

吉安市新潮管道燃气有限公司
万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目

安全预评价报告

(终稿)

江西赣安安全生产科学技术咨询服务中心

APJ-(赣)-002

2022年7月25日

吉安市新潮管道燃气有限公司
万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目

安全预评价报告

(终稿)

法定代表人：朱文华

技术负责人：马程

项目负责人：李永辉

报告完成日期：2022年7月25日

吉安市新潮管道燃气有限公司
万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目
安全预评价技术服务承诺书

一、在本项目安全评价活动过程中，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评价报告中结论性内容承担法律责任。

江西赣安安全生产科学技术咨询服务中心

2022年7月25日

规范安全生产中介行为的九条禁令

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。



安全评价机构 资质证书

(副本) (2-1)

统一社会信用代码: 913601007391635887

机构名称: 江西赣安安全生产科学技术咨询服务中心

办公地址: 江西省南昌市红谷滩新区世贸路872号金涛大厦A座16楼

法定代表人: 朱文华

证书编号: APJ-(赣)-002

首次发证: 2005年12月19日

有效期至: 2025年03月04日

业务范围: 金属、非金属矿及其他矿采选业; 陆上油气管道运输业; 石油加工业, 化学原料、化学品及医药制造业; 烟花爆竹制造业; 金属冶炼****

(发证机关盖章)

2020年03月05日

评价人员

| | 姓名 | 证书编号 | 从业登记号 | 签字 |
|---------|-----|------------------------|--------|----|
| 项目负责人 | 李永辉 | 1700000000100155 | 012986 | |
| 项目组成员 | 李永辉 | 1700000000100155 | 012986 | |
| | 谢寒梅 | S011035000110192001584 | 027089 | |
| | 曾华玉 | 0800000000203970 | 007037 | |
| | 林大建 | 0800000000101634 | 001633 | |
| | 刘志强 | 0800000000204020 | 006935 | |
| 报告编制人 | 李永辉 | 1700000000100155 | 012986 | |
| 报告审核人 | 戴 磷 | 1100000000200597 | 019915 | |
| 过程控制负责人 | 檀廷斌 | 1600000000200717 | 029648 | |
| 技术负责人 | 马 程 | S0110350001101910006 | 029043 | |

前 言

吉安市新潮管道燃气有限公司是万安县经营管道天然气的专业公司。公司成立于 2006 年 5 月 18 日，注册地位于江西省吉安市万安县新兴路 10 号，法定代表人为唐蔚。

2020 年 9 月获得吉安市住房和城乡建设局换发的《燃气经营许可证》，许可证有效期限为 2020 年 07 月 07 日至 2023 年 07 月 06 日。燃气经营许可证编号：赣 201407090001G。经营许可范围为：万安县赣江以东行政管辖区域（含老城区）。

万安赣江大桥位于江西省吉安市万安县。工程全长 1375.38m，赣江大桥长 705.7m，引道长 669.68m。大桥按一级公路兼有城市道路功能标准建设。

因天然气属于危险化学品，随桥过江管道危险性较大，存在火灾、爆炸等危险有害因素，根据《中华人民共和国安全生产法》、《城镇燃气管理条例》的要求，吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目必须进行安全预评价。

经协商，吉安市新潮管道燃气有限公司与江西赣安安全生产科学技术咨询服务中心签订协议，委托江西赣安安全生产科学技术咨询服务中心对其万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目进行安全预评价。2022 年 3 月 26 日组成评价小组到吉安市新潮管道燃气有限公司进行了调研。本次预评价，主要针对吉安市新潮管道燃气有限公司的万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目，以国家有关的安全方针、政策和法律、法规、标准为依据，运用安全系统工程中常用的安全评价方法，进行系统地综合分析，预测该建设项目可能存在的危险、有害因素的种类和程度，提出合理可行的安全对策措施及建议。

本项目属于城镇燃气项目，故不适用油气输送管道风险评价导则。本

评价报告依据《安全评价通则》QA8001-2007、《安全预评价导则》AQ8002-2007 的要求编写。本报告可为燃气管理部门、交通管理部门等审批提供参考依据。随桥敷设线路应与相关部门沟通协调，取得相关部门同意后方可施工。

关键词：燃气 万安赣江大桥 安全预评价

目 录

| | |
|----------------------------|----|
| 1 安全评价的目的、依据和范围 | 1 |
| 1.1 预评价目的 | 1 |
| 1.2 预评价依据 | 2 |
| 1.2.1 法律依据 | 2 |
| 1.2.2 行政法规 | 2 |
| 1.2.3 地方法规 | 3 |
| 1.2.4 部门规章 | 3 |
| 1.2.5 规范文件 | 4 |
| 1.2.6 规范和标准 | 5 |
| 1.2.7 设立批准及其他有关文件依据 | 8 |
| 1.3 预评价内容和范围 | 9 |
| 1.3.1 预评价内容 | 9 |
| 1.3.2 预评价范围 | 9 |
| 1.4 预评价工作流程 | 11 |
| 2 建设项目概况 | 12 |
| 2.1 企业基本情况 | 12 |
| 2.2 项目基本情况 | 13 |
| 2.3 项目地理位置及周边环境 | 15 |
| 2.3.1 地貌、地质 | 15 |
| 2.3.2 水文 | 15 |
| 2.3.3 气候 | 16 |
| 2.3.4 周边环境 | 17 |
| 2.4 建设过程及工艺 | 19 |
| 2.5 主要装置和设施、布局及其上下游生产装置的关系 | 29 |
| 2.6 气源情况 | 30 |
| 2.7 公用工程 | 30 |
| 3 项目危险有害因素辨识分析 | 31 |
| 3.1 主要危险有害物质特性分析及分布 | 32 |
| 3.1.1 主要物质特性 | 32 |
| 3.1.2 主要危险、有害物质的危险性等级 | 32 |
| 3.1.3 物质主要危险、有害因素分布 | 33 |
| 3.2 管输过程主要危险、有害性辨识分析 | 34 |
| 3.3 安装施工过程主要危险、有害性辨识分析 | 37 |
| 3.4 自然条件主要危险有害因素分析 | 42 |
| 4 预评价方法的选择和评价单元划分 | 44 |
| 4.1 评价方法简介 | 44 |
| 4.1.1 定性安全评价 | 44 |
| 4.1.2 定量安全评价 | 44 |
| 4.2 评价单元的划分 | 45 |
| 4.3 预评价方法的选择 | 46 |
| 5 定性、定量分析评价 | 47 |
| 5.1 燃气管道设施单元安全分析评价 | 47 |

| | |
|-------------------------|-----|
| 5.1.1 预先危险性分析评价结果 | 47 |
| 5.1.2 危险度分析评价结果 | 47 |
| 5.1.3 作业条件危险性分析评价结果 | 47 |
| 5.2 燃气管道施工单元安全分析评价 | 48 |
| 5.2.1 预先危险性分析评价结果 | 48 |
| 5.2.2 作业条件危险性分析评价结果 | 48 |
| 5.3 单元火灾、爆炸危险指数法评价 | 49 |
| 5.4 天然气管线故障树分析结果 | 50 |
| 5.5 爆炸危险区域划分 | 51 |
| 5.6 重大危险源分析评价结果 | 54 |
| 6 安全条件和安全生产条件分析评价 | 55 |
| 6.1 项目建设政策符合性评价 | 55 |
| 6.2 燃气管道周边环境分析评价 | 56 |
| 6.3 管道壁厚设置符合性分析评价 | 57 |
| 6.4 管道及元件选用符合性分析评价 | 57 |
| 6.5 管道对桥梁结构的影响分析 | 59 |
| 7 事故案例分析 | 60 |
| 6.1 案例分析 | 60 |
| 6.2 事故原因总结 | 68 |
| 7 安全对策措施 | 71 |
| 7.1 项目建设方面的对策措施 | 71 |
| 7.2 管道工艺及安装施工工艺的对策措施 | 73 |
| 7.3 管道运行维护的对策措施 | 76 |
| 7.4 项目施工过程中的对策措施 | 78 |
| 7.5 管道试验、调试对策措施 | 80 |
| 7.6 应急救援预案对策措施 | 81 |
| 7.7 危险源管理对策措施 | 85 |
| 7.8 重点监管危险危险物品安全和应急处置措施 | 85 |
| 8 安全预评价结论 | 89 |
| 8.1 安全预评价结论汇总 | 89 |
| 8.2 安全预评价结论 | 91 |
| 附 件 | 92 |
| F1 甲烷物质理化特性 | 93 |
| F2 预先危险性分析 | 97 |
| F2.1 方法简介 | 97 |
| F2.2 分析步骤 | 97 |
| F2.3 危险性等级 | 97 |
| F2.4 燃气管道设施单元分析评价 | 98 |
| F2.5 燃气管道施工过程分析评价 | 98 |
| F3 危险度分析评价 | 110 |
| F3.1 危险度评价法概述 | 110 |
| F3.2 燃气管道设施单元危险度评价 | 111 |
| F4 作业条件危险性分析 | 112 |
| F4.1 评价方法简介 | 112 |

| | |
|-----------------------------|-----|
| F4.2 燃气管道设施单元作业条件评价 | 113 |
| F4.3 燃气管道施工单元作业条件评价 | 114 |
| F5 单元火灾、爆炸危险指数法评价 | 115 |
| F5.1 爆炸模型的建立 | 115 |
| F5.2 燃气管道破裂蒸气云爆炸模型计算 | 115 |
| F6 天然气管线故障树分析 | 122 |
| F6.1 故障树分析方法 | 122 |
| F6.2 天然气管线故障树的建立 | 122 |
| F6.3 最小割集和失效概率 | 126 |
| F6.4 分析小结 | 126 |
| F7 危险化学品重大危险源辨识 | 128 |
| F8 燃气管道周边环境分析评价 | 130 |
| F9 管道壁厚设置符合性分析评价 | 134 |
| F10 管道及管道元件选用符合性分析评价 | 136 |
| F11 吉安市新潮管道燃气有限公司营业执照 | 138 |
| F12 燃气发展规划图 | 139 |
| F13 管道荷载对桥梁结构的荷载计算 | 140 |
| F14 横断面布置图 | 146 |

1 安全评价的目的、依据和范围

1.1 预评价目的

安全评价的目的是查找、分析和预测工程、系统存在的危险、有害因素及可能导致的危险、危害后果和程度，提出合理可行的安全对策措施，指导危险源监控和事故预防，以达到最低事故率、最少损失和最优的安全投资效益。

项目安全预评价将按照安全系统工程的方法，综合运用国内外科学的评价方法，分析、评价项目生产装置、公用工程潜在的危险、有害因素及其危险等级与可接受程度，得出安全预评价结论，并提出切实可行的、合理的安全技术、教育和管理等方面的安全对策措施。在提高项目的本质安全度和安全管理水平方面，为建设单位、设计单位提供决策参考和依据；为安全生产主管部门对项目安全审查、项目安全设施设计审查提供依据；为建设项目审批部门的核准提供决策参考和依据。

1.2 预评价依据

1.2.1 法律依据

《中华人民共和国安全生产法》 2002 年中华人民共和国主席令第 13 号公布、2021 年中华人民共和国主席令第 88 号修订

《中华人民共和国劳动法》 1994 年中华人民共和国主席令第 28 号公布、2018 年中华人民共和国主席令第 24 号

《中华人民共和国消防法》 2008 年中华人民共和国主席令第 6 号公布、2021 年第 81 号令修正

《中华人民共和国环境保护法》 2014 年中华人民共和国主席令第 9 号

《中华人民共和国职业病防治法》 2001 年第九届全国人民代表大会常务委员会第二十四次会议通过、2018 年中华人民共和国主席令第 24 号修订

《中华人民共和国特种设备安全法》 2013 年中华人民共和国主席令第 4 号

《中华人民共和国公路法》 2017 年 11 月第十二届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议第五次修正

《中华人民共和国防洪法》 2016 年 7 月第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十一次会议第三次修正

《中华人民共和国突发事件应对法》 2007 年 8 月 30 日第十届全国人民代表大会常务委员会第二十九次会议通过

《中华人民共和国大气污染防治法》 2018 年 10 月 26 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第六次会议第二次修正

1.2.2 行政法规

《生产安全事故应急条例》 国务院令第 708 号

《城镇燃气管理条例》 国务院令第 583 号[2016]666 号修订

《危险化学品安全管理条例》 国务院令第 591 号[2013]654 号修订

《使用有毒物质作业场所劳动保护条例》 国务院令第 352 号

| | |
|-----------------------------|----------------------------|
| 《特种设备安全监察条例》 | 国务院令 第 549 号 |
| 《工伤保险条例》 | 国务院令 第 586 号 |
| 《易制毒化学品管理条例》 | 国务院令 第 445 号 [2018]703 号修订 |
| 《监控化学品管理条例》 | 信息化部令 第 190 号 [2018]48 号修订 |
| 《生产安全事故报告和调查处理条例》 | 国务院令 第 493 号 |
| 《建设项目安全生产管理条例》 | 国务院令 第 393 号 |
| 《国务院关于进一步 加强企业安全生产工作的通知》 | 国发[2010]23 号 |
| 《建设工程安全生产管理条例》 | 国务院令 第 393 号 |
| 《生产安全事故报告和调查处理条例》 | 国务院令 第 493 号 |
| 《特种设备安全监察条例》 | 国务院令 第 549 号 |
| 《气象灾害防御条例》 | 国务院令 第 570 号 |

1.2.3 地方法规

| | |
|--------------------|---|
| 《江西省安全生产条例》 | 江西省第十届人大常委会第二十八次会议通过 [2007 年 3 月 29 日] |
| 《江西省消防条例》 | 江西省第十三届人大常委会第四次会议第五次修正 [2018 年 7 月 27 日] |
| 《江西省燃气管理办法》 | 省政府令 第 122 号 |
| 《江西省特种设备安全监察条例》 | 江西省第十一届人大常委会第二十四 次会议通过 [2011 年 5 月 27 日] |
| 《江西省城镇燃气经营许可证管理办法》 | 赣建字 [2012]4 号 |

1.2.4 部门规章

| | |
|------------------|------------------------|
| 《危险化学品经营许可证管理办法》 | 安监总局令 第 55 号 (79 号令修改) |
|------------------|------------------------|

《建设项目安全设施“三同时”监督管理办法》 安监总局令第 36 号
(77 号修改)

《危险化学品目录》(2015 版) 安监总局等十部门公告 2015 第 5 号

《生产经营单位安全培训规定》 安监总局令第 3 号(80 号令修改)

《生产安全事故应急预案管理办法》 原安监总局令 88 号令公布、应急管理
部【2019】令第 2 号公布

《市政公用事业特许经营管理办法》 建设部令第 126 号

1.2.5 规范文件

《国务院关于进一步加强对企业安全生产工作的通知》国发〔2010〕23 号

《关于开展重大危险源监督管理工作的指导意见》 安监管协调字
[2004]56 号

《部分工业行业淘汰落后生产工艺装备和产品指导目录》(2010 年本)工
业和信息化部工产业[2010]第 122 号

《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

《关于进一步加强输油气管道安全运行监督管理工作的通知》
安监总管一[2007]105 号

《关于加强我省燃气企业资质行政许可管理工作的通知》
赣建城[2006]11 号

《江西省城镇燃气经营许可证管理办法》 赣建城[2012]4 号

《高危行业企业安全生产费用财务管理暂行办法》 财企[2006]478 号

《关于危险化学品经营许可证管理范围的复函》

安监管司办函字[2007]39 号

《特种设备注册登记与使用管理规则》 质技监局锅发[2001]57 号

《建设项目职业病防护设施“三同时”监督管理办法》

安监总局令第 90 号

《首批重点监管的危险化学品安全措施和应急处置原则》

安监总厅管三〔2011〕142 号

《易制爆危险化学品名录（2017 年版）》 公安部公告 2017 年 5 月 11 日

《高毒物品目录（2003 年版）》 卫法监发 [2003]142 号

《特别管控危险化学品目录（第一版）》

应急管理部等四部委公告 2020 年第 3 号

《危险化学品目录》 2015 年版

《高毒物品目录》（2003 年版） 卫法监发[2003]142 号

《易制爆危险化学品名录》 公安部发 2017 年版

1.2.6 规范和标准

《安全评价通则》（AQ8001-2007）；

《安全预评价导则》（AQ8002-2007）；

《城镇燃气设计规范》（GB50028-2006）[2020 版]；

《燃气工程项目规范》GB55009-2021；

《油气输送管道跨越工程施工规范》（GB 50460-2015）；

《油气输送管道穿越工程施工规范》（GB 50424-2007）[2015 版]；

《输气管道工程设计规范》（GB 50251-2003）[2015 版]；

《工业金属管道工程施工及验收规范》（GB50235-2010）；

| | |
|-------------------------------|----------------------|
| 《建筑设计防火规范》 | GB50016-2014（2018 版） |
| 《液化天然气（LNG）生产、储存和装运》 | GB/T20368—2012 |
| 《城镇燃气输配工程施工及验收规范》 | CJJ33-2005 |
| 《输气管道工程设计规范》 | GB50251—2015 |
| 《工业金属管道工程施工及验收规范》 | GB50235-2010 |
| 《城镇燃气调压器》 | GB27790-2011 |
| 《工业金属管道工程施工规范》 | GB50235-2010 |
| 《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》 | GB50236-2011 |
| 《工业企业设计卫生标准》 | GBZ1-2010 |
| 《建筑灭火器配置设计规范》 | GB50140-2005 |
| 《爆炸危险环境电力装置设计规范》 | GB50058—2014 |
| 《建筑抗震设计规范（2016 年版）》 | GB50011-2010 |
| 《构筑物抗震设计规范》 | GB50191-2012 |
| 《建筑物防雷设计规范》 | GB50057-2010 |
| 《危险货物品名表》 | GB12268-2012 |
| 《输送流体用无缝钢管》 | GB8163-2018 |
| 《电力工程电缆设计规范》 | GB50217-2018 |
| 《供配电系统设计规范》 | GB50052-2009 |
| 《危险化学品重大危险源辨识》 | GB18218—2018 |
| 《工业企业总平面设计规范》 | GB50187-2012 |
| 《危险场所电气防爆安全规范》 | AQ3009-2007 |
| 《生产过程安全卫生要求总则》 | GB/T12801—2008 |
| 《生产设备安全卫生设计总则》 | GB5083-1999 |
| 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分；化学有害因素》 | GBZ2. 1-2019 |
| 《工作场所有害因素职业接触限值第 2 部分；物理因素》 | GBZ2. 2-2019 |

| | |
|-----------------------------------|-----------------|
| 《工作场所职业病危害作业分级 第 2 部分：化学物》 | GBZ/T229.2-2010 |
| 《建筑给水排水设计规范》 | GB50015-2009 |
| 《化学品分类和危险性公示 通则》 | GB13690-2009 |
| 《建筑照明设计标准》 | GB50034-2013 |
| 《废水综合排放标准》 | GB8978—1996 |
| 《企业职工伤亡事故分类》 | GB6441-1986 |
| 《工作场所职业病危害警示标识》 | GBZ158-2003 |
| 《化学品安全技术说明书内容和项目顺序》 | GB/T16483-2008 |
| 《安全标志及其使用导则》 | GB2894—2008 |
| 《安全色》 | GB2893-2008 |
| 《消防安全标志第一部分：标准》 | GB13495.1-2015 |
| 《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准》 | GB 50493-2019 |
| 《火灾自动报警系统设计规范》 | GB 50116-2013 |
| 《储罐区防火堤设计规范》 | GB 50351-2014 |
| 《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》 | GB 50019-2015 |
| 《化学品生产单位特殊作业安全规范》 | GB 30871-2014 |
| 《机械安全 防止上下肢触及危险区的安全距离》 | GB 23821-2009 |
| 《机械安全 防护装置 固定式和活动式防护装置的设计与制造一般要求》 | GB/T 8196-2018 |
| 《泡沫灭火系统设计规范》 | GB 50151-2010 |
| 《控制室设计规范》 | HG/T 20508-2014 |
| 《压力容器》 | GB150-2011 |
| 《安全阀安全技术监察规程》 | TSG ZF001-2006 |
| 《固定式压力容器安全技术监察规程》 | TSG21-2016 |
| 《压力管道安全技术监察规程-工业管道》 | TSG D0001-2009 |

| | |
|------------------------|------------------|
| 《安全评价通则》 | AQ8001-2007 |
| 《生产经营单位安全生产事故应急预案编制导则》 | GB/T 29639—2020 |
| 《生产过程危险和有害因素分类与代码》 | (GB/T13861-2009) |
| 《消防给水及消火栓系统技术规范》 | (GB50974-2014) |
| 《危险化学品单位应急救援物资配备要求》 | (GB30077-2013) |
| 《危险化学品事故应急救援指挥导则》 | (AQ/T3052-2015) |

1.2.7 设立批准及其他有关文件依据

本建设项目安全预评价设立批准及其他有关文件、资料依据包括如下：

1) 吉安市新潮管道燃气有限公司与江西赣安安全生产科学技术咨询服务中心签订的《吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目安全预评价合同》。

2) 万安县政府有关部门的批复文件

《关于印发万安县国土空间规划委员会 2022 年第一次会议纪要的通知》。

3) 《万安赣江大桥天然气管道工程方案图》陕西新园州生态检测有限公司。

1.3 预评价内容和范围

1.3.1 预评价内容

项目安全预评价的内容有以下几个方面：

- (1)对项目中的危险、有害因素种类及其程度进行辨识、评价；
- (2)对项目中的危险、有害程度高的重要系统和主要单元进行重点分析评价和定量计算；
- (3)对作业频率较高，具有潜在职业危害的作业进行评价；
- (4)对项目公用工程和其他危险、有害因素进行分析评价；
- (5)对项目提出安全对策措施；
- (6)对项目的安全预评价作出结论。

1.3.2 预评价范围

根据《安全预评价导则》(AQ8002-2007)和吉安市新潮管道燃气有限公司与江西赣安安全生产科学技术咨询服务中心签订的《吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目安全预评价合同》，本安全预评价主要针对万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目进行评价。评价范围主要包括，燃气管道随万安赣江大桥敷设、跨越赣江的总平面规划布置（万安赣江大桥两侧两个球阀（K0+005- K0+950）以及阀门之间的埋地管道、架空管道，长度 945 米），周边环境条件，生产工艺及设施，安全设施以及施工期间辅助工程。

评价所涉及环境保护、职业病危害等方面的内容，出于对安全方面的技术和管理的完整、全面性，有关方面所要求的，亦应予以遵守、执行；具体要求以环境保护部门和卫生部门批准认可的文件为准。台风、洪水、地震、战争、瘟疫等不可抗拒的因素，以及人为故意破坏造成的危险、有害因素方面的内容均不在本评价范围之内。本项目应取得

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目两侧阀门井以外的燃气公用管道和上、下游燃气场站及设施不在本评价报告范围以内。

1.4 预评价工作流程

根据《安全预评价导则》(AQ8002-2007)的规定以及吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目的具体情况，确定本安全预评价程序，详见图 1-1。

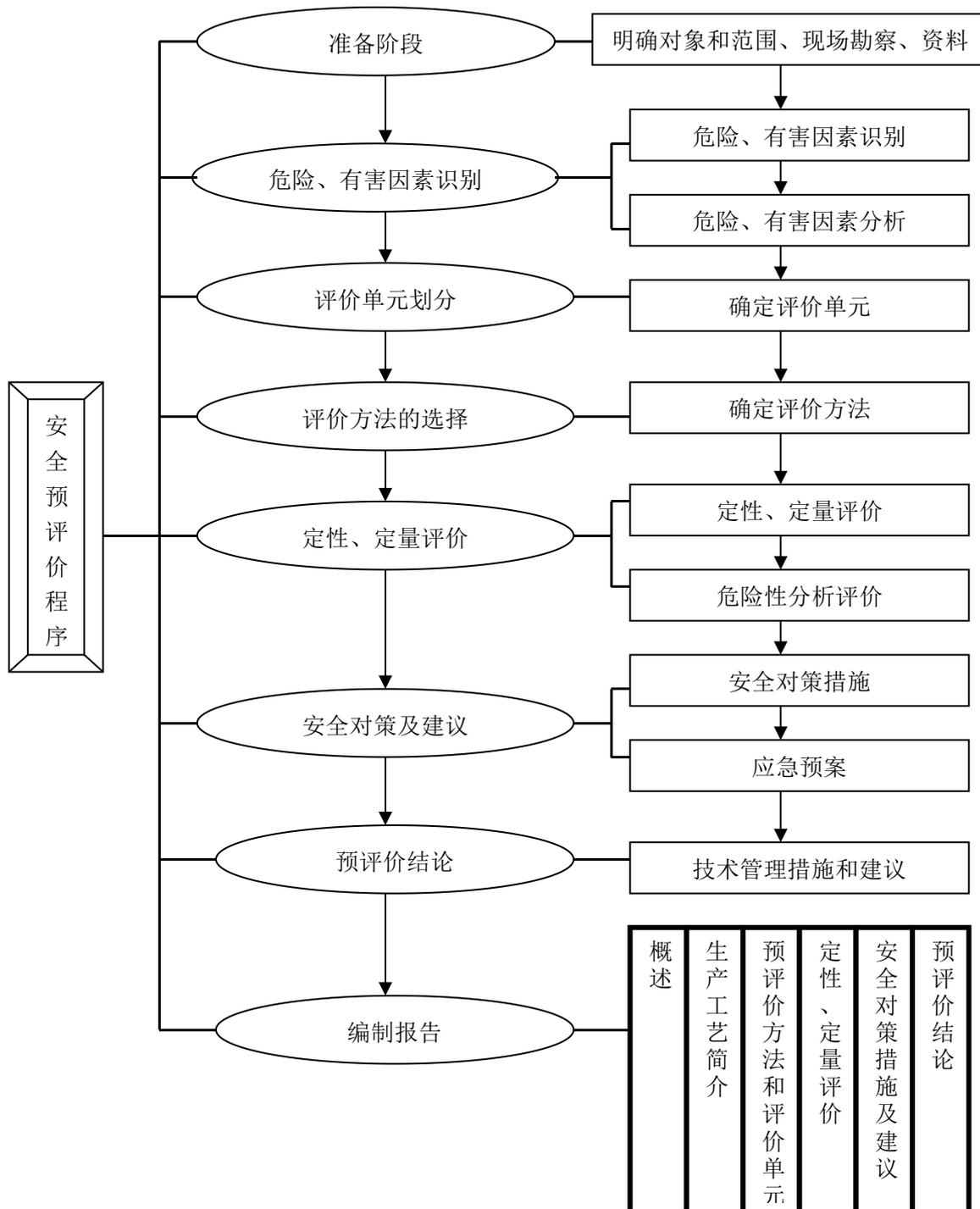


图 1-1 安全预评价程序

2 建设项目概况

2.1 企业基本情况

吉安市新潮管道燃气有限公司是万安县经营管道天然气的专业公司。公司成立于 2006 年 5 月 18 日，注册地位于江西省吉安市万安县新兴路 10 号，法定代表人为唐蔚。

2020 年 9 月获得吉安市住房和城乡建设局换发的《燃气经营许可证》，许可证有效期限为 2020 年 07 月 07 日至 2023 年 07 月 06 日。燃气经营许可证编号：赣 201407090001G。经营许可范围为：万安县赣江以东行政管辖区域（含老城区）。

2.2 项目基本情况

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目，是万安县中心城区天然气利用项目中的一个重要工程，是连接赣江两岸县城的必经之地，该工程可以改善万安县城供气设施建设，优化城区能源使用结构，提高城镇供气安全，提升人民生活质量。

根据《万安县中心城区天然气专项规划（2021-2030）设计方案》，万安赣江大桥随桥敷设工程已纳入此专项规划中。

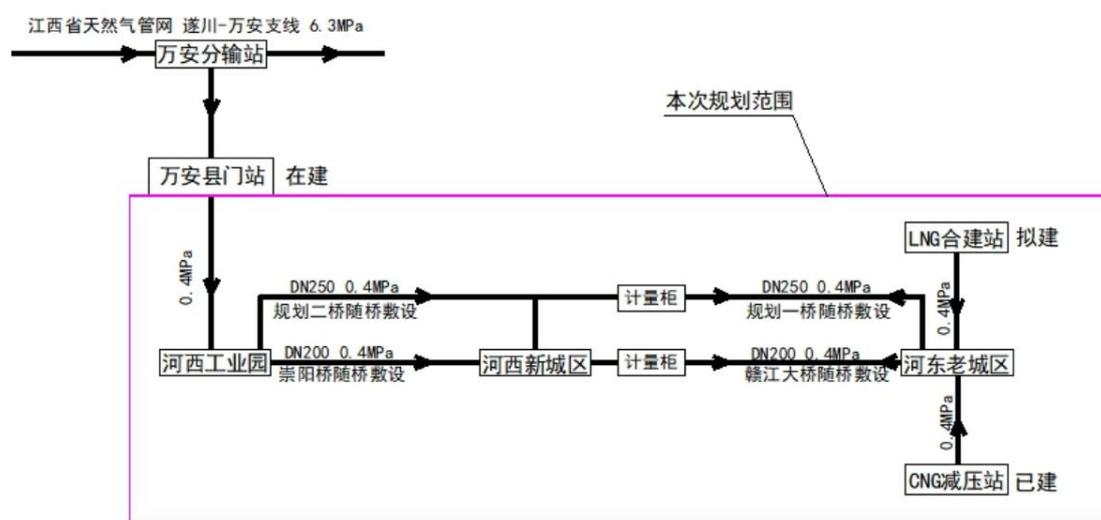


图 2.2-1 万安县中心城区天然气专项规划管网图

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目目的天然气管道设计压力 0.4MPa(中压 A 级)，运行压力: 0.2~0.35MPa (中压 A 级)，设计温度: 常温 (20℃)，管道设计级别为 GB1。燃气管道位于万安赣江大桥新桥和老桥中间，新桥北侧防撞栏外侧壁，在建设万安赣江大桥时已考虑荷载。管道采用钢制支架及支座固定，支架架设长度共计 708 米，钢制管道支架共设置固定支架 7 处、导向支架 13 处、活动支架 310 处。管材选用 20#无缝钢管，现场手工焊接，焊缝 100%拍片。钢管采用双层熔结环氧粉末防腐，管径 DN200，壁厚 8mm。在万安大桥燃气管道的两侧 (K0+005- K0+950) 各设一台双放散埋地 D250 钢制球阀，用于切

