



中华人民共和国安全生产行业标准

AQ 3057—2025
代替 AQ/T 3057—2019

陆上油气长输管道建设项目 安全预评价导则

Guide to pre-safety assessment of construction project for
onshore long-distance oil and gas transmission pipeline

2025-11-14 发布

2026-06-01 实施

中华人民共和国应急管理部 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 评价依据和评价范围	2
4.1 评价依据	2
4.2 评价范围	2
5 建设项目概况	2
5.1 基本情况	2
5.2 自然环境和社会环境	4
5.3 线路工程	5
5.4 站场工程	10
5.5 公用工程	11
6 评价单元划分与评价方法选择	12
6.1 评价单元划分	12
6.2 评价方法选择	13
7 危险有害因素辨识	13
7.1 输送介质	13
7.2 自然环境和社会环境	13
7.3 线路工程	13
7.4 站场工程	13
7.5 公用工程	13
7.6 建设项目相互影响	13
7.7 重大危险源辨识	13
7.8 辨识结果汇总	13
8 单元安全评价	14
8.1 通用要求	14
8.2 基本安全条件	14
8.3 线路工程	14
8.4 站场工程	15
8.5 公用工程	17
9 安全管理	17
9.1 安全管理机构设置	17
9.2 人员编制与安全管理人员设置	17
9.3 个体防护装备配备	17
9.4 抢修机构设置及设备配备	18

9.5	外部依托力量	18
9.6	应急管理	18
9.7	安全投入	18
10	结论与建议	18
10.1	结论	18
10.2	对安全设施设计的建议	18
10.3	对施工的建议	18
10.4	对生产运行的建议	18
11	与建设单位交换意见	18
12	附件与附图	19
12.1	附件	19
12.2	附图	19
13	报告编制结构与格式要求	19
13.1	结构与格式	19
13.2	纸张、排版	20
13.3	印刷	20
13.4	封装	21
附录 A (资料性)	主要安全设施	22
附录 B (资料性)	定量风险评估法	23
附录 C (规范性)	个人风险基准	44
附录 D (规范性)	安全预评价报告封面格式式样	45
附录 E (规范性)	安全预评价报告扉页格式式样	46
附录 F (规范性)	安全预评价报告评价人员名单格式式样	47
参考文献		48

前 言

本文件的全部技术内容为强制性。

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 AQ/T 3057—2019《陆上油气管道建设项目安全评价导则》，与 AQ/T 3057—2019 相比，主要技术变化如下：

- a) 删除了可行性研究报告编制单位资质的要求(见 2019 年版的 5.1.2)；
- b) 更改了重大危险源辨识及评价要求(见 7.7, 2019 年版的 7.7)；
- c) 增加了基本安全条件的相关内容(见 8.2)；
- d) 增加了Ⅲ级人员密集型高后果区管段开展定量风险评价的要求(见 8.3.3.2、附录 B 和附录 C)；
- e) 增加了站场区域布置、平面及竖向布置等相关要求(见 8.4.1 和 8.4.2)；
- f) 更改了站场定量风险评价要求(见 8.4.7, 2019 年版的 8.3.7)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国应急管理部提出，危险化学品安全监督管理二司业务管理、政策法规司统筹管理。

本文件由全国安全生产标准化技术委员会石油天然气开采安全分技术委员会(SAC/TC 288/SC 10)技术归口及咨询。

本文件起草单位：中国安全生产科学研究院、中国石油天然气管道工程有限公司、中国石油集团安全环保技术研究院有限公司、中石化(山东)检测评价研究有限公司、国家石油天然气管网集团有限公司、四川省安全科学技术研究院。

本文件主要起草人：张圣柱、魏利军、潘盼、汪文广、王向阳、王旭、曹旭、朱丽国、多英全、王如君、王金友、王志月、刘洋、杨国梁、师立晨、陈健翔、易高翔、杨鹏、赵连成、戴联双、冯文兴、李苗、罗禹、蒯念生、邵明明、胡春华、常维纯、曹涛、张杰、贾海东、尚臣。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2019 年首次发布为 AQ/T 3057—2019；

——本次为第一次修订。

陆上油气长输管道建设项目 安全预评价导则

1 范围

本文件规定了陆上油气长输管道建设项目可行性研究阶段安全预评价内容及其安全预评价报告(以下简称报告)编制的要求。

本文件适用于新建、改建、扩建的陆上油气长输管道建设项目的安全预评价。

本文件不适用于城镇燃气管道、油气田集输管道、机场内的航油管道、石油化工企业及石油库的厂际和厂内油气管道的建设项目的安全预评价。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB 18218 危险化学品重大危险源辨识
- GB 18306 中国地震动参数区划图
- GB/T 21447 钢质管道外腐蚀控制规范
- GB 32167 油气输送管道完整性管理规范
- GB 46767 陆上油气长输管道人员密集型高后果区辨识与管理
- GB 50061 66 kV 及以下架空电力线路设计标准
- GB 50183 石油天然气工程设计防火规范
- GB 50251 输气管道工程设计规范
- GB 50253 输油管道工程设计规范
- GB 50423 油气输送管道穿越工程设计规范
- GB/T 50459 油气输送管道跨越工程设计标准
- GB/T 50470 油气输送管道线路工程抗震技术规范
- GB 50545 110 kV~750 kV 架空输电线路设计规范
- GB/T 50698 埋地钢质管道交流干扰防护技术标准
- SY/T 6064 油气管道线路标识设置技术规范
- SY/T 7363 黄土地区油气输送管道线路设计规范
- SY/T 7364 多年冻土地区油气输送管道工程设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

安全设施 safety facilities

在生产经营活动中预防、控制、减少与消除事故影响的设备、设施、装备及其他技术措施的总称。

注：主要安全设施见附录 A。

3.2

人员密集型高后果区 **population intensive high consequence areas;PIHCAs**

人员聚集程度高,管道发生事故可能导致大量人员伤亡的区域。

4 评价依据和评价范围

4.1 评价依据

- 4.1.1 列出建设项目的有关行政许可和建设单位批复等支持性文件。
- 4.1.2 列出评价依据的现行法律法规规章,标明发布机构、令号和施行日期。
- 4.1.3 列出评价依据的现行规范性文件,标明发布机构、文号和施行日期。
- 4.1.4 列出评价依据的现行国家标准和行业标准,标明标准代号和年号。参考的国际标准标明版本号或标准代号。
- 4.1.5 列出与安全生产相关的地质灾害危险性评估、地震安全性评价、压覆矿产资源调查评估、防洪评价和航道通航条件影响评价等工作的开展情况。

4.2 评价范围

说明建设项目与上下游衔接的工程界面和评价界面,按照审批(核准、备案)文件确定评价范围;说明改建、扩建项目与在役管道的工程界面和评价界面。

5 建设项目概况

5.1 基本情况

- a) 说明建设单位的基本情况和经营范围。
- b) 列出安全评价机构的业务范围和资质。
- c) 列出建设(项目)单位与安全评价机构签订的安全预评价委托书。
- d) 涉及未通过安全条件审查的建设项目,列出历次安全条件审查意见及修改情况。
- e) 说明建设项目的的基本情况,包括但不限于以下内容:
- 1) 行政区划,依据 GB 50251、GB 50253 划分输气管道、液化石油气管道地区等级,站场和阀室的设置,总投资等,按照表 1~表 3 编写行政区划表、地区等级划分表以及站场和阀室设置表;

表 1 行政区划表

序号	省(自治区、直辖市)	市	县	长度 km
1				
小计				
2				
小计				
.....				
总计				

表 2 地区等级划分表

序号	省(自治区、直辖市)、 市、县、乡(镇)	地区等级	强度设计系数	壁厚 mm	长度 km	识别描述
1						
.....						

表 3 站场和阀室设置表

序号	站场/阀室 名称	站场等级	位置	里程 km	间距 km	高程 m	功能	地区等级
1								
.....								

- 2) 输送工艺和设计输量、管径、设计压力、管线长度、管材、设计温度等参数；
- 3) 输送介质的物性、组分，按照表 4～表 9 编写原油物性表、成品油物性表、天然气物性表、天然气组分表、液化石油气物性表和液化石油气组分表。

表 4 原油物性表

油品种类	API 相对密度	密度(20℃) t/m ³	凝点 ℃	水分 %	硫含量 m%	蜡含量 m%	运动黏度 mm ² /s	原油 类别	闪点 ℃	
××原油										
.....										

表 5 成品油物性表

油品种类		密度 t/m ³	闪点 ℃	干点 ℃	运动黏度 mm ² /s
汽油	92 号				
					
柴油	0 号				
					
.....					

表 6 天然气物性表

项目	密度 kg/m ³	高位发热量 MJ/m ³	低位发热量 MJ/m ³	硫化氢含量 mg/m ³	总硫含量 mg/m ³	烃露点 ℃	水露点 ℃	
××气源								
.....								

表 7 天然气组分表

mol 组分 %	C ₁	C ₂	C ₃	iC ₄	nC ₄	N ₂	CO ₂	H ₂	CO	H ₂ S	He
××气源											
.....											

表 8 液化石油气物性表

项目	密度 kg/m ³	饱和蒸气压 kPa	残留物	硫化氢含量 mg/m ³	总硫含量 mg/m ³	游离水	
××气源							
.....							

表 9 液化石油气组分表

mol 组分 %	C ₁	C ₂	C ₃	iC ₄	nC ₄	C ₅ 及 C ₅ 以上	
××气源							
.....							

5.2 自然环境和社会环境

5.2.1 自然环境

5.2.1.1 说明建设项目沿线的气象条件,并按照表 10 编写气象条件表。

表 10 气象条件表

序号	地名		气温 ℃			年降水量 mm			风速 m/s		年平均相 对湿度 %	最大相 对湿度 %	多年 平均 无日照数 h	多年 平均 年蒸发量 mm	季节 性冻土最大冻 深 cm	年雷 暴日 d/a
			多 年 平 均	极 端 最 高	极 端 最 低	多 年 平 均	最 多	最 少	多 年 平 均	主 导 风 向						
1	××省 (自治 区、直 辖市)	×× 市/县														
2		×× 市/县														
.....																

5.2.1.2 说明建设项目沿线的水文条件,并按照表 11 编写水文条件表。

表 11 水文条件表

序号	河流名称	所属水系	河流长度 km	流域面积 $\times 10^4 \text{ km}^2$	年径流量 $\times 10^8 \text{ m}^3$
1					
.....					

5.2.1.3 说明建设项目途经行政区划的地形地貌,并按照表 12 编写地形地貌统计表。

表 12 地形地貌统计表

序号	省(自治区、直辖市)	线路长度 km						
		平原	沟谷	丘陵	沟壑	山区	水网	
1								
.....								
总计								

5.2.2 社会环境

说明建设项目沿线人文、经济、交通条件等情况。

5.3 线路工程

5.3.1 管道本体

说明建设项目选用管道材质的主要技术参数、强度设计系数以及焊接与检验方式。

5.3.2 管道敷设

5.3.2.1 说明一般地段管道的敷设方式、管道埋深、管沟开挖、管道下沟及回填等内容。

5.3.2.2 说明顺坡敷设,沿沟谷敷设,沿山脊敷设,黄土、冻土地区敷设,石方段、爆破段敷设等特殊地段管道的敷设方式、管道埋深、管沟开挖、管道下沟及回填等内容。

5.3.2.3 采用横坡敷设的应说明其合理性,并按照表 13 编写横坡敷设统计表。

表 13 横坡敷设统计表

序号	省(自治区、直辖市)、市、县	位置	长度 m	坡度 (°)
1				
.....				

