易产生爆震危险；液氧与可燃物混合时，存在潜在爆炸危险；如果纯氧遇油污也可能发生爆炸。

场内进行动火是相当危险的一项特殊危险作业，如在易燃易爆区域动火作业不按动火安全操作规范进行，也极易发生火灾安全事故。

氧气等各类气体在分装、装卸过程中，设备、容器、管道、气瓶超压、未定期检测或遇高热、容器内压增大，气瓶受撞击等有压力容器爆炸危险。

5) 容器爆炸

低温液体汽化为气体时，体积会迅速膨胀，在 0℃、101.325KPa 状态下，1L 液体气化为气体：氧为 800L；氩为 780L。在密闭容器内，因液化气体使压力升高，易引起容器超压，有爆炸的危险。

安全附件（压力表、安全阀）、安全防护装置、安全技术措施不符合要求；自动控压设施、紧急停车按钮设置不到位或失灵，容器材质不合格等，有可能发生超压爆炸。

装有液化状态的氮、氩、二氧化碳低温储罐，由于保温设施破损脱落，气化速度加剧，会造成罐内压力急剧上升，超出安全阀泄压能力范围，可能

会发生低温储罐超压爆炸；氩气、二氧化碳、氧气未定期检测，局部缺陷承受不了压力可能会造成爆炸；氩气、二氧化碳、氧在分装过程中超压，会造成钢瓶、管道超压爆炸。

（2）中毒和窒息

经营过程中涉及氧（压缩的、液化的）、氩（压缩的、液化的）、二氧化碳（液化的）等物质，这些物质尽管在分装中是密封进行，但有可能因设备、钢瓶密封不严和损毁引起泄漏，大量外泄气体可导致局部空间氧气浓度过大或氧气分压下降，造成操作人员中毒和窒息。

1) 物质特性

①企业存在纯氧，纯氧对人所有的细胞都有毒害作用，吸入时间过长，就可能发生“氧中毒”。肺部毛细管屏障被破坏，导致肺水肿、肺淤血和出血，严重影响呼吸功能，进而使各脏器缺氧而发生损害。如果纯氧发生泄漏并在局部有限空间富集，就有可能发生氧中毒事故。

当氧的浓度在 40%~60% 时，出现胸骨后不适感、轻咳，进而胸闷、胸骨后烧灼感和呼吸困难，咳嗽加剧；严重时可发生肺水肿，甚至出现呼吸窘迫综合征。吸入氧浓度在 80% 以上时，出现面部肌肉抽动、面色苍白、眩晕、心动过速、虚脱，继而全身强直性抽搐、昏迷、呼吸衰竭而死亡。长期处于氧分压为 60~100kPa（相当于吸入氧浓度 40% 左右）的条件下可发生眼损害，严重者可失明。

②当氩浓度高时，使氧分压降低而发生窒息。氩浓度达 50% 以上，引起严重症状；75% 以上时，可在数分钟内死亡。当空气中氩浓度增高时，先出现呼吸加速，注意力不集中，共济失调。继之，疲倦乏力、烦躁不安、恶心、呕吐、昏迷、抽搐，以至死亡。

③当二氧化碳浓度低时，对呼吸中枢呈兴奋作用；高浓度时则产生抑制甚至麻痹作用。中毒机制中还兼有缺氧的因素。急性中毒：人进入高浓度二氧化碳环境，在几秒钟内迅速昏迷倒下，出现反射消失、瞳孔扩大或缩小、大小便失禁、呕吐等症状，更严重者出现呼吸停止及休克，甚至死亡。

2) 发生条件

①工艺过程泄漏引发的中毒和窒息

输送泵在向汇流排输送过程中，管道因腐蚀、受损减薄，安全阀失灵超压等造成泄漏；外来因素破坏，如飞行物打击等导致设备设施损坏，液氧、液氮、液氩和二氧化碳泄漏后，会造成中毒和窒息事故。

②操作人员安全意识不到位，未能正确认识到物质的危险性，防护用品缺失、失效或未正确佩戴，可能导致中毒和窒息事故。

③工业气体钢瓶、低温液体储罐因质量缺陷而泄漏也可能造成中毒和窒息事故。

此外，在有限空间作业，如果置换不彻底，没有经过氧含量分析就擅自作业，也可能发生中毒和窒息事故。

(3) 灼烫（冻伤）

液氧、液氩和液态二氧化碳低温储罐、汽化器等相关设备、管道发生泄漏，泄漏的液氧、液氩、液态二氧化碳迅速从周边环境中吸取大量热量形成气体，操作人员误接触、防护用品未穿戴等，可能会造成冻伤。

3.2.2 其他危险、有害因素分析

(1) 触电

电气安全事故可能引起人身伤亡和设备、设施损坏，包括雷击伤亡事故。触电伤害是电作用于人体引起的伤害，包括电击和电伤两种。

1) 电击

企业使用电气设备以及为其提供电源、控制和保护的配电系统。电击伤害主要集中在室外箱式变压器、配电箱（柜）、配电线路、各种电气设备以及照明线路和照明器具等，均可能存在直接接触和间接接触电击的情况。

电气设备或线路在设计、安装上存在缺陷，或在运行中，缺乏必要的检修维护，使设备或线路存在漏电、过热、短路、接头松动、断线碰壳、绝缘老化、绝缘击穿、绝缘损坏、PE线断线等隐患；未设置必要的安全技术措施（如保护接零、漏电保护、安全电压等电位连接），或安全措施失效；电气安全管理制度不完善；无必要的安全组织措施；电工人员或机电设备操作

人员的操作失误或违章作业等，均可能造成电击伤害事故。

2) 电伤

室外配电箱（柜）、电线、氧泵等是可能造成电伤的主要场所。电伤是由电流的热效应、化学效应和机械效应对人体造成的局部伤害，形成电弧烧伤、电流灼伤、电烙印、电气机械性伤害、电光眼等症状。

带负荷拉开裸露的开关、误操作引起短路、线路短路等，都可能造成电伤。

3) 雷击

雷击有直接雷击、雷电感应、雷电波侵入。雷电在设备、架空线路、金属管道上会产生冲击电压，使雷电波沿线路或管道迅速传播。雷电放电具有电流大、电压高、冲击性强的特点，不但会直接毁坏建（构）筑物，烧毁或击穿电气设备，引起大规模停电，而且会导致火灾、爆炸，引起人员伤亡和财产损失。

避雷设施如安装缺陷或老化失效，未定期检测，导致避雷设施失效时未能及时采取维修、更换等措施，可造成雷击事故。

造成触电事故的主要原因有：

1) 电气线路或机械、电气设备安装操作不当，保养不善及接地、接零设施损坏或失效等，将会引起电气设备各绝缘性能降低或保护失效，造成漏电，引起触电事故；

2) 电气设备在潮湿的环境中可引起线路老化、短路等触电事故；

3) 不办理作业票或不执行监护制度，不使用或使用不合格绝缘工具和电气工具；

4) 检修电气设备工作完毕，未办理相关手续，就对检修设备恢复送电；

5) 在带电设备附近进行作业，不符合安全距离的规定要求或无监护措施；

6) 跨越安全围栏或超越安全警戒线；

7) 在带电设备附近使用钢卷尺等进行测量或携带金属超高物体在带电设备下行走；

- 8) 电气设备未按规定接地或绝缘不良，导致事故；
- 9) 工作人员擅自扩大工作范围；
- 10) 使用的电动工具金属外壳不接地，操作时不戴绝缘手套；
- 11) 在潮湿地区、金属容器内进行电焊工作时不穿绝缘鞋，无绝缘垫，无监护人；
- 12) 防雷电设施或接地损坏、失效等导致雷击，造成火灾、爆炸、设备损坏、人员触电伤害事故。雷雨天气室外作业易受到跨步电压的伤害；
- 13) 操作人员操作技能较差或安全意识较差；
- 14) 酒后上岗；
- 15) 岗位人员因疾病等不适合进行电气操作；
- 16) 其他原因，如高压放电、高压试验时无有效隔离、设备故障等。

触电是电流对人体的伤害，通过人体的电流越大，人体的生理反应也越明显，从而引起心室颤动的时间越短，致命的危险性越大。

(2) 机械伤害

生产过程中使用液氧泵等输送泵设备，当运动部件缺少防护罩、护套等，在操作、擦洗过程中人员触及转动部件，可能发生撞击、绞、挤、压等伤害。如设备运行时手伸入危险部位清理废料、设备带病工作、防护装置缺损、不按操作规程操作等，均易造成机械伤害。

除机械设备本身的事故隐患即物的不安全状态外，人员操作失误或操作不当等人的不安全行为也是导致事故发生的重要因素。如设备检修中监护不当，或未挂“有人检修，禁止合闸”等安全标志牌，易发生误操作，造成机械伤害事故。

导致机械伤害的主要原因有：

- 1) 检修、检查机械忽视安全措施。如人进入设备检修、检查作业，不切断电源，未挂不准合闸警示牌，未设专人监护等，造成严重后果。也有的因当时受定时电源开关作用或发生临时停电等因素而误判造成事故。也有的虽然对设备断电，但因未等设备惯性运转彻底停住就下手工作，同样会造成严重后果。

2) 缺乏安全装置。如有的机械传动带、电机、接近地面的联轴节等部位缺护栏，无警示牌，人一疏忽误接触这些部位，就会造成事故；旋转的滚轴与传动机械联锁的防护装置失效；当机器运转时，防护装置不能打开等，都可能造成机械伤害事故。

3) 电源开关布局不合理，一种情况是紧急情况下不立即停车，另一种情况是好几台机械开关设在一起，极易造成误开机械，引发严重后果。

4) 自制或任意改造机械设备，不符合安全要求。

5) 在机械运行时进行清理卡料、加润滑油等作业。

6) 任意进入机械运行危险作业区（如采样、干活、借道、拣物等）。

7) 不具备操作机械素质的人员上岗或其他人员乱动机械。

(3) 车辆伤害

企业厂区内经常有机动车辆进行工业气体运输，如道路有妨碍视野的障碍物，车辆故障等，则可造成车辆伤害。车辆伤害主要包括车辆对人员的伤害和对建筑物、设备的损坏。伤害类型以碾压、碰撞、倾翻、刮蹭等为主。

造成车辆伤害的主要原因有：

1) 车况不好，刹车失灵；

2) 路况不好，路面斜度过大，道路上有遮挡视线的障碍；

3) 司机素质不高，司机驾驶技能差，无证上岗，违章驾驶；司机疲劳驾车；酒后开车；

4) 限速标志不清晰、信号出现问题，造成误会；

5) 车辆超载、车辆超速；

6) 受害者精神紧张过度或其他身体原因，对车没有进行有效躲闪等。

危险货物在厂区内运输行驶中易因交通事故造成设备或管道被撞、翻倒、载物失落等，导致物料泄漏，引起燃烧、爆炸、中毒等事故，甚至导致周边的设备设施发生次生火灾爆炸伤害，从而造成人员伤亡、货物财产损失。

具体的原因有：一、驾驶员、其他交通参与者的不安全行为：1. 驾驶员性格、心理缺陷；2. 驾驶员生理异常；3. 驾驶员违规驾驶；4. 驾驶员操作错误；5. 驾驶员注意力分散；6. 其他交通参与者的不安全行为。二、车辆

