



山东中世天然气有限公司  
大莱龙铁路天然气管道迁改工程  
**安全评价报告**

建设单位：山东中世天然气有限公司

建设单位法定代表人：曾 xx

建设项目单位：山东中世天然气有限公司

建设项目单位主要负责人：崔 xx

建设项目单位联系人：李 xx

建设项目单位联系电话：1385350xxxx

(建设项目单位公章)

2023年8月31日



山东中世天然气有限公司  
大莱龙铁路天然气管道迁改工程  
**安全评价报告**

评价单位名称：山东实华安全技术有限公司

法定代表人：任红艳

技术负责人：吴佳东

评价项目负责人：王红梅

评价单位联系电话：**0546-8176702**

(安全评价机构公章)

**2023年8月31日**



## 前言

山东中世天然气有限公司是 2002 年 7 月成立的中外合资企业，注册资本 2400 万美元，其中：正大能源发展（中国）有限公司占 50% 股份、中海石油气电集团有限责任公司占 25% 股份、英属维尔京群岛蓝天环球控股有限公司占 17.5% 股份、香港盛科国际控股有限公司占 7.5% 股份。公司主要从事烟台、威海地区及青岛部分市区天然气长输管网建设和运营业务；经过十几年的发展，公司分期建成了 660 多公里长输管线、20 座输气站场，管道途径烟台、威海及青岛下辖的 15 个市区，形成了覆盖烟台、威海及青岛地区的供气环网。

山东中世天然气有限公司大莱龙铁路天然气管道迁改工程位于山东省龙口市黄山馆镇，现役管道在山东中世天然气有限公司黄山馆分输站附近，管道总体沿着大莱龙铁路南侧敷设，距离大莱龙铁路东侧约 36m，管道其间穿越黄招路，道路和大莱龙铁路平交。目前大莱龙铁路进行沿线封闭电气化改造，取消铁路闸口，全线封闭运行。因此道路需改造为下穿大莱龙铁路。根据建设单位提供的相关资料，现状道路下挖约 7.9m 为改造完成后的路面标高，拟新建黄招路宽度为 26m。道路在下穿改造施工过程中造成管道悬空，为了避免发生管道安全事故，推动铁路、道路项目顺利建设实施，经前期对接，拟对本段管道进行迁改处理。

根据《中华人民共和国安全生产法》和《危险化学品安全管理条例》、《中华人民共和国石油天然气管道保护法》、《危险化学品建设项目安全监督管理办法》（国家安全生产监督管理总局令第 45 号、79 号令修订）、关于印发《山东省〈危险化学品建设项目安全监督管理办法〉实施细则》的通知（鲁安监发〔2018〕17 号）及相关修订规定等的要求，该项目进行建设项目安全预评价。为此山东中世天然气有限公司委托山东实华安全技术有限公司对山东中世天然气有限公司大莱龙铁路天然气管道迁改工程进行安全预评价。

我公司接到委托后立即展开现场调研，在对项目现场调研结果和相关资料充分了解和分析的基础上，参照《安全评价通则》（AQ8001-2007）、《安全预评价导则》（AQ8002-2007）、《陆上油气管道建设项目安全评价导则》（AQ/T3057-2019）及安全评价工作的有关要求，编制完成了该项目安全评价报告。

山东实华安全技术有限公司

2023 年 8 月



## 目录

1 编制说明.....	1
1.1 评价目的.....	1
1.2 前期准备.....	1
1.3 评价范围.....	1
1.4 评价程序.....	1
2 建设项目概况.....	10
2.1 基本情况.....	10
2.2 建设项目基本情况.....	11
2.3 自然及社会环境概况.....	13
2.4 线路工程.....	16
2.5 公用工程.....	22
3 评价范围、单元划分与评价方法选择.....	25
3.1 评价范围.....	25
3.2 评价单元的划分.....	25
3.3 评价方法的选择及说明理由.....	25
3.4 评价方法的介绍.....	26
4 危险有害因素辨识.....	31
4.1 输送介质.....	31
4.2 自然环境及社会环境.....	34
4.3 线路工程.....	36
4.7 重大危险源辨识.....	45
4.8 辨识结果汇总.....	45
5 单元安全评价.....	46
5.1 线路工程.....	46
5.1.2 管道本体检查.....	50
5.2 公用工程.....	63
6 安全管理.....	66
6.1 安全管理机构设置.....	66

---

6.2 人员编制与安全管理人员设置.....	66
6.3 安全生产责任制及安全管理.....	66
6.4 个体安全防护用品配备.....	66
6.5 抢维修机构设置及设备设施配备.....	66
6.6 安全投入.....	66
6.7 外部依托力量.....	67
6.8 安全管理符合性检查.....	67
7 结论与建议.....	73
7.1 结论.....	73
7.2 建议.....	74
8 与建设单位交换意见.....	81
9 附件.....	82
<b>附件1.....</b>	<b>82</b>
<b>附件 2.....</b>	<b>82</b>

---



## 非常用术语、符号和代号说明

**SCADA 系统**（SupervisoryControlAndDataAcquisition）——数据采集与监视控制系统

**PLC**（ProgrammablelogicController）——可编程逻辑控制器

**RTU**（RemoteTerminalUnit）——远程终端控制系统

**UPS**（UninterruptiblePowerSupply）——不间断电源

**SIS**（Safety Instrumented System）——安全仪表系统

**ESD**（Emergency Shutdown Device）——紧急停车系统

**PHA**（PreliminaryHazardAnalysis）——预先危险性分析方法

**FTA**（FaultTreeAnalysis）——事故树分析法

### 管道信息管理系统：

全球定位系统（GPS）、数字摄影测量系统（DPS）、数据收集（DCS）或计算机监视控制和数据采集系统（SCADA）、计算机网络和多媒体技术等，对生产运营管理中所获取的大量的、多源化的、各种形式的有关资源、周边环境和各项业务活动的信息，依据地理空间坐标进行收集、整理和存储，并结合专业应用软件，构建一个系统的、完整的虚拟信息系统。

### 三层 PE：

底层（与钢材接触）为环氧粉末涂层，中间为带有分枝功能团的共聚粘合剂，面层是高密度聚乙烯。这种防腐层结构的防腐蚀效能非常明显，底层环氧粉末与钢材的粘结能力强，耐阴极剥蚀强度的能力大，在施加阴极保护电流后不易与钢材剥离，同时阻止氧气的渗透；面层高密度聚乙烯具有阻水、阻电及耐机械损伤的能力；中间的共聚物粘胶层使环氧底层与面层牢固粘合，以抵抗土壤运动与温度变化引起的剪切力，三者结合在一起，优势互补，成为目前最佳的防腐层。

### 阴极保护（CathodicProtection）：

一种防止腐蚀的方法，所采用的措施是将低压电荷加到一种金属上，使金属充当阴极，以保护金属不受腐蚀。可分为牺牲阳极法和外加电流法。外加电流法--又称强制电流法，所采用的措施是由外加的直流电源直接向被保护金属施加阴极电流使其发生阴极极化。

### 油气管道：

油气管道是指输送符合有关标准质量要求的石油、天然气管道及管道附属设施，其中：石油是指原油、成品油和液化石油气；

天然气是指常规天然气、页岩气、煤层气和煤制天然气；

管道附属设施是指输油（气）站、放空设施、油库、储气库、装卸站场，阀室、防腐设施、管道检漏装置、标志标识、专用隧道、管桥、水工防防设施、伴行路，公司工程及其他安全设施等。

### **安全预评价 Safety Pre-Assessment**

安全预评价是在建设项目可行性研究阶段、工业园区规划阶段或生产经营活动组织实施之前，根据相关的基础资料，辨识与分析建设项目、工业园区、生产经营活动潜在的危险、有害因素，确定其与安全生产法律法规、标准、行政规章、规范的符合性，预测发生事故的可能性及其严重程度，提出科学、合理、可行的安全对策措施建议，做出安全评价结论的活动。

# 1 编制说明

## 1.1 评价目的

为了全面落实天然气管道相关安全法律法规、标准规范，对建设项目存在的危险有害因素进行辨识、分析，提出设计文件中已有安全对策措施的可行性和评价后补充的安全对策措施，作出合规性评价，指导建设项目安全设施设计。

## 1.2 前期准备

接受建设单位关于该项目安全评价委托前，我公司按照项目风险分析的要求，组织相关人员对该项目内容进行研究，并派技术人员对项目选址及周边环境进行工程现场调查。在对工程内容研究及工程现场调查的基础上，分析了开展该项目安全评价存在的风险及已有技术条件。

评价组首先确定评价范围，并得到了建设单位的认可；根据《陆上油气管道建设项目安全评价导则》（AQ/T3057-2019）的要求，全面收集安全评价所需的相关资料，制定评价工作计划，开展评价工作。

## 1.3 评价范围

本次安全评价范围包括：迁改后天然气输气管线线路及其通信系统。

天然气管线起点、终点及路由：自黄招路东已建中世天然气调压站起点（黄山馆分输站区墙外 1.9m 处即 HSG001 桩（X=4156417.493、Y=525101.720）出线，沿黄招路向南前行 80m 左右后，转向西穿越黄招路，再转向西北方向与原中世天然气管线终点（大莱龙铁路东侧约 45m 即 HSG007 桩（X=4156339.897、Y=525015.161）对接。新建管道长度约 220m。

该项目仅对原管线进行迁改，迁改后管线两端仍与山东中世天然气有限公司原管线接头，评价范围内不涉及对管线控制系统、电气系统、消防系统等公用系统的评价，仅对其符合性进行描述。

该项目与上下游衔接的工程界面与评价界面起点与终点相一致，与上游衔接的工程界面即该迁改管道起点 HSG001 桩（X=4156417.493、Y=525101.720），与下游衔接的工程界面即该迁改管道终点 HSG007 桩（X=4156339.897、Y=525015.161），见附图管道线路走向平面图。

## 1.4 评价程序

依照《安全评价通则》（AQ8001-2007）、《安全预评价导则》（AQ8002-

2007)、《陆上油气管道建设项目安全评价导则》(AQ/T3057-2019)的要求,该项目评价程序见下图。



图 1.2- 1 评价程序

## 1.5 评价依据

### 1.5.1 建设项目有关行政许可和建设单位批复等意见

(1) 该项目于 2023 年 6 月 25 日取得龙口市自然资源和规划局出具的《关于大莱龙铁路天然气管道迁改路由的相关意见》, 意见原则同意该单位在提报选址迁改路由范围内开展管线迁改工作, 文号“龙自然资规函[2023]36 号”。

(2) 该项目于 2023 年 7 月 17 日取得烟台行政审批服务局出具的《烟台市行政审批服务局关于大莱龙铁路天然气管道迁改核准的批复》, 文号为: 烟审批投[2023]92 号。

(3) 该项目于 2023 年 08 月 02 日取得龙口市行政审批服务局出具的《建设工程规划许可证》, 编号建字第 370681202301009 号。

(4) 该项目于 2023 年 08 月 03 日取得龙口市行政审批服务局出具的《交通运输涉路工程建设许可证》, 编号“龙审批社许[2023]3 ( 交通公路 ) 字第 ( 2006 ) 号”。

### 1.5.2 法律法规、部门规章和地方法规

(1) 《中华人民共和国安全生产法》( 中华人民共和国主席令第 88 号, 2021

年9月1日起实施)

(2) 《中华人民共和国特种设备安全法》(中华人民共和国主席令第4号, 2014年1月1日起实施)

(3) 《中华人民共和国防震减灾法》(中华人民共和国主席令第94号, 2008年12月27日修订)

(4) 《中华人民共和国石油天然气管道保护法》(中华人民共和国主席令第30号, 2010年10月1日起施行)

(5) 《中华人民共和国文物保护法》(中华人民共和国主席令第84号, 2017年11月4日第五次修订)

(6) 《中华人民共和国防洪法》(中华人民共和国主席令第88号, 2016年7月2日修订)

(7) 《中华人民共和国消防法》(第81号修订, 2021年4月29日施行)

(8) 《中华人民共和国土地管理法》(中华人民共和国主席令第28号, 2004年8月28日起实施, 2019年8月26日修订)

(10) 《中华人民共和国突发事件应对法》(中华人民共和国主席令第69号, 2007年11月1日起实施)

(11) 《中华人民共和国基本农田保护条例》(2021年7月1日)应为(中华人民共和国国务院令第257号, 国务院令第588号修改, 自2011年1月8日起施行)

(12) 《危险化学品安全管理条例》(2002年1月26日中华人民共和国国务院令第591号发布, 2013年12月7日中华人民共和国国务院令第64号修订)

(13) 《中华人民共和国基本农田保护条例》(2021年7月1日)

(14) 《公路安全保护条例》(2011年3月7日中华人民共和国国务院令第593号发布)

(15) 《铁路安全管理条例》(2013年8月17日中华人民共和国国务院令第639号发布)

(16) 《建设工程安全生产管理条例》(2003年11月24日中华人民共和国国务院令第393号发布)

(17) 《电力设施保护条例》(1987年9月15日中华人民共和国国务院令第239号发布, 1998年第一次修定, 2011年第二次修定)

(18) 《危险化学品建设项目安全监督管理办法》(国家安全监督管理总局令第45

号2015年5月27日国家安全生产监督管理总局令第79号修订)

(19) 《防雷减灾管理办法(修订)》(中国气象局第24号令,2013年6月1日起实施)

(20) 《生产经营单位安全培训规定》(国家安全监管总局令第3号,2015年5月29日国家安全生产监管总局令第80号修订)

(21) 《特种作业人员安全技术培训考核管理规定》(国家安全生产监督管理总局令第30号,2015年2月26日国家安全监管总局令第80号修订)

(22) 《安全生产培训管理办法》(国家安全生产监督管理总局令第44号,2015年2月26日国家安全监管总局令第80号修订)

(23) 《国家安全监管总局办公厅关于明确石油天然气长输管道安全监管有关事宜的通知》(安监总厅管三[2014]78号,2014年7月7日起实施)

(24) 《关于进一步加强危险化学品建设项目安全设计管理的通知》(安监总管三[2013]76号)

(25) 《特种设备目录》(质检总局2014年第114号)

(26) 《危险化学品目录(2022版)》(国家安全监管总局等10部门公告2015年第5号,2015年5月1日起实施)

(27) 《电力设施保护条例实施细则》(1999年3月18日国家经济贸易委员会、公安部颁布实施,2011年第一次修订)

(28) 《关于规范公路桥梁与石油天然气管道交叉工程管理的通知》(2015年03月19日交通运输部、国家能源局、国家安全监管总局交公路发[2015]36号)

(29) 《关于加快石油天然气管道智能化发展的意见》(鲁发改能源[2020]1078号,2020年8月27日)

(30) 《油气输送管道与铁路交汇工程技术及管理规范》(国能油气[2015]392号,2016年1月1日)

(31) 《国务院关于加强企业安全生产工作的通知》(国发[2010]23号,2010年7月19日)

(32) 《关于加快推进全省高后果区油气管道保护视频监控建设的通知》(山东省能源局,2020年9月9号)

(33) 《国家安全监管总局等八部门关于加强油气输送管道途经人员密集场所高后果区安全管理工作的通知》(安监总管三[2017]138号,2017年12月15日)

- (34) 《防雷装置设计审核和竣工验收规定》（中国气象局第 21 号令，2011 年 9 月 1 日起实施）
- (35) 《地质灾害防治条例》（国务院令第 394 号，2004 年 3 月 1 日）
- (36) 《生产安全事故应急条例》（国务院令第 708 号，2019 年 4 月 1 日）
- (37) 《建设工程安全生产管理条例》（国务院令[2003]第 393 号，2004 年 02 月 01 日）
- (38) 《企业安全生产费用提取和使用管理办法》（财资[2022]136 号，2022 年 11 月 21 日）
- (39) 《中华人民共和国监控化学品管理条例》（国务院令第 190 号，国务院令第 588 号，2011 年 1 月 8 日）
- (40) 《国家发展和改革委员会、国家能源局、国务院国有资产监督管理委员会等关于贯彻落实国务院安委会工作要求全面推行油气输送管道完整性管理的通知》（发改能源〔2016〕2197 号，2016 年 10 月 18 日起施行）
- (41) 《关于印发<关于加快石油天然气管道智能化建设实施方案>的通知》（鲁发改能源[2022]198 号）
- (42) 《特种作业人员安全技术培训考核管理规定》（国家安监总局令第 30 号发布，国家安监总局令第 80 号修订，2015 年 07 月 01 日）
- (43) 《生产安全事故应急预案管理办法》（安监总局令第 17 号，安监总局令第 88 号修改，应急管理部令第 2 号修改，2019 年 09 月 01 日）
- (44) 《重点监管的危险化学品名录》（2013 完整版）
- (45) 《高毒物品目录》（卫法监发[2003]142 号）
- (46) 《易制爆危险化学品名录》（2017 年版）（中华人民共和国公安部公告）
- (47) 《特别管控危险化学品目录》（应急管理部、工业和信息化部、公安部、交通运输部公告 2020 年第 3 号）
- (48) 根据《特别管控危险化学品目录》（应急管理部、工业和信息化部、公安部、交通运输部公告 2020 年第 1 号）
- (49) 《山东省生产经营单位安全生产主体责任规定》（山东省人民政府令第 31 1 号，2018 年 1 月 24 日）
- (50) 《山东省生产安全事故应急办法》（山东省政府令 341 号）
- (51) 《生产经营单位生产安全事故应急预案评估指南》（AQ/T9011-2019）

(52) 《山东省安全生产条例》（山东省人民代表大会常务委员会公告第 168 号，2021 年 12 月 3 日山东省第十三届人民代表大会常务委员会第三十二次会议修订）

(53) 《山东省危险化学品建设项目安全监督管理办法实施细则》（鲁安监发[2018]17 号）

(54) 《山东省石油天然气管道保护条例》（2018 年 11 月 30 日山东省第十三届人民代表大会常务委员会第七次会议通过，2019 年 3 月 1 日实施）

(55) 《山东省公路路政条例》（2013 年 8 月 1 日山东省第十二届人民代表大会常务委员会第三次会议通过 根据 2020 年 7 月 24 日山东省第十三届人民代表大会常务委员会第二十二次会议《关于修改〈山东省农民专业合作社条例〉等十二件地方性法规的决定》修正）

(56) 《山东省生产安全事故应急预案管理实施办法》（鲁应急发〔2023〕5 号）

(57) 《关于加强有限空间作业安全管理的通知》（鲁安办发[2020]33 号）

(58) 《山东省交通运输厅关于修改并继续执行〈山东省涉路工程建设技术评价办法〉的通知》（鲁交发〔2022〕5 号，2022 年 12 月 29 日）

(59) 《关于印发〈山东省禁止危险化学品目录（第二批）〉的通知》（鲁应急[2022]61 号）

(60) 《重点行业领域重大安全风险隐患清单》（鲁安发[2022]11 号）

### 1.5.3 标准规范

(1) 《输气管道工程设计规范》（GB 50251-2015）

(2) 《油气输送管道穿越工程设计规范》（GB 50423-2013）

(3) 《油气输送管道线路工程抗震技术规范》（GB/T 50470-2017）

(4) 《天然气》（GB 17820-2018）

(5) 《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014）

(6) 《钢质管道焊接及验收》（GB/T 31032-2014）

(7) 《油气长输管道工程施工及验收规范》（GB 50369-2014）

(8) 《油气输送管道完整性管理规范》（GB 32167-2015）

(9) 《石油天然气工业管线输送系统用钢管》（GB/T 9711-2017）

(10) 《压力管道规范长输管道》（GB/T 34275-2017）

(11) 《山东省涉路工程技术规范》（DB37/T3366-2018）

(12) 《油气田及管道工程仪表控制系统设计规范》（GB/T 50892-2013）



- (13) 《输油气管道工程安全仪表系统设计规范》（SY/T 6966-2013）
- (14) 《油气田及管道工程计算机控制系统设计规范》（GB/T50823-2013）
- (15) 《油气管道安全仪表系统的功能安全评估规范》（GB/T 32202-2015）
- (16) 《爆炸性环境 第 1 部分：设备通用要求》（GB/T 3836.1-2021）
- (17) 《爆炸性环境 第 2 部分：由隔爆外壳“d”保护的的设备》（GB /T3836.2-2021）
- (18) 《爆炸性环境 第 4 部分：由本质安全型“i”保护的的设备》（GB/T3836.4-2021）
- (19) 《爆炸性环境 第 14 部分：场所分类爆炸性气体环境》（GB3836.14-2014）
- (20) 《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准》（GB/T50493-2019）
- (21) 《输气管道高后果区完整性管理规范》（SY/T 7380-2017）
- (22) 《油气输送用钢制感应加热弯管》（SY/T5257-2012）
- (23) 《钢质管道冷弯管制作及验收规范》（SY/T4127-2018）
- (24) 《66kV 及以下架空电力线路设计规范》（GB50061-2010）
- (25) 《爆炸危险环境电力装置设计规范》（GB 50058-2014）
- (26) 《天然气管道运行规范》（SY/T5922-2012）
- (27) 《油气管道地质灾害风险管理技术规范》（SY/T6828-2017）
- (28) 《石油石化系统治安反恐防范要求 第 6 部分：石油天然气管道企业》（GA1551.6-2021）
- (29) 《报废油气长输管道处置技术规范》（SY/T7413-2018）
- (30) 《建筑物电子信息系统防雷技术规范》（GB 50343-2012）
- (31) 《电力设施抗震设计规范》（GB 50260-2013）
- (32) 《防止静电事故通用导则》（GB 12158-2006）
- (33) 《建筑工程抗震设防分类标准》（GB 50223-2008）
- (34) 《构筑物抗震设计规范》（GB 50191-2012）
- (35) 《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》（GB/T8923.1-2011）
- (36) 《石油天然气管道系统治安风险等级和安全防范要求》（GA1166-2014）
- (37) 《个体防护装备配备规范 第 1 部分：总则》（GB39800.1-2020）
- (38) 《个体防护装备配备规范 第 2 部分：石油、化工、天然气》（GB39800.2-

2020)

- (39) 《埋地钢质管道聚乙烯防腐层》 (GB/T 23257-2017)
- (40) 《埋地钢质管道阴极保护技术规范》 (GB/T 21448-2017)
- (41) 《钢质管道外腐蚀控制规范》 (GB/T 21447-2018)
- (42) 《埋地钢质管道阴极保护参数测量方法》 (GB/T 21246-2020)
- (43) 《埋地钢质管道直流干扰防护技术标准》 (GB 50991-2014)
- (44) 《埋地钢质管道交流干扰防护技术标准》 (GB/T 50698-2011)
- (45) 《管道外防腐补口技术规范》 (GB/T 51241-2017)
- (46) 《涂装前钢材表面处理规范》 (SY/T 0407-2012)
- (47) 《钢质管道聚烯烃胶粘带防腐层技术标准》 (SY/T 0414-2017)
- (48) 《埋地钢质管道液体环氧外防腐层技术标准》 (SY/T 6854-2012)
- (49) 《火灾自动报警系统设计规范》 (GB 50116-2013)
- (50) 《中国地震烈度表》 (GB/T 17742-2020)
- (51) 《中国地震动参数区划图》 (GB18306-2015)
- (52) 《油气输送管道并行敷设技术规范》 (SY/T 7365-2017)
- (53) 《油气输送管道线路工程水工保护设计规范》 (SY/T 6793-2018)
- (54) 《基于风险的油气管道安全隐患分级导则》 (GB/T 34346-2017)
- (55) 《油气输送管道同沟敷设光缆(硅芯管)设计及施工规范》 (SY/T 4108-