5.3.3 人员密集型高后果区及重要设施

5.3.3.1 按照 GB 46767 的规定,开展人员密集型高后果区辨识。说明人员密集型高后果区内的村

庄、医院、学校、客运站、城镇规划区、工业园区等分布情况,按照表 14 编写人员密集型高后果区统计表,并分别附图。

表 14 人员密集型高后果区统计表

序号	省(自治区、直辖市)、市、县、乡(镇)	长度 m	级别	地区等级	距上游站场/ 阀室距离 km	距下游站场/ 阀室距离 km	识别描述
1							
.....							

5.3.3.2 说明与建设项目存在相互影响的港口、飞机场、军事区、炸药库等重要设施情况。

5.3.4 地质灾害

结合地质灾害危险性评估,说明建设项目沿线地质灾害分布情况和危险性等级划分,并按照表 15 编写主要地质灾害统计表。

表 15 主要地质灾害统计表

序号	地质灾害类型	省(自治区、直辖市)、市、县	影响线路长度 km	危险性等级	备注
1	滑坡				
2	崩塌				
3	泥石流				
4	岩溶塌陷				
5	采空塌陷				
6	地裂缝				
7	地面沉降				
8	不稳定斜坡				
.....					

5.3.5 地震

结合地震安全性评价,说明建设项目沿线的地震参数和活动断层情况,并按照表 16 和表 17 编写地震参数统计表和活动断层统计表。

表 16 地震参数统计表

序号	省(自治区、直辖市)、市、县	长度 km	地震烈度	地震动峰值加速度 g
1				
.....				

表 17 活动断层统计表

序号	活动断层名称	省(自治区、直辖市)、市、县	性质	与管道关系	
				交叉角度 (°)	并行距离 m
1					
.....					

5.3.6 采矿区

结合压覆矿产资源调查评估,说明建设项目经过采矿区(含固体、液体、气体采矿区)情况,并按照表 18 编写采矿区统计表,说明建设项目沿线与采空区的距离以及采空区稳定性。

表 18 采矿区统计表

序号	名称	省(自治区、直辖市)、市、县	经过长度 m	经过情况描述
1				
.....				

5.3.7 山岭穿越

说明建设项目山岭穿越情况,并按照表 19 编写山岭穿越工程统计表。

表 19 山岭穿越工程统计表

序号	名称	省(自治区、直辖市)、市、县	穿越方式	穿越长度 m	地区等级	管径×壁厚 mm×mm
1						
.....						

5.3.8 水域大、中型穿(跨)越

5.3.8.1 对建设项目水域大、中型穿(跨)越情况进行统计,并按照表 20 编写水域大、中型穿(跨)越工程统计表。

5.3.8.2 对于通航河流,结合航道通航条件影响评价报告,说明通航和建设项目的相互影响。

表 20 水域大、中型穿(跨)越工程统计表

序号	名称	省(自治区、直辖市)、市、县	方式	长度 m	管径×壁厚 mm×mm	工程等级
1						
.....						

5.3.9 与架空输电线路(35 kV 及以上)和电气化铁路线路等交直流干扰设施并行、交叉

说明管道线路中心线两侧各 200 m 范围内,管道与架空输电线路和电气化铁路线路并行、交叉情况,并按照表 21 编写与架空输电线路和电气化铁路线路并行段统计表,按照表 22 编写与架空输电线路和电气化铁路线路交叉段统计表;说明管道与高压交流输电线路杆塔、变电站的接地系统以及高压直流输电线路换流站接地极址的距离。

表 21 与架空输电线路和电气化铁路线路并行段统计表

序号	电压等级及线路名称		省(自治区、直辖市)、市、县	并行间距 m	并行长度 km
1	直流架空输电线路	±××kV××线路			
2					
3	交流架空输电线路	××kV××线路			
4					
5	电气化铁路线路	××kV××线路(铁路)			
6					
.....					

表 22 与架空输电线路和电气化铁路线路交叉段统计表

序号	电压等级及线路名称		省(自治区、直辖市)、市、县	交叉角度 (°)
1	直流架空输电线路	±××kV××线路		
2				
3	交流架空输电线路	××kV××线路		
4				
5	电气化铁路线路	××kV××线路(铁路)		
6				
.....				

5.3.10 与铁路并行、交叉

说明管道线路中心线两侧各 1000 m 范围内,管道与铁路(包括城市轻轨、地铁)并行、交叉情况,并按照表 23 编写与铁路并行段统计表,按照表 24 编写与铁路交叉段统计表。

表 23 与铁路并行段统计表

序号	名称	省(自治区、直辖市)、市、县	铁路等级	并行长度 km	并行间距 m
1					
.....					

表 24 与铁路交叉段统计表

序号	名称	省(自治区、直辖市)、市、县	铁路等级	长度 m	穿越方式	备注
1						
.....						
注：“备注”中说明路基或桥下穿越及其他情况。						

5.3.11 与公路并行、交叉

说明管道线路中心线两侧各 200 m 范围内,管道与公路并行、交叉情况,并按照表 25 编写与公路并行段统计表,按照表 26 编写与公路交叉段统计表。

表 25 与公路并行段统计表

序号	名称	省(自治区、直辖市)、市、县	公路等级	并行长度 km	并行间距 m
1					
.....					

表 26 与公路交叉段统计表

序号	名称	省(自治区、直辖市)、市、县	公路等级	穿越长度 m	穿越方式	备注
1						
.....						
注：“备注”中说明路基或桥下穿越及其他情况。						

5.3.12 与其他管道并行、交叉

说明管道线路中心线两侧各 50 m 范围内与其他管道(含油气管道、市政管道)并行、交叉情况,并按照表 27 编写与其他管道并行段统计表,按照表 28 编写与其他管道交叉段统计表;说明不同管道同沟敷设的情况。

表 27 与其他管道并行段统计表

序号	已有管道 名称、类型	管道所属单位	省(自治区、直辖市)、 市、县	并行长度 km	并行间距 m
1					
.....					

表 28 与其他管道交叉段统计表

序号	已有管道 名称、类型	管道所属单位	省(自治区、直辖市)、 市、县	交叉角度 (°)	交叉垂直间距 m
1					
.....					

5.3.13 标识与伴行道路

说明管道标识、高后果区标识和伴行道路设置等情况。

5.3.14 阀室

说明阀室的型式、布置、周边环境、交通条件、设计标高、25 年一遇最高洪水水位情况(结合防洪评价或洪水影响分析)。

5.4 站场工程

5.4.1 区域布置

说明站场的区域布置情况并附示意图。

5.4.2 平面及竖向布置

5.4.2.1 说明站场内的平面及竖向布置情况并附其示意图。

5.4.2.2 说明站场内消防通道布局情况。

5.4.2.3 说明站场 50 年一遇最高洪水水位及防洪涝设计情况(结合防洪评价或洪水影响分析)。

5.4.3 输送工艺

说明采用的输送工艺方案并附工艺系统图。

5.4.4 站场工艺

说明站场采用的工艺并附工艺流程图。

5.4.5 储运设备及管道附件

说明站场主要储运设备及管道附件情况,并按照表 29 编写主要储运设备及管道附件统计表。

表 29 主要储运设备及管道附件统计表

站名	名称	技术参数	数量	备注
××站(油)	输油泵			
	储罐			
	清管器接收筒/发送筒			
	过滤器			
	加热炉			
	计量设备			

表 29 (续)

站名	名称	技术参数	数量	备注
××站(油)	调压设备			
	泄压罐			
	污油罐			
				
××站(气)	压缩机组			
	空冷器			
	空压机			
	清管器接收筒/发送筒			
	旋风/过滤分离器			
	电加热器/加热炉			
	计量设备			
	调压设备			
	放空立管			
				

5.5 公用工程

5.5.1 仪表与控制

说明仪表与控制系统设置情况：

- a) 数据采集与监视控制系统；
- b) 基本过程控制系统；
- c) 安全仪表系统；
- d) 管道泄漏监测系统；
- e) 水击保护系统；
- f) 工艺检测及控制；
- g) 可燃(有毒)气体检测报警系统；
- h) 火灾自动报警系统；
- i) 站控制室的设置；
- j) 其他安全措施。

5.5.2 通信

说明通信系统设置情况：

- a) 数据传输；
- b) 安全防范系统；
- c) 电子巡查及巡检系统；
- d) 防雷及接地；
- e) 光缆防护。

5.5.3 供配电

说明供配电设置情况：

- a) 压气站供电系统配置情况,主要包括地方电网相关变电站(电源点)概况,压气站变电站概况(电压等级、电源联络线路参数、变压器容量、压缩机容量及启动方式等);
- b) 站场、阀室电源配置情况,主要包括地方电网相关变电站(电源点)概况、负荷等级及应急或备用电源(含消防用电)的配置情况;
- c) 变电站(所)的继电保护及电气监控系统的配置情况;
- d) 爆炸危险区域划分和相关电气设备、电力电缆采取的防火、防爆措施;
- e) 各站场、阀室防雷、防静电保护措施;
- f) 主要电气设备统计。

5.5.4 防腐、保温与阴极保护

说明管道防腐、保温与阴极保护情况：

- a) 管道外防腐层及保温层材料和补口方式,站内管道及设备防腐、保温,大型容器和储罐内外壁的防腐、保温措施;
- b) 线路阴极保护站分布、数量、供电方式和设置情况,牺牲阳极材料的选用、分布情况;
- c) 站场区域阴极保护系统构成,阳极类型及材料,设置点的布置;
- d) 管道沿线杂散电流干扰防护方案。

5.5.5 采暖通风

说明通风方式,供热设施或外接热源等情况。

5.5.6 建(构)筑物

5.5.6.1 说明建(构)筑物的结构形式、耐火等级、抗震等情况,并按照表 30 编写建(构)筑物统计表。

表 30 建(构)筑物统计表

序号	站场名称	单体名称	结构形式	建筑面积 m ²	层数	火灾危险性类别	耐火等级	抗震 设防烈度	抗震 设防分类	抗震 等级
1										
.....										

