

ICS

点击此处添加中国标准文献分类号

T/

团体标准

T/××× ××××—××××

城镇供热管道及管路附件安全评估技术标准

Technical standards for safety assessment of city heating pipelines and pipeline accessories

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

(征求意见稿)

(本稿完成日期：2019.7.16)

××××—××—××发布

××××—××—××实施

中国城镇供热协会 发布

目 次

前言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义、符号	1
4 基本规定	3
4.1 评估原则	3
4.2 安全评估与其它安全管理方法的关系	3
5 评估方法	3
5.1 一般规定	3
5.2 安全评估数据收集	4
5.3 失效可能性评估	4
5.4 失效后果评估	4
5.5 安全等级评估	4
5.6 安全等级分类管理	4
5.7 安全等级再评估	4
6 资料收集	4
7 失效可能性评估	4
7.1 评估步骤	4
7.2 各层次影响因素失效可能性权重计算	4
7.3 底层影响因素失效可能性分值计算	5
7.4 失效可能性分值计算	5
7.5 失效可能性等级划分	5
8 失效后果评估	6
8.1 评估步骤	6
8.2 各层次影响因素失效后果权重计算	6
8.3 底层影响因素失效后果分值计算	6
8.4 失效后果分值计算	6
8.5 失效后果等级划分	7
9 安全等级评估及分类管理	7
9.1 安全等级划分	7
9.2 安全等级分类管理	8
10 安全等级再评估	8
11 安全评估报告的编制	8
附录 A（规范性附录） 各层次影响因素权重表	9

T/××× ××××—××××

附录 B（规范性附录）	底层影响因素失效可能性评分表.....	11
附录 C（规范性附录）	底层影响因素失效后果评分表.....	19
附录 D（规范性附录）	安全等级划分原则.....	29
附录 E（规范性附录）	安全评估算例.....	31
参考文献	39

前 言

本标准按照GB/T1.1-2009给出的规则起草。

本标准由中国城镇供热协会提出并归口。

本标准由中国城镇供热协会标准化委员会组织实施。

本标准起草单位：

本标准主要起草人：

城镇供热管道及管路附件安全评估技术标准

1 范围

本标准规定了城镇供热管道及管路附件安全评估的术语、定义和符号、基本规定、评估方法、数据收集、失效可能性评估、失效后果评估、安全等级评估、安全等级分类、安全验证评估和安全评估报告。

本标准适用于自热源出口至热用户之间的各级以各种形式敷设的城镇供热管道及管路附件的安全现状评估。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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。

AQ8001-2007 安全评价通则

3 术语和定义、符号

3.1 术语、定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1.1

管路附件 fittings and accessories

供热管路上的管件、阀门、补偿器、支座（架）和器具的总称。

3.1.2

安全评估 safety assessment

安全评估是以实现工程、系统安全为目的，应用安全系统工程原理和方法，对工程、系统中存在的危险、有害因素进行辨识与分析，判断工程、系统发生事故和职业危害的可能性及其严重程度，从而为制定防范措施和管理决策提供科学依据。

3.1.3

失效 failure

管道或管路附件丧失其规定的功能。

3.1.4

失效可能性 failure probability;

管道或管路附件发生失效的概率。

3.1.5

失效后果 failure consequence

由管道或管路附件失效所引发的人员伤害、环境破坏、经济损失以及社会影响等。

3.1.6

层次分析法 Analytic Hierarchy Process (AHP)

将与决策有关的元素分解成目标、准则、方案等层次，在此基础上进行定性和定量分析的决策方法。

3.1.7

最低合理可行原则 As Low As Reasonably Practicable (ALARP)