2019)

- (56) 《危险化学品重大危险源辨识》 (GB18218-2018)
- (57) 《进入天然气长输管道的气体质量要求》 (GB/T37124-2018)
- (58) 《油气管道线路标识设置技术规范》 (SY/T6064-2017)
- (59) 《陆上油气管道建设项目安全评价导则》 (AQ/T3057-2019)
- (60) 《建筑深基坑工程施工安全技术规范》 JGJ 311-2013
- (61) 《压力管道定期检验规则长输管道》 TSG D7003-2022
- (61) 《油气管道运行规范》 (GB/T35068-2018)
- (63) 《石油天然气工程总图设计规范》 (SY/T0048-2016)
- (64) 《阴极保护管道的电绝缘标准》 (SY/T0086-2020)
- (65) 《石油天然气钢质管道无损检测》 (SY/T4109-2020)
- (66) 《石油天然气管道安全规范》 (SY/T6186-2020)

- (67) 《石油工程建设施工安全规范》（SY/T6444-2018）
- (68) 《油气输送管道通信系统设计规范》（SY/T7473-2020）
- (69) 《公路路线设计规范》（JTG D20-2017）
- (70) 《视频安防监控系统工程设计规范》（GB 50395-2007）、
- (71) 《安全防范工程技术标准》（GB 50348-2018）、
- (72) 《压力管道定期检验规则—长输管道》（TSG D7003-2022）
- (73) 《压力管道监督检验规则》（TSG D7006-2020）
- (74) 《石油天然气工程可燃气体和有毒气体检测报警系统安全规范》SY/T 6503-2022
- (75) 《特种设备作业人员配备要求》（DB37/T3080-2022）
- (76) 《危险化学品单位应急救援物资配备要求》GB30077-2013
- (77) 《通信线路工程设计规范》GB51158-2015
- (78) 《石油工程建设施工安全规范》SY/T6444-2018
- (79) 《混凝土和钢筋混凝土排水管》（GB/T 11836-2023）
- (80) 《天然气管道、液化天然气站（厂）干燥施工技术规范》（SY/T 4114-2016）

#### 1.5.4 建设单位提供的其他材料

- (1) 营业执照
- (2) 项目批复文件
- (3) 项目申请报告及相关技术资料
- (4) 管道线路走向平面图及管线平纵图

## 2 建设项目概况

### 2.1 基本情况

#### 2.1.1 建设单位基本情况

山东中世天然气有限公司是 2002 年 7 月成立的中外合资企业，注册资本 2400 万美元，其中：正大能源发展（中国）有限公司占 50% 股份、中海石油气电集团有限责任公司占 25% 股份、英属维尔京群岛蓝天环球控股有限公司占 17.5% 股份、香港盛科国际控股有限公司占 7.5% 股份。公司主要从事烟台、威海地区及青岛部分市区天然气长输管网建设和运营业务；经过十几年的发展，公司分期建成了 660 多公里长输管线、20 座输气站场，管道途径烟台、威海及青岛地区下辖的 15 个市区，形成了覆盖烟台、威海及青岛地部分市区的供气环网。

迁改工程原管道其他专项评价工作开展情况：

##### 1) 地震安全性评价

该项目原来管线《烟台市天然气输气干线项目地震安全性评价工作报告》于 2002 年 5 月由山东省地震工程研究院编制。山东省地震工程研究院具有“山东省地震安全性评价单位”资质，已于 2022 年 5 月 31 日在山东省地震局网站公示。

报告评估结论：根据 50 年 2% 的地震峰值加速度区划图，该天然气管道沿线 II 类场地条件下的地震动峰值地震加速度位于 0.15g 区。

##### 2) 地质灾害危险性评估

该项目原来管线《山东中世天然气有限公司烟台市、青岛市、威海市管线建设项目地质灾害危险性评估报告》于 2022 年 5 月由山东省地质矿产勘查开发局第八地质大队编制。山东省地质矿产勘查开发局第八地质大队（山东省第八地质矿产勘查院）具有危险性评估甲级资质。评估结论：

（1）拟建天然气管线项目由多条输气主干线及支线组成，管线涉及山东省烟台市经济技术开发区、福山区、莱山区、牟平区、蓬莱区、栖霞市、龙口市、招远市、莱州市、海阳市及青岛平度市新河镇、莱西市区、莱西市南墅镇、马连庄镇、河头店镇，威海乳山市。

（2）本工程为天然气输气管线工程，属线状工程，本次评价拟建管线工程均为埋地管线沿线。拟建山东中世天然气有限公司管线工程极值地理坐标：东经 119°35'43.849"~121°31'53.587"，北纬 37°30'34.334"~37°30'43.614"，管线全长约

639.9km。

(3) 以拟建管线中心向两侧外扩 500m 作为本次评估区的范围，其极值地理坐标：东经 119°35'23.637"~121°32'22.954"，北纬 36°44'58.734"~37°46'42.788"，评估区总面积 624.812km<sup>2</sup>。

(4) 山东中世天然气有限公司烟台市、青岛市、威海市管线建设项目属重要建设项目，评估区所处区域地质环境条件复杂程度为中等。评估级别确定为一级。

(5) 评估区地质灾害灾种为崩塌、岩溶塌陷、不稳定斜坡、采空塌陷及伴生地裂缝。

(6) 现状评估：

评估区现状崩塌地质灾害发育程度中等，危害程度小，地质灾害危险性现状评估为危险性小。

### 2.1.2 项目申请报告编制单位概况

该项目由山东华元工程科技有限公司于 2023 年 6 月编制《大莱龙铁路天然气管道迁改工程项目申请报告》。山东华元工程科技有限公司具有石油天然气（海洋石油）行业工程设计乙级资质，证书编号：A137000331。

### 2.1.3 图纸设计单位概况

该项目图纸设计单位是山东华元工程科技有限公司于 2023 年 6 月编制的图纸。山东华元工程科技有限公司具有市政行业（城镇燃气工程）专业乙级；化工石化医药行业（石油及化工产品储运）专业乙级；石油天然气（海洋石油）行业工程设计乙级资质，证书编号：A137000331。山东华元工程科技有限公司具备压力管道设计资质，设计级别 GA1、GA2 级长输管道，GB1、GB2 级公用管道、GC1、GC2 级工业管道。该公司具有特种设备生产许可证压力管道设计资质，编号 TS1810802-2024。

### 2.1.4 评价单位概况

建设单位已委托山东实华安全技术有限公司编制安全评价报告，并签订了安全评价技术服务合同，山东实华安全技术有限公司资质证书编号：APJ-（鲁）-013，资质范围：陆上石油和天然气开采业；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。

## 2.2 建设项目基本情况

建设项目名称：山东中世天然气有限公司大莱龙铁路天然气管道迁改工程；

建设单位名称：山东中世天然气有限公司；

建设项目类型：天然气长输管道改建项目；

项目投资：xx 万；

建设项目主要设施：迁改管线全长约 220m，设计压力 4.0MPa，管径为 D406.4×7.9mm；

输送介质种类：天然气（设计压力 4.0MPa，目前运行压力 1.5-2.5MPa）；

管道起点、终点：

起点：HSG001 桩（X=4156417.493、Y=525101.720）。

路由：自黄招路东已建中世天然气调压站起点（黄山馆分输站区墙外 1.9m 处即 HSG001 桩出线，沿黄招路向南前行 80m 左右后，转向西穿越黄招路，再转向西北方向与原中世天然气管线终点（大莱龙铁路东侧约 45m 即 HSG007 桩对接。

终点：HSG007 桩（X=4156339.897、Y= 525015.161）。

## 2.2.1 管道走向

### 1、管道走向

自黄招路东已建中世天然气调压站起点（黄山馆分输站区墙外 1.9m 处即 HSG001 桩（X=4156417.493、Y=525101.720））出线，沿黄招路向南前行 80m 左右后，转向西穿越黄招路，再转向西北方向与原中世天然气管线终点（大莱龙铁路东侧约 45m 即 HSG007 桩（X=4156339.897、Y=525015.161）对接。线路走向如图 2.2-1 所示。



图 2.2-1 管线走向图（黄线为迁改管道走向，红线为原管道走向）

### 2、沿线行政区划

该项目管道位于山东省龙口市黄山馆镇境内，主要穿过黄招路，管道穿越改道道路时采取开挖加钢筋混凝土套管方式敷设。

表 2.2-1 行政区划统计表

管段	省（自治区、直辖市）	所属地市	县级行政区	长度（m）
迁改管线	山东省烟台市	烟台市	龙口市	220

### 3、站场、阀室设置情况

该项目不涉及站场、阀室。迁改管线段位置距离上游黄山馆镇站场约 1.9km，距离下游朱桥阀室约 25km，结合与上下游的阀室、站场的整体地区考虑，该改线段局部属于二级地区。

## 2.2.2 输送介质组分、物性

该项目迁改管道输送的介质为天然气，气源来自中世天然气龙口首站，根据中海油能源发展股份有限公司提供的天然气化学品安全技术说明书以及检测报告（检测报告见附件），天然气组分、性质见下表。

表 2.2-2 天然气的组分表

物性参数	单位	检测结果	检测方法
甲烷	%	85.97	GB/T13610-2020
乙烷	%	7.20	
丙烷	%	2.24	
异丁烷	%	0.15	
正丁烷	%	0.22	
异戊烷	%	0.04	
正戊烷	%	0.04	
己烷	%	0.01	
氮气	%	0.61	
氧气	%	0.08	
二氧化碳	%	3.44	
硫化氢	mg/m <sup>3</sup>	1.4	

表2.2- 3 天然气基本性质（20℃，101.325kPa）

组分	项目	天然气	检测方法
	密度（kg/m <sup>3</sup> ）	0.7892	GB/T11062-2020
	天然气高位发热量（MJ/m <sup>3</sup> ）	39.26	
	天然气低位发热量（MJ/m <sup>3</sup> ）	35.49	
	爆炸下限（V%）	5.3	
	爆炸上限（V%）	15.0	
	自燃点（℃）	645	
	理论燃烧温度（℃）	1830	
	燃烧1m <sup>3</sup> 气体所需空气量（m <sup>3</sup> ）	9.54	
	最大火焰传播速度（m/s）	0.67	
	水露点	/	GB/T17283-2014
	烃露点	/	GB/T17895-2011
	总硫（以硫计）mg/m <sup>3</sup>	3.2	GB/T11060.8-2020

## 2.3 自然及社会环境概况

### 2.3.1 自然环境

### 1、气象条件

龙口市属暖温带东亚大陆性季风型半湿润气候，四季交替分明，冬无严寒，夏无酷暑。管道沿线主要气象条件详见表 2.3-1。

表 2.3- 1 龙口市管道沿线主要气象要素统计表

县	气温 (°C)			年降水量 (mm)			风速 m/s			年相对湿度 %	最大相对湿度 %	多平均日照数 h	多平均蒸发量 mm	季节性最大冻深 cm	年雷暴日 d
	极端最高	极端最低	多年平均	多年平均	最多	最少	多年平均	最大	主导风向						
龙口市	38.4	-14.9	11.7	606.2	1122.2	320.8	4.23	4.0	Sw	62.2	85	2600-2700	1937.9	46	29.8

### 2、水文条件

龙口市与邻县、市多以山的分水岭为界，故境内河流皆源于东黄水河湿地公园、南部山区，曲折西北行，共有大小 23 条河流，主要河流有黄水河、泳汶河、南栾河、龙口河、北马河、八里沙河，均为季节性河流。除黄水河、八里沙河外，其余河流皆为境内河流，属季风雨源型。

### 3、地形地貌

龙口市处胶东低山丘陵北部，地势东南高、西北低，呈台阶式下降东南部山区的胶东小延安-黄城阳，东南部多低山丘陵，西北部为滨海平原。改线段位于龙口市黄山馆镇境内，地形起伏较小，平坦开阔，地貌单一，地貌类型为滨海堆积平原。地表植被主要为农田、果树。

表 2.3- 2 沿线地形地貌统计表

序号	行政区域	项目	地貌	线路长度
1	龙口市	大莱龙铁路天然气管道迁改工程	平原	约 220m



#### 4、地质条件

根据《建筑抗震设计规范（附条文说明）》（2016年版）（GB50011-2010）附录 A 第 A.0.15 条可知，该项目所在地的抗震设防烈度为 VII 度，设计基本地震加速度为 0.15g，设计地震分组为第三组。

根据《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015），可知项目所在地的黄山馆镇峰值加速度为 0.15g，反应谱特征周期 0.45s。

### 2.3.2 社会环境

#### 1) 沿线人文经济条件

改线段位于龙口市黄山馆镇境内，龙口市是山东省烟台市下辖县级市，地处山东半岛东部，龙口市东与蓬莱市毗邻，南与栖霞市、招远市接壤，西、北濒渤海，隔海与天津、大连相望。全市东西最大横距 46.08 千米，南北最大纵距 37.43 千米，总面积 901 平方千米。截至 2010 年末，辖 5 个街道、8 个镇，总人口为 688255 人。

#### 2) 沿线交通条件

工程区域位于龙口市黄山馆镇，地势多为丘陵、平原，临近龙青高速、荣乌高速、龙口港等，市政公路穿越施工现场，交通条件较好，施工较便利。

改线段管道中心线两侧各 200m 范围内不涉及医院、学校、客运站、城镇规划区、工业园区等主要人口密集区域、公共设施。

#### 3) 周边环境

改线段工程位于龙口市黄山馆镇隋家村南侧约 204m，距离龙口市心理康复医院约 210m，北侧 45m 左右为大莱龙铁路，迁改线路北侧、黄招路西侧有一处为黄招路涵洞配套的规划泵站。周边环境见下图（蓝色线为迁改线路）：



该项目迁改管道与周边建（构）筑物间距符合性见下表：

表 2.3- 3 该项目迁改埋地管道与建（构）筑物间距符合性

序号	建构筑物		水平距离 (m)	GB50251-2015 要求		是否符合要求
				≥ 5 m	表 4.1.1 第 10	
1.	村庄	北侧隋家村民房	204	≥ 5 m	表 4.1.1 第 10	符合要求

2.	三类建筑物	黄招路涵洞配套的规划泵站值班室	26.5	$\geq 5$ m	表 4.1.1 第 10	符合要求
3.	医院	北侧龙口市心理康复医院	210	$\geq 5$ m	表 4.1.1 第 10	符合要求

## 2.4 线路工程

### 2.4.1 管道本体

(1) 原管线主要参数:

- 1) 设计压力: 4.0MPa。
- 2) 运行压力: 1.5~2.5MPa。
- 3) 钢管材质: L360M 直缝埋弧焊钢管; 钢管规格: D406.4×7.9, 制管标准执行《石油天然气工业管线输送系统用钢管》GB/T9711-2017 PSL2; 钢管防腐: 加强级 3PE。
- 4) 设计温度: -20°C~60°C。
- 5) 地区等级: 二级地区
- 6) 设计系数: 管道强度设计系数取 0.6。
- 7) 光缆芯数及型号: 敷设 40 芯通信光缆。
- 8) 阴保方式: 强制电流阴极保护。
- 9) 管道埋深: 开挖段管顶覆土不小于 1.5m; 管道局部埋深 9.7~11.4m。

当定向钻穿越路基时, 入土点和出土点应位于铁路线路安全保护区以外不小于 5m, 路肩处管顶距原自然地面的距离不应小于 10m, 且应在路基加固处理层以下。当定向钻穿越铁路桥梁陆地段时, 管道外缘距桥梁墩台基础外缘的水平净距不应小于 5m, 最小埋深不应小于 5m, 且不影响桥梁结构使用安全。

- 10) 设计输气能力:  $130 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。

(2) 迁改段管线主要参数:

- 1) 设计压力: 4.0MPa。
- 2) 运行压力: 1.5~2.5MPa。
- 3) 钢管材质: L360M 直缝埋弧焊钢管; 钢管规格: D406.4×7.9, 制管标准执行《石油天然气工业管线输送系统用钢管》GB/T9711-2017 PSL2, 迁改管线管材与原管道材质相同; 钢管防腐: 加强级 3PE。
- 4) 设计温度: -20°C~60°C。
- 5) 地区等级: 二级地区

6) 设计系数: 管道强度设计系数取 0.6。

7) 光缆芯数及型号: 同沟敷设 40 芯通信光缆, 与已建光缆保持一致。

8) 阴保方式: 强制电流 (依托原有阴保系统)。

9) 施工工艺: 停输、放空、置换、连头。

10) 管道埋深: 开挖段管顶覆土不小于 1.5m; 管道局部埋深 9.7~11.4m。穿越黄招路拟采用开挖加套管方式, 穿越黄招路入土点为桩 HSG005, 出土点为桩 HSG006, 两桩之间距离 74.33m。穿越黄招路管道套管顶距离改造后道路距离 2.0m。

11) 设计输气能力:  $130 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。

## 2、管材

根据该项目为输气管道工程且设计压力较高的特点, 从安全性、经济性和可操作性方面考虑, 并结合建设单位该项目初步设计及周边地区管道的用管经验, 该项目拟确定用管类型如下:

表 2.4-1 线路用管情况

种类	用管规格/mm	钢材等级	制管标准
管材	$\Phi 406.4 \times 7.9$	L360M 直缝埋弧焊钢管	GB/T9711-2017 PSL2
弯管	$\Phi 406.4 \times 8.7$		SY/T5257-2012

## 2.4.2 管道敷设

### 1、敷设形式

管道敷设应满足《中华人民共和国石油天然气管道保护法》和《输气管道工程设计规范》(GB50251-2015)的要求。鉴于本次管道迁改长度较短, 管道采用热煨弯管方式来满足管道变向安装要求。

1) 管道埋深: 开挖段 (农田和果园区域) 管顶覆土不小于 1.5m;

2) 穿越改造道路时采取开挖加钢筋混凝土套管方式, 套管规格为 RCPIII1000 (内径)  $\times$  100 (壁厚)  $\times$  2000 (长度), 执行《混凝土和钢筋混凝土排水管》(GB/T 11836-2023), 套管伸出用地控制线以外 2m, 套管内充填细土, 套管内每间隔 2m 设置管道绝缘支架, 通信光缆置于绝缘支架顶部, 套管端部采用砂袋封堵。套管顶距离改造后道路距离 2.0m。

### 2、管沟开挖

本项目拟采用沟上焊, 管道距离伴行光缆净距  $\geq 300\text{mm}$ , 管沟底宽 1.4m。

管道以开挖敷设为主, 管道拟埋深大于 1.5m, 位于冻土层以下。管道同沟敷设 40

芯通信光缆。

### 3、管沟回填

管沟回填时，一般土质地段拟直接回填原状土，管道位于石方段的管沟，沟底比土壤区管沟超挖不小于 0.2m，并用细土回填或用砂将超挖部分压实填平后方可下管。管沟回填时，拟采用细土回填至管顶以上 0.5m 后用原开挖土回填。

### 4、特殊地段处理

该项目迁改线路为平原，多为农田和果园，不需要增设水工保护措施进行防护。

### 5、管道转角

管道水平及竖向转弯，拟根据情况采用热煨弯管来处理。

### 6、管线连头及封堵

本工程迁改长度较短，施工周期紧张，且采取停输连头方案对上下游影响较小，因此本次拟采用停输、放空、置换、连头方式。

天然气管道停输、放空、置换、连头主要施工步骤：黄山馆分输站和朱桥阀室 25km 管线停输→放空→氮气置换→可燃气体检测→动火焊接（新旧管线连头）→焊缝无损检测→焊口防腐→新管线置换→管线整体升压复产→光缆接续→旧管道注氮封存或拆除→土方回填、地貌恢复。

本工程两处连头点地表均以田地为主，场地较平整、开阔，周边道路可做依托。

### 7、地区等级

根据《输气管道工程设计规范》（GB50251-2015）第 4.2.2 条要求，该项目原来路由为二级地区，该项目沿迁改管线中心两侧各 200m 范围内，任一划分成长度为 2km 并能包括最大聚居户数的若干地段，按划定地段内的户数可划分为四个等级，具体划分原则如表 2.4-2：

表 2.4-2 地区划分原则

一级一类地区	不经常有人活动及无永久性人员居住地区段
一级二类地区	户数在15户或以下的区段
二级地区	户数在15户以上100户以下的区段
三级地区	户数在100户或以上的区段，包括市郊居住区、商业区、工业区、规划发展区以及不够四级地区条件的人口稠密区
四级地区	四层及四层以上楼房（不计地下室层数）普遍集中、交通频繁、地下设施多的区段

该项目迁改段管线沿线是农田和果园，该项目原管道路由为二级地区，该项目迁改管线段属于二级地区。

### 2.4.3 人员密集场所高后果区

#### 1、高后果区识别

高后果区是指如果管道发生事故会严重危及公众安全或造成环境较大破坏的区域。天然气的主要成分是甲烷，另外还含有少量的乙烷、 $N_2$  和  $CO_2$ ，火灾危险性类别为甲类，因此火灾、爆炸是本工程的主要危险有害因素。管道失效的主要危险是：天然气泄漏对环境污染、持续燃烧产生热辐射等。

根据《油气输送管道完整性管理规范》（GB 32167-2015），输气管道经过区域符合表 2.4-3 识别项中任何一条的为高后果区。

表 2.4-3 输气管道高后果区管段识别分级表

管道类型	识别项	分级
输气管道	a) 管道经过的四级地区，地区等级按照 GB50251 中相关规定执行	III 级
	b) 管道经过的三级地区	II 级
	c) 如管径大于 762mm，并且最大允许操作压力大于 6.9MPa，其天然气管道潜在影响区域内有特定场所的区域，潜在影响半径按照式（1）计算	II 级
	d) 如管径小于 273mm，并且最大允许操作压力小于 1.6MPa，其天然气管道潜在区域内有特定场所的区域，潜在影响半径按照式（1）计算	I 级
	e) 其他管道两侧各 200m 内有特定场所的区域	I 级
	f) 除三级、四级地区以外，管道两侧各 200m 有加油站、油库等易燃易爆场所	II 级

#### 2、特定场所

特定场所是除三级、四级地区外，由于天然气管道泄漏可能造成人员伤亡的潜在影响区域。包括以下地区：

（1）特定场所I：医院、学校、托儿所、幼儿园、养老院、监狱、商场等人群疏散困难的建筑区域；

（2）特定场所II：在一年之内至少有 50d（时间计算不需连贯）聚集 20 人或更多人的区域。例如集贸市场、寺庙、运动场、广场、娱乐休闲地、剧院、露营地等。

#### 3、高后果区及特定场所识别后果

该项目改迁管道管径为 406.4mm，根据表 2.4-4 高后果区管段识别分级表，结合表 2.4-3 地区划分原则，该项目管道经过的龙口市黄山馆分输站附近属于二级地区，附近区域为农田和果园，因此，该项目管道经过的龙口市黄山馆分输站附近区域，不存在高后果区。

根据特定场所判定标准，该项目迁改管线不涉及特定场所。

#### 2.4.4 地震

根据《建筑抗震设计规范（附条文说明）》（2016年版）（GB50011-2010）附录 A 第 A.0.15 条可知，该项目所在地的抗震设防烈度为VII度，设计基本地震加速度为 0.15g，设计地震分组为第三组。

根据《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015），可知项目所在地的黄山馆镇峰值加速度为0.15g，反应谱特征周期0.45s。