本身特点的不安全因素：1. 主要表现在结构存在风险：车体庞大，车辆存在视觉盲区；行驶特点存在风险：存在速度差，内外轮差大，加速性能差，惯性大，制动距离长。2. 车辆技术状况的不安全状态：主要表现在技术状况不良：制动劣化或失效，转向不良或失效，照明信号装置故障，侧向稳定性差，车辆悬挂、减振系统缺陷，车速表故障，轮胎磨损严重、有裂纹或扎入杂物，发动机故障。主动安全装置失灵：视镜损坏，刮水器失效，喇叭失效，遮阳板掉落，防抱死制动失效。被动安全装置失效：安全气囊损坏，安全带、保险杠损坏，座椅安全头枕损坏或掉落，风窗玻璃损坏，灭火器、警告标志、安全锤、应急门开关等损坏或缺失。危险物品位置不合理，本身存在危险，货物装载存在危险，货物重心过高，偏载，使车辆稳定性降低，转弯易侧翻，超载，易使车辆制动失效，易引发爆胎，传动轴断裂，车辆结构损坏，易导致路面损毁，桥梁垮塌，引发事故。三、道路的不安全因素：连续上下坡，频繁制动易导致制动失效，上长坡使发动机温度过高，或换挡不当，引起发动机熄火或溜车；路窄弯急，视线不清，易驶出路外，超车、会车危险性大，易引发交通事故。修建道路的建设等级较低，压实度低，平整度差，车辆易倾翻，深陷；地形复杂，交通情况混乱，各种车辆频繁出现，带来风险，无道路标志，车辆、行人乱走，带来风险。交叉路口：人、车交通流量大，驾驶员有时顾不及，易发生刮擦、碰撞事故。道路较窄、限高，驾驶员超车易引发撞车事故，超高货车易碰撞出入口。道路结冰，车辆易失控发生侧滑。四、夜间、特殊天气及自然灾害的不安全因素。

(4) 坍塌

如建构筑物遭受撞击，遭受撞击、腐蚀，遭遇大风、大雪等恶劣天气；土建开挖地基离建构筑物过近又无防护措施；拆除建构筑物方法不当；检修脚手架不牢等，就有可能造成建构筑物坍塌事故。

(5) 高处坠落

超过基准面 2m 以上的生产设备设施和操作平台，如工业护栏、平台等有缺陷，以及不良气候条件下防滑性能下降，扶手滑湿，照明不良时，则易造成高处坠落伤害。

（6）物体打击

如果在低温储罐、设备高处检维修作业的工具、器具落下；高处有未被固定的物体被碰撞或风吹等坠落等，就有可能造成地面和低处人员被砸伤。

（7）自然灾害

1) 该公司设计时若物料储存设施、电气系统及公用工程的防雷系统考虑不周或防雷设施维护不当，存在雷击的可能性。

2) 暴雨期间若排水不畅或排水能力不够，会导致短时间内积水。

3) 该地区每年的梅雨期较长，高温潮湿环境下，若企业的防腐措施不当，对企业的设备、设施可能会造成腐蚀。

4) 该公司还应考虑高温酷暑、冬季寒冷对作业人员的影响因素。

5) 该区域地震设防烈度为 6 度，建筑物有可能发生地震造成危害。

6) 企业所在地冬季气温低，夏季炎热，对作业和安全生产会带来有害影响。

（8）职业危害

企业存在的职业危害主要有噪声与振动危害、高低温危害、毒物危害等。

1) 噪声与振动危害

噪声对人的危害，主要有以下几个方面。

①听力和听觉器官的损伤：人的听觉器官的适应性是有一定限度的，长期在强噪声的作用下，听力逐渐减弱，引起听觉疲劳。若长年累月在强烈噪声的反复作用下，内耳器官发生了器质性病变，成为永久性听阈位移，亦称噪声性耳聋。

②引起心血管系统的病症和神经衰弱：噪声可以使交感神经紧张，表现为心跳加快，心律不齐，血压波动，心电图阳性率增高。噪声引起神经衰弱综合征，如头痛、头晕、失眠、多梦、乏力、记忆力衰退、心悸、恶心等。神经衰弱的阳性率随噪声声级的增高而增高。

③对消化系统的影响：引起胃功能紊乱、食欲缺乏、消化不良。

④对视觉功能的影响：由于神经系统互相作用的结果，能引起视网膜轴体细胞光受性降低，视力清晰稳定性缩小；

⑤降低工作效率，影响安全生产：噪声易使人烦躁不安与疲乏，注意力分散，导致工作效率降低。当噪声级超过生产中的音响警报信号的声级时，遮蔽音响警报信号，易造成事故。

在生产运行中的噪声、振动主要来源于各类运转的泵等机械设备。

企业除存在噪声、振动危害外，还有高低温、化学毒物等职业病危害因素，因此，企业除做好作业场所的通风工作外，要加强对职工的个体防护，以防止发生职业病。

职业病危害有专门的评价，本报告不作展开。

3.2.3 安全管理危险有害因素

(1) 安全管理制度

若未根据国家有关法律法规要求，建立健全安全管理机构，配备专职安全生产管理人员，制定符合企业实际情况的安全管理制度、岗位职责、操作规程和应急救援预案等，系统运行中存在各种安全隐患，会发生火灾爆炸、中毒和窒息等事故。

(2) 安全管理宣传和执行

工作人员若不能严格遵守或执行安全管理制度、操作规程等，如氧气充装间禁止吸烟，携带明火等，一旦出现氧气泄漏则可能发生火灾、爆炸事故等。

(3) 企业自身安全意识

若不进行日常的检验维护，会发生静电接地损坏、消防器材失效等，一旦发生事故将造成不可挽回的损失。

(4) 消防器材的正确使用

工作人员若不能正确使用消防器材，一旦站内发生事故，将不能及时消除，会加大事故的危害。

3.2.4 检维修过程危险有害因素辨识

装置检维修过程主要是动火、设备容器内作业、高处作业等，如没有严格的作业安全制度，或没有严格执行安全许可票证作业制度，还会因检修作

业而引发火灾或爆炸事故。此外，设备检修过程中还需用到各种大型起重机具以及工器具等，这些大型起重机具或工器具可因本身存在缺陷，或在使用过程中没有正确使用，均会发生人身伤亡事故。

1.上、下交叉作业

由于检修工期紧，施工队伍多，为了抢时间，不可避免地要进行上下交叉作业、立体作业。交叉作业过程中易发生检修用具、物件、材料从高处坠落，危及正在下方地面作业人员的人身安全等。因此，交叉作业应做好组织协调工作，进入现场应佩戴好安全帽。

2.设备容器内作业

(1) 中毒和窒息

检修人员进入设备容器内进行检修、清理或其他作业时，若贸然进入可能导致人员中毒和窒息。因此，检修前设备容器一定要进行充分冷却（或水洗溶解）、通风置换。在作业前必须对所需要进入的设备容器内进行采样安全分析，当氧含量合格和有毒、有害物质含量达到安全要求，并按规定事先办理作业票后方可作业。为防止与需检修的设备容器相连接的阀门内漏，检修的设备容器必须进行安全隔绝，所谓安全隔绝，即对设备容器与外界相连通的管道等在法兰连接处加盲板隔离，严禁用关闭阀门代替盲板；再者就是将设备容器上所通的电源彻底切断。若进入设备容器内作业时间较长时，或进入设备容器内作业中断一个多小时以上，需再次进入原检修的设备容器内继续进行作业时，应重新取样进行安全分析，分析合格后再重新作业。凡进入设备容器内作业的人员均应事先佩戴好必需的劳动防护用品。

在设备容器内作业过程中要安排好专职监护人员在器外进行监护，专职监护人员不得随意离开监护岗位。

(2) 触电

在设备容器内作业时，往往需要在设备容器内进行照明，或者需要使用手持电动工具等，但因设备容器内空间通常较为狭窄、又潮湿，故易发生触电事件。因此，在设备容器内作业必须使用安全电压和安全灯，一般设备容器内的照明电压不得不大于 36V；若设备容器内壁为铁质或设备容器内壁较

为潮湿，其电压不得不大于 12V，当必要操纵手持电动工具或照明电压大于 36 或 12V 时，应设置漏电保护器，其接线箱（板）应设置在设备容器外，严禁带入容器内。

3.动火作业

（1）管线吹扫不彻底

检修作业时，往往需要对工艺设备或管线进行动火作业。如果设备、管线吹扫不彻底，设备、管线内还残存有可燃气体，动火时极易发生爆炸事故，造成人员伤亡和财产损失。因此在动火前，必须进行采样分析，安全分析合格后方可动火。

（2）未办理动火安全作业票

办理动火安全作业票，是为了严格落实各项安全措施，层层把关，确保安全作业动火。检修时，为了赶进度，各作业人员都在同时进行各项作业，作业面涉及很广，遍布各生产装置的各个地点，这样就存在个别作业人员为了图省事，不按规定办理动火安全作业票，擅自进行动火作业，引发火灾或爆炸事件。

（3）动火监护人不在现场时就进行动火作业；或动火作业监护人擅自脱离监护岗位。

（4）装置虽然进行了全面、彻底的吹扫，但仍可能存在吹扫不到的死角，出现异常情况时不及时处理，同样可能造成火灾、爆炸。同时若在高处进行动火作业，除在高处动火作业点设置防止火花飞溅的措施外，底部的动火监护人还负有防止高处飞溅的火花撒落地面引燃周边的可燃物的责任。另外，动火作业完成后，动火作业人和动火作业监护人还须对作业现场进行清理，防止留下阴燃的火种。

4.抽堵盲板作业

在检修作业过程中经常遇到需抽堵盲板作业，有时抽堵盲板作业还在带气体的情况下进行作业。因此，抽堵盲板作业有时是一种十分危险的作业，尤其是带气（有时气体为毒性或对人体有窒息性）时抽堵盲板作业需特别注意安全，在此种情况下作业人员通常需佩戴隔离式气体防护器材，如长管防

毒面具、空气呼吸器、强制通风过滤器等。除此之外还必须有专人进行监护，以确保带气抽堵盲板作业人员的安全。

5.其他原因

(1) 采用质量不合格的设备、管道、阀门、材料、零部件及电气材料等，有可能造成设备事故。

(2) 检修用的工业气瓶，由于气瓶安全距离不够，或露天暴晒、碰撞，违章操作等，有可能会发生火灾爆炸、灼伤等事故。

(3) 登高作业违反安全操作规程，未佩戴安全防护等用品，会发生高处坠落、物体打击等事故。

(4) 安装起吊重物，如违章作业而发生起重伤害等。在运输过程中，容易发生车辆伤害事故。

(5) 夏季高温时段，在室外露天作业或者在高热、高湿、狭小、通风不良的空间作业时，未采取监护或加以防范，可能会发生中暑。

(6) 维修焊接过程中会产生粉尘和有毒气体。焊条、焊件和药皮在高温作用下发生蒸发和气化，产生大量烟尘，在粉尘作业环境中长时间工作吸入粉尘，就会引发焊工尘肺。同时电焊作业时会产生紫外线。紫外线对皮肤作用能引起红斑反应。长期受紫外线作用，可发生湿疹、毛囊炎、皮肤萎缩、色素沉着，甚至可发生皮肤癌。紫外线对眼睛的损伤，如电弧光照射，可引起类似电光性眼炎。

此外，在检修过程中，人员还具有被灼伤、烧伤的危险性；或在狭小场所碰撞摔倒、跌打损伤；或被卷入运转的机器设备里，断伤肢体，施工用的起重机械、手动砂轮未经检查而发生事故等。

3.2.5 受限空间辨识

根据《安徽省有限空间作业安全管理与监督暂行规定》（皖安办〔2020〕75号）等相关规定，受限空间是指有限空间是指封闭或部分封闭、进出口受限但人员可以进入，未被设计为固定工作场所，通风不良，易造成有毒有害、易燃易爆物质积聚或氧含量不足的空间。有限空间作业存在的主要安全风险包括中毒、缺氧窒息、燃爆以及淹溺、高处坠落、触电、物体打击、机械伤