5.5.6.2 说明液化土、湿陷性黄土、盐渍土、膨胀岩土、厚填土、淤泥、溶洞等不良地质土层的地基基础类型。

6 评价单元划分与评价方法选择

6.1 评价单元划分

针对油气长输管道建设项目的风险特点,按照科学、合理、无遗漏的原则划分评价单元,评价单元的划分应能够保证安全预评价的顺利实施。一般划分为基本安全条件、线路、站场、公用工程 and 安全管理等单元。

6.2 评价方法选择

选用的评价方法应与评价对象相适应,常用的安全评价方法包括:

- a) 预先危险性分析;
- b) 安全检查表法;
- c) 事故树分析法;
- d) 类比分析法;
- e) 管道风险评分法;
- f) 定量风险评价。

7 危险有害因素辨识

7.1 输送介质

对建设项目输送介质及其他相关危险物质进行危险有害因素辨识。

7.2 自然环境和社会环境

对建设项目沿线自然及社会环境进行危险有害因素辨识。

7.3 线路工程

对线路工程包括的管道本体,管道敷设,人员密集型高后果区及重要设施,地质灾害,地震,采矿区,山岭穿越,水域大、中型穿(跨)越,与架空输电线路(35 kV 及以上)和电气化铁路线路等交直流干扰设施并行、交叉,与铁路并行、交叉,与公路并行、交叉,与其他管道并行、交叉,标识与伴行道路,阀室进行危险有害因素辨识。

7.4 站场工程

对站场工程包括的区域布置、平面及竖向布置、输送工艺、站场工艺和主要储运设备及管道附件进行危险有害因素辨识。

7.5 公用工程

对公用工程包括的仪表与控制,通信,供配电,防腐、保温与阴极保护,采暖通风,建(构)筑物进行危险有害因素辨识。

7.6 建设项目相互影响

建设项目与已有项目合建或毗邻的,应分析项目之间的相互影响及可能产生的危险有害因素,并说明分析结果。

7.7 重大危险源辨识

建设项目范围内的油品站场按照 GB 18218 的规定进行危险化学品重大危险源辨识。

7.8 辨识结果汇总

按施工和生产运行阶段分别汇总存在的主要危险有害因素。

8 单元安全评价

8.1 通用要求

- 8.1.1 针对评价单元内不同的评价对象分别选择适用的评价方法。
- 8.1.2 根据调研、查阅有关资料和实地踏勘结果,分析可行性研究报告中已有安全措施的可性,针对建设项目提出安全对策措施,得出评价结论。
- 8.1.3 根据与安全生产相关的其他评价工作开展情况,对安全设施设计提出相应的安全对策措施与建议。

8.2 基本安全条件

- 8.2.1 评价建设项目与核准文件、沿线路由规划许可、站场规划选址许可、可行性研究报告批复的符合性。
- 8.2.2 国内首次采用的新工艺、新技术、新材料和新设备,应对其安全可靠性论证情况进行合规性评价。
- 8.2.3 辨识建设项目是否采用国家明令淘汰的危及生产安全的工艺、设备,进行合规性评价。

8.3 线路工程

8.3.1 管道本体

分析管材选取、强度设计系数、输送温度与输送介质的匹配性,按照 GB 50251 或 GB 50253 的规定进行合规性评价。

8.3.2 管道敷设

- 8.3.2.1 分析管道敷设方式、间距、埋深以及管道经过水田、岩石类、旱地等地区的最小覆土厚度,按照 GB 50251 或 GB 50253 的规定进行合规性评价。
- 8.3.2.2 分析顺坡敷设、沿沟谷敷设、沿山脊敷设、石方段、爆破段敷设和定向钻穿越段等特殊地段管道敷设的技术要求和措施,按照 GB 50251 或 GB 50253 的规定进行合规性评价;黄土、冻土地区管道敷设按照 SY/T 7363 或 SY/T 7364 的规定进行合规性评价。

8.3.3 人员密集型高后果区及重要设施

- 8.3.3.1 分析建设项目与周边特定场所、防护目标的间距和人员密集型高后果区辨识等情况,按照 GB 46767、GB 50183、GB 32167、GB 50251 或 GB 50253 等的规定进行合规性评价,并对人员密集型高后果区提出安全防护措施。
- 8.3.3.2 对按照 GB 46767 规定辨识出的建设项目Ⅲ级人员密集型高后果区开展定量风险评价,定量风险评价法见附录 B。周边防护目标所承受的个人风险应符合附录 C 的要求;因外部环境条件限制,改建、扩建项目个人风险不符合附录 C 要求的,应开展专题论证,提出风险管控措施。
- 8.3.3.3 分析与建设项目存在影响的港口、飞机场、军事区、炸药库等重要设施的情况,进行合规性评价。

8.3.4 地质灾害

分析建设项目经过的地质灾害区或不良地质区情况(结合地质灾害危险性评估报告),如滑坡、崩塌、泥石流、采空塌陷、岩溶塌陷、地裂缝、地面沉降、不稳定斜坡等,进行合规性评价。

8.3.5 地震

分析建设项目沿线的地震烈度和经过的活动断层情况(结合地震安全性评价报告),按照 GB 18306、GB/T 50470 等的规定进行合规性评价。

8.3.6 采矿区

分析建设项目经过采矿区(固体、液体、气体)情况(结合压覆矿产资源调查评估报告),进行合规性评价。

8.3.7 山岭穿越

分析建设项目山岭穿越方案及有毒有害气体防护、防腐层保护、弃渣存放点等情况,进行合规性评价。

8.3.8 水域大、中型穿(跨)越

分析建设项目水域大、中型穿(跨)越情况(结合防洪评价报告和航道通航条件影响评价报告),按照 GB 50423 和 GB/T 50459 等的规定进行合规性评价。

8.3.9 与架空输电线路(35 kV 及以上)和电气化铁路线路等交直流干扰设施并行、交叉

分析建设项目与架空输电线路和电气化铁路线路并行、交叉情况,按照 GB 50061、GB 50545、GB/T 50698 和 GB/T 21447 等的规定进行合规性评价。

8.3.10 与铁路并行、交叉

分析建设项目与铁路并行、交叉情况,按照 GB 50423 和 GB/T 50459 等的规定进行合规性评价。

8.3.11 与公路并行、交叉

分析建设项目与公路并行、交叉情况,按照 GB 50423 的规定进行合规性评价。

8.3.12 与其他管道并行、交叉

分析建设项目与其他管道(含油气管道、市政管道)并行、交叉情况,进行合规性评价。

8.3.13 标识与伴行道路

分析管道标识、高后果区标识和伴行道路设置情况,按照 SY/T 6064 的规定对标识进行合规性评价,对高后果区标识和伴行道路设置情况进行合规性评价。

8.3.14 阀室

分析阀室设置情况(结合防洪评价或洪水影响分析),按照 GB 50251 或 GB 50253 的规定进行合规性评价。

8.4 站场工程

8.4.1 区域布置

分析站场(输气站场含放空立管)的区域布置情况,按照 GB 50183 的规定进行合规性评价,并按照表 31 编写站场与周边设施防火间距一览表。

表 31 站场与周边设施防火间距一览表

站场名称	项目	100 人以上的居住区、村镇、公共福利设施	100 人以下的散居房屋	相邻厂矿企业	铁路	公路	35 kV 及以上独立变电所	架空电力线路	架空通信线路	爆炸作业场地	……
××站/放空立管	评价依据										
	规范要求距离 m										
	实际距离 m										
	是否符合										

8.4.2 平面及竖向布置

8.4.2.1 分析站场内的平面及竖向布置情况(结合防洪评价或洪水影响分析),按照 GB 50183 的规定进行合规性评价,并按照表 32 编写站内主要设施防火间距一览表。

表 32 站内主要设施防火间距一览表

序号	设备设施名称	设备设施名称	评价依据	规范要求距离 m	实际距离 m	是否符合
1						
……						

8.4.2.2 分析站场内消防道路与拟用的消防车辆的匹配性,进行合规性评价。

8.4.3 输送工艺

分析输送工艺和采用的主要技术方案,按照 GB 50251 或 GB 50253 的规定进行合规性评价。

8.4.4 站场工艺

分析站场工艺和采用的主要技术方案,按照 GB 50183、GB 50251 或 GB 50253 等的规定进行合规性评价。

8.4.5 储运设备及管道附件

8.4.5.1 分析采用的主要储运设备及管道附件情况,进行合理性评价。

8.4.5.2 分析辨识出的危险化学品重大危险源的安全管控要求,进行合规性评价。

8.4.6 建设项目相互影响

分析建设项目与已有项目的相互影响,进行合规性评价。

8.4.7 站场定量风险评价

按照 GB 50183 确定站场等级,说明相关计算参数,对建设项目四级及以上等级的站场进行定量风险评价,对个人风险和社会风险进行合规性评价。因外部环境条件限制,改建、扩建项目个人风险或社会风险超出可接受基准时,应开展专题论证,提出风险管控措施。

注:定量风险评价方法参照 GB/T 37243 执行;个人风险和社会风险的合规性评价参照 GB 36894 执行。

8.5 公用工程

8.5.1 仪表与控制

分析数据采集与监视控制系统、基本过程控制系统、安全仪表系统、管道泄漏监测系统、水击保护系统、工艺检测及控制、可燃(有毒)气体检测报警系统、火灾自动报警系统、站场控制室等的设置情况,进行合规性评价。

8.5.2 通信

分析数据传输、安全防范系统、光纤预警系统、电子巡查及巡检系统、防雷及接地、光缆防护等的设置情况,进行合规性评价。

8.5.3 供配电

分析站场供电系统、站场和阀室电源、变电站(所)、爆炸危险区域划分、主要电气设备、防雷防静电接地等情况,进行合规性评价。

8.5.4 防腐、保温与阴极保护

分析管道外防腐层及保温层材料和补口方式及其相互兼容性、阴极保护站设置、消除沿线杂散电流干扰等情况,进行合规性评价。

8.5.5 采暖通风

分析通风方式、供热设施或外接热源等情况,进行合规性评价。

8.5.6 建(构)筑物

分析建(构)筑物防火、防爆、防腐、耐火保护等情况,不良地质土层的地基基础类型和采取措施情况,进行合规性评价。

9 安全管理

9.1 安全管理机构设置

说明建设项目安全管理机构的设置和隶属关系,进行合规性评价。

9.2 人员编制与安全管理人员设置

说明建设项目人员编制与安全管理人员设置情况,依托原有管理机构的项目,应说明依托管理机构原人员编制和安全管理人员情况,以及新增人员编制和安全管理人员情况,进行合规性评价。

9.3 个体防护装备配备

说明个体防护装备配备情况,进行合规性评价。

9.4 抢修机构设置及设备配备

说明抢修机构的设置、隶属关系、人员编制、设备机具配备情况,进行适用性和满足性评价。

9.5 外部依托力量

说明建设项目外部力量的可依托性,包括维修、抢修、消防和医疗,进行合理性评价。

9.6 应急管理

根据危险有害因素辨识结果,针对生产安全事故、自然灾害事件等列出应编制的应急预案,重点对人员密集型高后果区异常情况应急处置及应急物资配置进行评价。

9.7 安全投入

参照附录 A 列出建设项目主要安全设施,并说明投入情况。

10 结论与建议

10.1 结论

根据上述安全预评价结果,从以下方面给出结论:

- a) 法规标准的适用性、全面性;
- b) 危险有害因素辨识结论;
- c) 选用的主要技术、工艺的安全可靠性;
- d) 基本安全条件、线路、站场和公用工程的合规性;
- e) 安全管理的合理性;
- f) 提出的安全对策措施与建议的可行性;
- g) 给出明确结论。

