ICS 23.040.01
CCS J 74

中华人民共和国国家标准

GB/T 27512—2025
代替 GB/T 27512—2011

埋地管道风险评估方法

Risk assessment method for buried pipelines

2025-12-31 发布　　2025-12-31 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会　发布

目　　次

前言 ……Ⅲ
引言 ……Ⅴ
1　范围 ……1
2　规范性引用文件 ……1
3　术语和定义 ……1
4　通则 ……2
5　评估流程 ……2
6　数据收集 ……3
7　管道区段划分 ……4
8　风险评估 ……4
9　风险消减及控制措施的建议 ……7
10　风险评估报告 ……7
11　风险再评估 ……8
附录 A（规范性）　设计审查阶段埋地管道失效可能性评估 ……9
附录 B（规范性）　竣工验收阶段埋地管道失效可能性评估 ……17
附录 C（规范性）　在役阶段埋地管道失效可能性评估 ……32
附录 D（规范性）　埋地管道失效后果评估 ……50

前　言

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GB/T 27512—2011《埋地钢质管道风险评估方法》，与GB/T 27512—2011相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

a) 更改了范围（见第1章，2011年版的第1章）；
b) 删除了术语“集气管道”“集油管道”“输油管道”“失效可能性评分基本模型”“失效可能性评分修正模型”“直接经济损失”“风险绝对等级”“风险相对等级”及其定义（见2011年版的3.1.2～3.1.4、3.1.8、3.1.9、3.1.13、3.1.16、3.1.17）；
c) 删除了符号（见2011年版的3.2）；
d) 更改了一般要求为通则（见第4章，2011年版的第4章）；
e) 删除了管道区段的风险评估要求（见2011年版的4.1.2）；
f) 更改了评估单位的基本要求（见4.2，2011年版的4.2.1）；
g) 增加了不同阶段管道风险评估开展的时间要求（见4.5）；
h) 增加了管道智能化风险评估和动态预警的要求（见4.6）；
i) 增加了管道区段风险评估流程图（见第5章）；
j) 更改了管道的数据收集（见第6章，2011年版的4.3）；
k) 增加了风险评估人员对收集数据的审查要求（见6.5）；
l) 增加了多次风险评估管道区段的数据收集要求（见6.7）；
m) 删除了无法通过资料收集、实际调查或检测获得管道信息的相关要求（见2011年版的4.3.6）；
n) 更改了管道区段划分方法和遵循原则（见第7章，2011年版的第6章）；
o) 更改了风险评估模型和失效可能性权重系数（见8.1和8.2，2011年版的第7章）；
p) 更改了风险值计算与风险等级划分（见8.3，2011版的第9章和第11章）；
q) 更改了风险消减及控制措施的建议（见第9章，2011年版的第11章）；
r) 更改了管道风险评估报告的要求（见第10章，2011年版的4.4）；
s) 更改了管道风险再评估的条件（见第11章，2011年版的第12章）；
t) 删除了可行性论证阶段埋地管道失效可能性评估的评分细则（见2011年版的附录A）；
u) 更改了设计审查阶段埋地管道失效可能性评估的评分细则（见附录A，2011年版的附录B）；
v) 更改了竣工验收阶段埋地管道失效可能性评估的评分细则（见附录B，2011年版的附录C）；
w) 更改了在役阶段埋地管道失效可能性评估的评分细则（见附录C，2011年版的附录D）；
x) 更改了埋地管道失效后果评估的评分细则（见附录D，2011年版的附录E）。

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。

本文件由全国锅炉压力容器标准化技术委员会（SAC/TC 262）提出并归口。

本文件起草单位：中国特种设备检测研究院、国家市场监督管理总局、国家石油天然气管网集团有限公司、西南石油大学、中国石油大学（北京）、北京航空航天大学、中国特种设备检验协会、安徽省特种设备检测院、中国石油集团工程材料研究院有限公司、北京市科学技术研究院城市安全与环境科学研究所、中国市政工程华北设计研究总院有限公司、中国安全生产科学研究院、国家石油天然气管网集团有限公司科学技术研究总院分公司、福建省锅炉压力容器检验研究院、中石化（大连）石油化工研究院

有限公司、国家管网集团西南管道有限责任公司、广东大鹏液化天然气有限公司、深圳市燃气集团股份有限公司、港华投资有限公司、上海天然气管网有限公司、江苏省特种设备安全监督检验研究院、中石油昆仑燃气有限公司、沈阳特种设备检测研究院、国家管网集团工程技术创新有限公司、山东省特种设备检验研究院集团有限公司、中国石化销售股份有限公司华南分公司、中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司安全环保与技术监督研究院、中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司输气管理处、国家石油天然气管网集团有限公司甘肃分公司、中国石油天然气股份有限公司塔里木油田分公司、中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司、中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司。

本文件主要起草人：何仁洋、王俊强、秦先勇、李又绿、李颜强、杨永、薛吉明、李云涛、孟涛、李强、李丽锋、黄志伟、程浩、白永强、吉建立、张峥、梁航、王晓霖、张圣柱、夏季、丁战武、林楠、蒋卡克、吴胜平、杨玉锋、蒋宏业、肖宏川、刘哲、杨梅、单克、梅琳、范玉然、韩彬、杨玲、梁妍、毛学强、杨慎军、薛庆、殷朋、高健、张贵元、王朝璋、李岩、牙亚萌、阳佳旺。

本文件于2011年首次发布，本次为第一次修订。

引　言

本文件是为适应国家有关法规、规章中关于埋地管道风险评估要求和工程需要而提出的风险评估方法，主要用于在役埋地管道的风险评估，也为埋地管道设计审查阶段和竣工验收阶段的风险评估提供了一种方法。

本文件依据风险评估的基本原理，用于从发生事故的可能性和事故后果两个方面综合评估埋地管道在其实际使用工况和环境下的风险程度，是一种适合于工程实际的半定量风险评估方法。

埋地管道风险评估方法

1 范围

本文件规定了埋地管道风险评估的通则、评估流程、数据收集、管道区段划分、风险评估、风险消减及控制措施的建议、风险评估报告和风险再评估。

本文件适用于埋地集输管道、长输管道、公用燃气管道等三种类型管道设计审查、竣工验收、在役三个阶段的风险评估。埋地工业管道和埋地公用热力管道的风险评估参照执行。

本文件不适用于站场、厂区内非埋地管道的风险评估。

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/T 19285 埋地钢质管道腐蚀防护工程检验

GB/T 21448 埋地钢质管道阴极保护技术规范

GB 32167 油气输送管道完整性管理规范

GB/T 34275 压力管道规范 长输管道

GB/T 34346 基于风险的油气管道安全隐患分级导则

GB/T 40702 油气管道地质灾害防护技术规范

GB 50028 城镇燃气设计规范

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 50349 气田集输设计规范

GB 50350 油田油气集输设计规范

GB 50369 油气长输管道工程施工及验收规范

GB 50423 油气输送管道穿越工程设计规范

GB 50424 油气输送管道穿越工程施工规范

GB 51142 液化石油气供应工程设计规范

GB/T 51455 城镇燃气输配工程施工及验收标准

GB 55009 燃气工程项目规范

SY/T 4204 石油天然气建设工程施工质量验收规范 油气田集输管道工程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

半定量风险评估　semi-quantitative risk assessment

按照评分体系对影响失效可能性和失效后果的各种因素进行打分，并综合得出以分数表示的风险值的过程。

3.2

区段　section

为对管道进行风险评估而将管道划分成的各个部分，是管道风险评估的最小单位。

3.3

失效可能性　failure probability

管道发生失效的可能性或概率。

3.4

第三方损坏　third-party damage

管道企业及与其有合同关系的承包商之外的个人或组织无意或蓄意损坏管道系统的行为。

3.5

管道本质安全　pipeline essential safety

由管道设计、制造、施工、本体缺陷等因素所决定的管道安全水平。

3.6

失效后果　failure consequence

潜在的管道泄漏、燃烧、爆炸等事故可能引起的人员伤亡、经济损失、环境污染等后果。

3.7

风险值　risk value

用以表征风险大小的数值，为失效可能性与失效后果的乘积。

3.8

风险等级　risk grade

采用风险值或失效可能性与失效后果值预先划定区间所确定的等级。

4　通则

4.1　本文件采用半定量风险评估方法，对管道分区段进行评估，以风险等级表示各区段风险水平。

4.2　风险评估应组建团队，由检验、工艺、运行管理、管道完整性管理等技术人员组成，专业宜包括但不限于材料、腐蚀、油气储运、安全工程等。

4.3　风险评估人员应经过相关法律法规、标准规范、风险评估等基础知识培训并考核合格。

4.4　风险评估团队应根据管道的实际工况和环境，开展管道区段失效可能性和失效后果评估，确定区段风险等级，分析较高及以上风险区段的风险来源和原因，并给出风险消减及控制措施的建议。

4.5　设计阶段管道风险评估宜在初步设计阶段开展，竣工验收阶段管道风险评估宜在投产运行 1 年内开展，在役阶段管道风险再评估时间间隔应根据评估结论确定，且不宜超过 3 年。

4.6　宜依托管道完整性管理和智能化平台，开展管道智能化风险评估、风险动态预警等工作。

5　评估流程

应按照下列主要步骤开展埋地管道风险评估，评估流程见图 1。

a）　确定评估的对象和范围；

b）　数据收集；

c） 管道区段划分；

d） 风险评估，涵盖失效可能性和失效后果评估、风险值计算和等级划分；

e） 根据风险评估结果，给出风险消减及控制措施的建议；

f） 撰写风险评估报告；

g） 风险再评估。

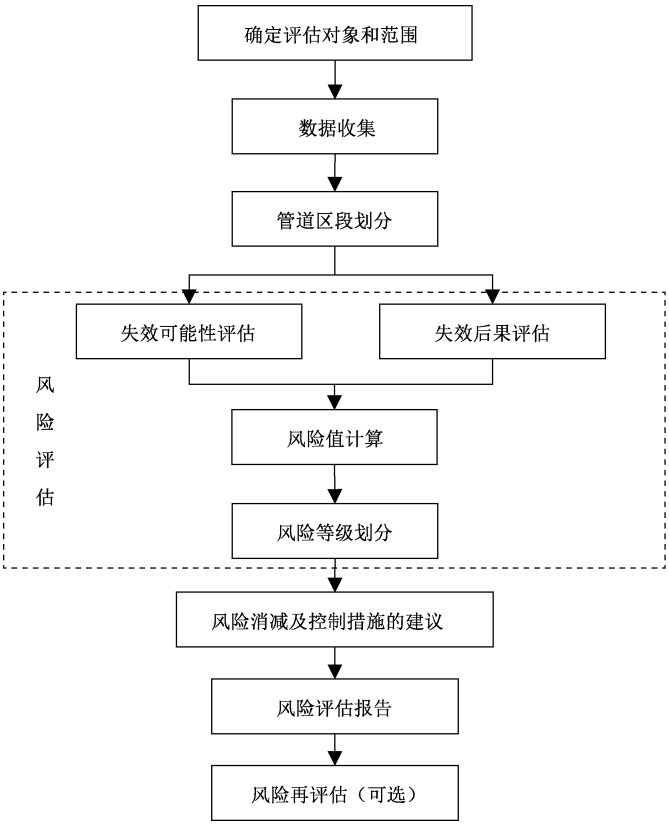


图 1 风险评估流程

6 数据收集

6.1 数据收集应辨识管道区段存在的风险因素以及关联性。

6.2 设计审查阶段埋地管道的风险评估，宜收集下列数据：

a） 设计单位资质、初步设计图纸、设计说明书等；

b） 项目审批文件、可研批复文件、设计委托书、安全条件审查等；

c） 其他有关数据。

6.3 竣工验收阶段埋地管道的风险评估，宜收集下列数据：

a） 设计单位资质、勘察文件、设计图纸、设计说明书及有关计算书、设计材料表及设计变更等；

b） 管道制造与安装、监理、监督检验单位资质，以及产品质量证明文件、监督检验证书、监理质量评估报告等；

c） 管道设计与施工方案、施工图设计图纸，施工图设计说明书，竣工图、过程记录或报告等竣工验收数据；

d） 其他有关数据。

6.4 在役阶段埋地管道的风险评估，宜收集下列数据：

a） 6.3a)～c)；

b） 管道运行管理制度和程序文件、人员考核培训记录、运行日志和工艺记录、历次定期检验报告、管道周围人口分布、第三方交叉施工信息、管道地质灾害调查/识别信息、修理改造、应急预案及演练、变更记录等；

c） 其他有关数据。

6.5 风险评估人员应对收集到的数据进行完整性和有效性审查，并确保数据满足风险评估要求。

6.6 在役阶段埋地管道的现有数据缺失且影响风险评估结果时，宜开展相应的调查、检测及检验工作，以收集必要的数据。

6.7 已开展过风险评估的在役阶段管道，应重点收集管体及焊缝、防腐层及附属设施状况、沿线自然或社会环境发生的变化等数据。

7 管道区段划分

7.1 管道区段划分应遵循“相同属性、类似特征”的原则。

注：“相同属性”指管道的敷设方式、防腐层类型、运行参数等属性一致。“类似特征”指管道的规格、材质、沿线周边自然与社会环境等特征一致。

7.2 管道区段划分应根据下列因素确定：

a） 管材、管径、壁厚及其起止里程等基本特征；

b） 管体、环焊缝等基本特征变化；

c） 附属设施状况；

d） 防腐层、阴极保护等腐蚀防护系统状况，以及杂散电流影响的评价；

e） 管道运行参数，包括输送介质、运行压力和温度等；

f） 管道沿线周边自然与社会环境变化。

7.3 当管道区段发生改线、重大维修、地区等级升高（人口密度）、自然环境改变等重要变化时，应将重要变化位置纳入管道区段划分点。

8 风险评估

8.1 风险评估模型

8.1.1 管道区段风险评估包括失效可能性和失效后果评估，应按公式（1）的风险评估模型计算风险值 R。

$$R = S \times C = \left(100 - \sum_{i=1}^{4} a_i^k s_i^k\right) \times \sum_{j=1}^{4} c_j^k \qquad \cdots\cdots (1)$$

式中：

R ——风险值；

S ——失效可能性得分，$S = 100 - \sum_{i=1}^{4} a_i^k s_i^k$；

C ——失效后果得分，$C = \sum_{j=1}^{4} c_j^k$；

a_i ——失效可能性评分项权重系数，$\sum_{i=1}^{4} a_i^k = 1$；

s_i ——失效可能性评分项得分，按照附录 A～附录 C 执行；

c_j ——失效后果评分项得分，按照附录 D 执行；

k ——埋地管道开展风险评估的阶段，$k=1$ 为管道设计审查阶段，$k=2$ 为管道竣工验收阶段，$k=3$ 为管道在役阶段。

8.1.2 各阶段失效可能性评分的权重系数可采用表1～表3推荐值，也可根据管道所处环境条件的客观实际，结合管道失效统计数据，经专家论证后调整管道区段失效可能性评分项的权重系数。

表1 管道设计审查阶段失效可能性评分项权重系数

评分项系数		设计控制 (a_1^1)	施工技术控制 (a_2^1)	第三方损坏控制 (a_3^1)	腐蚀控制 (a_4^1)
管材划分	集输金属管道	0.40	0.30	0.05	0.25
	集输非金属管道	0.50	0.40	0.10	0
	长输金属管道	0.35	0.35	0.15	0.15
	燃气金属管道	0.30	0.30	0.20	0.20
	燃气非金属管道	0.35	0.40	0.25	0