#### 2.4.5 山岭隧道

根据现场调研和踏勘，该项目无山岭隧道穿越。

#### 2.4.6 采矿区

根据现场调研和踏勘，经与地方政府主管部门结合，该项目不涉及矿产地、采矿区。

#### 2.4.7 河流穿（跨）越

该项目不涉及河流穿越。

#### 2.4.8 与架空输电线路并行交叉

该工程改线管道不涉及与 35kV 及以上架空输电线路并行交叉，与 10kV 高压线交叉并行情况如下表：

表 2.4-4 与架空输电线路并行段统计表

序号	名称（等级、电压）	并行长度（m）	并行间距（m）	标准要求（最小水平距离（m）	依据标准	是否符合	备注
1	10kV	42	约 20	最高标（塔）高（11）	《输气管道工程设计规范》GB50251-2015 第 4.3.12	符合	10kV 架空电力线，h=11m

表 2.4-5 与架空输电线路交叉段统计表

序号	名称（等级、电压）	距换流站接地极距离（m）	交叉角度（°）	标准要求（距换流站接地极最小距离）（m）	依据标准	是否符合	备注
1	10kV	约 12.5	90	（电压等级/kV≤220）5	《输气管道工程设计规范》GB50251-2015 第 4.3.12	符合	10kV 架空力线，h=11m，距电线杆接地

管道与架空输电线路并行敷设时，其距离按《66KV及以下架空电力线路设计规范》等相关规范的要求进行控制。管道与干扰源接地体的距离符合《埋地钢质管道交流干扰防护技术标准》的有关规定。埋地管道与电力电缆平行敷设的最小距离符合《钢质管道外腐蚀控制规范》的有关规定。

管道在与高压线交叉时可能受到交直流电干扰。在施工中加强施工人员、施工机具设备的安全绝缘措施；在高压线附近进行管道焊接时，焊管必需接地；任何情况下都不得把管道与高压线塔接地连接起来，雷雨天必须停止施工作业。

### 2.4.9 与铁路并行交叉

该项目不涉及与铁路并行交叉。

### 2.4.10 与公路并行交叉

与公路并行情况：该项目迁改管线自黄招路东已建中世天然气调压站起点（黄山馆分输站区墙外 1.9m 处即 HSG001 桩（X=4156417.493、Y=525101.720）出线，沿黄招路向南前行 80m 左右后与黄招路并行。

与公路交叉情况：该项目迁改管道沿线与黄招路发生一次交叉。

与公路并行、交叉情况具体详见表 2.4-6、表 2.4-7。

表 2.4-6 与公路平行段统计表

序号	公路名称	穿越位置	并行长度（m）	并行间距（m）	公路等级
1	黄招路	起点 HSG002: X=4156416.930,Y=525099.847 终点 HSG003: X=4156400.767,Y=525104.501	16.82	14	二级
2	黄招路	起点 HSG004: X=4156391.514,Y=525121.333 终点 HSG005: X=4156350.783,Y=525132.978	42.37	24	二级

表2.4-7 与公路交叉段统计表

序号	公路名称	穿越位置	穿越长度（m）	交叉角度（°）	穿越方式
1	黄招路	起点: X=4156347.440,Y=525132.978 终点: X=4156333.696,Y=525073.213	50	90	开挖+套管穿越

### 2.4.11 与其他管道并行交叉

由于目前尚未开展地质勘察评价工作，该项目管道沿线地质情况尚不明确，管道

与地下雨排、污排及地下暗涵并行交叉情况将在下一阶段设计时将根据相关专项评价的结果采取相应的措施。

#### 2.4.12 管道标志桩和警示带

1、管道三桩：管道沿线拟设置三桩，包括：标志桩（里程桩、转角桩、穿路桩等），结构桩、设施桩。根据《管道干线标记设置技术规定》，拟在下列位置设置三桩：

（1）转角桩：管道水平改变方向的位置，设置转角桩，转角桩上拟标明管线里程，转角角度；

（2）穿越标志桩：管道穿越公路时拟设置穿越标志桩，穿越标志桩上表明管线名称、穿越类型、公路名称，线路里程、穿越长度，注明套管长度、规格和材质；

（3）改线里程桩：改线管段的起点和终点拟设置改线里程桩，标明原管道桩号、改线桩号及对应里程。

#### 2、管道警示牌

为保护管道不受意外外力破坏，提高管线沿线群众保护管道的意识，拟在管道穿越公路两侧各设置一块警示牌。

#### 3、警示带

对于开挖段管沟，拟在输气管道正上方距管顶 500mm 的位置设置管道标识（警示）带，用以保护管道及通信设施。

#### 2.4.13 阀室

该项目不涉及阀室。

### 2.5 公用工程

#### 2.5.1 自控

该项目管道为迁改管道，迁改后的管道与原管道两端接壤，因此其自控系统依托原有管线控制系统，完成输气生产过程正常和非正常的情况下对输气管道的监控、保护和管理，管线运行情况集中在其上游站场山东中世天然气有限公司黄山馆分输站显示。

#### 2.5.2 通信

原输气管道同沟直埋敷设 40 芯光缆，该项目改线段原管道伴行 1 根 40 芯光缆，管线迁改后，迁改后的光缆与原有光缆接续并集中在其上游站场山东中世天然气有限公



司黄山馆分输站显示。

### 1、光缆走向

该项目改线光缆与输气管道同沟直埋敷设，为保证全线光缆通信质量、光缆线路维护方便，建设单位拟采用技术参数与原管道使用产品一致的 40 芯光缆，光缆敷设在管沟一侧，与输气管道最小净距不小于 0.3m。光缆敷设满足《油气输送管道同沟敷设光缆（硅芯管）设计及施工规范》SY/T 4108-2019 的要求。

### 2、防腐措施

光缆接头盒所用零件采用的材料，其物理、化学性能稳定，各材料之间需相容，防止腐蚀及其他电损害。

### 3、光缆防强电

强电线路靠近金属光缆时，会在光缆内铜线、金属加强芯、金属防潮层、金属护套等金属构件上产生感应电动势和电流，当期达到一定强度时就会损坏光缆，因此为确保光缆的正常使用，建设单位拟增加光缆 PE 外层厚度，以提高光缆保护套的绝缘和耐压强度。

4、金属光缆在雷电的作用下，会在其金属构件上产生感应电流，纵电动势，使金属构件融化，外护层击穿，甚至中断通信，为此建设单位拟在光线接头处将缆内金属构件前后断开，不做电气联通，并不做接地处理。

## 2.5.3 供配电

该项目不涉及供配电。

## 2.5.4 防腐与保温

### 1、防腐

该项目根据防腐层的综合性能与涂覆作业的简便性、经济性等因素综合比较，拟对迁改管道外防腐采用加强级三层 PE 防腐。管道外防腐层采用加强级三层 PE 防腐，防腐层厚度为 $\geq 2.9\text{mm}$ ，其中环氧粉末厚度 $\geq 120\text{mm}$ ，胶粘剂厚度为 $\geq 170\text{mm}$ 。热煨弯管防腐采用双层熔结 环氧粉末(800 $\mu\text{m}$ )+聚丙烯防腐带(1.1mm)。管道补口采用热收缩带(套)(宽 550mm)进行焊缝防腐层补口，厂家配套底漆，底漆干膜厚度 300 $\mu\text{m}$ 。

### 2、阴极保护

本工程改线部分管线阴极保护采用强制电流阴极保护的方法，强制电流阴极保护主要依托原线路主管线阴极保护进行保护。测试桩采用钢质电位测试桩，设在管线介质流向左侧，距管线中心 1.5m。本段工程管线设 2 个智能测试桩，测试桩设置在改线

的起点、终点处。测试桩与里程桩、穿河桩等合一，测试桩铭牌应有“工程名称、线路名称、测试桩类型、里程、序号、数量、管理单位和日期”等标记。

### 2.5.5 采暖通风

该项目为埋地管道，不涉及采暖、通风。

### 3 评价范围、单元划分与评价方法选择

#### 3.1 评价范围

本次安全评价范围包括：迁改后天然气输气管线线路及其通信系统。

天然气管线起点、终点及路由：自黄招路东已建中世天然气调压站起点（黄山馆分输站区墙外 1.9m 处即 HSG001 桩（X=4156417.493、Y=525101.720）出线，沿黄招路向南前行 80m 左右后，转向西穿越黄招路，再转向西北方向与原中世天然气管线终点（大莱龙铁路东侧约 45m 即 HSG007 桩（X=4156339.897、Y=525015.161）对接。新建管道长度约 220m。

该项目仅对原管线进行迁改，迁改后管线两端仍与山东中世天然气有限公司原管线接头，评价范围内不涉及对管线控制系统、电气系统、消防系统等公用系统的评价，仅对其符合性进行描述。

该项目与上下游衔接的工程界面与评价界面起点与终点相一致，与上游衔接的工程界面即该迁改管道起点 HSG001 桩（X=4156417.493、Y=525101.720），与下游衔接的工程界面即该迁改管道终点 HSG007 桩（X=4156339.897、Y=525015.161），见附图管道线路走向平面图。

#### 3.2 评价单元的划分

划分评价单元是为评价目标和评价方法服务的，应便于评价工作的进行，有利于提高评价工作的准确性。评价单元一般以生产工艺、工艺装置、物料的特点、特征与危险有害因素的类型、分布有机结合进行划分，还可以按评价的需要将一个评价单元再划分为若干子评价单元或更细致的单元。本评价依据《安全评价通则》（AQ8001-2007）、《安全预评价导则》（AQ8002-2007）以及《陆上油气管道建设项目安全评价导则》（AQ/T3057-2019）规定要求的“评价单元划分应科学、合理、便于实施评价、相对独立具有明显的特征界限”的安全评价单元划分原则。

该项目评价范围为天然气管道，结合安全评价方法和具体情况，评价单元划分为 3 个评价单元：

- （1）线路工程单元；
- （2）公用工程单元；
- （3）安全管理单元。

#### 3.3 评价方法的选择及说明理由

本次评价采取了以下评价方法，包括：安全检查表法、事故树法、预先危险性

分析等方法评价。

表 3.3- 1 评价方法的选用

序号	评价单元	评价方法
P1	线路单元	安全检查表法；预先危险性分析；事故树分析法
P2	公用工程单元	安全检查表法
P3	安全管理单元	安全检查表法

## 3.4 评价方法的介绍

### 3.4.1 事故树法

#### 1、确定顶上事件

通过经验分析、事件树分析及故障类型和影响分析确定顶上事件，明确对象系统边界、分析深度、初始条件、前提条件和不考虑条件，熟悉系统、收集相关资料（工艺、设备、操作、环境、事故等方面的情况和资料）。

#### 2、调查原因事件

调查与事故有关的所有直接原因和各种因素（设备故障、人员失误和环境不良因素）。

#### 3、编制事故树

顶上事件放在最上端，将其所有直接原因事件（中间事件）列在第二层，并用逻辑门连接上下层事件（输出、输入事件）；再将第二层各事件的所有原因事件写在对应事件的下面（第三层），用适当的逻辑门把第二、三层事件连接起来；如此层层向下，直至找到全部基本事件（或根据需要分析到必要的事件）为止，从而构成一株完整的事故树。

完成每个逻辑门的全部输入事件后再去分析其他逻辑门的输入事件。两个逻辑门不能直接连接，必须经过中间事件连接。

#### （1）定性分析

应用数学方法对事故树中在不同位置重复的基本事件进行简化，求出最小割集，分析各基本事件的结构重要度。

##### ①最小割集

在事故树中凡能导致顶上事件发生的基本事件的集合称作割集，最小割集是导致顶上事件发生的最低限度的基本事件的集合（即割集中任一基本事件不发生，顶上事件就不会发生）。事故树中最小割集越多，顶上事件发生的可能性就越多，系统就越危险。对于已经化简的事故树，可将事故树结构函数式展开，所得各项即为各最小

割集；对于尚未化简的事故树，结构函数式展开后的各项，尚需用布尔代数运算法则进行处理，方可得到最小割集。

### ②最小径集

最小径集又称最小通集。在事故树中凡是不能导致顶上事件发生的最低限度的基本事件的集合，称作最小径集。从用最小径集表示的事故树的等效图可以看出，只要控制一个最小径集不发生，就可使顶上事故不发生。因此最小径集表达了系统的安全性，最小径集越多，顶上事件不发生的途径就越多，系统也就越安全。最小径集的求法是将事故树转化为对偶的成功树，求成功树的最小割集即事故树的最小径集。而成功树的转化方法是将事故树内各逻辑门作如下改变：或门变成与门，与门变成或门，基本树形不变，其中或门表示 B1 或 B2 任一事件单独发生（输入）时，A 事件都可以发生（输出）；与门表示 B1、B2 两个事件同时发生（输入）时，A 事件才能发生（输出）。

### ③结构重要度分析

结构重要度分析方法归纳起来有两种，一种是计算出各基本事件的结构重要系数，将系数由大到小排列各基本事件的重要顺序；第二种是用最小割集近似判断各基本事件的结构重要系数的大小，并排列次序。第二种分析方法较为常用。

在基本事件结构重要系数大小的近似比较中遵循以下原则：单事件最小割（径）集中基本事件结构重要度系数最大；仅出现在同一最小割（径）集中的所有基本事件结构重要度系数相等；当两个基本事件所在割（径）集的基本事件个数相同时，则两事件结构重要度大小由它们在不同割（径）集中出现的次数多少决定，出现次数多的则其结构重要度系数大；出现次数少的则其结构重要度系数小；出现次数相等的则其结构重要度系数相等；

两个基本事件出现在基本事件个数不等的若干个最小割（径）集中，其结构重要度系数依下列情况而定：

若它们在各自最小割（径）集中重复出现的次数相等，则在少事件最小割（径）集中出现的基本事件结构重要度系数大；

若它们在少事件最小割（径）集中出现的次数少，在多事件最小割（径）集中出现的次数多，以及其它更为复杂的情况下，可用下列近似判别式计算：

$$I\Phi(i) = \sum_{x \in P_i} \frac{1^{x_i}}{2^{n_i-1}}$$

式中：

$X_i$ —基本事件；

$P_j$ —最小割（径）集；

$n_j$ —表示基本事件；

$X_i$  所在最小割集；

$P_j$  中包含的基本事件的个数；

$IF(i)$  — $X_i$  的结构重要度系数。

### 3.4.2 安全检查表法

安全检查表分析、评价利用检查条款按照相关的标准、规范等对已知的危险类别、设计缺陷以及与一般工艺设备、操作、管理有关的潜在危险性和有害性进行判别检查。安全检查表分析适用于工程、系统的各个阶段。安全检查表可以评价物质、设备和工艺，常用于专门设计的评价，检查表法也能用在新工艺（装置）的早期开发阶段，判定和估测危险，还可以对已经运行多年的在役装置的危险性进行检查。

安全检查表分析、评价包括 3 个步骤。

#### 1) 编制安全检查表

安全检查表方法是一种以经验为主的分析、评价法。安全评价人员从现有的检查表中选取一种适宜的检查表，并根据法律法规、规范及条例的更新对安全检查表进行完善。如果没有具体的、现成的安全检查表可用，安全评价人员必须借助于已有的经验，编制出合适的安全检查表。安全检查表的条款应尽可能完善，以便可以有针对性的对系统的设计和操作进行检查。

#### 2) 安全检查

对该工程现场情况进行详细的检查，在现场检查过程中，评价人员及专家根据安全检查表的项目条款对各项内容进行逐项检查，主要是符合性检查。

依据该工程的相关资料，评价人员与操作人员进行深入交流，掌握工程的实际运行状况。当检查的系统特性或操作有不符合安全检查表条款上的具体要求时，安全评价人员应记录下来。由于该项目还处于可研阶段，本评价只对该项目外管道单元采用了安全检查表法。

#### 3) 评价的结果

检查完成后，将检查的结果汇总和分析，最后列出现场检查发现的隐患，并提出建议治理措施。

### 3.4.3 预先危险性分析

采用预先危险性分析方法的目的是早期发现系统的潜在危险因素，确定系统的危险性等级，提出相应的防范措施，防止这些危险因素成为事故，避免考虑不周所造成的损失。分析步骤为：

#### 1) 熟悉对象系统

确切了解系统的生产目的、工艺流程、生产设备和物料、操作条件、辅助设施、环境状况等资料，搜集类似系统、设备和事故统计、分析资料，以弥补早期分析系统存在的危险、有害因素。

#### 2) 分析危险、有害因素和触发事件

①从有害物质、工艺条件、设备故障、人员失误及外界影响等方面分析系统存在的危险、有害因素。

②分析触发事件 触发事件是系统危险、有害因素导致事故、危害发生的条件，是事故、危害发生的直接原因。

#### 3) 推测可能导致的事故类型和危险或危害程度。

#### 4) 确定危险、有害因素后果的危险等级

按危险、有害因素导致的事故、危害的危险（危害）程度，将危险、有害因素划分为四个危险等级，见下表。

附表 3.4-1 系统危险、有害因素危险程度等级划分表

危险等级	危险性	说明
I	安全的	可以忽略。
II	临界的	处于事故边缘状态，暂时尚不能造成伤亡和财产损失，应予以排除或采取控制措施。
III	危险的	会造成人员伤亡和系统损坏，要立即采取措施。
IV	破坏性的	会造成灾难性事故，必须立即排除。

#### 1) 确定危险可能发生的机率

根据危险发生的可能性将发生机率划分为四个等级，见下表。

附表 3.4-2 危险发生机率划分表

机率等级	发生可能性	说明
A	频繁发生	可能经常发生。
B	很可能发生	时有发生。

C	偶然发生	在寿命期内将发生几次。
D	极少发生	在寿命期内有可能发生。
E	几乎不可能发生	发生概率接近零。

## 2) 制定相应安全措施

按危险、有害因素后果危险等级的轻、重、缓、急，采取相应的对策措施。



## 4 危险有害因素辨识

### 4.1 输送介质

#### 4.1.1 危险物质及其危险特性

该项目管道输送介质为天然气，主要危险物质的特性及火灾危险类别如下所示。

表4.1-1 主要危险有害物质特性表

序号	物料名称	常温状态	引燃温度/°C	闪点/°C	熔点/°C	爆炸极限(V%)	爆炸危险类别		火灾危险类别	毒性
							类别	组别		
1	天然气	气体	482~632	-188	-182.5	5.3~15	IIA	T1	甲	IV

#### 4.1.2 危险化学品识别

该项目天然气列入《危险化学品名录》（2022版）的危险化学品及其危险性类别、危险货物编号等见下表。

表4.1-2 主要危险有害物质特性表

序号	名称	序号	别名	CAS号	危险性类别
1	天然气[富含甲烷的]	2123	沼气	8006-14-2	易燃气体,类别1 加压气体

(1) 根据《重点监管的危险化学品名录》（2013完整版），该项目输送的天然气属于重点监管的危险化学品。

(2) 根据《高毒物品目录》（2003年版），该项目不涉及高毒物品。

(3) 根据《监控化学品管理条例》，该项目不涉及监控化学品。

(4) 根据《非药品类易制毒化学品生产、经营许可办法》（国家安监总局令第5号），该项目不涉及易制毒化学品。

(5) 根据《危险化学品目录》（2022调整版），天然气属于危险化学品，该项目不涉及剧毒化学品。

(6) 根据《特别管控危险化学品目录》（应急管理部、工业和信息化部、公安部、交通运输部公告2020年第1号）的规定，天然气属于特别管控危险化学品。

#### 4.1.3 物料主要危险性分析

根据天然气组成及物理性质，天然气主要由具有火灾爆炸性的气体烷烃类组成，因此其主要危险特性表现为火灾、爆炸危险性，另外还存在中毒和窒息、高可压缩性和膨胀性、易扩散性、静电荷聚集性等危险特性，具体分述如下：

## 1、易燃易爆性

天然气的火灾危险性为甲类，在空气中只要很小的点火能量就会燃烧，而且燃烧速率很快，是燃烧危险性很大的物质。天然气为烃类混合物。根据该工程的气体组分情况可知，天然气中的甲烷含量在 97% 以上，是天然气的主要组份，因此甲烷的危险特性在一定程度上反映了天然气的危险特性。甲烷的爆炸极限范围较宽，为 5.3~15%，爆炸下限较低，因此一旦泄漏到空气中容易形成爆炸性混合物，遇明火、高热即燃烧爆炸。天然气（富含甲烷）的危险特性见下表所示。

表4.1-3 甲烷的理化性质、危害及防护措施表

标识	中文名： 甲烷，沼气	英文名： Methane, Marsh gas	
	分子式： CH <sub>4</sub>	分子量： 16.04	CAS 号： 74-82-8
	危险性类别： 第 2.1 类易燃气体		化学类别： 烷烃
组成 与	主要成分： 纯品		
	主要用途： 用作燃料和用于炭黑、氢、乙炔、甲醛制造。		
	外观与性状： 无色无臭气体。		
健康 危害	侵入途径： 吸入。		
	健康危害： 甲烷对人体基本无害，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。		
急救	皮肤接触： 若有冻伤，就医治疗。 眼睛接触： -		
燃爆 特性	燃烧性： 易燃	闪点（℃）： -188	
	爆炸下限（%）： 5.3	引燃温度（℃）： 482~632	
	爆炸上限（%）： 15	最小点火能（mJ）： 0.28	
	最大爆炸压力（MPa）： 0.717		
	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。若不能立即切断气源，则不允许熄灭正在燃烧的气体。喷水冷却容器，可能的话将容器从火场移至空旷处。灭火剂： 雾状水、泡沫、二氧化碳、干粉。		

泄漏处理	迅速撤离泄漏污染区人员至上风处，并进行隔离，严格限制出入。切断气源。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿消防防护服。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。	
储运事项	易燃压缩气体。贮存于阴凉、通风仓间内。仓温不宜超过30℃。远离火种、热源。防止阳光直射。应与氧气、压缩气体，卤素（氟、氯、溴）等分开存放。切勿混储混运。储存间内的照明、通风等设施要采用防爆型，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。露天贮罐夏季要有降温措施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。验收时要注意品名，注意验瓶日期，先进仓的先发用。搬运时轻装轻卸，防止钢瓶及附件破损。	
防护措施	车间卫生标准：未制订标准。	
	工程控制：生产过程密闭，全面通风。	
	呼吸系统防护：一般不需要特殊防护，特殊情况下，建议佩戴自吸过滤式防毒面具（半面罩）。	
	眼睛防护：一般不需要特殊防护，高浓度接触时可戴安全防护眼镜。	
	身体防护：穿防静电工作服。	
	手防护：戴一般作业防护手套。	
	其它：工作现场严禁吸烟。避免长期反复接触。进入罐、限制性空间或其它高浓度区作业，须有人监护。	
理化性质	熔点（℃）：-182.5	沸点（℃）：-161.5
	相对密度（水=1）：0.42（-164℃）	相对密度（空气=1）：0.55
	饱和蒸气压（kPa）：53.32	辛醇/水分配系数的对数值：-
	燃烧热（kJ/mol）：889.5	临界温度（℃）：-82.6
	临界压力（MPa）：4.59	溶解性：微溶于水，溶于醇、乙醚、乙酸、硫酸。
反应活性	稳定性：稳定	聚合危害：不聚合
	避免接触的条件：-	禁忌物：强氧化剂、氟、氯。
	燃烧（分解）产物：一氧化碳、二氧化碳	
毒性	急性毒性：LD <sub>50</sub> LC <sub>50</sub> 。	
环境资料	该物质对环境有危害，对鱼类和水体要给予特别注意。还应特别注意对地表水、土壤、大气和饮用水的污染。	
废弃	允许气体安全地扩散到大气中或当作燃料使用。	