害、灼烫、坍塌、掩埋、高温高湿等。在某些环境下，上述风险可能共存，并具有隐蔽性和突发性。有限空间一般具备以下特点：

(1) 空间有限，与外界相对隔离。有限空间是一个有形的，与外界相对隔离的空间。有限空间既可以是全部封闭的，如各种污水井、反应釜，也可以是部分封闭的，如敞口的化粪池等。

(2) 进出口受限或进出不便，但人员能够进入开展有关工作。有限空间限于本身的体积、形状和构造，进出口一般与常规的人员进出通道不同，大多较为狭小，如直径 80cm 的井口或直径 60cm 的人孔；或进出口的设置不便于人员进出，如各种敞口池。虽然进出口受限或进出不便，但人员可以进入其中开展工作。如果开口尺寸或空间体积不足以让人进入，则不属于受限空间，如仅设有观察孔的储罐、安装在墙上的配电箱等。

(3) 未按固定工作场所设计，人员只在必要时进入受限空间进行临时性工作。受限空间在设计上未按照固定工作场所的相应标准和规范，考虑采光、照明、通风和新风量等要求，建成后内部的气体环境不能确保符合安全要求，人员只是在必要时进入进行临时性工作。

(4) 通风不良，易造成有毒有害、易燃易爆物质积聚或氧含量不足。有限空间因封闭或部分封闭、进出口受限且未按固定工作场所设计，内部通风不良，容易造成有毒有害、易燃易爆物质积聚或氧含量不足，产生中毒、燃爆和缺氧风险。

受限空间分为地下有限空间、地上有限空间和密闭设备 3 类。

(1) 地下受限空间，如地下室、地下仓库、地下工程、地下管沟、暗沟、隧道、涵洞、地坑、深基坑、废井、地窖、检查井室、沼气池、化粪池、污水处理池等。

(2) 地上受限空间，如酒糟池、发酵池、腌渍池、纸浆池、粮仓、料仓等。

(3) 密闭设备，如船舱、贮（槽）罐、车载槽罐、反应塔（釜）、窑炉、炉膛、烟道、管道及锅炉等。

受限空间作业，是指人员进入受限空间实施作业。常见的受限空间作业

主要有：

(1) 清除、清理作业，如进入污水井进行疏通，进入发酵池进行清理等。

(2) 设备设施的安装、更换、维修等作业，如进入地下管沟敷设线缆、进入污水调节池更换设备等。

(3) 涂装、防腐、防水、焊接等作业，如在储罐内进行防腐作业、在船舱内进行焊接作业等。

(4) 巡查、检修等作业，如进入检查井、热力管沟进行巡检等。

按作业频次划分，受限空间作业可分为经常性作业和偶发性作业：

(1) 经常性作业指受限空间作业是单位的主要作业类型，作业量大、作业频次高。例如，从事水、电、气、热等市政运行领域施工、运维、巡检等作业的单位，有限空间作业就属于单位的经常性作业。

(2) 偶发性作业指受限空间作业仅是单位偶尔涉及的作业类型，作业量小、作业频次低。例如，工业生产领域的单位对炉、釜、塔、罐、管道等有限空间进行清洗、维修，餐饮、住宿等单位对污水井、化粪池进行疏通、清掏等受限空间作业就属于单位的偶发性作业。

按作业主体划分，受限空间作业可分为自行作业和发包作业：

(1) 自行作业指由本单位人员实施的受限空间作业。

(2) 发包作业指将作业进行发包，由承包单位实施的受限空间作业。

按照《安徽省有限空间作业安全管理与监督暂行规定》（皖安办〔2020〕75号）中第三条的具体规定，该企业涉及的有限空间和密闭设备主要有：

(1) 地下有限空间：雨污窖井、化粪池、污水井、可进入的下水道等。

(2) 地上有限空间：无。

(3) 密闭设备：液氧、氮、氩、二氧化碳储罐。

3.3 主要危险、有害因素所在场所、部位

企业涉及的危险化学品主要有氧、氩、二氧化碳气体或液体，存在的危险有害因素主要有火灾、爆炸、中毒和窒息、触电伤害、机械伤害、车辆伤

害、高处坠落、物体打击、坍塌等（辨识的过程见下节）。

主要危险、有害因素及其存在的场所、部位见下表。

表 3-6 火灾、中毒、静电等事故的危险、有害因素及其分布

危险、有害因素	存在部位
火灾、爆炸（含容器爆炸、其他爆炸等）	各类气体的储罐及其充装车间、场内运输车辆
中毒和窒息	各类气体的储罐及其充装车间、受限空间
冻伤	各类液化低温气体的储罐、汽化器及其连接管道、杜瓦罐充装等
触电	充装车间、储罐区及各带电运行设备、设施等所有存在电的场所和作业场所
机械伤害	储罐区运转设备等
车辆伤害	厂区道路、充装平台、站内行车场地、车棚
高处坠落	存在 2 米落差的场所
物体打击	生产、检维修存在工器具、设备、设施的场所、高处坠物、物品堆放过高等
坍塌	充装车间、储罐区、办公区、车棚、检修现场脚手架、围墙、开挖土石方作业等

3.4 定性、定量分析固有危险程度

根据上文所述，企业涉及的危险化学品有氧（压缩的、液化的）、氩（压缩的、液化的）、二氧化碳（液化的）等，主要危险有害因素为中毒和窒息。故本次评价范围只针对充装间内气瓶进行固有危险程度分析。选用作业条件危险性分析法对该公司工业气体充装过程中重点岗位危险程度定性、定量分析。

作业条件危险性分析法是定量分析的一种方法，根据评价人员的经验，对事故发生的可能性，人员暴露于危险环境中的频率，以及事故后果进行分级，并给予不同的分值，由此可对各种不同的作业进行简单的定量分析和评价，最终对于危险性作业根据计算公式得出理论数值，判定该作业是否危险且危险程度如何，是否需要整改及整改紧迫程度如何等。因此对存在的各种作业选用作业条件危险性分析法是合理的。

对于一个具有潜在危险性的作业条件，K·J·格雷厄姆和 G·F·金尼认为，影响危险性的主要因素有 3 个：

①发生事故或危险事件的可能性；

②暴露于这种危险环境的情况；

③事故一旦发生可能产生的后果。用公式来表示，则为： $D=LEC$

式中，D 为作业条件的危险性；L 为事故或危险事件发生的可能性；E 为暴露于危险环境的频率；C 为发生事故或危险事件的可能结果。

①发生事故或危险事件的可能性

事故或危险事件发生的可能性与其实际发生的概率相关。若用概率来表示时，绝对不可能发生的概率为 0；而必然发生的事件，其概率为 1。但在考察一个系统的危险性时，绝对不可能发生事故是不确切的，即概率为 0 的情况不确切。所以，将实际上不可能发生的情况作为“打分”的参考点，定其分数值为 0.1。

此外，在实际生产条件中，事故或危险事件发生的可能性范围非常广泛，因而人为地将完全意料之外、极少可能发生的情况规定为 1；能预料将来某个时候会发生事故的分值规定为 10；在这两者之间再根据可能性的大小相应地确定几个中间值，如将“不常见，但仍然可能”的分值定为 3，“相当可能发生”的分值规定为 6。同样，在 0.1 与 1 之间也插入了与某种可能性对应的分值。于是，将事故或危险事件发生可能性的分值从实际上不可能的事件为 0.1，经过完全意外有极少可能的分值 1，确定到完全会被预料到的分值 10 为止（见表 3-7）：

表 3-7 事故或危险事件的可能性分值

分值	事故或危险事件的可能性	分值	事故或危险事件的可能性
10	完全会被预料到	0.5	可以设想，但高度不可能
6	相当可能	0.2	极不可能
3	不经常，但可能	0.1	实际上不可能
1	完全意外，极少可能		

②暴露于危险环境的频率

K·J·格雷厄姆和 G·F·金尼规定了连续出现在潜在危险环境的暴露频率分值为 10，一年仅出现几次非常稀少的暴露频率分值为 1。以 10 和 1 为参

考点，再在其区间根据在潜在危险作业条件中暴露情况进行划分，并对应地确定其分值。例如，每月暴露一次的分值为 2，每周一次或偶然暴露的分值为 3。当然，根本不暴露的分值应为 0，但这种情况实际上是不存在的，是没有意义的，因此无须列出。关于暴露于潜在危险环境的分值见表 3-8：

表 3-8 露于危险环境的接触时间和概率分值表

分值	出现于危险环境的情况	分值	出现于危险环境的情况
10	连续暴露于潜在危险环境	2	每月暴露一次
6	逐日在工作时间内暴露	1	每年几次出现在潜在危险环境
3	每周一次或偶然的暴露	0.5	非常罕见的暴露

③发生事故或危险事件的可能结果

造成事故或危险事故的人身伤害或物质损失可在很大范围内变化，以工伤事故而言，可以从轻微伤害到许多人死亡，其范围非常宽广。K·J·格雷厄姆和 G·F·金尼需要救护的轻微伤害的可能结果，分值规定为 1；而将造成许多人死亡的可能结果规定为分值 100，作为另一个参考点。在两个参考点 1~100 之间，插入相应的中间值，列出表 3-9 所示的可能结果的分值。

表 3-9 事故后果的严重程度分值表

分值	可能结果	分值	可能结果
100	大灾难，许多人死亡	7	严重，严重伤害
40	灾难，数人死亡	3	重大，致残
15	非常严重，一人死亡	1	引人注目，需要救护

4) 危险性

确定了上述 3 个具有潜在危险性的作业条件的分值，并按公式进行计算，即可得危险性分值。据此，要确定其危险性程度时，则按下述标准进行评定。

表 3-10 危险性分值表

D 值	危险程度	风险等级
>320	极其危险	不能继续作业
160~320	高度危险	要立即整改
70~160	显著危险	需要整改

20~70	一般危险	需要注意
<20	稍有危险	可以接受

由经验可知，危险性分值在 20 以下的环境属低危险性，一般可以被人们接受。当危险性分值在 20~70 时，则需要加以注意；危险性分值 70~160 的情况时，则有明显的危险，需要采取措施进行整改；同样，根据经验，当危险性分值在 160~320 的作业条件属于高度危险的作业条件，必须立即采取措施进行整改。危险性分值在 320 分以上时，则表示该作业条件极其危险，应该立即停止作业直到作业条件得到改善为止。

现分析如下：

(1) 事故或危险事件发生可能性的分值

①爆炸事故：实际作业时，若工业气体钢瓶缺陷，耐压等级不够，可能发生钢瓶破裂物理爆炸事故；若工业气体钢瓶未仔细检查，混有可燃气体或油脂类物质，在充装氧气过程中可能发生化学爆炸事故。由于霍邱县龙源乙炔气体有限公司钢瓶均按要求进行了法定检测，且钢瓶均有标记，不会出现混杂现象，充装其他钢瓶均进行了严格检查。故发生爆炸事故的可能性为完全意外，极少可能，取值 1 分。

②充装车间中毒和窒息事故：实际作业时，若工业气体储存使用不当，安全附件损坏、不密封，管道破损，气瓶破裂致使大量气体外泄，则可导致人员吸入导致人员中毒和窒息，由于压力容器按要求进行了检测，管道破损，气瓶破裂有可能，但极少发生，车间通风情况良好，作业现场亦按规定配备了一定的应急救援器材，作业人员按要求穿戴防护用品，由熟练人员进行操作，事故初期可及时采取应急措施，故发生中毒事故的可能性为完全意外，极少可能，取值 1 分。