表2 管道竣工验收阶段失效可能性评分项权重系数

评分项系数		第三方损坏 (a_1^2)	腐蚀 (a_2^2)	安全设施(装置)操作及人员培训 (a_3^2)	管道本质安全 (a_4^2)
管材划分	集输金属管道	0.10	0.20	0.30	0.40
	集输非金属管道	0.15	0.05	0.40	0.40
	长输金属管道	0.40	0.20	0.10	0.30
	燃气金属管道	0.25	0.15	0.30	0.30
	燃气非金属管道	0.30	0.10	0.30	0.30

表3 管道在役阶段失效可能性评分项权重系数

评分项系数		第三方损坏 (a_1^3)	腐蚀 (a_2^3)	安全设施(装置)操作及人员培训 (a_3^3)	管道本质安全 (a_4^3)
管材划分	集输金属管道	0.15	0.40	0.20	0.25
	集输非金属管道	0.25	0.05	0.30	0.40
	长输金属管道	0.40	0.20	0.10	0.30
	燃气金属管道	0.30	0.25	0.15	0.30
	燃气非金属管道	0.40	0.05	0.25	0.30

8.2 失效可能性与失效后果评估

8.2.1 风险评估人员按照附录A、附录B和附录C分别对埋地管道设计审查、竣工验收、在役等三个阶段开展针对性的失效可能性评估，按照附录D对埋地管道进行失效后果评估。

8.2.2 如果管道区段中存在下列情况之一，应将失效可能性得分 S 调整为100分：

a) 管道组成件、安全保护装置和措施不满足设计要求；

b) 工作压力超过设计压力；

c） 管道本体含有未修复的超标缺陷或存在重大隐患，且未按照相关标准修复；
d） 管道同一区段曾经发生过泄漏，且未采取有效措施；
e） 通过滑坡、崩塌、塌陷、泥石流、洪水严重侵蚀、活动断裂带等地质灾害或矿山采空区地段，且未采取相应保护措施；
f） 通过高压直流换流站与变电站等强干扰区域，且未采取相应保护措施；
g） 聚乙烯等高分子材料管道存在露管或室外地上明设；
h） 评估人员已确认严重影响管道安全的其他情况。

8.2.3 如果长输管道区段的位置存在下列情况之一，应将失效后果得分 C 调整为 150 分：
a） 通过军事禁区、飞机场、铁路及汽车客运站、海（河）港码头等区域；
b） 敷设于铁路或公路的隧道内及桥梁上，不包括为管道工程专门修建的隧道和桥梁；
c） 通过环境敏感区、城乡建成区，但未采取相应保护措施；
d） 评估人员已确认严重影响管道安全的其他情况。

8.2.4 如果城镇燃气管道区段的位置存在下列情况之一，应将失效后果得分 C 调整为 150 分：
a） 从建筑物和大型构筑物（不包括架空的建筑物和大型构筑物）、堆积易燃易爆材料和具有腐蚀性液体场地下面穿越；
b） 高压燃气管道通过军事设施、易燃易爆仓库、国家重点文物保护单位的安全保护区、飞机场、火车站、海（河）港码头等区域，且未采取安全防护措施；
c） 液化石油气管道及调压装置设置在地下室、半地下室、地下箱体、地下综合管廊及其他地下空间；
d） 液态燃气输配管道、高压 A 及高压 A 以上的气态燃气输配管道敷设在居住区、商业区和其他人员密集区域、机场车站与港口及其他危化品生产和储存区域内；
e） 高压燃气管道架空敷设但未采取安全防护措施；
f） 埋地燃气管道在排水管（沟）、供水管渠、热力管沟、电缆沟、交通隧道和地下人行通道等地下构筑物内平行敷设但未采取安全防护措施；
g） 在燃气输配管道及附属设施的保护范围内从事爆破、取土、打桩、钻探、建设建（构）筑物、放置易燃易爆危险物品、倾倒排放腐蚀性物质、种植深根植物等危害管道安全的活动，或从事相关活动但未采取保护措施；
h） 评估人员已确认严重影响管道安全的其他情况。

8.3 风险等级划分

8.3.1 管道区段的风险等级可采用风险值与风险矩阵方法进行划分，按严重性从低到高划分为低（蓝色）、中（黄色）、较高（橙色）和高（红色）四个等级。

8.3.2 可按照下列划分方法，判定管道区段失效可能性的评分等级：
a） 如果 $S\in[0,20)$，则等级 1 级；
b） 如果 $S\in[20,40)$，则等级 2 级；
c） 如果 $S\in[40,60)$，则等级 3 级；
d） 如果 $S\in[60,80)$，则等级 4 级；
e） 如果 $S\in[80,100]$，则等级 5 级。

8.3.3 可按照下列划分方法，判定管道区段失效后果的评分等级：
a） 如果 $C\in[0,30)$，则等级 A 级；
b） 如果 $C\in[30,60)$，则等级 B 级；
c） 如果 $C\in[60,90)$，则等级 C 级；

d） 如果 $C\in[90,120)$，则等级 D 级；

e） 如果 $C\in[120,150]$，则等级 E 级。

8.3.4 采用风险矩阵形式划分管道区段的风险等级时，应先对管道区段失效可能性和失效后果的评分进行等级划分，再进行风险等级划分。

8.3.5 采用风险值形式划分管道区段的风险等级时，可按照下列方法判定管道区段的风险等级：

a） 如果 $R\in[0,3\,000)$，则风险等级为低风险等级；

b） 如果 $R\in[3\,000,7\,000)$，则风险等级为中等风险等级；

c） 如果 $R\in[7\,000,11\,000)$，则风险等级为较高风险等级；

d） 如果 $R\in[11\,000,15\,000]$，则风险等级为高风险等级。

8.3.6 根据 8.3.2 失效可能性的评分等级和 8.3.3 失效后果的评分等级，按照图 2 的风险矩阵，判定管道区段的风险等级。

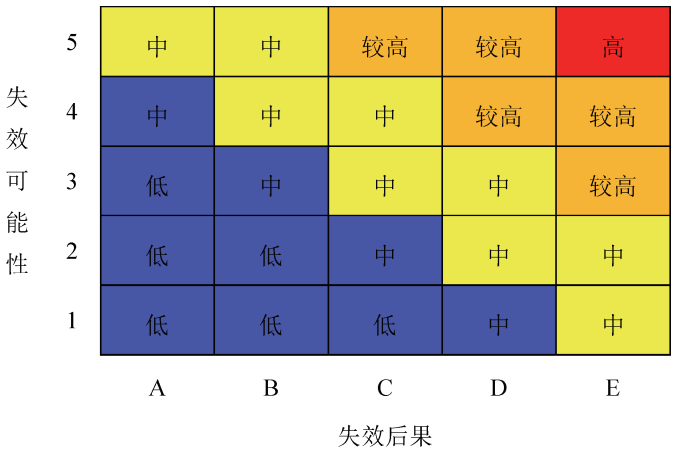


图 2 风险矩阵

8.3.7 管道区段进行风险评估时，按照国家安全技术规范、GB/T 34346 等相关标准识别出的重大隐患，风险等级直接确定为高风险等级。

8.3.8 采用风险值或风险矩阵两种方法判定的管道区段风险等级不一致时，以风险等级高的为准。

8.3.9 对比同一管道不同区段的风险等级时，风险评估模型中失效可能性权重系数应保持一致。

9 风险消减及控制措施的建议

9.1 管道风险消减和控制措施应以“预防为主、防控结合”为原则。

9.2 风险消减及控制措施建议应包括但不限于对日常管理、定期检验、缺陷修复的建议，以及第三方损坏、自然与地质灾害、腐蚀泄漏等风险的防控措施。

9.3 对于较高风险及以上的管道区段，应根据风险评估结果，分析风险来源和原因，并提出相应风险消减及控制措施的建议。

10 风险评估报告

埋地管道风险评估报告应至少包括下列内容：

a） 管道情况概述；

b） 数据来源；

c） 管道区段划分；

d） 失效可能性评估；
e） 失效后果评估；
f） 风险等级判定；
g） 较高风险及以上管道区段的风险来源和原因分析；
h） 风险消减及控制措施建议。

11 风险再评估

当出现下列情况之一时，应对埋地管道或相应区段重新进行风险评估：
a） 改线、增加分支、埋地变为架空等管道线路或敷设方式发生重大变更；
b） 管道规格、材质、输送介质等属性及安全设施发生重大变化；
c） 管道操作工况发生重大变化；
d） 上次风险评估周期到期；
e） 管道沿线环境发生较大变化且高后果区增加；
f） 管道企业管理制度发生重大变化；
g） 其他严重影响管道安全运行的情况。

附 录 A
（规范性）
设计审查阶段埋地管道失效可能性评估

A.1 埋地管道设计审查阶段的失效可能性应从设计控制、施工技术控制、第三方损坏控制、腐蚀控制四个方面进行评估，具体评分项见表 A.1，评分细则见表 A.2。

A.2 设计控制、施工技术控制、第三方损坏控制、腐蚀控制四个方面评分项的得分为其下设的评分项得分之和。风险评估人员从每个评分项下设的各列项中单一选择最接近实际情况的列项，从而确定该评分项的得分。

A.3 油气长输管道按照 GB 50251、GB 50253 和 GB/T 34275 的相关要求执行，油气田集输管道按照 GB 50349、GB 50350 和 GB 50183 的相关要求执行，城镇燃气管道按照 GB 50028 和 GB 51142 的相关要求执行。

表 A.1 设计审查阶段埋地管道失效可能性评分项

评分项			分值
一级指标	二级指标	三级指标	
设计控制	设计单位及人员资质	—	8
	设计依据	—	6
	设计变更	—	4
	设计文件审批	—	5
	危险有害因素分析	—	5
	输送工艺安全	工艺方案	5
		安全防护措施	5
	管道敷设级安全防护措施	管道敷设	5
		敏感区域安全措施	5
		地质灾害防护	3
		防震措施	3
		抵御洪水能力	3
		交叉并行安全措施	3
		穿跨越和截断阀室	4
	管道本体安全	载荷和作用力	4
		选材控制	8
		壁厚	8
		强度和稳定性校核	8
		附件和支承件安全	8
施工技术控制	原材料质量控制	单位资质	10
		原材料质量要求	20

表 A.1　设计审查阶段埋地管道失效可能性评分项（续）

评分项			分值
一级指标	二级指标	三级指标	
施工技术控制	施工质量控制	单位资质	15
		焊接与检验要求	15
		清管与压力试验要求	15
		干燥与置换要求	15
		施工质量控制要求	10
第三方损坏控制	地面活动水平	地区等级	20
		交通繁忙程度	10
		农业生产活动	10
	管道安全间距	设计埋深	20
		与相邻管道、公路铁路、建构筑物等距离	20
	管道标识	—	20
腐蚀控制	内腐蚀控制	输送介质腐蚀性	10
		内防腐措施	10
		气质监测计划	5
	外腐蚀控制	环境腐蚀性调查	15
		大气腐蚀控制	10
		防腐与保温设计	15
		外防腐层	15
		阴极保护系统	20

表 A.2　设计审查阶段埋地管道失效可能性评分细则

一级指标	二级指标	三级指标	评价内容	分值	满分
设计控制	设计单位及人员资质	—	a）　设计单位经营范围和资质、设计人员资质不符合相关要求，则分值为0分 b）　设计单位经营范围和资质、设计人员资质符合相关要求，且有类似项目的设计经验，则分值为8分		8
	设计依据	—	a）　设计未依据国家现行法律法规、规范性文件和标准规范，且标注不规范，或项目未获得相关行政许可，则分值为0分 b）　设计依据国家现行法律法规、规范性文件和标准规范，且标注规范，并且项目已获得相关行政许可或审批，则分值为6分		6

表 A.2　设计审查阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	评价内容	分值	满分
设计控制	设计变更	—	a）设计有变更，设计变更的相关手续和文件不完整，或不符合规定要求，则分值为0分 b）设计有变更，设计变更文件和相关手续完整，且符合相关规定要求，或无设计更改，则分值为4分		4
	设计文件审批	—	a）设计文件未经过校核、审核、审批等程序，或程序不符合规定，则分值为0分 b）设计文件经过校核、审核、审批等程序，且程序符合规定、手续完整，则分值为5分		5
	危险有害因素分析	—	a）未制定设计方案，未进行危险有害因素识别和分析，则分值为0分 b）制定了设计方案，且进行了全面的危险有害因素识别和分析，则分值为5分		5
	输送工艺安全	工艺方案	a）设计未说明采用的输送工艺方案，或不符合相关规范要求，则分值为0分 b）设计的输送工艺方案符合相关规范要求，则分值为5分		5
		安全防护措施	a）管道输送存在水击、凝管、异常切断情况，设计中无水击保护、凝管预防、紧急切断等安全防护措施，或不符合设计规范要求，则分值为0分 b）设计中考虑了管道输送水击保护、凝管预防、紧急切断等安全防护措施，且符合设计规范要求，则分值为5分		5
	管道敷设及安全防护措施	管道敷设	a）设计中管道线路选择、地区等级划分和设计系数确定以及管道敷设不符合规范要求，则分值为0分 b）设计中管道线路选择、地区等级划分和设计系数确定以及管道敷设符合规范要求，则分值为5分		5
		敏感区域安全措施	a）设计无管道线路与人口密集区、公众聚集场所、易燃易爆场所、军事区等敏感区域的安全防护措施，或不符合规范要求，则分值为0分 b）设计考虑了管道线路与人口密集区、公众聚集场所、易燃易爆场所、军事区等敏感区域的安全防护措施，且符合规范要求，则分值为5分		5
		地质灾害防护	a）未对滑坡、泥石流等地质条件或地质稳定性做评价，或在地质灾害区段未设计防护措施，或防护不满足规范要求，则分值为0分 b）对滑坡、泥石流等地质条件或地质稳定性进行了评价，并在地质灾害区段设计了防护措施，且满足规范要求，则分值为3分		3

表 A.2　设计审查阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	评价内容	分值	满分
设计控制	管道敷设及安全防护措施	防震措施	a）未对地震基本烈度评价或防震措施不符合相关规范要求，则分值为0分 b）地震基本烈度评价或防震措施符合相关规范要求，或不需要防震设计，则分值为3分		3
		抵御洪水能力	a）存在洪水冲刷可能性，设计未提及抵御洪水要求，或相关内容不符合规范要求，则分值为0分 b）能抵御50年及更长时间一遇洪水，或抵御洪水设计符合规范设计要求，或不考虑抵御洪水，则分值为3分		3
		交叉并行安全措施	a）设计无管道与公路、铁路、其他管道并行与交叉间距控制要求，以及采取的安全措施不满足相关规范要求，则分值为0分 b）设计考虑了管道与公路、铁路、其他管道并行与交叉间距控制，并采取的安全措施满足相关规范要求，则分值为3分		3
		穿跨越和截断阀室	a）管道穿越和跨越无设计方案或不符合规范要求，或线路截断阀室设置不满足规范要求，则分值为0分 b）管道穿越和跨越设计方案、线路截断阀室设置等符合相关规范要求，则分值为4分		4
	管道本体安全	载荷和作用力	a）设计考虑管道承受载荷或作用力不全，或不满足相关规范要求，则分值为0分 b）设计考虑管道承受载荷或作用力完整，且满足相关规范要求，则分值为4分		4
		选材控制	a）选用材料不满足相关标准规范的规定，则分值为0分 b）选用材料满足相关标准规范的规定，则分值为8分		8
		壁厚	a）壁厚计算不满足相应标准规范的要求，则分值为0分 b）壁厚计算满足相应标准规范的要求，则分值为8分		8
		强度和稳定性校核	a）管道应力计算、管道强度和稳定性校核不满足相关规范要求，则分值为0分 b）管道应力计算、管道强度和稳定性校核满足相关规范要求，则分值为8分		8
		附件和支承件安全	a）管道及附件、支承件、锚固件等不符合设计规范要求，则分值为0分 b）管道及附件、支承件、锚固件等符合设计规范要求，则分值为8分		8
施工技术控制	原材料质量控制	单位资质	a）未对管道原材料制造单位的资质进行要求或不符合规范要求，则分值为0分 b）设计规定了管道原材料制造单位制造资质且符合规范要求，则分值为10分		10