断气源。

管道从河东（K0+005）处引出，沿老桥北侧边缘敷设 52m 左右，从桥下穿至新桥老桥中间，而后通过管道支架沿新桥北侧防撞栏外侧壁敷设，敷设至（K0+715）处，通过定向钻方式穿越 230m，至万安大桥河东花坛中间。

2.3 项目地理位置及周边环境

万安县位于江西省中南部，吉安市南缘，居赣江上游的东西两岸，介于北纬 $26^{\circ} 8' 45.4''$ — $26^{\circ} 43' 53.5''$ 东经 $114^{\circ} 30' 27.3''$ — $115^{\circ} 5' 37.6''$ 之间。东接兴国县，南邻赣县区、南康区，西界遂川县，北靠泰和县。总面积 2051 平方千米，总人口为 31.85 万人，其中城镇人口 13.06 万人。

2.3.1 地貌、地质

万安县境内地势南高北低，由南向北依次为山地、丘陵、平原，属典型的江南丘陵地貌，地形以中低山、丘陵为主。山顶海拔标高一般在 500—1000 米之间，位于县境东部边境的天湖山，峰顶海拔 1152.9 米，为全县的最高点。东北部低，最低处位于罗塘的寨头村，地面海拔标高仅 65 米。北部和中部为低丘岗地，多在海拔 300 米以下，地形起伏不大。全县地势最高与最低点的相对高差为 1087.9 米。按地貌形态划分，山地占境内面积的 34%，丘陵占 30%，低丘岗地占 35%，平原占 1%。

根据国家地震烈度区域图评述，万安县属非震区，地震烈度小于 6 度，地震动峰值加速系数小于 $0.05g$ ，为不设防区。

2.3.2 水文

万安县河流均属赣江水系，呈树枝状分布。主干河流赣江由南向北纵贯县境中部。流向：中上游呈南东—北西向。下游从百嘉乡的九贤起折转为北东向进入泰和，流经县境总长 90 公里。江面一般宽 500~1000 米，最大宽度 1200 米，最小 450 米。自赣县储潭至县城芙蓉镇一段，江面狭窄，水流湍急，谷呈“V”字形，多险滩。县境内赣江主要支流有流经县境西北部的蜀水和流经县境西部的遂川江等。

在万安县城芙蓉镇上游 2 千米处土桥头处建有一座大型水库，又名万安湖水库，地处东经 $114^{\circ} 41'$ ，北纬 $26^{\circ} 33'$ ，上游距赣州市、下游距

吉安市各 90 千米，控制流域面积 36900 平方千米。水库回水长度 90 千米，回水涉及吉安市万安县、赣州市赣县和章贡区。1958 年 7 月 1 日动工兴建，几经停工又多次复工。1990 年 8 月 24 日建成下闸蓄水，同年 11 月 11 日第一台 10 万千瓦机组并网发电。

赣江吉安段以万安、新干为界，分为上游、中游、下游三段。赣州以下万安以上，由于河流割切，遂由山地进入变质岩和花岗岩构成的峡谷段，滩多流急，有著名的万安十八滩。万安以下，赣江流经吉泰盆地，江面渐宽、水势渐缓、东西两岸均有较大支流汇入，主要有遂川江、蜀水、泷江、禾水等。赣江最大日均流量为 20900m³/s(1962 年 6 月 20 日)，最小日均流量 172m³/s(1963 年 11 月 30 日)，四十年平均流量为 2100m³/s。良口水涧田水流域面积 243km²，总河长 44.6km，主河纵坡度为 4.12×10⁻³，流域内有 4 个雨量站，1 个水文站。

根据《赣江流域水量分配方案研究报告》，赣江可利用水量 224.00 亿 m³，实际分配水量 168.77 亿 m³，余水量 55.23 亿 m³。赣江上游干流，流域内水资源丰富，根据《吉安市水量分配细化方案研究报告》，50%频率可利用水量 2.93 亿 m³，实际分配水量 1.10 亿 m³，余水量 1.83 亿 m³。因此，赣江水资源富余的。根据《2016 年万安县水资源公报》河流全年期、汛期、非汛期水质均优于或符合 III 类水。

2.3.3 气候

万安县属中亚热带季风气候，温和多雨，光照充足，四季分明。年平均气温 18.5℃，年最高平均气温 23.4℃，年平均最低气温 15℃，年极端最高气温 40.1℃，年极端最低气温-6.5℃。多年平均日照率 1802.7mm，年平均降雨量 1383.2 毫米，4~6 份为雨期，降水量占全年总量的 44%，暴雨多集中在 6 月中旬，全年降雨天数 157d，最大一日暴雨量 148.1mm，历年平均日降雨量 81.2mm，年平均无霜期 288d。常年主导风向为北风，夏季主导风向为东南风，平均风速 2.4m/s。

2.3.4 周边环境

万安赣江大桥位于江西省吉安市万安县。工程全长 1375.38m，赣江大桥长 705.7m，引道长 669.68m。大桥按一级公路兼有城市道路功能标准建设；设计速度：60km/h；路基宽度 30m（桥面总宽 26m），行车道宽 4×3.5m。万安赣江大桥的通车，全面改善了目前单桥双向通行交通拥堵状况，大大缩短了通行时间，彻底解决了万安县新老城区交通瓶颈，为万安县脱贫攻坚和社会经济发展注入一股强有力新的动力，2017 年万安赣江大桥新桥竣工通车。周边环境具体存在的建构筑物等见附件 F8。

图 2-1 本建设项目区域位置及周边环境



2.4 建设过程及工艺

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目的天然气管道设计压力 0.4MPa(中压 A 级),运行压力: 0.2~0.35MPa(中压 A 级),设计温度: 常温(20℃),管道设计级别为 GB1。燃气管道位于万安赣江大桥新桥和老桥中间,新桥北侧防撞栏外侧壁,在建设万安赣江大桥时已考虑荷载。管道采用钢制支架及支座固定,支架架设长度共计 708 米,钢制管道支架共设置固定支架 7 处、导向支架 13 处、活动支架 310 处。管材选用 20#无缝钢管,现场手工焊接,焊缝 100%拍片。钢管采用双层熔结环氧粉末防腐,管径 DN200,壁厚 8mm。在万安大桥燃气管道的两侧(K0+005- K0+950)各设一台双放散埋地 D250 钢制球阀,用于切断气源。

本项目建设过程工艺流程如下所示:

施工准备→材料进场检查→测量定位→支架制作→支架安装→管段预制→管段吊装和固定→管段焊接→无损检测→补口防腐→清管吹扫→安装阀门→强度试验→气密性试验→土方回填、修复→不带气碰接。

1. 施工准备及材料进场检查

(1)检查核对管道的位置坐标,管道的沟底标高,管道的基础填层和管道的支架,是否符合图纸设计及技术规范要求,并予以确认记录。

(2)检查核对管材、管件的材质、规格、壁厚、角度、曲率半径是否符合图纸设计及技术规范要求,并予以确认记录。

(3)对管材进行仔细的外观检查,不得有裂纹、气孔、砂眼、变形、碰撞硬伤、严重划痕,符合要求方可使用。对防腐成品钢管的外观受伤破损处要做详细记录,根据受伤破损的程度、大小,做修复、裁截处理。

- (4)对管材端部进行检查，表面不得有裂缝褶皱、撕破及壁厚不均等缺陷，符合要求方可使用。
- (5) 应将管材、管件等内部清理干净，不得存有杂物。
- (6)编制管道安装焊缝单线图及焊缝编号。

2. 测量定位

- (1)首先在桥梁边侧确定角钢支架的水平标高，确定角钢支架的水平标高要综合考虑管道位置安全、安装的牢固性、可行性以及安装位置对桥梁的影响等因素。
- (2)在根据间距要求确定支架位置和支架安装数量，确定支架钻孔点的位置，并作好标志和记录。

3. 管道支架制作及安装

- (1)采用 70X70X8 角钢加工焊接制作三角支架，三角支架水平长 350mm,并在此平面预留 2 个螺孔，螺孔的间距和孔径根据 0250U 型管卡确定，三角支架与桥梁结合面长 600mm，在此结合面预留 3 个螺孔，螺孔的孔径根据 M20 膨胀螺栓确定，斜支撑面长 500mm. ;(详见示意图)
- (2)角钢焊接制作好后，进行除锈处理，除锈要求见到金属光泽，然后刷两遍防锈漆，两遍银粉漆;
- (3)角钢支架安装前，要复查支架螺孔位置是否正确，然后用冲击钻钻孔，孔的深度要求 M20X 150 膨胀螺栓能够到位，孔钻好后，将膨胀螺栓置入孔内，最后把角钢支架与膨胀螺栓稳合，边调平边拧紧。

4. 管道预制

(1)用钢尺对钢管逐根丈量长度并记录，结合隧桥敷设水平长度计算所需管材数量(要求尽量减少焊口数量)。

(2)用刷子及电动钢丝刷除去管材、管件内外表面的污泥或杂物，并将管材、管件管端边缘 50mm 范围内用角磨机和电动钢丝刷进行打磨、除锈，露出金属光泽。

(3)根据丈量长度和计算的结果，记号笔做好记号，然后用氧乙炔焰切割进行下料。

(4) 用角磨机加工坡口时，其坡口形式及对口：壁厚 $\leq 3\text{mm}$ ，为“I”形口(不开坡口)，对口间隙 0-1.5mm；壁厚 $>3\text{mm}$ ，开 60° -- 70° ，“V”形坡口，钝边 1-- 1.5mm，对口间隙 12mm；当不同壁厚的管子、管件组对时，其壁厚差大于规范规定时，应接规范规定进行处理合格。

(5)用氧乙炔焰切割坡口时，当环境温度低于 -20°C 时，应进行预热 40 — 60°C (缓冷)后切割，切割后用角磨机修整，要求同上。

(6)管口组对尺寸符合要求且管道端口的切面应平整，不得有裂纹，切口面应与管轴线垂直，且垂直偏差不得大于 1.5mm。

(7)管子对口时应检查平直度，在距接口中心 1000mm 处测量，允许偏差不大于 1mm。管子组对应注意整体布置中的弧度。

(8)管子对口时，不得用强力对口，或采用加热管子，加偏垫等方法来消除接口端面的空隙、偏差、错口或不同心等缺陷。

(9)对口时两根相邻管要用支撑托架支撑，防止外在扭力、重力对焊缝产生非正常应力，影响焊缝质量。

管道对焊坡度参数表

| 项目 | 工艺参数要求 | 项目 | 工艺参数要求 |
|------|----------------------------|------|-------------------------------|
| 接口型式 | 对焊 | 坡口型式 | V 型 |
| 坡口角度 | $70^{\circ} \pm 5^{\circ}$ | 对口间隙 | 1.0-2.0mm |
| 钝边 | 1.0-1.5mm | 错口 | \leq 管外径 3/100 且 \leq 2mm |

5. 管道吊装和固定

(1)选择 16 吨以下的吊车进行吊装作业；将随桥敷设水平管段的吊装吊装在支架上。

(2)吊装作业应严格执行《工程建设安装工程起重施工规范》HG20201-2000;

(3)吊装作业前向参加吊装起重人员和配合作业人员进行技术交底，并进行岗位分工、明确职责。

(4)首先用废旧汽车外胎皮，将钢丝捆绑处对管道绝缘层进行保护后，再捆绑，管道的两端也要用粗棕绳绑牢实，并安排有经验的人在吊装的过程进行牵引，在吊装的过程下降要缓慢，轻轻地与支架和固定墩接触，慢慢放平，然后用 D200U 型管卡暂时固定，但是不要固定得太紧。

(5)吊装作业注意事项：

①各岗位人员必须坚守岗位，听从指挥。

②吊装现场的地面，道路必须平整，踏实，能通过大型吊车并进行作业。

③吊装作业范围应设置警戒线，无关人员不得进入吊装范围。

④吊车司机应互相配合，听从指挥。

⑤禁止在 6 级以上的强风情况下进行吊装作业。

⑥吊装作业现场须注意交通安全，向交通管理部门申请临时封闭道路。

(6)所有涉及在桥面的临边作业，均须要求作业人员拴好安全带，并且安排人员配合和做好保护措施。

6. 管段焊接

(1)管道焊接采用氩弧焊打底，手工电弧焊盖面的焊接工艺。按照《工业金属管道工程施工规范》GB50235-2010 和《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB50236-2011 的有关规定执行。

焊接材料选用方面，采用 E4303 焊条，焊条执行标准为《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T5117-2012。具体焊接材料匹配情况须经焊接工艺评定，只有经过焊接工艺评定试验合格后，方可进行焊材定货。

(2)焊接前应检查管道焊接工程中所用母材与焊接材料是否具备出厂合格证书和质量检验报告。

(3)严格检查焊接机具，确保设备参数可靠稳定，调节灵活，满足焊接工艺要求与安全可靠性能。

(4)参加管道焊接的焊工必须具有对应项目的焊工合格证，并在有效期内方能施焊。

(5)依照焊接工艺指导书，制订焊接工艺评定及焊接操作工艺规程。

(6)质量检查人员依据技术规范及焊接工艺评定标准对现场焊接工作进行全面检查和监督；并做好全部检验记录。

氩弧焊接工艺参数见下表

| 壁厚 mm | 焊丝直径 mm | 钨极直径 mm | 喷嘴直径 mm | 焊接电流 A | 氩气流 L/min |
|-------|---------|---------|---------|---------|--------------|
| 7 | 2.5 | 2.5 | 7 | 220~300 | 9~12 |

(7)管道焊接的焊条使用前严禁受潮气、雨水、油类等有害物质的侵蚀,应在干燥通风的室内存放。

(8)焊条使用前要进行烘干,烘干温度为 100C- 150C,烘干时间为 2 小时,每次烘干数量以满足实际需用量为准,在使用过程中应放在保温筒中进行保温,随用随拿,保持焊条干燥。重新烘干次数不得超过两次,当焊条药皮有脱落及显著裂纹时,不得使用。

(9)焊条烘干设备专人负责,并做好详细的烘干记录,经烘干的焊条要放在恒温箱内,随用随取,每日的焊条发放和回收设专人负责。

(10)当管道焊接工作有间断时,应及时封闭敞开的管口,以防止异物进入管内。雨季用的堵板应具有防止泥浆进入管腔的功能。

(11)在无有效的防护措施情况下,雨天、风速大于 8m/s、风沙天气、天气相对湿度超过 90%严禁施焊。

(12)冬季施焊时应将管道两端堵死,防止穿膛风影响焊接质量。

(13)在进行氩弧焊打底时如电弧电压过高,易产生未焊透,并使氩气保护效果变差,因此应在电弧不短路的情况下,要尽量减小电弧长度。

(14)氩气喷嘴与焊道之间的距离以不妨碍焊工视线为宜,一般为 5~ 12mm。

(15)管道焊接表面质量要求

①表面不得有裂纹、融合性飞溅物、气孔、夹渣凹陷等缺陷。

②咬边深度不得大于 0.5mm,长度小于全长的 10%,且小于 100mm,在任何长 300mm 焊缝中两侧累计长度不得大于 50mm。

③表面余高小于 5mm。

- ④表面凹陷深度小于或等于 0.5mm，长度小于全长的 10%，且小于 100mm。
- ⑤错边量不超过壁厚的 10%，且不大于 3mm。
- ⑥焊缝宽度应按坡口宽度每侧增加 0.5- -2.0mm 为宜。

(16)管道焊接完毕经外观检查合格后，按设计要求的数量进行焊缝 X 射线探伤。每条焊缝上需打上焊工钢印代号，焊缝编号。

(17)焊接验收资料内容

- ①焊工合格证书、证件。
- ②焊材合格证书。
- ③焊缝外观检查记录，无损探伤检测报告。
- ④焊缝位置单线图或简图，并在资料上有明确反映。

7. 无损检测

焊缝质量采用 100% X 射线对所有环形焊缝进行全周长检测探伤，应符合《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》GB50236-98 II 级焊缝标准，且每个焊工需保证至少有一道焊缝被抽检。

- (1)检查 X 射线探伤机具，确保设备性能可靠，保证检测有效性。
- (2)探伤人员按规范规定的探伤比例进行拍片，做好标记和记录。
- (3)管道直径>89 毫米的管子焊缝采用双壁单投影透照法。
- (4)在每张底片上标明工件编号、中心定位标志、搭接标记(有效区域标记)、底片流水号和 1 个以上像质指示器，以及探伤日期。
- (5)拍片人员负责记录射线照相主产品名称、编号、焊缝长度、底片编号和透照条件、探伤日期及操作人员，并做好拍摄部位的定位记录。
- (6)评片是把好质量关的重要环节，采用二级评片制：初评和复评，评片结

果及时发出书面报告和通知书。

8. 补口防腐

评片合格结果的书面报告和通知书收到后，开始对焊缝进行补口防腐，具体做法如下：

- ① 补口区域应采用喷射除锈方式对补口区域钢管进行表面处理，去除油污和各种杂质，除锈等级应达到 GB/T8923.1 中规定的 Sa2.5 级。
- ② 采用感应式加热器将补口处管体加热到规定温度，然后进行喷涂，喷涂厚度应达到管体涂层厚度要求，并与管体涂层搭接不小于 25mm。
- ③防腐后采用电火花测试仪进行检测，经不放电为合格。防腐后按《钢质管道熔结环氧粉末外涂层技术规范》（SY/T0315-2013）标准进行验收。
- ④本项目埋地顶管段采用聚乙烯管道无需防腐。

9. 管道吹扫:

- ①将空气压缩机通过油气分离过滤器连接到管道的接口上。
- ②启动空气压缩机缓慢充压，当压力升至 0.3Mpa 时，快速打开尾端 DN200 阀门，利用管内气压与外界大气压的压差将管内杂物全部带出，吹扫反复进行数次，直至连续五分钟白靶检验无污物附着为合格。
- ③要求对整个吹扫过程应做好记录，管道压力、温度、时间、吹扫次数等。

10.阀门安装

根据规划放线的要求，在万安赣江大桥两端（K0+005- K0+950）开挖阀门井土方，并按照设计图纸要求安装阀门、钢塑转换和砌筑阀门井，将阀门与管道连通。

11.强度试验

①管道试验的温度表、压力表应在校验有效期内，其量程应为试验压力的 1.5~2 倍，其仪表的精度级别不低于 1.5 级。

②试验介质宜采用压缩空气，强度试验压力为设计压力的 1.5 倍。启动空气压缩机缓慢充压，压力升至 0.3Mpa，稳定 30min 后，进行管线检查。无异常及泄漏现象，则继续缓慢充压，压力达到 0.6Mpa (表压)后，稳定 1 小时，无压降为合格。

12.气密性试验

①试验介质宜采用空气，试验压力采用设计压力的 1.15 倍。管道试压时升压速度不宜过快，压力缓慢上升至 30%和 60%试验压力时，应分别停止升压，稳压 30min，并检查系统有无异常情况，如无异常情况继续升压。管内压力升至 0.46MPa 后，待温度、压力稳定后开始记录。

②试压稳压的持续时间应为 24h，每小时记录不应少于 1 次，当修正压力降小于 133Pa 为合格，修正压力降按照《城镇燃气输配工程施工及验收规范》CJJ33-2005 中 12.4.5 条的公式计算。

③试压期间应随时观察压力变化，如发现泄漏，应立即停止试压，并在泄压后，查找漏点，对漏点进行修复后再重新试压。

④管道的吹扫和强度试验、气密性试验必须有建设单位、质监单位和监理单位的有关人员参加，并及时做好记录。

13.土方回填、修复

①管沟内填土，应从管道两边同时进行回填和夯实。

②管项上部 200mm 以内应用砂子或无块石的土，并不得用机械回填；管项上部 500mm 以内不得回填直径大于 100mm 的块石；500mm 以上部分回填

土中的块石不得集中。上部用机械回填时，机械不得在管沟上行走。

③在回填过程中，在管顶上部 500mm 位置安放埋地警示带。

④回填至地面标高后，按照原地貌恢复，并安放标志桩。

14.不带气碰接

由于本工程建设周期较短，根据吉安市新潮管道燃气有限公司的工作安排，本工程竣工时间将会早于场站通气时间，所以可按照不带气碰接进行作业，降低作业风险。

2.5 主要装置和设施、布局及其上下游生产装置的关系

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目的天然气管道设计压力 0.4MPa(中压 A 级),运行压力: 0.2~0.35MPa(中压 A 级),设计温度: 常温(20℃),管道设计级别为 GB1。燃气管道位于万安赣江大桥新桥和老桥中间,新桥北侧防撞栏外侧壁,在建设万安赣江大桥时已考虑荷载。管道采用钢制支架及支座固定,支架架设长度共计 708 米,钢制管道支架共设置固定支架 7 处、导向支架 13 处、活动支架 310 处。管材选用 20#无缝钢管,现场手工焊接,焊缝 100%拍片。钢管采用双层熔结环氧粉末防腐,管径 DN200,壁厚 8mm。在万安大桥燃气管道的两侧(K0+005- K0+950)各设一台双放散埋地 D250 钢制球阀,用于切断气源。

本工程项目上游为 CNG 储配站,上游设施位于河东 CNG 储配站,远期规划有河东 LNG 气化站。下游设施为万安县城 中压市政管网。

2.6 气源情况

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目所输送的天然气是以 CNG 气站为主气源。

天然气气源参数由吉安市新潮管道燃气有限公司提供，见表 2-2。

表 2-2 天然气技术参数

| 组份 (V%) | CH ₄ | C ₂ H ₆ | C ₃ H ₈ | i-C ₄ H ₁₀ | n-C ₄ H ₁₀ | i-C ₅ H ₁₂ | n-C ₅ H ₁₂ | N ₂ | CO ₂ |
|---------|--|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------|-----------------|
| | 96.38 | 2.62 | 0.6 | 0.12 | 0.14 | 0.02 | 0.00 | 0.12 | 0.00 |
| 低热值 | 36.305MJ/Nm ³ (8500Kcal/Nm ³) | | | | | | | | |
| 密度 | 0.6963Kg/Nm ³ | | | | | | | | |
| 华白数 | 52.88MJ/Nm ³ | | | | | | | | |
| 燃烧势 | 38.3 | | | | | | | | |
| 运动粘度 | 13.79×10 ⁻⁶ m ² /s | | | | | | | | |
| 爆炸极限 | 5%~15.4% | | | | | | | | |
| 比重 | 0.5781 | | | | | | | | |

注：气质参数为标态（20℃、0.1013MPa）

2.7 公用工程

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目的燃气管道建成后不使用外界水、电、气等公用辅助工程。

项目在建设施工过程中野外施工，受环境条件限制，使用的电源为施工单位自备电源，依靠发电机自行发电以满足工程施工需要。燃气管道现场施工过程中除锈、焊接所使用的电源也依靠发电机供给。

3 项目危险有害因素辨识分析

危险有害因素是指能对人造成伤亡或对物造成突发性损坏的因素；危害有害因素是指能影响人的身体健康、导致疾病，或对物造成慢性损坏的因素。尽管危险、危害有害因素的表现形式各有不同，但是，其根本原因是存在危险、有害物质，能量并失控所造成。

危险因素分析是辨识系统中存在可能失控的突发性能量转换的重要环节，是评价危险等级的基础。

有害因素分析是找出系统中可能存在的对人体产生慢性危害的因素，并评价其危害程度等级。

危险、有害因素分析涉及的范围

- 1) 生产过程中所有原辅材料的数量、危险、有害性及其贮运；
- 2) 生产过程、设备、公用工程、辅助设施等方面；
- 3) 装置的检修作业；

3.1 主要危险有害物质特性分析及分布

3.1.1 主要物质特性

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目所涉及的危险品为城市燃气中的天然气，其主要成分如 2.7 章节所示。本项目涉及的危险品主要成分为甲烷，占总成分的 96.38%，其他烷烃类占总成分的 3.5%，氮气和二氧化碳仅占总成分的 0.12%。故本报告重点分析甲烷的理化特性。

甲烷物质理化特性见附件 1。

3.1.2 主要危险、有害物质的危险性等级

(1)根据《压力容器化学介质毒性危害和爆炸危险程度分类》(HG/T20660-2017)，天然气属于爆炸危险介质。

(2)根据《建筑设计防火规范》(GB50016-2018)中火灾危险性分类，天然气属于甲类物质。

(3)根据《职业性接触毒物危害程度分级》(GB5044-85)，天然气属于“轻度危害”的化学介质。

(4)根据国家安全生产监督管理局等十部委联合公告《危险化学品目录》(2015 年版)，项目无剧毒化学品。

(5)根据国务院令 190 号《中华人民共和国监控化学品管理条例》，项目无监控化学品。

(6)根据卫生部《高毒物品目录》(卫法监发[2003]142 号)，项目中无高毒物品。

(7)根据《易制毒化学品分类目录》[2018 年版]，项目中无易制毒化学品。

(8)根据国际癌症研究中心(IARC)分组，项目无致癌性物质。

(9)依据《危险化学品重大危险源辨识》(GB18218-2018)表 1 所示，天

然气纳入危险化学品重大危险源辨识范围。

(10)依据《重点监管的危险化学品名录（2013年完整版）》，天然气属于重点监管的危险化学品，CAS号为74-82-8（甲烷）。

(11)根据《易制爆危险化学品名录》，天然气未被列入《易制爆危险化学品名录》中

(12)监控化学品，是指下列各类化学品：

第一类：可作为化学武器的化学品；

第二类：可作为生产化学武器前体的化学品；

第三类：可作为生产化学武器主要原料的化学品；

第四类：除炸药和纯碳氢化合物外的特定有机化学品。

依据《监控化学品管理条例》，该项目涉及的天然气不是监控化学品。

(13)依据应急管理部、工业与信息化部、公安部、交通运输部四部委2020年第1号令公布的《特别管控危险化学品目录（第一版）》进行辨识：本项目涉及的液化天然气为特别管控危险化学品。但根据本规范城镇燃气不适用本目录及特别管控措施。企业可参考本文件要求做好下步初步设计单位的确定和其他工作。

3.1.3 物质主要危险、有害因素分布

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目涉及的主要危险有害物质为天然气，在管道输送过程中物质的物理状态和化学状态未发生改变，故天然气的易燃性、泄漏后易形成爆炸性混合物的化学爆炸和物理爆炸性贯穿于整个生产输送过程中。

3.2 管输过程主要危险、有害性辨识分析

本建设项目中存在的危险介质为天然气，根据《企业职工伤亡事故分类》(GB6441-1986)、《生产过程危险和有害因素分类与代码》(GB/T 13861-2009)辨识，对本拟建设项目可能出现的设计缺陷和建成后生产过程中涉及的危险有害因素进行分析，指出其建成后可能对人员造成伤亡、影响人的健康甚至导致疾病的因素。