③电气伤害事故：实际作业时，若相关电气设备缺乏有效的安全防护装置，或防护装置失效等可发生电气伤害事故。由于该作业现场电线均已穿管保护，作业人员按规定要求穿戴防护用品，有专业人员进行操作，故发生电气伤害事故的可能性为不经常，但可能，取值 3 分。

④冻伤事故：实际作业时，若操作人员操作不当、不能正确的佩戴劳动

防护用品或防护用品质量不合格等，可能发生冻伤事故。由于操作人员经过业务培训和安全教育培训，操作人员能够熟练进行操作，作业人员按规定要求穿戴防护用品，故发生事故的可能性为不经常，但可能，取值 3 分。

⑤车辆伤害事故：厂区内经常有机动车辆进行运输，并进行装卸工业气体钢瓶，可能发生车辆伤害事故。由于区域内作业人员少，且多集中在充装车间及储罐区操作，事故发生车辆伤害事故的可能性为不经常，但可能，取值 3 分。

（2）暴露于潜在危险环境的分值

①爆炸事故：实际作业时，因钢瓶均按要求进行了法定检测，且本公司钢瓶均有标记，不会出现混杂现象，充装其他钢瓶均进行了严格检查。故暴露环境为每年几次出现在潜在危险中，取值 1 分。

②充装车间中毒和窒息事故：实际作业时，车间内通风状况良好，发生中毒和窒息概率较小，当发生中毒和窒息时，人员可迅速撤离、逃脱，实际作业时，操作人员仅在突发性大面积泄漏或处理大面积泄漏时，方会在正常流通空间发生窒息事故，故暴露环境为每年几次出现在潜在危险中，取值 1 分。

③电气伤害事故：实际作业时，发生电气伤害事故概率较小，可以设想每年有偶然的机会人员可误接触危险电器，故暴露环境为每年几次出现在潜在危险环境，取值 1 分。

④冻伤事故：实际作业时，操作人员均能正确的佩戴劳动防护用品等，暴露环境为每周一次或偶然的暴露，取值 3 分。

⑤车辆伤害事故：实际作业时，每天均会有车辆进出厂区，故暴露环境为逐日在工作时间内暴露，取值 6 分。

（3）发生事故或危险事件可能的结果分值

①爆炸事故：一旦发生爆炸事故，环境中可能有数人操作，可出现数人死亡。故发生爆炸事故的后果为灾难，多人死亡，取值 40 分。

②充装车间中毒窒息事故：一旦发生中毒窒息事故，若人员发现逃离不及时，人员因中毒窒息事故伤亡较大，可出现数人死亡。故发生中毒的后果

为灾难，多人死亡，取值 40 分。

③电气伤害事故：一旦发生电气伤害事故，若人员救治不及时，可发生严重灼伤，甚至会出现截肢、死亡等，但一般情况下，发生电气伤害事故的人员数量较少，故发生电气伤害事故的后果为非常严重，一人死亡，取值 15 分。

④冻伤事故：若发生此类事故，可发生员工大面积的出现职业病状况。故发生冻伤事故的后果为严重，严重伤害，取值 7 分。

⑤车辆伤害事故：若发生此类事故，一般情况下为个体操作人员的伤残，若救助及时，一般不会出现伤亡情况。故发生车辆伤害事故的后果为重大，致残，取值 3 分。

(4) 分析结果汇总：

表 3-11 分析汇总一览表

事故	可能性 (L) 分值	暴露环境 (E) 分值	事故后果 (C) 分值	作业条件危险性 (D) 计算结果
爆炸事故	1	1	40	40.一般危险，需要注意
充装车间中毒和窒息事故	1	1	40	40.一般危险，需要注意
电气伤害事故	3	1	15	45.一般危险，需要注意
冻伤事故	3	1	7	21.一般危险，需要注意
车辆伤害事故	3	1	7	21.一般危险，需要注意

3.5 预测事故的可能性和严重程度

3.5.1 发生泄漏事故的可能性

(1) 设计失误

- ①储罐、钢瓶设计不合理；
- ②设备选材不当，如强度不够，耐腐蚀性差、规格不符等；

(2) 设备原因

- ①长期使用后材料变质、腐蚀、老化，未及时检测、维修或更换等。
- ②储存方式不当，造成泄漏。

(3) 管理原因

- ①未制定完善的安全操作规程和安全检修制度；

②未定期巡检，未及时发现隐患，设备破损。

由于上述原因可能导致中毒等事故的发生。现将泄漏发生的可能性汇总如下：

表 3-12 泄漏发生的可能性

可能发生泄漏的事故	发生的可能性	备注
钢瓶瓶体破裂	完全意外，极少可能（很少发生）	参照作业条件危险性分析法分析泄漏可能性
钢瓶阀门失效	不经常，但可能（很少发生）	同上
钢瓶充装超压	不经常，但可能（很少发生）	同上
设备防雷防静电失效，遭雷击	不经常，但可能（很少发生）	同上
工业气体输送管道损毁	不经常，但可能（很少发生）	同上
房屋倒塌造成钢瓶损坏	完全意外，极少可能（很少发生）	同上
极端天气如暴雨造成设备损坏	完全意外，极少可能（极难发生）	同上
人为操作，导致泄漏	不经常，但可能（很少发生）	同上
地质灾害造成钢瓶损毁	完全意外，极少可能（极难发生）	同上

3.5.2 发生事故的严重性

在工业气体充装的过程中，若发生泄漏，使用的氩、二氧化碳及其他气体浓度高会有窒息危险。若因储罐、工业气体钢瓶缺陷，发生储罐、钢瓶破裂物理爆炸事故；或因钢瓶混有可燃气体或油脂类物质，在充装氧气过程中发生化学爆炸事故。会造成厂区人员受到一定程度伤害，影响公司正常生产，造成恶劣的社会影响。

3.5.2.1 最坏后果预测

储罐区存有的最大容量储罐发生物理爆炸，并引发火灾，对霍邱县龙源乙炔气体有限公司一定区域内人员造成人身伤害，形成恶劣社会影响。

3.5.2.2 一般后果预测

如发生惰性气体泄漏，可能在局部区域造成人员呼吸困难，中毒和窒息，影响公司正常生产。

3.5.2.3 存在的事故隐患、隐患的风险程度

充装间及储罐区危险性相对较大，视为高风险场所，应加大监控和巡查

的力度，以防止安全事故发生的概率。

操作人员的防冻伤应予以重视，加强生产工艺、设备设施的管理和维修工作，加强安全生产管理，严格执行工艺操作规程。减少冻伤事故发生。视为一般隐患。

企业厂区内进行原料、成品装卸的车辆来往多。如果车速过快、路旁主要设备设施无防撞设施和标志、路面不好（如路面有陷坑、障碍物、冰雪等），可能发生车辆撞击人体、车撞车等，进而导致车辆人员伤害等事故。视为一般隐患，要加强进场车辆的管理，防止气瓶滚落、车辆撞击储罐、人员的安全事故的发生。

3.6 重大危险源辨识过程

3.6.1 重大危险源的判定依据

重大危险源辨识的依据是《危险化学品重大危险源辨识》GB18218-2018。

3.6.2 重大危险源的判定方法

单元内危险化学品数量超过临界量包括以下两种情况：

（1）生产单元、储存单元内存在的危险化学品为单一品种时，该危险化学品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。

（2）生产单元、储存单元存在的危险化学品为多品种时，单元内多种危险化学品满足下列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， $q_1, q_2, \dots, q_n$ 表示每一种危险化学品的实际储存量；

$Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ 表示对应危险化学品的临界量。

（3）危险化学品储罐以及其他容器、设备或仓储区的危险化学品的实际存在量按设计最大量确定。

3.6.3 重大危险源辨识过程

该企业罐区设置了 1 个 31.58m^3 的液氧储罐、1 个 20m^3 的液氩储罐、1 个 21.06m^3 的二氧化碳罐；根据标准对照，在重大危险源辨识范围内的物质是液氧，液氧比重 ρ 取 $1.14\times 103\text{kg/m}^3$ 。

液氧最大贮量： $31.58\times 1.14=36.1\text{t}$ 。

生产单元只是在连接管道中残余少量的物料及其充装现场尚未运出时放置部分少量氧气瓶，一般充装时周转存放约为 100 瓶，总重量约 0.4t。

2.该公司经营乙炔、丙烷为无仓储经营，乙炔、丙烷储存量为零。

根据《危险化学品重大危险源辨识》GB18218-2018，该危险源辨识分为 2 个单元。生产单元：充装间，储存单元：液氧储罐。每个评价单元的辨识过程见下列各表。

表 3-13 生产单元危险化学品重大危险源辨识过程

单元名称		生产单元		
包含的设施		氧气瓶、氧管道（最大按 100 瓶计，每瓶 8 公斤计）充装间		
序号	危险化学品（名称）	储存量/t（q）	临界量/t（Q）	q/Q
1	氧（压缩的、液化的）	0.8	200	0.004
结论	该单元不构成危险化学品重大危险源			

表 3-14 储存单元危险化学品重大危险源辨识过程

单元名称		储存单元		
包含的设施		31.58m^3 液氧储罐 1 个		
序号	危险化学品（名称）	储存量/t（q）	临界量/t（Q）	q/Q
1	氧（压缩的、液化的）	36.1	200	0.18
结论	该单元不构成危险化学品重大危险源			

3.6.4 重大危险源辨识结果

按照《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218-2018）中的规定辨识，霍邱县双福氧气销售有限责任公司的生产单元、储存单元均不构成危险化学品重大危险源。

3.7 事故案例分析

3.7.1 氧气爆炸事故分析

2003 年 1 月 16 日下午 1 时左右，江都市某工业气体充装站在氧气充装过程中发生一起氧气瓶爆炸事故，造成 1 死 1 伤。现将有关事故调查分析情况介绍如下：

事故的基本情况：

2003 年 1 月 16 日上午 12 时许，一位氧气代充客户到江都市某工业气体充装站充装气体，共 6 只氧气瓶。充装工将氧气瓶卸下后，先将 30 只氧气瓶分两组各 15 只进行充装。约在 12 点 50 分左右，其中一组充装结束，现场充装工关掉充装总阀，紧接着就开始卸充装工具，当充装工卸下第 3 只气瓶夹具时，其中一只气瓶发生了爆炸，一名充装客户当场炸死在充装台上，一名操作人员受伤，该站共有 6 间充装间，每站站房长 4 米，宽 6 米。充装间设有 30 个充气头，气瓶爆炸后，气浪把主充装间的防火墙推倒，把充装间充装管线全部炸坏，窗户的玻璃被震碎，充装间屋面全部掀光。爆炸气瓶被炸成 3 块，大块重 29kg，中块重 23.5kg，小块重 3.5kg，气瓶爆炸后 3.5kg 的小块瓶片从屋内飞到充装站围墙外的麦田里，距离爆炸点 35 米。事故原因分析如下：

一、直接原因：

从新厂取证情况和查阅有关资料分析，意见如下：

1、对该站储罐内剩余液氧，邀请了扬子石化西欧气体有限公司有关专家进行现场取样，并带回南京分析，结果确认该储罐内液氧合格，排除了气源不合格的因素。

2、根据爆炸碎片上原有的气瓶制造和检验标志，从无缝气瓶检验站查阅该气瓶检验报告，得知该气瓶检验合格，并在检验有效期范围内，排除了过期气瓶充装的因素。

3、在爆炸现场，发现该气瓶主体被炸成 3 块（后在清理过程中发现颈圈），经称重约 56Kg，与检验报告上称重量相符，一块重约 3.5Kg 碎片飞

离充装站围墙外面，距离爆炸点 35 米。又从爆炸碎片中发现，瓶体内中下部一侧表面有一段 400mm×150mm 范围的金属烧熔痕迹，并留下了金属氧化物，这些情况都说明此次氧气瓶具有化学性爆炸的特征。