表 A.2　设计审查阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	评价内容	分值	满分
施工技术控制	原材料质量控制	原材料质量要求	a）　未规定原材料质量要求，或相关要求不符合相应标准规范，则分值为0分 b）　规定了原材料质量要求，但存在缺失，经整改后合格，则分值为10分 c）　设计规定了原材料质量要求，且符合设计与相应标准规范，则分值为20分		20
	施工质量控制	单位资质	a）　未规定安装单位的资质，则分值为0分 b）　规定了安装单位的资质，且符合规范要求，则分值为15分		15
		焊接与检验要求	a）　设计文件未明确管道焊接与检验要求，或不符合相关设计规范要求，则分值为0分 b）　设计文件规定了管道焊接与检验要求，且符合设计规范要求，则分值为15分		15
		清管与压力试验要求	a）　设计文件未明确清管扫线、测径、压力试验等要求，或不符合相关设计规范要求，则分值为0分 b）　设计文件规定了管道清管扫线、测径、压力试验等要求，且符合设计规范要求，则分值为15分		15
		干燥与置换要求	a）　设计文件未明确管道干燥、置换及验收要求，或不符合相关设计规范要求，则分值为0分 b）　设计文件规定了管道干燥、置换及验收要求，且符合设计规范要求，或无需干燥与置换，则分值为15分		15
		施工质量控制要求	a）　设计文件未规定施工过程质量要求以及相关注意事项，或相关要求不符合标准规范，则分值为0分 b）　设计文件规定了施工过程质量要求以及相关注意事项，或相关要求不符合标准规范，则分值为10分		10

表 A.2　设计审查阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	评价内容	分值	满分
第三方损坏控制	地面活动水平	地区等级	a）　设计规范有地区等级要求的埋地管道可按下列执行： 沿管道中心线两侧各 200 m 范围内，任意划分成长度为 2 km 并能包括最大聚集户数的若干地段，按划定地段内的户数划分为四个等级。在人口聚集的村庄、大院、住宅楼，以每一独立户作为一个建筑物计算。当管道区段小于 2 km 时，可按管道长度等比例折减地段内的户数。 1）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，则分值为 0 分 2）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，则分值为 5 分 3）二级地区：户数在 15 户以上 100 户以下的区段，则分值为 10 分 4）一级地区：户数在 15 户或以下的区段或不经常有人活动及无永久性人员居住的区段，则分值为 20 分 b）　其他无地区等级要求的埋地管道可识别沿线高后果区、人口密集区、公众聚集场所、易燃易爆场所、军事区等敏感区域： 1）存在人口密集区、公众聚集场所、易燃易爆场所、军事区等敏感区域，或不符合规范要求，则分值为 0 分 2）不存在人口密集区、公众聚集场所、易燃易爆场所、军事区等敏感区域，符合规范要求，则分值为 20 分		20
		交通繁忙程度	a）　管道区段附近有铁路或公路交通主干线，则分值为 0 分 b）　管道区段附近几乎没有车辆通行，则分值为 10 分		10
		农业生产活动	a）　管道上方大量挖鱼塘、打苕沟、犁地等较深挖掘，则分值为 0 分 b）　管道上方少量挖掘深度小于 0.5m 的浅土层农作物，则分值为 5 分 c）　管道上方无农业生产活动，则分值为 10 分		10
	管道安全间距	设计埋深	a）　如果是非水下穿越管道： 1）管道埋地段设计埋深不符合设计规范要求，则分值为 0 分 2）管道埋地段设计埋深符合设计规范要求，或为跨越段，则分值为 20 分 b）　如果是水下穿越管道设计埋深： 1）未规定水域穿越工程等级与设计洪水频率、穿越方式、穿越管段长度和埋深、水下建（构）筑物间距等设计内容，或设计内容不符合设计规范要求，则分值为 0 分 2）规定了水域穿越工程等级与设计洪水频率、穿越方式、穿越管段长度和埋深、水下建（构）筑物间距等设计内容，且设计内容和保护措施符合设计规范要求，则分值为 20 分		20

表 A.2　设计审查阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	评价内容	分值	满分
第三方损坏控制	管道安全间距	与相邻管道、公路铁路、建构筑物等距离	a）　管道中心线与公路、铁路、其他管道交叉平行，建构筑物占压或最小间距不符合规范要求，则分值为0分 b）　管道中心线与公路、铁路、其他管道交叉平行，建构筑物占压或最小间距符合规范要求，则分值为20分		20
	管道标识	—	a）　未设计管道标识，或不符合设计规范要求，则分值为0分 b）　管道标识符合设计标准规范要求，或不需要管道标识，则分值为20分		20
腐蚀控制	内腐蚀控制	输送介质腐蚀性	a）　介质含水、氯离子、硫化氢、二氧化碳、pH、含蜡量、温度、流速等存在下列情况之一，或经过判定对管道有较强腐蚀性的，则分值为0分： 1）　有凝析水或游离水 2）　氯离子含量大于60 000 mg/L 3）　硫化氢含量大于20 mg/m^3 4）　硫化氢分压大于1 MPa 5）　二氧化碳含量大于3.0%（长输天然气管道）或二氧化碳含量大于4.0%（公用燃气管道） 6）　二氧化碳分压大于0.21 MPa 7）　pH小于或等于3.5（工业管道pH小于或等于4.5，或大于12.5） 8）　蜡含量大于10%（集油和输油管道） 9）　介质流速小于3m/s 10）　不发生钝化，并且腐蚀性介质浓度高，不满足相关设计标准规范要求（工业埋地管道） 11）　介质中的氧化剂含量高，不满足相关设计标准规范要求（工业埋地管道） 12）　管材对介质应力腐蚀敏感 13）　液化石油气、人工煤气气质不符合GB 50028要求 b）　介质含水、氯离子、硫化氢含量和分压、二氧化碳含量和分压、pH、含蜡量、流速等全部满足上述要求，则分值为10分		10
		内防腐措施	a）　应采取内防腐措施，但无内防腐措施或不符合规范要求，则分值为0分 b）　计划采用内腐蚀监测，则分值为1分 c）　计划定期清管，则分值为2分 d）　计划注入缓蚀剂，则分值为3分 e）　计划采用防腐内覆盖层，则分值为5分 f）　计划采用上述两种或两种以上的措施，则分值为10分 g）　不需要采取措施，则分值为10分		10

表 A.2　设计审查阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	评价内容	分值	满分
腐蚀控制	内腐蚀控制	气质监测	a）　无气质监测计划，则分值为0分 b）　计划的气质监测周期满足实际需要，或无需气质监测，则分值为5分		5
	外腐蚀控制	环境腐蚀性调查	a）　未进行土壤腐蚀性和杂散电流干扰测试，则分值为0分 b）　进行土壤腐蚀性或杂散电流干扰单项测试，评分如下： 1）土壤腐蚀性评价等级强，或干扰程度大且未设置排流，则分值为0分 2）土壤腐蚀性评价等级中，或干扰程度中、小，且未设置排流，则分值为3分 3）土壤腐蚀性评价等级较弱，或杂散电流干扰程度中、小，设置排流装置不满足要求，则分值为6分 4）进行了土壤腐蚀性和杂散电流干扰双项测试，且土壤腐蚀性等级为弱，且无杂散电流干扰，则分值为15分		15
		大气腐蚀控制	a）　如果是埋地段：埋地段大气腐蚀控制的得分为10分 b）　如果是跨越段： 1）无防腐层或防腐层不适用于环境，且无大气腐蚀性调查，则分值为0分 2）有防腐层且有质量、日常维护措施等要求，则分值为10分		10
		防腐与保温设计	a）　单位无资质，防腐与保温设计未按标准设计或不合格，则分值为0分 b）　单位有资质，防腐与保温设计符合标准要求且合格，则分值为15分		15
		外防腐层	a）　无外防腐层，或未对外防腐层质量证明文件、复验、补口补伤和下沟前检验、漏点检验进行要求，则分值为0分 b）　质量证明文件和相关检验规定齐全，且满足标准要求，或不需要外防腐层，则分值为15分		15
		阴极保护系统	a）　应设置而无阴极保护系统，则分值为0分 b）　阴极保护系统设计文件未经审查，或设计文件中未规定单位资质、质量证明文件、测试桩设计、抽查复验、投产测试、过程检验等要求，则分值为0分 c）　阴极保护系统设计文件审查手续完整，且设计文件中单位资质、质量证明文件、测试桩设计间距、抽查复验、投产测试、过程检验等要求满足标准规定，或不需要进行阴极保护，则分值为20分		20

附 录 B
（规范性）
竣工验收阶段埋地管道失效可能性评估

B.1 埋地管道竣工验收阶段的失效可能性应从第三方损坏、腐蚀、安全设施(装置)操作及人员培训、管道本质安全四个方面进行评估,具体评分项见表 B.1,评分细则见表 B.2。

B.2 第三方损坏、腐蚀、安全设施(装置)操作及人员培训、管道本质安全四个方面评分项的得分为其下设的评分项得分之和。风险评估人员从每个评分项下设的各列项中单一选择最接近实际情况的列项,从而确定该评分项的得分。

B.3 不同类型的埋地管道按照相应的设计和施工验收标准执行。油气长输管道的施工及验收按照 GB 50369 的相关要求执行,油气田集输管道的施工及验收按照 SY/T 4204 的相关要求执行,城镇燃气管道的施工及验收按照 GB 55009 和 GB/T 51455 的相关要求执行。

表 B.1 竣工验收阶段埋地管道失效可能性评分项

评分项				分值
一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	
第三方损坏	地面活动水平	地区等级	—	15
		地面活动类型	第三方建设活动	7
			农业生产活动	5
			地质施工活动	5
			重车碾压	5
		地面活动监控	—	8
	管道安全间距	埋深	—	15
		与相邻管道、公路铁路、建构筑物等距离	—	7
		占压等隐患	—	10
	防第三方损坏措施	管道标识	—	7
		技防措施	—	5
		地面设施保护	—	3
		巡线频率和方式	—	5
		公众教育及保护意识	—	3
腐蚀	内腐蚀	输送介质腐蚀性	—	10
		内防腐措施	—	10
		介质监测计划	—	5
	外腐蚀	环境腐蚀性调查	土壤腐蚀性（适用于金属管道）	5
			直流杂散电流干扰（适用于金属管道）	8
			交流杂散电流干扰（适用于金属管道）	7
			大气腐蚀	5

表 B.1　竣工验收阶段埋地管道失效可能性评分项（续）

评分项				分值
一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	
腐蚀	外腐蚀	环境腐蚀性调查	其他情况 （适用于非金属管道）	20
		防腐保温设计和施工	—	10
		外防腐层	类型及等级	5
			质量状况及维护	8
			检验情况	7
		阴极保护系统	制造质量	3
			安装质量	3
			投产测试	4
			检验或在线检查	5
			阴极保护有效性	5
安全设施(装置)操作及人员培训	设施功能和质量安全	性能和操作性	—	15
		质量证明文件	—	10
		检验及检定校准	—	10
		安全连锁系统	—	10
		通信系统	—	5
	设施操作和维护保养	操作规程	—	10
		维护保养	—	5
	人员培训与考核	培训制度	—	5
		培训内容	—	5
		培训材料	—	5
		培训及考核方式	—	5
		培训激励	—	5
	安全管理机制	安全责任制	—	5
		安全机构和人员	—	5
管道本质安全	设计施工控制	设计控制	设计合规性	5
			资料齐全性	5
		原材料质量	原材料	5
			装卸运输保管	3
		施工控制	管口组对与焊接质量	10
			无损检测	8
			防腐补口补伤	5
			下沟回填控制	3
			穿越与跨越工程	5
			清管试压与干燥	10
			水工保护工程	3
			监检与监理	5

表 B.1　竣工验收阶段埋地管道失效可能性评分项（续）

评分项				分值
一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	
管道本质安全	设计施工控制	竣工验收	—	5
	投产试运行	置换与升压稳压	—	5
		泄漏检测	—	5
		疲劳/超压等情况	—	5
	自然与地质灾害防范	灾害段施工	—	3
		风雪载荷防范	—	2
		滑坡及泥石流防范	—	2
		地震防范	—	2
		抵御洪水能力	—	2
		土体移动防范	—	2

表 B.2　竣工验收阶段埋地管道失效可能性评分细则

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
第三方损坏	地面活动水平	地区等级	—	a）设计规范有地区等级要求的埋地管道可按下列执行： 沿管道中心线两侧各200 m范围内，任意划分成长度为2 km并能包括最大聚集户数的若干地段，按划定地段内的户数划分为四个等级。在人口聚集的村庄、大院、住宅楼，以每一独立户作为一个建筑物计算。当管道区段小于2 km时，可按管道长度等比例折减地段内的户数。 1）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，则分值为0分 2）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，则分值为5分 3）二级地区：户数在15户以上100户以下的区段，则分值为10分 4）一级地区：户数在15户或以下的区段或不经常有人活动及无永久性人员居住的区段，则分值为15分 b）其他埋地管道可识别管道区段沿线高后果区、人口密集区、公众聚集场所、易燃易爆场所、军事区等敏感区域的安全防护措施： 1）存在人口密集区、公众聚集场所、易燃易爆场所、军事区等敏感区域，无安全防护措施，或不符合规范要求，则分值为0分 2）不存在人口密集区、公众聚集场所、易燃易爆场所、军事区等敏感区域，符合规范要求，则分值为15分		15

表 B.2　竣工验收阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
第三方损坏	地面活动水平	地面活动类型	第三方建设活动	a）建设活动施工单位未技术交底，则分值为0分 b）管道位于矿藏开发或重工业生产地区，则分值为1分 c）管道位于在建经济开发区，则分值为2分 d）管道位于有地下设施、水沟等维护活动地区，则分值为4分 e）管道位于无建设活动地区，则分值为7分		7
			农业生产活动	a）管道上方大量挖鱼塘、打茬沟、种植山药或旋耕等较深挖掘，则分值为0分 b）管道上方少量挖掘深度小于0.5m的浅土层农作物，则分值为2分 c）管道上方无农业生产活动，则分值为5分		5
			地质施工活动	a）管道附近有地质勘探、敷设管道、顶进、爆破、挖掘、打桩等可能危及管道安全的活动，且未采取安全保护措施，则分值为0分 b）管道附近无可能危及管道安全的活动，或有相关作业活动但采取了有效安全保护措施，可保证埋地管道及附属设施安全，则分值为5分		5
			重车碾压	a）管道上方重型车辆碾压严重，有地面沉降风险，且未采取安全保护措施，则分值为0分 b）管道不存在重型车辆碾压现象，地面沉降风险小，或有重车碾压情况但采取了安全保护措施，则分值为5分		5
		地面活动监控	—	a）管道沿线第三方建设、农业生产、地质施工等活动告知管道企业后，施工现场未标识管道位置，无现场人员监护或泄露监测预警防范措施，则分值为0分 b）管道沿线第三方建设、农业生产、地质施工等活动告知管道企业后，施工现场管道位置标识清晰，有现场人员监护或实时监测预警系统，则分值为8分		8