10.2 对安全设施设计的建议

对项目安全设施设计提出有针对性的建议。

10.3 对施工的建议

对项目施工提出有针对性的安全对策措施与建议。

10.4 对生产运行的建议

对项目生产运行提出有针对性的安全对策措施与建议。

11 与建设单位交换意见

11.1 列出建设单位对安全预评价报告的内审意见。

11.2 安全评价机构与建设单位对安全预评价报告中某些内容未达成一致意见时,应在安全预评价报告中如实说明建设单位的意见及其理由。

12 附件与附图

12.1 附件

附件应包括但不限于以下建设项目相关内容的复制件：

- a) 审批(核准、备案)文件；
- b) 可行性研究报告批复文件；
- c) 路由规划许可意见；
- d) 站场规划选址许可意见；
- e) 建设单位的营业执照；
- f) 安全预评价委托书；
- g) 历次安全条件审查意见及修改情况；
- h) 建设单位内审意见。

12.2 附图

附图应包括但不限于以下清晰、合规的图纸：

- a) 线路走向示意图；
- b) 站场区域位置图；
- c) 站场和典型阀室总平面布置图；
- d) 工艺系统图；
- e) 站场和典型阀室工艺流程图；
- f) 典型穿(跨)越平面图；
- g) 输油管道纵断面图；
- h) 爆炸危险区域划分图；
- i) 数据采集与监视控制系统图；
- j) 站控系统结构图；
- k) 其他安全评价过程制作的图纸。

13 报告编制结构与格式要求

13.1 结构与格式

13.1.1 封面

封面格式应符合附录 D 的要求。

13.1.2 扉页

扉页格式应符合附录 E 的要求。

13.1.3 评价机构资质

列出安全评价机构的资质证书复制件。

13.1.4 评价人员名单

评价人员名单格式应符合附录 F 的要求。

13.1.5 前言

前言应包括评价目的、评价过程等内容,“前言”采用三号黑体字,内容的文字表述部分采用小四号宋体字。

13.1.6 目录

目录的编排应列出章、节的名称,“目录”采用三号黑体字,章、节标题采用小四号宋体字。

13.1.7 正文

正文应包括本文件第4章~第11章的相关内容。报告主要内容的章、节标题分别采用三号黑体字、四号黑体字,内容的文字表述部分采用小四号宋体字,表名、图名采用五号黑体字,表格文字可选择采用五号或者小五号宋体字;页眉上的报告名称、页脚和页码采用五号楷体字。

13.1.8 附件与附图

附件与附图采用原件复制件(复印比例为1:1);附件、附图的标题采用三号黑体字。

13.2 纸张、排版

纸张采用A4白色胶版纸;纵向排版,左边距28 mm、右边距20 mm、上边距25 mm、下边距20 mm;页眉顶端距离20 mm,页脚底端距离15 mm,页码位于页面底端,对齐方式为居中。排版要求见表33。

表 33 排版要求

序号	页别	排版要求
1	前言	前言标题居中 前言每段文字首行缩进2字符,回行时顶格 行间距为1.5倍行距
2	目录	目录标题居中 1 章名(顶格) ×× 1.1 节名(缩进2字符) ×× 1.2 节名 ×× 行间距为1.5倍行距
3	正文	1 章名标题居中,遇章分页 1.1 节名标题顶格 1.1.1 条名标题顶格 1.1.1.1 条名标题顶格 每段文字首行缩进2字符,回行时顶格,正文行间距为1.5倍行距 表名位于表的上方,居中 图名位于图的下方,居中
4	附件、附图	附件、附图的标题居中

13.3 印刷

除附件、附图外,应双面打印文本。

13.4 封装

报告装订线在左侧,在报告以下位置加盖公章或签字:

- a) 封面加盖建设单位公章;
- b) 扉页加盖安全评价机构公章;
- c) 评价人员名单手写签字;
- d) 结论加盖安全评价机构公章;
- e) 侧面加盖安全评价机构公章。



附 录 A
(资料性)
主要安全设施

陆上油气长输管道建设项目主要安全设施包括但不限于表 A.1 的内容。

表 A.1 主要安全设施表

类别		主要安全设施
安全防护	个体防护	头部防护(安全帽、面罩、耳塞、防护镜、口罩)和身体防护(工作服、防护服、手套、安全鞋)、空气呼吸器、洗眼器等
	安全泄放设施	放空设施、安全阀、呼吸阀、流量开关阀等
	安全标志	危险区警示标志、管道线路标识、逃生避难标志、风向标等
	电气继电保护系统	继电保护装置、防止电气误操作系统等
	雷电、静电防护	防雷设施、防静电接地设施等
	数据采集与监视控制系统	调度控制中心的计算机系统、管道各站场的控制系统、远程终端装置、数据通信系统等
防火防爆	防火设施	阻火器、防火堤、防火(爆)墙、防火门(窗)、防火涂料等
	防爆设施设备	电气设备、风机、电磁阀、仪表、工器具、对讲机/移动电话等
检测监测报警	监测	地质灾害监测设施、管道本体监测设施、管道泄漏监测系统
	可燃(有毒)气体检测报警系统、火灾自动报警系统	火灾探测器、手动火灾报警按钮、火灾报警器、火灾报警控制器、火灾报警电话、可燃(有毒)气体探测器等
	检测仪表	温度、压力、流量、液位等检测仪表
	安防系统	周界报警系统、视频监控、出入口控制、电子巡查巡检系统等
	防腐与阴极保护	防腐层漏点检测仪、测试桩、阴极保护电位检测仪、去耦隔直装置、极性排流装置等
应急处置	紧急处理设施	线路截断阀、紧急切断阀、紧急放空阀、事故收集池等
	控制系统	紧急停车系统、水击保护系统、压力控制系统等
	电气设施	应急电源(应急发电机、不间断电源)、应急照明等
	应急装备及设施	抢修设施、堵漏器材、破拆器材、攀登器材、应急人员装备、防洪物资等

附 录 B
(资料性)
定量风险评价法

B.1 计算程序

定量风险评价工作流程见图 B.1,包括以下步骤:

- a) 收集资料数据;
- b) 危险识别和泄漏场景辨识;
- c) 分析事故概率;
- d) 分析事故后果;
- e) 定量风险计算。

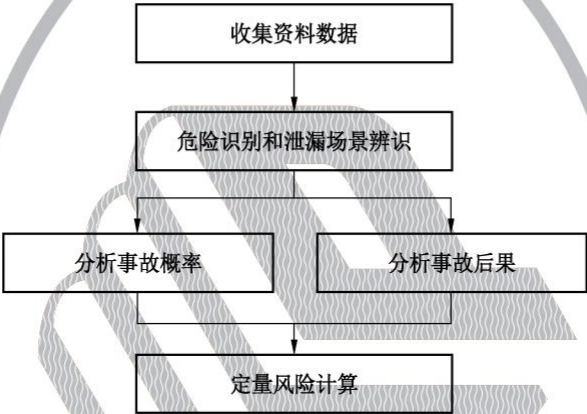


图 B.1 定量风险评价工作流程图

B.2 资料数据收集

B.2.1 一般资料数据

根据评估范围确定所需收集的资料数据,包括但不限于表 B.1 所列的资料数据。

表 B.1 定量风险评价收集的一般资料数据

类别	一般资料数据
危害信息	危险有害因素分析结果、点火源等
设计和运行数据	设计说明、线路走向图、管道数据
减缓控制系统	切断等减缓控制系统
管理系统	管理制度、操作和维护手册、应急、变更和作业程序等
自然条件	大气参数(气压、温度、湿度等)、风向、风速及大气稳定度联合频率;现场周边地形、现场建筑物等
历史数据	事故案例、失效统计资料等
人口数据	周边人口分布

B.2.2 人口数据统计原则

B.2.2.1 遵循以下原则开展人口分布统计：

- a) 根据事故状态下可能影响的最大范围,确定人口统计的地域边界;
- b) 考虑人员分布在白天和夜间的区别;
- c) 考虑娱乐场所、体育馆等场所人员的流动性;
- d) 考虑已批准的规划区内可能存在的人口。

B.2.2.2 对人口数据可采用实地统计数据,也可采用通过政府主管部门、地理信息系统等途径获得的数据。

B.2.3 点火源统计原则

B.2.3.1 典型点火源分为：

- a) 点源,如加热炉、车辆、人员等;
- b) 线源,如公路、铁路、输电线路等;
- c) 面源,如周边的化工厂、冶炼厂等。

B.2.3.2 应结合现场调研,根据事故状态下可能影响的最大范围辨识潜在点火源,并统计点火源的名称、种类、方位、数目以及出现的概率等要素。

B.3 危险识别和泄漏场景辨识

- a) 应根据具体情况进行系统的危险识别,识别系统中可能对人造成急性伤亡或对物造成突发性损坏的危险,确定其存在的部位、方式以及发生作用的途径和变化规律。
- b) 危险识别可采用如下方法:
 - 1) 系统危险识别方法,如安全检查表法、故障假设分析法、危险与可操作性分析法、故障类型和影响分析法、故障树分析法等;
 - 2) 其他危险识别方法,如事故案例分析等。
- c) 对泄漏场景的设定应同时满足以下两个条件:
 - 1) 泄漏发生的频率 $\geq 10^{-8}$ 次/年;
 - 2) 至少导致1%的致死概率。
- d) 泄漏场景根据泄漏孔径大小可分为完全破裂和孔泄漏两大类,泄漏孔径取值见表 B.2。

表 B.2 泄漏孔径取值

单位为毫米

泄漏场景	范围	代表值
小孔泄漏	0~5	5
中孔泄漏	5~50	25
大孔泄漏	50~150	100
完全破裂	>150	管径

- e) 泄漏场景的选择应结合管道的工艺条件、历史事故和实际运行环境。沿管线选择一系列泄漏点,泄漏点的初始间距可取为 50 m,泄漏点数应确保当增加泄漏点数量时,风险曲线不会显著变化。

B.4 失效频率分析

B.4.1 失效频率可使用以下数据来源：

- 工业失效数据库；
- 企业历史数据；
- 典型泄漏场景平均失效频率值见表 B.3。

表 B.3 典型泄漏场景平均失效频率值

类别	管径 mm	失效频率 次/(km·a)
输油管道 ^{a)}	管径<204	4.7×10^{-4}
	$204 \leq \text{管径} < 305$	3.5×10^{-4}
	$305 \leq \text{管径} < 407$	2.7×10^{-4}
	$407 \leq \text{管径} < 610$	3.3×10^{-4}
	$610 \leq \text{管径} < 762$	1.9×10^{-4}
	管径 ≥ 762	2.1×10^{-4}
输气管道 ^{b)}	管径<127	4.1×10^{-4}
	$127 \leq \text{管径} < 280$	2.6×10^{-4}
	$280 \leq \text{管径} < 432$	1.3×10^{-4}
	$432 \leq \text{管径} < 585$	9.1×10^{-5}
	$585 \leq \text{管径} < 737$	5.9×10^{-5}
	$737 \leq \text{管径} < 889$	2.0×10^{-5}
	$889 \leq \text{管径} < 1042$	1.6×10^{-5}
	$1042 \leq \text{管径} < 1192$	3.3×10^{-6}
	管径 ≥ 1192	8.6×10^{-6}
注：以上数据来源于国际油气生产企业联合会(OGP)。		
^{a)} 输油管道失效频率孔径占比：孔径小于 5 mm(15%)；孔径大于等于 5 mm 小于 20 mm(16%)；孔径大于等于 20 mm 小于 80 mm(34%)，孔径大于等于 80 mm(16%)，全孔径破裂(19%)。 ^{b)} 输气管道失效频率孔径占比：孔径小于 5 mm(55%)，孔径大于等于 5 mm 小于 20 mm(15%)，孔径大于等于 20 mm 小于 80 mm(15%)，孔径大于等于 80 mm(5%)，全孔径破裂(10%)。		