4、通过查阅相关资料和充装记录，并对现场进行勘察，同有关人员进行询问、笔录，了解到充装台上的安全阀、压力表均在有效期内，有校验报告，当时充装压力为 11.0MPa。又对爆炸现场进行了清理，发现爆炸瓶右侧有 3 只瓶内尚有气体，现场进行压力测试，发现这 3 只瓶内均有压力，且在 10.0MPa 左右，这就进一步排除了物理爆炸性的可能（不超压）。

5、对上述 3 只气瓶采用吸耳球取样，并用着火烟头试验，发现烟并没有明显的助燃作用，无气体爆鸣，同时对 1 只气瓶又进行了压力测试显示为 9.0MPa。之后将 3 只气瓶压力降至 2.0MPa 左右，经可燃性气体报警仪测试，未发现瓶内有可燃气体。

综上所述，该起事故是由于氧气瓶内混有其他可燃性物质（该可燃性物质为油脂类的倾向较大），该瓶内可燃性物质在充装过程中与氧气混合发生了化学性爆炸。

二、间接原因：

1.安全管理制度执行得不够严格。根据气站有关气瓶充装管理规定，该充装站属于易燃易爆场所，非充装人员不允许进入气瓶充装站，而该站却允许充装客户进入气瓶充装场所，根据事故现场清理分析，右侧 3 只气瓶尚有气体，可能是死者参与了气瓶关阀操作，气站没有人发现，说明该站在安全管理上还存在较多的薄弱环节。

2.气站没有严格执行气瓶充装前安全检查的规定。按照国家气瓶充装有关规定，气瓶在充装前应进行外观检查，充装过程中还应不断对瓶体温度进行逐个检查，目的是防止气瓶内混有其他可燃性物质，防止气瓶温度在充装中升高，这也是气瓶爆炸的重要原因之一。

三、事故教训：

1.气瓶充装前，除严格执行外检工作外，还需要进行取样分析和充装过程中的检查，这是防止气瓶爆炸的重要措施。

- 2.气站充装间必须严格执行闲人免进的安全管理制度。
- 3.加强职工的安全培训教育，不断增强其安全意识和自我保护意识。

3.7.2 山东滨化集团化工公司“4.15”氮气窒息事故

1.事故经过：

2007 年 4 月 15 日 7 时 50 分左右，滨州市天安机电设备工程有限公司在山东滨化集团化工公司石化车间计量罐区进行检修施工时，发生氮气窒息事故，造成 1 人死亡，2 人受伤。

滨州市天安机电设备工程有限公司于 2006 年 4 月 4 日在滨州市工商局注册，注册资金 50 万元，经营范围为中央空调设备及安装，路灯、楼宇自控、建材销售，电器设备，太阳能设备销售及安装，防腐、保温、屋面防水。从 4 月 7 日开始，滨化集团化工公司石化车间开始停车检修。天安公司 4 月 14 日上午完成了环氧丙烷计量罐盘管更换项目的施工作业。随后，石化车间根据工艺需要向环氧丙烷计量罐充氮并进行水压试验，水压试验过程中发现短节有漏点。在 16 时 30 分左右召开的检修例会上，车间决定更换短节并由周向东、郝新坡负责安排落实。17 时 30 分左右，周向东、郝新坡通知刘景超，要求对计量罐内一段法兰短节进行更换。刘景超在未办理《进入受限空间作业许可证》的情况下就指示职工打开环氧丙烷计量罐人孔盖，刘滨滨未采取相应安全措施，通过人孔进入罐内发生窒息，另有 2 人在施救过程中又先后中毒窒息。其中刘滨滨经抢救无效死亡。

2.事故原因：

滨化集团化工公司石化车间 4 号环氧丙烷计量罐已经充氮，罐内氮气含量过高，严重缺氧，刘景超未办理进入《进入受限空间作业许可证》就指示职工打开环氧丙烷计量罐人孔盖，刘滨滨未采取相应安全措施，通过人孔进入罐内发生窒息死亡，是事故发生的直接原因。

滨化集团化工公司对检修施工承包单位安全生产工作缺乏统一协调、管理；安全评价公司在对滨化集团化工公司的安全评价报告中没有对生产、检修过程中的氮气进行危险有害因素分析和提出安全防范措施建议，也是事故发生的主要原因。

3.防范措施:

- (1) 切实加强安全生产工作的领导,健全各项安全规章制度,修改和完善安全操作规程,全面落实各级安全生产责任制,严格考核。对违章违纪严肃处理,绝不手软;
- (2) 加强对职工安全生产教育和培训;
- (3) 深入开展检维修作业风险分析工作,加强现场管理;
- (4) 选择具备资质的业务水平相对较高的安全评价机构进行本单位下一步的安全评价工作。

3.7.3 氧气管道爆炸事故

1. 事故过程: 2005 年 4 月 14 日上午 10 时左右, 安徽省某公司机动科组织有关人员(总调度、机动科长、仪表负责人、生产维修工人)共 8 人进入调压站进行气动调节阀更换作业。作业人员首先关闭了管线两端阀门隔断气源, 然后松开气动调节阀法兰螺栓, 在松螺栓过程中发现进气阀门没有关紧, 仍有漏气现象, 又用 F 型扳手关闭进气阀门。在漏气情况消除后, 作业人员拆卸掉故障气动调节阀, 换上经脱脂处理的新气动调节阀, 安装仪表电源线和气动调节阀控制汽缸管线, 并用万用表测量。上述工作完毕, 制氧工艺主管张某接到在场的调度长批准令, 到防爆墙后边, 开启气动调压阀约 2~3s 后, 就听到一声沉闷巨响, 从防爆墙另一侧的前后喷出大火。张某想转身关阀, 受大火所阻, 立即快速跑向制氧车间, 边叫人灭火, 边关停氧压机以切断事故现场的氧气, 阻止火势扩大。后张某又想起氧气来源于氧气罐, 便爬上球罐关阀, 这才切断了事故现场氧气源。至此, 火势终于被控制住。

事后, 通过爆炸现场勘查发现, 调压站内的氧气管道被完全烧毁, 旁路管道的内部没有燃烧痕迹, 证明管道被炸开。事故现场作业人员共有 8 人, 其中 7 人死亡(3 人当场死亡, 4 人经医院抢救无效后死亡)。事故发生时另有 1 人在调压站氮气间, 与氧气间中间有防火墙阻隔, 没有受到伤害。

事后经调查, 该调压管线的气动调节阀经常发生阀芯内漏故障, 投产以来至少已更换过 3 次气动调节阀。此外, 该厂压力管道未经安装监督检验, 对此, 地方特种设备监察部门已下达了安全监察指令, 责令禁止使用, 恢复

原状，分管市长也多次进行协调，但因种种原因，隐患整改工作并没有得到认真落实。

2. 事故原因：“4·14”氧气管道爆炸事故发生后，根据爆炸时出现的放热性、快速性特点，事故调查组确认这是一起化学性爆炸事故。另据“加压的可燃物质泄漏时形成喷射流，并在泄漏裂口处被点燃，瞬间产生了喷射火”等现象，调查人员认为，燃烧、爆炸、喷射火是这次事故的主要特点，喷射火又是造成众多人员伤亡和管道、阀门烧熔的重要因素。

燃烧爆炸的 3 个基本要素是助燃剂、燃烧物质、点燃能量。在 3 个基本要素中，缺少任何 1 个要素都不会引发燃烧爆炸。

（1）助燃物质

氧气是一种化学性质比较活泼的气体，它在氧化反应中提供氧，是一种常用的氧化剂。

在生产环境中，一般化工检修规定，控制氧含量在 19%~23%，既要防止缺氧，又要防止富氧，两种状况均能导致事故。此次事故完全具备富氧状态条件。拆卸气动调节阀，管内原存的余气被释放至大气；在检修过程中，发现阀门未关死，有氧气逸出；在用氧气试漏时，没有证据表明气动调节阀法兰密封可靠，因此，有氧气泄漏的可能性；爆炸时检修管线内部必然存在氧气。可见，在检修过程中，有发生富氧状态的环境和条件。

查证管道检修试压时的当班记录，事故发生前氧气球罐和输送管道内存有 2.5MPa, 99.0%~99.5%的氧气，当天试压时通过氧气管道压力最低 1.3MPa，最高可能达到 1.8MPa；气流速度大于 15m/s。

（2）可燃物质

在浓度较高的氧气环境中，人体、衣物、金属都会成为还原剂，与氧气发生氧化还原反应。也就是说，人体、衣物、金属在富氧状态下成为可燃物。更换的气动调节阀虽然经过脱脂清洗，但没有按照有关安全规定进行完全脱脂，比对同批进货的气动调节阀解体检查发现，其内部存有大量油脂。作业人员除脂过程只是用棉纱蘸少量四氯化碳擦洗外部可擦部位，没有解体浸泡、清洗，领用的 500ml 清洗剂仅用了 75ml，脱脂方法和脱脂剂消耗量不能达

到完全脱脂的要求，具有存有油脂的可能性。另外，作业者的工具、衣物、手套也可能沾有油污（脂）。因此，在作业环境中，有发生爆炸的可燃物质条件。

（3）激发能量

从事故现场看，有多种造成爆炸燃烧的激发能量条件：作业人员衣着化纤衣物导致的静电；使用非防爆型工具；采用非防爆型照明；在一定的压力、温度条件下，纯氧能与油脂反应，反应后放出的热量会引起油脂自燃；作业者打开进气阀用氧气试漏，气体绝热压缩导致温度上升；操作阀门时开阀速度过快，高速气流与管件、阀门摩擦产生静电等都可成为燃爆的激发能量。

（4）事故原因分析推断

燃烧爆炸的 3 个基本因素都已满足，燃烧爆炸很难避免。从事故后掌握的情况进行分析推断，事故发生过程是由于管道内部纯氧状态下或在泄漏形成管道外部空间呈富氧状态，遇到激发能量后，引起激烈的化学反应（燃烧、爆炸），爆炸后造成大量氧气喷出，反应释放出大量热能，喷射火喷射的高温致使钢管熔化和燃烧反应更加激烈，导致整根管线被毁和人员伤亡。

由此可以认定，新更换气动调节阀脱脂不完全是事故的直接原因，违章使用氧气试漏是导致发生爆炸的另一重要原因。

3. 预防措施：（1）氧气生产、输送管道应按照《国务院特种设备监察条例》进行安全性能检验，检验合格方可投入使用。检验的目的是检查特种设备的制造质量和安装质量，避免不符合安全使用要求的设备投入使用。对不符合安全技术规范的特种设备，必须停止使用。在特种设备安全监察过程中，要严格按照安全技术规范的要求实施检查，对达不到安全使用要求的设备，应立即停止使用，并督促企业整改。

（2）对化工生产、氧气制造、输送企业，应督促企业切实落实特种设备安全管理的主体责任。对一些企业负责人安全生产责任意识淡薄、思想麻痹的现象要及时纠正，通过完善企业特种设备各项管理制度，落实企业安全责任，层层负责，严加管理，减少事故的发生，杜绝违章作业，发现问题及

时处理，切实消除事故隐患，对隐患不能及时消除和缺乏安全保障的设备，在未整改之前必须坚决停用。

(3) 对列为重点监控的化工、制氧设备，必须要求生产、使用单位落实具体负责人和具体监控措施；加强重点部位的巡查，并制定相应的预警和应急救援方案，适时进行演练，提高应对紧急事件的能力。特种设备安全监察机构与行业主管部门应当加强督促检查。