表 B.2　竣工验收阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
第三方损坏	管道安全间距	埋深	—	a）　如果是非水下穿越管道： 1）管道埋地段埋深不符合设计和施工验收规范要求，则分值为0分 2）管道埋地段埋深符合设计和施工验收规范要求，或为跨越段，则分值为15分 • 农田土壤类埋地管道管顶的覆土厚度不应小于0.8 m； • 岩石类埋地管道管顶的覆土厚度不应小于0.5 m； • 土堤敷设的埋地管道管顶的覆土厚度不应小于1.0 m； • 燃气管道埋设在机动车道下时，覆土厚度不应小于0.9 m，埋设在非机动车车道（含人行道）下时，不应小于0.6 m，埋设在机动车不可能到达的地方时，不应小于0.3 m，穿越公路管顶的覆土厚度不应小于1.2 m和路边沟底不应小于1.0 m，穿越铁路、地面轨道交通设施管顶的覆土厚度距轨底不应小于1.7 m和自然地面不应小于1.0 m。 b）　如果是水下穿越管道： 1）水域穿越工程等级与设计洪水频率、穿越方式、穿越管段长度和埋深、水下建（构）筑物间距等内容不符合设计和施工验收规范要求，则分值为0分 2）规定了水域穿越工程等级与设计洪水频率、穿越方式、穿越管段长度和埋深、水下建（构）筑物间距等内容符合设计和施工验收规范要求，则分值为15分 • 根据GB 50423，长输管道有冲刷或疏浚水域，穿越工程等级大、中、小型分别对应的埋深为1.5 m、1.2 m、1.0 m；无冲刷或疏浚水域，穿越工程等级大、中、小型分别对应的埋深为1.5 m、1.3 m、1.0 m；河床为基岩，穿越工程等级大、中、小型分别对应的埋深为0.8 m、0.6 m、0.5 m； • 根据GB 50423和GB 50424，定向钻穿越管道管顶埋深不宜小于设计洪水冲刷线或规划疏浚线以下6 m，管顶距河床底部的最小距离不宜小于穿越管径的10倍； • 根据GB/T 34275，管道直接铺管穿越管道管顶最小覆土厚度不宜小于3倍管道外径且不应小于5 m；设计洪水冲刷线或规划疏浚线下管顶埋深不应小于2倍管道外径且不应小于3 m，并应满足管道抗漂浮要求；防洪堤脚下部管道埋深不应小于4倍管道外直径且不应小于5 m； • 设计压力大于0.4 MPa的燃气管道应采用钢管，管道至河床的覆土厚度根据水流冲刷条件及规划河床确定，不通航的河流不应小于0.5 m；对通航的河流不应小于1.0 m，还需考虑疏浚和投锚深度；开挖法穿越管道按GB 50423执行；水平定向钻穿越管道至规划河床的覆土厚度不宜小于3.0 m；顶管法穿越管顶覆土厚度不宜小于3倍管道外径		15

表 B.2　竣工验收阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
第三方损坏	管道安全间距	与相邻管道、公路铁路、建构筑物等距离	—	a）管道中心线与公路、铁路、其他管道交叉平行，建(构)筑物占压或最小间距不符合规范要求，则分值为0分 b）管道中心线与公路、铁路、其他管道交叉平行，建(构)筑物占压或最小间距符合规范要求，则分值为7分 1）与公路并行时，在公路用地界3 m外；与铁路并行时，在铁路用地界3 m外，且与铁路轨道中心线水平净距不小于25 m； 2）与建(构)筑物最小间距不小于5 m； 3）与其他管道并行且不受地形、地物、规划等条件限制的区段，管道公称直径小于DN1 400时，并行间距不宜小于6 m，管道公称直径为DN1 400时，并行间距不宜小于8 m；石方地段需要爆破管沟时，与已建管道的并行间距不宜小于20 m；同沟敷设管道的并行净间距不应小于0.5 m； 4）其他埋地管道或金属构筑物交叉时，其垂直净距不应小于0.3 m；与电力、通信电缆交叉时，其垂直净距不应小于0.5 m；当条件受限，无法满足上述垂直净距要求时，应采用隔板分隔或电缆加套管等防护措施； 5）燃气输配管道及附属设施的最小保护和控制范围按GB 55009执行		7
		占压等隐患	—	a）管道中心线5 m范围(燃气管道为最小保护范围)内存在占压严重，或堆放腐蚀或易燃易爆物品等危及管道安全的较大及以上隐患，则分值为0分 b）管道中心线5 m范围(燃气管道为最小保护范围)内存在危及管道安全的一般隐患，但未采取有效防护措施，则分值为5分 c）管道中心线5 m范围(燃气管道为最小保护范围)内无占压、堆放腐蚀或易燃易爆物品，或危及管道安全的相关隐患，则分值为10分		10
	防第三方损坏措施	管道标识	—	a）管道沿线应设置里程桩、转角桩、标志桩、交叉桩、警示牌等永久性标识，但未设置，或者人口密集区、易受第三方损坏的区段应加密设置但未加密，则分值为0分 b）设置了永久性标识，但部分损坏，则分值为2分 c）管道标识完好，但位置不准(偏差2 m内，否则视为未设置)，则分值为4分 d）管道标识完好、清晰可见，或无需设置，则分值为7分		7
		技防措施	—	a）相关管道区段未采用视频监控、光纤监测预警等技防措施，以防控第三方损坏，则分值为0分 b）相关管道区段采用了视频监控、光纤监测预警等技防措施，但无自动报警功能或需要人工判读，则分值为2分 c）相关管道区段采用了视频监控、光纤监测预警等技防措施，且相关设施具有自动报警功能，或无第三方损坏可能性，无需设置相关技防措施，则分值为5分		5

表 B.2　竣工验收阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
第三方损坏	防第三方损坏措施	地面设施保护	—	a）管道及附属设施位于地面时，无围栏等相关保护措施，则分值为0分 b）管道及附属设施位于地面时，有围栏等相关有效保护措施，则分值为3分		3
		巡线频率和方式	—	a）从来不巡线，则分值为0分 1）巡线频率每月不少于1次，为车辆巡查或人员徒步巡查，则分值为1分 2）巡线频率每周不少于1次，为车辆巡查或人员徒步巡查，则分值为2分 b）巡线频率每日不少于1次，具有多种巡线方式，则分值为3分 c）管道有监控，可随时报告相关情况，则分值为5分		5
		公众教育及保护意识	—	a）无公众教育计划、未开展过教育宣传活动或标语，则分值为0分 b）有公众教育计划，但未按期开展，则分值为2分 c）公众教育计划和开展到位，沿线居民具有较高的管道保护意识，则分值为3分		3
腐蚀	内腐蚀	输送介质腐蚀性	—	a）介质含水、氯离子、硫化氢、二氧化碳、pH、含蜡量、温度、流速等存在下列情况之一，或经过判定对管道有较强腐蚀性的，则分值为0分： 1）有凝析水或游离水 2）氯离子含量大于60 000 mg/L 3）硫化氢含量大于20 mg/m^3 4）硫化氢分压大于1 MPa 5）二氧化碳含量大于3.0%（长输天然气管道）或二氧化碳含量大于4.0%（公用燃气管道） 6）二氧化碳分压大于0.21 MPa 7）pH小于或等于3.5（工业管道pH小于或等于4.5，或大于12.5） 8）蜡含量大于10%（集油和输油管道） 9）温度较高 10）介质流速小于3 m/s 11）不发生钝化，并且腐蚀性介质浓度高不满足，相关设计标准规范要求（工业管道） 12）介质中的氧化剂含量高，不满足相关设计标准规范要求（工业管道） 13）管材对介质应力腐蚀敏感 14）液化石油气、人工煤气气质不符合GB 50028要求 b）介质含水、氯离子、硫化氢、二氧化碳、pH、含蜡量、温度、流速等随时间变化而腐蚀性不明，或怀疑有介质腐蚀的，则分值为5分 c）介质含水、氯离子、硫化氢、二氧化碳、pH、含蜡量、温度、流速等全部满足上述要求，则分值为10分		10

表 B.2　竣工验收阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
腐蚀	内腐蚀	内防腐措施	—	a）　无内防腐计划及措施，则分值为0分 b）　有内防腐计划和措施，则评分如下： 1）　采用内腐蚀监测，则分值为2分 2）　定期清管，或注入缓蚀剂，则分值为5分 3）　采用防腐内覆盖层，则分值为8分 4）　采用上述两种或两种以上的措施，或不需要防腐措施，则分值为10分		10
		介质监测计划	—	a）　无介质监测计划，则分值为0分 b）　计划的介质监测周期过长，不满足实际需要，则分值为1分 c）　计划的介质监测周期满足实际需要，或无需介质监测，则分值为5分		5
	外腐蚀	环境腐蚀性调查	土壤腐蚀性	本条仅适用于金属管道。 a）　根据GB/T 19285对土壤腐蚀性进行测试，评价等级为强，则分值为0分 b）　土壤腐蚀性评价等级为中，则分值为2分 c）　土壤腐蚀性评价等级为较弱，则分值为3分 d）　土壤腐蚀性评价等级为弱，或不存在土壤腐蚀性情况，则分值为5分		5
			直流杂散电流干扰	本条仅适用于金属管道。 按照GB/T 19285测试直流杂散电流干扰程度，并按以下评分： a）　直流杂散电流干扰程度为中或强，但未实施有效干扰防护或排流措施，或未实施直流杂散电流测试评价，则分值为0分 b）　直流杂散电流干扰程度为中或强，实施了有效干扰防护或排流措施，则分值为4分 c）　直流杂散电流干扰程度为弱，无需实施干扰防护或排流措施，或不存在杂散电流干扰，无需测试，则分值为8分		8
			交流杂散电流干扰	本条仅适用于金属管道。 按照GB/T 19285测试交流杂散电流干扰程度，并按以下评分： a）　交流杂散电流干扰程度为中或强，但未实施有效干扰防护或排流措施，或未实施交流杂散电流测试评价，则分值为0分 b）　交流杂散电流干扰程度为中或强，实施了有效干扰防护或排流措施，则分值为3分 c）　交流杂散电流干扰程度为弱，无需实施干扰防护或排流措施，或不存在杂散电流干扰，无需测试，则分值为7分		7

表 B.2　竣工验收阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
腐蚀	外腐蚀	环境腐蚀性调查	大气腐蚀	a）　如果是钢质管道埋地段： 埋地段的大气腐蚀的得分为5分 b）　如果是钢质管道跨越段： 1）　无防腐层或防腐层不适用于环境，且无大气腐蚀性调查，则分值为0分 2）　有防腐层且质量完好，有日常维护措施，则分值为5分 c）　如果是非金属管道： 1）　敷设不符合设计和施工验收规范，或聚乙烯等高分子材料管道不准许光照而露管，或大气腐蚀严重的，则分值为0分 2）　符合设计和施工验收规范，管道质量完好或在正常腐蚀控制范围内，有日常维护措施，则分值为5分		5
			其他情况	本条仅适用于非金属管道。 a）　管道存在生物啃食、树根缠绕等损伤情况，且管体损伤严重，则分值为0分 b）　管道存在生物啃食、树根缠绕等损伤情况，且管体损伤不严重，则分值为10分 c）　管道不存在生物啃食、树根缠绕等管体损伤情况，则分值为20分		20
		防腐保温设计和施工	—	a）　防腐、保温不符合设计和施工规范要求或不合格，则分值为0分 b）　防腐、保温符合设计和施工规范要求且合格，或无需防腐、保温，则分值为10分		10
		外防腐层	类型及等级	a）　无外防腐层，则分值为0分 b）　防绣油漆，或高密度聚乙烯，则分值为1分 c）　沥青加玻璃布、煤焦油瓷漆或环氧煤沥青，则分值为3分 d）　环氧粉末或三层聚乙烯复合涂层，或不需要外防腐层，则分值为5分		5
			质量状况及维护	根据GB/T 19285检测与评价外防腐层电阻率、电流衰减、破损点密度等指标，进行如下评分： a）　无外防腐层、防腐层质量极差，且无维护措施，则分值为0分 b）　外防腐层质量差，存在大量局部破损（≥3级），则分值为2分 c）　防腐层存在少量局部破损（≤2级），有维护则分值为4分 d）　质量完好，局部破损点极少（1级），且有完善的维护措施，则分值为8分		8
			检验情况	a）　检验人员无资质，未实施检验，或检验不符合规范要求，则分值为0分 b）　检验人员有相应资质，有效实施了检验且符合规范要求，则分值为7分		7

表 B.2　竣工验收阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
腐蚀	外腐蚀	阴极保护系统	制造质量	a）质量证明文件等资料缺失或质量不合格，则分值为0分 b）质量证明文件及需要的复检资料齐全，或无需阴极保护，则分值为3分		3
			安装质量	a）未加阴极保护，或无阴极保护系统过程检验规定，或过程检验不符合GB/T 19285的要求，则分值为0分 b）过程检验符合GB/T 19285的要求，或无需阴极保护，则分值为3分		3
			投产测试	a）未加阴极保护，或无阴极保护系统投产测试规定，或投产测试不符合GB/T 19285的要求，则分值为0分 b）投产测试符合GB/T 19285的要求，或无需阴极保护，则分值为4分		4
			检验或在线检查	a）未加阴极保护，或检验人员无资质，或不符合规范要求，则分值为0分 b）阴极保护系统检验和在线检查项目和周期符合规范要求，则分值为2分 c）阴极保护系统检验发现问题，未按要求修复的，则分值为3分 d）阴极保护系统检验和修复满足标准要求，或不需要阴极保护，则分值为5分		5
			阴极保护有效性	a）根据GB/T 19285开展管道阴极保护及排流保护有效性检测，结果不符合标准要求，阴极保护效果差或无效，且未实施维修与防护措施，则分值为0分 b）管道阴极保护及排流保护有效性检测，结果不符合标准要求，阴极保护效果差或无效，但实施了维修与防护措施，则分值为2分 c）管道阴极保护及排流保护有效性检测，结果符合标准要求，阴极保护效果有效，无需维修与防护措施，则分值为5分		5
安全设施（装置）操作及人员培训	设施功能和质量安全	性能和操作性	—	a）截断阀室、紧急放空系统、监控预警系统等地面安全设施（装置）的性能和质量安全不满足技术要求，则分值为0分 b）满足技术要求，但性能稳定性和操作性差，则分值为5分 c）满足技术要求，性能稳定，但操作性差，则分值为10分 d）满足技术要求，性能稳定，操作方便，则分值为15分		15
		质量证明文件	—	a）无质量证明文件，如阀室内阀门无安装说明书，则分值为0分 b）质量证明文件齐全，则分值为10分		10