表 3-1 管输主要危险有害因素辨识

| 序号 | 危险、有害因素 | | 主要危险有害性 |
|----|---------|---|---------|
| | 因素 | 产生原因 | |
| 1 | 操作错误 | 桥梁实施施工、维修等作业时，未经批准，作业人员盲目施工，造成管道破损，燃气泄漏。 | 火灾、爆炸 |
| 2 | | 管道抢险作业时，未使用防爆工具。 | 火灾、爆炸 |
| 3 | | 管道抢险作业时，抢险人员未佩戴空气呼气装置，大量吸入天然气。 | 窒息 |
| 4 | 强度不够 | 天然气管道材质不符合国家标准要求，体现为刚度、屈服度不足，脆性大，易发生管道腐蚀穿孔、破裂，燃气泄漏。 | 火灾、爆炸 |
| 5 | | 天然气管道壁厚不能达到设计要求，管道埋地后外界压力增大，管道易发生变形，不能达到设计压力要求，造成管道破损，燃气泄漏。 | 火灾、爆炸 |
| 6 | 耐腐蚀性差 | 天然气具有微腐蚀性；本建设项目管道裸露在大气中，大气中的水汽具有微腐蚀性，如选用管道材质不符合要求，易发生管道腐蚀穿孔、破裂，燃气泄漏。 | 火灾、爆炸 |
| 7 | 外形缺陷 | 本工程使用的天然气管道使用前未对其外径、壁厚、椭圆度等尺寸偏差进行检验，使得有裂纹、结疤、折叠以及深度超过公称壁厚偏差的管道被用于安装，其安装后不能承受工作压力，进而发生管道破裂，燃气泄漏。 | 火灾、爆炸 |
| 8 | | 本工程使用的天然气管道有凿痕、槽痕、凹坑、电弧烧痕、变形或压扁等有害缺陷，未经修复或消除即投入安装，其安装后不能承受工作压力，进而发生管道破裂，燃气泄漏。 | 火灾、爆炸 |
| 9 | 防护缺陷 | 天然气管道防腐措施未落实或防腐措施有严重缺陷或未设置阴极保护装置或未设置套管，管道长期受到腐蚀作用，易发生管道腐蚀穿孔、破裂，燃气泄漏。 | 火灾、爆炸 |
| 10 | | 天然气管道在设计时未考虑温度补偿，或在施工时忽视补偿设施的质量检查，长期使用过程中，温度补偿设施失效，引起管道收缩、拉裂，燃气泄漏。 | 火灾、爆炸 |

| 序号 | 危险、有害因素 | | 主要危险 有害性 |
|----|-------------|--|-------------|
| | 因素 | 产生原因 | |
| 11 | 防护距离不够 | 天然气管道设计、施工时，未按照国家标准要求保留足够的安全防护距离，距离建筑或管道（如电力管道）过近，当发生管道破裂、燃气泄漏时，容易遇到火源，发生火灾爆燃的危险。 | 火灾、爆炸 |
| 12 | | 天然气管道建成后，安全距离内未经批准，有施工行为，对管道产生直接破坏行为，发生管道破裂，燃气泄漏。 | 火灾、爆炸 |
| 13 | 标志缺陷 | 管道建设完成后，未设置标志桩、警示牌、警示带或标志桩、警示牌、警示带缺失，其他建设单位或施工人员不清楚危害性，盲目施工，发生破坏管道行为，易发生管道破裂，燃气泄漏。 | 火灾、爆炸 |
| 14 | 环境不良 | 天然气管道建设于有严重腐蚀地点或下游地区，管道长期受腐蚀，易发生管道腐蚀穿孔、破裂，燃气泄漏。 | 火灾、爆炸 |
| 15 | 事故应急预案及响应缺陷 | 天然气管道发生安全事故时，应急抢险措施不到位，未能划定有效安全警戒区，抢险现场组织混乱，使用非防爆工具，堵漏设备不匹配，进而进一步扩大事故影响范围。 | 火灾、爆炸、窒息 |
| 16 | 通航船只和漂浮物的撞击 | 在河流中有大量漂浮物或冲积物的情况下，通航船只和上游漂浮物对管道产生碰撞，导致管道受损，燃气泄漏。 | 火灾、爆炸 |
| 17 | 车辆撞击 | 桥面车辆失控，翻出人行道和护栏，撞击天然气管道，导致管道受损，燃气泄漏。 | 火灾、爆炸 |
| 18 | 桥面震动 | 桥面车辆行驶，导则桥面震动，天然气管道波纹补偿器松动，导致管道受损，燃气泄漏 | 火灾、爆炸 |

小结：经过对吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目管输过程危险有害因素辨识，该项目天然气管道生产、抢险过程中产生危险有害因素主要原因包括：操作错误、强度不够、耐腐蚀性差、外形缺陷、防护缺陷、防护距离不够、标志缺陷、环境不良、事故应急预案及响应缺陷、通航船只和漂浮物的撞击、车辆撞击，其对设施、环境、人体产生的危险有害因素为火灾、爆炸、窒息。

3.3 安装施工过程中主要危险、有害性辨识分析

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目安装施工场所是万安赣江大桥北侧边跨置管线空心板外侧壁，施工过程中使用的设备主要包括：电焊机、发电机、切割机、电动冲击钻、手持式砂轮机、随车吊等。其生产过程中将存在以下危险、有害因素：

1、机械伤害

转动机械的机械伤害是最为普遍的一种伤害形式，机械伤害是指机械设备的运动部件直接与人体接触而引起的伤害。通常的表现形式有夹击、碰撞、剪切、卷入、绞、碾、割、刺等。对于本项目施工过程中电机、柴油机转动带动设备的运动模式，最有可能发生的机械伤害表现形式是电动机、发电机和手持式砂轮机转动产生的卷入、绞碾、割伤害。

工艺操作过程中引起机械伤害的原因主要有：①操作人员不小心碰到正在运行的机械设备的运动部件上；②机械设备运动部件未装设防护罩；③机械设备发生故障致使运动部件脱落飞出；④衣服、头发、裤脚卷入转动机械中。

2、触电

本建设项目燃气施工时大部分设备均需使用 220~380V 电源，操作人员操控设备时均存在触电的潜在危害。其发生触电事故产生的原因主要包括：

1) 电线接头裸露；

2) 接线盒内电线安装不符合规定，线头与设备外壳连接，设备无接地装置；

3) 用电线路私拉乱接；

4) 机械维修时，未明确安全条件，违规送电。

3、物体打击伤害

管道施工过程中手持式砂轮机砂轮处于高速运转过程，如砂轮安装不紧固或碎裂，易对施工人员产生物体打击伤害。

4、起重伤害

起重伤害事故是指在进行各种起重作业（包括吊运、安装、检修、试验）中发生的重物（包括吊具、吊重或吊臂）坠落、夹挤、物体打击、起重机械倾翻等事故。主要包括：脱钩砸人，钢丝绳断裂抽人，移动吊物撞人，钢丝绳刮人，滑车碰人等伤害。

5、车辆伤害

车辆伤害的表现形式多种多样，主要有：车辆与车辆相撞；车辆撞击建构筑物；车辆撞或碾压人；翻车；冲出围栏或冲入绿化带；拖挂车辆脱钩；人员从行驶的车辆中甩出等。

车辆伤害所造成的后果主要表现为：车辆损坏甚至报废；被撞建构筑物损坏甚至倒塌；被撞或被甩出人员受伤甚至死亡等。

人是车辆驾驶的主体，因此人的因素是导致车辆伤害事故发生最主要的原因，驾驶员驾驶技术不佳，驾驶时注意力不集中，酒后驾车，疲劳驾车，情绪不稳定，不遵守场内驾驶规章，超速行驶，反向行驶等均容易导致车祸。

车辆是造成伤害的主体，它的性能与事故的发生也有着重要的联系，车况不佳是导致事故发生的重要因素，如刹车不灵、转向失灵、车灯不亮等。

道路环境也会间接引起事故的发生，如路面不平整，转弯半径太小，回车场地狭窄，空中有较低的挂物，道路照明不良，建筑或绿化遮挡视线等。

天气也会影响驾驶，引起事故，特别是雨、雪、雾天气，视线不佳，路面湿滑，冬季路面积雪结冰更是容易造成车辆事故。此外晚间作业视线不佳，如果照明设施没有足够的照度，也有可能引发车辆伤害事故。

6、高处坠落

按照国家标准《高处作业分级》规定：凡在坠落高度基准面 2m 以上（含 2m）的可能坠落的高处所进行的作业，都称为高处作业。

燃气管道位于万安赣江大桥新桥和老桥中间，新桥北侧防撞栏外侧壁，作业位置距离地面大于 10 米以上，属于高空作业，有高处坠落的危险。

7、淹溺

淹溺又称溺水，是人淹没于水或其他液体介质中并受到伤害的状况。水充满呼吸道和肺泡引起缺氧窒息；吸收到血液循环的水引起血液渗透压改变、电解质紊乱和组织损害；最后造成呼吸停止和心脏停搏而死亡。

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目位于万安赣江大桥，桥下是赣江，江面较宽，常年流水不断，当施工人员坠落至江面时，容易发生淹溺危险。

8、电焊灼伤

电焊灼伤就是指电焊工作进行时，没有严格按照电焊安全操作规程作业，致使电焊烧伤作业人员皮肤，或身体被电焊弧光（一种持续的耀眼亮光，有时具有辉光弧线的外貌，在电路断开时形成。即电弧发出的光，光度很强，带蓝紫色）辐射烧伤身体组织的现象。

轻者会出现，被辐射烧伤的皮肤称红色，经使用相关治疗药物或不使用，渐渐的会消除轻度的烧伤痛。好后可能会轻微蜕皮。

重者会出现，被辐射烧伤的皮肤称暗红色，经使用相关治疗药物或不使用，未取得好和转恢复的，会出现烧伤水肿，烧伤部位大量脱皮，好后会留下永久的烧伤疤痕。

9、电焊烟尘毒性

电焊烟尘中有毒有害气体的成份主要为 CO、CO₂、O₃、NOX、CH₄ 等，其中以 CO 所占的比例最大。焊接烟尘主要来自焊条的药皮，少量来自焊芯及被焊工件，根据有关资料调查，焊接烟尘的产生量与焊条的种类有关。2017 年 10 月 27 日，世界卫生组织国际癌症研究机构公布的致癌物清单初步整理参考，电焊烟尘在一类致癌物清单中。

电焊烟尘中的氟化物、臭氧和氮氧化物均有一定的刺激和毒性作用，氟化物会引起上呼吸道粘膜损害，牙齿和骨骼的损害；氮氧化物的刺激较小，但高浓度接触可出现急性肺水肿和高铁血红蛋白血症。症状轻者有以下表现：起病时嗜睡，以后出现失眠、头痛、乏力、记忆力减退。部分患者出现易激动、恶心、流涎增多医学教育网整理、四肢麻木或疼痛、夜间腓肠肌痉挛、两腿无力等。症状严重者可以出现肌张力增高，轻度震颤、两腿沉重、走路减慢、易跌倒、举止缓慢、感情淡漠或冲动。

10、火灾

这里所指的火灾是指施工现场存在的火灾隐患，施工现场一旦发生火灾，而且会造成重大人员伤亡、施工现场存在的主要火灾隐患有：

1) 施工现场临时建筑物布局不合理

建筑物密集且耐火等级低。由于施工现场局限性，人员多、现场周边民房存在一些三、四级耐火等级简易结构的建筑物，一旦失火，势必造成严重后果。

易燃、可燃材料多，火灾蔓延速度快，一旦建筑企业雇佣外来民工，吃住在工地，生活中使用的物品多为可燃的，无形中大幅度增加了施工现场的火灾危险，尤其是因施工需要，有的施工现场仍然采用木质等可燃性的脚手架和易燃材料的安全防护物，特别是存放有油漆等易燃易爆危险物品，一旦发生火灾，势必造成猛烈燃烧，迅速蔓延。

施工现场的消防安全条件较差，一些工地没有配备必要的消防器材，随意堆放建筑材料，堵塞了消防车道，还有的在明火作业区堆放易燃、可燃材料，以及危险物品库房混用。

2) 现场管理混乱

用电量、电气线路敷设不规范。随着机械化水平的提高，施工现场机械化操作和用电量大幅度增加，违章安装电气设备、私拉乱接电气线路现象较为严重，也有的直接将配电装置安装在可燃木制构件上。

普通存在违章使用明火的现象。施工期间，经常使用电焊、气焊，进行电焊、气焊的工作人员无证上岗，操作时不采取必要的安全措施，甚至在火灾危险场地没有事先办理动火审批手续，没有严格消防安全管理。

施工单位忽略烟头点火源管理，施工现场办公室、民工宿舍、建筑材料堆场可燃、易燃物较多，并且雇佣的临时民工、外来人员吸烟的随意性强，一旦将烟头丢弃在火灾危险等地方，时间一长，极易造成火灾。

忽视易燃易爆化学品的管理。施工单位经常使用氧气、乙炔；同时食堂大部分临时采用液化石油气作为燃料，一旦使用管理方法不当，造成易燃易爆化学物品泄漏，遇明火、极易造成群死群伤火灾事故。

3) 忽视意外火灾。这种火灾是由于不能预见或忽视管理引起的，主要是管理不到位，发生人为防火案件火灾。

4) 管道断开、对接不合理产生火灾爆炸

管道断开、对接时，原有管道由于内部气体未置换完全，未进行现场及管道的可燃气体浓度的检测，如果采用的工器具易产生火花，或者贸然焊接，未执行动火作业的要求，极易导致火灾爆炸事故。

小结：经对吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目施工过程危险有害因素辨识，其管道施工过程主要存在机械伤害、物体打击伤害、触电、起重伤害、车辆伤害、高处坠落、淹溺、火灾、电焊灼伤和电焊烟尘毒性。

3.4 自然条件主要危险有害因素分析

(1) 雷电危害

雷电是一种自然放电现象。雷击房屋、线路及电力设备等物体时，会产生雷电过电压，雷电所波及的范围内，会严重损坏设施、设备并危及人身安全。

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目施工为野外施工，存在着遭受雷击的可能性。

雷电危害主要有四个方面，一是爆炸和火灾，直击雷放电、二次放电、球雷侵入、雷电流转化的高温等均可能引起爆炸和火灾；二是电击，直击雷放电、二次放电、球雷打击、跨步电压以及绝缘击穿均可能使人遭到电击；三是毁坏设备和设施，冲击电压可击穿电气设备的绝缘，力效应可造成设备线圈散架、设施毁坏等；四是事故停电，电力设备、电力线路以及电气仪表遭雷击损坏均可能导致停电。

(2) 风灾危害

风灾的种类很多，对于本地区，最为主要的风灾就是台风。

夏末秋出多台风，会破坏施工生产装置，导致停产、物料泄漏，并引发其他事故，所以还应要考虑风灾的影响。当台风过境时，大风对支撑不牢固的户外设施会造成严重损坏，当大件物体被吹落后有可能砸到行人、车辆或建筑，造成物体打击伤害。

(3) 洪涝灾害

台风过境会带来强降雨天气，降雨中心一天之中可降下 100~300 mm 的大暴雨，甚至可达 500~800 mm。在这样高强度的降水作用下，地下水位、河流水位迅速上，会出现汛期，造成洪涝灾害。

(4) 地震和地基沉降灾害

万安县虽然历史上尚未发生过较为强烈的地震，也并非地震灾害区域，

但地震威胁还是客观存在的。

发生地震灾害时将会对本工程管线造成较大程度的破坏，引起天然气大量外泄，引发火灾爆炸事故。

地震会引起地基不均匀沉降，导致管道受力发生改变，管道的连接位置将发生改变，致使管道承受巨大的应力最终导致破损。

(5) 其他自然灾害

万安县夏季比较炎热，持续的酷暑会使设备过热导致火灾以及管道施工人员或管线巡查人员中暑等事故。

万安县冬季并不十分寒冷，因此遭受冰冻的损害比较小，但也存在五十年一遇甚至百年一遇的大雪冰冻天气，发生这种灾害性天气时，会造成交通瘫痪、人员冻伤、摔倒跌伤、设备冻坏。

在项目建设及运行过程中，包括安装支架、吊运管道、焊接防腐、巡查及检修等操作，如遇上述自然条件下的有害因素，都有可能造成严重后果。

4 预评价方法的选择和评价单元划分

4.1 评价方法简介

安全评价方法是对系统的危险性、有害性及其程度进行分析、评价的工具。目前，已开发出数十种不同特点、适用范围和应用条件的评价方法。按其特性可分为定性安全评价、定量安全评价和综合安全评价。

4.1.1 定性安全评价

定性安全评价是借助于对事物的经验、知识、观察及对发展变化规律的了解，科学地进行分析、判断的一类方法。运用这类方法以找出系统中存在的危险、有害因素，进一步根据这些因素从技术上、管理上、教育上提出对策措施，加以控制，达到系统安全的目的。

目前应用较多的方法有“安全检查表(SCL)”，“预先危险性分析(PHA)”，“故障类型和影响分析(FMEA)”，“危险性可操作研究(HAZOP)”，“如果……怎么办(What……if)”，“人的失误(HE)分析”等分析评价方法。

4.1.2 定量安全评价

定量安全评价是根据统计数据、检测数据、同类和类似系统的数据资料，按有关标准，应用科学的方法构造数学模型进行定量化评价的一类方法。主要有以下两种类型：

①以可靠性、安全性、卫生性为基础，先查明系统中的隐患并求出其损失率、有害因素的种类及其危害程度，然后再以国家规定的有关标准进行比较、量化。

常用的方法有：“事故树分析(FTA)”，“事件树分析(ETA)”，“模糊数学综合评价法”，“格雷厄姆——金尼法”等。

②以物质系数为基础，采取综合评价的危险度分级方法。

常用的方法有：美国道化学公司(Dow Chemical Co.)的“火灾、爆炸危险指数评价法”、英国帝国化学公司蒙德部的“ICI/Mond 火灾、爆炸、毒性指标法”、日本劳动省的“六阶段法”、“单元危险指数快速排序法”等。

(3) 综合性安全评价。

综合性安全评价系指两种以上评价方法进行组合的评价。

4.2 评价单元的划分

划分评价单元是为了安全评价需要，按照生产工艺或生产场所的特点，将生产工艺或生产场所划分成若干个相对独立的部分。划分评价单元的一般性原则是按生产工艺功能、生产设施设备相对空间位置、危险有害因素类别及事故范围划分评价单元，使评价单元相对独立，具有明显的特征界限。

根据《安全评价通则》和《安全预评价导则》的规定和要求，本安全预评价将吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目划分成以下安全评价单元：

- 1、项目地区自然条件及周边环境单元；
- 2、燃气管道设施单元；
- 3、燃气管道施工单元。

4.3 预评价方法的选择

针对吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目的具体情况和物料特性，根据国内外各种评价方法的适用范围，本预评价将同时采用定性和定量的分析、评价方法。

首先采用“预先危险性分析”和“作业条件危险性分析”评价法对整个项目进行定性和全面评价；采用“安全检查表”对项目地区自然条件及项目周边环境进行评价；采用“危险度”评价法对燃气管道进行半定量的评价，并进行火灾爆炸模拟计算；同时根据国家相关标准与有关规定，对施工的危险有害因素进行综合性分析评价。

本安全预评价选择的评价方法概括如下：

- ①预先危险性分析法；
- ②危险度评价法；
- ③单元火灾、爆炸危险指数法评价；
- ④作业条件危险性分析法；
- ⑤故障树分析法；

5 定性、定量分析评价

5.1 燃气管道设施单元安全分析评价

5.1.1 预先危险性分析评价结果

通过预先危险性分析可知，本建设项目燃气管道设施单元存在着火灾、爆炸、窒息等危险、有害因素，其中：属于Ⅲ级的有：火灾、爆炸；属于Ⅱ级的有：窒息。

对于上述可能产生的各种危险、有害因素，在预先危险性分析中，均一一列出了基本的防范措施。以上预先危险性分析评价分析过程见附件 F2.4 章节。

5.1.2 危险度分析评价结果

根据危险度分析评价结果得出：吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目燃气管道设施属于Ⅱ级(中度危险)设施。

项目危险度评价法的概述、评价过程及结果见附件 F3。

5.1.3 作业条件危险性分析评价结果

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目燃气管道设施日常生产和设备检维修各项作业包括：停气动火作业、气体置换作业、动土作业、巡查作业。本评价单元对上述 4 项作业进行分析评价。

作业条件危险性分析评价的方法简介、分析过程及结果见附件 F4.2。

根据作业条件危险性评价结果，吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目燃气管道设施日常生产和检维修各项作业中，“显著危险”的作业为：停气动火作业，计 1 项，占 25%；“比较危险”的作业为：气体置换作业，计 1 项，占 25%；“稍有危险”的作业

为：动土作业、巡查作业，计 2 项，占 50 %。

5.2 燃气管道施工单元安全分析评价

5.2.1 预先危险性分析评价结果

通过预先危险性分析可知，本建设项目燃气管道施工单元存在着机械伤害、物体打击伤害、触电、起重伤害、车辆伤害、高处坠落和淹溺等危险、有害因素，考虑到上述伤害仅发生在施工期间，接触时间较短，故判定危险等级均为 II 级。

对于上述可能产生的各种危险、有害因素，在预先危险性分析中，均一一列出了基本的防范措施。以上预先危险性分析评价分析过程见附件 F2.5 章节。

5.2.2 作业条件危险性分析评价结果

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目燃气管道施工单元施工过程中各项作业主要包括：发电机发电作业、支架安装施工作业、砂轮机除锈作业、管道焊接作业、管道无损检测作业、管道补口防腐作业、起重作业。本评价单元对上述 7 项作业进行分析评价。

作业条件危险性分析评价的方法简介、分析过程及结果见附件 F4.3。

根据作业条件危险性评价结果，吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目燃气管道施工单元各项施工作业，。

“显著危险”的作业为：支架安装施工作业、管道焊接作业，计 2 项，占 28.6%；其余均为“稍有危险”的作业。

5.3 单元火灾、爆炸危险指数法评价

天然气管道发生泄漏最主要原因包括腐蚀穿孔和机械破坏。当发生泄漏时，由于万安赣江大桥往来车辆、行人较多，火源难以控制，极易发生爆炸事故，其危害性较大。

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目燃气管道设施单元爆炸模拟计算的模型建立如下：

假设燃气管道因腐蚀，发生管道中度穿孔，泄漏情况下发生蒸气云爆炸时事故伤害情况。

经分析，燃气管道经孔泄漏时气体流动属音速流动，泄漏质量流率可达到 0.2893 kg/s 。甲烷在化学品活性分类中属于低活性类，在此流率下，发生泄漏后的立即点火概率为 0.02 。燃气管道泄漏时间总计以 20 分钟时则泄漏总量为 347.16kg 。

由于天然气介质较轻，空气中流动扩散快，吉安市新潮管道燃气有限公司拟配备管线巡线员、天然气管道拟设有监控设施，且该公司设有应急抢险救援队伍，配备了必要的应急救援器材，制定了详细的应急救援预案，并考虑到万安县气候风速等因素影响，故计算泄漏天然气全部参与爆炸时爆炸产生冲击波的天然气总质量考量为泄漏总质量的 5%，即 17.36kg ，折合标态下为 23.03m^3 。

如发生爆炸后折合焦耳能量为 $E=0.09156 \times 10^7 \text{ kJ}$ ，折合 TNT 当量为 203.49kg 。人员死亡半径为 11.76m ，重伤半径为 17.64m ，轻伤半径为 32.34m 。

以上分析具体计算过程详见附件 F5.2 章节。

5.4 天然气管线故障树分析结果

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目燃气管道设施引起管线失效的主要因素为：

(1)外力破坏。包括人为破坏和自然灾害破坏。如管道附近违章构筑物及其它管线，在管道附近进行违章施工，都可能直接导致管线失效。应对管线及标志物进行定期检测。

(2)严重腐蚀。严重腐蚀包括外腐蚀和内腐蚀两个方面。外腐蚀主要由土壤腐蚀、防腐绝缘涂层失效和外防腐失效引起。内腐蚀主要由天然气中的硫化物酸性介质引起。严重腐蚀导致防腐绝缘涂层失效、管壁减薄、管线穿孔，甚至发生管线开裂。应对内外防腐脱水与缓蚀剂的实际效果，进行定期检测与分析，并选择合适的清管器类型，进行定期清管。

(3)管材缺陷。包括管材初始缺陷和安装缺陷。初始缺陷主要是由于管材在制造加工、运输不当造成的。安装缺陷是在管段的安装施工过程中形成。如管道薄厚不均、椭圆度、防腐绝缘涂层质量差、特别是焊接水平和焊接质量差。管材缺陷的存在将直接导致管线整体强度的降低，为管线腐蚀发生提供条件，直接影响着管线运行的可靠性。应加强对管材质量检查，提高制造工艺水平。建立严格的施工质量检测制度，选择合适的焊接工艺。

(4)管线失效故障树考虑的其他几十个基本事件，也即为输气管道设计、施工、投产运行、维护管理中需要引起重视的安全方面的薄弱环节。

故障树分析评价的方法简介、分析过程及结果见附件 F6。

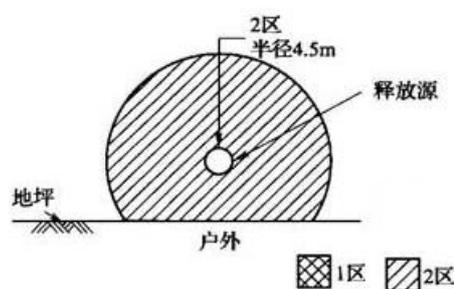
5.5 爆炸危险区域划分

根据天然气性能和环境等资料，《爆炸性环境第 14 部分：场所分类爆炸性气体环境》（GB3836.14-2014）中危险场所分类数据表 C.1、表 C.2），以及《爆炸危险环境电力装置设计规范》（GB50058—2014）中第 3.2.3 条释放源分级规定，燃气管道符合第 3 项“二级释放源应为在正常运行时，预计不可能释放，当出现释放时，仅是偶尔和短期释放的释放源”。

燃气管道中可燃性物质通常为天然气，其主要成分为甲烷，还含有少量乙烷、丁烷、戊烷、二氧化碳、一氧化碳、硫化氢等，根据 GB50058—2014 续表 C，甲烷可燃性气体分级级别为 IIA，引燃温度组别为 T1；少量混合气体中，硫化氢级别最高，为 IIB，引燃温度组别为 T3，出于安全考量，可按照混合气体考虑燃气级别为 IIB，引燃温度组别为 T3。

通风的有效性影响到危险区域等级的划分。燃气管位位于万安赣江大桥外侧桥板的外侧，其自然通风条件非常好。

危险场所的区域范围一般根据 GB50058—2014 附录 B 的典型示意图进行划分。释放源为燃气管道，可燃性介质为比空气轻的天然气，在通风良好的情况下，危险场所的区域范围可参考典型示意图中第 18 项进行划分。



以燃气管道为释放源中心，半径为 4.5 米的范围内划为 2 区。

各国爆炸性危险区域的划分对照

| 危险区域定义 | 中国、IEC、欧洲标准 (Zone) | | 北美标准 (Division) | | 危险程度 |
|----------|--------------------|-----|-----------------|----|-------------|
| | 气体 | 粉尘 | 气体 | 粉尘 | |
| 正常情况连续出现 | 0区 | 20区 | Division 1 | | 高 ↓ 低 |
| 正常情况间断出现 | 1区 | 21区 | | | |
| 仅在异常时出现 | 2区 | 22区 | Division 2 | | |

天然气管道发生泄漏最主要原因包括腐蚀穿孔和机械破坏。当发生泄漏时，由于万安赣江大桥往来车辆、行人较多，火源难以控制，极易发生爆炸事故，其危害性较大。

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目燃气管道设施单元爆炸模拟计算的模型建立如下：

假设燃气管道因腐蚀，发生管道中度穿孔，泄漏情况下发生蒸气云爆炸时事故伤害情况。

经分析，燃气管道经孔泄漏时气体流动属音速流动，泄漏质量流率可达到 0.2893 kg/s 。甲烷在化学品活性分类中属于低活性类，在此流率下，发生泄漏后的立即点火概率为 0.02 。燃气管道泄漏时间总计以 20 分钟时则泄漏总量为 347.16kg 。

由于天然气介质较轻，空气中流动扩散快，吉安市新潮管道燃气有限公司拟配备管线巡线员、天然气管道拟设有监控设施，且该公司设有应急抢险救援队伍，配备了必要的应急救援器材，制定了详细的应急救援预案，并考虑到万安县气候风速等因素影响，故计算泄漏天然气全部参与爆炸时爆炸产生冲击波的天然气总质量考量为泄漏总质量的 5%，即 17.36kg ，折

合标态下为 23.03m^3 。

如发生爆炸后折合焦耳能量为 $E=0.09156 \times 10^7 \text{ kJ}$ ，折合 TNT 当量为 203.49kg 。人员死亡半径为 11.76m ，重伤半径为 17.64m ，轻伤半径为 32.34m 。

以上分析具体计算过程详见附件 F5.2 章节。

5.6 重大危险源分析评价结果

“重大危险源”是指：长期地或临时地生产、加工、搬运、使用或贮存危险物质，且危险物质的数量等于或超过临界量的单元。

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目燃气管道中介质天然气属于重大危险源辨识物质，依据《危险化学品重大危险源辨识》(GB18218-2018)表 1 第 49 项所示，天然气纳入危险化学品重大危险源辨识范围，其临界量为 50 吨。本公司输送的天然气已进行加臭，天然气中四氢噻吩微量，远小于其临界值。

本项目管道内重大危险源物质天然气总质量 79.07Kg < 临界量 50 吨。危险化学品重大危险源辨识分析过程详见附件 F7。

小结：吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目燃气管道内天然气储存量不构成重大危险源。

6 安全条件和安全生产条件分析评价

6.1 项目建设政策符合性评价

1、根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目不属于国家限制类和淘汰类项目，为鼓励类项目。

2、根据《国家发展改革委关于印发天然气利用政策的通知》（发改能源[2007]2155 号）合理利用天然气，可以优化能源消费结构，改善大气环境，提高人民生活质量，对实现节能减排目标、建设环境友好型社会具有重要意义。吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目在政策利用顺序中为第一类（优先类）。

3、吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目中主要原材料为天然气，主要成分为甲烷，纯度很高，气化后燃烧尾气中基本不产生 SO_2 、 CO_2 ，排放量远远低于其他燃料。根据企业提供的相关资料，该项目使用的天然气气质符合二类及以上标准天然气（《天然气》GB17820-2018）相关标准，是一种理想的城镇燃料用气和汽车燃料用气，将大大降低城市环境污染。因此，项目的设计符合《中华人民共和国环境保护法》（主席令第 22 号，2014 年修订）和《大气污染物综合排放标准》（GB16297-96）相关标准。

4、吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目采用的管道焊接工艺及管道防腐工艺为目前城镇燃气管道建设通用工艺。管道的材质符合《城镇燃气设计规范》（GB50028-2006）第 6.3.1 条第 3 款要求。根据《国务院关于印发“十三五”节能减排综合工作方案的通知》（国发〔2016〕74 号）、《国务院批转发展改革委等部门关于抑制部分行业产能过剩和重复建设引导产业健康发展若干意见的通知》（国发〔2009〕38 号）等相关文件，该项目未拟使用淘汰落后工艺及设备，工