运输信息	序号：2123	UN 编号：1971	包装分类：II	包装标志：4
	包装方法：钢质气瓶			
法规信息	《危险化学品安全管理条例》、《工作场所安全使用化学品规定》等法规，针对危险化学品的安全使用、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》将该物质划分为第2.1类易燃气体。			
其他信息	上述资料来源于《危险化学品安全技术全书》（化学工业出版社）。			

## 2、中毒和窒息

天然气主要为烃类混合物，属低毒性物质，但长期接触可导致神经衰弱综合症。甲烷浓度过高时，可使空气中氧含量明显降低，使人窒息。当空气中甲烷达到 25%~30%时，可引起头痛、头晕、乏力、注意力不集中等人身危害。物料中含有极少量硫化氢，属于毒性物质，对人员具有一定危险性。

## 3、高可压缩性和热膨胀性

天然气是一种高可压缩性的介质，高压天然气储存了大量的压缩能。天然气管道如果存在材质缺陷，运行过程中系统出现裂纹时，其减压波传递速度较慢，当管道材质韧性较差时，其裂纹可能存在进一步撕裂扩散，进而导致天然气大量泄漏。天然气的体积会随着温度的升高而膨胀，当管道系统在遭受高温热辐射或高温热源烘烤时，天然气受热膨胀会使管道的内压增大，造成管道损坏甚至导致天然气泄漏。

## 4、易扩散性

天然气密度比空气小，具有易扩散的特点，因此泄漏后可随风四处飘散。

天然气逸散在空中，易与空气形成爆炸性混合物，遇点火源即可能爆炸蔓延。

## 5、静电荷聚集性

该项目管道设计压力为 4MPa，天然气在较高流速下或高压气体从管口或破损处高速喷出时，由于强烈的摩擦作用，有产生静电的可能。静电荷聚集到一定电位就会产生静电放电，如果静电放电产生的电火花能量达到天然气的最小点火能，就可能引发燃烧、爆炸事故。

## 4.2 自然环境及社会环境

### 4.2.1 自然环境

雷击、降水、洪水及其它灾害等自然灾害可能对管道造成破坏，引发事故。

### (1) 雷击侵害

雷电的危害方式分为直击雷、感应雷、球形雷三种，最常见的直击雷和感应雷。管道项目的地面设施相对于埋地管道是优良的接闪器，当附近空中有雷云时，可能形成感应电荷中心，从而遭受直接雷击破坏。

埋地管道受到雷云影响后，感应出电荷并积聚到一定程度，会出现强烈的放电过程。该项目外防腐层采用 3PE 结构，由于 3PE 的电绝缘性能优异，使管道的放电速度很慢，一旦发生局部放电，其他部位也会发生猛烈的对地消散过程，这会在管道内部形成一股强大的电流，即浪涌。对于 3PE 防腐层，当这种浪涌不能由防腐层的漏点快速泄放入地时，管道上绝缘或接触不良的部分就产生高压，引起二次放电，使管道设施受损。特别对管道的阴极保护设备造成破坏。陕京输气管道的阴极保护设施，如直流电源的元件、接地线上的元件等，曾先后多次受到雷击破坏，就是由于上述原因。

### (2) 降水、洪水灾害

管道所在地区降水量年内分布不均，降水年内和年际分布不均匀，夏季汛期管道受洪水威胁较大，容易发生漂管、冲管、沉管等事故。管道被洪水冲出悬空，易造成管道防腐破损，悬空时间过长时可能造成管道断裂、泄漏事故。

### (3) 其它危害

土壤腐蚀是造成管道穿孔、泄漏最常见也是最重要的因素，它可导致管道腐蚀穿孔，造成输送介质泄漏，引起其它次生灾害，如火灾爆炸事故和环境污染等，结合管道沿线地理条件的实际情况，该项目干线及站内管道采取了不同形式的防腐措施，当防腐措施不当或失效时，土壤介质可能加剧管道的腐蚀。

## 4.2.2 社会环境

根据管道事故不完全统计，社会风险危害因素（人为外力破坏）已成为输气管道泄漏、火灾、爆炸事故的主要原因之一。第三方破坏主要指管道沿线修筑道路、建设施工和人为打孔等活动引起的管道损伤，它可归纳为无意破坏和有意破坏两类。

### (1) 第三方无意破坏

该项目管线所经之地，存在项目施工。由于人类的正常作业，在进行修路、建筑等地面活动及地下施工作业时，可能与管道发生交叉，如果与相关部门缺乏沟通，施工时可能造成管道破坏。管道的违章占压，也是近年来难以处理的危险因素，部分在管道附近甚至管道上方修建公路、房屋、建筑的行为，既构成了对管道基础的破坏，引起基础下沉，又增加了管道的负荷，造成管道弯曲变形甚至损坏。

## (2) 第三方有意破坏

输气管道沿线存在着不法分子和恐怖分子为了自身利益或牟取暴利，对管输介质或管道附属设施进行偷盗的危害。有意破坏对管道造成的经济损失、人身伤亡及社会影响非常严重，造成的损失也越来越大。近几年国内的一些不法分子为自身利益或谋取暴利，对管道进行破坏或偷盗的案件也屡屡发生，人为盗油现象愈来愈多，使管道安全受到严重威胁，防止第三者有意破坏其中包括敌对分子的破坏应该引起设计和运营单位高度重视。

## 4.3 线路工程

### 4.3.1 管道本体

#### 4.3.1.1 主要参数:

- 1) 设计压力: 4.0MPa。
- 2) 运行压力: 1.5~2.5MPa。
- 3) 钢管材质: L360M 直缝埋弧焊钢管; 钢管规格: D406.4×7.9, 制管标准执行《石油天然气工业管道输送系统用钢管》GB/T9711-2017 PSL2; 钢管防腐: 加强级 3PE。
- 4) 设计温度: -20°C~60°C。
- 5) 地区等级: 二级地区
- 6) 设计系数: 管道强度设计系数取 0.6。
- 7) 光缆芯数及型号: 同沟敷设 40 芯通信光缆, 与已建光缆保持一致。
- 8) 阴保方式: 强制电流 (依托原有阴保系统)。
- 9) 施工工艺: 停输、放空、置换、连头。

#### 4.3.1.2 管道本体风险性分析

##### 1、管道材料缺陷或焊接缺陷

管材缺陷可导致管道强度达不到要求而出现裂缝或断裂现象; 施工质量不过关, 管道接头焊接质量差或未焊透等原因, 造成管道强度不够, 不能维持安全运行要求, 在管道运行中受到频繁的温度压力波动、振动等作用引发裂纹从而发生天然气泄漏事故。

##### 2、应力腐蚀开裂

较高的压力使管道面临应力开裂危险。应力开裂是金属管道在固定拉应力和特定介质的共同作用下引起, 常见破坏形式是脆性断裂, 而且往往没有预兆, 对管道具有很大的破坏性。

环境因素、材料因素、拉应力, 其单方面或三方面都能引发管道的应力开裂。

### (1) 环境因素

环境温度、湿度、土壤类型、地形、土壤电导率、二氧化碳，以及水含量等对应力腐蚀将造成一定的影响。粘结性差的防腐层以及防腐层剥离区，易产生应力腐蚀破裂。

### (2) 材料因素

应力腐蚀开裂与管材制造方法（如焊接方法）、管材种类及成分、管材杂质含量（大于  $200\mu\text{m}\sim 250\mu\text{m}$  的非金属杂质的存在会加速裂纹的形成）、钢材强度及钢材塑性变形特点有关。管道表面条件也对裂纹的产生起着重要作用。

### (3) 拉应力

主要包括制造应力、工作应力、操作应力、循环负荷、拉伸速率、次级负载等。

管道在交变应力作用下发生的破坏现象称为疲劳破坏。所谓交变应力即为因载荷作用而产生随时间周期或无规则变化的应力。交变应力引起的破坏与静应力引起的破坏现象截然不同，即使在交变应力低于材料屈服极限的情况下，经过长时间反复作用，也会发生突然破坏。

管道系统存在开停车或变负荷、系统流动不稳定、穿越公路处地基振动产生管道振动等均会产生交变应力。而管道在制造过程中，不可避免的存在焊缝缺陷，这些几何不连续造成应力集中，由于交变应力的作用将在这些部位产生疲劳裂纹，疲劳裂纹逐渐扩展贯穿整个壁厚后，会导致天然气泄漏或火灾、爆炸事故。

## 3、管道腐蚀

腐蚀失效是该项目管道主要的损坏形式之一。埋地管道所接触的腐蚀介质主要为土壤。既可能大面积减薄金属管道壁厚，导致过度变形或爆破，也可能使管道局部穿孔，引发漏油事故。

### (1) 管道内腐蚀

该项目管道内部的天然气微量含水，会对管道内壁产生腐蚀作用。管道停输时间较长或泄压进入空气，则管内腐蚀会更为严重，使管道内壁普遍性的受蚀变薄。内腐蚀剥落后还会增加输油阻力，从而降低输油通力。

### (2) 管道外腐蚀

由于管道外防腐层在运输、施工中被破坏，而未进行及时修补或修补不能满足防腐需要，管道阴极保护系统失效，管道敷设于强腐蚀土壤中，周围植物根茎对防腐层的破坏等原因，均会造成管道外表面腐蚀加剧，引起管道穿孔，管输天然气泄漏导致事故的发生。

管道的腐蚀既有可能减薄管道的壁厚，导致过度变形或爆破，也有可能导致管道穿孔，引发泄漏事故。在管输工艺过程中，若管输气中所含尘粒等固体杂质未被有效分离清除，同时管输气的流速较高，会冲击、磨蚀管道内表面，在管线转弯处尤为严重，从而可能导致局部减薄、刺漏。管道接近交流电源输送线路存在着一定风险。这些用电设备的接地故障及输气管道的感应过程，都会损坏管道的防腐涂层，从而对管道安全造成威胁。

#### 4、管道结构设计不合理

在管道结构设计中未充分考虑使用后定期检验要求，造成管道投入使用后不能保证管道内检系统的通过，而不能定期检验或清污；或者管道结构设计不合理，难以满足工艺操作要求甚至带来重大安全事故。

#### 5、管道放空危险性分析

该项目管道在停气、放空和对迁改段废弃的原输气管道内天然气进行放空时，若未制定天然气放空作业方案，或是工人未严格按照放空作业方案进行操作，操作方式不当，可能导致放空事故的发生。

#### 6、管道通球、清管、试压、扫线、干燥

管道的通球、清管、试压、扫线和干燥未严格按照《输气管道工程设计规范》（GB50251-2015）、《油气长输管道工程施工及验收规范》（GB50369-2014）及《天然气管道、液化天然气站（厂）干燥施工技术规范》（SY/T 4114-2016）的规定执行，管道通球、清管、试压和干燥未编制施工方案，未采取分段清管和试压，试压过程工作人员未保持安全距离，清管时排放口设置不合理，对周边环境造成损害。清管速度、压力控制不合理，超压造成管道损坏。

#### 7、管道置换

置换投产是天然气管道施工后投入运行的一个关键步骤，通过这一过程排出管道中的空气，引入天然气。为防止形成爆炸性混合物，采用注入氮气后再引入天然气进行置换的方法。管道干燥后未进行氮气置换或干燥置换不彻底，对管道造成损伤或遇到火花易造成火灾爆炸事故。

#### 8、管道焊接

焊接过程中，由于管内氮气置换或干燥置换不彻底，存在介质流速、温度和压力。由于介质流动，不易保证在线焊接预热温度及层间焊接温度，热量损失会较大，焊接时一旦焊接电流、电压、焊接速度、热输入、材料等未严格执行规定，则可能存在在线焊



接时管线烧穿或存在焊接缺陷的风险。

管道在焊接过程中若有瑕疵，有可能造成管道熔透，造成天然气泄漏，遇到火花易造成火灾爆炸事故。

#### 9、管线布置、柔性考虑不周

管线布置不合理，造成管道因热胀冷缩产生变形破坏或振动；柔性分析中如果未充分考虑或考虑不全面，将会引起管道弯曲、拱起甚至断裂。

### 4.3.2 管道敷设

该项目管道埋地敷设，如地面稳定性能较差，管道建成后，会出现地面继续沉降且沉降速度不一致的情况，管道应力集中，导致焊缝等部位发生形变并导致天然气泄漏。

### 4.3.3 人员密集场所高后果区

管道经过区域符合如下任何一条的区域为高后果区。

表4.3- 1 输气管道高后果区管段识别分级表

管道类型	识别项	分级
输气管道	a) 管道经过的四级地区	III级
	b) 管道经过的三级地区	II级
	c) 如管径大于 762mm，并且最大允许操作压力大于 6.9MPa，其天然气管道潜在影响区域内有特定场所的区域，潜在影响半径按照式（1）计算	II级
	d) 如管径小于 273mm，并且最大允许操作压力小于 1.6MPa，其天然气管道潜在影响区域内有特定场所的区域，潜在影响半径按照式（1）计算	I级
	e) 其他管道两侧各 200m 内有特定场所的区域	I级
	f) 除三级、四级地区以外，管道两侧各 200m 有加油站、油库等易燃易爆场所	II级

该项目改迁管道管径为 406.4mm，该项目管道经过的龙口市黄山馆分输站附近区域为农田和果园，属于二级地区，不存在高后果区。

### 4.3.4 地质灾害

#### （1）地面塌陷（沉降）

地面沉降是指在一定的地表面积内所发生的地面水平面降低的现象。松散地层在重力作用下致密地层、地质构造作用、地震都会导致地面沉降。地面沉降不均匀，容易导致地面出现裂缝，构造裂缝可能横穿管道，可以对管道产生明显的破坏作用，严重的破坏可以造成开裂破坏，缩短管道服役寿命，影响管道运营安全。

### (2) 土地沙化

土地沙化、水土流失对长输管道造成的危害有：土地沙化、水土流失可能使埋地管道裸露在大气中，甚至使管道长距离悬空，从而导致：①裸露管道防腐覆盖保护层易于老化，缩短管道的使用寿命；②长距离悬空容易使管道失稳、变形而折断，造成严重的停输事故。

### (3) 洪水

洪水的形成主要依赖天气因素，洪水灾害的季节性特征明显，集中发生在雨季或汛期。水流冲刷导致管道上敷土层松动脱离、河岸毁坏，管道半埋于河床或悬浮于水中，受(含沙土)水流的强大冲击作用发生变形、振动、甚至断裂。

## 4.3.5 地震

本地区地震对管道工程可能造成的危害性较小，但由于地震存在不确定性，一旦该地区发生地震，有可能造成以下危害：

①造成通信系统中断、毁坏；

②永久性地土变形，如地表断裂、塌方等，引起管线断裂或变形，构筑物倒塌；

③地震波对管道产生拉伸作用，可能会使遭受腐蚀或有焊接缺陷的管段破坏。

④地面建构筑物失稳、损毁、倒塌。

## 4.3.6 与公路并行交叉

该项目天然气管道存在管道穿越，管道穿越的公路上的过往车辆对管道具有周期性的疲劳损伤，对管道的寿命有一定的影响。公路上过往车流量大，道路在行车荷载作用下，路面以下将产生显著的应力状态，若埋深不够或保护措施不足，管道面临应力开裂危险。

该项目管道穿越工程要防止管道本身受外界作用而受损，同时还要防止穿越工程损坏后，天然气外泄或着火，或遇明火后引发火灾爆炸，影响交通或殃及交通设施。

## 4.3.7 标识和伴行路

若管道标识不清，或年久破坏，由于人类的正常经济活动，在进行修路、建筑等地面、地下施工作业时，可能与管道发生交叉，如果与相关部门缺乏沟通，施工时可能造成管道破坏。近年来，经济发展较快，在管道周边进行经济建设时，如果缺乏有效的沟通或者野蛮施工，以及巡线管理不到位，都存在对管道的施工破坏。

管道的违章占压，也是近年来难以处理的危险因素，部分在管道附近甚至管道上方修建公路、房屋、建筑的行为，既构成了对管道基础的破坏，引起基础下沉，又增加了管道的负荷，造成管道弯曲变形甚至损坏。

管道附近年久破坏伴行路，导致管道巡检不及时，发生泄漏时，管道抢修队伍不能及时进行处理，容易引发更大的火灾爆炸事故。

#### 4.3.8 主要工艺设备

##### 1、工艺管道

该项目工艺管道的主要危险、有害因素是管道自身材料和制造缺陷、施工和焊接缺陷、设备缺陷、外腐蚀、内腐蚀、应力腐蚀、不正确操作、自然灾害等，以上会导致工艺管道内天然气泄漏，从而遇明火或点火源引发火灾、爆炸危险。

##### 2、管理缺陷

由于管理制度的不健全或没有得到有效的执行、操作规程缺失、违章指挥等原因，就会造成事故发生。输气管道运行过程中还存在操作人员意外伤害的可能，如接触电气设备时可能发生触电事故，天然气泄漏发生火灾、爆炸或中毒和窒息事故。

#### 4.3.9 生产运行中危险有害因素

##### 1、腐蚀失效

腐蚀失效是在役长输管道主要失效形式之一。腐蚀既有可能大面积减薄管的壁厚，导致过度变形或爆破，也有可能导致管道穿孔，引发漏气事故。管道的腐蚀分内腐蚀和外腐蚀两种。

##### (1) 内腐蚀

管线输送的天然气，含有一定量的水、硫化氢等，将对管线内壁腐蚀较强，造成管道腐蚀破坏。

##### (2) 外腐蚀

输气管道为埋地敷设，设计时都有防腐绝缘层，使管材得到保护，不会造成腐蚀破坏。但是若由于防腐质量差、管线施工时，埋地管道受所处环境的土壤类型、土壤电阻率、土壤含水量（湿度）、pH值、硫化物含量、氧化还原电位、微生物、杂散电流及干扰电流等因素的影响，会造成管道电化学腐蚀、化学腐蚀、微生物腐蚀、应力腐蚀和干扰腐蚀等。

##### 2、疲劳失效

管道设施在交变应力作用下发生的破坏现象称为疲劳破坏。所谓交变应力即为

因载荷作用而产生随时间周期或无规则变化的应力。交变应力引起的破坏与静应力引起的破坏现象截然不同，即使在交变应力低于材料屈服极限的情况下，经过长时间反复作用，也会发生突然破坏。

长输管道的输送都是通过压缩机提供压力能，因此，如果管道经常开停车或变负荷，系统流动不稳定，穿越公路处地基振动产生管道振动，输送介质将在管道内部产生不规则的压力波动，从而引起交变应力。

管道在施工期间如果施工不当或施工质量不合格，也会影响以后管道的正常运行，造成危险事故的发生。

### 3、热应力

管道施工温度与正常输气温差之间存在一定的温差，造成管道沿其轴向产生热应力，这一热应力易造成管道变形，弯头内弧里凹，形成折皱，外弧率变大，管壁因拉伸变薄，也会形成破裂，引发漏气事故。

### 4、操作失误

工作人员操作失误，导致流程以及协调失误等原因形成憋压以及其他原因造成管线破裂，导致天然气泄漏。

## 4.4 公用工程

该项目控制系统依托原有线路控制系统。若控制系统机柜失电，则可能导致现场阀门动作，严重时可能影响生产；无法监视现场生产数据。若机房内环境温度过高或过低，则可能导致系统停运或无法正常工作；设备损坏，系统处于非冗余运行状态；数据采集、控制命令失效。若控制系统与逻辑相关的设备无故障报警，现场监护人员不到位，则可能导致连锁逻辑无法正常执行，造成天然气意外放空，不能按时恢复生产。

## 4.5 周边环境与建设项目的相互影响

### 4.5.1 动火风险分析

该项目因天然气具有易燃易爆性，该项目动火连头作业时存在着较大的危险性，主要表现在以下几个方面：

(1) 施工安全措施不到位，改造段管道和现状管道连头前进行氮气置换不彻底，未有效将天然气与空气隔离，易在新旧管道碰口处形成爆炸性混合物，遇火源可能引发火灾爆炸事故。

(2) 管理方面不按规定制定动火连头方案，不办理动火作业票，或作业票不按

规定逐级审核批准（签字），安全防护设备设施未按规定配备到位，监护流于形式等，可能引发火灾、爆炸事故。

（3）另外，在焊接作业过程中，如果氧气瓶与乙炔瓶混放或暴晒、动用明火焊接易燃易爆设施而未采取防火措施等，有可能引发火灾爆炸事故。若管道发生泄漏、火灾爆炸事故等，会对路上车辆的安全运行带来隐患。

#### 4.5.2 停输放空、置换后连头危险性分析

停输管线改造是将上下游阀室、站场之间的管线停输，采用停输、放空、置换、连头方式，更换需改造管段，将介质导入新管段，对废弃旧管道注氮封存或拆除处理，恢复管道正常输送。

##### 1) 焊接风险

焊接过程中，由于管道内氮气置换不彻底、未进行可燃气体检测或检测指标不符合要求时就进行焊接作业，有可能发生火灾，严重时发生爆炸。

#### 4.5.3 旧管道处置过程中的危险有害因素分析

按照管道产权单位要求，迁改完成后废弃的管道进行拆除和就地废弃，按照《报废油气长输管道处置技术规范》SY/T 7413-2018 和《油气管道管理与维护规程》Q/SY GD0008-2011 要求进行报废处置。本工程对迁改段废弃的原输气管道内天然气进行放空、置换，经可燃气体检测合格后对废弃旧管道注氮封存或拆除处理。因为本工程管道输送介质具有很大的易燃、易爆性，在废弃旧管道注氮封存或拆除处理工作正式开始之前，建设单位应向相关部门进行管道报废备案。

在旧管道处置过程时，对旧天然气管道内氮气置换不彻底、未进行氧气含量检测时就进行注氮封存或拆除处理，有可能发生中毒窒息事故。

### 4.6 施工过程中危险有害因素

#### （1）火灾、爆炸

该项目气割所用的乙炔、氧气钢瓶，补口、补伤所用的液化气钢瓶，如果存在质量问题，使用不当，超过有效使用日期，连接软管破裂，均有可能造成火灾、爆炸事故。施工过程中若周边存在爆炸性混合物，动火作业会引发火灾爆炸。

对项目原有管道废弃处理过程中，原管道内天然气未完全置换为氮气，管线中空气与残留的可燃气体混合后遇明火或火花发生火灾爆炸。

#### （2）触电

管道施工和建成后的抢修作业过程中，临时用电线路及设备的绝缘不好；临时用

电架空线和离地面的距离不符合规定要求；现场临时用电配电箱安全措施不到位，漏电保护器不好用或存在缺陷，均有可能发生触电人身伤害事故，严重时危及作业人员生命。

### （3）机械伤害

管道施工和建成后的抢修作业过程中，需要动用各类机械设备参与，若机械设备本身有缺陷或违章作业，可能发生机械伤害事故。

### （4）起重伤害

该项目在施工过程中会经常使用挖掘机吊运管道、管件，若吊带或钢丝绳存在质量问题或者强度下降，容易发生断裂，或者管道、管件滑脱，均有可能对操作人员造成伤害。

### （5）坍塌

该项目在焊接组对及防腐补口、补伤时，由于管沟没有进行有效的支护，致使管沟发生塌方，会造成将施工作业人员掩埋在沟底，造成伤亡。

### （6）车辆伤害

管道施工作业过程中，在使用机动车辆运送人员或材料时，会发生车辆伤害。

### （7）物体打击

该项目在施工作业过程中存在高处有未被固定的物体被碰撞或风吹等坠落；工具、器具等抛掷；碎片抛掷、飞溅等风险，若作业未戴安全帽或在起重或高处作业区域行进、停留，有可能发生物体打击伤害事件。