表 B.2　竣工验收阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
安全设施（装置）操作及人员培训	设施功能和质量安全	检验及检定校准	—	a）应有检验、检定校准等规定但无，或检验结果不符合设计与施工验收规范，或试压有泄漏等不合格情况，则分值为0分 b）阀门等地面安全设施检验、检定校准结果不符合设计与施工验收规范，或存在整改后合格情况，或检验结果要求在限定条件下安全使用，则分值为5分 c）阀门等地面安全设施检验结果合格，且满足设计与施工验收规范，可在运行条件下安全使用，或不需要检验、检定校准，则分值为10分		10
		安全连锁系统	—	a）应有超压保护、紧急关断或报警等连锁系统，而未设置，则分值为0分 b）设置超压保护、紧急关断或报警等连锁系统功能不全，或仅为单级就地保护，则分值为5分 c）设置超压保护、紧急关断或报警等连锁系统功能齐全，两级以上保护且远程监控，或无需设置安全连锁系统，则分值为10分		10
		通信系统	—	a）无专用通信设备，则分值为0分 b）有专用通信系统和工具，则分值为5分		5
	设施操作和维护保养	操作规程	—	a）无操作规程，则分值为0分 b）操作规程不完整，则分值为3分 c）操作规程完整、正确，但未在操作现场，则分值为6分 d）操作规程完整、正确，且在操作现场，则分值为10分		10
		维护保养规程	—	a）无维护保养规程，则分值为0分 b）维护保养规程不完整，则分值为3分 c）维护保养规程完整、正确，则分值为5分		5
	人员培训与考核	培训制度	—	a）无培训制度，或临时决定是否进行培训，则分值为0分 b）没有建立培训制度，仅部分岗位员工进行培训，则分值为2分 c）已建立培训制度，但仅部分员工进行培训，则分值为5分 d）已建立培训制度，并得到良好执行，则分值为5分		5
		培训内容	—	a）不进行培训，或培训无实质性内容，则分值为0分 b）培训内容不全面，培训过程简单，则分值为2分 c）培训内容系统全面，则分值为5分		5
		培训材料	—	a）没有培训材料，则分值为0分 b）培训材料简单，未经专家审核，则分值为2分 c）培训材料完整，并由行业内专家审核，则分值为5分		5
		培训及考核	—	a）无培训或有培训但无考核，则分值为0分 b）进行一次性培训，结束后笔试，则分值为2分 c）定期持续培训，结束后面试、笔试评估等，则分值为5分		5
		培训激励	—	a）考核成绩优异员工无奖励、不注重实操考察，则分值为0分 b）考核成绩优异员工有奖励、注重实操考察，则分值为5分		5

表 B.2　竣工验收阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
安全设施(装置)操作及人员培训	安全管理机制	安全责任制	—	a）　无安全责任制，则分值为0分 b）　安全责任制健全，并严格执行，则分值为5分		5
		安全机构和人员	—	a）　无安全机构和人员，则分值为0分 b）　设置安全机构，配备充足的专、兼职人员，则分值为5分		5
管道本质安全	设计施工控制	设计控制	设计合规性	a）　设计系数、管材、壁厚、强度和稳定性等关键要素不满足现行设计标准规定，且未采取安全防护措施，或设计文件审批不符合规定，则分值为0分 b）　设计系数、管材、壁厚、强度和稳定性等关键要素满足现行设计标准规定，且设计文件审批符合规定，则分值为5分		5
			资料齐全性	a）　设计资料不齐全或不符合标准规定，则分值为0分 b）　设计资料齐全且符合标准规定，则分值为5分		5
		原材料质量	原材料	a）　工程所需要的管材、管件、阀门、绝缘接头等管道原材料具有出厂合格证、质量证明书、材质证明书等证明文件不全，材质、规格、型号等不符合设计要求，替代材料不满足设计要求，施工前材料未经复验或复验不合格或，则分值为0分 b）　工程所需要的管材、管件、阀门、绝缘接头等管道原材料具有出厂合格证、质量证明书、材质证明书等证明文件齐全，材质、规格、型号等符合设计要求，施工前材料经过复验合格，则分值为5分		5
			装卸运输保管	a）　管道装卸、运输、保管不符合设计与施工规范，存放和堆置不合格，管道存在因装卸、运输和保存不到位形成的缺陷及修复记录，存放场地和条件不符合规范要求，则分值为0分 b）　管道装卸、运输、保管符合设计与施工规范，存放和堆置合格，管道无运输和保管缺陷修复记录，管道、焊材、防腐补口材料、阀门存放符合规范要求，则分值为3分		3
		施工控制	管口组队与焊接质量	a）　管道坡口加工与组对、焊接人员、焊接工艺、焊接过程及热处理等不满足焊接与验收规范，或焊接接头存在超标缺陷未修复合格，则分值为0分 b）　管道坡口加工与组对、焊接人员、焊接工艺、焊接过程及热处理等基本满足焊接与验收规范，但过程记录不全，或焊接接头和管道连头存在返修超标缺陷，但修复合格，则分值为5分 c）　管道坡口加工与组对、焊接人员、焊接工艺、焊接过程及热处理等满足焊接与验收规范，过程记录齐全，焊接接头和管道连头无返修超标缺陷，则分值为10分		10

表 B.2　竣工验收阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
管道本质安全	设计施工控制	施工控制	无损检测	a）无损检测单位和人员无相应资质，未经培训考核合格，检测记录、报告、底片或扫查图像等检测资料缺失严重，不符合检验与验收规范，或检验与验收不合格，则分值为0分 b）无损检测单位和人员具有相应的资质，但未经培训考核，检测记录、报告、底片或扫查图像等检测资料不全，或检验与验收经过整改后合格，则分值为4分 c）无损检测单位和人员具有相应的资质，且经过培训考核合格，检测记录、报告、底片或扫查图像等检测资料齐全，符合检验与验收规范，且检验与验收合格，则分值为8分		8
			防腐补口补伤	a）管道防腐补口工艺、表面处理、补口材料、补口补伤质量检测等内容不符合设计与施工验收规范，施工过程记录资料缺失严重，检验不合格，则分值为0分 b）管道防腐补口工艺、表面处理、补口材料、补口补伤质量检测等内容基本符合设计与施工验收规范，施工过程记录资料不全，检验返修合格，则分值为2分 c）管道防腐补口工艺、表面处理、补口材料、补口补伤质量检测等内容满足设计与施工验收规范，施工过程记录资料齐全，检验合格无返修，则分值为5分		5
			下沟回填控制	a）管道下沟、回填工艺或回填土质量、厚度不满足设计和施工验收标准要求，或发生失效事件或事故的，或因下沟回填导致管道质量不合格整改返修的，则分值为0分 b）管道下沟、回填工艺和回填土质量、厚度均满足设计和施工验收标准要求，验收合格，无失效事故事件，则分值为3分		3
			穿越与跨越工程	a）管道穿越与跨越工程施工、隐蔽工程检查和验收不符合设计与施工验收规范，资料不全，或验收不合格、经过整改后合格，则分值为0分 b）管道穿越与跨越工程施工、隐蔽工程检查和验收符合设计与施工验收规范，资料齐全，且验收合格，则分值为5分		5
			清管试压与干燥	a）未进行清管测径、强度与严密性试验、管道干燥，或不符合设计与施工验收标准要求，过程记录与检验资料缺失严重，检验不合格，则分值为0分 b）按要求进行了清管测径、强度与严密性试验、管道干燥，符合设计与施工验收标准规定，过程记录与检验资料不全，试压过程有泄漏，但修复后合格，则分值为5分 c）清管测径、强度与严密性试验、管道干燥符合设计与施工验收标准要求，检验不合格，试压无泄漏，过程记录与检验资料齐全，则分值为10分		10

表 B.2　竣工验收阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
管道本质安全	设计施工控制	施工控制	水工保护工程	a）线路保护建构筑物施工与验收不符合设计与施工验收规范，验收不合格或整改后合格，则分值为0分 b）线路保护建构筑物施工与验收符合设计与施工验收规范，且未整改验收合格，则分值为3分		3
			监检与监理	a）施工过程无监督检验和监理，或监督检验和监理结果不合格，则分值为0分 b）施工监督检验报告缺失，有监理但未按计划实施，则分值为2分 c）施工监督检验和监理符合现行施工验收规范，监督检验和监理结果合格，则分值为5分		5
		竣工验收	—	a）竣工验收资料缺失严重，验收未通过或多次整改后通过，则分值为0分 b）竣工验收合格，但资料保存不全，则分值为2分 c）竣工验收合格，资料保存完整齐全，则分值为5分		5
	投产试运行	置换与升压稳压	—	a）投产前介质置换、投产方式、升压与稳压工艺部不符合规范要求，或有泄漏等失效事故，则分值为0分 b）投产前介质置换、投产方式、升压与稳压工艺符合规范要求，无泄漏等失效事故，则分值为5分		5
		泄漏检测	—	a）投产期间介质置换、稳压、升压等过程不进行泄漏检测，或泄漏检测不合格，或发生泄漏失效事件事故的，则分值为0分 b）投产期间介质置换、稳压、升压等过程进行泄漏检测合格，未发生泄漏失效事件事故的，则分值为5分		5
		疲劳/超压等情况	—	a）管道投产后试运行1年内发生过水击、超压等失效，且无安全保护措施，则分值为0分 b）管道投产后试运行1年内发生过水击、超压等失效，但采取了安全保护措施且未再次发生的，则分值为2分 c）管道服役期间未发生过水击、超压等失效，则分值为5分		5
	自然与地质灾害防范	灾害段施工	—	a）自然与地质灾害段补充勘察、测绘、施工与防护措施等记录不全，施工不符合设计与验收规范，或验收不合格，施工过程发生相关事故，则分值为0分 b）自然与地质灾害段补充勘察、测绘、施工与防护措施等记录齐全，施工符合设计与验收规范，且验收合格，则分值为3分		3
		风雪载荷防范	—	a）跨越管段未提及抗风雪载荷或相关要求不满足规范要求，则分值为0分 b）跨越管段仅考虑了单项抗风载或抗雪载，则分值为1分 c）跨越管段考虑了足够的抗风雪载荷能力，或非跨越管段，则分值为2分		2

表 B.2　竣工验收阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
管道本质安全	自然与地质灾害防范	滑坡及泥石流防范	—	a）未对滑坡及泥石流地质条件做评价，或在明显滑坡及泥石流地段无防护措施，则分值为0分 b）在明显滑坡及泥石流地段设计有足够强度的防护措施，则分值为1分 c）在所有可能滑坡及泥石流地段均设计有足够强度的防护措施，则分值为2分		2
		地震及其防范	—	a）未对地震基本烈度评价，或地震烈度≥标准要求地震基本烈度，且未采取防震措施，则分值为0分 b）设防烈度＜地震基本烈度，则分值为1分 c）设防烈度＞地震基本烈度，或不需要防震，则分值为2分		2
		抵御洪水能力	—	a）存在洪水冲刷可能，实际管道抵御洪水不满足规范要求，则分值为0分 b）能抵御20年一遇洪水，则分值为1分 c）能抵御50年或更长时间一遇洪水，或不需要考虑抵御洪水，则分值为2分		2
		土体移动	—	a）土体移动需要监测或及时防护，但未实施监测和防护措施，或监测周期与实际情况不符，则分值为0分 b）土体移动按设计等相关规范实施了监测或有效防护，监测周期与实际情况符合，未发生失效事件或事故，则分值为2分		2

附 录 C
（规范性）
在役阶段埋地管道失效可能性评估

C.1 埋地管道在役阶段的失效可能性应从第三方损坏、腐蚀、安全设施(装置)操作及人员培训、管道本质安全四个方面进行评估,具体评分项见表 C.1,评分细则见表 C.2。

C.2 第三方损坏、腐蚀、安全保护及人员培训、管道本质安全四个方面评分项的得分为其下设的一个或多个评分项得分之和。风险评估人员从每个评分项下设的各列项中单一选择最接近实际情况的列项,从而确定该评分项的得分。

C.3 不同类型的埋地管道按照相应的设计、施工及验收、在用安全管理等相关标准执行,侧重在役阶段埋地管道的定期检验、腐蚀防护、第三方损坏控制、自然与地质灾害防控、安全操作、维修维护等本质安全。

表 C.1 在役阶段埋地管道失效可能性评分项

评分项				分值
一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	
第三方损坏	地面活动水平	地区等级	—	12
		地面活动类型	第三方建设活动	5
			农业生产活动	5
			地质施工活动	5
			重车碾压	5
			打孔盗油(气)活动	5
		地面活动监控	—	5
	管道安全间距	埋深	—	10
		与相邻管道、公路铁路、建构筑物等距离	—	7
		占压等隐患	—	10
	防第三方损坏措施	管道标识	—	8
		技防措施	—	8
		地面设施保护	—	2
		巡线频率和方式	—	2
		公众教育及保护意识	—	5
腐蚀	内腐蚀	输送介质腐蚀性	—	5
		内防腐措施	—	9
		内检测	—	6
		介质监测	—	5
	外腐蚀	环境腐蚀性调查	土壤腐蚀性（适用于金属管道）	5

表 C.1　在役阶段埋地管道失效可能性评分项（续）

评分项				分值
一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	
腐蚀	外腐蚀	环境腐蚀性调查	直流杂散电流干扰（适用于金属管道）	6
			交流杂散电流干扰（适用于金属管道）	5
			大气腐蚀	4
			其他情况（适用于非金属管道）	16
		防腐和保温	—	5
		外防腐层	类型及等级	5
			质量状况及维护	10
			检验情况	10
		阴极保护系统	阴极保护设备	5
			测试装置	5
			检验或年度检查	7
			阴极保护有效性	8
安全设施(装置)操作及人员培训	设施功能和质量安全	性能和操作性	—	10
		质量证明文件	—	5
		检验及检定校准	—	10
		安全连锁系统	—	5
		通信系统	—	5
	设施操作和维护保养	设施操作	操作规程	5
			实施情况	7
		维护保养	维护保养规程	5
			实施情况	8
		操作维保人员素质	—	5
	人员培训与考核	培训制度	—	5
		培训内容	—	5
		培训材料	—	5
		培训及考核	—	5
		培训激励	—	5
	安全管理制度	安全责任制	—	5
		安全机构和人员	—	5
管道本质安全	设计施工控制	设计控制	设计合规性	5

表 C.1　在役阶段埋地管道失效可能性评分项（续）

评分项				分值
一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	
管道本质安全	设计施工控制	设计控制	资料齐全性	3
		施工控制	焊接质量	5
			监督检验	4
			竣工验收	3
	运行安全	运行压力裕度	—	5
		管道使用年限	—	5
		运行工艺变化	—	5
		疲劳/超压等情况	—	5
	定期检验与修复应急	管体缺陷检验	定期检验	8
			检验有效性	5
			管体损伤程度	7
		管体缺陷修复	—	5
		泄漏等失效与应急抢险	泄漏等失效	7
			应急抢险	3
	自然地质灾害及防护	灾害调查与评价	灾害调查周期	4
			调查有效性	5
			灾害评估	4
		灾害防护	灾害风险控制程序	4
			灾害巡查与监控	4
			灾害防护整治	4