艺、设备、技术可行性研究方案科学合理可行，符合有关法律法规和标准要求。

6.2 燃气管道周边环境分析评价

本章节对吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目建设地址符合性进行检查，分为架空管道及埋地管道周边情况检查，详见附件 F8。

小结：经安全检查表检查，吉安市新潮管道燃气有限公司万安县万安赣江大桥燃气管道随桥附设工程项目的燃气管道与周边建筑及构筑物现有安全距离符合《城镇燃气设计规范》（GB50028-2006）规定。鉴于万安县城建设日新月异，吉安市新潮管道燃气有限公司对周边设施的改变应予以注意，确保周边设施改变时应满足相应国家标准要求。

6.3 管道壁厚设置符合性分析评价

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目的管道拟选用 8mm 壁厚管道。本章节主要计算该工程拟使用的管道壁厚是否满足《城镇燃气设计规范》（GB50028-2006）相关规定要求。

详细检查分析过程见附件 F9 。

经计算，吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目管道最小公称计算壁厚应达到 0.6mm 。此外径及环境条件下的管道最小公称计算壁厚同时满足大于《城镇燃气设计规范》（GB50028-2006）中 DN200~300（mm）管道最小公称壁厚 4.8mm 的要求。

小结：吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目拟选用的管道壁厚满足《城镇燃气设计规范》（GB50028-2006）规定，能够保障管道建成后日常安全生产需求。

6.4 管道及元件选用符合性分析评价

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目管道管材初始缺陷和安装缺陷是引起管线失效，引发管道泄漏，进一步发生安全生产事故的重要因素之一。本章节主要对本建设项目中拟选用的管道管材及压力管道元件进行安全检查表检查，判断其选用的设备及设备附件是否满足国家相关标准及要求。

详细检查分析过程见附件 F10 。

经对吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目可行性研究中拟使用的管道管材、压力管道元件及防腐绝缘措施安全检查表检查，该项目拟使用的管道管材、压力管道元件及防腐绝缘措施符合现行国家标准《城镇燃气设计规范》（GB 50028-2006）、《石油

天然气工业输送钢管交货技术条件第 2 部分：B 级钢管》（GB / T 9711.2-1999）、《输气管道工程设计规范》（GB 50251-2003）、《油气输送用钢制弯管》（SY5257-2004）、《绝缘接头和绝缘法兰技术规范》（SY/T 0516-2008）、《城镇燃气埋地钢质管道腐蚀控制技术规程》（CJJ 95-2003）等，满足设备本质化安全生产需求，符合率 100% 。

6.5 管道对桥梁结构的影响分析

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目的建设地点为万安赣江大桥。桥梁经过车辆较多，产生细小震动可能会导致输气管道波纹补偿器松动，导致管道泄漏，企业应在以后运行过程中加强日常巡检。所以本工程燃气管道采用随桥敷设方式，在新建桥梁结构中已考虑管道荷载和管位。

燃气管道设计单位根据桥梁设计图纸以及拟建燃气管道的情况，管道荷载对桥梁结构的影响进行荷载计算，详细过程见附件 F13 。

结论：经过荷载计算，空心板承载极限状态强度满足规范要求，持久状况正常使用极限状态空心板各指标满足规范要求；持久状况空心板应力指标满足规范要求；短暂状况空心板应力指标满足规范要求。

但是新增燃气管支架安装施工时，须根据桥梁图纸避开预应力管道！

7 事故案例分析

了解同类行业的事故类型、典型事故案例，并对其进行对照、类比、预测、分析思考，目的是将有助于避免同类事故、类似事故的发生。

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目正式投产后在运营过程中存在火灾、爆炸的危险性，一旦发生意外造成事故，将会给人民生命和国家财产造成损失。所以，针对该项目中的主要危险和有害因素，选取一些典型的事故案例，通过对事故案例分析，能够从中吸取教训，防止同类事故再次发生。

6.1 案例分析

【案例一】南京“7·28”地下丙烯管道泄漏爆燃事故

事故经过：

2010年7月28日10时10分，在位于南京市栖霞区迈皋桥街道万寿村15号的塑料四厂地块拆除工地，个体拆除施工队邵殿军、董来荣、方强锋等人在塑料四厂旧房拆除阶段性停工期间，擅自挖掘厂区内地下管材，挖掘机将穿越该地块的南京金陵塑胶化工有限公司（以下简称塑胶公司）地下直径159mm丙烯管道挖穿，导致丙烯泄漏并迅速扩散与空气形成爆炸性混合物，遇位于塑料四厂南侧迈尧路段的中华饭店（小吃店）明火后引发爆燃。事故最终造成22人死亡（7月29日下午4:30新闻发布会之前发现死亡13人；发布会之后至7月30日，又先后在塑料四厂爆燃点周边的废墟中搜寻出6名死者；重伤住院人员中有3人经抢救无效死亡），120人住院治疗，其中14人重伤（包括抢救无效死亡的3人），爆燃点周边部分建（构）筑物受损，直接经济损失4784万元。

事故原因分析：

（一）直接原因

邵殿军、董来荣擅自组织开挖地下管道，现场盲目指挥；方强锋野蛮操

作挖掘机挖穿地下丙烯管道，导致丙烯大量泄漏，迅速扩散后遇点火源引发爆燃。

（二）间接原因

栖霞区迈燕开发办、迈皋桥街道、栖霞区拆迁办等单位违规组织实施塑料四厂地块拆除工程；违反区政府旧房拆除工程应公开招投标的规定，直接指定正在服刑期内、无资质的个体拆除业务承揽人邵殿军负责塑料四厂地块的拆除工程，且未履行业主应承担的安全管理工作职责。塑料四厂和塑胶公司在发现塑料四厂厂区内有机械施工作业，可能危及地下丙烯输送管道安全时，未能有效制止董来荣、方强锋的野蛮施工，负有监管不力的责任。

事故发生后，迈皋桥街道、区拆迁办有关人员伙同邵殿军共同伪造拆迁工程的招投标文件和其他相关材料，欺骗事故调查组，干扰事故调查。

经验教训：

1、加强城镇燃气管道的巡查。鉴于该工程建设项目建设于野外，吉安市新潮管道燃气有限公司应落实本公司安全巡查制度，对天然气管道定期进行检测，加强日常巡线，管线巡查落实到人，发现隐患及时处置，巡查中发现管线周边有挖坑、建筑、取土等行为时应及时汇报，并与相应建设单位及时沟通，保障燃气管线不受第三方破坏，确保天然气管道及其附属设施的安全运行。

2、涉及地下管道的施工项目，开始前施工项目管理单位要召集管道业主、施工和现场安全管理等有关单位，召开安全施工协调会，对安全施工作业职责分工提出明确要求。施工单位要严格按照安全施工要求进行作业，严禁在不明情况下，进行地面开挖作业。吉安市新潮管道燃气有限公司应对管道情况进行现场交底，并作出明确的标识，必要时在作业现场安排专人监护。

3、吉安市新潮管道燃气有限公司可依据《城镇燃气管理条例》（国务

院令第 583 号) 相关规定, 发现违章建筑及时通报相关安全生产管理部门, 及时清理管道保护范围内的违章建筑, 严防管道占压。

【案例二】超压泄漏

2004 年 1 月 15 日凌晨 3 时左右, 上海浦东南泉路峨山小区发生天然气大面积泄漏事故。1 个小时内小区内近千余户居民凌晨被紧急疏散, 幸无人员伤亡。

事故原因: 经检查, 地区天然气总阀失灵, 供气压力过高, 超过正常标准。经 1 个多小时抢险, 采取了泄压、降压处理后, 疏散居民得以返家。

【案例三】天然气管道施工不良

2002 年 9 月 2 日下午 3 时许上海共和新路发生天然气管道泄漏事故, 持续时间 50min, 幸无人员伤亡。在事故发生地共和新路场中路口, 尚未到达便已传来震耳欲聋的声响。到达现场后, 只见外泄气体腾腾升起, 约有近 20m 高, 远处楼房一片缥缈。4 时许, 天然气总阀被全部关闭, 现场恢复正常。在工地上, 冒气处已被冲出两个直径各约 30cm 的大坑。

事故原因: 经调查, 系天然气管道脱焊所致。

【案例四】天然气管道缺少维护

2000 年 2 月 27 日 21 时 16 分, 河南濮阳至河北沧州的石油天然气输送管道, 在茌平县张营乡七里河段发生重大泄漏事故。泄漏石油天然气的管道为输送主干道, 管道直径 426 mm, 管道内输气压力为 25MPa, 流量为 $100 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{a}$ 。泄漏的天然气在高压下由一个直径约 1.2 mm 的孔洞中喷出, 喷射高达 5~6m, 从时间推断, 泄漏气体蔓延范围约 0.5 km^2 。由于泄漏时间比较长, 现场周围的天然气浓度比较大, 处置中稍有不慎, 随时会爆炸起火。根据现场情况, 抢险小组决定用木楔进行堵漏, 并进行了明确分工:

第一组负责划出警戒区，在公路南北 10km 实行交通管制，禁止任何车辆和人员进入天然气泄漏区，现场周围村庄 20km² 内，一律停电和禁止动用明火；现场处置人员一律关闭 BP 机、手机，防止电火花引发天然气爆燃。第二小组负责灭火准备工作，所有执勤车辆停放在泄漏区的上风处，二中队器材照明车提供处置现场照相，重型水罐车负责现场的冷却、稀释等灭火准备工作，其它车辆作为供水后援，其他消防人员作为抢险梯队待命。第三小组由荏平大队负责与中原输气处联系，采取降压措施，并派技术人员赶赴现场进行技术指导。第四小组由荏平县公安局负责疏散附近村庄村民，维护现场秩序。第五小组深入现场实施堵漏。经紧急抢修，最终排除了险情，避免了特大恶性事故的发生，保住了国家数亿元的财产和周围 1 千多名群众的生命安全。

事故原因：系管道老化，平时缺少保养维护和安检措施。

【案例五】天然气管道腐蚀泄漏引发爆炸

2002 年 1 月 1 日凌晨 3 点 20 分左右，黑龙江大庆市三因洗浴中心发生一起天然气管道泄漏爆炸事故，洗浴中心在爆炸声中化为一片废墟，当时在室内的 8 人，4 死 4 伤。爆炸的冲击波还将洗浴中心东侧相邻的 2 户房屋震塌，砸死 2 人，砸伤 2 人。

事故原因：洗浴中心违章修建在地下油气管线上。洗浴中心每天排出大量含碱的污水，渗入地下，长期以来对地下管线造成了严重腐蚀，致使管道穿孔天然气泄漏入室，使室内的可燃气体达到爆炸极限，遇电冰箱继电器打火而引发爆炸。早在去年 6 月，业主就接到了大庆市拆除油田违法违规建筑指挥部核查(拆迁)通知，业主不但未拆除违章建筑，而且还继续营业，结果酿成大祸。

造成这起事故的主要原因是各级安全管理部门和企业安全管理人员疏忽大意：首先，大庆油田公司对地下油气管线的安全管理和巡查不彻底，

缺乏必要的技术手段，事故管线全年无巡查记录；对有人员居住并从事经营活动的建筑物占压油气管线构成的重大事故隐患，未采取得力措施，缺乏必要的防范手段；对油气管线生产用地监管不力，情况掌握不清，缺乏应有的调查了解和相应的检测防范措施。其次，行业安全管理部门对所属行政区域内和所管理的企业安全状况了解不清，管理不到位；土地、城管、规划等部门在油气管线上的规划、土地使用、房屋建设上，把关不严，擅自审批手续，在查处违章违建工作过程中力度不够，拆除工作不彻底。

【案例六】天然气管道维修不当引发事故

1986年5月，某DN400输气干线放空后阀室内更换干线放空阀，由于操作欠妥，干线两端放空阀开启，施工氧割法兰时热抽吸出天然气燃烧，强行割下法兰后将大火熄灭。在地上修焊口30min后（法兰割口离地面高1.2m），将法兰拿回割口电焊时发生了爆炸并燃烧了3.5h。3人严重烧伤，阀室及室内集输设施严重烧坏，造成了重大的经济损失。

事故原因：由于干线两端开着放空阀，致使氧割时产生天然气热抽吸燃烧，灭火后继续抽吸天然气于室内，自房顶向下积聚形成爆炸混合物，遇焊火而发生爆炸。经验教训：管线施工作业不能在开启放空阀的情况下进行。

1998年7月，某大型输气站绝缘法兰漏气整改，施工36h后，该段 $\varnothing 508 \times 9$ 的管道在6.6km管线两端放空阀均开启发生了抽空。恢复生产时，采取开天然气直接置换空气20min约进天然气 9000m^3 后，关闭放空阀开始升压，升压过程中发现管线发热。分析判断是管线内燃，对管线采取浇水降温。1h后管线压力升至2.6MPa时，采取开启DN300进站生产球阀和站场分离器DN100排污阀试图泄压时，站场发生强烈爆炸，导致全站设备损毁，人员伤亡的特大事故。

事故原因：管线施工中开着干线放空阀产生了抽空；泄压时使天然气、空气、燃烧产物的混合气体进入到站场的容器中再混合而达到爆炸极限，

遇硫化铁自燃而发生了化学爆炸。估计此次爆炸强度为 24MPa。经验教训：施工时不应开启干线放空阀；泄压时不应将气体引入到另一设备中。

【案例七】湖北省十堰市张湾区艳湖社区集贸市场“6·13”重大燃气爆炸事故

2021 年 6 月 13 日 6 时 42 分许，位于湖北省十堰市张湾区艳湖社区的集贸市场发生重大燃气爆炸事故，造成 26 人死亡，138 人受伤，其中重伤 37 人，直接经济损失约 5395.41 万元。

5 时 38 分，十堰市 110 指挥中心（以下简称 110 指挥中心）接到罗女士报警：“41 厂菜市场河道下天然气管道泄漏”，立即指令东岳公安分局南区派出所值班民警仇春祥、张皓然出警处置。

5 时 53 分，十堰市消防救援支队 119 指挥中心（以下简称 119 指挥中心）接到张湾区居民报警：“41 厂菜市场河道下天然气管道泄漏”。119 指挥中心遂通知十堰东风中燃公司抢险。

5 时 54 分，119 指挥中心指派东岳公安分局张湾消防中队（以下简称张湾消防中队）2 辆消防车、12 名消防员出警。

6 时 00 分，值班民警仇春祥、张皓然驾车到达现场，立即向报警人了解情况，并按照报警人的描述，将车直接开到艳湖桥桥头，发现桥下河道有黄色雾状气体往上飘，伴有强烈的臭味。张皓然下车劝说路边围观群众“不要抽烟，赶紧离开”。仇春祥把车开到艳湖社区后，迅速从警车后备箱中取出警戒带实施现场警戒。

6 时 01 分 14 秒，110 指挥中心向东岳分局南区派出所发出补充指令，南区派出所所长江亮出警。

6 时 03 分，艳湖社区工作人员李杰（在爆炸中遇难）赶到现场，查看桥头情况。

6 时 04 分 41 秒，张湾消防中队消防车到达现场。

6 时 05 分，110 指挥中心指令张湾分局东岳路派出所增援处置。

6 时 06 分，110 指挥中心向 119 指挥中心通报警情。

6 时 07 分，民警仇春祥在云南路路口处摆放锥形桶、拉警戒带并封闭道路，边劝导疏散群众边向 110 指挥中心报告“这里有危险！需增派警力！”随后，仇春祥和张皓然在桥上会合，商量封闭另一个路口事宜。

6 时 08 分，艳湖社区工作人员李杰拿口罩等防护用品再次返回现场，在桥头处观察现场后进入河道查看。

6 时 10 分，张湾消防中队消防队员沿艳湖巷墙脚往西走，并顺着桥边的梯子下到河床上，发现桥下大量的黄色雾状气体往外涌。陈博、肖琨佩戴空气呼吸器进桥侦查，察看洞内情况，由于烟雾量大、光线昏暗，为确保安全，两人退出至河道梯子附近观察。其他消防队员大多下车在市场路维持秩序，广播提醒，警戒并劝离围观群众。

6 时 30 分至 38 分，两名民警和十堰东风中燃公司抢修队员孔磊、王建华进入桥下河道观察处置。随后，抢修队员王建华告知公安、消防人员处置结束、可以撤离，民警提出在现场继续观察并警戒 15 分钟。119 指挥中心要求继续做好现场安全监护。

6 时 38 分至 40 分，两名民警从桥下上到桥面，继续实施现场警戒和劝离群众。

6 时 42 分 01 秒，发生爆炸。

事故直接原因为：天然气中压钢管严重腐蚀导致破裂，泄漏的天然气在集贸市场涉事故建筑物下方河道内密闭空间聚集，遇餐饮商户排油烟管道排出的火星发生爆炸。

原因分析：通过查阅资料、现场勘验、物证鉴定、视频分析、证人询问、实地调查、模拟实验、理论计算与分析，并经专家评估论证，排除了人为破坏、雷电、地震、地质灾害等因素，认定：涉事故建筑物东南角下方河道内 D57×4 中压天然气管道，紧邻芙蓉小区排水口，受河道内长期潮湿环境影响，且管道弯头外防腐未按防腐蚀规范施工，导致潮湿气体在事故管道外表面形成电化学腐蚀，腐蚀产物物料膨胀致使整个防腐层损坏，造成管道腐蚀，加上管道企业未及时巡检维护，整改事故隐患，导致管道壁厚逐步减薄造成部分穿孔。泄漏的天然气在河道内密闭空间蓄积，形成爆炸性混合气体。泄漏点上方的聚满园餐厅炉灶处于燃烧状态，炉灶上方吸油烟机将炉灶火星吸入直径 40cm 的 PVC 排烟管道直排至河道密闭空间，引爆密闭空间内爆炸性混合气体，致事故发生。

2、人为失误

人为失误是人为地造成系统故障或发生事故的直接原因因素，需要加以防止。

人为失误有：

- (1) 人机工程在设计上的失误；
- (2) 机械、设备在安装上的失误；
- (3) 检查失误；
- (4) 设备保养维修不良所造成的失误；
- (5) 操作者的失误；
- (6) 管理和决策失误（包括劳动组织不合理）；
- (7) 运输失误；
- (8) 信息交流失误等。

个人和集体造成的人为失误及其原因见图 6-2。

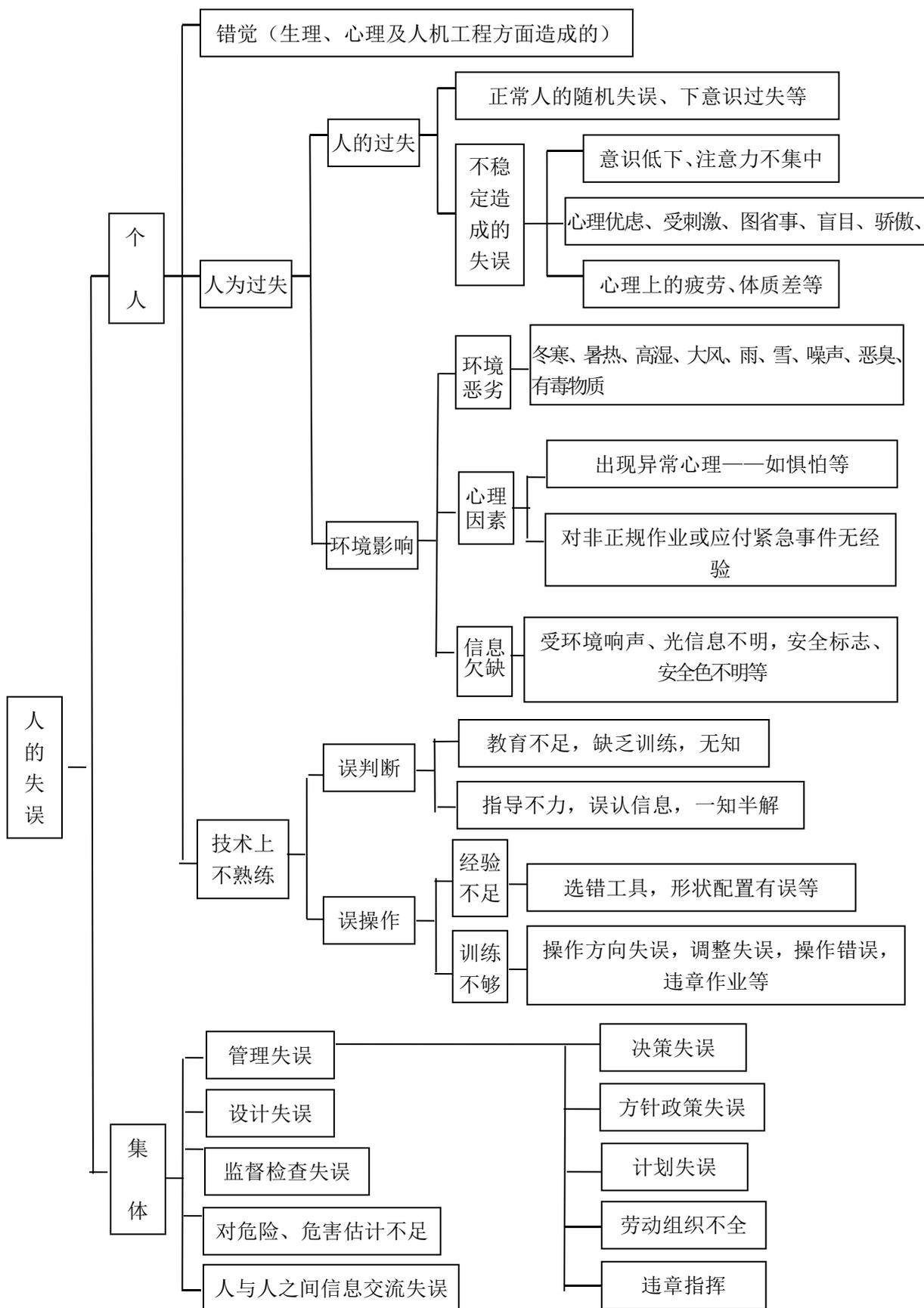


图 6-2 人为失误及其原因分析

7 安全对策措施

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目在建成投产后及维修、检测过程中主要存在的危险有害因素包括火灾、爆炸和窒息，其建设过程中还存在触电、机械伤害、车辆伤害等危险有害因素。本工程必须遵照国家有关法律法规规定，实现劳动安全设施与主体工程设计、施工、投产使用的“三同时”。本建设项目应遵守执行的有关主要规程、规范、标准见第 1.2.1 和 1.2.2 节。

7.1 项目建设方面的对策措施

1、项目应当依法进行安全评价，安全设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用。安全评价报告书须经应急管理部门组织审查、修改完善后，进行备案，报送建设行政主管部门；

2、吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目在取得万安县政府有关部门核发的初步设计批复文件后，设计单位必须按照批准的初步设计内容、工程量和建设标准进行施工图设计。本建设工程应委托具有相应设计资格的单位编制初步设计文件。

3、该燃气工程建设应委托具有相应资质条件的工程施工单位、监理单位进行施工、监理，工程施工单位、监理单位不得随意更改施工设计，应严格按照施工图进行建设、监理。施工单位应具有设备、管道安装工程相应的资质，压力管道安装单位应取得特种设备许可证，并符合《压力管道安装许可规则》（TSG D3001-2009）规定的等级资质。燃气管道安装前，安装单位应向质量技术监督部门办理备案告知，并获批准。

4、本建设项目管道安装时应向质量技术监督部门申报实施安装监督检查。

5、压力管道元件应购买、使用具有特种设备制造许可证的企业产品，该企业应符合《压力管道元件制造许可规则》（TSG D2001-2006，2010 版）

的相关要求，其压力管道及元件应通过型式试验，符合《压力管道元件型式试验规则》（TSG D7002-2006）相关要求。

6、本建设工程竣工后，吉安市新潮管道燃气有限公司应当依法组织竣工验收。未经验收或者验收不合格的，不得交付使用。建设单位应当自本工程竣工验收合格之日起十五日内，按照国家有关规定向建设主管部门备案。吉安市新潮管道燃气有限公司还应当按照国家有关档案管理的规定，收集、整理燃气工程项目的文件资料，建立健全项目档案，及时向城建档案管理机构移交项目档案。

7.2 管道工艺及安装施工工艺的对策措施

燃气管道通过河流时，可采用穿越河底或采用管桥跨越的形式。当条件许可时，可利用道路桥梁跨越河流，并应符合下列要求：

- 1、随桥梁跨越河流的燃气管道，其管道的输送压力不应大于 0.4MPa。
 - 2、当燃气管道随桥梁敷设或采用管桥跨越河流时，必须采取安全防护措施。
 - 3、燃气管道随桥梁敷设，宜采取如下安全防护措施：
 - 1) 敷设于桥梁上的燃气管道应采用加厚的无缝钢管或焊接钢管，尽量减少焊缝，对焊缝进行 100%无损探伤；
 - 2) 跨越通航河流的燃气管道底标高，应符合通航净空的要求，管架外侧应设置护桩；
 - 3) 在确定管道位置时，与随桥敷设的其他管道的间距应符合现行国家标准《工业企业煤气安全规程》GB 6222 支架敷管的有关规定；
 - 4) 管道应设置必要的补偿和减震措施；
 - 5) 对管道应做较高等级的防腐保护；对于采用阴极保护的埋地钢管与随桥管道之间应设置绝缘装置；
 - 6) 跨越河流的燃气管道的支座（架）应采用不燃烧材料制作。
 - 7) 管道施工、下管时应注意采取保护防腐层的措施，防止施工中破坏防腐层，损坏处应及时采取补救措施。
- 在爆炸危险场所中凡生产储存过程有可能产生静电的管道、设备、金属导体等均应做防静电接地。
- 8) 防雷措施：放空立管利用其金属管体做接闪器，装设集中接地装置接地，不装设避雷针。

9) 防静电措施：在爆炸危险场所中凡生产储存过程有可能产生静电的管道、设备、金属导体等均应做防静电接地。

10) 聚乙烯等不耐受高温或紫外线的高分子材料管道不得用于室外明设的输配管道。

11) 埋地钢质输配管道应采用外防腐层辅以阴极保护系统的腐蚀控制措施。新建输配管道的阴极保护系统应与输配管道同时实施，并应同时投入使用。

12) 聚乙烯管道的连接不得采用螺纹连接或粘接。不得采用明火加热连接。

13) 波纹补偿器在安装前应先检查其型号、规格及管道配置情况，必须符合设计要求。

14) 对带内套筒的波纹补偿器应注意使内套筒子的方向与介质流动方向一致，铰链型波纹补偿器的铰链转动平面应与位移转动平面一致。

15) 需要进行“冷紧”的波纹补偿器，预变形所用的辅助构件应在管路安装完毕后方可拆除。

16) 严禁用波纹补偿器变形的方法来调整管道的安装超差，以免影响波纹补偿器的正常功能、降低使用寿命及增加管系、设备、支承构件的载荷。

17) 安装过程中，不允许焊渣飞溅到波壳表面，不允许波壳受到其它机械损伤。

18) 管系安装完毕后，应尽快拆除波纹补偿器上用作安装运输的黄色辅助定位构件及紧固件，并按设计要求将限位装置调到规定位置，使管系

在环境条件下有充分的补偿能力。

19) 波纹补偿器所有活动元件不得被外部构件卡死或限制其活动范围，应保证各活动部位的正常动作。

7.3 管道运行维护的对策措施

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目在设计年限内使用的安全保证应符合下列方面：

1、桥梁两端的埋地燃气管道上不得有建筑物和大型构筑物占压。发现占压，应立即予以消除，如无法消除，应告知责任单位并上报给主管部门。

2、燃气管道应有明显的警示标志，并经常加强检查。发现标志缺失或不清晰时，应及时补充完善。

3、管线巡查人员定期巡查管道，当发现管道沿线有工程施工时，应及时汇报，全程不间断做好施工现场的监护工作，发现有危害管道的施工行为应及时制止。

4、公司可定期对管道沿线的居民和单位进行燃气安全宣传和教育。

5、万安赣江大桥两端建议安装防撞柱或防撞栏，防止车辆撞击时减少对管道的危害；

6、本建设项目燃气管道应在管材的设计年限内使用，超过设计年限的应进行定期安全评价和相关的性能检测，合格后方可继续使用。

7、管道运行压力不得超过最大允许工作压力。

8、吉安市新潮管道燃气有限公司应进一步制定完善的管道运行安全管理制度和操作规程，包括管道及其附属系统的运行、检维护制度和操作规程，日常运行中发现问题或事故处理的报告程序，事故抢修制度和事故上报程序。

9、吉安市新潮管道燃气有限公司应加强停气、降压、放散、通气、动火、受限空间作业等危险作业分级审批制度管理，检修工作人员落实安全措施并经审查批准后方可实施。

10、吉安市新潮管道燃气有限公司应已制定的燃气泄漏检查计划，同时依据城市燃气管线的发展，以及在日常运行中发现的问题，及时调整泄

漏检查计划以及人员和设备配置等。

11、阀门应定期检查，不得有燃气泄漏、损坏现象，阀门井室内不得积水、塌陷，不得有妨碍阀门操作的堆积物，阀门启闭应灵活，无关闭不严现象。

12、管网运行人员应配备必要的巡检设备，并能正确使用。

13、管网运行人员应按要求配备并正确穿戴劳动防护用品。

14、定期对架空管道防腐层的检查，发现有防腐层脱落、管道锈蚀的现象时，应及时组织人员进行补刷防腐层。作业期间，应采取切实可行的安全措施，防止坠落事故的发生。

15、吉安市新潮管道燃气有限公司可通过已设立的管网事故抢修机构，向社会公布 24 小时报修电话，制定并落实全天值班制度，配备必要的抢修车辆、抢修设备、抢修器材、通信设备、防护用具、消防器材、检测仪器等装备，并保证设备处于良好状态。当采取工程外包的运作模式时，所选择的抢修机构应具备相应的施工资质，并签订有完善的安全协议。