(4) 特种设备安全监察部门要与安监部门、行业监管部门主动联系、交流、沟通，提高联合执法能力，对交叉管理的化工、制氧生产企业，应消除特种设备安全监察盲区，避免重大事故的发生。

(5) 对特种设备事故的处理既要注重事后追究，也不可缺少事前预防。大多数生产安全事故是在发生事故或造成严重后果后才追究有关责任人的刑事、行政责任的，而对不依法履行安全管理职责、落实安全工作责任、违反特种设备安全管理规定造成隐患或危害公共安全的行为，惩罚力度不够。这就助长了一些企业、单位和个人冒险作业、违章指挥的侥幸心理，导致重大特种设备事故的频频发生，因此，事后追究是必不可少的，其效果就是要达到“小惩大戒”的目的。“刑轻利重”导致一些领导重经济，轻安全。应对的措施是勤检查、多督促、抓落实、狠整治、严执法，只有这样，才能有效地实现特种设备事故的事前预防，减少事故的发生。

第四章 评价方法及单元划分

4.1 单元划分及理由说明

本次评价为突出重点，避免漏项，在对存在的危险、有害因素全面分析的基础上，按布置的相对独立性，综合考虑工艺流程和总平面布局等方面因素，将整个系统划分为几个既相互独立，又相互联系的系统，即评价单元，其功能、组成、危险有害因素不尽相同。划分评价单元后，再逐一进行评价，得出相应的评价结果，最后对整个系统作出综合性评价。评价单元的划分结果及理由说明见下表。

表 4-1 评价单元的划分结果及理由说明一览表

序号	评价单元	单元内容	理由说明（简述）
1	外部安全条件	选址、四周安全间距等	评价外部安全条件是否符合规范要求，是否能满足安全生产的需要。
2	内部安全条件	内部安全间距、平面布置	评价内部建构筑物的布局是否合理，建构筑物之间的安全间距是否符合设计要求，是否能满足安全生产的需要。
3	主要装置、设施	生产场所、装置、设施	评价主要装置设施是否能满足安全生产的需要。
4	安全设施	安全设施、防雷防静电、消防等	评价安全设施是否能满足安全生产的需要，是否与企业生产经营匹配。
5	安全管理	安全管理组织机构及 安全管理制度	安全管理单元是用来检查企业安全管理措施是否到位，是否依法为企业职工办理了相关职业保护和劳动保护措施，是否对强制检测的设备设施和特种设备依法办理了相关的检验检测，是否落实了安全生产责任制和各级岗位制度等。

4.2 评价方法的选用

遵循安全评价方法选择充分性、适应性、系统性、针对性、合理性的原则，根据评价项目的特点和具体条件，针对被评价系统的实际情况和评价目标，选择恰当的安全评价方法。采用的安全评价方法及理由说明如下表所示。

表 4-2 采用的安全评价方法及理由说明

序号	评价单元	评价方法	理由说明（简述）
1	外部安全条件	安全检查表法	检查选址是否合理，外部安全防火间距是否符合要求
2	内部安全条件	安全检查表法	检查生产场所与企业内部建构筑物之间的安全防火间距是否符合要求，布局是否合理
3	主要装置、设施	安全检查表、事故树、事故后果模拟	根据物质特性、操作条件、工艺过程等，定性、定量分析生产场所的固有的危险程度检查储存场所的安全设施是否符合要求。
4	安全设施	安全检查表法	评价安全设施是否能满足安全生产的需要。
5	安全管理	安全检查表法	检查安全管理与国家法律法规、标准、规范的符合性。

4.3 选用的安全评价方法简介

根据已划分的评价范围，并结合企业安全现状评价的实际需要，选择了安全评价方法概述如下：

4.3.1 安全检查表法

安全检查表针对被评价单位存在的固有危险和有害因素，依据国家相关标准、规程、规范及规定，通过采用检查表法进行检查，查找出系统中各种潜在的事故隐患。

安全检查表是由熟悉工程工艺、设备及操作，并且具备安全知识和经验的工程技术人员，经过事先对评价对象详尽分析，列出检查单元、检查项目、检查要求及检查结果等内容的表格。

安全检查表是一种定性的评价方法。安全检查表的编制中，应明确检查对象，明确所要遵循的标准、规范，具体剖析并细分检查对象，根据不同的检查阶段及要求选择适宜的检查表类型。由于其种类多，可适用于各个阶段、各个不同用途的检查要求，因此是应用极为广泛的一种安全评价方法。

使用安全检查表可发现工程系统的自然环境、地理位置条件、现场环境以及设计中工艺、设备本身存在的缺陷，防护装置的缺陷，保护器具和个体防护用品的缺陷以及安全管理等诸多方面的潜在危险因素，从而找出所造成

的不安全行为与不安全状态，可做到全面周到，避免漏项，达到风险控制的目的。运用安全检查表进行日常检查，是安全分析结果的具体落实，是预防工程潜在危险、危害事故发生的有效工具。

4.3.2 事故树分析法

事故树分析又称为故障树分析（FTA），是一种演绎的系统安全分析方法。它是从要分析的特定事故或故障开始（顶上事件），层层分析其发生原因，直到找出事故的基本原因，即故障树的底事件为止。这些底事件又称为基本事件，它们的数据是已知的或者已经有过统计或实验的结果。FTA 一般可分为以下几个阶段：

（1）选择合理的顶上事件，系统分析边界和定义范围，并且确定成功与失败的准则；

（2）资料收集准备，围绕所需要分析的事件进行工艺、系统、相关数据等资料的收集；

（3）建造故障树，这是 FTA 的核心部分。通过对已收集的技术资料，在设计、运行管理人员的帮助下，建造故障树；

（4）对故障树进行简化或者模块化；

（5）定性分析，求出故障树的全部最小割集，当割集的数量太多，可以通过程序进行概率截断或割集阶截断；

（6）定量分析，这一阶段的任务是很多的，它包括计算顶事件发生概率即系统的点无效度和区间无效度，此外还要进行重要度分析和灵敏度分析。

事故树分析方法可用于洲际导弹（核电站）等复杂系统和其它各类系统的可靠性及安全性分析、各种生产的安全管理可靠性分析和伤亡事故分析。

第五章 定性、定量评价

5.1 企业外部安全条件

依据《氧气站设计规范》GB 50030-2013、《深度冷冻法生产氧气及相关气体安全技术规程》GB16912-2008、《工业企业总平面设计规范》GB50187-2012 等规范，使用安全检查表对该公司的厂址及周边环境进行检查，检查情况见下表 5-1。

根据《氧气站设计规范》（GB50030-2013）、《建筑设计防火规范》（GB50016-2014）、《深度冷冻法生产氧气及相关气体安全技术规程》（GB16912-2008）中相关条款规定，各建构筑物与外部四周相邻建（构）筑物防火间距进行逐项检查如下表。

单元小结：通过以上检查分析可知，该公司厂区的选址、周边环境、外部安全防火距离均符合国家相关法律法规、标准、规范的要求。

经与上次换证相比较，该公司的周边环境未发生变化。

5.2 企业内部安全条件

依据《氧气站设计规范》GB 50030-2013、《建筑设计防火规范》GB 50016-2014（2018 年版）、《危险化学品经营企业安全技术基本要求》GB 51826-2019 的相关规定，对该公司总平面布置进行检查，检查结果见表 5-4。

依据《氧气站设计规范》GB 50030-2013、《深度冷冻法生产氧气及相关气体安全技术规程》GB 16912-2008 的相关规定，对该公司主要工艺设备、设施之间的内部防火间距进行检查，检查情况见下表 5-5：

单元小结：通过安全检查表检查结果可知，该公司的内部防火间距和平面布置符合标准规范的要求。经与上次换证相比较，该公司的总平面布置和内部防火间距未发生变化。

5.3 生产设备、设施、装置运行状况

5.3.1 工艺流程现状和变化情况

该公司工业气体充装工艺为国内行业普遍采用的工艺，工艺技术成熟、可靠。其工业气体充装工艺技术与上次取证时相比较，未发生变化。

5.3.2 主要装置、设备设施

1. 运行情况

该公司液化工业气体（氧、氩、二氧化碳）储罐、气体钢瓶、低温液体输送泵及其附件压力表、安全阀，采用安全检查表对其检查如下：

2. 检验、检测情况

评价小结：通过对主要装置、设备设施和工艺流程运行状况进行检查评价，共检查 62 项，除 2 项不符合要求外，其他均符合有关规范标准的要求。

5.3.3 液氧储槽爆炸事故树分析评价过程

5.3.3.1 事故树的建立

事故树是按照演绎分析的原则，从要分析的特定事故或故障开始，层层分析其发生原因，一直分析到不能再分解为止，将特定的事故和各层原因（危险因素）之间用逻辑门符号连接起来，得到形象、简洁地表达其逻辑关系（因果关系）的逻辑树图形。通过对事故树简化、计算，可达到分析、评价的目的。液氧储槽爆炸事故树见图。

5.3.3.2 求最小割集

以下仅对化学性爆炸进行分析。

由于液氧储槽爆炸事故树图较为复杂，计算最小割集时如全部具体到基本事件，则割集十分庞大，既不便于表达，也不便企业采取控制措施。因此，可视具体情况对事故树取某一便于采取措施的中间事件作为基本分析单元，得到的“最小割集”如下：

$$K_1=\{X_1A_{211}A_{212}\}K_2=\{X_1X_{15}X_{16}X_{17}\}$$

$$K_3=\{A_{11}A_{211}A_{212}\}K_4=\{A_{11}X_{15}X_{16}X_{17}\}$$

$$\begin{aligned} K_5 &= \{A_{12}A_{211}A_{212}\} K_6 = \{A_{12}X_{15}X_{16}X_{17}\} \\ K_7 &= \{X_{18}X_{25}\} K_8 = \{X_{18}X_{26}\} \\ K_9 &= \{X_{18}X_{27}X_{28}\} K_{10} = \{X_{19}X_{25}\} \\ K_{11} &= \{X_{19}X_{26}\} K_{12} = \{X_{19}X_{27}X_{28}\} \\ K_{13} &= \{X_{20}X_{21}X_{23}X_{25}\} K_{14} = \{X_{20}X_{21}X_{23}X_{26}\} \\ K_{15} &= \{X_{20}X_{21}X_{23}X_{27}X_{28}\} K_{16} = \{X_{20}X_{21}X_{24}X_{25}\} \\ K_{17} &= \{X_{20}X_{21}X_{24}X_{26}\} K_{18} = \{X_{20}X_{21}X_{24}X_{27}X_{28}\} \\ K_{19} &= \{X_{20}X_{22}X_{23}X_{25}\} K_{20} = \{X_{20}X_{22}X_{23}X_{26}\} \\ K_{21} &= \{X_{20}X_{22}X_{23}X_{27}X_{28}\} K_{22} = \{X_{20}X_{22}X_{24}X_{25}\} \\ K_{23} &= \{X_{20}X_{22}X_{24}X_{26}\} K_{24} = \{X_{20}X_{22}X_{24}X_{27}X_{28}\} \end{aligned}$$