### （8）粉尘

该项目在管道焊缝在焊接时易产生锰尘、锰烟、氟化物及一氧化碳，长期吸入可导致尘肺及慢性中毒。因此该项目中的电气焊操作人员在施工中应注意通风，在难以改善通风条件的作业环境中操作时，操作人员必须佩带有效的防毒面具和防毒口罩。

### （9）噪声

该项目在施工过程中切割管道、机械设备打桩机、起重机的运转等将产生一定的噪音，作业人员长期在机械设备运转区工作，对所产生的噪声缺乏有效防护就会使听觉受损，引发职业病。

### （10）物理爆炸

天然气管道试压前未进行试验，与设计压力不符；设备、盲板焊接质量不合格，将导致试压中出现管道、设备、容器破裂事故。

### (11) 动土作业危险性分析

动土作业是指进行土方、地基、基础或其他工程建设前必须进行的拆除、挖掘、填筑等工程施工活动。动土作业是建设工程的重要环节，也是工程施工过程中危害较大的作业之一。因此，在进行动土作业时，应当提前进行详细的风险评估和识别工作，以预防事故发生。

在施工前如果未对动土作业进行风险识别和做好防范措施，施工场地、物料存放、设备设施不符合规范要求，场地环境具有隐患、所使用的设备未经过专业人员检验及合格认证、施工过程中物料、人员等未保持充足的安全距离、工作环境没有考虑到防护措施等，有可能造成安全生产事故的发生。

## 4.7 重大危险源辨识

根据《陆上油气管道建设项目安全评价导则》（AQ/T3057-2019）第 7.7 条：“建设项目范围内的油库应按照《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218-2018）进行危险化学品重大危险源辨识”。该项目部分管道迁改，不涉及油库，故该项目不在危险化学品重大危险源辨识范围内。

## 4.8 辨识结果汇总

综上所述，该项目存在的危险、有害因素主要有：火灾、爆炸、中毒和窒息、腐蚀、自然灾害等，见下表。

表4.8-1 主要危险有害因素分布

序号	名称	主要危险有害因素	
		施工	运行
1	自然环境	自然灾害	自然灾害
2	线路	机械伤害、物体打击、车辆伤害、起重伤害、触电、中毒窒息等	火灾、爆炸、中毒窒息等
3	公用工程	机械伤害、物体打击、触电、坍塌	火灾、爆炸、腐蚀泄漏、触电等

根据以上风险识别结果企业应编制火灾、爆炸、中毒窒息、机械伤害、物体打击、车辆伤害、起重伤害、触电、坍塌等现场应急处置卡。

## 5 单元安全评价

### 5.1 线路工程

该项目线路工程单元检查内容主要包括管道本体、管道敷设、地质灾害、地震、与公路并行交叉、标识与伴行路。

#### 5.1.1 管道本体用管及校核

##### 1、强度设计系数

该项目天然气迁改管线设计压力为 4.0MPa，管道拟采用 L360M 直缝埋弧焊钢管，管径 D406.4×7.9mm，符合《石油天然气工业管线输送系统用钢管》（GB/T9711-2017）要求。考虑黄山馆镇的经济发展规划等情况，根据《输气管道工程设计规范》（GB50251-2015）的相关要求，为保障管道本质安全，该项目沿线为二级地区，强度设计系数拟取 0.6。

##### 2、管材

根据该项目为输气管道工程且设计压力较高的特点，从安全性、经济性和可操作性方面考虑，并结合建设单位该项目初步设计及周边地区管道的用管经验，该项目拟确定用管类型如下：

表 5.1-1 线路用管情况

种类	用管规格/mm	钢材等级	制管标准
管材	Φ406.4×7.9	L360M 直缝埋弧焊钢管	GB/T9711-2017 PSL2
弯管	Φ406.4×8.7		SY/T5257-2012

##### 3、管道校核

###### 1) 管道壁厚校核

按《输气管道工程设计规范》GB50251-2015，直管段管壁厚计算公式如下：

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

式中：

δ-计算壁厚，mm；

P-设计压力，MPa；

D-管道外径，mm；

σ<sub>s</sub>-管材屈服强度，MPa；



$\phi$ -焊缝系数，取 1；

F-强度设计系数，应按本规范表 4.2.3 和表 4.2.4 选；

t-温度折减系数，当温度小于 120℃时，t 值应取 1.0。

根据《输气管道工程设计规范》GB50251-2015，热煨弯头的壁厚计算需满足下式：

$$\delta_b = \delta \cdot m$$

$$m = \frac{4R - D}{4R - 2D}$$

$$c = \frac{\delta_{bX} - \delta'_b}{\delta_{bX}} \times 100\%$$

$$\delta'_b > \delta_b$$

式中：

D—热煨弯头外直径，mm；

R—热煨弯头曲率半径，R=6D；

m—热煨弯头的壁厚增大系数；

$\delta$ —弯头所连接的直管段计算壁厚，mm；

$\delta_b$  —热煨弯头计算壁厚，mm；

$\delta_{bX}$  —热煨弯头选取壁厚，mm；

$\delta'_b$  —考虑壁厚减薄后的热煨弯头最小壁厚，mm；

c—热煨弯头的壁厚减薄率，取9%。

直管段壁厚计算结果见下表。

表 5.1-2 管道壁厚计算表

管子外径 (mm)	设计压力 (MPa)	钢管材料	计算壁厚 (mm)	选择壁厚 (mm)
406.4	4.0	L360	3.8	7.9

热煨弯头壁厚计算结果见下表。

表 5.1-3 热煨弯头壁厚计算表

弯头外径 (mm)	设计压力 (MPa)	钢管材料	计算壁厚 (mm)	选择壁厚 (mm)
406.4	4.0	L360	4.0	8.7

2) 管道刚度校核 管子需要有一定的刚性，否则在装卸、运输、堆放、下沟、回填等过程中会使管子严重变形或压瘪，一旦发生这种情形，管段即报废。

管子的刚度与材料强度无关，与材料的弹性模量、直径与壁厚比（ $D/\delta$ ）有关。因各种等级钢号的弹性模量都是一样的，故只考虑直径与壁厚比（ $D/\delta$ ）即可。同直径的管子壁厚越厚， $D/\delta$ 就越小，管子刚性越好。据《输气管道工程设计规范》GB50251-2015 要求钢管的外直径与壁厚的比值不应大于 100，本工程管线的刚度均能满足要求。具体计算结果见下表。

表 5.1-4 管道刚度计算表

管径（mm）	管材钢	壁厚（mm）	直径壁厚比 $D/\delta$	结论
Φ406.4	L360	7.9	51.44	$D/\delta < 100$ ，满足规范要求

### 3) 管道强度校核

对于埋地管道必须进行当量应力校核。校核条件为：受约束热胀直管段，按最大剪应力强度理论计算当量应力，并且必须满足下式要求：

$$\sigma_e = \sigma_h - \sigma_L < 0.9\sigma_s$$

式中：

$\sigma_e$ —当量应力，MPa；

$\sigma_h$ —由内压产生的管道环向应力，MPa；

$$\sigma_h = Pd/(2\delta n),$$

其中：P—管道设计内压力，MPa；

d—管子内径，mm；

$\delta n$ —管子公称壁厚，mm；

$\sigma_L$ —管道的轴向应力，拉应力为正，压应力为负，MPa；

$$\sigma_L = \mu\sigma_h + E\alpha(t_1 - t_2)$$

其中： $\mu$ —泊桑比， $\mu = 0.3$ ；

E—钢材弹性模量， $E = 2.1 \times 10^5$  MPa；

$\alpha$ —钢材线膨胀系数， $\alpha = 1.2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ；

$t_1$ —管道安装闭合时的大气温度，取  $5^\circ\text{C}$ ；

$t_2$ —管道内被输送介质的温度，取  $25^\circ\text{C}$ ；

$\sigma_s$ —管子规定的最低屈服强度，分别取 360MPa。

经过计算校核，管道的最大当量应力值  $\sigma_{ema} < 0.9\sigma_s$ ，满足强度要求。具体计算结果见下表：

表 5.1-5 管道强度校核表

钢管 (mm)	P (MPa)	d (mm)	δ (mm)	σs (MPa)	(°C)	(°C)	(MPa)	(MPa)	(MPa)		0.9σs (MPa)
Φ406.4×7.9	4.0	390.6	7.9	360	5	25	99	-19.8	119	<	324

通过以上计算校核，管道的最大当量应力值  $\sigma_e < 0.9\sigma_s$ ，满足强度要求。本工程经过二级地区拟所采用的钢管能满足强度要求。

本工程都是使用热煨弯头，没有弹性敷设管道。

#### 4、管线的径向稳定性校核

根据《输气管道工程设计规范》（GB20251-2015）要求：输气管道径向稳定性校核应按下列公式进行计算。当管道埋深较深或外载荷较大时，应按无内压状态校核稳定性。

$$\Delta x \leq 0.03D$$

$$\Delta x = ZKW D_m^3 / (8EI + 0.061E_s D_m^3)$$

$$W = W_1 + W_2$$

$$I = \delta_n^3 / 12$$

式中：

$\Delta x$ —钢管水平方向最大变形量（m）；

W—作用在单位上地总竖向荷载（N/m）；

I—单位长截面惯性距（m<sup>4</sup>/m）；

D—钢管外径（m）；

D<sub>m</sub>—钢管平均直径（m）；

W<sub>1</sub>—单位管长上的竖向永久荷载（N/m）；

W<sub>2</sub>—地面可变荷载传递到管道上的荷载（N/m）；

Z—钢管的变形滞后系数，宜取1.5；

K—基床系数，宜按输气管规范附录 D 的规定选取；

E—钢材弹性模量（N/m<sup>2</sup>）；

n—钢管壁厚(m)；

E<sub>s</sub>—土壤变形模量（N/m<sup>2</sup>），E<sub>s</sub>值应采用现场实测数。当无实测资料时，可按输气管规范附录 D 的规定选取。

按照管道的径向变形允许范围进行推算管道的最大埋深，计算结果如下表：

表 5.1-7 校核结果

管道规格	设计压力(MPa)	管顶埋深 (m)	径向变形 (m)	允许范围 (m)
406.4×7.9	4.0	9.7~11.4	0.008~0.0094	0.01218

管道穿越道路段因空间受限，管道局部埋深 9.7~11.4m，根据管线的径向稳定性校核，管道径向变形小于允许范围，管道径向稳定。为了确保管道安全平稳运行，管道穿越道路段管沟、管顶以下回填土进行夯实，夯实密度不小于 90%。

#### 5、管线抗震校核

按照中华人民共和国国家标准《油气输送管道线路工程抗震技术规范》（GB/T500470-2017）的规定，应对位于设计地震动峰值加速度大于或等于 0.2g 地区的管道进行抗震校核。

根据 GB18306-2015 中国地震动参数区划图可获得管道沿线地震加速度，本工程管段所处地区地震加速度为 0.15g。因此本工程管道可不进行抗震校核。

#### 5、焊接检验

施工前先进行焊接工艺评定，根据合格的工艺评定编制焊接工艺规程。该迁改项目拟采用手工下向焊焊接方法。迁改段管道焊缝根据该企业管理要求应进行 100% 超声波探伤和手工 100% 射线探伤。超声波探伤合格等级为 I 级，射线探伤合格等级为 II 级。

#### 6、施工作业带

管道施工作业带宽度为 12m。对于林木较多地段适当减小作业带宽度。农田地段作业带边线摆放醒目的装土袋作为隔离线，施工人员不得随意超越作业带边界线进入农田。

### 5.1.2 管道本体检查

本单元主要依据《输气管道工程设计规范》（GB50251-2015）、《进入天然气长输管道的气体质量要求》（GB/T37124-2018）的相关要求，采用安全检查表对该项目申请报告和相关技术资料中管材选取、强度设计系数、输送温度与输送介质的匹配性进行评价。检查内容及结果见下表。

表 5.1-8 管道本体安全检查表

序号	检查内容	依据标准	检查记录	检查结果																											
1	埋地管道与建（构）筑物的间距应满足施工和运行管理需求，且管道中心线与建（构）筑物的最小距离不应小于5m。	《输气管道工程设计规范》GB50251-2015 第 4.1.1 条	经现场勘查该项目管道 5m 范围内未有建（构）筑物。	符合																											
2	输气管道通过的地区，应按沿线居民户数（或）建筑物的密集程度，划分为四个地区等级，并依据地区等级做出相应的管道设计。	《输气管道工程设计规范》GB50251-2015 第 4.2.1 条	管道沿线为农田和果园，根据《输气管道工程设计规范》（GB50251-2015）的相关原则，该项目输气管线均拟按二级地区设计。	符合																											
3	<p>输气管道的强度设计系数应符合《输气管道工程设计规范》GB50251-2015 表 4.2.3 的规定。</p> <p style="text-align: center;">表 4.2.3 强度设计系数</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>地区等级</th> <th>强度设计系数 F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>一级二类地区</td> <td>0.72</td> </tr> <tr> <td>二级地区</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>三级地区</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>四级地区</td> <td>0.4</td> </tr> </tbody> </table>	地区等级	强度设计系数 F	一级二类地区	0.72	二级地区	0.6	三级地区	0.5	四级地区	0.4	《输气管道工程设计规范》GB50251-2015 第 4.2.3 条	该项目管道沿线地区等级为二级地区，强度设计系数拟按 0.6 进行选取。	符合																	
地区等级	强度设计系数 F																														
一级二类地区	0.72																														
二级地区	0.6																														
三级地区	0.5																														
四级地区	0.4																														
4	<p>穿越道路的管段以及输气站和清管站内管道的强度设计系数，应符合 GB50251-2015 表 4.2.4 的规定。</p> <p style="text-align: center;">表 4.2.4 穿越道路的管段以及输气站和清管站内管道的强度设计系数</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">管段或管径</th> <th colspan="3">输气管道地区等级</th> </tr> <tr> <th>一（一类和二类）</th> <th>二</th> <th>三</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">强度设计系数 F</td> </tr> <tr> <td>有套管穿越三、四级公路的管道</td> <td>0.72</td> <td>0.6</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>无套管穿越三、四级公路的管道</td> <td>0.6</td> <td>0.5</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>穿越一、二级公路、高速公路、铁路的管道</td> <td>0.6</td> <td>0.6</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>输气站内管道及截断阀室管道</td> <td>0.5</td> <td>0.5</td> <td>0.5</td> </tr> </tbody> </table>	管段或管径	输气管道地区等级			一（一类和二类）	二	三	强度设计系数 F				有套管穿越三、四级公路的管道	0.72	0.6	0.5	无套管穿越三、四级公路的管道	0.6	0.5	0.5	穿越一、二级公路、高速公路、铁路的管道	0.6	0.6	0.5	输气站内管道及截断阀室管道	0.5	0.5	0.5	《输气管道工程设计规范》GB50251-2015 第 4.2.4 条	该项目管道沿线地区等级为二级地区，强度设计系数拟按 0.6 进行选取。	符合
管段或管径	输气管道地区等级																														
	一（一类和二类）	二	三																												
强度设计系数 F																															
有套管穿越三、四级公路的管道	0.72	0.6	0.5																												
无套管穿越三、四级公路的管道	0.6	0.5	0.5																												
穿越一、二级公路、高速公路、铁路的管道	0.6	0.6	0.5																												
输气站内管道及截断阀室管道	0.5	0.5	0.5																												
5	<p>管道强度计算应符合下列规定： 1.埋地管道强度设计应根据管段所处地区等级以及所承受永久荷载、可变荷载和偶然荷载而定，通过地震动峰值加速度大于或等于0.05g 至小于或等于0.4g 地区内的管道，应按现行国家标准《油气输送管道线路工程抗震技术规范》GB50470 的有关规定进行强度设计和校核。</p>	《输气管道工程设计规范》GB50251-2015 第 5.1.1 条	该项目管道已在第2.4.1节进行强度校核，符合要求。	符合																											
6	对位于基本地震动峰值加速度大于或等于 0.20g 地区的管道，应进行抗拉伸和抗压缩验算。	《油气输送管道线路工程抗震技术规范》GB50470-2017 第 6.1.1 条	该项目所通过地区的地震动峰值加速度均为 0.15g，该项目管道不需要进行管道抗震强度校核。	符合																											

序号	检查内容	依据标准	检查记录	检查结果																		
7	输气管道强度计算应符合第5.1.2条的规定。	《输气管道工程设计规范》GB50251-2015第5.1.2条	该项目拟采用管道规格为D406.4×7.9mm L360M直缝埋弧焊钢管，经过初步计算符合要求。	符合																		
8	输气管道的最小管壁厚度不应小于4.5mm，钢管外径与壁之比不应大于100。	《输气管道工程设计规范》GB50251-2015第5.1.3条	输气管道的最小管壁厚度为7.9mm，符合要求。	符合																		
9	输气管道径向稳定校核应符合第5.1.4条中表达式的要求，当管道埋设较深或外荷载较大时，应按无内压状态校核其稳定性。	《输气管道工程设计规范》GB50251-2015第5.1.4条	申请报告及相关技术资料未提及。	未提及																		
10	输气管道用钢管及管道附件的选材，应根据操作压力、温度、介质特性、使用地区等因素，经技术经济比较后确定。采用的钢管和钢材，应具有良好的韧性和焊接性能。	《输气管道工程设计规范》GB50251-2015第5.2.1条	管线拟选用L360M直缝埋弧焊钢管，规格为D406.4×7.9mm，符合《石油天然气工业管线输送系统用钢管》（GB/T9711-2017）要求。	符合																		
11	进入天然气长输管道的气体应符合表1的质量要求。	《进入天然气长输管道的气体质量要求》GB/T37124-2018第4.1条	通过成分检测气体质量满足要求。	符合																		
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>项目</th> <th>指标</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>高位发热量 (MJ/m<sup>3</sup>) ≥</td> <td>34.0</td> </tr> <tr> <td>总硫 (mg/m<sup>3</sup>) → ≤</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>硫化氢 (mg/m<sup>3</sup>) · ≤</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>二氧化碳摩尔分数% ≤</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td>一氧化碳摩尔分数% ≤</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>氢气摩尔分数% → ≤</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td>氧气摩尔分数% → ≤</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>水露点 → ≤</td> <td>最低环境温度低·5℃</td> </tr> </tbody> </table>				项目	指标	高位发热量 (MJ/m <sup>3</sup> ) ≥	34.0	总硫 (mg/m <sup>3</sup> ) → ≤	20	硫化氢 (mg/m <sup>3</sup> ) · ≤	6	二氧化碳摩尔分数% ≤	3.0	一氧化碳摩尔分数% ≤	0.1	氢气摩尔分数% → ≤	3.0	氧气摩尔分数% → ≤	0.1	水露点 → ≤	最低环境温度低·5℃
	项目				指标																	
	高位发热量 (MJ/m <sup>3</sup> ) ≥				34.0																	
	总硫 (mg/m <sup>3</sup> ) → ≤				20																	
	硫化氢 (mg/m <sup>3</sup> ) · ≤				6																	
	二氧化碳摩尔分数% ≤				3.0																	
	一氧化碳摩尔分数% ≤				0.1																	
氢气摩尔分数% → ≤	3.0																					
氧气摩尔分数% → ≤	0.1																					
水露点 → ≤	最低环境温度低·5℃																					

根据检查结果，本单元共检查 11 项，10 项符合要求，1 项检查项申请报告及相关技术资料未提及，需要在设计阶段进行补充。

### 5.1.3 管道敷设

本单元主要依据《输气管道工程设计规范》（GB50251-2015）、《油气输送管道穿越工程设计规范》（GB 50423-2013）的相关要求，采用安全检查表对该项目线路管道敷设情况进行检查评价，检查内容及结果见下表。

表 5.1-9 管道敷设安全检查表

序号	检查内容	依据标准	检查记录	检查结果																						
1	输气管道应采用埋地方式敷设，特殊地段可采用土堤或地面形式敷设。	《输气管道工程设计规范》GB50251-2015 第 4.3.1 条	该工程管道全线均采用埋地敷设方式。	符合																						
2	埋地管道覆土层最小厚度应符合 GB50251-2015 表 4.3.2 的规定。在不能满足要求的覆土厚度或外荷载过大、外部作业可能危及管道之处，应采取保护措施。  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <caption>表 4.3.2 最小覆土厚度 (m)</caption> <thead> <tr> <th rowspan="2">地区等级</th> <th colspan="2">土壤类</th> <th rowspan="2">岩石类</th> </tr> <tr> <th>旱地</th> <th>水田</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>一级</td> <td>0.5</td> <td>0.8</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>二级</td> <td>0.8</td> <td>0.8</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>三级</td> <td>0.8</td> <td>0.8</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>四级</td> <td>0.8</td> <td>0.8</td> <td>0.5</td> </tr> </tbody> </table>	地区等级	土壤类		岩石类	旱地	水田	一级	0.5	0.8	0.5	二级	0.8	0.8	0.5	三级	0.8	0.8	0.5	四级	0.8	0.8	0.5	《输气管道工程设计规范》GB50251-2015 第 4.3.2 条	该项目管顶覆土深度拟不小于 1.5m。	符合
地区等级	土壤类		岩石类																							
	旱地	水田																								
一级	0.5	0.8	0.5																							
二级	0.8	0.8	0.5																							
三级	0.8	0.8	0.5																							
四级	0.8	0.8	0.5																							
3	弯管应符合下列规定： 线路用热煨弯管的曲率半径不应小于管子外径的5倍，并应满足清管器或检测仪器能顺利通过的要求；	《输气管道工程设计规范》GB50251-2015 第 4.3.14 条	申请报告及相关技术资料未提及。	未提及																						
4	山地敷设埋地管道的水工保护设计应符合下列规定： 管道顺坡埋地敷设时，应依据管道纵坡坡度、回填土特性和管沟地质条件，在管沟内设置截水墙，截水墙的间距宜为10m~20m 管道横坡向敷设时，管沟附近坡面应保持相对稳定，水工保护设计应根据地形、地质条件综合布置坡面截、排水系统和支挡防护措施；应依据边坡坡脚处设置护坡或挡土墙防护措施；宜根据边坡雨水汇流流量在坡面设置截、排水沟。排水沟应充分利用原始坡面沟道，出水口设置位置不应对管道、耕地或邻近建（构）筑物形成冲刷。	《输气管道工程设计规范》GB50251-2015 第 4.7.5 条	申请报告及相关技术资料未提及。	未涉及																						
5	穿越管段可采用挖沟法埋设、水平定向钻法敷设、隧道法敷设形式。大中型穿越工程应作方案比选。	《油气输送管道穿越工程设计规范》GB50423-2013 第 3.3.5 条	公路穿越采用开挖加钢筋混凝土套管方式。	符合																						