16、输配管道进行强度试验和严密性试验时，所发现的缺陷必须待试验压力降至大气压后方可进行处理，处理后应重新进行试验。

17、输配管道和设备维修前和修复后，应对周边窨井、地下管线和建（构）筑物等场所的残存燃气进行全面检查。

7.4 项目施工过程中的对策措施

1、燃气管道选用的钢管，应符合现行国家标准《石油天然气工业 输送钢管交货技术条件 第 1 部分：A 级钢管》GB / 9711. 1(L175 级钢管除外)、《石油天然气工业输送钢管交货技术条件第 2 部分：B 级钢管》GB / T 9711. 2 和《输送流体用无缝钢管》GB / T 8163 的规定，或符合不低于上述三项标准相应技术要求的其他钢管标准。

2、项目设计单位应对燃气管道所采用的钢管和管道附件应根据选用的材料、管径、壁厚、介质特性、使用温度及施工环境温度等因素，对材料提出冲击试验和(或)落锤撕裂试验要求。

3、当管道附件与管道采用焊接连接时。两者材质应相同或相近。

4、管道附件不得采用螺旋焊缝钢管制作，严禁采用铸铁制作。

5、本建设项目钢质燃气管道计算壁厚应满足《城镇燃气设计规范》（GB50028-2006（2020 版））相关规定要求，计算所得到的厚度应按钢管标准规格向上选取钢管的公称壁厚。最小公称壁厚不应小于《城镇燃气设计规范》（GB50028-2006（2020 版））表 6.3.2 的规定。由于项目中部分弯管段拟采用热煨弯技术，故在计算该钢管或弯管壁厚时，其屈服强度应取该管材最低屈服强度(σ_s)的 75 %。

6、本建设项目管道焊接人员应具备相应的资格证书，焊工能力应符合国家现行标准《钢质管道焊接及验收》SY/T 4103-2006 的有关规定。

7、燃气管道焊接完毕后应对焊缝先进行外观检查，其外观检查应符合《油气输送管道穿越工程施工规范》（GB 50424-2007）相关规定。

8、管道外观检查合格后应进行无损检测。无损检测应符合国家现行标准《石油天然气钢质管道无损检测》（SY/T 4109-2005）有关规定。

9、本建设项目管段焊缝无损检测应达到 100%超声波检测、100%射线检测，其无损检测合格级别为 II 级。从事无损检测的人员必须持有国家有

关部门颁发的并与其工作相适应的资格证。

10、本建设项目施工人员应按要求配备并正确穿戴劳动防护用品，并应按照国家有关规定办理工伤保险、安全责任险。

11、施工过程中，应与道路管理部门及时沟通，办理临时占道手续，必要时可临时封闭道路，确保施工中的安全和途经车辆的行车安全。

12、应与具有相应资质的单位签订管道、工程，设备安装，电气设备安装合同，必须由施工单位编制施工方案交建设单位和市安全生产监督管理部门备案。施工期间，建设单位和施工单位应有安全协议，明确双方的安全职责。

13、严禁立体作业，在不可避免时，应有可靠的安全防护设施。

14、若有特种作业时，如大型设施、设备吊装、卷扬机、起重等。应持证上岗。

15、在桥上安装时应制定专项施工方案，制定专项应急预案，配置安全员，佩戴安全绳，防止人员坠落。

16、在桥梁侧面打孔、安装托架时，应根据桥梁竣工图纸，合理避开预应力锚索孔，避免对桥梁结构安全的影响。

7.5 管道试验、调试对策措施

1、管道安装完毕后调试前应依次进行管道吹扫、强度试验和严密性试验。随桥跨越管段应单独进行试压。

2、本建设项目管道吹扫过程及气体吹扫应符合《城镇燃气输配工程施工及验收规范》（CJJ 33-2005）相关管理规定。

3、压力试验时应设巡视人员，无关人员不得进入。在试验的连续升压过程中和强度试验的稳压结束前，所有人员不得靠近试验区。

4、管道上的所有堵头必须加固牢靠，试验时堵头端严禁人员靠近。

5、试验时所发现的缺陷，必须待试验压力降至大气压后进行处理，处理合格后应重新试验。

6、压力试验时，试验管段任何位置的管道环向应力不得大于管材标准屈服强度的90%。

7、压力试验应符合下表的有关规定。

表 9.3.8 试验方法及合格标准

| 介 质 | 空 气 | |
|-----------|--|---------|
| 检验项目 | 强度 | 严密性 |
| 试验压力(MPa) | 1.15 倍设计压力 | 1 倍设计压力 |
| 升压步骤 | 分三次升压。升压值依次为试验压力的10%、50%，逐次增加10%的试验压力直至100%，间隔5min，升压速度不大于0.1MPa/min | — |
| 稳压时间(h) | 4 | 24 |
| 合格标准 | 管道目测无变形、无泄漏 | 无泄漏 |

8、管道通气前应开展调试工作。通气时缓慢开启阀门，逐段升压，保证管道压力缓慢上升，直至达到工作压力。

9、调试时应对管道各压力元件同步进行泄漏监测，发现异常时应立即停止调试工作，对受损压力元件进行故障排除。

10、为了避免现场仪表和与之相连的监控系统遭到雷击破坏，现场感应器配防雷单元。在与监控系统相连接线路上，加防浪涌装置。

7.6 应急救援预案对策措施

本建设项目天然气管道在生产、维修过程中的存在一定危险性，一旦发生意外事故，极有可能造成人员伤亡或财产损失。因此，吉安市新潮管道燃气有限公司必须对已建立的城镇燃气事故应急预案进行修改，将本建设项目补充至应急救援预案中。

应急预案应根据建设项目的具体情况制定，要建立应急指挥系统，明确各级应急指挥系统的职责。制定、完善事故应急救援预案，配备足够的应急救援器材，在作业场所，应急救援物资应存放在应急救援器材专用柜或指定地点。对应急救援器材专人维护、保管、检验、检查，并做好记录，确保应急救援器材始终处于完好状态。建立应急通讯网络并保证应急通讯网络的畅通；报警方法、联络号码和信号使用规定要置于明显位置，保证相关人员熟悉掌握。组织从业人员进行应急救援预案的培训，定期演练，评价演练效果，评价应急救援预案的充分性和有效性定期评审应急救援预案，尤其在潜在事件和突发事故发生后。

A.应急预案应主要针对以下事故：

- ①发生火灾爆炸事故时的应急预案；
- ②发生泄漏、窒息事故时的应急预案；
- ③其他自然灾害的应急预案。

B.应急预案应包括：

1 总则

1.1 适用范围

说明应急预案适用的范围。

1.2 响应分级

依据事故危害程度、影响范围和生产经营单位控制事态的能力，对事故应急响应进行分级，明确分级响应的基本原则。响应分级不必照搬事故分级。

2 应急组织机构及职责

明确应急组织形式（可用图示）及构成单位（部门）的应急处置职责。应急组织机构可设置相应的工作小组，各小组具体构成、职责分工及行动任务应以工作方案的形式作为附件。

3 应急响应

3.1 信息报告

3.1.1 信息接报

明确应急值守电话、事故信息接收、内部通报程序、方式和责任人，向上级主管部门、上级单位报告事故信息的流程、内容、时限和责任人，以及向本单位以外的有关部门或单位通报事故信息的方法、程序和责任人。

3.1.2 信息处置与研判

3.1.2.1 明确响应启动的程序和方式。根据事故性质、严重程度、影响范围和可控性，结合响应分级明确的条件，可由应急领导小组作出响应启动的决策并宣布，或者依据事故信息是否达到响应启动的条件自动启动。

3.1.2.2 若未达到响应启动条件，应急领导小组可作出预警启动的决策，做好响应准备，实时跟踪事态发展。

3.1.2.3 响应启动后，应注意跟踪事态发展，科学分析处置需求，及时调整响应级别，避免响应不足或过度响应。

3.2 预警

3.2.1 预警启动

明确预警信息发布渠道、方式和内容。

3.2.2 响应准备

明确作出预警启动后应开展的响应准备工作，包括队伍、物资、装备、

后勤及通信。

3.2.3 预警解除

明确预警解除的基本条件、要求及责任人。

3.3 响应启动

确定响应级别，明确响应启动后的程序性工作，包括应急会议召开、信息上报、资源协调、信息公开、后勤及财力保障工作。

3.4 应急处置

明确事故现场的警戒疏散、人员搜救、医疗救治、现场监测、技术支持、工程抢险及环境保护方面的应急处置措施，并明确人员防护的要求。

3.5 应急支援

明确当事态无法控制情况下，向外部（救援）力量请求支援的程序及要求、联动程序及要求，以及外部（救援）力量到达后的指挥关系。

3.6 响应终止

明确响应终止的基本条件、要求和责任人。

4 后期处置

明确污染物处理、生产秩序恢复、人员安置方面的内容。

5 应急保障

5.1 通信与信息保障

明确应急保障的相关单位及人员通信联系方式和方法，以及备用方案和保障责任人。

5.2 应急队伍保障

明确相关的应急人力资源，包括专家、专兼职应急救援队伍及协议应急救援队伍。

5.3 物资装备保障

明确本单位的应急物资和装备的类型、数量、性能、存放位置、运输及使用条件、更新及补充时限、管理责任人及其联系方式，并建立台账。

5.4 其他保障

根据应急工作需求而确定的其他相关保障措施（如：能源保障、经费保障、交通运输保障、治安保障、技术保障、医疗保障及后勤保障）。

5.5 预案管理

根据《生产安全事故应急预案管理办法》要求，应急预案必须经过评审或论证，才能由生产经营单位主要负责人签署公布。建设单位应将编制的应急救援预案报属地应急管理局备案，同时企业应按“预案”要求定期演练。

事故应急救援所选用的救援器材、劳动防护用品应使用有相应资质的生产企业生产的产品，并保管好、维护好。事故应急救援的车辆、通讯器材、物资、药品等，必须定期检验、检查、检修、更换，做到随时可以使用。

7.7 危险源管理对策措施

根据《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218--2018），经辨识，吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目燃气管道内天然气储存量不构成重大危险源。但是考虑到燃气管道具有一定的危险性，而且万安赣江大桥是一座城市桥梁，具有大量车辆、人员通行的实际需求，从维护公众安全的角度出发，吉安市新潮管道燃气有限公司需加强对该管道的管理，具体措施如下：

- 1、燃气管道建成后应及时制定应急救援预案，报相关管理部门备案。
- 2、加强管道日常巡查工作，及早发现管道的不安全状态，并及时处置。
- 3、定期对管道进行安全检查和维修，开展管道腐蚀程度评估，保障各安全防护措施的有效性和安全警示标志的完整性。
- 4、本项目工程建设应严格实施，杜绝偷工减料、减低施工标准行为，将工程建设为放心工程。
- 5、建设一支具有快速反应能力的应急抢险队伍，配备必要的抢险抢修器材，保障事故发生时能及时、有效地开展救援工作，将事故损失降至最低。

7.8 重点监管危险危险物品安全和应急处置措施

| | |
|----------|--|
| 特别 警示 | 极易燃气体。 |
| 理化 特性 | <p>无色、无臭、无味气体。微溶于水，溶于醇、乙醚等有机溶剂。分子量 16.04，熔点-182.5℃，沸点-161.5℃，气体密度 0.7163g/L，相对蒸气密度（空气=1）0.6，相对密度（水=1）0.42（-164℃），临界压力 4.59MPa，临界温度-82.6℃，饱和蒸气压 53.32kPa（-168.8℃），爆炸极限 5.0%~16%（体积比），自燃温度 537℃，最小点火能 0.28mJ，最大爆炸压力 0.717MPa。</p> <p>主要用途：主要用作燃料和用于炭黑、氢、乙炔、甲醛等的制造。</p> |
| 危害 信息 | <p>【燃烧和爆炸危险性】 极易燃，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危险。</p> <p>【活性反应】 与五氧化溴、氯气、次氯酸、三氟化氮、液氧、二氟化氧及其他强氧化剂剧烈反应。</p> |

| | |
|------|---|
| | <p>【健康危害】</p> <p>纯甲烷对人基本无毒，只有在极高浓度时成为单纯性窒息剂。皮肤接触液化气体可致冻伤。天然气主要组分为甲烷，其毒性因其他化学组成的不同而异。</p> |
| 安全措施 | <p>【一般要求】</p> <p>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。</p> <p>密闭操作，严防泄漏，工作场所全面通风，远离火种、热源，工作场所严禁吸烟。</p> <p>在生产、使用、贮存场所设置可燃气体监测报警仪，使用防爆型的通风系统和设备，配备两套以上重型防护服。穿防静电工作服，必要时戴防护手套，接触高浓度时应戴化学安全防护眼镜，佩带供气式呼吸器。进入罐或其它高浓度区作业，须有人监护。储罐等压力容器和设备应设置安全阀、压力表、液位计、温度计，并应装有带压力、液位、温度远传记录和报警功能的安全装置，重点储罐需设置紧急切断装置。</p> <p>避免与氧化剂接触。</p> <p>生产、储存区域应设置安全警示标志。在传送过程中，钢瓶和容器必须接地和跨接，防止产生静电。搬运时轻装轻卸，防止钢瓶及附件破损。禁止使用电磁起重机和用链绳捆扎、或将瓶阀作为吊运着力点。配备相应品种和数量的消防器材及泄漏应急处理设备。</p> <p>【特殊要求】</p> <p>【操作安全】</p> <p>(1) 天然气系统运行时，不准敲击，不准带压修理和紧固，不得超压，严禁负压。</p> <p>(2) 生产区域内，严禁明火和可能产生明火、火花的作业（固定动火区必须距离生产区 30m 以上）。生产需要或检修期间需动火时，必须办理动火审批手续。配气站严禁烟火，严禁堆放易燃物，站内应有良好的自然通风并应有事故排风装置。</p> <p>(3) 天然气配气站中，不准独立进行操作。非操作人员未经许可，不准进入配气站。</p> <p>(4) 含硫化氢的天然气生产作业现场应安装硫化氢监测系统。进行硫化氢监测，应符合以下要求：</p> <ul style="list-style-type: none"> ——含硫化氢作业环境应配备固定式和携带式硫化氢监测仪； ——重点监测区应设置醒目的标志； ——硫化氢监测仪报警值设定：阈限值为 1 级报警值；安全临界浓度为 2 级报警值；危险临界浓度为 3 级报警值； ——硫化氢监测仪应定期校验，并进行检定。 <p>(5) 充装时，使用万向节管道充装系统，严防超装。</p> <p>【储存安全】</p> <p>(1) 储存于阴凉、通风的易燃气体专用库房。远离火种、热源。库房温度不宜超过 30℃。</p> <p>(2) 应与氧化剂等分开存放，切忌混储。采用防爆型照明、通风设施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。储存区应备有泄漏应急处理设备。</p> <p>(3) 天然气储气站中：</p> <ul style="list-style-type: none"> ——与相邻居民点、工矿企业和其他公用设施安全距离及站场内的平面布置，应符合 |

| | |
|---|--|
| | <p>合国家现行标准；</p> <p>——天然气储气站内建(构)筑物应配置灭火器，其配置类型和数量应符合建筑灭火器配置的相关规定；</p> <p>——注意防雷、防静电，应按《建筑物防雷设计规范》（GB 50057）的规定设置防雷设施，工艺管网、设备、自动控制仪表系统应按标准安装防雷、防静电接地设施，并定期进行检查和检测。</p> <p>【运输安全】</p> <p>（1）运输车辆应有危险货物运输标志、安装具有行驶记录功能的卫星定位装置。未经公安机关批准，运输车辆不得进入危险化学品运输车辆限制通行的区域。</p> <p>（2）槽车和运输卡车要有导静电拖线；槽车上要备有 2 只以上干粉或二氧化碳灭火器和防爆工具。</p> <p>（3）车辆运输钢瓶时，瓶口一律朝向车辆行驶方向的右方，堆放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。不准同车混装有抵触性质的物品和让无关人员搭车。运输途中远离火种，不准在有明火地点或人多地段停车，停车时要有专人看管。发生泄漏或火灾时要把车开到安全地方进行灭火或堵漏。</p> <p>（4）采用管道输送时：</p> <p>——输气管道不应通过城市水源地、飞机场、军事设施、车站、码头。因条件限制无法避开时，应采取保护措施并经国家有关部门批准；</p> <p>——输气管道沿线应设置里程桩、转角桩、标志桩和测试桩；</p> <p>——输气管道采用地上敷设时，应在人员活动较多和易遭车辆、外来物撞击的地段，采取保护措施并设置明显的警示标志；</p> <p>——输气管道管理单位应设专人定期对管道进行巡线检查，及时处理输气管道沿线的异常情况，并依据天然气管道保护的有关法律法规保护管道。</p> |
| <p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">应急处置原则</p> | <p>【急救措施】</p> <p>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，给氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸。就医。</p> <p>皮肤接触：如果发生冻伤：将患部浸泡于保持在 38~42℃ 的温水中复温。不要涂擦。不要使用热水或辐射热。使用清洁、干燥的敷料包扎。如有不适感，就医。</p> <p>【灭火方法】</p> <p>切断气源。若不能切断气源，则不允许熄灭泄漏处的火焰。喷水冷却容器，尽可能将容器从火场移至空旷处。</p> <p>灭火剂：雾状水、泡沫、二氧化碳、干粉。</p> <p>【泄漏应急处置】</p> <p>消除所有点火源。根据气体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</p> |

| | |
|--|---|
| | <p>区直至气体散尽。</p> <p>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。</p> |
|--|---|

8 安全预评价结论

8.1 安全预评价结论汇总

1、通过预先危险性分析可知，本建设项目燃气管道设施单元存在着火灾、爆炸、窒息等危险、有害因素，其中：属于Ⅲ级的有：火灾、爆炸；属于Ⅱ级的有：窒息。

本建设项目燃气管道施工单元存在着机械伤害、物体打击伤害、触电、起重伤害、车辆伤害、高处坠落和淹溺等危险、有害因素，考虑到上述伤害仅发生在施工期间，接触时间较短，故判定危险等级均为Ⅱ级。

2、根据危险度分析评价结果得出：吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目燃气管道设施属于Ⅱ级（中度危险）设施。。

3、根据作业条件危险性评价结果，吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目燃气管道设施单元作业中，“显著危险”的作业为：停气动火作业，计1项，占25%；“比较危险”的作业为：气体置换作业，计1项，占25%；“稍有危险”的作业为：动土作业、巡查作业，计2项，占50%；施工单元各项施工作业中“显著危险”的作业为：支架安装施工作业、管道焊接作业，计2项，占28.6%；其余均为“稍有危险”的作业。

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目燃气管道施工单元施工过程中各项作业主要包括：发电机发电作业、支架安装施工作业、砂轮机除锈作业、管道焊接作业、管道无损检测作业、管道补口防腐作业、起重作业。各项施工作业中均为“稍有危险”的作业。

4、通过单元火灾、爆炸危险指数法评价，燃气管道经孔泄漏时气体流动属音速流动，泄漏质量流率可达到0.2893 kg/s。甲烷在化学品活性分类中属于低活性类，在此流率下，发生泄漏后的立即点火概率为0.02。燃气

管道泄漏时间总计以 20 分钟时则泄漏总量为 347.16kg。

由于天然气介质较轻，空气中流动扩散快，吉安市新潮管道燃气有限公司拟配备管线巡线员、天然气管道拟设有监控设施，且该公司设有应急抢险救援队伍，配备了必要的应急救援器材，制定了详细的应急救援预案，并考虑到万安县气候风速等因素影响，故计算泄漏天然气全部参与爆炸时爆炸产生冲击波的天然气总质量考量为泄漏总质量的 5%，即 17.36kg，折合标态下为 23.03m³。

如发生爆炸后折合焦耳能量为 $E=0.09156 \times 10^7$ kj，折合 TNT 当量为 203.49kg。人员死亡半径为 11.73m，重伤半径为 17.64m，轻伤半径为 32.34m。

5、通过天然气管线故障树分析，吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目燃气管道设施引起管线失效的最主要因素包括：第三者破坏、严重腐蚀和管材缺陷。

6、根据《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218--2018），经辨识，吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目燃气管道内天然气储存量不构成重大危险源。

8.2 安全预评价结论

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目燃气管道内天然气储存量不构成重大危险源。项目虽存在多种危险、有害因素，在一定条件下有可能发生多种事故和职业危害。通过严格执行建设项目安全设施“三同时”的规定，在建设施工过程中严把选购(选材)、制造质量关，严格施工，精心安装；试运行及投产后加强安全管理和巡检；落实本报告的各项安全对策措施，则可以将各类事故和职业风险降至最低，达到国家有关安全生产法律、法规、规范和技术标准的要求。

结论：

从安全生产角度看，吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目建设及生产工艺可行，已经按照国家的相关法律、法规要求进行了前期准备工作，符合国家项目建设立项、环保和产业政策相关要求。

通过对本工程进行定性和定量的安全评价可知：本工程的危险、有害因素是客观存在的，因此在初步设计和建设施工过程中要遵守国家有关安全法规、规范，严格遵守各项规章制度，全面落实安全生产责任制，认真落实本评价报告中提出的项目建设、管道运行维护、工程项目建设、管道施工建设、管道防腐、管道试验等各项安全对策措施。

本工程应由有资质的单位设计、施工和安装，严格执行安全设施“三同时”制度，经验收合格后方可运行。

附 件

- 附件 1 物质特性
- 附件 2 预先危险性分析
- 附件 3 危险度分析评价
- 附件 4 作业条件危险性分析
- 附件 5 单元火灾、爆炸危险指数法评价
- 附件 6 天然气管线故障树分析
- 附件 7 危险化学品重大危险源辨识
- 附件 8 吉安市新潮管道燃气有限公司企业法人营业执照、燃气经营许可证
- 附件 9 项目批复文件
- 附件 10 吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目天然气管道平面、纵断面图

F1 甲烷物质理化特性

| | | | |
|---------|--|-----------------------------|-----------------|
| 标识 | 中文名：甲烷 | 英文名：Natural gas (Methane) | |
| | 分子式：CH ₄ | 分子量：16.05 | 危规号：21007 |
| | 危险性类别：第 2.1 类易燃气体 | | CAS 号：8006-14-2 |
| 理化性质 | 性状：无色压缩或液化气体，无气味 | | |
| | 熔点(°C)：-183 | 溶解性：水中溶解度：20°C时 3.3ml/100ml | |
| | 沸点(°C)：-161 | 相对密度(水=1)：0.42(-164) | |
| | 饱和蒸气压(kPa)：53.32(-168.8°C) | 相对密度(空气=1)：0.55 | |
| | 临界温度(°C)：82.6 | 燃烧热(kJ/mol)：889.5 | |
| | 临界压力(MPa)：4.59 | 最小引燃能量(mJ)：0.28 | |
| 燃烧爆炸危险性 | 燃烧性：易燃 | 燃烧分解产物：燃烧时生成二氧化碳。 | |
| | 闪点(°C)：-188 | 聚合危害：不聚合 | |
| | 爆炸极限(V%)：5%~15% | 稳定性：极易燃 | |
| | 自燃温度(°C)： | 禁忌物：强氧化剂、氟、氯 | |
| | 危险特性：易燃，与空气混合能形成爆炸性混合物，遇热源和明火有燃烧爆炸的危险。与五氧化溴、氯气、次氯酸、三氟化氮、液氧、二氟化氧及其它强氧化剂接触剧烈反应。 | | |
| | 灭火方法：切断气源。若不能切断气源，则不允许熄灭泄漏处的火焰。喷水冷却容器，可能的话将容器从火场移至空旷处。灭火剂：雾状水、泡沫、二氧化碳、干粉。 | | |
| 毒性 | 接触限值：前苏联 MAC(mg/m ³)—300 | | |
| 对人体危害 | 甲烷对人基本无毒，但浓度过高时，使空气中氧含量明显降低，使人窒息。当空气中甲烷达 25%~30%时，可引起头痛、头晕、乏力、注意力不集中、呼吸和心跳加速、共济失调。若不及时脱离，可致窒息死亡。皮肤接触液化本品，可致冻伤。 | | |

| | |
|------|--|
| 防护 | <p>工程控制：生产过程密闭，全面通风。</p> <p>呼吸系统防护：一般不需要特殊防护，但建议特殊情况下，佩戴自吸过滤式防毒面具（半面罩）。</p> <p>眼睛防护：一般不需要特殊防护，高浓度接触时可戴安全防护眼镜。</p> <p>身体防护：穿防静电工作服。</p> <p>手防护：戴一般作业防护手套。</p> <p>其他防护：工作现场严禁吸烟。避免长期反复接触。进入罐、限制性空间或其它高浓度区作业，须有人监护。</p> |
| 泄漏处理 | <p>迅速撤离泄漏污染区人员至上风处，并进行隔离，严格限制出入。切断火源。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿防静电工作服。尽可能切断泄漏源。合理通风，加速扩散。喷雾状水稀释、溶解。构筑围堤或挖坑收容产生的大量废水。如有可能，将漏出气用排风机送至空旷地方或装设适当喷头烧掉。也可以将漏气的容器移至空旷处，注意通风。漏气容器要妥善处理，修复、检验后再用。</p> |
| 贮运 | <p>储存于阴凉、通风的库房。远离火种、热源。库温不宜超过 30℃。应与氧化剂等分开存放，切忌混储。采用防爆型照明、通风设施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。储区应备有泄漏应急处理设备。</p> |

四氢噻吩物质理化特性

| | | |
|-------------|--------------|---|
| 标识 | 中文名： | 四氢噻吩 |
| | 英文名： | Tetrahydrothiophene |
| | 分子式： | C ₄ H ₈ S |
| | 分子量： | 88.17 |
| | CAS 号： | 110-01-0 |
| | RTECS 号： | XN0370000 |
| | UN 编号： | 2412 |
| | 危险货物编号： | 32111 |
| 理化性质 | IMDG 规则页码： | 3283 |
| | 外观与性状： | 无色液体。有强烈气味的无色易燃液体，硫含量为 36.3%，微溶于水，可混溶于乙醇、乙醚、苯、丙酮。 |
| | 主要用途： | 用作溶剂、有机合成中间体。 |
| | 熔点： | -96.2 |
| | 沸点： | 119 |
| | 相对密度 (水=1)： | 1.00 |
| | 相对密度 (空气=1)： | 无资料 |
| | 饱和蒸汽压 (kPa)： | 无资料 |
| | 溶解性： | 不溶于水，可混溶于乙醇、乙醚、苯、丙酮。 |
| | 临界温度 (°C)： | 无资料 |
| 临界压力 (MPa)： | 无资料 | |

| | | |
|-------|-----------|---|
| | 燃烧热 | (kj/mol): 无资料 |
| | 燃烧性: | 易燃 |
| | 建规火险分级: | 甲 |
| | 闪点(°C): | 12.8 |
| | 自燃温度 | (°C): 无资料 |
| | 爆炸下限 | (V%): 无资料 |
| | 爆炸上限 | (V%): 无资料 |
| | 危险特性: | 易燃, 蒸气与空气混合能形成爆炸性混合物, 遇高温。明火及强氧化剂, 有燃烧爆炸的危险, 爆炸极限为 1.1%-12.1%。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。 |
| | 燃烧(分解)产物: | 一氧化碳、二氧化碳、硫化氢、氧化硫。 |
| | 稳定性: | 稳定 |
| | 聚合危害: | 不能出现 |
| | 禁忌物: | 强氧化剂。 |
| | 灭火方法: | 泡沫、二氧化碳、干粉、砂土。 |
| 包装与储运 | 危险性类别: | 第 3.2 类 中闪点易燃液体 |
| | 危险货物包装标志: | 7 |
| | 包装类别: | II |
| | 储运注意事项: | 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。应与氧化剂分开存放。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。 包装方法: 小开口钢桶; 螺纹口玻璃瓶、铁盖压口玻璃瓶、塑料瓶或金属桶(罐)外木板箱。 |
| 毒性危害 | 接触限值: | 中国 MAC: 未制定标准 苏联 MAC: 未制定标准 美国 TWA: 未制定标准 美国 STEL: 未制定标准 |
| | 侵入途径: | 吸入 食入 经皮吸收 |
| | 毒性: | LD ₅₀ : LC ₅₀ : 27000mg / m ³ 2 小时(小鼠吸入) 微毒, 具有麻醉作用, 可经吸入、食入和皮肤接触侵入人体, 刺激眼睛和皮肤。 该物质对环境可能有危害, 对水体应给予特别注意。 |
| | 健康危害: | 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 | 皮肤接触: | 脱去污染的衣着, 立即用流动清水彻底冲洗。 |
| | 眼睛接触: | 立即提起眼睑, 用大量流动清水彻底冲洗。 |
| | 吸入: | 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, 立即进行人工呼吸。就医。 |
| | 食入: | 误服者给饮大量温水, 催吐, 就医。 |
| 防护 | 工程控制: | 密闭操作, 局部排风。 |
| | 呼吸系统防 | 高浓度环境中, 应该佩带防毒口罩。紧急事态抢救或逃生时, 建议佩带自 |

| | | |
|--------------|---|------------------------------|
| 措施 | 护: | 给式呼吸器。 |
| | 眼睛防护: | 戴安全防护眼镜。 |
| | 防护服: | 穿相应的防护服。 |
| | 手防护: | 戴防化学品手套。 |
| | 其他: | 工作现场严禁吸烟。工作后, 淋浴更衣。注意个人清洁卫生。 |
| 泄漏处置: | <p>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。</p> <p>法规信息: 危险品化学安全管理条例国务院令 344 号) 工作场所安全使用化学危险品规定[1996]劳部发 423 号) 法规, 针对化学危险品的安全使用、生产、储存、运输、装卸等方面均作了相应规定; 常用危险化学品的分类及标志 (GB13690-92) 将该物质划为第 3.2 类中闪点易燃液体。</p> | |