B.4.2 失效频率数据的选择遵循下列要求：

- 使用工业失效数据库时，应确保泄漏场景与失效数据场景基本假设相一致；
- 使用企业历史数据时，应提供支撑该历史数据具有统计意义的依据；
- 失效因素占比存在较大差异时，可依据管道服役年限和人员密集型高后果区识别情况对平均失效频率作适当修正，按式(B.1)计算：

$$f_s = a f f \cdot F_h \cdot F_t \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

f_s ——管道失效频率,单位为次每千公里年(次/km·a)；

aff ——管道平均失效频率,单位为次每千公里年(次/km·a)；

F_h ——人员密集型高后果区修正因子,非人员密集型高后果区取 1.0,I、II、III 级人员密集型高后果区分别取 1.05、1.1、1.2；

F_t ——管道服役时间修正因子,服役时间小于 5 年取 0.8,服役时间大于等于 5 年小于 10 年取 0.9,服役时间大于等于 10 年小于 15 年取 1.0,服役时间大于等于 15 年小于 20 年取 1.1,服役时间大于等于 20 年取 1.2。

B.5 事故后果分析

B.5.1 源项和气云扩散计算

B.5.1.1 源项和气云扩散的计算,应结合以下情形：

- a) 泄漏(释放)；
- b) 液池蒸发；
- c) 扩散；
- d) 火灾；
- e) 爆炸。

B.5.1.2 在选择源项和气云扩散模型时,应结合泄漏物质的特性。

B.5.1.3 泄漏速率计算

B.5.1.3.1 液体经管道上的孔流出

质量流率可按式(B.2)计算：

$$Q_m = AC_0 \sqrt{2\rho(P-P_0)} \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

Q_m ——质量流率,单位为千克每秒(kg/s)；

A ——泄漏孔面积,单位为平方米(m^2)；

C_0 ——液相泄漏系数,湍流介质通过锋利孔取值范围为 0.61~1.0,当液体泄漏系数不知道或不能确定时,取 1.0 使所计算的流量最大；

ρ ——泄漏液体密度,单位为千克每立方米(kg/m^3)；

P ——管道内液体压力,单位为帕斯卡(Pa)；

P_0 ——环境压力,单位为帕斯卡(Pa)。

B.5.1.3.2 液体管道断裂

不可压缩液体在管道中流动,质量流速可按式(B.3)计算：

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \frac{\Delta \bar{u}^2}{2\alpha} + g\Delta Z + F = -\frac{W_s}{m} \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

ΔP ——管道两端压力差,单位为帕斯卡(Pa)；

ρ ——液体密度,单位为千克每立方米(kg/m^3)；

$\bar{u}$ ——液体平均瞬时流速,单位为米每秒(m/s)；

α ——无量纲速率轮廓修正系数,其取值为:对于层流, α 取 0.5;对于湍流, α 取 1.0；

g ——重力加速度,单位为米每二次方秒(m/s^2)；

ΔZ ——终止状态减去初始状态的高度差,单位为米(m)；

F ——摩擦导致的机械能损失,包括来自流经管道长度的摩擦损失,适用于诸如阀门、弯头、孔、管

道的进口和出口,单位为米牛顿每千克($\text{m} \cdot \text{N}/\text{kg}$);

W_s ——轴功,单位为帕斯卡米($\text{Pa} \cdot \text{m}$);

m ——质量流速,单位为千克每秒(kg/s)。

B.5.1.3.3 气体经孔泄漏

当式(B.4)成立时,气体流动属音速流动;当式(B.5)成立时,气体流动属亚音速流动。

$$\frac{P_0}{P} \leq \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \dots\dots\dots (\text{B.4})$$

$$\frac{P_0}{P} > \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \dots\dots\dots (\text{B.5})$$

式中:

P_0 ——环境压力,单位为帕斯卡(Pa);

P ——管道内介质压力,单位为帕斯卡(Pa);

γ ——绝热指数, $\gamma = c_p/c_v$ 。

音速流动的气体泄漏质量流率可按式(B.6)计算:

$$Q = C_d A P \sqrt{\frac{M\gamma}{R_g T} \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}} \dots\dots\dots (\text{B.6})$$

亚音速流动的气体泄漏质量流率可按式(B.7)计算:

$$Q = Y C_d A P \sqrt{\frac{M\gamma}{R_g T} \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}} \dots\dots\dots (\text{B.7})$$

式中:

Q ——气体泄漏质量流率,单位为千克每秒(kg/s);

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

A ——泄漏孔面积,单位为平方米(m^2);

P ——管道内介质压力,单位为帕斯卡(Pa);

M ——泄漏气体或蒸气的相对分子质量;

R_g ——理想气体常数,单位为焦耳每摩尔开尔文 [$\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$];

T ——气体温度,单位为开尔文(K);

Y ——流出系数,按式(B.8)计算。

$$Y = \left[\frac{P_0}{P} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \times \left\{ 1 - \left[\frac{P_0}{P} \right]^{\frac{(\gamma-1)}{\gamma}} \right\}^{\frac{1}{2}} \times \left\{ \left[\frac{2}{\gamma-1} \right] \times \left[\frac{\gamma+1}{2} \right]^{\frac{(\gamma+1)}{(\gamma-1)}} \right\}^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (\text{B.8})$$

B.5.1.3.4 气体管道断裂

$$G = P \sqrt{\frac{\gamma M}{R_g T}} \dots\dots\dots (\text{B.9})$$

式中:

G ——质量通量,单位为千克每平方米秒 [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$];

P ——下游气体压力,单位为帕斯卡(Pa);

γ ——绝热指数, $\gamma = c_p/c_v$ 。

M ——物质相对分子质量;

R_g ——理想气体常数,单位为焦耳每摩尔开尔文 [$\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$];

T ——下游气体温度,单位为开尔文(K)。

B.5.1.4 液池蒸发

泄漏液体的蒸发速率 Q 按式(B.10)计算:

$$Q = \frac{KA_1(T_0 - T_b)}{H\sqrt{\pi\alpha t}} \quad \dots\dots\dots (B.10)$$

式中:

Q ——蒸发速率,单位为千克每秒(kg/s);

K ——表面导热系数,单位为瓦特每米开尔文[W/(m·K)];

A_1 ——液池面积,单位为平方米(m²);

T_0 ——环境温度,单位为开尔文(K);

T_b ——液体沸点,单位为开尔文(K);

H ——液体蒸发热,单位为焦耳每千克(J/kg);

α ——表面热扩散系数,单位为平方米每秒(m²/s);

t ——蒸发时间,单位为秒(s)。

B.5.1.5 泄漏物质在大气中的扩散

B.5.1.5.1 大气稳定度确定

大气稳定度通常采用 Pasquill 分类方法确定,大气稳定度分为 A、B、C、D、E 和 F 六类,大气稳定度的具体分类见表 B.4 和表 B.5。

表 B.4 Pasquill 大气稳定度确定

地面风速 m/s	白天日照			夜间条件	
	强	中等	弱	阴天且云层薄,或低空云量为 4/8	天空云量为 3/8
<2	A	A~B	B		
2~3	A~B	B	C	E	F
3~4	B	B~C	C	D	E
4~6	C	C~D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

表 B.5 日照强度确定

天空云层情况	60°<日照角	35°<日照角<60°	15°<日照角<35°
天空云量为 4/8,或高空有薄云	强	中等	弱
天空云量为 5/8~7/8,云层高度为 2134 m~4877 m	中等	弱	弱
天空云量为 5/8~7/8,云层高度<2134 m	弱	弱	弱

B.5.1.5.2 Pasquill-Gifford 模型扩散方程

B.5.1.5.2.1 位于地面 H_r 高处的连续稳态源的烟羽在给定地点 (x, y, z) 的污染物浓度可按式(B.11)计算:

$$\langle C \rangle(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \times \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H_r}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H_r}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\} \quad \dots\dots\dots (B.11)$$

式中：

$\langle C \rangle(x, y, z)$ ——连续排放时,形成稳定的流场后,给定地点 (x, y, z) 的污染物的浓度,单位为千克每立方米(kg/m^3)；

Q ——连续排放的物料质量流量,单位为千克每秒(kg/s)；

σ_y, σ_z ——侧风向和垂直风向的扩散系数,单位为米(m)；

u ——风速,单位为米每秒(m/s)；

y ——侧风向距离,单位为米(m)；

x ——下风向距离,单位为米(m)；

z ——垂直风向距离,单位为米(m)。

B. 5. 1. 5. 2. 2 位于地面 H_r 高处的瞬时点源的烟团,地面上的坐标系随烟团移动,坐标系的中心位于烟团的中心,烟团中心在 $x=ut$ 处,平均浓度方程可按式(B. 12)计算：

$$\langle C \rangle(x, y, z, t) = \frac{Q^*}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \times \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{z-H_r}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{z+H_r}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\} \dots\dots\dots (\text{B. 12})$$

式中：

$\langle C \rangle(x, y, z, t)$ ——瞬时排放时,给定地点 (x, y, z) 和时间 t 的污染物的浓度,单位为千克每立方米(kg/m^3)；

Q^* ——瞬时排放的物料质量,单位为千克(kg)；

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ ——下风向,侧风向和垂直风向的扩散系数,单位为米(m)。

B. 5. 1. 5. 2. 3 Pasquill-Gifford 模型扩散系数确定见表 B. 6 和表 B. 7：

表 B. 6 烟羽扩散 Pasquill-Gifford 模型扩散系数方程(下风向距离 x 的单位为米)

Pasquill-Gifford 稳定度等级	σ_y	σ_z
农村条件		
A	$0.22x(1+0.0001x)^{-1/2}$	$0.20x$
B	$0.16x(1+0.0001x)^{-1/2}$	$0.12x$
C	$0.11x(1+0.0001x)^{-1/2}$	$0.08x(1+0.0002x)^{-1/2}$
D	$0.08x(1+0.0001x)^{-1/2}$	$0.06x(1+0.0015x)^{-1/2}$
E	$0.06x(1+0.0001x)^{-1/2}$	$0.03x(1+0.0003x)^{-1}$
F	$0.04x(1+0.0001x)^{-1/2}$	$0.016x(1+0.0003x)^{-1}$
城市条件		
A~B	$0.32x(1+0.0004x)^{-1/2}$	$0.24x(1+0.0001x)^{-1/2}$
C	$0.22x(1+0.0004x)^{-1/2}$	$0.20x$
D	$0.16x(1+0.0004x)^{-1/2}$	$0.14x(1+0.0003x)^{-1/2}$
E~F	$0.11x(1+0.0004x)^{-1/2}$	$0.08x(1+0.0015x)^{-1/2}$

表 B.7 烟团扩散 Pasquill-Gifford 模型扩散系数方程(下风向距离 x 的单位为米)