表 C.2　在役阶段埋地管道失效可能性评分细则

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
第三方损坏	地面活动水平	地区等级	—	a）　设计规范有地区等级要求的埋地管道可按下列执行： 沿管道中心线两侧各 200 m 范围内，任意划分成长度为 2 km 并能包括最大聚集户数的若干地段，按划定地段内的户数划分为四个等级。在人口聚集的村庄、大院、住宅楼，以每一独立户作为一个建筑物计算。当管道区段小于 2km 时，可按管道长度等比例折减地段内的户数。 1）　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，则分值为 0 分 2）　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，则分值为 5 分 3）　二级地区：户数在 15 户以上 100 户以下的区段，则分值为 10 分 4）　一级地区：户数在 15 户或以下的区段或不经常有人活动及无永久性人员居住的区段，则分值为 12 分 b）　无地区等级要求的长输输油管道可按 GB 32167，识别管道高后果区： 1）　三级高后果区，则分值为 0 分 2）　二级高后果区，则分值为 5 分 3）　一级高后果区，则分值为 10 分 4）　非高后果区，则分值为 12 分 c）　其他管道可参考识别管道区段沿线地区等级、高后果区，以及沿线人口密集区、公众聚集场所、易燃易爆场所、军事区等敏感区域的安全防护措施： 1）　存在人口密集区、公众聚集场所、易燃易爆场所、军事区等敏感区域，无安全防护措施，或不符合规范要求，则分值为 0 分 2）　不存在人口密集区、公众聚集场所、易燃易爆场所、军事区等敏感区域，符合规范要求，则分值为 12 分		12
		地面活动类型	第三方建设活动	a）　第三方建设活动施工单位未技术交底，则分值为 0 分 b）　管道位于矿藏开发或重工业生产地区，则分值为 1 分 c）　管道位于在建经济开发区，则分值为 2 分 d）　管道位于有地下设施、水沟等维护活动地区，则分值为 3 分 e）　管道位于无第三方建设活动地区，则分值为 5 分		5
			农业生产活动	a）　管道上方大量挖鱼塘、打苕沟、犁地等较深挖掘，则分值为 0 分 b）　管道上方少量挖掘深度小于 0.5 m 的浅土层农作物，则分值为 2 分 c）　管道上方无农业生产活动，则分值为 5 分		5

表 C.2　在役阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
第三方损坏	地面活动水平	地面活动类型	地质施工活动	a）管道附近有地质勘探、敷设管道、顶进、爆破、挖掘、打桩等可能危及管道安全的活动，且未采取安全保护措施，则分值为0分 b）管道附近无可能危及管道安全的活动，或有相关作业活动但采取了有效安全保护措施，可保证埋地管道及附属设施安全，则分值为5分		5
			重车碾压	a）管道上方有重型车辆碾压严重，有地面沉降风险，且未采取安全保护措施，则分值为0分 b）管道不存在重型车辆碾压现象，地面沉降风险小，或有重车碾压情况但采取了安全保护措施，则分值为5分		5
			打孔盗油（气）活动	a）管道区段曾发生过打孔盗油（气）活动，或发生打孔盗油（气）等活动概率高，则分值为0分 b）管道区段未曾发生过打孔盗油（气）活动，且社会治安管理和管道保护意识强，发生打孔盗油（气）等活动概率低，则分值为5分		5
		地面活动监控	—	a）管道沿线第三方建设、农业生产、地质施工等活动告知管道企业后，施工现场未标识管道位置，无现场人员监护或泄露监测预警防范措施，则分值为0分 b）管道沿线第三方建设、农业生产、地质施工等活动告知管道企业后，施工现场管道位置标识清晰，有现场人员监护或实时监测预警系统，则分值为5分		5

表 C.2　在役阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
第三方损坏	管道安全间距	埋深	—	a）　如果是非水下穿越管道： 1）　埋深不符合规范要求且无防护措施，则分值为0分 2）　管道埋地段埋深符合规范要求，或为跨越段，则分值为10分 • 农田土壤类埋地管道管顶的覆土厚度不应小于0.8 m； • 岩石类埋地管道管顶的覆土厚度不应小于0.5 m； • 土堤敷设的埋地管道管顶的覆土厚度不应小于1.0 m； • 燃气管道埋设在机动车道下时，覆土厚度不应小于0.9 m，埋设在非机动车车道（含人行道）下时，不应小于0.6 m，埋设在机动车不可能到达的地方时，不应小于0.3 m，穿越公路管顶的覆土厚度不应小于1.2 m和路边沟底不应小于1.0 m，穿越铁路、地面轨道交通设施管顶的覆土厚度距轨底不应小于1.7 m和自然地面不应小于1.0 m。 b）　如果是水下穿越管道： 1）　水域穿越工程等级与设计洪水频率、穿越方式、穿越管段长度和埋深、水下建（构）筑物间距等内容不符合规范要求，且无防护措施，则分值为0分 2）　水域穿越工程等级与设计洪水频率、穿越方式、穿越管段长度和埋深、水下建（构）筑物间距等内容和防护措施符合规范要求，则分值为10分 • 根据GB 50423，长输管道有冲刷或疏浚水域，穿越工程等级大、中、小型分别对应的埋深为1.5 m、1.2 m、1.0 m；无冲刷或疏浚水域，穿越工程等级大、中、小型分别对应的埋深为1.5 m、1.3 m、1.0 m；河床为基岩，穿越工程等级大、中、小型分别对应的埋深为0.8 m、0.6 m、0.5 m； • 根据GB 50423，管道定向钻穿越管道管顶埋深不宜小于设计洪水冲刷线或规划疏浚线以下6 m； • 根据GB/T 34275，管道直接铺管穿越管道管顶最小覆土厚度不宜小于3倍管道外径且不应小于5 m；设计洪水冲刷线或规划疏浚线下管顶埋深不应小于2倍管道外径且不应小于3 m，并应满足管道抗漂浮要求；防洪堤脚下部管道埋深不应小于4倍管道外直径且不应小于5 m； • 燃气管道至河床的覆土厚度根据水流冲刷条件及规划河床确定，不通航的河流不应小于0.5 m；对通航的河流不应小于1.0 m，还需考虑疏浚和投锚深度；开挖法穿越管道按GB 50423执行；水平定向钻穿越管道至规划河床的覆土厚度不宜小于3.0 m；顶管法穿越管顶覆土厚度不宜小于3倍管道外径		10

表 C.2　在役阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
第三方损坏	管道安全间距	与相邻管道、公路铁路、建构筑物等距离	—	a）管道中心线与公路、铁路、其他管道交叉平行，建(构)筑物占压或最小间距不符合规范要求，则分值为0分 b）管道中心线与公路、铁路、其他管道交叉平行，建(构)筑物占压或最小间距符合规范要求，则分值为7分 1）与公路并行时，在公路用地界3 m外；与铁路并行时，在铁路用地界3 m外，且与铁路轨道中心线水平净距不小于25 m； 2）与建(构)筑物最小间距不小于5 m； 3）与其他管道并行且不受地形、地物、规划等条件限制的区段，管道公称直径小于DN1 400时，并行间距不宜小于6 m，管道公称直径为DN1 400时，并行间距不宜小于8 m；石方地段需要爆破管沟时，与已建管道的并行间距不宜小于20 m；同沟敷设管道的并行净间距不应小于0.5 m； 4）其他埋地管道或金属构筑物交叉时，其垂直净距不应小于0.3 m；与电力、通信电缆交叉时，其垂直净距不应小于0.5 m；当条件受限，无法满足上述垂直净距要求时，应采用隔板分隔或电缆加套管等防护措施； 5）燃气输配管道及附属设施的最小保护和控制范围按GB 55009执行		7
		占压等隐患	—	a）管道中心线5 m范围(燃气管道为最小保护范围)内存在占压严重，或堆放腐蚀或易燃易爆物品等危及管道安全的较大及以上隐患，则分值为0分 b）管道中心线5 m范围(燃气管道为最小保护范围)内存在危及管道安全的一般隐患，但未采取有效防护措施，则分值为5分 c）管道中心线5 m范围(燃气管道为最小保护范围)内无占压、堆放腐蚀或易燃易爆物品，或危及管道安全的相关隐患，则分值为10分		10
	防第三方损坏措施	管道标示	—	a）管道沿线应设置里程桩、转角桩、标志桩、交叉桩、警示牌等永久性标识，但未设置，或者人口密集区、易受第三方损坏的区段应加密设置但未加密，则分值为0分 b）设置了永久性标识，但部分损坏，则分值为3分 c）管道标识完好，但位置不准(偏差2m内，否则视为未设置)，则分值为5分 d）管道标识完好、清晰可见，或无需设置，则分值为8分		8

表 C.2　在役阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
第三方损坏	防第三方损坏措施	技防措施	—	a）相关管道区段未采用视频监控、光纤监测预警等技防措施，以防控第三方损坏，则分值为0分 b）相关管道区段采用了视频监控、光纤监测预警等技防措施，但无自动报警功能或需要人工判读，则分值为4分 c）相关管道区段采用了视频监控、光纤监测预警等技防措施，且相关设施具有自动报警功能，或无第三方损坏可能性，无需设置相关技防措施，则分值为8分		8
		地面设施保护	—	a）管道及附属设施位于地面时，无围栏等相关保护措施，则分值为0分 b）管道及附属设施位于地面时，有围栏等相关有效保护措施，则分值为2分		2
		巡线频率和方式	—	a）从来不巡线，则分值为0分 b）巡线频率每月不少于1次，为车辆巡查，则分值为1分 c）巡线频率每月不少于1次，为人员徒步巡查，则分值为2分 d）巡线频率每周不少于1次，为车辆巡查，则分值为3分 e）巡线频率每周不少于1次，为人员徒步巡查，则分值为4分 f）巡线频率每日不少于1次，具有多种巡线方式，则分值为6分 g）管道有监控，可随时报告相关情况，则分值为8分		8
		公众教育及保护意识	—	a）无公众教育计划、未开展过教育宣传活动或标语，则分值为0分 b）有公众教育计划，但未按期开展，则分值为1分 c）有公众教育计划，且按期开展，则分值为3分 d）公众教育计划和开展到位，沿线居民具有较高的管道保护意识，则分值为5分		5

表 C.2　在役阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
腐蚀	内腐蚀	输送介质腐蚀性	—	a）介质含水、氯离子、硫化氢、二氧化碳、pH、含蜡量、温度、流速等存在下列情况之一，或经过判定对管道有较强腐蚀性的，则分值为0分： 1）有凝析水或游离水 2）氯离子含量大于60 000 mg/L 3）硫化氢含量大于20 mg/m^3 4）硫化氢分压大于1 MPa 5）二氧化碳含量大于3.0%（长输天然气管道）或二氧化碳含量大于4.0%（公用燃气管道） 6）二氧化碳分压大于0.21 MPa 7）pH小于或等于3.5（工业管道pH小于或等于4.5，或大于12.5） 8）蜡含量大于10%（集油和输油管道） 9）介质流速小于3 m/s 10）不发生钝化，并且腐蚀性介质浓度高，不满足相关设计标准规范要求（工业管道） 11）介质中的氧化剂含量高，不满足相关设计标准规范要求（工业管道） 12）管材对介质应力腐蚀敏感 13）液化石油气、人工煤气等气质不符合GB 50028和GB 55009要求 b）介质含水、氯离子、硫化氢、二氧化碳、pH、含蜡量、流速等随时间变化而腐蚀性不明，或怀疑有介质腐蚀的，则分值为2分 c）介质含水、氯离子、硫化氢、二氧化碳、pH、含蜡量、流速等全部满足上述要求，或经过判定对管道无腐蚀性的，则分值为5分		5
		内防腐措施	—	a）应采取内防腐措施，但无内防腐措施或不符合规范要求，则分值为0分 b）有内防腐计划和措施，则评分如下： 1）采用内腐蚀监测，则分值为2分 2）定期清管，或注入缓蚀剂，则分值为4分 3）采用防腐内涂层，则分值为6分 4）采用上述两种或两种以上的措施，或不需要防腐措施，则分值为9分		9
		内检测	—	a）不进行内检测，以及其他内腐蚀间接检测，则分值为0分 b）不进行内检测，但进行其他内腐蚀间接检测，则分值为1分 c）进行内检测，且检测发现内腐蚀严重，则分值为2分 d）进行内检测，且检测发现存在轻微内腐蚀，则分值为4分 e）进行内检测，且检测不存在内腐蚀，或无需内检测，则分值为6分		6

表 C.2　在役阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
腐蚀	内腐蚀	介质监测	—	a）　需介质监测但未执行，则分值为0分 b）　介质监测周期过长，不满足实际需要，则分值为1分 c）　介质监测周期满足实际需要，或无需介质监测，则分值为5分		5
	外腐蚀	环境腐蚀性调查	土壤腐蚀性	本条仅适用于金属管道。 a）　根据GB/T 19285对土壤腐蚀性进行测试，评价等级为强，则分值为0分 b）　土壤腐蚀性评价等级为中，则分值为2分 c）　土壤腐蚀性评价等级为较弱，则分值为3分 d）　土壤腐蚀性评价等级为弱，或不存在土壤腐蚀性情况，则分值为5分		5
			直流杂散电流干扰	本条仅适用于金属管道。 按照GB/T 19285测试直流杂散电流干扰程度，并按以下评分： a）　直流杂散电流干扰程度为中或强，但未实施有效干扰防护或排流措施，或未实施直流杂散电流测试评价，则分值为0分 b）　直流杂散电流干扰程度为中或强，实施了有效干扰防护或排流措施，则分值为3分 c）　直流杂散电流干扰程度为弱，无需实施干扰防护或排流措施，或不存在杂散电流干扰，无需测试，则分值为6分		6
			交流杂散电流干扰	本条仅适用于金属管道。 按照GB/T 19285测试交流杂散电流干扰程度，并按以下评分： a）　交流杂散电流干扰程度为中或强，但未实施有效干扰防护或排流措施，或未实施交流杂散电流测试评价，则分值为0分 b）　交流杂散电流干扰程度为中或强，实施了有效干扰防护或排流措施，则分值为3分 c）　交流杂散电流干扰程度为弱，无需实施干扰防护或排流措施，或不存在杂散电流干扰，无需测试，则分值为5分		5
			大气腐蚀	a）　如果是钢质管道埋地段： 埋地段的大气腐蚀的得分为4分 b）　如果是钢质管道跨越段： 1）　无防腐层或防腐层不适用于环境，且无大气腐蚀性调查，则分值为0分 2）　有防腐层且质量完好，有日常维护措施，则分值为4分 c）　如果是非金属管道： 1）　敷设不符合设计和施工验收规范，或聚乙烯等高分子材料管道不准许光照而露管，或大气腐蚀严重的，则分值为0分 2）　符合设计和施工验收规范，管道质量完好或在正常腐蚀控制范围内，有日常维护措施，则分值为4分		4