F2 预先危险性分析

F2.1 方法简介

预先危险性分析是系统安全分析方法之一，亦称“初步危险分析法”。它是对系统存在的危险类别、出现危险状态的条件、导致事故的后果等进行宏观分析的定性分析方法。其目的是早期发现系统的潜在危险因素，确定系统的危险等级，提出相应的防范措施，防止这些危险因素发展成为事故，避免考虑不周造成的损失。

其功能主要有：

- ① 大体识别与系统有关的主要危险；
- ② 鉴别产生危险的原因；
- ③ 估计事故发生对人体及系统产生的影响；
- ④ 判定已识别的危险性等级，并提出消除或控制危险性的措施。

F2.2 分析步骤

- ①对系统的生产目的、工艺过程及操作条件和周围环境进行调查了解；
- ②收集以往的经验 and 同类生产中发生过的事故情况，查找能够造成系统故障、物质损失和人员伤害的危险性；
- ③根据经验、技术诊断等方法确定危险源；
- ④识别危险转化条件，研究危险因素转变成事故的触发条件；
- ⑤进行危险性分级，确定其危险程度，找出应重点控制的危险源；
- ⑥制定危险防范措施。

F2.3 危险性等级

危险程度可划分为四个等级，见表 F2-1。

F2-1 危险性等级划分表

| 级别 | 危险程度 | 可能导致的后果 |
|-----|-----------|--|
| I | 安全的(可忽视的) | 不会造成人员伤亡和系统损坏 |
| II | 临界的 | 处于事故的边缘状态, 暂不至于造成人员伤亡、系统损坏或降低系统性能, 但应予以排除, 可采取控制措施 |
| III | 危险的 | 会造成人员伤亡和系统损坏, 要立即采取防范措施 |
| IV | 灾难性的 | 造成人员重大伤亡及系统严重破坏的灾难性事故, 必须予以果断排除并进行重点防范 |

F2.4 燃气管道设施单元分析评价

对吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目燃气管道设施单元进行预先危险性分析, 分析评价内容和结果见表 F2-2。

小结: 通过预先危险性分析可知, 本建设项目燃气管道设施单元存在着火灾、爆炸、窒息等危险、有害因素, 其中: 属于III级的有: 火灾、爆炸; 属于II级的有: 窒息。

F2.5 燃气管道施工过程分析评价

对吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目燃气管道施工单元进行预先危险性分析, 分析评价内容和结果见表 F2-3

小结: 通过预先危险性分析可知, 本建设项目燃气管道施工单元存在着机械伤害、物体打击伤害、触电、起重伤害、气瓶爆炸、车辆伤害等危险、有害因素, 考虑到上述伤害仅发生在施工期间, 接触时间较短, 故判定危险等级均为II级。

对于上述可能产生的各种危险、有害因素，在预先危险性分析中，均一一列出了基本的防范措施。

表 F2-2 吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目燃气管道设施单元预先危险性分析表

| 潜在事故 | 危险因素 | 触发事件(1) | 发生条件 | 触发事件(2) | 事故后果 | 危险等级 | 防范措施 |
|------|----------|---|---|---|------------------------|------|---|
| 火灾爆炸 | 易燃易爆物天然气 | (1)故障泄漏 ①管线、阀门、法兰等泄漏或破裂； ②阀门、管道、仪表等连接处泄漏； ③阀门、管道质量不好(如制造加工质量、材质、焊接等)或安装不当泄漏； ④撞击(如车辆撞击、挖掘机械撞击等)或人为破坏造成管线破裂而泄漏； ⑤腐蚀穿孔； ⑥温差应力引起管道裂缝而泄漏； (2)运行泄漏 ①超压造成破裂、泄漏； ②安全附件失灵、损坏或操作不当； ③垫片撕裂造成泄漏； | (1) 天然气浓度达到爆炸极限； (2) 天然气遇明火； (3) 存在点火源、静电火花等引燃、引爆能量 | (1)明火 ①点火吸烟； ②抢修、检修时违章动火，焊接时未按“十不焊、割”及有关规定动火； ③其他火源，如发电机等不洁、轴承冒烟着火； ④其他火灾引发二次火灾等。 (2)火花 ①穿带钉皮鞋，摩擦产生火花； ②管道、设备产生撞击火花； ③泄漏警戒区内车辆启动打火； ④电放电、雷击； ⑤焊、割、打磨产生火花等。 (3)其他(如高温物料)等 | 天然气跑损、人员伤亡、停产和造成严重经济损失 | III | (1)控制与消除火源 ①严禁吸烟、携带火种、穿带钉皮鞋进入易燃区； ②动火必须严格按动火手续办理动火证，并采取有效防范措施； ③维修、抢险现场场所使用防爆型电器； ④使用不发火的工具，严禁钢质工具敲打、撞击、抛掷； (2)严格控制设备质量及其安装 ①管线、阀装置等设备及其配套仪表要选用质量好的合格产品，钢管、管件、阀门等压力管道元件应选用有压力管道元件制造资质的厂家产品。燃气管道及管道元件的安装、施工应满足国家相关标准要求； ②对管道定期开展泄漏检查，每年不少于1次； (3)加强管理、严格工艺纪律 ①管道沿线设置警示桩、警示牌，管道上方涂刷警示油漆； ②杜绝“三违”(违章作业、违章指挥、违反劳动纪律)，严格遵守劳动纪律，防止维修操作失控，导致事故发生； ③坚持巡回检查，发现问题及时处理，如安全警示设施是否完好，管道安全防护距离内是否有违章作业等行为； ④检修时，必须做好与其他部分的隔离(如安全盲板)，并且要彻底清洗干净，在分析合格后，并有现场监护及在通风良好的条件下方能进行动火等作业； ⑤加强培训、教育、考核工作； (4)安全设施要齐全完好 ①安全设施(如警示桩、警示牌)齐全并保持完好； ②管道应设置防腐层，其防腐层设置应满足国家相应标准；管道防腐层应定期检测。 |

表 F2-2 吉安市新潮管道燃气有限公司万安县万安赣江大桥燃气管随桥敷设工程项目燃气管道设施单元预先危险性分析表（续）

| 潜在事故 | 危险因素 | 触发事件(1) | 发生条件 | 触发事件(2) | 事故后果 | 危险等级 | 防范措施 |
|------|---|---|------|--|-------------|------|---|
| 窒息 | (1) 窒息性气体（天然气、四氢噻吩）； (2) 检修、抢险等作业时接触窒息性物料； | (1) 检修、抢修时管道中的窒息性物料未彻底清洗干净； (2) 窒息性气体泄漏； | 缺氧 | (1) 窒息性物质浓度超标； (2) 通风不良； (3) 缺乏泄漏物料的危险、危害特性及其应急预防方法的知识； (4) 不清楚泄漏物料的种类，应急不当； (5) 无相应的过滤器、面具、氧气呼吸器及其他有关的防护用品； (7) 防护用品选型不当； (8) 救护不当； | 物料跑损、导致人员窒息 | II | (1) 严格控制设备及其安装质量，消除泄漏的可能性。 (2) 加强管理，防止车辆行驶时撞坏设备、管线。 (3) 泄漏后应采取相应的措施。 ①查明泄漏源点，切断相关阀门，消除泄漏源，及时报告； ②如泄漏量大，应疏散有关人员至安全处。 (4) 定期检修、维护保养，保持设备的完好状态。检修时要彻底清洗干净，并检测有毒、有害物质浓度，氧含量合格后方可作业。作业时要有人监护及抢救等后备措施，作业人员要穿戴好防护用品。 (5) 在特殊场合下要有应急预案，抢救时要正确佩戴相应的氧气呼吸器，穿戴好劳动防护用品。 (6) 组织管理措施 ①加强对有害物质的检测，检查有害物质是否跑、冒、滴、漏； ②教育、培训职工掌握有关物料的特性，预防窒息的方法及其急救法； ③要求职工严格遵守各种规章制度、操作规程； ④设立危险、窒息性标志； ⑤设立急救点，配备相应的急救药品、器材； (7) 作业、检查人员配带有窒息性气体的报警器 |

表 F2-3 吉安市新潮管道燃气有限公司万安县万安赣江大桥燃气管随桥敷设工程项目管道施工单元预先危险性分析表

| 潜在事故 | 危险因素 | 触发事件（1） | 发生条件 | 触发事件（2） | 事故后果 | 危险等级 | 防范措施 |
|------|--------------|--|----------------|---|------|------|--|
| 机械伤害 | 绞、碾、碰、戳、压伤人体 | 1、在生产作业、检查、维修设备时，不注意，被碰、割、戳； 2、衣物等被绞入转动设备； 3、旋转、往复、滑动物撞击人体； 4、切割刀具、突出的机械部分、毛坯及工具设备边缘锋利处碰伤 | 人体碰到转动、移动等运动物体 | 1、工作时注意力不集中； 2、劳动防护用品未正确穿戴； 3、违章作业； 4、机械设备外露运转部件无安全防护装置，或安全防护装置设计、安装有缺陷（如固定不牢或未固定；安全防护装置未完全将转轮遮挡住、安全防护装置的强度不够等）；检修机器后未将安全防护装置及时复位；安全防护装置破损，检查、维护不及时；人触及运转部件有可能造成绞手、伤指等机械伤害事故 5、人员对设备检修、检查时，未切断电源，未挂不准合闸警示牌，未设专人监护等措施；发生临时停电；虽对设备断电，但未等设备惯性运转彻底停止就下手工作； 6、操作人员违章操作；多人操作时联系沟通不够，误开动机噐；未断电或监护不力导致设备意外启动；可导致机械伤害事故的发生； | 人员伤亡 | II | 1、工作时要集中注意力，要注意观察； 2、正确穿戴好劳动防护用品； 3、加强安全管理，遵守操作规程进行作业，杜绝违章操作； 4、车或检修时切断电源并有人监护，防止他人误启动； 5、转动、倾动部位应有防护罩或隔离栏杆且保证防护罩完好； 6、各机械开关布局合理，便于操作者紧急停车，避免误开动其他设备； 7、设备布置应留有足够的工作间距，安全距离。设备照明系统应保证工作时有足够的照度； 8、主要生产设备设电气联锁，保证正常运转，设备急停按钮、联锁装置应及时检修、维护，保证其安全灵敏； 9、机器设备要定期检查、检修，保证其完好状态 10、加强对员工的安全教育； |

表 F2-3 吉安市新潮管道燃气有限公司万安县万安赣江大桥燃气管随桥敷设工程项目管道施工单元预先危险性分析表

(续 1)

| 潜在事故 | 危险因素 | 触发事件 (1) | 发生条件 | 触发事件 (2) | 事故后果 | 危险等级 | 防范措施 |
|------|------|----------|------|----------|------|------|------|
|------|------|----------|------|----------|------|------|------|

| | | | | | | | |
|--------------------|------------------------------------|---|-----------------------------|---|--------------------|-----------|---|
| <p>物 体 打 击</p> | <p>物 体 坠 落、脱 落、抛 射</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 机械内部运转部件脱落； 2. 砂轮机在打磨工件时，砂轮意外飞出； 3. 砂轮机打磨工件时碎裂，产生飞溅； 4. 人员之间相互传递工具时，采用抛、掷等方式； 5. 设施倒塌； | <p>物体在重力或外力作用下产生运动，打击人体</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 机械设备运转部件长期未检修，部件紧固螺丝松动、脱落 2. 砂轮装配时不紧固，螺丝脱落或砂轮有质量隐患； 3. 人员位于砂轮正前方； 4. 机械防护罩缺失或意外打开； 5. 违反劳动纪律，不遵守安全管理规定和操作规程要求。 | <p>人 员 伤 亡</p> | <p>II</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1、作业时遵守操作规程和操作纪律，严禁违章操作； 2、选用正规厂家生产的合格砂轮； 3、定期检查机械设备中各紧固螺丝是否有松动现象，及时紧固； 4、机械设备应根据设备《安全防护技术条件》的要求，加装防护罩； 5、机械加工操作人员作业时，应佩戴防护眼镜； 6、佩戴安全帽； 7、加强防止物体打击的检查和安全管理工 作； 8、加强对职工的培训、教育、考核工作，杜绝“三违”； |
|--------------------|------------------------------------|---|-----------------------------|---|--------------------|-----------|---|

表 F2-3 吉安市新潮管道燃气有限公司万安县万安赣江大桥燃气管随桥敷设工程项目管道施工单元预先危险性分析表
(续 2)

| 潜在事故 | 危险因素 | 触发事件 (1) | 发生条件 | 触发事件 (2) | 事故后果 | 危险等级 | 防范措施 |
|------|-------------------|---|--|--|------|------|---|
| 触电 | 漏电、绝缘损坏、安全距离不够、雷击 | ①设备漏电； ②安全距离不够(如用电设备及检修的安全距离等)； ③绝缘损坏、老化； ④保护接地、接零不当； ⑤手持电动工具类别选择不当，疏于管理； | ①人体触及带电体； ②安全距离不够,空气击穿； ③流过人体的电流、时间超过30mAs | ①手及人体其他部位、手持金属物体触及带电体，或因安全距离不够，造成空气击穿； ②使用的电气设备漏电、绝缘损坏、老化等(如电焊机无良好的保护措施，外壳漏电、接线头裸露、接线板和导线绝缘损坏，更换焊条时人体触及焊钳或焊接变压器一次、二次绕组绝缘损坏，利用金属结构，管线或利用其他金属物作焊接回路等)； ③在潮湿环境中、夏季出汗情况下应使用 12 伏手持电动工具； ④在潮湿环境，在夏季进行电焊作业时不注意、无人监护； ⑤电工违章作业，非电工违章进行电气作业； ⑥雷电(直接雷、感应雷、雷电波侵入)； ⑦带负荷拉闸； ⑧作业时未正确穿戴劳动防护用品； ⑨辅助工具(如令克棒、绝缘手套、绝缘鞋等)未定期检测等 | 人员伤亡 | II | ①发电装置及线路要严格按有关电气规程使用、架设； ②按规定对设备，线路采用与电压相符、与使用环境和运行条件相适应的绝缘，并定期检查、维修，保持完好状态； ③使用有足够机械强度和耐火性能的材料，采用遮栏、护罩(盖)、箱匣等防护装置以及安全间距,将带电体同外界隔绝开来，防止人体接近或触及带电体； ④架空线路、用电设备、检修作业，应按规定要有一定安全距离； ⑤根据要求对用电设备做好保护接地或保护接零，并定期检查； ⑥在潮湿环境中进行检修等作业时,应采用 12 伏电气设备，并要有现场监护； ⑦电焊机接线端不能裸露，绝缘不能损坏，注意检测有否漏电现象，电焊时要正确穿戴好劳动防护用品，应注意夏季的防触电问题，在特殊环境下进行焊割要有监护，并有抢救后备措施； ⑧根据作业场所正确选择 I、II、III类手持电动工具，并根据有关要求正确作业，做到安全可靠； ⑨建立和健全电气安全规章制度和安全操作规程,并严格执行；辅助工具要定期进行检测； ⑩应做到“五防一通” ⑪对职工进行电气安全教育,掌握触电急救方法； ⑫定期进行安全检查，杜绝“三违”； ⑬对静电接地、防雷装置定期进行检查、检测，保持完好状态，使之有可靠的保护作用； ⑭做好电气线路和单相电气设备、电动机、电焊机、手持电动工具、临时用电的安全作业和维护保养； ⑮严禁非电工进行电气作业； ⑯电气设备裸露带电部分设防护网罩 |

表 F2-3 吉安市新潮管道燃气有限公司万安县万安赣江大桥燃气管随桥敷设工程项目管道施工单元预先危险性分析表

(续 3)

| 潜在事故 | 危险因素 | 触发事件 (1) | 发生条件 | 触发事件 (2) | 事故后果 | 危险等级 | 防范措施 |
|------|------|-----------------------------------|-----------------|--|-----------|------|--|
| 起重伤害 | 起重机械 | 1、吊钩、吊索断裂； 2、物料倾覆； 3、吊装设备失控 | 吊物坠落、吊具损坏、碰人、碰物 | 1、吊钩、吊索质量差，吊具有严重缺陷，安装质量不符合要求； 2、保护装置失灵； 3、控制系统意外故障； 4、未戴安全帽； 5、在起重作业区域行进或停留； 6、检查和维护保养不力； 7、违反“十不吊”； 8、违章作业、违章指挥、违反劳动纪律。； | 人员伤害、设备损坏 | II | 1、施工前检查吊钩、吊索质量可靠，起重设备按规定进行检查、检测，保持完好状态； 2、吊索按特种设备相关规定，采取强制性更换措施； 3、起重作业人员要严格考核，持证上岗； 4、控制部分应有安全保护联锁装置； 5、严格执行安全操作规程，做到“十不吊”； 6、起吊物件应摆放固定好； 7、不在起重作业、高处作业、高处有浮物或设施不牢固处行进或停留； 8、起重作业应有一人负责指挥。 |

表 F2-3 吉安市新潮管道燃气有限公司万安县万安赣江大桥燃气管随桥敷设工程项目管道施工单元预先危险性分析表

(续 4)

| 潜在事故 | 危险因素 | 触发事件 (1) | 发生条件 | 触发事件 (2) | 事故后果 | 危险等级 | 防范措施 |
|------|--------------------|--|--------------------------------------|---|------|------|--|
| 高处坠落 | 进行登高检查、检修作业、桥面设备安装 | 1、高处作业临边无栏杆，不小心造成坠落； 2、无脚手架、板，造成高处坠落； 3、梯子无防滑措施，或强度不够、固定不牢造成跌落； 4、高处行道、管线架桥及护栏等锈蚀，或强度不够造成坠落； 5、未穿防滑鞋或防护用品穿戴不当，造成滑跌坠落； 6、在大风、暴雨、雷电、霜冻、积雪等条件下登高作业，不慎跌落； 7、吸入有毒、有害气体或氧气不足、身体不适造成跌落； 8、作业时嬉戏打闹； 9、安全绳断裂，跌落桥面 | 1、2m 以上（含 2m）高处作业； 2、作业面下是设备或硬质地面 | 1、无脚手架和防跌落措施，踩空或支撑物倒塌； 2、高处作业面下方无安全网； 3、未系安全带或安全带挂结不可靠； 4、安全带、安全网损坏或不合格； 5、违反“十不登高”规定； 6、未穿防滑鞋、紧身工作服； 7、违章作业、违章指挥、违反劳动纪律； 8、情绪不稳定，疲劳作业、身体有疾病、工作时精力不集中； | 人员伤亡 | II | 1、登高作业人员必须在身心健康状态下登高作业，必须严格执行“十不登高”； 2、登高作业人员必须穿戴防滑鞋、紧身工作服、安全帽，系好安全带； 3、事先搭设脚手架等安全设施； 4、在高处作业场所设防护栏杆、安全网； 5、上下层交叉作业顶搭设严密牢固的中间隔板、罩棚等隔离措施； 6、临边、洞口要做到“有洞必有盖、有边必有栏”，防止坠落； 7、安全带、安全网、栏杆、护墙、平台等要定期检查，确保完好。 8、六级以上大风、暴雨、雷电、霜冻、大雾、积雪等恶劣气候条件下应尽可能避免高处作业； 9、可以在地面做的作业，尽量不要安排在高处做，即“尽可能高处作业平地做”； 10 加强对登高作业人员的安全教育、培训、考核工作； 11、坚决杜绝登高作业中的“三违”； |

表 F2-3 吉安市新潮管道燃气有限公司万安县万安赣江大桥燃气管随桥敷设工程项目管道施工单元预先危险性分析表
(续 5)

| 潜在事故 | 危险因素 | 触发事件(1) | 发生条件 | 触发事件(2) | 事故后果 | 危险等级 | 防范措施 |
|------|--------------|---|---------------|--|---------------|------|--|
| 车辆伤害 | 车辆撞入、撞设备及管线等 | (1) 车辆有故障, 如刹车不灵、无效等; (2) 车速太快; (3) 路面不好, 如有缺陷、障碍物、冰雪等; (4) 超载驾驶; (5) 站区未设置交通标志 | 车辆撞击人体、设备、管线等 | (1) 驾驶员违章行驶; (2) 驾驶员精力不集中(如抽烟、谈话等); (3) 酒后驾车; (4) 疲劳驾驶; (5) 驾驶员心境差、激情驾驶等 | 人员伤害、撞坏管线、设备等 | II | (1) 易燃易爆区严禁外来车辆入内; (2) 增设交通标志(特别是限速行驶标志); (3) 保持路面状态良好; (4) 管线等不设在紧靠路边; (5) 驾驶员遵守交通规则, 不违章驾驶; (6) 加强对驾驶员的教育和管理(如在行驶时不吸烟、不讲话、不疲劳驾驶、不酒后驾驶、不激情驾驶; 行驶时注意观察、集中注意力等); (7) 行驶的车辆无故障, 保持完好状态; (8) 不超载、超速驾驶; (9) 不准人货混装 |

表 F2-3 吉安市新潮管道燃气有限公司万安县万安赣江大桥燃气管随桥敷设工程项目管道施工单元预先危险性分析表
(续 6)

| 潜在事故 | 危险因素 | 触发事件(1) | 发生条件 | 触发事件(2) | 事故后果 | 危险等级 | 防范措施 |
|------|---------|---|-------------------|--------------------------------------|------|------|--|
| 淹溺 | 桥梁下方的河流 | 1、作业人员在作业面边缘不慎掉入水中； 2、因风、雨、雪霜等跌入水中； 3、作业面栏杆、安全网不牢固； | 在桥梁侧面施工过程中，人员掉入水中 | 1、未穿救生衣、防滑鞋； 2、注意力不集中； 3、违章作业； | 人员伤亡 | II | 1、作业面的安全栏杆、安全网等设施要定期检查，保持其完好状态； 2、设立安全标志； 3、作业时穿戴救生衣、防滑鞋等防护用品； 4、作业时集中注意力； 5、恶劣天气时暂停作业； 6、禁止闲杂人员进入工地； |

F3 危险度分析评价

F3.1 危险度评价法概述

借鉴日本劳动省“六阶段法”的定量评价表，结合我国《石油化工企业设计防火规范》（GB50160）（1999年修订版）、《压力容器化学介质毒性危害和爆炸危险度分类》（HG20660-2000）等有关标准、规程，编制了“危险度评价取值”表，见表F3-1。规定单元危险度由物质、容量、温度、压力和操作5个项目共同确定。其危险度分别按A=10分；B=5分；C=2分；D=0分赋值计分，由累计分值确定单元危险度，详见表F3-2。

表 F3-1 危险度评价取值

| 项目 | 分值 | A (10分) | B (5分) | C (2分) | D (0分) |
|-----------------------|----|---|---|---|---|
| 物质（系指单元中危险、有害程度最大之物质） | | (1)甲类可燃气体 ^{*1} ； (2)甲 _A 类物质及液态烃类； (3)甲类固体； (4)极度危害介质 ^{*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 ^{*2} ； | (1)乙 _B 、丙 _A 、丙 _B 类可燃液体； (2)丙类固体； (3)中、轻度危害介质； | 不属于左述之A、B、C项之物质 |
| 容量 | | (1)气体 1000m ³ 以上； (2)液体 100m ³ 以上； | (1)气体 500~ 1000m ³ ； (2)液体 50~100m ³ ； | (1)气体 100~500m ³ ； (2)液体 10~50m ³ ； | (1)气体 <100m ³ ； (2)液体 <10m ³ ； |
| 温度 | | 1000℃以上使用，其操作温度在燃点以上； | (1)1000℃以上使用，但操作温度在燃点以下；(2)在250~1000℃使用，其操作温度在燃点以上； | (1)在250~1000℃使用，但操作温度在燃点以下；(2)在低于250℃时使用，但操作温度在燃点以上； | 在低于250℃时使用，操作温度在燃点以下； |
| 压力 | | 100MPa | 20~100MPa | 1~20MPa | 1MPa 以下 |
| 操作 | | (1)临界放热和特别剧烈的放热反应操作； (2)在爆炸极限范围内或其附近的操作； | (1)中等放热反应（如烷基化、酯化、加成、氧化、聚合、缩合等）反应操作； (2)系统进入空气或不纯物质，可能发生的危险、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（如加氢、水合、异构化、烷基化、磺化、中和等）反应操作； (2)在精制过程中伴有化学反应； (3)单批式操作，但开始使用机械等手段进行程序操作； (4)有一定危险的操作； | 无危险的操作 |

注：*1.见《石油化工企业设计防火规范》（GB50160）中可燃物质的火灾危险性分类；

- *2.见《压力容器中化学介质毒性危害和爆炸危险程度分类》表 1、表 2、表 3；
 *3.①有触媒的反应，应去掉触媒层所占空间；
 ②气液混合反应，应按其反应的形态选择上述规定。

表 F3-2 危险度分级

| | | | |
|------|-------|---------|-------|
| 总分值 | ≥16 分 | 11~15 分 | ≤10 分 |
| 等级 | I | II | III |
| 危险程度 | 高度危险 | 中度危险 | 低度危险 |

F3.2 燃气管道设施单元危险度评价

经本建设项目燃气管道设施单元生产工艺条件检查，符合危险度评价标准要求，故对吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目燃气管道设施单元按“危险度评价法”进行评价，单元危险度评价情况见表 F3-3。

表 F3-3 燃气管道设施单元危险度评价

| 序号 | 装置单元项目 | 物质 | 操作工况 | 物质评分 | 容量评分 | 温度评分 | 压力评分 | 操作评分 | 总分 | 危险等级 |
|----|--------|----|--|------|------|------|------|------|----|------|
| 1 | 天然气管道 | NG | 容量<100m ³ 温度：常温 设计压力：0.4MPa | 10 | 0 | 0 | 0 | 2 | 12 | II |

小结：吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目燃气管道设施属于 II 级（中度危险）设施。

F4 作业条件危险性分析

对项目存在的作业频率较高，潜在危险危害性较大的作业采用作业条件危险性评价法(即格雷厄姆——金尼法)进行分析评价。

F4.1 评价方法简介

作业条件的危险性评价法(格雷厄姆——金尼法)是作业人员在具有潜在危险性环境中进行作业时的一种危险性半定量评价方法。它是由美国人格雷厄姆(K.J.Graham)和金尼(G.F.Kinney)提出的，他们认为影响作业条件危险性的因素是 L(事故发生的可能性)、E(人员暴露于危险环境的频繁程度)和 C(一旦发生事故可能造成的后果)。L、E、C 的分值分别见表 F4-1、表 F4-2、表 F4-3。用这三个因素分值的乘积 $D=L \times E \times C$ 来评价作业条件的危险性(见表 F4-4)。D 值越大，作业条件的危险性越大。

表 F4-1 事故发生的可能性分值 L

| 分数值 | 10 | 6 | 3 | 1 | 0.5 | 0.2 | 0.1 |
|----------|---------|------|---------|-----------|-----------|------|--------|
| 事故发生的可能性 | 完全会被预料到 | 相当可能 | 可能,但不经常 | 完全意外,很少可能 | 可以设想,很少可能 | 极不可能 | 实际上不可能 |

表 F4-2 暴露于危险环境的频繁程度分值 E

| 分数值 | 10 | 6 | 3 | 2 | 1 | 0.5 |
|--------------|------|-----------|-----------|--------|--------|---------|
| 暴露于危险环境的频繁程度 | 连续暴露 | 每天工作时间内暴露 | 每周一次或偶然暴露 | 每月暴露一次 | 每年几次暴露 | 非常罕见地暴露 |

表 F4-3 事故造成的后果分值 C

| 分数值 | 100 | 40 | 15 | 7 | 3 | 1 |
|---------|--------|------|------|------|-----|--------|
| 事故造成的后果 | 十人以上死亡 | 数人死亡 | 一人死亡 | 严重伤残 | 有伤残 | 轻伤,需救护 |

表 F4-4 危险性等级划分标准

| | | | | | |
|---------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 危险性分值 D | ≥320 | ≥160~320 | ≥70~160 | ≥20~70 | <20 |
| 危险程度 | 极度危险，不能继续作业 | 高度危险，需要整改 | 显著危险，需要整改 | 比较危险，需要注意 | 稍有危险，可以接受 |

作业条件的危险性评价法以类比作业条件进行比较为基础，由熟悉类比作业条件的专家按规定标准给 L、E、C 分别打分，计算出危险性分值(D)来评价作业条件的危险性等级。

F4.2 燃气管道设施单元作业条件评价

根据格雷厄姆——金尼法采用的评价程序和原则以及项目的具体情况，对吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目燃气管道设施单元生产及检修过程中具有潜在危险性的作业进行综合评价，评价结果见表 F4-5。