根据检查结果，本单元共检查 5 项，3 项符合要求，1 项未涉及，1 项申请报告及设计相关材料未提及，需要在设计阶段进行补充。

### 5.1.4 地质灾害

本单元主要依据《输气管道工程设计规范》（GB50251-2015）的相关要求，采用安全检查表对该项目线路进行检查评价，检查内容及结果见下表。

表5.1- 10 地质灾害安全检查表

序号	检查内容	依据标准	检查记录	检查结果
1	输气管道应避免滑坡、崩塌、塌陷、泥石流、洪水严重侵蚀等地质灾害地段，宜避开矿山采空区及全新世活动断层。当受到条件限制必须通过上述区域时，应选择危害程度较小的位置通过，并采取相应的防护措施。	《输气管道工程设计规范 GB50251-2015 第 4.1.2 条	输气管道避开滑坡、崩塌、塌陷、泥石流、洪水严重侵蚀等地质灾害地段，不涉及采矿区。	不涉及
2	管道通过土（石）坎、田坎、陡坡、河流、冲沟、堰坝、沟渠、不稳定边坡地段时，应因地制宜采取保护管道和防止水土流失的水工保护措施。	《输气管道工程设计规范 GB50251-2015 第 4.7.2 条	管道拟通过区域均为农田和果园，不涉及水保。	不涉及

根据检查结果，本单元共检查2项，均不涉及。

### 5.1.5 地震

本单元主要依据《输气管道工程设计规范》（GB50251-2015）、《油气输送管道线路工程抗震技术规范》（GB/T50470-2017）、《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015）、《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010 2016 修订版）的相关要求，采用安全检查表对该项目沿线的地震烈度和经过的全新活动断裂带进行符合性评价，检查内容及结果见下表。

表5.1-11 地震安全检查表

序号	检查内容	依据标准	检查记录	检查结果
1	油气输送管道线路工程勘察时，应掌握沿线地震活动性和地震构造资料，按本规范附录A的规定划分管道场地地段，并给出综合评价。	《油气输送管道线路工程抗震技术规范》GB/T50470-2017 第 3.0.4 条	申请报告及相关技术资料未提及。	未提及
2	基本地震动加速度反应谱特征周期应按图B.1取值，其中，乡镇人民政府所在地、县级以上城市基本地震加速度反应谱特征周期应按表C.1~表C.32取值	《中国地震动参数区划图》GB18306-2015	通过核查，地震动峰值加速度为0.15g，符合要求。	符合
3	通过活动断层的埋地管道应采用应变设计方法进行抗拉伸和抗压缩验算。	《油气输送管道线路工程抗震技术规范》GB/T50470-2017 第 6.2.1 条	申请报告及相关技术资料未提及。	未提及



4	当水域大中型穿越管道位于基本地震动峰值加速度大于或等于 0.10g 场地，其他穿越管道位于基本地震动峰值加速度大于或等于 0.20g 场地时，应进行抗拉伸、抗压缩验算。	《油气输送管道线路工程抗震技术规范》GB/T50470-2017 第 6.5.1 条	该项目所通过地区的地震动峰值加速度均为 0.15g。该项目管道不需要进行管道抗震强度校核。	符合
5	管道穿越工程结构应进行抗震设计。水域隧道，当基本地震动峰值加速度大于或等于 0.10g，管道穿越工程结构应进行地震作用计算；山岭隧道，当基本地震动峰值加速度大于或等于 0.20g 时，管道穿越工程结构应进行地震作用计算。	《油气输送管道线路工程抗震技术规范》GB/T50470-2017 第 6.5.7 条	该项目不存在隧道穿越。	符合
6	通过活动断层段管道的对接焊口应进行 100%射线检测和 100%超声检测，并应达到国家现行标准《石油天然气钢质管道无损检测》SY/T4109 规定的 II 级及以上要求，且应符合应变设计的缺欠尺寸限定要求。	《油气输送管道线路工程抗震技术规范》GB/T50470-2017 第 7.2.1 条第 6 款	管道未通过活动断层。	符合

根据检查结果，本单元共检查 6 项，4 项符合要求，2 项申请报告及相关技术资料中未提及，需要后期设计阶段进行补充。

### 5.1.6 与公路并行交叉

本单元主要依据该报告第四章危险有害因素辨识结果，并结合《输气管道工程设计规范》（GB50251-2015）、《油气输送管道穿越工程设计规范》（GB50423-2013）、《公路安全保护条例》的相关要求，对该项目可研和相关技术资料中与公路交叉并行进行评价。检查内容及结果见下表。

表5.1- 12 与公路并行交叉安全检查表

序号	检查内容	依据标准	检查记录	检查结果
1	在穿越公路、铁路的套管或涵洞内，输送管道不应设置水平或竖向弯管。	《油气输送管道穿越工程设计规范》GB50423-2013 第 7.1.2 条	申请报告及相关技术资料未提及。	未提及

序号	检查内容	依据标准	检查记录	检查结果
2	穿越铁路或二级及以上公路时，应采用顶进套管、顶进箱涵或水平定向钻穿越方式，并满足路基稳定性要求。对三级及三级以下公路穿越，可采用挖沟法埋设。当套管或涵洞内空间充填细土将穿越管段埋入时，可不设检漏管及两端的封堵。	《油气输送管道穿越工程设计规范》 GB50423-2013 第 7.1.3 条	穿越黄招路（二级），拟采用开挖加钢筋混凝土套管方式。该项目于2023年08月03日取得龙口市行政审批服务局出具的《交通运输涉路工程建设许可证》，编号“龙审批社许[2023]3（交通公路）字第（2006）号”，同意采用开挖加钢筋混凝土套管方式。套管与管道之间的空隙用细土填实。	符合
3	油气管道与公路、铁路宜垂直交叉，在特殊情况下，交角不宜小于30°，油气管道与公路铁路桥梁交叉时，在对管道采取防护措施后，交叉角可小于30°，防护长度应满足公路、铁路用地范围以外3m的要求。	《油气输送管道穿越工程设计规范》 GB50423-2013 第 7.1.6 条	申请报告及相关技术资料未提及。	未提及
4	套管中的输送管道应设置绝缘支撑，设计中应提出保持管道防腐涂层完整性的技术要求。	《油气输送管道穿越工程设计规范》 GB50423-2013 第 7.3.4 条	套管中的输送管道拟设置绝缘支撑。	符合
5	油气管道穿越公路、铁路时，其穿越点四周应有足够的空间，满足管道穿越施工、维护及邻近建构筑物 and 设施安全距离的要求。	《油气输送管道穿越工程设计规范》 GB50423-2013 第 7.1.7 条	该项目公路穿越位置周边相对开阔。	符合
6	采用套管穿越公路、铁路时，套管内径应大于输送管道外径300mm以上。套管采用人工顶管施工方法时，套管内直径不宜小于1m。	《油气输送管道穿越工程设计规范》 GB50423-2013 第 7.1.11 条	该项目拟采用开挖+套管。	符合
7	采用套管穿越公路、铁路时，套管长度宜伸出路堤坡脚、排水沟外边缘不小于 2m；当穿过路堑时，应长出路堑顶不小于 5m。被穿越的公路、铁路有扩建规划时，应按照扩建后的情况确定套管长度。	《油气输送管道穿越工程设计规范》 GB50423-2013 第 7.1.12 条	该项目拟开挖+套管，套管长度伸出路堤坡脚、排水沟外边缘不小于 2m。	符合
8	在下列位置处宜安装测试装置： 管道与交、直流电气化铁路交叉处或平行段； 管道与交流高压线交叉或平行段； 与外部管道交叉处； 管道与主要道路或堤坝交叉处； 管道穿越铁路或河流处； 靠近其他阴极保护构筑物的位置。	《埋地钢质管道阴极保护技术规范》 GBT 21448-2017 第 7.1.2.2 条	该项目拟采用开挖+套管，采用强制电流阴极保护方法，强制电流阴极保护主要依托原线路主管线阴极保护进行保护。本段工程管线设 2 个智能测试桩，测试桩设置在改线的起点、终点处。	符合

序号	检查内容	依据标准	检查记录	检查结果														
9	采用涵洞、套管等保护方法穿越公路、铁路时，宜采用钢筋混凝土涵洞、钢筋混凝土套管或者钢质套管。	《油气输送管道穿越工程设计规范》GB50423-2013 第7.3.1条	该项目穿越管道拟采取开挖加钢筋混凝土套管方式。	符合														
10	<p>油气管道穿越公路、铁路时，套管顶部最小覆盖层厚度应符合表 7.1.9 的要求。</p> <p style="text-align: center;">表 7.1.9 套管顶部最小覆盖层厚度</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>穿越分类</th> <th>位置</th> <th>最小覆盖层</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">铁路穿越</td> <td>铁路站前以下</td> <td>1.7</td> </tr> <tr> <td>自然地面或边沟以下</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">公路穿越</td> <td>公路路面以下</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>公路边沟或沟底以下</td> <td>1.0</td> </tr> </tbody> </table>	穿越分类	位置	最小覆盖层	铁路穿越	铁路站前以下	1.7	自然地面或边沟以下	1.0	公路穿越	公路路面以下	1.2	公路边沟或沟底以下	1.0	《油气输送管道穿越工程设计规范》GB50423-2013 第7.1.9条	开挖段管顶覆土不小于1.5m，过黄招路段管顶覆土不小于2m，公路边沟段管顶覆土不小于1.5m。	符合	
穿越分类	位置	最小覆盖层																
铁路穿越	铁路站前以下	1.7																
	自然地面或边沟以下	1.0																
公路穿越	公路路面以下	1.2																
	公路边沟或沟底以下	1.0																
11	<p>套管埋置深度要求：</p> <p style="text-align: center;">表 3 穿越公路管枕最小覆土深度</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">位置</th> <th colspan="2">最小覆土深度 (m)</th> </tr> <tr> <th>高速公路、一级公路</th> <th>二级及以下公路</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>行车道下</td> <td>2.0</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>非机动车道下</td> <td>1.2</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>绿化带内管</td> <td>1.0</td> <td>0.8</td> </tr> </tbody> </table>	位置	最小覆土深度 (m)		高速公路、一级公路	二级及以下公路	行车道下	2.0	1.0	非机动车道下	1.2	1.0	绿化带内管	1.0	0.8	《山东省涉路工程技术规范》DB37/T3366-2018 第6.3.2条	开挖段管顶覆土不小于1.5m，过黄招路段管顶覆土不小于2m，公路边沟段管顶覆土不小于1.5m。	符合
位置	最小覆土深度 (m)																	
	高速公路、一级公路	二级及以下公路																
行车道下	2.0	1.0																
非机动车道下	1.2	1.0																
绿化带内管	1.0	0.8																
12	<p>焊接、检测：</p> <p>1、管道焊接应按现行国家标准《输气管道工程设计规范》（GB50251-2015）、《油气长输管道工程施工及验收规范》（GB50369-2014）的有关规定执行。</p> <p>2、二级及二级以上穿越段，对接接头焊缝均应进行100%射线探伤检验和100%超声波探伤检验。</p> <p>3、采用射线探伤检验和超声波探伤检验应按现行行业标准《石油天然气钢质管道无损检测》（SY/T 4109-2020）进行验收，II级及以上为合格。</p>	《油气输送管道穿越工程设计规范》GB50423-2013 第8.1条	管道焊接拟采用手工下向焊的焊接方式，管道焊接、修补或返修完成后拟进行外观检查，其标准按《油气长输管道工程施工及验收规范》（GB50369-2014）执行，本工程拟全线进行100%射线探伤检验和100%超声波探伤检验。	符合														

序号	检查内容	依据标准	检查记录	检查结果
13	<p>清管、测径、试压：</p> <p>1、穿越管道试压前应进行清管，试压后应再进行清管，输气管道应进行干燥处理。</p> <p>2、单独进行试压的穿越管道段试压前应进行清管、测径。</p> <p>3、穿越管道段应分强度试压和严密性试压两阶段进行，严密性试压应在强度试压合格后进行。在稳压时间内压降不大于试验压力的 1% 为合格。</p> <p>4、穿越管道段应采用无腐蚀性洁净水作为试压介质。试压时环境温度不宜低于 5℃，若环境温度在 5℃以下时，应采取防冻措施。</p> <p>5、单独试压的穿越管段，强度试验压力不应小于该处设计内压力的 1.5 倍，强度试压稳压时间不应小于 4h；试压时的环向应力不宜大于钢管的屈服强度的 90%。穿越管段的严密性试验的压力不应低于该处设计内压力，稳压时间不应少于 24h。</p> <p>6、穿越管段与两端线路管段连接处的焊口不应强组组装，不应出现使连接管段发生强制变形的连接。</p>	<p>《油气输送管道穿越工程设计规范》GB50423-2013 第 8.2 条</p>	<p>本工程拟按照《油气输送管道穿越工程设计规范》GB50423-2013 第 8.2 条进行清管、测径、试压，试压介质为化验合格的洁净水。输气管道试压、清管结束后进行干燥，干燥方法拟采用热空气。</p> <p>改造段管道和现状管道连头前拟先进行氮气置换。</p>	符合
14	<p>防腐：</p> <p>1、穿越管段应按现行标准《钢质管道外腐蚀控制规程》GB/T21447 进行腐蚀性设计。</p> <p>2、穿越管段应根据穿越工程需要选取适宜的防腐涂层，当所选防腐涂层各类与段路段相同时，应比相邻线路或采用该各涂层标准中的最高级，防腐涂层的防腐、补口及补伤，应按管段所用防腐涂层的相关标准要求执行。</p> <p>3、管道支撑件、护管或稳管构筑物处于腐蚀环境中时，应采用相应的防腐措施。</p> <p>4、穿越管段的补口和补伤，应按照管段所用防腐涂层的相关标准要求执行，并应按照管道施工安装、运营环境条件提出相应的技术措施。</p>	<p>《油气输送管道穿越工程设计规范》GB50423-2013 第 8.3 条</p>	<p>本工程管道外防腐拟采用加强级三层 PE 防腐，热煨弯头外防腐层拟采用双层熔结环氧粉末+聚乙烯胶粘带的方式进行防腐。</p>	符合

序号	检查内容	依据标准	检查记录	检查结果
15	符合本规范第 3.2.1 条的钢管，其许用应力应按下列公式计算.....F—强度设计系数，按表 3.2.2 取值。	《油气输送管道穿越工程设计规范》GB50423-2013 第 3.2.2 条	强度设计系数拟按 0.6 进行选取。	符合

根据检查结果，本单元共检查 15 项，13 项符合要求，2 项申请报告及设计资料未提及，需在后期设计阶段进行补充。

### 5.1.7 标识与伴行路

本报告主要依据《油气管道线路标识设置技术规范》（SY/T6064-2017）《输气管道工程设计规范》（GB50251-2015）等标准规范的相关要求，采用安全检查表对该项目线路进行合规性评价，检查内容及结果见下表。

表5.1- 13 标识与伴行路安全检查表

序号	检查内容	依据标准	检查记录	检查结果
1	管道穿越高速公路、I~II级公路宜在两侧5m 范围内（高速公路以围栏起算）设置穿越桩。	《油气管道线路标识设置技术规范》SY/T6064-2017 第 5.3.2 条	该项目穿越公路，公路两侧拟设置穿越桩。	符合

2	管道穿越河塘沟渠，宜设置穿越桩，穿越桩设置在河渠堤边坡脚或距塘沟边3.0m处。按以下原则设置穿越桩： a) 中型及以上河流，宽度大于40m以上冲沟，宜在两侧设置穿越桩。 b) 常年枯水位水面宽度大于40m，且水深大于2.0m的干渠与水塘等，宜在两侧设置穿越桩。 c) 小型河流和宽度大于5m，小于40m的小型冲沟，宜在单侧设置穿越桩。	《油气管道线路标识设置技术规范》SY/T6064-2017第5.3.3条	不涉及穿越河流。	不涉及
3	管道沿线应根据需要设置加密桩。人口密集区、工业商业活动区、基础设施建设区、环境敏感区等高后果区加密桩间距不大于50m，其他地区不大于200m，同时满足通视性的要求。	《油气管道线路标识设置技术规范》SY/T6064-2017第5.6条	申请报告及相关技术资料未提及。	不涉及
4	管道上方宜设置警示带，靠近人口密集区工业商业活动区、基础设施建设区、环境敏感区等高后果区应设置警示带。城镇规划建设可能造成非高后果区升级为高后果区的区域，也应设置警示带。	《油气管道线路标识设置技术规范》SY/T6064-2017第5.10.1条	全线除带套管穿越段外均设置警示带，管道警示带拟埋设在管道上方0.5m处（开挖加钢筋混凝土套管方式）警示带宽分别为0.7m和0.4m。	符合
5	通过人口密集区、易受第三方损坏地段的埋地管道应加密设置标识桩和警示牌，并应在管顶上方连续埋设警示带。	《输气管道工程设计规范》GB50251-2015第4.8.3条	管道在易受第三方损坏地段拟加强管道安全保护的地方设警示牌（过取土坑及其边缘需加设警示牌）。	符合

根据检查结果，本单元共检查5项，3项符合要求，2项不涉及项。

### 5.1.8 管线泄漏事故树分析

根据该项目管线的危险有害因素分析可知，因管道失效造成泄漏是长输管道的典型事故，也是引起一系列次生灾害的首要条件。运用事故树评价法分析引起管道泄漏的各种基本事件以及其之间的逻辑管线，得出各类原因的重要度，有针对性的采取有效的保护措施，降低泄漏事故发生的概率。

#### 1、绘制事故树

以“管线泄漏”作为顶上事件，将“外力破坏”、“违章作业”、“设备故障”、“腐蚀”等几种引起管道泄漏的主要因素作为顶上事件发生的中间事件，分析引起这几种中间事件发生的基本事件，分析逻辑管线，绘制管线天然气泄漏事故树，如下图所示。

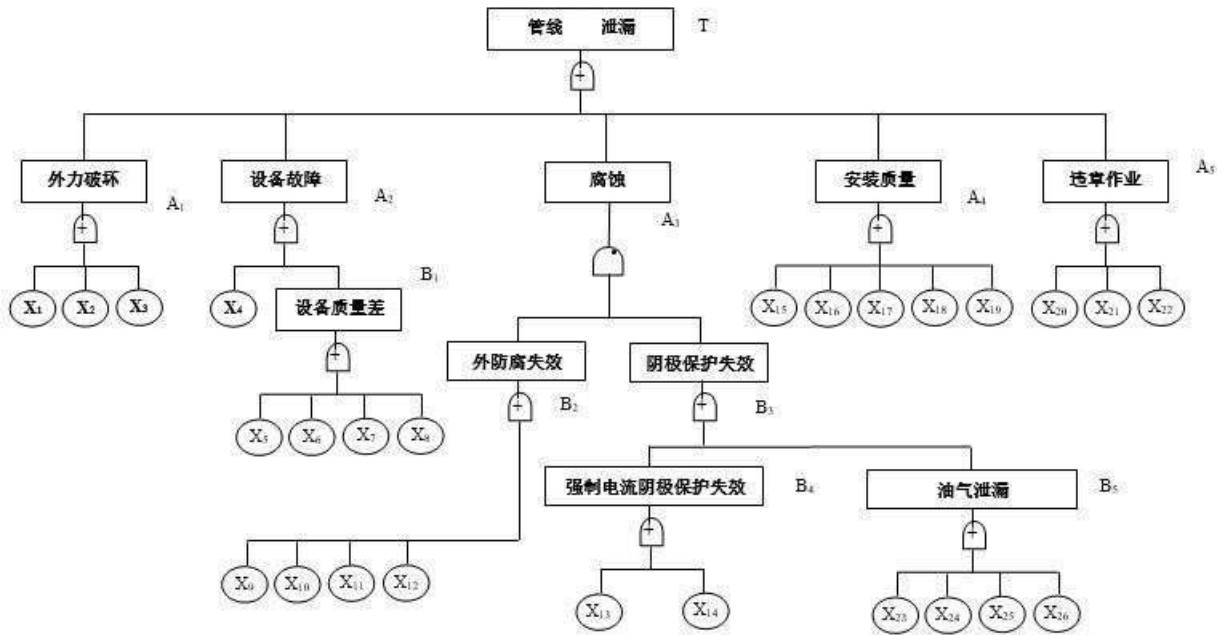


图 5.1-1 管线泄漏事故树

表 5.1-14 基本事件统计表

符号	意义	符号	意义
X1	地震或自然灾害	X14	参数不符合要求
X2	施工或相关活动	X15	焊接质量问题
X3	公众安全教育不良	X16	埋深不够
X4	密封不良	X17	穿跨越不符合要求
X5	设备设计不合理	X18	检测控制失效
X6	选材不当	X19	补口质量问题
X7	安全附件质量差	X20	操作失误
X8	疲劳损坏	X21	违章操作
X9	选材不当	X22	违章指挥
X10	腐蚀老化	X23	选材不合理
X11	杂散电流干扰	X24	安装质量问题
X12	施工损坏	X25	保护失效
X13	仪器损坏	X26	设计不合理

## 2、事故树分析

列逻辑方程 $T=A1+A2+A3+A4+A5$

$$=x1+x2+x3+x4+x5+x6+x7+x8+(x9+x10+x11+x12) \cdot (x13+x14+x23+x24+x$$

$$25+x26)+x15+x16+x17+x18+x19+x20+x21+x22$$

(1) 求最小割集

根据上述逻辑方程，展开式共计 40 项，均为最小割集，即该事故树的最小割集

为40个：40个最小割集表明了顶上事件“管线泄漏”发生有40种可能途径。说明可能引起管线天然气泄漏事故的可能性较大。

### (2) 结构重要度分析

由上述逻辑方程可知，在40个最小割集中，有16个一阶最小割集，24个二阶最小割集，并且最小割集中均无相同项。

由此可知：这16个一级最小割集中，各基本事件的结构重要度相同，且在所有基本事件中结构重要度最大，即

$$If(1)=If(2)=If(3)\dots\dots If(8)=If(15)=If(16)=\dots\dots=If(22);$$

在24个二阶最小割集中，{x9、x10、x11、x12}分别出现过6次，{x13、x14、x23、x24、x25、x26}分别出现过4次。由此可知：

$If(9)=If(10)=If(11)=If(12)>If(13)=If(14)=If(23)=If(24)=If(25)=If(26)$ 因此，得到的结构重要度顺序为：

$$If(1)=If(2)=If(3)=If(4)=If(5)=If(6)=If(7)=If(8)=If(15)=If(16)=If(17)=If(18)=If(19)=If(20)=If(21)=If(22)>If(9)=If(10)=If(11)=If(12)>If(13)=If(14)=If(23)=If(24)=If(25)=If(26)$$

### 3、分析结论

1) 通过事故树最小割集的分析说明，可能引起顶上事件“管线泄漏”发生共有40种可能途径。

2) 从基本事件的结构重要度分析可知，x1~x8和x15~x22的结构重要度最大，说明外力破坏、违章作业、安装质量差、设备故障是造成管线泄漏事故发生的最重要因素，其次外防腐层失效也是造成管线泄漏的重要原因之一，与国内外长输管道工程泄漏事故原因统计的结论基本吻合。

3) 根据上述分析结果，项目建设单位应采取如下措施，降低管线发生泄漏事故的概率：

(1) 严格审查本项目的设计环节，特别是对设备的选择、管材选择、防腐涂层的选择应严格把关；

(2) 工程安装施工时，应严格监督，保证施工质量，并加强对焊接、安装等工程的检验工作

(3) 管线沿线应设置足够多的标志桩、转角桩等，避免外界施工对地下管线不明，而对管线造成破坏；

(4) 管线运行后，要加强巡线工作，对违反管道保护条例和人为破坏的因素应及时发现和制止；

(5) 加强对作业人员的操作和安全培训，提高安全意识，减少操作失误，并对存在



违章作业和违章指挥的现象严格惩戒。

### 5.1.9 输气管线预先危险性分析

管线存在的主要危险是泄漏而引发的火灾、爆炸及环境污染事故。而造成泄漏的原因有很多，主要包括腐蚀、管线焊接不合格、管道所处的自然条件恶劣、操作失误、人为破坏等。管线的预先危险性见下表。