表 C.2　在役阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
腐蚀	外腐蚀	环境腐蚀性调查	其他情况	本条仅适用于非金属管道。 a）管道存在生物啃食、树根缠绕等损伤情况，且管体损伤严重，则分值为0分 b）管道存在生物啃食、树根缠绕等损伤情况，且管体损伤不严重，则分值为8分 c）管道不存在生物啃食、树根缠绕等管体损伤情况，则分值为16分		16
		防腐和保温	—	a）防腐、保温不符合规范要求或不合格，则分值为0分 b）防腐、保温符合规范要求且合格，或无需防腐、保温，则分值为5分		5
		外防腐层	类型及等级	a）无外防腐层，则分值为0分 b）防锈油漆，则分值为1分 c）高密度聚乙烯，则分值为2分 d）沥青加玻璃布、煤焦油瓷漆或环氧煤沥青，则分值为3分 e）环氧粉末或三层PE复合涂层，或不需要外防腐层，则分值为5分		5
			质量状况及维护	根据GB/T 19285检测与评价外防腐层电阻率、电流衰减、破损点密度等指标，进行如下评分： a）无外防腐层、防腐层质量极差，且无维护措施，则分值为0分 b）外防腐层质量差，存在大量局部破损（≥3级），则分值为2分 c）防腐层存在少量局部破损（<2级），有维护则分值为5分 d）质量完好，局部破损点极少（1级），且有完善的维护措施，或无需防腐层，则分值为10分		10
			检验情况	a）检验人员无资质，未实施检验，或检验不符合规范要求，则分值为0分 b）检验人员有相应资质，有效实施了检验且符合规范要求，则分值为10分		10
		阴极保护系统	阴极保护设备	a）强制电流或牺牲阳极保护系统，以及电绝缘、排流装置等无法正常工作，或可以正常工作但性能测试不符合GB/T 19285或GB/T 21448相关标准要求，则分值为0分 b）强制电流或牺牲阳极保护系统，以及电绝缘、排流装置完好，且工作正常，性能测试符合GB/T 19285或GB/T 21448相关标准要求，或无需阴极保护的管道，则分值为5分		5
			测试装置	a）有阴极保护，但测试桩或监测装置损坏无法进行测试，或仅部分测试桩运行正常，无法满足规范要求，则分值为0分 b）有阴极保护，测试桩或监测装置运行正常，且能满足规范要求，或无需阴极保护的管道，则分值为5分		5

表 C.2　在役阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
腐蚀	外腐蚀	阴极保护系统	检验或年度检查	a）未加阴极保护，或检验人员无资质，或不符合规范要求，则分值为0分 b）阴极保护系统检验和在线检查项目和周期满足规范要求，则分值为2分 c）阴极保护系统检验发现问题，未按要求修复的，则分值为4分 d）阴极保护系统检验和修复满足标准要求的，或不需要进行阴极保护，则分值为7分		7
			阴极保护有效性	a）根据GB/T 19285开展管道阴极保护及排流保护有效性检测，结果不符合标准要求，阴极保护效果差或无效，且未实施维修与防护措施，则分值为0分 b）管道阴极保护及排流保护有效性检测，结果不符合标准要求，阴极保护效果差或无效，但实施了维修与防护措施，则分值为4分 c）管道阴极保护及排流保护有效性检测，结果符合标准要求，阴极保护效果有效，无需维修与防护措施，则分值为8分		8
安全设施（装置）操作及人员培训	设施功能和质量安全	性能和操作性	—	a）截断阀室、紧急放空系统、监控预警系统等地面安全设施（装置）的性能和质量安全不满足技术要求，则分值为0分 b）满足技术要求，但性能稳定性和操作性差，则分值为5分 c）满足技术要求，性能稳定，但操作性差，则分值为7分 d）满足技术要求，性能稳定，操作方便，则分值为10分		10
		质量证明文件	—	a）无质量证明文件，则分值为0分 b）质量证明文件齐全，则分值为5分		5
		检验及检定校准	—	a）应有检验、检定校准等规定但无，或检验结果为停止使用或报废但仍在继续使用，则分值为0分 b）检验、检定校准结果在限定条件下安全使用，则分值为5分 c）检验结果可在运行条件下安全使用，或不需要检验、检定校准，则分值为10分		10
		安全连锁系统	—	a）应有超压保护、紧急关断或报警等连锁系统，而未设置，则分值为0分 b）设置超压保护、紧急关断或报警等连锁系统功能不全，或仅为单级就地保护，则分值为2分 c）设置超压保护、紧急关断或报警等连锁系统功能齐全，两级以上保护且远程监控，或无需设置安全连锁系统，则分值为5分		5
		通信系统	—	a）通信设备未固定专用，则分值为0分 b）配有专用通信系统和工具，则分值为5分		5

表 C.2　在役阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
安全设施(装置)操作及人员培训	设施操作和维护保养	设施操作	操作规程	a) 无设备(装置)操作规程,则分值为0分 b) 设备(装置)操作规程不完整,则分值为2分 c) 设备(装置)操作规程完整、正确,但未在操作现场,则分值为4分 d) 设备(装置)操作规程完整、正确,且在操作现场,则分值为5分		5
			实施情况	a) 未进行审查,无操作记录和日志,则分值为0分 b) 一级审查(内部审查),操作记录和日志不齐全,则分值为2分 c) 二级审查(内部审查、外部审查审),操作记录和日志不齐全,则分值为4分 d) 三级审查(内审、外审、第三方审查),操作记录和日志齐全,则分值为7分		7
		维护保养	维护保养规程	a) 无设备(装置)维护保养规程,则分值为0分 b) 设备(装置)维护保养规程不完整,则分值为3分 c) 设备(装置)维护保养规程完整、正确,则分值为5分		5
			实施情况	a) 不定期保养,则分值为0分 b) 仅定期保养,不修理或更换,无维护保养记录和相关图纸,则分值为2分 c) 定期保养,并且必要时修理,维护保养记录和相关图纸不完整,则分值为5分 d) 定期保养,并且必要时更换,维护保养记录和相关图纸齐全,则分值为8分		8
		操作维保人员素质	—	a) 操作和维护保养人员无相关岗位工作经验,则分值为0分 b) 操作和维护保养人员具备相关岗位3年以下工作经验,则分值为2分 c) 操作和维护保养人员具备相关岗位3年及3年以上工作经验,则分值为5分		5
	人员培训与考核	培训制度	—	a) 无培训制度,或临时决定进行培训,则分值为0分 b) 没有建立培训制度,仅部分岗位员工进行培训,则分值为1分 c) 已建立培训制度,但仅部分员工进行培训,则分值为3分 d) 已建立培训制度,并得到良好执行,则分值为5分		5
		培训内容	—	a) 不进行培训,或培训无实质性内容,则分值为0分 b) 培训内容不全面,培训过程简单,则分值为2分 c) 培训内容系统全面,则分值为5分		5
		培训材料	—	a) 不进行培训,或没有正式培训材料,则分值为0分 b) 培训材料简单,未经专家审核,则分值为2分 c) 培训材料完整,并由行业内专家审核,则分值为5分		5

表 C.2　在役阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
安全设施（装置）操作及人员培训	人员培训与考核	培训及考核	—	a）　不进行培训，或有培训但无考核，则分值为0分 b）　进行一次性培训，结束后笔试，则分值为2分 c）　定期持续培训，结束后面试、笔试评估等，则分值为5分		5
		培训激励	—	a）　考核成绩优异员工无奖励、不注重实操考察，则分值为0分 b）　考核成绩优异员工有奖励、注重实操考察，则分值为5分		5
	安全管理制度	安全责任制	—	a）　无安全责任制，则分值为0分 b）　安全责任制健全，并严格执行，则分值为5分		5
		安全机构和人员	—	a）　无安全机构和人员，则分值为0分 b）　设置安全机构，配备充足的专、兼职人员，则分值为5分		5
管道本质安全	设计施工控制	设计控制	设计合规性	a）　因地区等级等变化导致设计系数、管材、壁厚、强度等关键要素不满足原设计标准或现行设计标准规定，且未采取安全防护措施，则分值为0分 b）　与地区等级相关的设计系数、管材、壁厚、强度和稳定性等关键要素满足原设计标准规定，但不满足现行设计标准规定，则分值为2分 c）　满足现行设计标准规定，则分值为5分		5
			资料齐全性	a）　原设计和后期改线等设计资料不齐全，则分值为0分 b）　原设计和后期改线等设计资料齐全，则分值为3分		3
		施工控制	焊接质量	a）　管道轴向/环向/螺旋焊缝存在大量焊接缺陷（超过焊缝数量的30%），按现行标准评定不合格，则分值为0分 b）　管道轴向/环向/螺旋焊缝存在少量焊接缺陷（小于焊缝数量的10%），按现行标准评定合格，则分值为2分 c）　管道轴向/环向/螺旋焊缝存在微量焊接缺陷（小于焊缝数量的1%），不存在焊接超标缺陷，符合现行标准要求，则分值为5分		5
			监督检验	a）　施工安装过程未监督检验，或监督检验不合格，则分值为0分 b）　施工安装监督检验报告缺失，或不符合现行施工验收规范要求，则分值为2分 c）　施工安装监督检验符合现行施工验收规范，则分值为4分		4
			竣工验收	a）　竣工验收资料缺失严重，验收未通过或多次整改后通过，则分值为0分 b）　竣工验收合格，但资料保存不全，则分值为1分 c）　竣工验收合格，资料保存完整齐全，则分值为3分		3

表 C.2　在役阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
管道本质安全	运行安全	运行压力裕度	—	a）运行压力与设计压力之比大于0.75，则分值为0分 b）运行压力与设计压力之比介于0.5～0.75，则分值为2分 c）运行压力与设计压力之比小于0.5，则分值为5分		5
		管道使用年限	—	a）管道使用年限超过设计年限，或未规定设计年限的管道，长输管道使用年限≥30年、燃气钢质管道使用年限≥20年、聚乙烯管道使用年限≥30年或发现老化泄漏的、其他管道使用年限≥25年，则分值为0分 b）管道使用年数未超过设计年限，或未规定设计年限的管道，长输管道使用年限＜30年、燃气钢质管道使用年限＜20年、聚乙烯管道使用年限＜30年并发现老化泄漏的、其他管道使用年限＜25年，则分值为5分		5
		运行工艺变化	—	a）管道运行工艺变化导致管道安全运行风险升高，但未采取安全防护措施，则分值为0分 b）管道运行工艺变化导致管道安全运行风险升高，且采取了安全防护措施，则分值为2分 c）管道运行工艺未发生变化，或工艺变化未导致管道安全运行风险升高，则分值为5分		5
		疲劳/超压等情况	—	a）管道服役期间发生过水击、超压、疲劳等失效，且无安全保护措施，则分值为0分 b）管道服役期间发生过水击、超压、疲劳等失效，但采取了安全保护措施且未再次发生的，则分值为2分 c）管道服役期间未发生过水击、超压、疲劳等失效，则分值为5分		5
	定期检验与修复应急	管体缺陷检验	定期检验	a）管道定期检验周期、内容及缺陷合于使用评价等不符合相关规范要求，或未开展定期检验，则分值为0分 b）管道开展了定期检验，但检验周期过长，不满足实际情况；或定期检验结果要求缩短检验周期或降压运行，则分值为4分 c）管道开展了定期检验，检验周期、内容及缺陷合于使用评价等符合相关规范要求，且满足实际情况，无需缩短检验周期或降压，风险可控，则分值为8分		8
			检验有效性	a）管道定位、缺陷检验困难，方法有限且检验效率低，无法直接发现管道本体缺陷，则分值为0分 b）管道进行了内检测、泄漏检测、监测等高效检监测方法，检验效率和有效性高，则分值为5分		5

表 C.2　在役阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
管道本质安全	定期检验与修复应急	管体缺陷检验	管体损伤程度	a）管体存在材质劣化、腐蚀减薄、划伤、变形等超标缺陷，且未修复或未采取安全防范措施，则分值为0分 b）管体存在材质劣化、腐蚀减薄、划伤、变形等缺陷，经合于使用评价可接受或不可接受缺陷进行了修复，且实测壁厚与设计所需最小壁厚之比＜2，剩余寿命＜16年，则分值为3分 c）管体无缺陷，或存在材质劣化、腐蚀减薄、划伤、变形等缺陷，经合于使用评价可接受，或不可接受进行了修复，且实测壁厚与设计所需最小壁厚之比≥2，剩余寿命≥16年，则分值为7分		7
		管体缺陷修复	—	a）管道存在应立即修复而未完成修复的缺陷，且未采取有效的安全防护措施，或修复后的缺陷再次发生泄漏失效情况的，则分值为0分 b）管道存在应限期修复而未完成修复的缺陷，或要求定点监控的缺陷而未实施，或要求永久修复而采用了临时修复情况的，则分值为2分 c）管道应修复的缺陷均按要求修复，应监控的缺陷进行了监控使用，或不存在修复或监控使用情况的，则分值为5分		5
		泄漏等失效与应急抢险	泄漏等失效	a）管道发生过泄漏等失效事件或事故，泄漏频率高于同类管道行业统计数据泄漏频率或企业所能接受的泄漏频率，则分值为0分 b）管道发生过泄漏等失效事件或事故，泄漏频率低于同类管道行业统计数据泄漏频率或企业所能接受的泄漏频率，则分值为4分 c）管道未发生过泄漏等失效事件或事故，则分值为7分 **注**：行业无相关统计数据时，可参考相关标准数据。GB 32167推荐的长输管道失效可接受准则：输油管道泄漏频率≤2次/(10^3 km•a)，输气管道泄漏频率≤0.4次/(10^3 km•a)，次高压及以上燃气管道可参考该值。		7
			应急抢险	a）管道应急抢险预案及相关制度不完备，存在管道失效后应急抢险不到位，或次生失效事故，则分值为0分 b）管道应急抢险预案及相关制度完备，管道失效后及时进行了应急抢险修复，且无次生失效事故，则分值为3分		3

表 C.2　在役阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
管道本质安全	自然地质灾害及防护	灾害调查与评价	灾害调查周期	油气管道灾害调查应符合GB/T 40702要求，地质灾害易发区周期调查每3年～5年1次，非易发区周期调查可调整至每5年～8年1次，山区地质灾害高易发区可适当加密。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的情况宜立即开展地质灾害周期调查： a）　未开展过自然与地质灾害调查，则分值为0分 b）　开展过自然与地质灾害调查，但灾害调查周期间隔过长，与灾害类型、特征及发生频率不符，不能满足实际情况的，则分值为2分 c）　按要求定期开展自然与地质灾害调查，调查周期符合规范要求和实际情况现需要，则分值为4分		4
			调查有效性	a）　未制定自然与地质灾害调查方案，相关调查信息无法识别灾害类型、管道影响区域和严重性，则分值为0分 b）　制定了自然与地质灾害调查方案，调查内容、方法可靠有效，且进行了详细的信息记录，识别了灾害类型、管道影响区域和严重性，则分值为5分		5
			灾害评估	a）　未进行灾害成因、成灾过程、易发性、管道易损性及灾害后果等评估，灾害风险水平不清楚，则分值为0分 b）　进行了灾害成因、成灾过程、易发性、管道易损性及灾害后果等评估，了解灾害的风险水平，则分值为4分		4
		灾害防护	灾害风险控制程序	a）　未建立自然与地质灾害风险控制程序，无相关记录材料，则分值为0分 b）　建立了自然与地质灾害风险控制程序，但未落实，无相关记录证明材料，则分值为2分 c）　建立了自然与地质灾害风险控制程序，并按要求进行了落实，有相关记录证明材料，则分值为4分		4
			灾害巡查与监控	a）　对调查发现的管道沿线灾害点未制定巡查和监控制度，未定期巡查和监控，则分值为0分 b）　对调查发现的管道沿线灾害点制定了巡查和监控制度，但巡查周期过长、监控不符合灾害实际情况或标准要求，则分值为2分 c）　对调查发现的管道沿线灾害点制定了巡查和监控制度，并定期巡查，巡查频次满足实际情况，评估后需要实施监控的灾害点，定期检测与监测方法、内容、精度、预警响应等符合标准规范要求和实际情况，可对灾害发展进行监控和预警，则分值为4分		4