Pasquill-Gifford 稳定度等级	σ_y 或 σ_x	σ_z
A	$0.18x^{0.92}$	$0.60x^{0.75}$
B	$0.14x^{0.92}$	$0.53x^{0.73}$
C	$0.10x^{0.92}$	$0.34x^{0.71}$
D	$0.06x^{0.92}$	$0.15x^{0.70}$
E	$0.04x^{0.92}$	$0.10x^{0.65}$
F	$0.02x^{0.89}$	$0.05x^{0.61}$

B.5.1.6 火灾和爆炸

B.5.1.6.1 池火计算

池火火焰的几何尺寸及热辐射参数按如下步骤计算：

a) 计算液池直径：

对于输油管道,假定泄漏的液体无蒸发、并已充分蔓延、地面无渗透,根据泄漏的液体量和地面性质,最大的池面积可按式(B.13)计算：

$$S = \frac{W}{H_{\min} \times \rho} \quad \dots\dots\dots (B.13)$$

式中：

S ——最大的池面积,单位为平方米(m^2)；

W ——泄漏液体的质量,单位为千克(kg)；

$H_{\min}$ ——最小物料层厚度,单位为米(m)；

ρ ——液体的密度,单位为千克每立方米(kg/m^3)。

最小物料层与地面性质对应关系见表 B.8。

表 B.8 不同性质地面物料层厚度

地面性质	最小物料层厚度 m
草地	0.020
粗糙地面	0.025
平整地面	0.010
混凝土地面	0.005
平静的水面	0.0018

液池直径 D 可按式(B.14)计算：

$$D = \left(\frac{4S}{\pi} \right)^{1/2} \quad \dots\dots\dots (B.14)$$

式中：

D ——液池直径,单位为米(m)；

S ——最大的池面积,单位为平方米(m^2)。

b) 确定火焰高度:

计算池火焰高度的经验公式如下:

$$\frac{L}{D} = 42 \times \left(\frac{m_f}{\rho_0 \sqrt{gD}} \right)^{0.61} \dots\dots\dots (\text{B. 15})$$

式中:

L ——火焰高度,单位为米(m);

D ——液池直径,单位为米(m);

m_f ——燃烧速率,单位为千克每平方米秒[$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$];

ρ_0 ——空气密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);

g ——重力加速度,单位为米每二次方秒(m/s^2)。

c) 计算火焰表面热通量:

假定能量由圆柱形火焰侧面和顶部向周围均匀辐射,用式(B. 16)计算火焰表面的热通量:

$$q_0 = \frac{0.25\pi D^2 \Delta H_c m_f f_h}{0.25\pi D^2 + \pi DL} \dots\dots\dots (\text{B. 16})$$

式中:

q_0 ——火焰表面的热通量,单位为千瓦特每平方米(kW/m^2);

ΔH_c ——燃烧热,单位为千焦耳每千克(kJ/kg);

m_f ——燃烧速率,单位为千克每平方米秒[$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$];

f_h ——热辐射系数,可取 0.15。

d) 目标接收到的热通量的计算:

目标接收到的热通量 $q(r)$ 的计算公式:

$$q(r) = q_0 (1 - 0.058 \ln r) V \dots\dots\dots (\text{B. 17})$$

式中:

$q(r)$ ——目标接收到的热通量,单位为千瓦特每平方米(kW/m^2);

r ——目标到泄漏中心的水平距离,单位为米(m);

V ——视角系数。

e) 视角系数的计算:

视角系数 V 与目标到火焰垂直轴的距离与火焰半径之比 s 和火焰高度与直径之比 h 有关。

$$V = \sqrt{V_V^2 + V_H^2} \dots\dots\dots (\text{B. 18})$$

$$\pi V_H = A - B \dots\dots\dots (\text{B. 19})$$

$$A = (b - 1/s) \left\{ \arctan \left[\frac{(b+1)(s-1)}{(b-1)(s+1)} \right] \right\}^{0.5} / (b^2 - 1)^{0.5} \dots\dots\dots (\text{B. 20})$$

$$B = (a - 1/s) \left\{ \arctan \left[\frac{(a+1)(s-1)}{(a-1)(s+1)} \right] \right\}^{0.5} / (a^2 - 1)^{0.5} \dots\dots\dots (\text{B. 21})$$

$$\pi V_V = \arctan(h/(s^2 - 1)^{0.5})/s + h(J - K)/s \dots\dots\dots (\text{B. 22})$$

$$J = \left[\frac{a}{(a^2 - 1)^{0.5}} \right] \arctan \left[\frac{(a+1)(s-1)}{(a-1)(s+1)} \right]^{0.5} \dots\dots\dots (\text{B. 23})$$

$$K = \arctan[(s-1)/(s+1)]^{0.5} \dots\dots\dots (\text{B. 24})$$

$$a = (h^2 + s^2 + 1)/(2s) \dots\dots\dots (\text{B. 25})$$

$$b = (1 + s^2) / (2s) \quad \dots\dots\dots (B. 26)$$

式中:

s ——目标到火焰垂直轴的距离与火焰半径之比;

h ——火焰高度与直径之比;

A 、 B 、 J 、 K 、 V_H 、 V_V ——描述方便而引入的中间变量。

B. 5. 1. 6. 2 喷射火计算

B. 5. 1. 6. 2. 1 垂直方向喷射火计算

垂直方向喷射火热辐射通量计算步骤如下:

a) 火焰长度的计算:

火焰长度按式(B. 27)计算:

$$\frac{L}{d_j} = \frac{5.3}{C_T} \sqrt{\frac{T_f/T_j}{\alpha_T} \left[C_T + (1 - C_T) \frac{M_a}{M_f} \right]} \quad \dots\dots\dots (B. 27)$$

式中:

L ——火焰长度,单位为米(m);

d_j ——管道直径,单位为米(m);

C_T ——燃料-空气计算化学反应中燃料的摩尔系数;

T_f ——燃烧火焰的绝热温度,单位为开尔文(K);

T_j ——喷射流体的绝热温度,单位为开尔文(K);

α_T ——燃料-空气计量化学反应中产生每摩尔燃烧产物所需反应物的摩尔数;

M_a ——空气的摩尔质量,单位为克每摩尔(g/mol);

M_f ——燃料的摩尔质量,单位为克每摩尔(g/mol)。

对于大多数燃料而言, C_T 远小于 1, α_T 近似等于 1, T_f 和 T_j 的比值在 7 到 9 之间。

b) 目标接收到热辐射通量的计算:

$$q(r) = \tau_a \eta \dot{m} \Delta H_c F_p \quad \dots\dots\dots (B. 28)$$

式中:

$q(r)$ ——距离 r 处目标接收到的热通量,单位为千瓦特每平方米(kW/m²);

τ_a ——大气传输率;

η ——热辐射系数;

$\dot{m}$ ——燃料的质量流速,单位为千克每秒(kg/s);

ΔH_c ——燃烧热,单位为千焦耳每千克(kJ/kg);

F_p ——视角因子。

大气传输率可按式(B. 29)计算:

$$\tau_a = 2.02 \times (P_w X_s)^{-0.09} \quad \dots\dots\dots (B. 29)$$

式中:

τ_a ——大气传输率;

P_w ——大气中水蒸气的分压,单位为帕斯卡(Pa);

X_s ——目标到火焰表面的距离,单位为米(m)。

大气中水蒸气分压 P_w 可按式(B. 30)计算:

$$P_w = 101325 \times RH \times e^{\left(14.4114 - \frac{5328}{T_a}\right)} \quad \dots\dots\dots (B. 30)$$

式中:

P_w ——大气中水蒸气的分压,单位为帕斯卡(Pa);

RH ——相对湿度,单位为百分号(%);

T_a ——环境温度,单位为开尔文(K)。

视角因子 F_p 可按式(B.31)计算:

$$F_p = \frac{1}{4\pi r^2} \dots\dots\dots (B.31)$$

式中:

r ——目标到火焰中心的距离,单位为米(m)。

B.5.1.6.2.2 水平方向喷射火计算

B.5.1.6.2.2.1 加压的可燃物泄漏时形成射流,如果在泄漏裂口处被点燃,则形成喷射火。假定火焰为圆锥形,并用从泄漏处到火焰长度 4/5 处的点源模型来表示。

B.5.1.6.2.2.2 喷射火的火焰长度可按式(B.32)计算:

$$L = \frac{(H_c m)^{0.444}}{161.66} \dots\dots\dots (B.32)$$

式中:

L ——火焰长度,单位为米(m);

H_c ——燃烧热,单位为焦耳每千克(J/kg);

m ——质量流速,单位为千克每秒(kg/s)。

B.5.1.6.2.2.3 距离火焰点源 X (m)处接收到的热辐射通量可按式(B.33)计算:

$$q = \frac{f H_c m \tau}{4\pi X^2 \times 1000} \dots\dots\dots (B.33)$$

式中:

q ——距离 X 处接收到的热辐射的通量,单位为千瓦特每平方米(kW/m²);

f ——热辐射率;

τ ——大气传输率;

X ——火焰点源距离,单位为米(m)。

大气传输率 τ 按式(B.34)计算:

$$\tau = 1 - 0.0565 \ln X \dots\dots\dots (B.34)$$

B.5.1.6.3 蒸气云爆炸(TNO 模型)计算

B.5.1.6.3.1 TNO 方法计算包括以下步骤:

- a) 进行扩散计算,确定可燃气的范围。
- b) 进行区域检查,确定拥挤的区域。
- c) 在被可燃气云覆盖的区域内,确定引起强烈冲击波的爆炸源,包括:
 - 1) 拥挤的空间和建筑物;
 - 2) 平行平面之间的空间;
 - 3) 管状结构内的空间;
 - 4) 高压泄放喷射形成的剧烈扰动的燃料—空气。
- d) 通过下列步骤,估算区域内(作为爆炸源)燃料—空气混合物的燃烧能:
 - 1) 单独考虑每一个爆炸源;
 - 2) 假设位于部分受约束或受阻碍区域的燃料—空气或喷射时剧烈扰动的燃料—空气为气云中的爆炸源,对爆炸冲击波有贡献;
 - 3) 估算出现在区域内(爆炸源)的燃料—空气混合物体积(估算是基于整个区域的大小。注意燃料—空气混合物可能没有充满整个区域,此时爆炸源内的燃料—空气混合物为实际进入该区域的体积;此外,在估算受阻碍区域体积时,应减去该区域内设备所占体积);
 - 4) 爆炸源的燃烧能按式(B.35)计算:

$$E = V_s \times 3.5 \times 10^6 \quad \dots\dots\dots (B.35)$$

式中:

E ——爆炸源内燃料—空气混合物的燃烧能,单位为焦耳(J);

V_s ——爆炸源中燃料—空气混合物体积,单位为立方米(m^3)。

e) 估计爆炸源的强度 $\bar{R}_0$,取值范围为 1~10,如:

- 1) 对气云中未受约束或未受阻碍的部分,取 1;
- 2) 对喷射时强扰动的气云部分,取 3;
- 3) 最大爆炸源强度取 10。

f) 比拟距离 $\bar{R}$ 按式(B.36)计算:

$$\bar{R} = \frac{R}{(E/P_0)^{1/3}} \quad \dots\dots\dots (B.36)$$

式中:

$\bar{R}$ ——爆炸源的 Sachs 比拟距离(无量纲);

R ——距爆炸源中心的距离,单位为米(m);

E ——爆炸源的燃烧能,单位为焦耳(J);