表 F4-5 燃气管道设施单元作业条件危险性评价表

| 序号 | 作业名称 | L | E | C | D=L×E×C | 危险等级 |
|----|--------|---|---|----|---------|------|
| 1 | 停气动火作业 | 3 | 3 | 15 | 135 | 显著危险 |
| 2 | 气体置换作业 | 3 | 1 | 15 | 45 | 比较危险 |
| 3 | 动土作业 | 1 | 1 | 7 | 7 | 稍有危险 |
| 4 | 巡查作业 | 1 | 6 | 1 | 6 | 稍有危险 |
| 5 | 运营 | 1 | 6 | 1 | 6 | 稍有危险 |

小结：根据作业条件危险性评价结果，吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目燃气管道设施单元日常生产和检维修各项作业中，“显著危险”的作业为：停气动火作业，计 1 项，占 25%；“比较危险”的作业为：气体置换作业，计 1 项，占 25%；“稍有危险”的作业为：动土作业、巡查作业，计 2 项，占 50%。

F4.3 燃气管道施工单元作业条件评价

根据格雷厄姆——金尼法采用的评价程序和原则以及项目的具体情况，对吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目燃气管道施工单元施工过程中具有潜在危险性的作业进行综合评价，评价结果见表 F4-6。

表 F4-6 燃气管道施工单元作业条件危险性评价表

| 序号 | 作业名称 | L | E | C | $D=L \times E \times C$ | 危险等级 |
|----|----------|---|---|----|-------------------------|------|
| 1 | 发电机发电作业 | 1 | 6 | 3 | 18 | 稍有危险 |
| 2 | 支架安装施工作业 | 1 | 6 | 15 | 90 | 稍有危险 |
| 3 | 砂轮机除锈作业 | 1 | 6 | 1 | 6 | 稍有危险 |
| 4 | 管道焊接作业 | 1 | 6 | 15 | 90 | 稍有危险 |
| 5 | 管道无损检测作业 | 1 | 6 | 3 | 18 | 稍有危险 |
| 6 | 管道防腐作业 | 1 | 6 | 3 | 18 | 稍有危险 |
| 7 | 起重作业 | 1 | 6 | 3 | 18 | 稍有危险 |

小结：根据作业条件危险性评价结果，吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目燃气管道施工单元各项施工作业中。“显著危险”的作业为：支架安装施工作业、管道焊接作业，计 2 项，占 28.6%；其余均为“稍有危险”的作业。

F5 单元火灾、爆炸危险指数法评价

F5.1 爆炸模型的建立

爆炸数学模型主要有两种，一种是蒸气云爆炸(UVCE)，一种是沸腾液体扩展蒸气云爆炸(BLEVE)。蒸气云爆炸模型是指易燃易爆物料泄漏后遇延迟点火而发生的爆炸模式，它主要依靠爆炸冲击波对人员和建筑产生破坏；沸腾液体扩展蒸气云爆炸模型是指易燃易爆物料在容器中被外部火焰烘烤而过热，压力增大使容器突然破裂，随即被点燃而发生的爆炸模式，它主要通过爆炸产生的火球热辐射对人员和建筑产生伤害。

天然气管道发生泄漏最主要原因包括腐蚀穿孔和机械破坏。当发生泄漏时，由于万安赣江大桥往来车辆、行人较多，火源难以控制，极易发生爆炸事故，其危害性较大。

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目燃气管道设施单元爆炸模拟计算的模型建立如下：

假设燃气管道因腐蚀，发生管道中度穿孔，泄漏情况下发生蒸气云爆炸时事故伤害情况。

F5.2 燃气管道破裂蒸气云爆炸模型计算

1、气体流动的判定

$$\frac{p_0}{p} = \frac{1.01325 \times 10^5}{0.35 \times 10^6} = 0.2895$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{2.028}{1.595} = 1.2715$$

$$\left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} = 0.5509$$

$$\frac{p_0}{p} \leq \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \quad \text{式 (1)}$$

式中： p_0 ——环境压力，单位为 Pa；

P ——容器内介质压力，单位为 Pa；

γ ——热容比，

式中取值为： p_0 标准大气压； P 为 0.35MPa（工作压力）； C_p 为 2.028 KJ / Kg · °C； C_v 为 1.595 KJ / Kg · °C。

根据式（1）判定结果，燃气管道经孔泄漏时气体流动属音速流动。

2、音速流动的气体泄漏质量流率计算

$$Q = C_d A p \sqrt{\frac{M\gamma}{R_g T} \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}} \quad \text{式（2）}$$

式中：

Q ——气体泄漏质量流率，单位为 kg / s；

C_d ——气体泄漏系数，与裂口形状有关，裂口形状为圆形时取 1.00，三角形时取 0.95，长方形时取 0.90；

A ——裂口面积，单位为 m^2 ；

P ——容器内介质压力，单位为 Pa；

M ——泄漏气体或蒸气的分子量，单位为 Kg/mol；

R_g ——理想气体常数，单位为 8.314 J / (mol · K)；

T ——气体温度，单位为 K；

式（2）中取值为：

p_0 ：标准大气压； P ：为 0.35MPa；

C_d ：设定腐蚀穿孔裂口形状为圆形，故取 1.00

A ：设定该泄漏为中孔泄漏，根据一般经验裂口面积取 25mm 的代表值，计算为 $4.906 \times 10^{-4} m^2$ ；

M ：甲烷摩尔质量为 16.05 g/mol

T:管道内工作温度为常温，故气体温度为 298.15 开氏度

$$Q = 1.00 * 4.906 \times 10^{-4} * 0.35 \times 10^5 \sqrt{\frac{16.05 \times 10^{-3} * 1.2715 \left(\frac{2}{1.2715 + 1} \right)^{\frac{1.2715 + 1}{1.2715 - 1}}}{8.314 * 298.15}}$$

$$= 0.2893 \text{ kg/s}$$

3、天然气发生泄漏时瞬间点火概率计算

本泄漏过程为连续泄漏，在出现中孔泄漏时泄漏质量流率可达到 0.2893 kg/s。甲烷在化学品活性分类中属于低活性类，在此流率下，发生泄漏后的立即点火概率为 0.02。

注：此概率的考量摘自国家安监总局《化工企业定量风险评价导则》（AQ/T 3046-2013）。

4、天然气发生泄漏时泄漏量计算。

本建设项目天然气管道建设于万安万安赣江大桥北侧。燃气管道发生泄漏时应在最短时间内对上下游管道进行切断，并进行抢险、堵漏，时间越长则发生火灾和爆炸的危险性越高。以下案例为近期天然气管道泄漏事件处置情况。

2011年3月17日晚十时多，南京南京市江宁区龙眠大道地铁高架桥下，一处天然气管道发生泄漏。民警、消防员和天然气公司工作人员接到指令后，迅速赶到现场处置。晚11点左右，天然气管道关闭，险情排除。

2011年5月30日晚21时39分，位于杭州市秋涛路的杭州玛利亚妇女医院门口的天然气管道发生泄漏。由于泄漏的是秋涛路一带的天然气管道，市燃气公司的技术人员一时无法完全关闭阀门。从燃气公司技术人员口中了解到就算把主管道的阀门关闭，由于压力过大的原因也不可能让破裂处马上停止泄漏，只有一层一层的把外围的天然气管道同时关闭，才能抑制住天然气的泄漏。23时25分，经过一个多小时的出水稀释后，避免了一场重大灾害事故的发生。

2011年4月19日14时30分许，一辆挖掘机正在处理长春市东盛大街与安乐路交会处附近天然气泄漏事故时，意外碰坏主管道引管，造成管内气体大范围泄漏。随后赶到的长春燃气股份有限公司的抢修人员将两端阀门关闭，消防官兵又对泄漏气体进行了处理，才使得气体被彻底稀释。从14时50分到15时10分，气柱一直保持在6层楼左右的高度。15时10分，气柱彻底消失。截止到17时10分，抢修人员已将管道彻底修复。

万安万安赣江大桥距离吉安市新潮管道燃气有限公司抢维修点（万安县凤凰路20号）约5.5公里，如发现燃气管道泄漏事故，吉安市新潮管道燃气有限公司抢险抢修人员和消防人员可快速乘车到达事故现场，能够在事故第一时间对事故紧急处理。

从上述发生的燃气泄漏的情况类比分析，本建设项目天然气管道发生泄漏时考虑到吉安市新潮管道燃气有限公司从事城市燃气经营多年，监控设施完备，企业有较强的应急反应能力和救援能力，本评价组认为燃气管道泄漏时间总计以20分钟为宜。则泄漏总量为：

$$m=Q \times T=0.2893 \times 20 \times 60=347.16\text{kg}$$

式中 m ——泄漏总质量，单位为 kg ；

Q ——气体泄漏质量流率，单位为 kg / s ；

T ——气体泄漏时间，单位为 s 。

由于天然气介质较轻，空气中流动扩散快，吉安市新潮管道燃气有限公司拟配备管线巡线员、天然气管道拟设有监控设施，且该公司设有应急抢险救援队伍，配备了必要的应急救援器材，制定了详细的应急救援预案，并考虑到万安县气候风速等因素影响，本评价报告对泄漏后果做以下考量。

由于该泄漏情况下立即点火概率仅为0.02，故计算泄漏天然气全部参与爆炸时爆炸产生冲击波的天然气总质量考量为泄漏总质量的5%，即17.36千克，折合标态下为 23.03m^3 。

5、化学爆炸冲击波能量计算

在输送 CH₄ 的管阀连接处、运行过程的误操作以及管道破损等事故因素发生时，可导致其介质泄漏于空气中，当浓度达到 5.15%，或量超过 15% 但很快又降至上限与下限之间，尤其是处于 9.5~9.8% 的浓度范围时，只需 0.28ml 以上点火能量的作用，便可产生气体混合物爆炸(亦称为化学爆炸)。这种化学爆炸所产生的冲击波能量，可直接对建、构筑物 and 人体造成不同程度的危害，其强度主要与 CH₄ 气体混合物的空间体积(即参与反应的 CH₄ 总量)有关，可采用以下公式进行计算：

$$Lh=V \cdot H \cdot 427$$

式中：

Lh-CH₄ 冲击波或爆炸力 (Kgf.m)；

V-参与应的 CH₄ 气体总量(Nm³)；

H-CH₄ 的高燃烧热值 (Kcal/m³)；

427-转换常数，1Kcal 相当于 427Kgf.m 之功。

计算：Lh=23.03×9500×427=93421195 Kgf.m

折合焦耳能量为 E=0.09156×10⁷ kj

6、伤害与破坏半径计算

将爆破能量换算成 TNT 当量 q⁰ 一般取 1kgTNT 爆破能量为 4500kJ/kg，故 q=E/4500=203.49 kg

由公式 $a=(q/q^0)^{1/3}=(q/1000)^{1/3}$ ，可得到爆炸的模拟比 $a=0.1q^{1/3}=0.588$

由于 1000KgTNT 爆炸试验中的相当距离 $R_0=R/a$

根据 R₀ 值在下表中找出距离为 R₀ 处的超压 Δp₀，此即所求距离为 R 处的超压。

表 F5-1 1000KgTNT 爆炸时的冲击波超压

| | | | | | | | | |
|------------------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| 距离 R_0/m | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| $\Delta p_0/MPa$ | 2.94 | 2.06 | 1.67 | 1.27 | 0.95 | 0.76 | 0.50 | 0.33 |
| 距离 R_0/m | 16 | 18 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
| $\Delta p_0/MPa$ | 0.235 | 0.17 | 0.126 | 0.079 | 0.057 | 0.043 | 0.033 | 0.027 |
| 距离 R_0/m | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | | |
| $\Delta p_0/MPa$ | 0.0235 | 0.0205 | 0.018 | 0.016 | 0.0143 | 0.013 | | |

表 F5-2 冲击波超压对人体的伤害作用

| | |
|------------------|-----------|
| $\Delta p_0/MPa$ | 伤害作用 |
| 0.02—0.03 | 轻微损伤 |
| 0.03—0.05 | 听觉器官损伤或骨折 |
| 0.05—0.10 | 内脏严重损伤或死亡 |
| >0.10 | 大部分人员死亡 |

表 F5-3 冲击波超压对建筑物的破坏作用

| | | | |
|------------------|---------------|------------------|-----------------|
| $\Delta p_0/MPa$ | 伤害作用 | $\Delta p_0/MPa$ | 伤害作用 |
| 0.005—0.006 | 门、窗玻璃部分破碎 | 0.06—0.07 | 木建筑厂房房柱折断，房架松动 |
| 0.006—0.015 | 受压面的门窗玻璃大部分破碎 | 0.07—0.10 | 砖墙倒塌 |
| 0.015—0.02 | 窗框损坏 | 0.10—0.20 | 防震钢筋混凝土破坏，小房屋倒塌 |
| 0.02—0.03 | 墙裂缝 | 0.20—0.30 | 大型钢架结构破坏 |
| 0.04—0.05 | 墙大裂缝，屋瓦掉下 | | |

根据 R_0 值在表 F5-1~表 F5-3 中找出距离为 R_0 处的超压 Δp_0 ，此即所求距离为 R 处的超压。

根据表 F5-1~表 F5-3 所示，人员死亡半径为 $R=20 \times 0.588=11.76m$ ；人员重伤半径为 $R=30 \times 0.588=17.64m$ ；人员轻伤半径为 $R=55 \times 0.588=32.34m$ 。事故后果模拟分析结果如表 F5-4 所示。

表 F5-4 事故后果模拟分析结果

| 序号 | 损害半径 R | 伤害作用 |
|----|-------------|------------------------------|
| 1 | 死亡半径 11.76m | 大部分人员死亡，防震钢筋混凝土破坏，小房屋倒塌的事故发生 |
| 2 | 重伤半径 17.64m | 人员内脏严重损伤或死亡，建构筑物墙体出现大裂缝，屋瓦掉下 |
| 3 | 轻伤半径 32.34m | 人员轻微损伤，建构筑物会出现窗框损坏或墙体出现裂缝 |

F6 天然气管线故障树分析

F6.1 故障树分析方法

故障树分析方法是从分析失效因果关系中的顶事件开始直到底事件，由果到因，自上而下进行。一个故障树就是一个逻辑图，该逻辑图描绘了事件之间发生的次序。

设 $x_i(t)$ 为底事件 i 在时刻 t 所处的状态。如果底事件 i 在时刻 t 发生， $x_i(t)=1$ ；如果底事件 i 在时刻 t 不发生，则 $x_i(t)=0$ 。底事件 i 在时刻 t 发生的概率等于随机事件 x_i 的期望值，因而有：

$$P_i(t)=P\{x_i(t)=1\} \quad (1)$$

同理，顶事件的状态必然是底事件向量 $X(t)=\{x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)\}$ 的函数，设 γ 为描述顶事件的随机变量，则顶事件在时刻 t 发生的概率 P_γ 为：

$$P_\gamma=P\{\gamma[x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)]=1\} \quad (2)$$

故障树的结构函数可用最小割集进行有效描述，其结构函数一般分为或门与门两种，分别由式(3)式(4)表示：

$$\gamma^{\text{and}}=\prod_{i=1}^n x_i \quad (3)$$

$$\gamma^{\text{or}}=1-\prod_{i=1}^n (1-x_i) \quad (4)$$

本章所作的天然气管线失效故障树分析，就是要找出导致天然气管线失效的基本原因并进行分析。

F6.2 天然气管线故障树的建立

首先确定“管线失效”作为顶事件。引起天然气管线失效的最直接而必要的原因主要是穿孔和开裂。任一因素的出现都将导致管线发生失效。然后以其为次顶事件，对相应的原因即基本事件进行分析。本评价课题组

经大量的调查研究和有关资料比较，概括总结出天然气管线失效故障树基本事件，见表 F6-1。最终建立以逻辑门符号表示的天然气管线失效故障树如图 F6-1 所示。

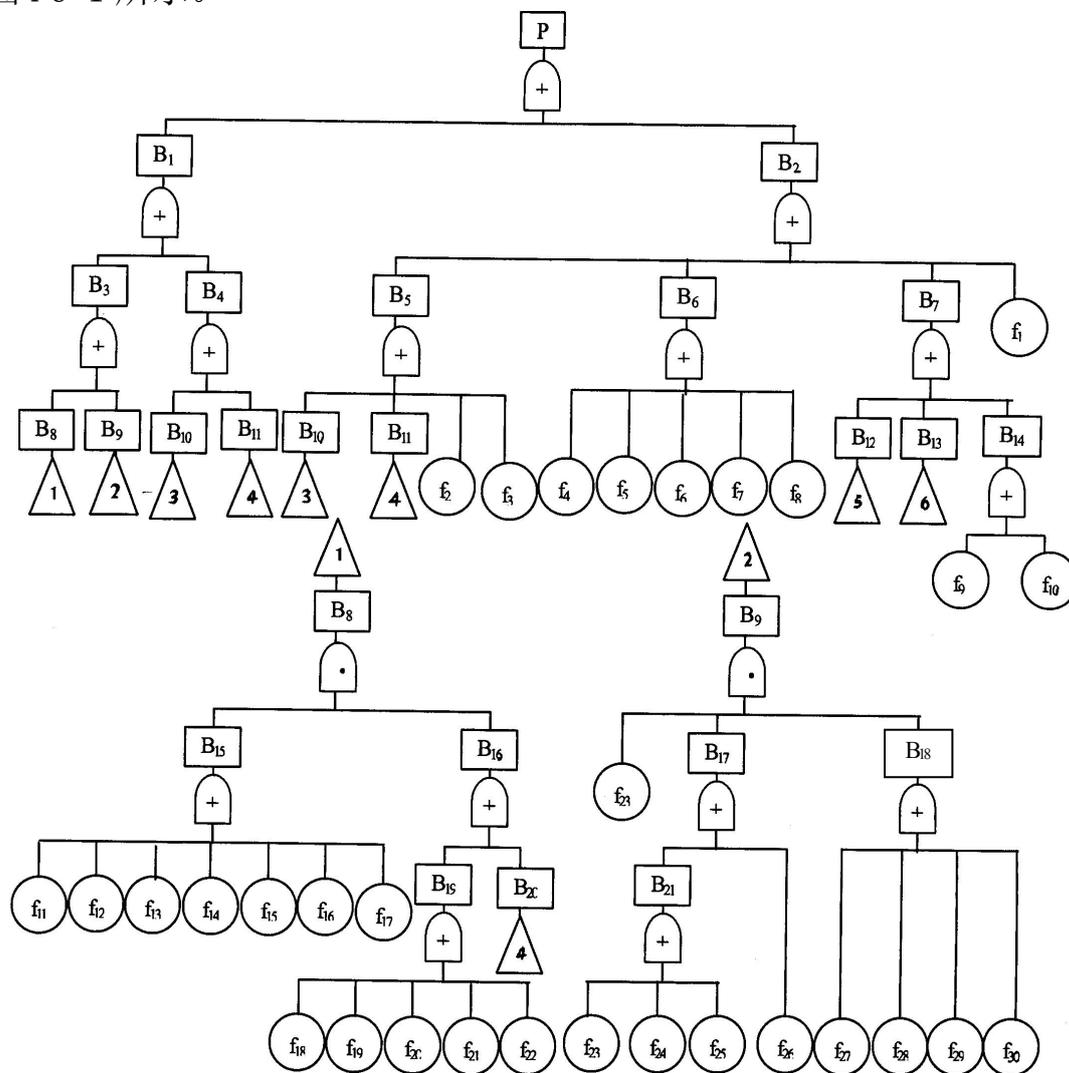


图 F6-1 天然气管线失效故障树图

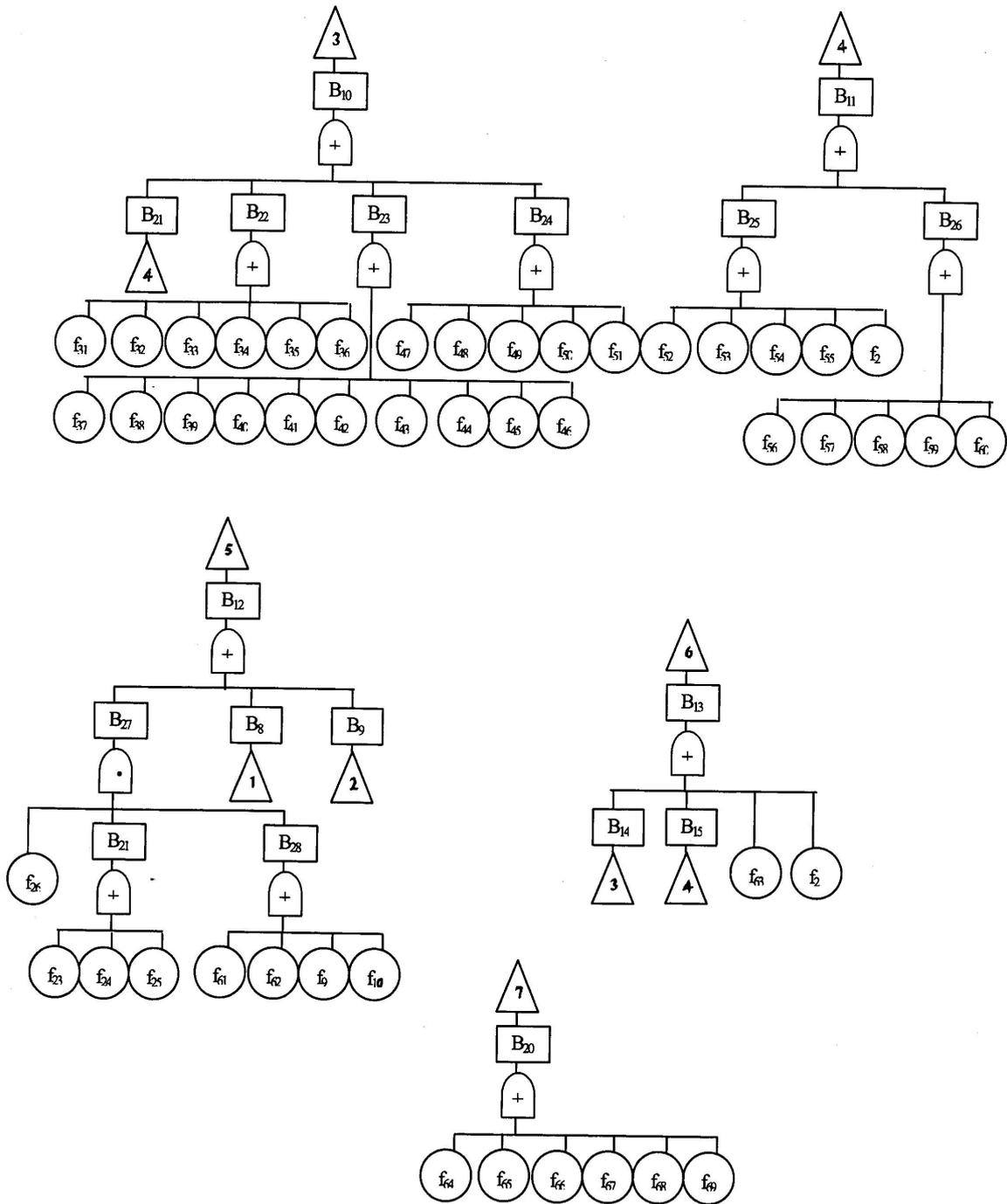


图 F6-1 天然气管线失效故障树图(续)

表 F6-1 天然气管线失效故障树基本事件

| 符号 | 事件 | 符号 | 事件 | 符号 | 事件 |
|-----------------|----------|-----------------|----------|-----------------|------------|
| P | 管线失效 | f ₅ | 管道附近土层运移 | f ₃₈ | 焊接材料不合格 |
| B ₁ | 管线发生穿孔 | f ₆ | 地面标志不明 | f ₃₉ | 表面预处理质量差 |
| B ₂ | 管线发生开裂 | f ₇ | 水流冲刷 | f ₄₀ | 焊缝表面有气孔 |
| B ₃ | 腐蚀严重 | f ₈ | 管道上方违章施工 | f ₄₁ | 未焊透部分过大 |
| B ₄ | 管线缺陷 | f ₉ | 外作用力过大 | f ₄₂ | 渗碳现象严重 |
| B ₅ | 承压能力低 | f ₁₀ | 内应力过大 | f ₄₃ | 存在过热组织 |
| B ₆ | 第三者破坏 | f ₁₁ | 植物根茎穿透 | f ₄₄ | 存在显微裂纹 |
| B ₇ | 管线腐蚀开裂 | f ₁₂ | 土壤含有硫化物 | f ₄₅ | 焊缝表面有夹渣 |
| B ₈ | 外腐蚀 | f ₁₃ | 土壤含盐量高 | f ₄₆ | 焊后未清渣 |
| B ₉ | 内腐蚀 | f ₁₄ | 土壤 PH 值低 | f ₄₇ | 弯头内外表面不光滑 |
| B ₁₀ | 施工缺陷 | f ₁₅ | 土壤含有 SRB | f ₄₈ | 弯头内外表面有裂纹 |
| B ₁₁ | 初始缺陷 | f ₁₆ | 土壤氧化电位高 | f ₄₉ | 管段间错口大 |
| B ₁₂ | 腐蚀裂纹 | f ₁₇ | 土壤含水率高 | f ₅₀ | 法兰存在裂纹 |
| B ₁₃ | 管材性能差 | f ₁₈ | 阴极保护距离小 | f ₅₁ | 螺栓材料与管材不一致 |
| B ₁₄ | 较大应力作用 | f ₁₉ | 保护电位小 | f ₅₂ | 管材含有杂质 |
| B ₁₅ | 土壤腐蚀 | f ₂₀ | 地床存在杂散电流 | f ₅₃ | 金相组织不匀 |
| B ₁₆ | 防外腐蚀失效 | f ₂₁ | 保护方式不当 | f ₅₄ | 管材晶粒粗大 |
| B ₁₇ | 内腐蚀环境 | f ₂₂ | 保护材料失效 | f ₅₅ | 管材选择不当 |
| B ₁₈ | 防内腐蚀失效 | f ₂₃ | 天然气含硫化氢 | f ₅₆ | 热处理措施不当 |
| B ₁₉ | 阴极保护失效 | f ₂₄ | 天然气含二氧化硫 | f ₅₇ | 管材椭圆度不当 |
| B ₂₀ | 绝缘涂层失效 | f ₂₅ | 天然气含二氧化碳 | f ₅₈ | 冷加工工艺不当 |
| B ₂₁ | 天然气含酸性介质 | f ₂₆ | 天然气含水 | f ₅₉ | 管材壁厚不均匀 |
| B ₂₂ | 管沟施工不当 | f ₂₇ | 腐蚀剂失效 | f ₆₀ | 管壁机械伤痕 |
| B ₂₃ | 管道焊接缺陷 | f ₂₈ | 层变薄 | f ₆₁ | 残余应力 |
| B ₂₄ | 管道安装不当 | f ₂₉ | 管道衬里脱落 | f ₆₂ | 应力集中 |
| B ₂₅ | 材质缺陷 | f ₃₀ | 管线清管效果差 | f ₆₃ | 管材机械性能差 |
| B ₂₆ | 加工工艺不当 | f ₃₁ | 管沟深度不够 | f ₆₄ | 防腐绝缘涂层变薄 |
| B ₂₇ | 应力腐蚀 | f ₃₂ | 稳定性差 | f ₆₅ | 防腐绝缘涂层粘度降低 |
| B ₂₈ | 作用应力 | f ₃₃ | 回填土粒径粗大 | f ₆₆ | 防腐绝缘涂层脆性增加 |
| f ₁ | 管线严重憋压 | f ₃₄ | 回填土含水率高 | f ₆₇ | 防腐绝缘涂层发生破损 |
| f ₂ | 管材抗腐蚀性差 | f ₃₅ | 管沟排水性能差 | f ₆₈ | 防腐绝缘涂层老化剥离 |
| f ₃ | 强度设计不合理 | f ₃₆ | 回填土含腐蚀物 | f ₆₉ | 防腐绝缘涂层下积水 |

| | | | | | |
|----------------|----------|-----------------|----------|--|--|
| f ₄ | 管道上方违构筑物 | f ₃₇ | 管道焊接方法不当 | | |
|----------------|----------|-----------------|----------|--|--|

F6.3 最小割集和失效概率

凡是能导致故障树顶事件发生的基本事件的集合定义为割集，而最小割集指在系统没有其他割集发生的条件下。只有割集中基本事件同时发生。顶事件才发生；割集中任一基本事件不发生，则顶事件不发生。采用“自上面下”的代换方法求出故障树的所有最小割集。将故障树转化为等效的布尔代数方程见式(5)。

$$P = \sum_{i=1}^{10} f_i + \sum_{j=31}^{60} f_j + \sum_{k=63}^{69} f_k + \left[\sum_{i=18}^{22} f_i + \sum_{m=64}^{69} f_m \right] \times \sum_{n=11}^{17} f_n + f_{26} \times \sum_{p=23}^{25} f_p \\ \times (f_9 + f_{10} + f_{61} + f_{62}) + f_2 \times f_{26} \left[\sum_{p=23}^{25} f_p \times \sum_{q=27}^{30} f_q \right] \quad (5)$$

由式(5)可知。天然气管线失效故障树由 47 个一阶最小割集，77 个二阶最小割集，12 个三阶最小割集，12 个四阶最小割集组成。47 个一阶最小割集直接影响着系统的可靠性，为系统中的薄弱环节。