表 5.1-15 压力管道爆炸 PHA 分析表

事故	事故原因	主要现象	主要后果	危险等级	预防措施
管线破损	1、管线设计、选材不合理； 2、管线发生腐蚀穿孔； 3、由于地层的变动，使管道发生断裂。	管道断裂、穿孔	天然气泄漏。	IV	1、按规范进行设计，选用有质量保证的管道，并精心施工安装； 2、定期检查管道的安全装置（防腐补偿等）的完整性； 3、正确选择管道防腐措施。
天然气泄漏	1、管道破损； 2、管道附件本身或连接处连接不良； 3、自动报警、自动控制装置失灵。	有较浓天然气臭味，有气漏出	财产损失，环境危害	IV	1、选用质量有保证的产品； 2、加强管线及安全附件检查，及时更换； 3、认真巡检，及时发现。
火灾爆炸	1、天然气泄漏，未及时发现；跑气，未及时发现和关闭闸阀； 2、点火源； 3、自动报警设备失效。	着火爆炸	财产损失，人员伤亡	IV	1、定时检修，防止泄漏； 2、认真巡检，及时发现； 3、维护和保持自动控制和报警装置的； 4、正常功能； 5、及时扑救。

### 5.1.10 建设项目相互影响

根据建设项目相互影响的危险有害因素辨识及分析，该项目管道采用埋地，与村落、道路距离符合标准规范要求，可有效控制该项目对周边设施或周边设施对该项目的影响。

## 5.2 公用工程

本报告主要依据《输气管道工程设计规范》（GB50251-2015）、《油气输送管道穿越工程设计规范》（GB50423-2013）等标准的相关条款，采用安全检查表，对该项目公用工程单元进行合规性检查评价，检查内容及结果见下表：

表 5.2-1 公用工程安全检查表

序号	规范要求	检查依据	实际情况	符合性																									
一	自控																												
1	输气管道应设置测量、控制、监视仪表及控制系统。	GB50251-2015 8.1.1	自控系统依托原有	符合																									
2	输气管道应根据规模、环境条件及管理需求确定自动控制水平，宜设置监控与数据采集(SCADA)系统。	GB50251-2015 8.1.2	自控系统依托原有	符合																									
3	仪表及控制系统的选型，应根据输气管道特点、规模、发展规划、安全生产要求，经方案对比论证确定，选型宜全线统一。	GB50251-2015 8.1.4	自控系统依托原有	符合																									
二	通信																												
1	光缆与输气管道同沟敷设时，应符合现行行业标准《输油（气）管道同沟敷设光缆（硅芯管）设计及施工规范》SY/T4108的有关规定。光纤容量应预留适当的富裕量以备今后业务发展的需求。	GB50251-2015 9.0.2	拟采用 40 芯光缆，按要求敷设。	符合																									
2	输气管道巡回检查、管道事故抢修和维修的部门，可配备满足使用条件的移动通信设备。	GB50251-2015 9.0.8	抢维修设备依托原有。	符合																									
3	<p>光缆（硅芯管）的埋深应根据油气输送管道埋深及地段的土质和环境条件等因素确定，并应符合表 3.1.6 的规定。当管沟深度少于表 3.1.6 规定的光缆埋深要求时，光缆应敷设在管沟底部。</p> <p style="text-align: center;"><b>表 3.1.6 光缆（硅芯管）敷设深度</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>敷设地段及土质</th> <th>光缆（硅芯管）埋深 (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>普通土、硬土</td> <td>≥ 1.2</td> </tr> <tr> <td>砂砾土、半石质、风化石</td> <td>≥ 1.0</td> </tr> <tr> <td>全石质、流砂</td> <td>≥ 0.8</td> </tr> <tr> <td>市区、村镇</td> <td>≥ 1.2</td> </tr> <tr> <td>市区人行道</td> <td>≥ 1.0</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">公路边沟</td> <td>石质（卵石、软石）</td> <td>边沟设计深度以下 0.4</td> </tr> <tr> <td>其他土质</td> <td>边沟设计深度以下 0.8</td> </tr> <tr> <td>公路路侧</td> <td>≥ 0.8</td> </tr> <tr> <td>穿越铁路（距路基面）、公路（距路面基底）</td> <td>≥ 1.2</td> </tr> <tr> <td>沟渠、水塘</td> <td>≥ 1.2</td> </tr> <tr> <td>河流</td> <td>按水底光缆要求</td> </tr> </tbody> </table>	敷设地段及土质	光缆（硅芯管）埋深 (m)	普通土、硬土	≥ 1.2	砂砾土、半石质、风化石	≥ 1.0	全石质、流砂	≥ 0.8	市区、村镇	≥ 1.2	市区人行道	≥ 1.0	公路边沟	石质（卵石、软石）	边沟设计深度以下 0.4	其他土质	边沟设计深度以下 0.8	公路路侧	≥ 0.8	穿越铁路（距路基面）、公路（距路面基底）	≥ 1.2	沟渠、水塘	≥ 1.2	河流	按水底光缆要求	《输油（气）管道同沟敷设光缆（硅芯管）设计及施工规范 SY/T4108 第 3.1.6 条，4	同沟敷设 40 芯通信光缆，与已建光缆保持一致。通信光缆置于绝缘支架顶部，埋深大于 1.2m，管道局部埋深 9.7~11.4m。	符合
敷设地段及土质	光缆（硅芯管）埋深 (m)																												
普通土、硬土	≥ 1.2																												
砂砾土、半石质、风化石	≥ 1.0																												
全石质、流砂	≥ 0.8																												
市区、村镇	≥ 1.2																												
市区人行道	≥ 1.0																												
公路边沟	石质（卵石、软石）	边沟设计深度以下 0.4																											
	其他土质	边沟设计深度以下 0.8																											
公路路侧	≥ 0.8																												
穿越铁路（距路基面）、公路（距路面基底）	≥ 1.2																												
沟渠、水塘	≥ 1.2																												
河流	按水底光缆要求																												
4	<p>光缆在季节性冻土层中敷设时，应增加埋深到最大冻土深度以下或采用适宜在冻土区域敷设的特种光缆。</p> <p>光缆线中通过有鼠害、蚁害等灾害地区应采取相应的防护措施。</p>	《输油（气）管道同沟敷设光缆（硅芯管）设计及施工规范》SY/T4108 第 3.3.4、3.3.5、3.3.6 条	光缆在套管内敷设，绝缘支架顶部，埋深大于 1.2m，管道局部埋深 9.7--11.4m。位于冻土层以下。	符合																									
三	防腐与保温																												

1	输气管道应采取防腐层与阴极保护联合防腐控制措施。	GB50251-2015 4.3.1	该项目管道拟采用三层 PE 加强级防腐层。输气管线采用强制电流为主的阴极保护方式。	符合
2	用钢套管穿越公路的管段，对管道阴极保护形成屏蔽作用时，应增加牺牲阳极保护。	GB50423-2013 7.1.4	迁改管线拟设置测试桩。	符合
3	埋地油气长输管道、油气田外输管道和油气田内集输干线管道应采用阴极保护；其他埋地管道宜采用阴极保护。	GB/T21448-2017 4.1.1	该项目管道拟采用防腐层加阴极保护的联合防护措施。本段工程管线拟设 2 个智能测试桩，测试桩设置在改线的起点、终点处。	符合

根据检查结果，本单元共检查 10 项，均符合要求。

## 6 安全管理

### 6.1 安全管理机构设置

该项目工程属于山东中世天然气有限公司，公司设置了安监部作为专门的安全管理机构。公司已成立了巡线队，巡线工人有 15 人，该项目不再新增巡线人员，依托公司原有的巡线队进行巡线。为保证管线投运后安全高效地运行，本工程配备巡线抢修应急通信系统，为管线的日常巡线和处理紧急情况提供语音通信。根据沿线移动电话网的覆盖情况，配备 5 部无线防爆对讲机和带导航功能的巡检仪 2 部。但是该公司未配备管线电子巡查系统，已在第 7 章对生产运行的建议里提出公司应配备管线电子巡查系统的建议。

### 6.2 人员编制与安全管理机构设置

该项目主要负责人及安全管理人員均在烟台应急局进行了培训，并主要负责人和安全管理人員的资格证书，并定期进行复审。安全管理人員取证情况见表6.2-1。

涉及企业机密，不予公开

### 6.3 安全生产责任制及安全管理

该项目安全生产责任制及安全管理制度见表6.3-1~6.3-2。

涉及企业机密，不予公开

### 6.4 个体安全防护用品配备

根据《个体防护装备配备规范 第 2 部分：石油、化工、天然气》（GB39800.2-2020），结合员工岗位配备个体防护用品。具体配备如下：

涉及企业机密，不予公开

### 6.5 抢维修机构设置及设备设施配备

该项目未设置抢维修队，该项目管道日常维护及检修任务，主要依托原公司检修维修队伍完成。

公司与中石化工程建设有限公司签订了抢维修服务协议，重大维修和抢修任务由中石化工程建设有限公司完成。中石化工程建设有限公司抢维修作业队配备了相关人员及抢修设备。公司配备的抢修设备统计如下。

涉及企业机密，不予公开

## 6.6 安全投入

该项目安全措施投资约为 x 万元，该项目总投资 xx 万元，约占项目总投资的 2.2%，满足相关要求。

表 6.6-1 安全设施一览表

类别		主要安全设施
安全防护	个体防护	头部防护（安全帽、耳塞、眼镜、口罩）和身体防护（工作服、手套、鞋）、空气呼吸器
	安全警示标志	危险区警示标志、三桩、逃生避难标志、风向标等
	雷电、静电防护	防雷设施、防静电设施
防火防爆	安防系统	周界报警系统、视频监控、电子巡查及巡检系统
	防腐与阴极保护	防腐层漏点检测仪、测试桩
应急处置	应急装备及设施	抢修设施、攀登器材、应急人员装备

## 6.7 外部依托力量

该项目管道日常维护及检修任务，主要依托原公司检维修队伍完成。

公司与中石化工建设有限公司签订了抢维修服务协议，重大维修和抢修任务由中石化工建设有限公司完成。中石化工建设有限公司抢维修作业队配备了相关人员及抢修设备。

该项目距离龙矿中心医院 11km，一旦发生大规模事故 17min 可到达现场，距离龙口市电厂路消防救援站约 19km，一旦发生大规模事故 30min 内可到达现场，周边依托的救援力量能够满足要求。

## 6.8 安全管理符合性检查

该项目安全管理的安全检查表的内容依据《中华人民共和国安全生产法》、《中华人民共和国石油天然气管道保护法》（中华人民共和国主席令第 30 号）、《山东省生产经营单位安全生产主体责任规定》等法律、标准规范的有关条款对该项目建成后运营单位的安全管理状况进行检查评价。检查内容及结果见下表。

表6.7- 1 安全管理单元安全检查表

序号	检查内容	检查依据	检查记录	结论
一	安全生产管理机构设置和安全管理人員配备			

序号	检查内容	检查依据	检查记录	结论
1.	<p>矿山、金属冶炼、建筑施工、道路运输单位和危险物品的生产、经营、储存单位，应当设置安全生产管理机构或者配备专职安全生产管理人员。</p> <p>前款规定以外的其他生产经营单位，从业人员超过一百人的，应当设置安全生产管理机构或者配备专职安全生产管理人员；从业人员在一百人以下的，应当配备专职或者兼职的安全生产管理人员。</p>	《中华人民共和国安全生产法》第二十四条	该项目由山东中世天然气有限公司负责管理，公司设有专门的安全管理机构。公司配备了专职的安全生产管理人员。	符合
2.	<p>生产经营单位是安全生产的责任主体，对本单位的安全生产承担主体责任。主体责任主要包括组织机构保障责任、规章制度保障责任、物质资金保障责任、教育培训保障责任、安全管理保障责任、事故报告和应急救援责任。</p>	《山东省生产经营单位安全生产主体责任规定》第四条	该公司建立了安全生产责任制度，制定了安全生产规章制度，能够根据安全生产规章制度执行。	符合
3.	<p>生产经营单位应当推进安全生产技术进步，采用新工艺、新技术、新材料、新装备并掌握其安全技术特性，及时淘汰陈旧落后及安全保障能力下降的安全防护设施、设备与技术，不得使用国家明令淘汰、禁止使用的危及生产安全的工艺、设备。</p>	《山东省生产经营单位安全生产主体责任规定》第十九条	该项目不使用国家明令淘汰、禁止使用的危及生产安全的工艺、设备。	符合
4.	<p>生产经营单位的主要负责人、分管安全生产的负责人或者安全总监、安全生产管理人员，应当具备与所从事的生产经营活动相适应的安全生产知识和管理能力。</p> <p>高危生产经营单位的主要负责人、分管安全生产的负责人或者安全总监、安全生产管理人员，应当经过培训，并由负有安全生产监督管理职责的主管部门对其安全生产知识和管理能力考核合格。考核不得收费。</p> <p>特种作业人员应当按照国家有关规定，接受与其所从事的特种作业相应的安全技术理论培训和实际操作培训，取得特种作业相关资格证书后，方可上岗作业。</p>	《山东省生产经营单位安全生产主体责任规定》第二十五条	主要负责人和安全生产管理人员均参加了主管部门培训并取得了资格证。	符合
二	安全生产管理规章制度制定和执行			

序号	检查内容	检查依据	检查记录	结论
5.	生产经营单位必须遵守本法和其他有关安全生产的法律、法规，加强安全生产管理，建立健全全员安全生产责任制和安全生产规章制度，加大对安全生产资金、物资、技术、人员的投入保障力度，改善安全生产条件，加强安全生产标准化、信息化建设，构建安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制，健全风险防范化解机制，提高安全生产水平，确保安全生产。	《中华人民共和国安全生产法》第四条	建立了安全生产责任制度，制定了安全生产规章制度并严格执行。	符合
6.	安全设备的设计、制造、安装、使用、检测、维修、改造和报废，应当符合国家标准或者行业标准。 生产经营单位必须对安全设备进行经常性维护、保养，并定期检测，保证正常运转。 维护、保养、检测应当作好记录，并由有关人员签字。	《中华人民共和国安全生产法》第33条	具有安全检查制度和检查记录。	符合
7.	用人单位必须建立、健全劳动安全卫生制度，严格执行国家劳动安全卫生规程和标准，对劳动者进行劳动安全卫生教育，防止劳动过程中的事故，减少职业危害。	《中华人民共和国劳动法》第五十二条	建立、健全了一系列安全管理制度，对员工进行安全教育。	符合
8.	国家建立伤亡事故和职业病统计报告和处理制度。县级以上各级人民政府劳动行政部门、有关部门和用人单位应当依法对劳动者在劳动过程中发生的伤亡事故和劳动者的职业病状况，进行统计、报告和处理。	《中华人民共和国劳动法》第五十七条	建立了事故报告制度	符合
三	安全操作规程制定和执行			
9.	生产经营单位的主要负责人组织制定并实施本单位安全生产规章制度和操作规程。	《中华人民共和国劳动法》第五十七条	公司已建立了安全生产规章制度和操作规程，员工能够按照操作规程进行操作。	符合
四	特种作业人员及其它从业人员的培训与取证			
10.	生产经营单位的特种作业人员必须按照国家有关规定经专门的安全作业培训，取得相应资格，方可上岗作业。特种作业人员的范围由国务院安全生产监督管理部门会同国务院有关部门确定。	《中华人民共和国安全生产法》第三十条	特种作业人员均持证上岗。	符合

序号	检查内容	检查依据	检查记录	结论
11.	生产经营单位的特种作业人员，必须按照国家有关法律、法规的规定接受专门的安全培训，经考核合格，取得特种作业操作资格证书后，方可上岗作业。特种作业人员的范围和培训考核管理办法，另行规定。	《生产经营单位安全培训规定》第十八条	特种作业人员均持证上岗。	符合
12.	生产经营单位应当对从业人员进行安全生产教育和培训，保证从业人员具备必要的安全生产知识，熟悉有关的安全生产规章制度和安全操作规程，掌握本岗位的安全操作技能，了解事故应急处理措施，知悉自身在安全生产方面的权利和义务。未经安全生产教育和培训合格的生产经营单位接收中等职业学校、高等学校学生实习的，应当对实习学生进行相应的安全生产教育和培训，提供必要的劳动防护用品。学校应当协助生产经营单位对实习学生进行安全生产教育和培训。 生产经营单位应当建立安全生产教育和培训档案，如实记录安全生产教育和培训的时间、内容、参加人员以及考核结果等情况。格的从业人员，不得上岗作业。生产经营单位使用被派遣劳动者的，应当将被派遣劳动者纳入本单位从业人员统一管理，对被派遣劳动者进行岗位安全操作规程和安全操作技能的教育和培训。劳务派遣单位应当对被派遣劳动者进行必要的安全生产教育和培训。	《中华人民共和国安全生产法》第二十八条	对从业人员组织了教育和培训。	符合
13.	生产经营单位应当进行安全培训的从业人员包括主要负责人、安全生产管理人员、特种作业人员和其他从业人员。未经安全培训合格的从业人员，不得上岗作业。	《生产经营单位安全培训规定》第4条	主要负责人，安全生产管理人员、特种作业人员和其他从业人员均在规定的时间内培训并合格。	符合
14.	生产经营单位主要负责人和安全生产管理人员初次安全培训时间不得少于32学时。每年再培训时间不得少于12学时。 非煤矿山、危险化学品、烟花爆竹、金属冶炼等生产经营单位主要负责人和安全生产管理人员初次安全培训时间	《生产经营单位安全培训规定》第9条	培训满足规定要求。	符合
五	安全生产投入			



序号	检查内容	检查依据	检查记录	结论
15.	生产经营单位应当具备的安全生产条件所必需的资金投入，由生产经营单位的决策机构、主要负责人或者个人经营的投资人予以保证，并对由于安全生产所必需的资金投入不足导致的后果承担责任。 有关生产经营单位应当按照规定提取和使用安全生产费用，专门用于改善安全生产条件。安全生产费用在成本中据实列支。安全生产费用提取、使用和监督管理的具体办法由国务院财政部门会同国务院安全生产监督管理部门征求国务院有关部门意见后制定。	《中华人民共和国安全生产法》第二十三条	该项目安全措施投资约为 x 万元，约占项目总投资的 2.2% 满足相关要求。	符合
六	从业人员劳动防护			
16.	用人单位应根据辨识的作业场所危害因素和危害评估结果，选择相应的个体防护装备。	《个体防护装备配备规范 第 2 部分：石油、化工、天然气》（GB39800.2-2020）第 6.1 条	该项目不涉及人员变动，公司对原有人员按要求发放劳动防护用品，配备符合要求。	符合
七	应急管理			
17.	应急组织机构及职责：明确生产经营单位的应急组织形式及组成单位或人员，可用结构图的形式表示，明确构成部门的职责。应急组织机构根据事故类型和应急工作需要，可设置相应的应急工作小组，并明确各小组的工作任务及职责。	《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》GB/T29639-2020 第 6.3 条	明确了应急组织的组织形式并确定了构成单位人员及各机构职责。	符合
18.	通信与信息保障：明确与可为本单位提供应急保障的相关单位或人员通信联系方式和方法，并提供备用方案。同时，建立信息通信系统及维护方案，确保应急期间信息通畅。	《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》GB/T29639-2020 第 6.8.1 条	预案中明确了提供应急保障的相关单位及人员的通信联系方式，建立了有效的通信保障手段。	符合
19.	应急预案演练：明确生产经营单位不同类型应急预案演练的形式、范围、频次、内容以及演练评估、总结等要求。	《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》GB/T29639-2020 第 6.9.2 条	明确应急演练的规模、方式、频次、范围、内容、组织、评估、总结等。	符合

序号	检查内容	检查依据	检查记录	结论
20.	生产经营单位的应急预案体系主要由综合应急预案、专项应急预案和现场处置方案构成。生产经营单位应根据本单位组织管理体系、生产规模、危险源的性质以及可能发生的事故类型确定应急预案体系，并可根据本单位的实际情况，确定是否编制专项应急预案。风险因素单一的小微型生产经营单位可只编写现场处置方案。	《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》 GB/T29639-2020 第5.1 条	应急预案体系由综合应急预案、专项应急预案和现场处置方案构成。	符合
21.	综合应急预案是生产经营单位应急预案体系的总纲，主要从总体上阐述事故的应急工作原则，包括生产经营单位的应急组织机构及职责、应急预案体系、事故风险描述、预警及信息报告、应急响应、保障措施、应急预案管理等内容。	《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》 GB/T29639-2020 第 5.2 条	编制的综合应急预案包括了应急组织机构及职责、应急预案体系、事故风险描述、预警及信息报告、应急响应、保障措施、应急预案管理等内容。	符合
22.	专项应急预案是生产经营单位为应对某一类型或某几类事故，或者针对重要生产设施、重大危险源、重大活动等内容而制定的应急预案。专项应急预案主要包括事故风险分析、应急指挥机构及职责、处置程序和措施等内容	《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》 GB/T29639-2020 第 5.3 条	根据本公司的生产运行实际、危险源性质等编制了1.火灾爆炸事故专项应急预案、2.天然气泄漏事故专项应急预案，专项应急预案包括事故风险分析、应急指挥机构及职责、处置程序和措施等内容。	符合
23.	现场处置方案是生产经营单位根据不同事故类别，针对具体的场所、装置或设施所制定的应急处置措施，主要包括事故风险分析、应急工作职责、应急处置和注意事项等内容。生产经营单位应根据风险评估、岗位操作规程以及危险性控制措施，组织本单位现场作业人员及相关专业人员共同进行编制现场处置方案。	《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》 GB/T29639-2020 第 5.4 条	根据不同和风险事故类别，编制了天然气火灾爆炸、中毒窒息、触电、机械伤害、起重伤害、坍塌、车辆伤害、物体打击等现场处置方案。	符合

根据检查结果，本单元共检查 23 项，均符合要求。

## 7 结论与建议

### 7.1 结论

#### 7.1.1 建设单位的合法性

山东中世天然气有限公司经营范围为：建设、经营输气管道及相应库站；输配、销售和供应天然气、液化石油气、代天然气、其它燃气（凭许可证经服务）；生产经销有关燃气设备，提供有关燃气应用的技术服务；参与其它相关项目的开发。（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动）。建设单位经营范围符合要求。

#### 7.1.2 采用国内首次使用的新工艺、新技术、新材料、新设备的安全可靠性

该项目不涉及国内首次使用的工艺；不涉及采用带有研发性质，未经鉴定、未经过工程实践验证的新技术、新工艺、新设备、新材料。

#### 7.1.3 管道路由、站场选址的合规性

该项目管道路由选择合理，路由走向、管道敷设及附属设施的设置符合《输气管道工程设计规范》（GB50251-2015）等规范的要求。

#### 7.1.4 选用的主要技术、工艺的安全可靠性

该项目采用长输管道常温密闭输送天然气工艺，作为一种先进的运输方式，具有铁路、公路等运输方式无法比拟的优势，是目前国内外长输管道通用的工艺技术，并且设计中采用了合理的穿越方式，采取了三层PE+阴极保护的防腐措施，控制系统、紧急停车系统依托管线原有，可以满足该项目的安全运行。