3. 结构重要度分析

液氧储槽爆炸事故树有 24 个“最小割集”，含 19 个基本分析单元，

$$\begin{aligned} I(X_1) &= 1/2^{3-1} + 1/2^{4-1} = 3/2^3 & I(X_{15}) &= 3/2^{4-1} = 3/2^3 \\ I(X_{16}) &= 3/2^{4-1} = 3/2^3 & I(X_{17}) &= 3/2^{4-1} = 3/2^3 \\ I(X_{18}) &= 2/2^{2-1} + 1/2^{3-1} = 10/2^3 & I(X_{19}) &= 2/2^{2-1} + 1/2^{3-1} = 10/2^3 \\ I(X_{20}) &= 8/2^{4-1} + 4/2^{5-1} = 10/2^3 & I(X_{21}) &= 4/2^{4-1} + 2/2^{5-1} = 5/2^3 \\ I(X_{22}) &= 4/2^{4-1} + 2/2^{5-1} = 5/2^3 & I(X_{23}) &= 4/2^{4-1} + 2/2^{5-1} = 5/2^3 \\ I(X_{24}) &= 4/2^{4-1} + 2/2^{5-1} = 5/2^3 & I(X_{25}) &= 2/2^{2-1} + 4/2^{4-1} = 12/2^3 \\ I(X_{26}) &= 2/2^{2-1} + 4/2^{4-1} = 12/2^3 & I(X_{27}) &= 2/2^{3-1} + 4/2^{5-1} = 6/2^3 \\ I(X_{28}) &= 2/2^{3-1} + 4/2^{5-1} = 6/2^3 & I(A_{11}) &= 1/2^{3-1} + 1/2^{4-1} = 3/2^3 \\ I(A_{12}) &= 1/2^{3-1} + 1/2^{4-1} = 3/2^3 & I(A_{211}) &= 3/2^{3-1} = 6/2^3 \\ I(A_{212}) &= 3/2^{3-1} = 6/2^3 \end{aligned}$$

因此，得到结构重要顺序为： $I(X_{25})=I(X_{26})>I(X_{18})=I(X_{19})=I(X_{20})>I(X_{27})=I(X_{28})=I(A_{211})=I(A_{212})>I(X_{21})=I(X_{22})=I(X_{23})=I(X_{24})>I(X_1)=I(X_{15})=I(X_{16})=I(X_{17})=I(A_{11})=I(A_{12})$ 。

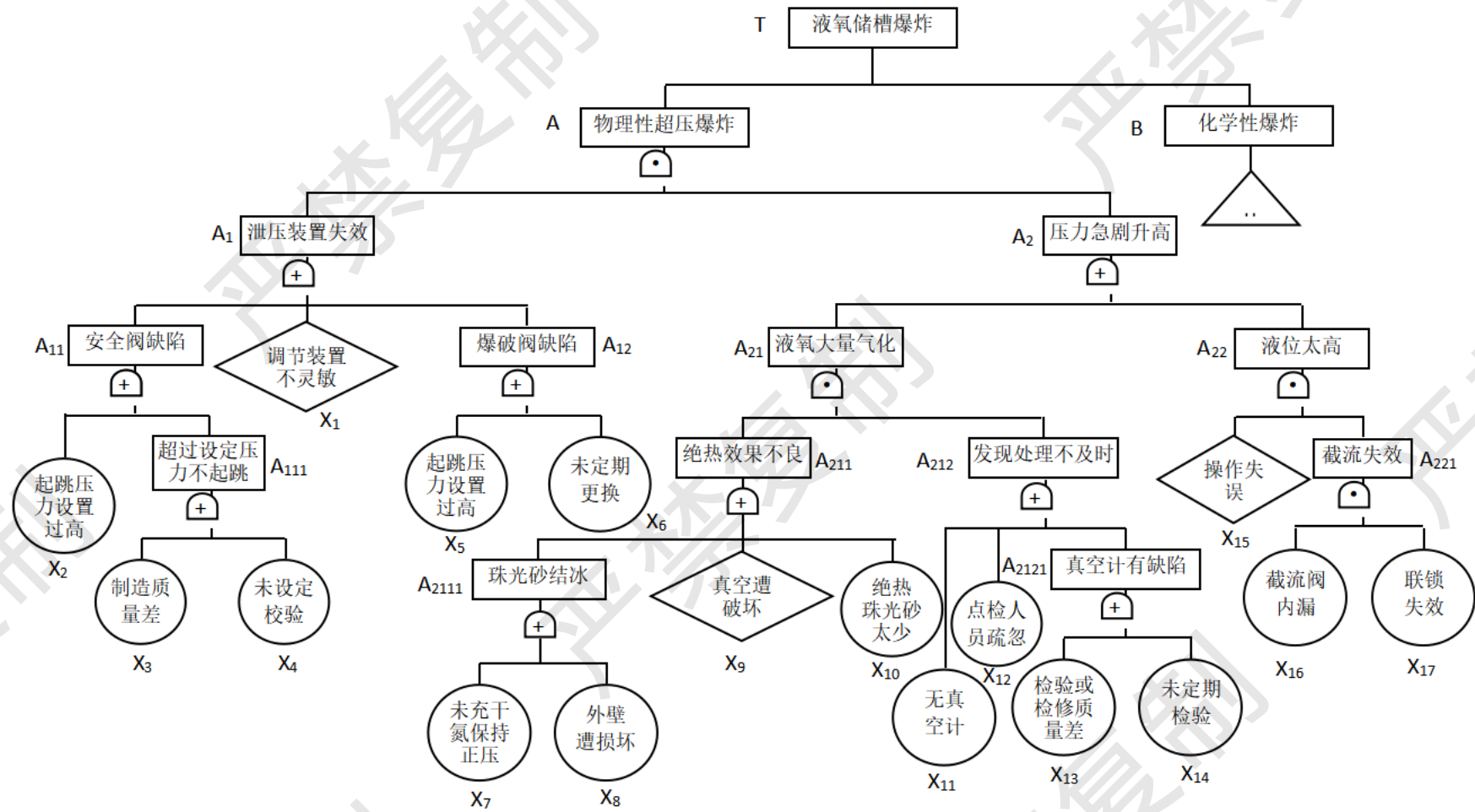


图 5-1 液氧储槽爆炸事故树

这个顺序说明， x_{25} （电器打火）和 x_{26} （动火作业）结构重要系数最大，是液氧储槽燃爆的重要条件。这就要求电气设备的各种联锁保护完好可靠：动火前制定动火方案，其内容包括负责人、作业流程图、操作方案、安全措施、人员分工、监护人、化验人员等；方案需经有关领导和安全管理部门批准，办理动火票手续，液氧处理干净（放散并用氮气或无油干燥空气置换），含氧量 19%—23% 方准动火。 x_{18} （检修后脱脂不彻底）、 x_{19} （新罐使用前未彻底脱脂）及 x_{20} （液氧未外运）结构重要系数位于第二，因此液氧储槽检修后或新液氧储槽使用前应彻底脱脂，并用紫外灯检查。避免液氧在罐内长期储存对防止其爆炸也十分重要。

4. 预防事故措施

通过对液氧储槽爆炸事故树的分析，提出以下预防控制措施：

（1）定期测定粉末真空绝热式液氧储槽夹层的真空度，使其绝对压力保持在 1.36~6.8Pa 范围内。

（2）珠光砂绝热液氧储槽，应向绝热层充入无油干燥氮气，并保持正压。

（3）液氧储槽的压力表、液位计、调压阀、安全阀等均应灵敏可靠，并定期校验。

（4）液位应在规定的范围之内，最大充装量为几何容积的 95%，不得超装；液位报警、联锁装置灵敏可靠。

（5）严禁液氧储槽的使用压力超过设计的工作压力。

（6）每周至少分析一次液氧中的 C_2H_2 含量，若发现超过 0.1×10^{-6} ，则应补充液氧或适量排放。

（7）液氧储槽检修后应严格脱脂。

（8）保持液氧储槽的防雷、防静电接地良好，并定期检测，接地电阻小于 10Ω 。

（9）加强压力容器现场环境管理，液氧储槽周围不准存放可燃物，30 米范围内不得有明火。

5.3.3.3 液氧储槽发生冲击波超压爆炸伤害范围模拟计算

该公司经营过程中涉及的物料有液氧气、液态二氧化碳、液氩等。液氧为助燃物质，在触及油脂或其他可燃物后，有引起爆炸或火灾的危险性。相对液态二氧化碳、液氩而言，该公司涉及的液氧更具有危险性。

由前文的分析辨识可以看出，该公司使用的虽然是成熟的工艺，但还是存在火灾、中毒和窒息、低温冻伤的危险。所以，应对其进行重大事故后果模拟。

1. 液氧爆炸事故后果模拟

(1) 冲击波超压的伤害、破坏作用

压力容器爆破时，爆破能量在向外释放仅以冲击波能量、碎片能量和容器残余能量 3 种形式表现出来，后两种形式所消耗的能量只占总爆破量的 3%~5%，亦即，能量产生的是空气冲击波。

冲击波是一种强压缩波，波前、波后介质的状态参数（温度、压力、密度）具有急剧的变化，实际上冲击波是介质状态参数急剧变化的分界石。

冲击波是由压缩波叠加形成的，是波阵面以突进形式在介质中传播的压缩波。容器破裂时，容器内的高压气体大量冲出，使它周围的空气受到冲击而发生扰动，使基状态（压力、密度、温度等）发生突跃变化，其传播速度大于扰动介质的声速，这种扰动在空气中传播就成冲击波。

冲击波对人体的伤害作用见下表。

表 5-8 冲击波对人体的伤害作用

超压	伤害作用	超压	伤害作用
0.02~0.03	轻微损伤	0.05~0.1	内脏严重操作或死亡
0.03~0.05	听觉器官损伤骨折	大于 0.1	大部分人员死亡

(2) 爆破能量

假设当容器破裂发生爆炸时，除了气体的急剧膨胀做功外，还有过热液体激烈的蒸发过程，其爆破能量计算如下：

$$E=[(H_1-H_2)-(S_1-S_2)T_1]W$$

式中 E——过热状态液体的爆破能量，kJ

H_1 ——爆炸前饱和液体的焓 kJ/kg ， 39.7 kJ/kg

H_2 ——在大气压力下饱和液体的焓 kJ/kg ， 20.9 kJ/kg

S_1 ——爆炸前饱和液体的熵， $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ ， $0.76 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$

S_2 ——在大气压力下饱和液体的熵， $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ ， $0.50 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$

T_1 ——介质在大气压力下的沸点， $^\circ\text{C}$ ，查得 90k ，即 -183°C

W ——饱和液体的质量， kg ， $30.78 \times 1000 = 30780 \text{ kg}$

$$E = [(39.7 - 20.9) - (0.76 - 0.50) \times (-183)] \times 30780 \\ = 2043176.4 \text{ kJ}$$

(3) 将爆破能量换算成 TNT 当量 q_{TNT} 。

$$(4) \quad q = E/q_{\text{TNT}} = E_g/4500 = 454.04 \text{ kg}_{\text{TNT}}$$

(5) 求出炸药爆炸的试验模拟比实验数据表明，不同数量的同类炸药发生爆炸时，如果目标与爆炸中心距离 R 和目标与基准爆炸中心的相当距离 R_0 之比，与爆炸时产生冲击波所消耗的炸药量 q (kg_{TNT}) 和基准炸药量 q_0 (kg_{TNT}) 之比的三次方根相等，即：

$$(6) \quad \alpha = (q/q_0)^{1/3} = (454.04/1000)^{1/3} = 0.769$$

(4) 求出在 $1000 \text{ kg}_{\text{TNT}}$ 爆炸试验中的相当距离 R_0 ，即 $R_0 = R/\alpha$ ，选取离爆炸中心的不同距离 R ，得出 R_0 后，查表（ $1000 \text{ kg}_{\text{TNT}}$ 爆炸时的冲击波超压表）并采用插入法，求出相应的超压，即为所选取距离 R 处的超压，根据上面取值： $R = R_0 \alpha$

表 5-9 $1000 \text{ kg}_{\text{TNT}}$ 爆炸的冲击波超压

$R(\text{m})$	15.1	20.7	30.2	37.5	51	62.3	96.2
$R_0(\text{m})$	16.6	22.8	33.2	41.2	56.0	68.5	105.8
$\Delta P_0(\text{MPa})$	0.20	0.10	0.05	0.03	0.02	0.015	0.005