由式(3)式(4)式可得顶事件发生的概率大小，用 P_i 表示底事件 i 发生的概率， C_i 表示第 i 个最小割集， N 为最小割集的个数。

$$\gamma = 1 - \prod_{i=1}^N \left(1 - \prod_{R \in C_i} P_R \right) \quad (6)$$

天然气管线失效故障树中 $N=148$ 。利用现场收集的天然气管线失效概率数据，由式(6)可确定顶事件发生失效的概率。

F6.4 分析小结

对故障树和式(5)进行分析，得到引起管线失效的主要因素为：

(1) 外力破坏。包括人为破坏和自然灾害破坏。如管道附近违章构筑物及其它管线，在管道附近进行违章施工，都可能直接导致管线失效。应对管线及标志物进行定期检测。

(2) 严重腐蚀。严重腐蚀包括外腐蚀和内腐蚀两个方面。外腐蚀主要

由土壤腐蚀、防腐绝缘涂层失效和外防腐失效引起。内腐蚀主要由天然气中的硫化物酸性介质引起。严重腐蚀导致防腐绝缘涂层失效、管壁减薄、管线穿孔，甚至发生管线开裂。应对内外防腐脱水与缓蚀剂的实际效果，进行定期检测与分析，并选择合适的清管器类型，进行定期清管。

(3) 管材缺陷。包括管材初始缺陷和安装缺陷。初始缺陷主要是由于管材在制造加工、运输不当造成的。安装缺陷是在管段的安装施工过程中形成。如管道薄厚不均、椭圆度、防腐绝缘涂层质量差、特别是焊接水平和焊接质量差。管材缺陷的存在将直接导致管线整体强度的降低，为管线腐蚀发生提供条件，直接影响着管线运行的可靠性。应加强对管材质量检查，提高制造工艺水平。建立严格的施工质量检测制度，选择合适的焊接工艺。

(4) 管线失效故障树考虑的其他几十个基本事件，也即为输气管道设计、施工、投产运行、维护管理中需要引起重视的安全方面的薄弱环节。

(5) 故障树分析确定了影响管线失效的主要因素和薄弱环节，对本工程建设和生产运行各阶段采取相应措施，预防或减少管线失效导致的天然气泄漏等各类事故提供了帮助。

F7 危险化学品重大危险源辨识

危险化学品重大危险源:《危险化学品重大危险源辨识》(GB18218-2018)中对重大危险源指长期地或临时地生产、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。

单元:涉及危险化学品生产、储存装置、设施或场所,分为生产单元和储存单元。

临界量: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。

生产单元:危险化学品的生产加工及使用等的装置及设施,当装置及设施之间有切断阀时、以切断阀作为分隔界限划分为独立的单元。

储存单元:用于储存危险化学品的储罐或者仓库组成的独立的区域、储罐区以防火堤为界限划分为独立的单元,仓库以独立库房(独立建筑物)为界限划分独立单元。

(2) 重大危险源辨识指标

《危险化学品重大危险源辨识》(GB18218-2018)中对重大危险源指长期地或临时的生产、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。

①生产单元、储存单元内存在的危险化学品为单一品种,则该危险化学品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、储存单元内存在的危险化学品多品种时,则按照下式计算,若满足下式,则定为重大危险源。

$$S = \frac{q_1}{Q_1} + \frac{q_2}{Q_2} + \frac{q_3}{Q_3} + \dots + \frac{q_n}{Q_n} \geq 1$$

式中, S——辨识指标

q_1 、 q_2 、 q_3 , ..., q_n ——为每一种危险物品的实际储存量, t

Q_1 、 Q_2 、 Q_3 , ..., Q_n ——与各危险化学品相对应的临界量, t₀

“甲烷、天然气”的临界量为 50t。该项目列入重大危险源辨识范畴的危险物质为天然气（易燃气体），万安赣江大桥天然气管道工程为 1 个单元。随桥敷设的天然气管道最大压力 0.4MPa，天然气密度按 0.717Kg/Nm³（在 0℃，101.352KPa）计。管径 $\phi 219 \times 8$ 、长度 708m。本公司输送的天然气已进行加臭，天然气中四氢噻吩微量，远小于其临界值。

天然气的储存量为：

$$0.1^2 \times 3.14 \times 708 \times 0.717 \times (0.4 + 0.101) / 0.101 = 79.07 \text{ Kg}$$

小结：天然气储存量远小于临界量，不构成重大危险源。

F8 燃气管道周边环境分析评价

拟建架空管道周边情况检查表（垂直净距检查）

| 序号 | 标准要求 | | | 执行标准 | 拟设情况 | 符合性 |
|----|--------------|----------|-----------------|---|---------------------------|-----|
| | 铁路轨顶 | | 6.0m（燃气管道下） | 《城镇燃气设计规范》 (GB50028-2006（2020版）) 第6.3.15条 | 经现场勘查，本建设项目下方无铁路 | 符合 |
| | 城市道路路面 | | 5.5m（燃气管道下） | | 经现场勘查，本建设项目下方无城市道路 | 符合 |
| | 厂区道路路面 | | 5.0m（燃气管道下） | | 经现场勘查，本建设项目下方无厂区道路 | 符合 |
| | 人行道路路面 | | 2.2m（燃气管道下） | | 经现场勘查，本建设项目下方无人行道路路面 | 符合 |
| | 架空电力线， 电压 | 3kv 以下 | 1.5m（燃气管道上） | | 经现场勘查，本建设项目无电力电缆 | 符合 |
| | | 3--10kv | 3.0m（燃气管道上） | | 经现场勘查，本建设项目上方无高压电力线 | 符合 |
| | | 35--66kv | 4.0m（燃气管道上） | | 经现场勘查，本建设项目上方无高压电力线 | 符合 |
| | 其他管道， | ≤300mm | 同管道管径，但不小于 0.10 | | 经现场勘查，本建设项目管道无管径≤300mm 其他 | 符 |

| | | | | | |
|--|----|--------|------|---|----|
| | 管径 | | | 管道 | 合 |
| | | >300mm | 0.30 | 经现场勘查，本建设项目管道在上下桥梁处与DN500 自来水管道有交叉，垂直距离大于 0.3 米 | 符合 |

拟建埋地管道周边情况检查表

| 序号 | 标准要求 | | | 执行标准 | 拟设情况 | 符合性 | |
|----|------|-----------|------|--|-----------------------------|----------------------------------|----|
| 4 | 建筑物 | 基础 | 1.5m | 《城镇燃气设计规范》 (GB50028-2006) 第 6.3.3 条 | 经现场勘查，本建设项目两侧 1.5m 内无建筑物 | 符合 | |
| | | 外墙面（出地面处） | -- | | -- | - | |
| 5 | 水平间距 | 给水管 | | | 0.5m | 经现场勘查，本建设项目南侧 1m 位置有一根 DN500 给水管 | 符合 |
| 6 | | 污水、雨水排水管 | | | 1.2m | 经现场勘查，本建设项目两侧 1.2m 内无污水、雨水排水管 | 符合 |
| 7 | | 电力电缆 | 直埋 | | 0.5m | 经现场勘查，本建设项目两侧 0.5m 内无直埋电力电缆 | 符合 |
| | | | 在套管内 | | 1.0m | 经现场勘查，本建设项目两侧 1.0m 内无套管内电力电缆 | 符合 |
| 8 | 通讯电缆 | 直埋 | 0.5m | | 经现场勘查，本建设项目两侧 0.5m 内无直埋通讯电缆 | 符合 | |

| | | | | | | |
|----|---------------|-----------------|-------|--|------------------------------------|----|
| | | 在套管内 | 1.0m | | 经现场勘查，本建设项目两侧 1.0m 内无套管内的通讯电缆 | 符合 |
| | 其他燃气管道 | DN≤300mm | 0.4m | | 经现场勘查，本建设项目两侧 0.5m 内无其他燃气管道 | 符合 |
| | | DN>300mm | 0.5m | | 经现场勘查，本建设项目两侧 0.5m 内无其他燃气管道 | 符合 |
| 9 | 热力管 | 直埋 | 1.0m | | 经现场勘查，本建设项目两侧内无热力管 | 符合 |
| 10 | | 在管沟内（至外壁） | 1.5m | | 经现场勘查，本建设项目两侧内无热力管 | 符合 |
| 11 | 电杆（塔）的基础 | ≤35Kv | 1.0m | | 经现场勘查，本建设项目两侧 2.0m 内无电杆（塔） | 符合 |
| 12 | | >35Kv | 2.0m | | 经现场勘查，本建设项目两侧 2.0m 内无电杆（塔） | 符合 |
| 13 | 通讯照明电杆（至电杆中心） | | 1.0m | | 经现场勘查，本建设项目两侧 1.0m 内无通讯照明电杆 | 符合 |
| | 铁路路堤坡脚 | | 5.0m | | 经现场勘查，本建设项目两侧无铁路 | 符合 |
| | 有轨电车钢轨 | | 2.0m | | 经现场勘查，本建设项目两侧无有轨电车 | 符合 |
| 14 | 街树（至树中心） | | 0.75m | | 经现场勘查，本建设项目两侧 0.75m 内无深根性树木 | 符合 |
| 15 | 垂直净距 | 给水管、排水管或其他燃气管道 | 0.15m | | 经现场勘查，本建设项目两侧 38m 内无给水管、排水管或其他燃气管道 | 符合 |
| 16 | | 热力管、热力管的管沟底（或顶） | 0.15m | | 经现场勘查，本建设项目两侧内无热力管、热力管的管沟底（或顶） | 符合 |

| | | | | | | |
|----|----------|------|---------------|--|-----------------------------|----|
| 17 | 电缆 | 直埋 | 0.5m | | 经现场勘查，本建设项目两侧 0.5m 内无直埋电缆 | 符合 |
| 18 | | 在导管内 | 0.15m | | 经现场勘查，本建设项目两侧 0.15m 内无套管内电缆 | 符合 |
| | 铁路（轨底） | 2.0m | 本建设项目两侧内无铁路 | | 符合 | |
| | 有轨电车（轨底） | 1.0m | 本建设项目两侧内无有轨电车 | | 符合 | |

注：地下燃气管道与电杆(塔)基础之间的水平净距，还应满足《城镇燃气设计规范》（GB50028-2006）表 6.7.5 地下燃气管道与交流电力线接地体的净距规定。

小结：经安全检查表检查，吉安市新潮管道燃气有限公司万安县万安赣江大桥燃气管道随桥附设工程项目的燃气管道与周边建筑及构筑物现有安全距离符合《城镇燃气设计规范》（GB50028-2006）规定。鉴于万安县城市建设日新月异，吉安市新潮管道燃气有限公司对周边设施的改变应予以注意，确保周边设施改变时应满足相应国家标准要求。

F9 管道壁厚设置符合性分析评价

吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目的管道拟选用 8mm 壁厚管道。本章节主要计算该工程拟使用的管道壁厚是否满足《城镇燃气设计规范》（GB50028-2006）相关规定要求。

依据《城镇燃气设计规范》（GB 50028-2006）6.4.6 条，“钢质燃气管道直管段计算壁厚应按式（6.4.6）计算，计算得到的厚度应按钢管标准规格向上选取钢管的公称壁厚。最小公称壁厚不应小于表 6.3.2 的规定”。管道最小公称壁厚计算：

$$\delta = \frac{PD}{2\sigma_s \phi F}$$

其中： δ ——钢管计算壁厚(mm)；

P——设计压力(MPa)，本建设项目穿越管道拟设计压力为0.4MPa；

D——钢管外径(mm)，本建设项目拟用管道外径为219mm；

σ_s ——钢管的最低屈服强度(MPa)，经对管材相关资料检索，本建设项目拟用管道为20#无缝钢管，最低屈服强度为235MPa；

F——强度设计系数，依据表 6.4.8 和表 6.4.9，强度设计系数取值为 0.3。

ϕ —焊缝系数。取 1.0 。

由上式

$$\delta = \frac{0.4 \times 219}{2 \times 235 \times 1 \times 0.3} = 0.6$$

经计算，吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目管道最小公称计算壁厚应达到 0.6mm 。此外径及环境条件下的管道最小公称计算壁厚同时满足大于《城镇燃气设计规范》（GB50028-2006）中 DN200~300 (mm) 管道最小公称壁厚 4.8mm 的要求。

小结：吉安市新潮管道燃气有限公司万安赣江大桥燃气管道随桥敷设工程项目项目拟选用的管道壁厚满足《城镇燃气设计规范》(GB50028-2006)规定，能够保障管道建成后日常安全生产需求。

F10 管道及管道元件选用符合性分析评价

| 序号 | 标准要求 | 执行标准 | 拟设情况 | 符合性 |
|----|---|--|--|-----|
| 1 | 燃气管道选用的钢管，应符合现行国家标准《石油天然气工业输送钢管交货技术条件 第1部分：A级钢管》GB / 9711.1(L175级钢管除外)、《石油天然气工业输送钢管交货技术条件第2部分：B级钢管》GB / T 9711.2和《输送流体用无缝钢管》GB / T 8163的规定，或符合不低于上述三项标准相应技术要求的其他钢管标准。三级和四级地区高压燃气管道材料钢级不应低于L245。 | 《城镇燃气设计规范》 (GB 50028-2006) | 本建设项目拟选用直缝埋弧焊钢管，设计压力为3.0MPa，工作压力不大于2.5MPa，管道规格为D323.9×10.3mm，材质为L245MB。该型号管道列入现行国家标准《石油天然气工业输送钢管交货技术条件第2部分：B级钢管》之中。 | 符合 |
| 2 | 壁厚219.1mm级管道其壁厚选用范围应优先选用3.2~40mm范围以内 | 《石油天然气工业输送钢管交货技术条件第2部分：B级钢管》(GB / T 9711.2-1999) | 本建设项目管道拟选用的壁厚为8.0mm | 符合 |
| 4 | 管道附件严禁采用铸铁件。管道附件与管道采用焊接连接时，两者材料应相同或相近 | 《输气管道工程设计规范》 (GB 50251-2003) | 本建设项目管道及附件均拟选用20#钢，与焊接性能较好 | 符合 |
| 5 | 管道管件弯管是制作应满足国家现行标准的规定 | 《油气输送用钢制弯管》 (SY5257-2004) | 本建设项目涉及的管件弯管拟采用热煨弯技术，其可行性研究中提出弯管制作的标准要求： 1、曲率半径R=6D，弯管两端各保留0.5m长的直管段，无褶皱、裂纹和其他机械损伤； 2、壁厚减薄率不大于9.0%； 3、弯管弧任意圆度不大于2.5%； 4、弯曲角度偏差不超过±0.5°； 5、管端面垂直度不大于2.5mm； 6、管端面平面度不大于0.8mm； 7、弯管坡口角度为37.5°±2.5°，坡口钝边为1.6±0.8mm。 以上制作要求均为《油气输送用钢制弯管》(SY5257-2004)要求或计算结果符合范围以内。 | 符合 |

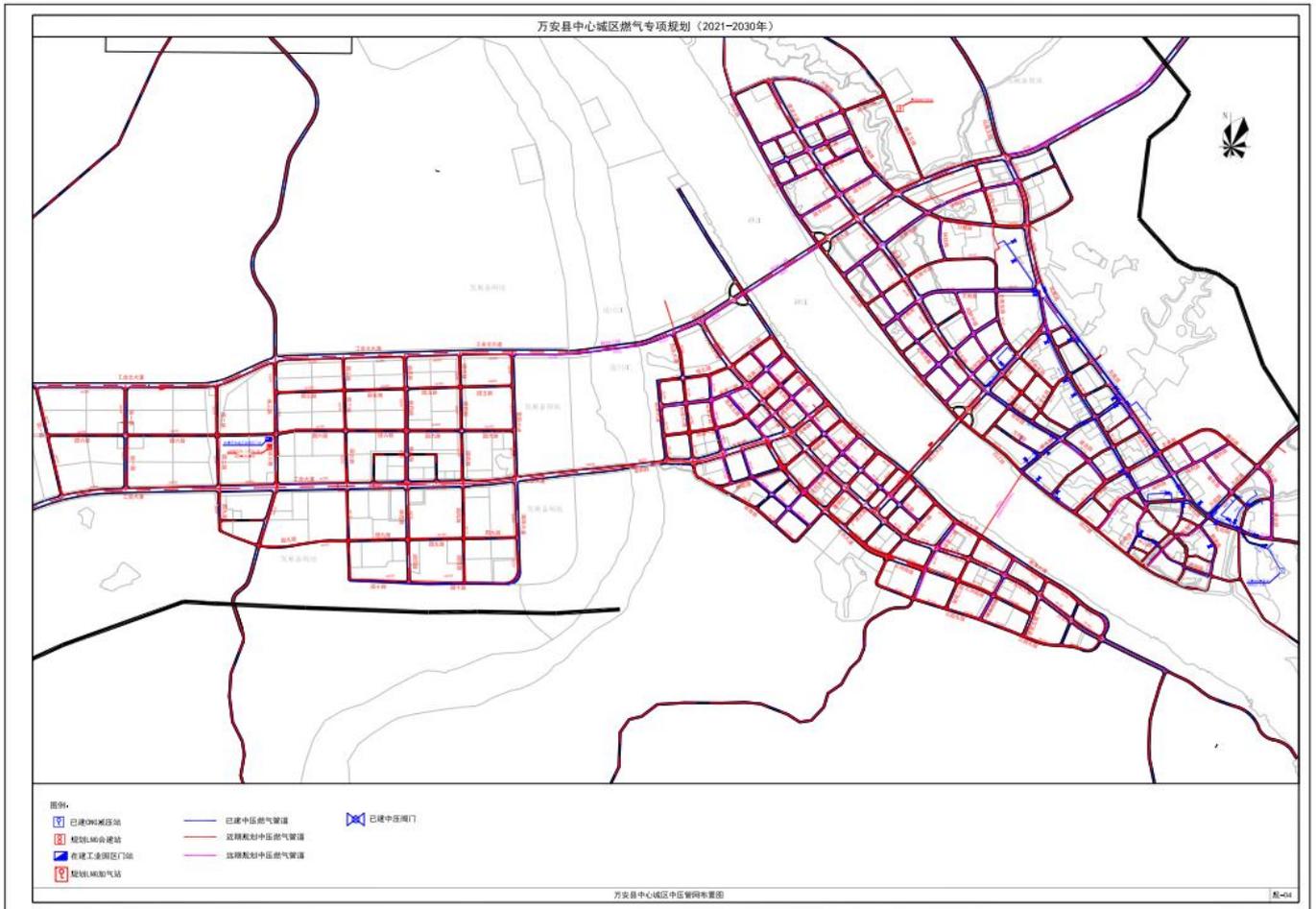
| | | | | |
|---|------------------------------------|--|------------------------------|----|
| 6 | 架空管段两端宜设置绝缘接头，绝缘接头的设计应符合国家现行标准的要求。 | 《城镇燃气设计规范》 (GB 50028-2006) 《绝缘接头和绝缘法兰技术规范》 (SY/T 0516-2008) | 本建设项目拟在架空管段两端加设绝缘接头，与埋地管道绝缘。 | 符合 |
|---|------------------------------------|--|------------------------------|----|

小结：经安全检查表检查，该项目拟使用的管道管材、压力管道元件及防腐绝缘措施符合现行国家标准《城镇燃气设计规范》(GB 50028-2006)、《石油天然气工业输送钢管交货技术条件第 2 部分：B 级钢管》(GB / T 9711. 2-1999)、《输气管道工程设计规范》(GB 50251-2003)、《油气输送用钢制弯管》(SY5257-2004)、《绝缘接头和绝缘法兰技术规范》(SY/T 0516-2008) 等，符合率 100% 。

F11 吉安市新潮管道燃气有限公司营业执照



F12 燃气发展规划图



F13 管道荷载对桥梁结构的荷载计算

万安赣江大桥架过桥管线梁板计算书



2022.04.18

一、工程概况

本次过桥管线架设于现状万安赣江大桥空心板侧面，为 $\Phi 219 \times 8$ 钢管（燃气管），线重 41.6kg。

二、主要技术标准

- 1、桥梁设计安全等级：一级；
- 2、结构重要性系数：1.1；
- 3、环境标准：I 类环境；

三、主要材料及设计参数

混凝土：

C50 混凝土；预制空心板；

钢筋：

普通钢筋为热轧 HPB300、HRB400 钢筋

设计参数：

预应力混凝土结构重度按 26kN/m^3 计，混凝土重度按 25kN/m^3 计，回填土重度按 20kN/m^3 计。

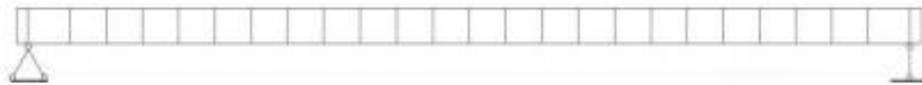
四、25m 空心板结构计算

1. 25m 空心板计算模型及参数

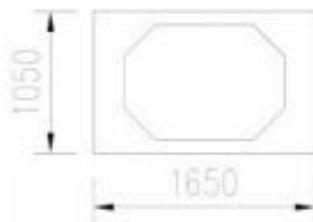
1.1 计算模型

25m 空心板纵向按部分预应力 A 类构件设计，静力分析采用平面杆系，计算模型见下图：

25m 空心板计算模型图



空心板截面：



2.2 主要计算参数

①、主要材料

混凝土：C50 混凝土，弹性模量 $E = 3.45 \times 10^4 \text{MPa}$ ；

预应力钢绞线：预应力钢束采用 15-5 型，钢绞线标准强度 $f_{sk}=1860\text{MPa}$ ， $d=15.20\text{mm}$ ，弹性模量 $E_s=1.95\times 10^5\text{MPa}$ ；

普通钢筋：采用 HRB400 钢筋和 HPB300 钢筋；HRB400 钢筋抗拉强度设计值为 330Mpa，HPB300 钢筋抗拉强度设计值为 270Mpa。空心板下缘设置 D12 主筋 15 根、D8 主筋 6 根，上缘钢筋不计入受力。

②、采用规范：《公路桥涵设计通用规范》（JTGD60-2015）；《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG3362-2018）等

③、荷载

a) 恒载：空心板自重考虑 1.04 的提高系数；梁顶挡块（1.95kN/m）、板顶调平层铺装（3.51kN/m）、新增燃气管（0.45kN/m），总计恒载按 15.61kN/m 计算。

b) 温度应力：考虑温度变化的影响。本次计算考虑的均匀升温 and 降温为 25℃，桥面板由于日照产生的竖向温度梯度按照《公路桥涵设计通用规范》JTGD60-2015 中第 4.3.12 条规定取值。

c) 支座不均匀沉降：根据地质条件和桥型结构形式，空心板计算不考虑支座不均匀沉降。

d) 混凝土收缩徐变：考虑了由于桥面板混凝土收缩徐变产生的二次应力，收缩徐变应力与施工过程及周期有关，使用阶段收缩徐变天数取 3650 天。

e) 钢束力学参数 按设计说明钢束采用金属波纹管，摩阻系数 $\mu=0.225$ ，偏差系数 $k=0.0015$ ，锚具变形 $\Delta l=12\text{mm}$ 。

2 计算结果输出

2.1、承载能力极限状态强度验算

①、正截面抗弯承载力验算

最大内力对应抗力验算（单位 KN.m）



从以上结果可以看出，空心板梁体正截面强度满足要求。

②、斜截面抗剪承载力验算

受弯构件，当配置箍筋和弯起钢筋时，其斜截面抗剪承载力计算应满足 JTGD60-2015《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》第 5.2.9 条规定，即

$$V_c V_d \leq V_{cs} + V_{cb} + V_{ps};$$

$$V_{cs} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 0.45 \times 10^{-3} b h_0 \sqrt{(2 + 0.6P)} \sqrt{f_{cs,s} \rho_{cs} f_{cs}};$$

$$V_{cb} = 0.75 \times 10^{-3} f_{cb} \sum A_{sb} \sin \theta_s;$$

$$V_{ps} = 0.75 \times 10^{-3} f_{ps} \sum A_{ps} \sin \theta_p;$$

空心板斜截面强度验算表

| 截面位置 | Vcs (kN) | Vsb (kN) | Vpb (kN) | V抗 (kN) | γ OVd (kN) | 是否 满足 |
|-------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------------------|----------|
| 支点处 | 1335 | 0 | 0 | 1335 | 595 | 满足 |
| 箍筋变化处 | 944 | 0 | 0 | 944 | 490 | 满足 |

由上表可知，空心板斜截面抗剪强度满足规范要求。

2.2、持久状况正常使用极限状态验算

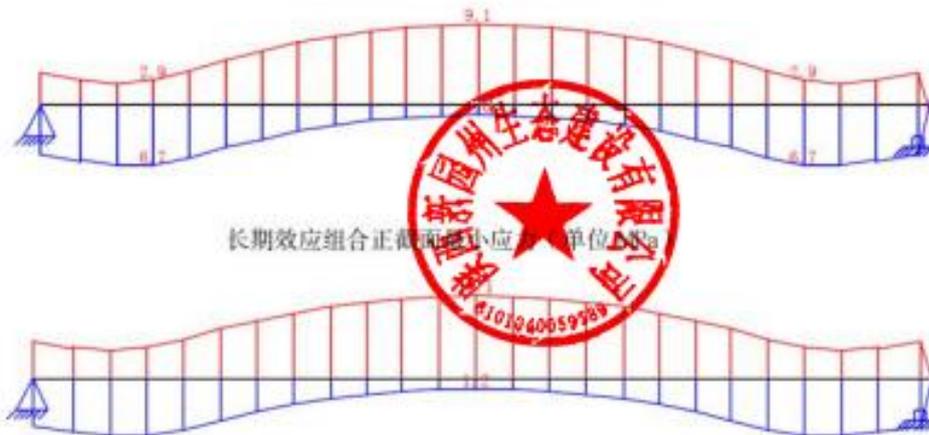
①、正截面抗裂验算

本桥空心板梁部为部分预应力A类构件，根据 JTG3362-2018《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》第 6.3.1 条规定，A类预应力构件在作用短期效应下正截面最大拉

应力值应满足 $\sigma_{st} - \sigma_{pc} \leq 0.7 f_{tk}$ ($0.7 \times 2.65 = 1.885 \text{MPa}$)；在长期效应组合下

$$\sigma_{ll} - \sigma_{pc} \leq 0 \text{MPa}$$

短期效应组合正截面最小应力（单位 MPa）



从以上应力包络图可知，短期效应组合与长期效应组合下，正截面未出现拉应力，满足规范要求。

②、斜截面抗裂验算

根据 JTG3362-2018《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》第 6.3.1 条规定，

A类预应力构件在作用短期效应下斜截面最大主拉应力值应满足：

$$\sigma_{tp} \leq 0.7 f_{tk} (0.7 \times 2.65 = 1.885 \text{ MPa})$$

荷载短期效应下斜截面的最小应力如下：

短期效应组合斜截面最小应力（单位 MPa）



从以上应力包络图可知，短期效应组合下，空心板斜截面最大拉应力为-0.1MPa，斜截面强度验算满足规范要求。

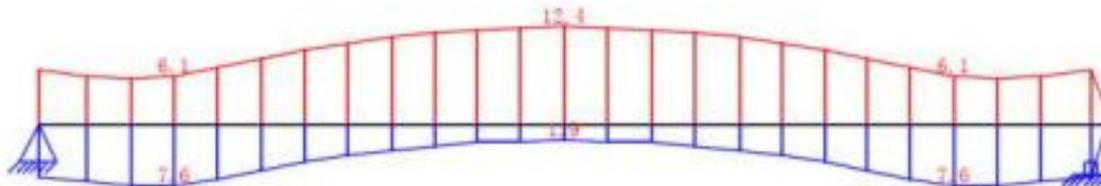
2.3、持久状况构件应力验算

①、持久状况混凝土正截面应力验算

根据 JTG3362-2018《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》第 7.1.5 条规定，使用阶段预应力混凝土受弯构件正截面压应力应满足下列规定：混凝土构件正截面压应力，

$$\sigma_{kc} + \sigma_{pt} \leq 0.5 f_{ck} (0.5 \times 32.4 = 16.2 \text{ MPa})$$

标准组合正截面最大应力（单位 MPa）



从以上应力包络图可知，使用阶段正截面最大压应力为 12.4MPa，小于 16.2MPa，满足规范要求。

②、持久状况预应力钢束应力验算

根据 JTG3362-2018《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》第 7.1.5 条规定，使用阶段预应力混凝土受弯构件预应力钢筋的拉应力应满足下列规定：

$$\sigma_{pe} + \sigma_{st} \leq 0.65 \sigma_{pk} (0.65 \times 1860 = 1209 \text{ MPa})$$

预应力钢筋最大拉应力，

计算结果表明，在效应标准组合下，空心板腹板预应力钢束最大拉应力为 1176MPa，满足规范要求。

2.4、短暂状况构件应力验算

空心板施工阶段应力，上缘最大压应力为 10.09MPa，下缘最大压应力为 10.70MPa，压应力均满足 $\sigma'_{lc} \leq 0.70 f_{lc} = 22.68 \text{ MPa}$ ；施工阶段未出现拉应力；构件短暂状况应力满足规范要求。

2.5、结论

①、空心板承载能力极限状态强度满足规范要求；

-
- ②、持久状况正常使用极限状态空心板各指标满足规范要求；
 - ③、持久状况空心板应力指标满足规范要求；
 - ④、短暂状况空心板应力指标满足规范要求。
 - ⑤、以上计算数据仅供参考。

【附注：新增燃气管三脚架安装施工时，须根据老桥图纸避开预应力管道！】



F14 横断面布置图