P_0 ——环境大气压,单位为帕斯卡(Pa)。

g) 计算爆炸超压:

查图 B.2 得到 Sachs 比拟爆炸超压 $\Delta \bar{P}_s$,爆炸超压按式(B.37)计算:

$$P = \Delta \bar{P}_s P_0 \quad \dots\dots\dots (B.37)$$

式中:

P ——爆炸超压,单位为帕斯卡(Pa);

$\Delta \bar{P}_s$ ——Sachs 比拟爆炸超压(无量纲);

P_0 ——环境大气压,单位为帕斯卡(Pa)。

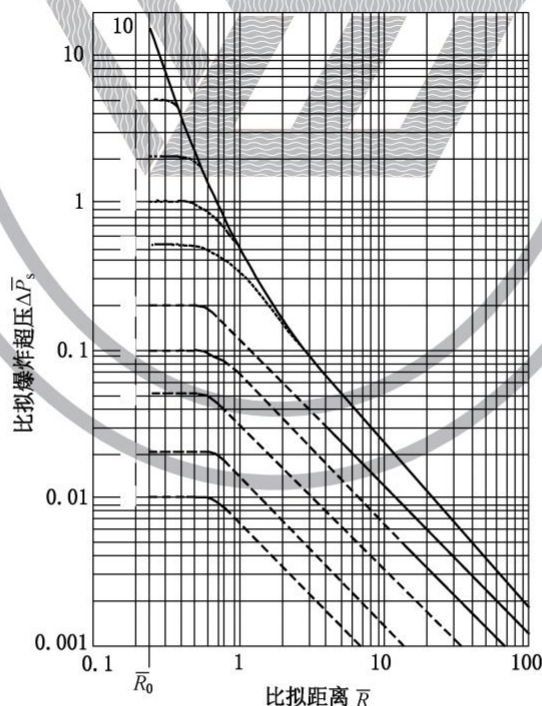


图 B.2 TNO 模型的 Sachs 比拟超压图

h) 如果两个爆炸源的距离很近,需考虑两个爆炸源同时爆炸的影响。

B.5.1.6.3.2 爆炸源强度选择可采用 Kinsella 方法,见表 B.9。

表 B.9 定性判断法分析表

点火能		受阻塞程度			受约束程度		强度等级
弱	强	强	弱	不存在阻塞	不存在约束	存在约束	
	X	X			X		7~10
	X	X				X	7~10
X		X			X		5~7
	X		X		X		5~7
	X		X			X	4~6
	X			X	X		4~6
X		X				X	4~5
	X			X		X	4~5
X			X		X		3~5
X			X			X	2~3
X				X	X		1~2
X				X		X	1
注: X 表示选中的场景。							

B.5.2 扩散

B.5.2.1 计算扩散时,应至少考虑以下两种情况:

- a) 射流,对于射流需确定喷射高度或距离;
- b) 大气扩散,大气扩散计算应结合实际气体特性,根据扩散气体的初始密度、Richardson 数等条件选择重气扩散或非重气扩散。

B.5.2.2 在计算扩散时,天气条件宜考虑不同的大气稳定度和风速。当使用 Pasquill 大气稳定度(参见 B.5.1.5)时,可选择以下 6 种天气条件。

表 B.10 选择的天气条件

大气稳定度	风速 m/s
B	中风速:3~5
D	低风速:1~2
D	中风速:3~5
D	高风速:8~9

表 B. 10 (续)

大气稳定度	风速 m/s
E	中风速:3~5
F	低风速:1~2

B. 5. 2. 3 扩散计算时,应结合当地的风速、风向及稳定度联合频率,宜选择十六种风向。气象统计资料宜采用附近气象站的气象统计数据。

B. 5. 3 火灾和爆炸

B. 5. 3. 1 根据发生火球、喷射火、池火、蒸气云爆炸及闪火等火灾、爆炸场景。具体场景与物质特性、储存参数、泄漏类型、点火类型等有关,可采用事件树方法确定各种可燃物质释放后,各种事件发生的类型及概率。可燃物质释放后的事件树参见图 B. 3 至图 B. 5。

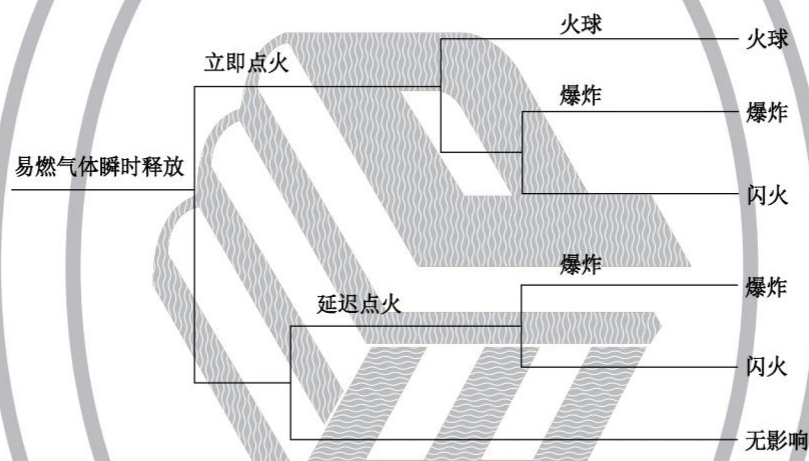


图 B. 3 易燃气体瞬时释放事件树图

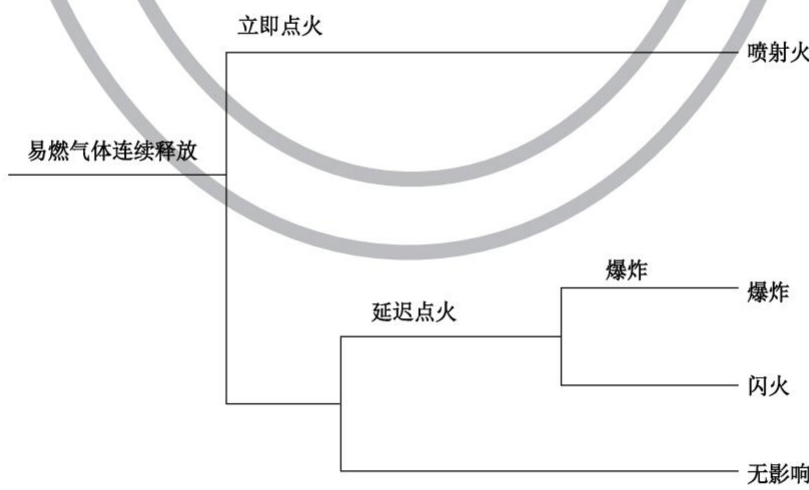
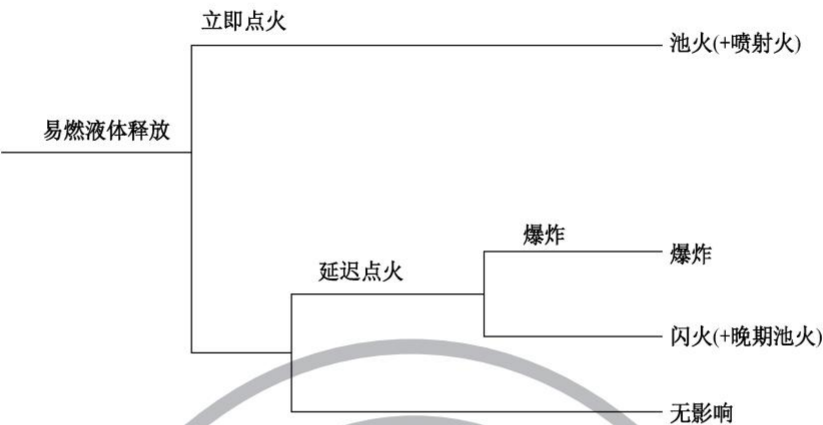


图 B. 4 易燃气体连续释放事件树图



注 1：对于可燃液体释放，在到达地面前可能发生物质的蒸发。如果蒸发气立即点火将形成喷射火。喷射火的物质
量取决于蒸发气中的物质质量。

注 2：在延迟点火时，除了闪火或爆炸，也将发生池火。

图 B.5 易燃液体释放事件树图

B.5.3.2 点火类型分为立即点火和延迟点火。

B.5.3.3 立即点火的点火概率应结合物质种类和泄漏形式(瞬时释放或者连续释放)。可根据数据库统计或通过概率模型计算获得。

B.5.3.4 延迟点火的点火概率应结合点火源特性、泄漏物特性以及泄漏发生时点火源存在的概率，按式(B.38)计算：

$$P(t)=P_{\text{present}}(1-e^{-\omega t}) \dots\dots\dots (B.38)$$

式中：

- $P(t)$ ——0~ t 时间内发生点火的概率；
- P_{present} ——点火源存在的概率；
- ω ——点火源的点火概率，单位为每秒(s^{-1})，与点火源特性有关；
- t ——时间，单位为秒(s)。

点火源的点火概率可根据点火源在某一时间内的点火概率计算得出，常见点火源在 1 min 内的点火概率参见表 B.11。

表 B.11 点火源在 1 min 内的点火概率

点火源	1 min 内的点火概率
点源	
机动车辆	0.4
火焰	1.0
室外燃烧炉	0.9
室内燃烧炉	0.45
室外锅炉	0.45
室内锅炉	0.23
内燃机车	0.4
电力机车	0.8

表 B.11 (续)

点火源	1 min 内的点火概率
线源	
输电线路	0.2/100 m
公路	注
铁路	注
面源	
化工厂	0.9/座
轻工业区	按人口计算
人口	
居民	0.01/人
工人	0.01/人
注：发生泄漏事故地点周边的公路或铁路的点火概率与平均交通密度 d 有关。平均交通密度 d 的计算公式： $d=N\times E/V$ 式中： N——每小时通过的汽车数量，单位为辆每小时(h^{-1})； E——道路或铁路的长度，单位为千米(km)； V——汽车平均速度，单位为千米每小时(km/h)。 如果 $d\leq 1$，则 d 的数值就是蒸气云通过时点火源存在的概率，此时 $P(t)=d(1-e^{-\omega t})$ 式中： ω——单辆汽车的点火效率，单位为每秒(s^{-1})。 如果 $d\geq 1$，则 d 表示当蒸气云经过时的平均点火源数目；则在 $0\sim t$ 时间内发生点火的概率： $P(t)=1-e^{-d\omega t}$ 式中： ω——单辆汽车的点火效率，单位为每秒(s^{-1})。 对某个居民区而言，$0\sim t$ 时间内的点火概率的计算公式： $P(t)=1-e^{-n\omega t}$ 式中： ω——每个人的点火效率，单位为每秒(s^{-1})； n——居民区中存在的平均人数。 如果其他模型中采用不随时间变化的点火概率，则该点火概率等于 1 min 内的点火概率。	