#### 7.1.5 危险有害因素识别的全面性，提出的安全对策与建议的可行性

该项目从危险有害物质、自然与社会环境、线路工程、公用工程等方面辨识了危险有害因素，分析了建设项目相互影响，总体而言，危险有害因素辨识较为全面。在危险有害因素辨识的基础上，结合单元评价，对方案设计文件中未提及的安全措施提出了补充安全对策措施建议，总体上是可行的。经过设计单位和施工单位严格执行国家有关的法律、法规、标准和规范进行设计和施工及甲方对该项目全过程的监督和管理，可以预期该项目影响风险是可接受的。

#### 7.1.6 应急处置方案编制建议的可行性

该企业根据公司的生产运行实际、危险源性质等编制了火灾爆炸事故专项应急

预案、天然气泄漏事故专项应急预案，专项应急预案包括事故风险分析、应急指挥机构及职责、处置程序和措施等内容。企业应急预案应按照《山东省生产安全事故应急办法》（山东省政府令 341 号）、结合《生产经营单位生产安全事故应急预案评估指南》（AQ/T9011-2019）定期对应急预案进行评估，定期开展现场应急演练，及时发现问题，不断完善现场应急处置方案。

### 7.1.7 结论

综上所述，评价组认为：山东中世天然气有限公司大莱龙铁路天然气管道迁改工程项目符合法律法规、标准规范规定的安全生产要求，满足安全运行条件。

## 7.2 建议

### 7.2.1 对安全设施设计的建议

（1）建议管道的安全保护设施应当与管道主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用；

（2）根据《输气管道工程设计规范》GB50251-2015 第 5.1.4 条，输气管道径向稳定校核应符合第 5.1.4 条中表达式的要求，当管道埋设较深或外荷载较大时，应按无内压状态校核其稳定性。

（3）根据《油气输送管道穿越工程设计规范》GB50423-2013 第 7.1.2 条在穿越公路的套管内，输送管道不应设置水平或竖向弯管。

（4）根据《油气输送管道穿越工程设计规范》GB50423-2013 第 7.1.6 条，油气管道与公路宜垂直交叉，在特殊情况下，交角不宜小于 30°，油气管道与公路桥梁交叉时，在对管道采取防护措施后，交叉角可小于 30°，防护长度应满足公路用地范围以外 3m 的要求。

（5）根据《输气管道工程设计规范》GB50251-2015 第 4.6.4 条，建议阴极保护管道应与非保护构筑物电绝缘。在绝缘接头或绝缘法兰的连接设施上应设置防高压电涌冲击的保护设施。

（6）根据《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB/T21448-2017 第 4.1.3 条，建议阴极保护工程应与主体工程同时勘察、设计、施工和投运。当阴极保护系统在管道埋地三个月内不能投运时，应采取临时阴极保护措施保护管道；在强腐蚀性土壤环境中，应在管道埋地时施加临时阴极保护措施；临时阴极保护措施应维持至永久阴极保护系统投运；对于受到直流杂散干扰影响的管道，阴极保护系统及排流保护措施应在三个月之内投运。

(7) 《钢质管道外腐蚀控制规范》GB/T21447-2018 第 7.2.3 条, 建议当调整被干扰管道的阴极保护系统不能减轻干扰影响时, 应采取排流保护及其他防护措施。

(8) 根据《油气管道线路标识设置技术规范》SY/T6064-2017 第 5.4 条: 埋地管道与其他地下设施(如其他管道、电缆、光缆、暗渠)交叉时, 应在交叉处设置相应的标识。

(9) 根据《油气输送管道并行敷设技术规范》SY/T7365-2017 第5.7.1 条: 并行管道的标志桩、警示牌等标识应分别设置。每条管道的标志桩位置应准确, 标识应清晰、醒目、便于区分。对于同沟敷设段、穿跨越段的标识, 宜设置在同一地点。同沟敷设段的标志桩应设置在管道中心线上方, 并适当加密。

(10) 根据《油气输送管道并行敷设技术规范》SY/T7365-2017 第 5.7.2 条: 并行管道在每条管道管顶上方 0.5m 处应埋设耐腐蚀材料的标识带。标识带宽度不应小于管道直径。标识带在颜色上应有明显区别, 并注明管道名称、介质、管径、壁厚、压力等级、警示词语、联系电话等信息。

(11) 根据《油气管道地质灾害防护技术规范》(GB/T40702-2021) 要求, 建议企业在设计阶段对管道沿线已识别的地质灾害进行充分论证, 宜基于技术可行、安全、环境、经济合理等因素提出两个以上的工程防治方案, 并对这些方案进行分析论证和优选。

## 7.2.2 对施工单位的建议

(1) 施工单位资质、检验检测、管道建设使用的管道产品及其附件的质量, 应当符合国家技术规范的强制性要求等建议。

(2) 严格按照要求配备齐全各类保护设施、应急设施。建立有效的监测管理体系, 取得准确的运行资料, 作好统计数据分析, 施工过程中发现的缺陷应及时整改;

(3) 施工前, 施工单位应对穿越区块段的地下管线进行重新勘探, 对交叉点 5m 范围内的管线进行确认, 摸清其他管线的位置、埋深、直径, 避免相互影响, 了解准确的管位信息是施工安全的重中之重, 避免盲目施工;

(4) 在施工中可能发现不明管道、管沟、电缆或通讯线等, 应立即报告建设单位, 不得盲目处理, 野蛮作业, 防止对管线造成损坏, 造成物料泄漏, 或不合理地占压该管道, 造成在运行过程中发生管道破裂事故, 引发各类事故。必须确定管道基本情况、用途, 是否废弃后, 是否调整施工方案, 再进行施工;

(5) 施工单位应当对施工中可能导致损害的毗邻建筑物、构筑物和特殊设施等做好专项防护；

(6) 应当在作业前进行安全技术交底，被交底人员应当在书面交底上签字，并在施工中接受安全管理人员的监督检查；

(7) 严格施工规范，严格施工监理制度，并由有相应资质的监理单位对施工质量进行监督检验；

(8) 所有车辆、机械设备、吊装机械设备在运行作业过程中，均需要采取防止意外碰撞管道的安全措施；施工现场应作好隔离措施和安全警示措施，防止无关人员、车辆入内，以防不测事故发生；

(9) 施工单位完成合同规定内全部工程，并验收合格后，应及时与建设单位办理交工手续，工程交工验收前，施工单位应按照规定向建设单位提供技术文件；

(10) 确定以项目经理为第一安全生产责任人，执行安全生产责任制，明确各人职责，制定有效的安全教育培训制度、安全检查制度，并严格落实执行；

(11) 开工前必须对施工班组进行安全技术交底，并对全体施工人员进行健康、安全、环保教育。施工人员上岗前必须经过培训、持证上岗，并为从业人员配备劳动防护用品；

(12) 做好施工作业人员的 HSE 教育培训，增强员工的安全、环保意识和责任心，杜绝“三违”事件的发生；

(13) 施工队应根据《危险化学品企业特殊作业安全规范》GB30871-2022 的要求，在动火作业、临时用电作业、破土等特殊作业前应对作业现场和作业过程中可能存在的危险有害因素进行辨识，开展作业危害分析，制定相应的安全风险管控措施。

在动火作业等特殊作业前应办理特殊作业许可证，节假日或异常气象条件下作业许可证应升级管理；动火作业应有专人监护和视频监控，作业前应清除动火现场及周围的易燃物品，或采取其他有效安全防火措施，并配备消防器材，满足作业现场应急需求。动火作业前应进行气体分析，气体分析取样时间与动火作业开始时间间隔不应超过 30 min。

(14) 应熟悉设计文件和技术规范，进行施工环境调查及现场复查，编新旧工程对接时应编制详细的作业方案，确保工程质量和人员安全。

### 7.2.3 对生产运行的建议

(1) 加强建设投产初期的运行安全管理，如加强施工监督，尽量避免砂粒、泥

土等杂质进入管道；在管道施工或清管时，增加管道的吹扫与清管次数，降低管内砂粒、泥土等杂质的残存量；

(2) 依照《油气输送管道完整性管理规范》的规定，新建管道在投用后3年内应完成完整性评价。同时，应分析检测结果，建立管道检测档案，原始数据及数据分析结果应存档；

(3) 强化隐患整改的管理，疏通隐患整改渠道，系统中存在的诸多危险因素和事故隐患，是导致发生事故的直接因素，消除隐患，提高设备本质安全状况是有效预防事故的根本途径；

(4) 建议运营单位与管道沿线依托的消防、医疗、抢险等相关单位建立应急救援联动机制，并定期进行应急演练；

(5) 建议山东中世天然气有限公司后续依据相关法律法规制定安全生产管理制度和安全操作规程并随流程变化随时更新；

(6) 建议山东中世天然气有限公司的主要负责人和安全管理人员应当制实施性施工组织设计。实施性施工组织设计宜包括：编制说明，施工组织机构，施工总平面布置，施工方案，临时工程施工图，资源计划，总进度计划，质量管理，安全生产，环境保护等内容；

(7) 应建立第三方施工管理程序。任何管道交叉处或管道中心线两侧5m内的施工活动都应纳入第三方施工管理程序，按照有关要求办理相关手续，对5m范围外可能对管道造成影响的施工也宜密切关注。对已与第三方建立联系的施工，如施工活动侵入了管道通行带，应在施工活动开始前对管道准确定位，设置临时标识，并在施工活动损坏或覆盖标识后及时维护，直到施工活动结束；

(8) 工作现场应做好防火措施，设置专人监护，将工作区域内的可燃物清理干净，工作现场配备好足够的灭火器材，每天作业完毕，将作业场地清理干净，易燃、易爆、危废物品应移至规定地点；

(9) 对可能产生静电危害的工作场所，应配置个人防静电防护用品；

(10) 制定现场应急救援预案，配备必要的应急救援设施、个体防护用品，急救箱、加强作业人员自救互救技术培训，提高作业人员自我保护意识及自救互救能力；

(11) 根据《报废油气长输管道处置技术规范》要求，施工单位在对原管道报废前应收集原管道资料，与建设单位充分沟通后明确废弃管道处置方式，制定报废管道处置方案。

(12) 在对原管道进行废弃处置时，对于穿越公路且具备拆除条件的管段宜采取拆除措施，管道废弃处理过程中应按照规定做好管道内部残留物清理工作。

(13) 弃置管道分段隔离可采用焊接封头、盲板或者管塞等方式进行，分段隔离材料应满足环保、防水、防渗透、耐老化、不可压缩、防腐蚀等性能要求。

(14) 建议山东中世天然气有限公司对从业人员进行安全教育培训；主要负责人和安全管理人員由主管的负有安全生产监督管理职责的部门对其安全生产知识和管理能力考核合格并持证上岗；

(17) 建议山东中世天然气有限公司的特种作业人员必须按照国家有关规定经专门的安全作业培训，取得相应资格，方可上岗作业；

(16) 建议山东中世天然气有限公司应保障安全生产的有效投入，加强安全设施、器材以及劳动防护用品的管理、妥善保存和完善各类安全资料管理，加强生产场所安全标志的使用和管理，对上岗人员提供符合要求的个人防护用品；

(17) 建议山东中世天然气有限公司按照《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》（GB/T29639-2020）、《生产安全事故应急预案管理办法》（应急部 2 号令修订）、《山东省生产安全事故应急办法》（山东省政府令第 341 号）的要求定期评估应急预案，做到随时更新、随时修订，也要加强与周边单位组织的安全协作关系。使得预案在发生紧急情况时真正起到应有的作用；

(18) 管道企业应当建立、健全管道巡护制度，配备专门人员对管道线路进行日常巡护。管道巡护人员发现危害管道安全的情形或者隐患，应当按照规定及时处理和报告；

(19) 管道企业应当定期对管道进行检测、维修，确保其处于良好状态；对管道安全风险较大的区段和场所应当进行重点监测，采取有效措施防止管道事故的发生；

(20) 管道企业应当配备管道保护所必需的人员和技术装备，研究开发和使用先进适用的管道保护技术，保证管道保护所必需的经费投入，并对在管道保护中做出突出贡献的单位和个人给予奖励；

(21) 建议企业管道建立电子巡检系统，定期对管道进行巡查，对应急器材进行维护保养；

(22) 管道企业应当制定本企业管道事故应急预案，并报管道所在地县级人民政府主管管道保护工作的部门备案；配备抢险救援人员和设备，并定期进行管道事故应急救援演练；



(23) 管道泄漏的天然气和因管道抢修排放的天然气造成环境污染的，管道企业应当及时治理等；

(24) 建议重点关注主体管道、设备防腐层不均匀、涂层老化或防腐层破损，会影响管道及设备的使用寿命，加剧管道局部腐蚀，发生穿孔泄漏事故，遇明火则可能导致火灾爆炸事故；

(25) 建议定期检测阴极保护装置防止发生因阴极保护装置失效或阴极保护电位达不到规范值，管线腐蚀加速，降低管道使用寿命，增加腐蚀穿孔的几率，发生穿孔泄漏事故，严重时则可能导致火灾爆炸事故；

(26) 该项目涉穿越管道，采用套管穿越公路时，套管长度宜伸出路堤坡脚、排水沟外边缘不小于 2m；当穿过路堑时，应长出路堑顶不小于 5m。被穿越的公路有扩建规划时，应按照扩建后的情况确定套管长度；

(27) 建议管沟回填后，应恢复原地貌，并保护耕植层，防止水土流失和积水；

(28) 建议企业在生产运行中禁止使用易产生火花的机械设备和工具；

(29) 建议根据《天然气管道运行规范》第 6.3 条的规定，该项目应编制试运投产方案，报相关单位和主管部门批准后实施，并应先进行模拟演练，以确保投产安全；

(30) 加强建设投产初期的运行安全管理，如加强施工监督，尽量避免砂粒、泥土等杂质进入管道；在管道施工或清管时，增加管道的吹扫与清管次数，降低管内砂粒、泥土等杂质的残存量；完善汇管和分离器的排污方案，定期对设备进行保养护；

(31) 建议企业加强干扰防护排流设施的管理，管道运行后进行详细的测试、评估；

(32) 建议管道防腐层严格执行《埋地钢质管道聚乙烯防腐层》

(GB/T23257-2017)。管道除锈等级达到《涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的目视评定 第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T8923-2011 规定的 Sa2.5 级；

(33) 采用套管穿越公路时，套管内径应大于输送管道外径 300mm 以上；

(34) 建议管沟边坡坡度根据土壤类别、物理力学性质(如黏聚力、摩擦角、湿度、容重等)、边坡顶部附近载荷情况和管沟开挖深度综合确定。当无上述土壤的物理性质资料时，对土壤构造均匀、无地下水、水文地质条件良好、深度不大于 5m 且不加支撑的管沟，其边坡坡度值可按 GB50251 表 4.3.3 确定。深度超过 5m 的管沟，应根据实际情况可采取将边坡放缓、加筑平台或加设支撑；

(35) 建议阴极保护管道应与非保护构筑物电绝缘。在绝缘接头或绝缘法兰的连接设施上应设置防高压电涌冲击的保护设施；

(36) 建议企业建立地质灾害巡检机制，对地质灾害易发区定期巡检，并进行记录；

(37) 管道运营后应开展地质灾害基线调查，宜在管道投产前或投产后的第一个水文年内完成；

(38) 管道正式运营后企业应择机开展地质灾害周期调查，地质灾害易发区周期调查宜每3年~5年一次，非易发区周期调查可调整至每5年~8年一次。当发生极端气候、强震等导致管道沿线工程地质条件发生变化、造成地质灾害易发性显著增加时，宜立即开展地质灾害周期调查。

## 8 与建设单位交换意见

本评价报告是以《山东中世天然气有限公司大莱龙铁路天然气管道迁改工程》申请报告和相关技术资料为依据，结合现场考察并咨询项目建设单位相关技术人员，在报告编制的过程中就项目情况与山东中世天然气有限公司进行多次交流，在此基础上编制完成了评价报告。报告编制完成后及时反馈给建设单位征求相关意见，建设单位于2023年8月10日对报告进行了内审，经过评审建设单位“对该报告符合项目实际，对报告无异议”，内审意见见附件。评价单位与建设单位交换意见表见附件。

表 8.1-1 评价单位与建设单位交换意见表

序号	交换意见的项目		建设单位意见	备注
1	评价对象和范围	是否符合合同的约定	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
2	建设项目的资料	是否真实可靠	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
3	建设项目的描述	是否符合企业的实际	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
4	危险有害因素的分析	是否符合项目的实际	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
5	危险有害程度的分析	是否符合项目的实际	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
6	建设项目安全条件分析	是否符合实际和客观公正	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
7	建设项目安全生产条件分析	是否符合实际和客观公正	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
8	安全可靠性分析	是否符合建设项目的实际和客观公正	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
9	安全对策措施建议	是否符合建设项目实际、遵循针对性、技术可行性和经济合理性	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
10	评价结论	是否客观、公正、真实，是否符合企业的实际	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
11	安全评价过程	是否公正、客观和独立。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
评价机构与建设单位不一致的意见及理由说明				
企业确认：  （盖章）  年 月 日				

## 9 附件

### 附件1

- (1) 安全评价委托书
- (2) 安全评价单位资质复印件
- (3) 项目工程规划意见复印件
- (4) 项目管线迁改工程核准批复复印件
- (5) 建设工程规划许可证
- (6) 交通运输涉路工程建设许可证
- (7) 建设单位营业执照复印件
- (8) 项目申请报告、工程设计单位资质证书
- (9) 天然气组份检测报告
- (10) 内审意见
- (11) 安全条件审查专家组意见
- (12) 专家组意见修改说明

### 附件 2

- (1) 管道线路走向平面图
- (2) 管线平纵图

## 安全评价委托书

山东实华安全技术有限公司：

根据有关法律法规要求，现委托贵单位对我单位大莱龙铁路天然气管道迁改工程项目进行安全预评价，为确保安全评价工作客观、公正、科学，我单位承诺如下，并承担相应的法律责任：

- 1、所提供的证照、文件资料真实、完整、合法；
- 2、遵守现行适用的安全生产法律、法规、标准规程及其他要求；
- 3、承诺对评价过程中发现的安全隐患进行整改，并按照报告提出的安全防范措施建议进行落实；
- 4、为评价工作的顺利开展提供便利条件，并遵守双方的保密承诺。

山东中世



## 山东中世天然气有限公司 大莱龙铁路天然气管道迁改工程 安全条件审查专家组意见

根据建设单位申请，依据《中华人民共和国安全生产法》《危险化学品建设项目安全监督管理办法》（原国家安监总局令第45号，第79号修订）、《山东省〈危险化学品建设项目安全监督管理办法〉实施细则》（鲁安监发〔2018〕17号）等有关法律、法规、文件的要求，龙口市应急管理局于2023年8月25日组织网络视频会议（腾讯会议号：234-190-470），对山东中世天然气有限公司大莱龙铁路天然气管道迁改工程安全条件进行审查，会议邀请5名专家组成审查专家组（名单附后）。建设单位山东中世天然气有限公司、评价单位山东实华安全技术有限公司、项目申请报告编制单位山东华元工程科技有限公司等单位代表参加了审查会。与会人员听取了建设单位关于项目情况的介绍，评价单位汇报了安全评价报告编制情况，专家组经过讨论、审议，形成如下审查意见：

一、建设单位已提交《危险化学品建设项目安全条件审查申请书》、安全评价报告、企业法人营业执照、《烟台市行政审批服务局关于大莱龙铁路天然气管道迁改工程核准的批复》（烟审批投〔2023〕92号）、龙口市自然资源和规划局出具的《关于大莱龙铁路天然气管道迁改路由的规划意见》（龙自然资规函〔2023〕36号）、龙口市行政审批服务局出具的《建设工程规划许可证》

(建字第 370681202301009 号)、《交通运输涉路工程建设许可证》(龙审批社许〔2023〕(交通公路)字第(2005)号),提交的资料齐全,符合国家和省、市的有关规定。

二、由于大莱龙铁路进行封闭式电气化改造,黄招路与铁路平交的路口需要改为立交,黄招路下穿铁路后造成原天然气管道悬空,需要进行迁改。

三、大莱龙铁路天然气管道迁改工程,起点位于黄招路东已建中世天然气调压站西侧,终点止于大莱龙铁路东侧约 45m 处,中间下穿穿越黄招路。管道采用 D406.4×7.9 直缝埋弧焊钢管,材质为 L360M、加强级 3PE 防腐、设计压力 4.0MPa,迁改管道长度约 220m;项目总投资约为 180 万元。

四、安全评价报告的编制基本符合《陆上油气管道建设项目安全评价导则》(AQ/T3057-2019)的要求,专家组同意通过该工程安全条件审查,并对安全评价报告提出如下修改意见及建议:

1. 完善评价依据的法规及标准规范。
2. 完善管道迁改工程周边情况及管道相对位置关系说明。
3. 补充说明原管道情况介绍,核实输送天然气中的硫化氢含量,补充管道弹性敷设的校核结果。
4. 管道穿入预埋套管后,套管与管道之间的环隙应用细沙填充,端部应增设阴极保护测试桩。
5. 补充管道巡线方式、人员及电子巡查系统的配置情况。
6. 完善管道埋深、焊接、检测、清管、试压、防腐等检查内容。

7. 根据工程实际情况完善建议措施及设计图纸。

8. 专家组提出的其它意见和建议。

五、建设单位应按专家组的意见组织对安全评价报告的修订，并按规定程序上报。

专家组

2023年8月25日

大莱龙铁路天然气管道迁改工程

安全条件审查专家组签字表

姓名	单位	职称	签字
郭景洲	胜利油田分公司油气集输总厂	高工	
刘大成	烟台弘毅化工科技有限公司	高工	
李翔	万华化学集团股份有限公司	高工	
朱丽国	胜利油田检测评价研究有限公司	高工	
刘灵灵	胜利油田分公司技术检测中心	高工	



**山东中世天然气有限公司**  
**大莱龙铁路天然气管道迁改工程**  
**安全评价报告查意见修改说明**

根据《山东中世天然气有限公司大莱龙铁路天然气管道迁改工程安全评价报告查意见》对《山东中世天然气有限公司大莱龙铁路天然气管道迁改工程安全评价报告》情况如下表：

序号	专家组意见	修改情况说明
1	完善评价依据的法规及标准规范。	P2-9 完善了评价依据的法规及标准规范。
2	完善管道迁改工程周边情况及管道相对位置关系说明。	P15-16 完善了管道迁改工程周边情况及管道相对位置关系说明。
3	补充说明原管道情况介绍，核实输送天然气中的硫化氢含量，补充管道弹性敷设的校核结果。	P16-17 补充说明了原管道情况介绍，P13 核对了输送天然气中的硫化氢含量，P49 本工程都是使用热煨弯头，没有弹性敷设管道。
4	管道穿入预埋套管后，套管与管道之间的环隙应用细沙填实，端部应增设阴极保护测试桩。	P55 已补充了管道穿入预埋套管后，套管与管道之间的环隙应用细沙填实，P56 已补充端部增设阴极保护测试桩相关内容。
5	补充管道巡线方式、人员及电子巡查系统的配置情况。	P65 补充了管道巡线方式、人员及电子巡查系统的配置情况。
6	完善管道埋深、焊接、检测、清管、试压、防腐等检查内容。	P17、P57 完善了管道埋深、P57-58 完善了焊接、检测、清管、试压、防腐等检查内容。
7	根据工程实际情况完善建议措施及设计图纸。	P76-82 根据工程实际情况完善了建议措施，附件补充了符合要求的设计图纸。
8	专家组提出的其它意见和建议。	对专家组提出的其它意见和建议进行了修改和完善，见后面各专家意见修改说明。

山东实华安全技术有限公司

2023.8.31