表 C.2　在役阶段埋地管道失效可能性评分细则（续）

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	评价内容	分值	满分
管道本质安全	自然地质灾害及防护	灾害防护	灾害防护整治	a）　未制定管道沿线灾害信息动态跟踪台账、风险管控措施、应急抢险方案等管理措施，未对高风险灾害点进行工程治理，需应急抢险的灾害点未实施应急抢险和管道防护治理，引发次生灾害的，则分值为0分 b）　制定的管道沿线灾害信息动态跟踪台账、风险管控措施、应急抢险方案等管理措施不全，存在高风险灾害点工程治理不及时的，则分值为2分 c）　制度的管道沿线灾害信息动态跟踪台账、风险管控措施、应急抢险方案等管理措施齐全，对高风险灾害点进行了工程治理，需应急抢险的灾害点及时实施了应急抢险和管道防护治理，则分值为4分		4

附 录 D
（规范性）
埋地管道失效后果评估

D.1 通则

D.1.1 埋地管道的失效后果应从管道沿线环境影响、介质危害性、停输影响、社会影响四个方面评估失效事故可能引起的人员伤亡、经济损失、环境污染等后果，具体评分项见表 D.1，评分细则见表 D.2。

D.1.2 失效后果评分为管道沿线环境影响、介质危害性、停输影响、社会影响等四个方面的得分之和。每个方面的得分为其下设的一个或多个评分项得分之和。风险评估人员从每个评分项下设的各列项中单一选择最接近实际情况的列项，从而确定该评分项的得分。

表 D.1 埋地管道失效后果评分项

评分项		总分值
一级指标	二级指标	
环境影响	人口与建构筑物密度	20
	环境敏感性	20
介质危害性	介质可燃性	7
	介质毒性	8
	介质扩散性	10
	最高工作压力	5
	最大泄漏量	15
停输影响	抢修时间	10
	影响用户范围和程度	15
	用户对介质依赖性	10
	财产损失	10
社会影响	舆情影响	8
	影响程度	12

表 D.2 埋地管道失效后果评分细则

一级指标	二级指标	评价内容	分值	满分
环境影响	人口与建构筑物密度	a) 管道沿线荒无人烟，无重要建构筑物，则分值为0分 b) 管道沿线人口稀少，或为一级地区，则分值为5分 c) 管道沿线人口散布，或为二级地区，或按照GB 32167识别为一级高后果区，则分值为10分 d) 管道沿线人口集中，或为三级地区，或按照GB 32167识别为二级高后果区，则分值为15分 e) 管道沿线人口密集，或为四级地区，或按照GB 32167识别为三级高后果区，则分值为20分		20

表 D.2　埋地管道失效后果评分细则（续）

一级指标	二级指标	评价内容	分值	满分
环境影响	环境敏感性	a）　如果为输送气体管道，按如下评分： 1）　影响轻微：泄漏气体无毒，对土壤、大气环境污染极小，未发生火灾爆炸，则分值为2分 2）　一般影响：泄漏气体有毒，但未达到急性中毒阈值，或燃气小孔泄漏，及时修复，引发小型可控的火灾爆炸，则分值为5分 3）　较大影响：泄漏气体有毒，局部区域达到急性危害水平，或管道破裂短时失控，引发中等规模火灾爆炸，影响临近人口居住区、环境保护区和植被，则分值为10分 4）　重大影响：大规模高含硫气体泄漏，严重威胁生态区安全，或管道破裂可燃气体泄漏长时间失控，引发大规模火灾爆炸，摧毁大面积生态系统，则分值为15分 5）　特别重大影响：泄漏气体剧毒，泄漏导致大范围人员疏散，DN1 000以上大口径管道断裂，引发特大火灾爆炸事故，影响饮用水源、生态区等一级环境保护区，则分值为20分 b）　如果为输送液体管道，按如下评分： 1）　影响轻微：除污染周围土壤外，无其他特别的环境影响，则分值为2分 2）　一般影响：影响比较小的水域，或农业灌溉用的小水渠，则分值为5分 3）　较大影响：影响湿地、自然保护区，或旅游风景区，则分值为10分 4）　重大影响：造成常年有水河流、湖泊、水库或沿海水域大面积污染，则分值为15分 5）　特别重大影响：污染饮用水源，则分值为20分		20
介质危害性	介质可燃性	a）　介质不可燃，则分值为0分 b）　介质可燃，闪点＞93 ℃，则分值为1分 c）　介质可燃，闪点∈(38 ℃，93 ℃]，则分值为3分 d）　介质可燃，闪点≤38 ℃并且沸点≤38 ℃，则分值为5分 e）　介质可燃，闪点≤23 ℃并且沸点≤38 ℃，则分值为7分		7
	介质毒性	a）　介质无毒性，则分值为0分 b）　介质有轻度危害毒性，则分值为2分 c）　介质有中度危害毒性，则分值为4分 d）　介质有高度和极度危害毒性，则分值为8分		8

表 D.2　埋地管道失效后果评分细则（续）

一级指标	二级指标	评价内容	分值	满分
介质危害性	介质扩散性	a）液体介质的扩散性： 1）泄漏处具有密封隔离层(渗透率为0),则分值为0分 2）泄漏处土壤为泥土、密集的硬黏土或无缝岩石(渗透率＜10^{-7}cm/s),则分值为2分 3）泄漏处土壤为泥沙、淤泥、黄土、黏泥及沙石(渗透率∈[10^{-7}cm/s,10^{-5}cm/s)),则分值为4分 4）泄漏处土壤为细砂、粉砂和中等程度碎石(渗透率∈[10^{-5}cm/s,10^{-3}cm/s]),则分值为8分 5）泄漏处土壤为砂砾、大块碎石(渗透率＞10^{-3}cm/s),则分值为10分 b）气体介质的扩散性,为地形和风速得分之和 1）地形： • 泄漏处地形闭塞,则分值为1分 • 泄漏处地形开阔,则分值为5分 2）风速： • 泄漏处年平均风速低,则分值为1分 • 泄漏处年平均风速中等,则分值为3分 • 泄漏处年平均风速高,则分值为5分		10
	最高工作压力	a）如果为集输管道,进行如下评分： 1）最高工作压力≤1.6 MPa,则分值为0分 2）最高工作压力∈(1.6 MPa,4 MPa],则分值为2分 3）最高工作压力＞4 MPa,则分值为5分 b）如果为长输管道,进行如下评分： 1）最高工作压力≤4 MPa,则分值为0分 2）最高工作压力∈(4 MPa,10 MPa],则分值为2分 3）最高工作压力＞10 MPa,则分值为5分 c）如果为城镇燃气输配管道,进行如下评分： 1）最高工作压力∈(0.1 MPa,0.4 MPa],则分值为0分 2）最高工作压力∈(0.4 MPa,1.6 MPa],则分值为2分 3）最高工作压力＞1.6 MPa,则分值为5分		5
	最大泄漏量(按照D.2计算)	a）介质最大泄漏量≤450 kg,则分值为1分 b）介质最大泄漏量∈(450 kg,4 500 kg],则分值为4分 c）介质最大泄漏量∈(4 500 kg,45 000 kg],则分值为8分 d）介质最大泄漏量∈(45 000 kg,450 000 kg],则分值为12分 e）介质最大泄漏量＞450 000 kg,则分值为15分		15
停输影响	抢修时间	a）抢修时间＜1 d,则分值为1分 b）抢修时间∈[1 d,2 d),则分值为3分 c）抢修时间∈[2 d,4 d),则分值为5分 d）抢修时间∈[4 d,7 d),则分值为7分 e）抢修时间≥7 d,则分值为10分		10

表 D.2　埋地管道失效后果评分细则（续）

一级指标	二级指标	评价内容	分值	满分
停输影响	影响用户范围和程度	a）　无重要用户，供应中断对其他单位影响一般，则分值为3分 b）　供应中断影响小城市、小城镇的工业用燃料，则分值为6分 c）　供应中断影响小企业、小城市生活，则分值为9分 d）　供应中断影响一般的工业生产、中型城市生活，则分值为12分 e）　供应中断影响国家重要大型企业、大型中心城市的生产、生活，则分值为15分		15
	用户对介质依赖性	a）　供应中断的影响很小，则分值为1分 b）　有替代介质可用，则分值为3分 c）　有自备储存设施，则分值为6分 d）　用户对管道所输送介质绝对依赖，则分值为10分		10
	财产损失	a）　管道抢修等费用＜10万元，则分值为1分 b）　管道抢修与用户违约赔偿费∈[10，100)（单位：万元），则分值为3分 c）　停输导致停产损失与环境修复费∈[100，1 000]（单位：万元），则分值为6分 d）　停输导致相关产业损失、人员伤亡、环境修复等巨额赔偿＞1 000万元，则分值为10分		10
社会影响	舆情影响	a）　公司内部报道，无外部媒体报道和政府介入，对外无影响，则分值为0分 b）　县级地方媒体报道，舆论关注＜24 h，县级部门处置，则分值为2分 c）　省级媒体报道，舆论关注3 d～5 d，市级部门处置，则分值为4分 d）　中央媒体报道，新闻热搜，国家或省级部门处置，则分值为8分		8
	影响程度	a）　后果影响极小，影响在社区或村庄范围内，无人员伤亡，则分值为2分 b）　后果影响轻微，影响在乡镇或街道范围内，人员伤亡＜3人，疏散＜24 h，则分值为6分 c）　后果影响较大，影响在地级市或县区范围内，人员伤亡3人～10人，部分管网停输超过3 d，则分值为9分 d）　后果影响重大，影响波及全国或多省范围，人员伤亡超过10人，导致区域管网供输瘫痪，或停输＞7 d，则分值为12分		12

D.2　介质最大泄漏量估算

D.2.1　计算流程

可能发生的介质最大泄漏量按照下列流程进行估算：

a）　计算介质泄漏速度；

b）　估算泄漏的时间；

c）　估算泄漏量；

d）　调整泄漏量。

D.2.2 计算介质泄漏速度

D.2.2.1 计算液体介质泄漏速度

对于液体介质，按照公式(D.1)计算介质泄漏速度 W_g。

$$W_g = C_d S_k \sqrt{2\rho(P - P_0)} \quad \cdots\cdots (D.1)$$

式中：

W_g ——介质泄漏速度，单位为千克每秒(kg/s)；

C_d ——泄漏系数，保守取值 0.61；

S_k ——泄漏孔面积，单位为平方米(m^2)；

P ——管道运行压力，单位为兆帕(MPa)；

P_0 ——环境压力，单位为兆帕(MPa)；

ρ ——介质在泄漏温度下的密度，单位为千克每立方米(kg/m^3)。

D.2.2.2 计算气体介质泄漏速度

对于气体介质，按下列步骤计算介质泄漏速度 W_g。

按公式(D.2)计算气体临界压力 P_{trans}：

$$P_{trans} = P_a \left(\frac{k+1}{2}\right)^{\frac{k}{k-1}} \quad \cdots\cdots (D.2)$$

式中：

P_{trans} ——临界压力，单位为兆帕(MPa)；

P_a ——大气压力，单位为兆帕(MPa)；

k ——理想气体恒压比热与恒积比热之间的比值 C_V/C_P，无量纲。

如果管道运行压力 $P < P_{trans}$，则介质泄漏速率 W_g 按公式(D.3)计算：

$$W_g = C_d S_k P Y \sqrt{\frac{Mk}{RT}\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}} \quad \cdots\cdots (D.3)$$

式中：

W_g ——介质泄漏速度，单位为千克每秒(kg/s)；

C_d ——泄漏系数，推荐取值 0.9；

S_k ——泄漏孔面积，单位为平方米(m^2)；

P ——管道运行压力，单位为兆帕(MPa)；

M ——摩尔质量，单位为克每摩尔(g/mol)；

R ——气体常数，取值为 8.314 J/(mol·K)；

T ——操作温度，单位为开尔文(K)；

Y ——流出系数，按公式(D.4)计算。

$$Y = \left(\frac{P_0}{P}\right)^{\frac{1}{k}} \cdot \left[1 - \left(\frac{P_0}{P}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]^{\frac{1}{2}} \cdot \left[\left(\frac{2}{k-1}\right)\left(\frac{k+1}{2}\right)^{\frac{(k+1)}{(k-1)}}\right]^{\frac{1}{2}} \quad \cdots\cdots (D.4)$$

式中：

P ——管道运行压力，单位为兆帕(MPa)；

P_0 ——环境压力，单位为兆帕(MPa)；

k ——理想气体恒压比热与恒积比热之间的比值 C_V/C_P，无量纲。

如果管道运行压力 $P \geqslant P_{trans}$，则介质泄漏速率 W_g 按公式(D.5)计算。

$$W_g = C_d S_k P \sqrt{\frac{Mk}{RT}\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (D.5)$$

D.2.3 估算泄漏时间

按所评估管道的实际情况，确定泄漏持续时间，如果不能实际确定，则按表 D.3 确定监测系统和切断系统的等级，并按表 D.4 估算泄漏持续时间 t。

表 D.3 监测和切断系统等级

监测系统类型	切断系统类型	等级
监测关键参数的变化从而间接监测介质流失的专用设备	由监测设备或探测器激活的自动切断装置	A
直接监测介质实际流失的灵敏的探测器	由操作员远距离操控切断装置	B
目测，摄像头等	人工操作的切断阀	C

表 D.4 泄漏时间估算

监测系统等级	切断系统等级	泄漏时间估算
A	A	小规模泄漏为 1 200 s；中等规模泄漏为 600 s；较大规模泄漏为 300 s
A	B	小规模泄漏为 1 800 s；中等规模泄漏为 1 800 s；较大规模泄漏为 600 s
A	C	小规模泄漏为 2 400 s；中等规模泄漏为 1 800 s；较大规模泄漏为 1 200 s
B	A 或 B	小规模泄漏为 2 400 s；中等规模泄漏为 1 800 s；较大规模泄漏为 1 200 s
B	C	小规模泄漏为 3 600 s；中等规模泄漏为 1 800 s；较大规模泄漏为 1 200 s
C	A、B 或 C	小规模泄漏为 3 600 s；中等规模泄漏为 2 400 s；较大规模泄漏为 1 200 s
注：小规模指泄漏面积小于 25 mm^2，中等规模指泄漏面积小于 500 mm^2，较大规模泄漏指泄漏面积大于 500 mm^2。		

D.2.4 估算泄漏量

泄漏量 Q 按公式(D.6)估算：

$$Q = \min(W_g \times t, q) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (D.6)$$

式中：

Q ——介质泄漏量，单位为千克(kg)；

W_g ——介质泄漏速度，单位为千克每秒(kg/s)；

t ——泄漏持续时间，单位为秒(s)；

q ——距离发生泄漏的区段最近的上下游紧急切断阀之间的介质量，单位为千克(kg)。

D.2.5 调整泄漏量

分别按照表 D.5 调整泄漏量，得到可能的最大泄漏量。

表 D.5　按照监测与切断系统调整泄漏量

监测系统等级	切断系统等级	泄漏量的调整
A	A	减小25%
A	B	减小20%
A或B	C	减小10%
B	C	减小15%
C	C	不调整