B.5.3.5 对于喷射火，其方向为物质的实际泄漏方向；如果没有准确的信息，宜考虑垂直方向喷射火和水平方向喷射火。

B.5.3.6 气云延迟点火发生闪火和爆炸时，可将闪火和爆炸考虑为两个独立的过程。

B.5.3.7 气云爆炸产生的冲击波超压计算宜考虑气云受约束或阻碍的状况。

B.5.4 减缓控制系统

减缓控制系统应结合不同种类的减缓控制系统对危险物质释放及其后果的影响。如果能够确定减缓控制系统的效果，宜采用下列步骤反映减缓控制系统的作用：

- a) 确定系统起作用需要的时间；

- b) 确定系统的效果；
- c) 系统起作用前不考虑减缓控制作用；
- d) 系统起作用后的源项值应结合减缓控制系统的效果进行修正；
- e) 减缓控制系统的失效频率。

B.5.5 暴露影响

B.5.5.1 死亡概率计算

B.5.5.1.1 不同热辐射强度造成的伤害和损坏见表 B.12。

表 B.12 不同热辐射强度造成的伤害和损坏

热辐射强度 kW/m ²	对设备的损坏	对人的伤害
37.5	操作设备损坏	1%死亡(10 s) 100%死亡(1 min)
25.0	在无火焰,长时间辐射下木材燃烧的最小能量	重大烧伤(10 s) 100%死亡(1 min)
12.5	有火焰时,木材燃烧及塑料熔化的最低能量	1度烧伤(10 s) 1%死亡(1 min)
6.3	—	在8 s内裸露皮肤有痛感;无热辐射屏蔽设施时,操作人员穿上防护服可停留1 min
4.7	—	暴露16 s,裸露皮肤有痛感;无热辐射屏蔽设施时,操作人员穿上防护服可停留几分钟
1.58	—	长时间暴露无不适感

B.5.5.1.2 不同超压对建筑物造成的影响和损坏见表 B.13。

表 B.13 超压对建筑物的影响(近似值)

压力 kPa	影响
0.14	令人厌恶的噪声(137 dB,或低频 10 Hz~15 Hz)
0.21	已经处于疲劳状态下的大玻璃偶尔破碎
0.28	产生大的噪声(143 dB)、玻璃破裂
0.69	处于压力应变状态的小玻璃破裂
1.03	玻璃破裂的典型压力
2.07	“安全距离”(低于该值,不造成严重损坏的概率为 0.95);抛射限值;屋顶出现某些破坏;10%的窗户玻璃被打碎
2.76	有限的较小结构破坏
3.4~6.9	大窗户和小窗户通常破碎;窗户框架偶尔遭到破坏

表 B.13 (续)

压力 kPa	影响
4.8	房屋建筑物受到较小的破坏
6.9	房屋部分破坏,不能居住
6.9~13.8	石棉板粉碎;钢板或铝板起皱,紧固失效;木板固定失效、吹落
9.0	钢结构的建筑物轻微变形
13.8	房屋的墙和屋顶局部坍塌
13.8~20.7	没有加固的混凝土墙毁坏
15.8	严重结构破坏的低限值
17.2	房屋砌砖 50%破坏
20.7	工厂建筑物内的重型机械(1362 kg)轻微损坏;钢结构建筑变形,并离开基础
20.7~27.6	自成构架的钢面板建筑破坏;油储罐破裂
27.6	轻工业建筑物的覆层破裂
34.5	木制的支撑柱折断;建筑物内高大液压机(18160 kg)轻微破坏
34.5~48.2	房屋几乎完全破坏
48.2	装载货物的火车车厢倾翻
48.2~55.1	未加固的 203.2 mm~304.8 mm 厚的砖板因剪切或弯曲导致失效
62.0	装载货物的火车货车车厢完全破坏
68.9	建筑物可能全部遭到破坏;重型机械工具(3178 kg)移位并严重损坏,非常重的机械工具(5448 kg)幸免

B.5.5.1.3 给定暴露场景下,人员的死亡概率可采用概率函数法计算,死亡概率 P_d 与相应的概率值 P_r 函数关系见式(B.39)、式(B.40), P_d 和 P_r 的对应关系参见表 B.14。

$$P_d = 0.5 \times \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{P_r - 5}{\sqrt{2}} \right) \right] \quad \dots\dots\dots (\text{B.39})$$

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt \quad \dots\dots\dots (\text{B.40})$$

式中:

t ——暴露时间,单位为秒(s)。

B.5.5.1.4 死亡概率与概率值的对应关系见表 B.14。

表 B.14 P_d 和 P_r 的对应关系

P_d %	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		2.67	2.95	3.12	3.25	3.36	3.45	3.52	3.59	3.66
10	3.72	3.77	3.82	3.87	3.92	3.96	4.01	4.05	4.08	4.12
20	4.16	4.19	4.23	4.26	4.29	4.33	4.36	4.39	4.42	4.45
30	4.48	4.50	4.53	4.56	4.59	4.61	4.64	4.67	4.69	4.72

表 B. 14 (续)

P_d %	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	4.75	4.77	4.80	4.82	4.85	4.87	4.90	4.92	4.95	4.97
50	5.00	5.03	5.05	5.08	5.10	5.13	5.15	5.18	5.20	5.23
60	5.25	5.28	5.31	5.33	5.36	5.39	5.41	5.44	5.47	5.50
70	5.52	5.55	5.58	5.61	5.64	5.67	5.71	5.74	5.77	5.81
80	5.84	5.88	5.92	5.95	5.99	6.04	6.08	6.13	6.18	6.23
90	6.28	6.34	6.41	6.48	6.55	6.64	6.75	6.88	7.05	7.33
99	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
	7.33	7.37	7.41	7.46	7.51	7.58	7.58	7.65	7.88	8.09

B. 5. 5. 2 热辐射危害

B. 5. 5. 2. 1 火球、池火及喷射火的死亡概率值可按式(B. 41)计算:

$$P_{\text{RH}} = -36.38 + 2.56 \ln(Q^{4/3} \times t) \quad \dots\dots\dots (\text{B. 41})$$

式中:

P_{RH} ——热辐射暴露下的死亡概率值;

Q ——热辐射强度,单位为瓦特每平方米(W/m^2);

t ——暴露时间,单位为秒(s),最大值为 20 s。

B. 5. 5. 2. 2 在计算热辐射暴露死亡概率时,处于火球、池火及喷射火火场中或热辐射强度不小于 $37.5 \text{ kW}/\text{m}^2$ 时,人员的死亡概率为 100%。

B. 5. 5. 3 闪火和爆炸

B. 5. 5. 3. 1 闪火的火焰区域等于点燃时可燃云团浓度超过燃烧下限的范围。闪火火焰区域内,人员的死亡概率为 100%;闪火火焰区域外,人员的死亡概率为 0。

B. 5. 5. 3. 2 对于蒸气云爆炸,在超过 0.03 MPa 超压影响的区域内,人员的死亡概率为 100%;在 0.01 MPa 超压影响区域外,人员的死亡概率为 0。

B. 6 定量风险计算

B. 6. 1 定量风险可用个人风险来度量。个人风险可用绘制在标准比例尺地理图上的个人风险等值线表示。

B. 6. 2 在计算个人风险时,应对评价区域进行计算网格划分。网格单元的划分应结合当地人口密度和事故影响范围,网格尺寸不应影响计算结果。在确定每个网格单元的人员数量时,可假设网格单元内部有相同的人口密度。将点火概率分配到每一个网格单元,如网格中有多个点火源,应将所有的点火源合并成处于网格单元中心的单个点火源。

B. 6. 3 个人风险计算流程见图 B. 6,包括以下步骤:

- 选择一个泄漏场景(Loss of Containment, LOC),确定 LOC 的发生频率 f_s ;
- 选择一种天气等级 M 和该天气等级下的一种风向 φ ,给出天气等级 M 和风向 φ 同时出现的联合概率 $P_M \times P_\varphi$;



图 B.6 网格单元的个人风险计算程序图

- c) 如果是可燃物释放,选择一个点火事件 i 并确定点火概率 P_i ;
- d) 计算在特定的 LOC、天气等级 M 、风向 φ 及点火事件 i (针对可燃物) 条件下网格单元上的死亡概率 P_d , 计算中参考高度取 1 m ;
- e) 计算(LOC、 M 、 φ 、 i) 条件下对网格单元个体风险 (Individual Risk, IR) 的贡献, 按式 (B. 42) 计算;

$$\Delta IR_{S,M,\varphi,i} = f_S \times P_M \times P_\varphi \times P_i \times P_d \quad \dots\dots\dots (B.42)$$

f) 对所有的 $LOC(f_S)$ 、 M 、 φ 及 i , 重复 a)~e) 步的计算; 则网格单元处的个人风险按式 (B.43) 计算。

$$IR = \sum_S \sum_M \sum_\varphi \sum_i \Delta IR_{S,M,\varphi,i} \quad \dots\dots\dots (B.43)$$



附 录 C
(规范性)
个人风险基准

油气长输管道周边防护目标所承受的个人风险应不超过表 C.1 中个人风险基准的要求。

表 C.1 个人风险基准

防护目标	油气长输管道个人风险基准 次/每年
高敏感防护目标、重要防护目标、一般防护目标中的一类防护目标	$\leq 3 \times 10^{-6}$
一般防护目标中的二类防护目标	$\leq 1 \times 10^{-5}$
一般防护目标中的三类防护目标	$\leq 3 \times 10^{-5}$
注：防护目标分类按照 GB 36894 确定。	

附 录 D

(规范性)

安全预评价报告封面格式式样

按照图 D.1 的格式式样编制安全预评价报告封面。

建设单位名称
(居中, 二号宋体加粗)

建设项目名称
(居中, 二号宋体加粗)

安全预评价报告
(居中, 一号黑体加粗)

建设单位:
建设单位法定代表人:
建设单位联系人:
建设单位联系电话:
(顶端缩进 2 字符, 三号宋体加粗)

(建设单位公章)
年 月 日
(居中, 三号宋体加粗)

图 D.1 安全预评价报告封面格式式样图

附 录 E

(规范性)

安全预评价报告扉页格式式样

按照图 E.1 的格式式样编制安全预评价报告扉页。

建设单位名称 (居中, 二号宋体加粗)	
建设项目名称 (居中, 二号宋体加粗)	
安全预评价报告 (居中, 一号黑体加粗)	
评价机构名称:	
法定代表人:	
技术负责人:	
评价项目负责人:	
评价机构联系电话:	
(顶端缩进 2 字符, 三号宋体加粗)	
(安全评价机构公章)	
年 月 日	
(居中, 三号宋体加粗)	

图 E.1 安全预评价报告扉页格式式样图

附 录 F
(规范性)

安全预评价报告评价人员名单格式式样

按照图 F.1 的格式式样编制安全预评价报告评价人员名单。

建设项目名称

安全预评价报告评价人员

(三号宋体加粗)

	姓名	专业	资格证书号	签字
项目负责人				
项目组成员				
报告编制人				
报告审核人				
过程控制负责人				
技术负责人				
技术专家				

图 F.1 安全预评价报告评价人员名单格式式样图

参 考 文 献

- [1] GB 36894 危险化学品生产装置和储存设施风险基准
- [2] GB/T 37243 危险化学品生产装置和储存设施外部安全防护距离确定方法
- [3] 铁路安全管理条例(中华人民共和国国务院令第 639 号)
- [4] 公路安全保护条例(中华人民共和国国务院令第 593 号)
- [5] 油气输送管道与铁路交汇工程技术及管理规定(国能油气〔2015〕392 号)
- [6] 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(交公路发〔2015〕36 号)