当储罐发生爆炸时，距爆炸中心 **20.7m** 以内的大部分人员将会死亡。

当储罐发生爆炸时，距爆炸中心 **20.7m~30.2m** 以内的人员将受重伤或死亡。

当储罐发生爆炸时，距爆炸中心 **30.2m~37.5m** 以内的人员听觉器官损伤或骨折。

当储罐发生爆炸时，距爆炸中心 **37.5m~51m** 以内的人员轻微伤害。
模拟结果见下表。

表 5-10 液氧储槽发生超压爆炸的伤亡半径

超压 ΔP / MPa	伤害作用	距爆炸中心距离 R/ m
0.02~0.03	轻微损伤	51m~37.5
0.03~0.05	听觉器官损伤或骨折	37.5m~30.2
0.05~0.10	内脏严重损伤或死亡	20.7m~30.2
>0.10	大部分人员死亡	<20.7m

根据上表可知，当超压小于 0.02MPa 时，人员才能免于损伤，此时的安全防护距离为 51m。

2.液氧泄漏事故后果模拟

一般情况下，泄漏的液体在空气中蒸发而生成气体，泄漏后果与液体的性质和贮存条件（温度、压力）有关。一般包含：常温常压下液体的泄漏；加压液化气体的泄漏；低温液体的泄漏三种情况。

（1）液体泄漏速度用流体力学的伯努利方程计算，液体泄漏速度为：

$$Q_0 = C_d \times A \times \rho \times \sqrt{2 \times (p - p_0) / \rho + 2 \times g \times h}^{1/2}$$

式中：Q0——液体泄漏的速度，kg/s

Cd——液体泄漏系数，参照下表选取；

A——裂口的面积，m²；

ρ ——泄漏液体的密度，kg/ m³

P——容器内介质压力，Pa；

P0——环境压力，Pa；

g——重力加速度，9.8m/s

h——裂口之上液位高度，m

表 5-11 泄漏系数取值表

雷诺数 (Re)	裂口形状		
	圆形（多边形）	三角形	长方形
>100	0.65	0.60	0.55
≤100	0.50	0.45	0.40

(2) 假设储罐区液体发生泄漏，泄漏时间为 10min（如有监测装置，泄漏时间为 30s）。储存的物料为低温下储存。（评价组认为液体物料泄漏与机泵等连接处泄漏的可能性较大。）

经计算： $Q_{O_2}(\text{液氧})=0.0024\text{kg/s}$

(3) 液氧泄漏后的扩散

根据《低温液体贮存设备使用安全规则》（JB6898-2015）第 3.1 条的计算，1L 液氧在标准状态下，其气体膨胀为 800L。

液态气体泄漏后迅速气化并扩散，在一定泄漏量范围内（比重接近空气）其扩散区域可模拟为一半径为 R 的半球形，并可由下式计算：

$$R = \sqrt[3]{\frac{V}{\frac{1}{2} \times \frac{4\pi}{3} \times \rho}}$$

式中：V——液态气体膨胀后的体积

ρ ——液态气体在空气中的浓度

若液氧泄漏后，则可能发生氧中毒（浓度为 40%）的区域半径计算为：
（ $\rho=40\%-21\%=19\%$ ，原氧气在空气中的浓度为 21%）

$$R_{\text{氧}} = \sqrt[3]{\frac{1.44 \times 800}{1/2 \times 4/3\pi \times 19\%}} = 12.61\text{m}$$

如液氧储槽发生泄漏，在一定时间内汽化（假设泄漏的液氧全部汽化，实际与温度等条件相关），因氧气的浓度如高于 40%，有引起氧中毒的事故发生的可能，在泄漏点周围 12.61m 范围内，有可能发生中毒和窒息事故。根据上述可知，此时的安全防护距离为 12.61m。

5.4 安全设施完好有效情况

该公司的各类安全设施保持正常运行，状态完好，储罐等的安全附件中安全阀、压力表均已进行了检测合格，液氧泵的低温联锁装置正常使用，其安全经营条件未做降低或减弱。

该公司经营、储存的危险化学品氧、氩、二氧化碳，均由槽罐车负责运

输，储存于立式低温储罐中，是国内主要采用的运输及储存方式，其运输及储存情况相对安全可靠。该公司不涉及危险化工工艺，无连续化生产装置。

5.4.1 重大生产安全事故隐患判定

根据原国家安全监管总局印发《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）》和《烟花爆竹生产经营单位重大生产安全事故隐患判定标准（试行）》的通知（安监总管三〔2017〕121号）规定，该企业涉及的重大生产安全事故隐患情况分析如下表所示。

评价小结：经检查分析可知，该企业无重大生产安全事故隐患。

5.4.2 特种设备重大生产安全事故隐患判定

根据《特种设备重大事故隐患判定准则》（GB 45067-2024）的规定，对该公司涉及的特种设备重大事故隐患检查如下表所示。

评价小结：经检查分析可知，该公司不构成特种设备重大事故隐患。

5.5 安全管理单元检查

5.5.1 安全生产管理机构和专职安全生产管理人员的设置和配备情况

依据《中华人民共和国安全生产法》等，采用安全检查表对该公司的安全管理情况进行检查、评价，详见表所示 5-18。

小结：采用安全检查表对该公司的安全管理情况进行检查、评价，共检查 44 项，除不涉及外，其他均符合要求。

5.5.5 事故及应急管理

5.5.5.1 可能发生的事故应急救援预案的编制情况。

该公司针对经营过程可能发生的事故类型，编制了事故应急救援预案，预案已经专家评审后在主管部门登记备案（备案登记表见附件材料）。

5.5.5.2 事故调查处理与吸取教训的工作情况

现场检查和问询了解情况，该公司未发生安全生产事故。

对安全生产应急救援环节，依据《生产安全事故应急预案管理办法》

〔2019 年修订〕采用安全检查表检查如下表 5-19。

小结：采用安全检查表对该公司的应急预案情况进行检查、评价，共检查 26 项，除不涉及外，其他符合要求。

5.5.6 危险化学品经营单位安全评价

根据《危险化学品经营单位安全评价导则（试行）》（原安监管管二字〔2003〕38 号）附录 A“危险化学品经营单位安全评价现场检查表”内容，对各评价单元进行现场检查，并就检查结果进行分析评价，具体检查结果如下：

第六章 对策措施与建议

6.1 存在的问题及整改建议

安全评价项目组对该公司进行了全面检查，针对检查中发现的问题，提出整改措施和建议见下表：

6.2 事故隐患整改完成情况

该公司对存在的问题及事故隐患高度重视，进行了认真整改落实。经评价组到现场进行了复查，整改完成情况详见下表：

评价小结：该公司对提出的问题已落实了整改，并经评价组现场复查符合相关法律法规的要求。

第七章 安全评价结论

7.1 安全条件评价结论

1.霍邱县双福氧气销售有限责任公司厂区的选址和外部安全防火间距符合规范要求。

2.该公司总平面布置和内部防火间距符合规范要求。

3.该公司的设备设施完好、公用工程能满足生产要求、工艺流程简单、工艺技术成熟可靠、工艺布置合理，符合安全生产的要求。

4.通过辨识该公司不构成危险化学品重大危险源、不构成化工和危险化学品生产经营单位重大生产安全事故隐患、不构成特种设备重大事故隐患。

5.通过分析该公司不涉及重点监管的危险化学品、危险化工工艺。

6.该公司已编制了各项安全管理制度，内容齐全、规范，能严格执行；单位主要负责人、安全管理人员、特种设备操作人员经过有关部门考核合格，取得上岗资格，从业人员经厂内安全教育培训，按照要求进行日常安全管理。

7.该公司的安全设施完好有效，并经法定单位检测、检验，在有效期内使用。

8.该公司对在评价中提出的问题进行了整改，经复查符合规范要求。

9.该公司较好地保持了上轮取证后的安全生产条件，并对设备设施进行了日常维护、保养，其安全生产条件得以持续保证。

综上所述，霍邱县双福氧气销售有限责任公司当前的安全生产条件、安全管理、生产装置、设备、安全设施，符合现行有关安全生产法律法规要求，安全生产现状具备换证条件，满足安全生产的要求。

7.2 进一步提高安全生产条件的建议

1.安全设施的更新与改进

(1) 建议按照《氧气或富氧气氛火灾危险》(T/CCGA 90001-2020) 进入可能存在氧气或富氧气氛空间如氧充装间、实瓶库的作业人员配备便携式氧气报警仪器,自动连续地监测含氧量,并在含氧量超过 23.5%或低于 19.5% 时发出声/光警报。

(2) 建议按照《惰性气体或缺氧场所的危险》(T/CCGA 90002-2020) 的相关要求,在氩、二氧化碳充装间、实瓶库安装氧含量在线监测报警仪且该报警仪和该房间的机械通风装置联锁。

(3) 目前霍邱县双福氧气销售有限责任公司所使用的各种安全设施均运行正常,在以后使用过程中,难免会出现安全部件的缺失和失效,需及时维修、更换。

2.安全条件和安全生产条件的维护

(1) 周边如有企业或单位进行改建、扩建,对霍邱县双福氧气销售有限责任公司的安全生产造成威胁时,要及时进行交涉。

(2) 本次现状评价针对霍邱县双福氧气销售有限责任公司现有生产状况,公司在以后的生产过程中工艺、设备、储存等如需改变,须履行相关手续并经应急监管部门批准。

3.主要装置、设备(设施)和特种设备的维护与保养

(1) 加强危险性较大的设备、各种压力仪表等的监督检查及维护保养,做到及时发现及时处理。加强仪器仪表的检测及管理,防止因仪器仪表的失灵导致事故发生。

(2) 加强消防器材的维护保养工作,确保消防器材完好备用。

(3) 在日常生产过程中应加强对设备、装置进行检查、维护保养,保证其运行正常有效。

(4) 加强维修作业现场管理,做到标识齐全,防护到位。

(5) 对气瓶、安全阀、特种设备、防雷设施等要及时检测,确保符合

相关规定。

4.安全管理

(1) 加强员工的安全教育培训，在今后的经营过程中应定期对所有的员工进行安全教育培训，增强安全意识，规范安全操作，公司安全管理人员应按规定定期参加培训、考核，取得安全考核合格证。

(2) 加强对公司范围内所有可能出现的火源进行监控，满足可靠的安全防范要求。

其他

企业下一步应改善安全生产条件，加强安全生产标准化、信息化建设，构建安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制，健全风险防范化解机制，提高安全生产水平，确保安全生产。

第八章 附件

- 1、安全评价委托书
- 2、营业执照
- 3、危险化学品经营许可证
- 4、气瓶充装许可证
- 5、土地租赁协议
- 6、建设工程消防验收意见
- 7、防雷接地检测报告
- 8、安全生产领导组成立文件
- 9、安全管理人员任命书
- 10、主要负责人、安全管理人员安全管理合格证书
- 11、特种设备操作人员操作证书
- 12、特种设备定期检验报告
- 13、气瓶登记证及定期检验报告（节选）
- 14、安全阀校验报告、压力表检定证书、气体探测报警器检测报告（节选）
- 15、应急救援预案备案登记表
- 16、安全生产责任险缴费单
- 17、安全生产责任制、管理制度、操作规程目录
- 18、安全会议纪要、员工安全培训记录、隐患排查记录（节选）
- 19、应急救援演练记录及评估
- 20、总平面布置及内部防火间距图
- 21、周围环境示意及外部防火间距图
- 22、安全评价所需的其他相关资料