用于判定系统或项目的安全风险严重程度，并按照其可能出现的安全风险进行安全等级分级。

3.2 符号

下列符号适用于本标准。

α_i ——第 i 个中间层影响因素权重值；

β_j ——第 i 个中间层影响因素包含的第 j 个底层影响因素权重值；

a_i ——表A1给出的影响因素失效可能性权重；

a'_i ——失效可能性影响因素计算权重；

b_i ——表A2给出的失效后果影响因素权重；

b'_i ——失效后果影响因素计算权重；

C_i ——失效后果分值；

s^j_l ——附录B或附录C中给出的第 j 个底层影响因素第 l 个存在的调查项目分值；

c_j ——第 j 个底层影响因素失效后果的总分值；

k ——第 i 个中间层影响因素包含的底层影响因素数量；

m ——中间层影响因素的数量；

n ——计算中间层影响因素时，该值为筛选出的中间层影响因素数量；计算底层影响因素时，该值为对应中间层所包含的筛选出的底层影响因素数量；

P_i ——管道失效可能性分值；

p_j ——第 j 个底层影响因素失效可能性总分值；

q ——第 j 个底层影响因素中存在的调查项目总数。

R_i ——安全等级分值。

4 基本规定

4.1 评估原则

4.1.1 管道及管路附件安全评估应由检验、运行和管理人员等组成的安全评估团队或第三方技术服务机构实施。

4.1.2 可对管道及管路附件分段、分区域开展安全评估。

4.1.3 开展管道安全及管路附件评估应形成安全评估报告，报告应明确安全等级，提出相应的整改措施，并应对安全等级为1级的被评估对象，提出提高安全等级措施的建议。

4.1.4 管道及管路附件安全评估除应符合本标准外，尚应符合国家特种设备安全技术规范相关规定的要求。

4.1.5 管道及管路附件安全评估周期不宜超过十年。

4.1.6 新建管道及管路附件可参考本标准实施安全评估。

4.1.7 长期停用管道及管路附件再次投用前，可参考本标准实施安全评估。

4.2 安全评估与其它安全管理方法的关系

4.2.1 安全评估体系可由安全评估和其它安全管理方法共同构成。

4.2.2 其它安全管理方法的结果可为安全评估提供输入信息。

4.2.3 安全评估分析的结果可用于完善供热管道管理企业已经实施的各种安全管理方法。

5 评估方法

5.1 一般规定

5.1.1 本标准采用的安全评估方法是基于层次分析法（AHP）的半定量风险评估方法。

5.1.2 本标准中的管道及管路附件安全等级由失效可能性和失效后果两个因素共同确定，见表3。失效可能性和失效后果分值的计算，见附录A、B、C。

5.2 安全评估数据收集

应根据本标准第6章的规定收集安全评估数据。

5.3 失效可能性评估

应根据本标准第7章的规定计算管道及管路附件的失效可能性分值，评定失效可能性等级。管道及管路附件失效可能性等级应划分为 $K_{总1}$ 、 $K_{总2}$ 、 $K_{总3}$ 、 $K_{总4}$ 四个等级。

5.4 失效后果评估

应根据本标准第8章的规定计算管道及管路附件的失效后果分值，评定失效后果等级。管道及管路附件失效后果等级应划分为 $H_{总1}$ 、 $H_{总2}$ 、 $H_{总3}$ 、 $H_{总4}$ 四个等级。

5.5 安全等级评估

应根据本标准第9章的规定计算管道及管路附件的安全等级分值，评定安全等级。管道及管路附件安全等级应分为1、2、3、4四个等级。

5.6 安全等级分类管理

应根据本标准第9章的规定执行安全等级分类管理。

5.7 安全等级再评估

应根据本标准第10章的规定对被评估管道及管路附件实施安全等级再评估。

6 资料收集

资料收集应涵盖评估过程中所需的相关信息，包括并不限于下列资料：

- 设计资料；
- 竣工资料；
- 维修、改造资料；
- 运行管理资料；
- 检验、检查资料；
- 国家及行业的相关法律法规、企业内部的规章制度。

7 失效可能性评估

7.1 评估步骤

- 7.1.1 根据附录A表A.1筛选中间层影响因素和对应的底层影响因素，并查询计算各影响因素的权重。
- 7.1.2 根据附录B计算被评估管道及管路附件各底层影响因素失效可能性分值；
- 7.1.3 根据筛选出的各影响因素权重和底层影响因素失效可能性分值，计算被评估管道及管路附件失效可能性分值，并根据表1评定该管道及管路附件的失效可能性等级。

7.2 各层次影响因素失效可能性权重计算

- 7.2.1 应根据被评估管道及管路附件现状，按照附录A表A1筛选中间层影响因素和对应的底层影响因素。
- 7.2.2 筛选出的影响因素权重应按式（1）重新计算。

$$a'_i = \frac{a_i}{\sum_{i=1}^n a_i} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- a'_i ——失效可能性影响因素计算权重；
- a_i ——表A1给出的影响因素失效可能性权重；
- n ——计算中间层影响因素时，该值为筛选出的中间层影响因素数量；计算底层影响因素时，该值为对应中间层所包含的筛选出的底层影响因素数量。

注：当部分影响因素不存在时， α_i 、 β_j 需要按照式（1）重新计算，并且 α_i 、 β_j 应由式（1）中对应的 a_i 替换。

7.3 底层影响因素失效可能性分值计算

按附录B表B1-表B15，判断各底层影响因素失效可能性所包含的调查项目存在与否，记录存在的调查项目对应的分值，第j个底层影响因素的失效可能性总分值 p_j 由式（2）计算。

$$p_j = \sum_{l=1}^q s_l^j \dots\dots\dots (2)$$

T/××× ××××—××××

式中：

p_j ——第 j 个底层影响因素失效可能性总分值， j 分别与附录 B 中的 B. 1、B. 2 等相对应；

s^j_l ——附录 B 中给出的第 j 个底层影响因素第 l 个存在的调查项目分值；

q ——第 j 个底层影响因素中存在的调查项目总数。

7.4 失效可能性分值计算

失效可能性分值应按式 (3) 计算。

$$P_f = \sum_{i=1}^m \alpha_i \left(\sum_{j=1}^k \beta_j p_j \right) \dots\dots\dots (3)$$

式中：

α_i ——第 i 个中间层影响因素权重值；

β_j ——第 i 个中间层影响因素包含的第 j 个底层影响因素权重值；

m ——中间层影响因素的数量；

k ——第 i 个中间层影响因素包含的底层影响因素数量；

P_f ——管道失效可能性分值；

注：当部分影响因素不存在时，式 (3) 中的 α_i 、 β_j 应由式 (1) 中对应的 a_i 替换。

7.5 失效可能性等级划分

失效可能性等级应按表 1 进行划分。

表 1 失效可能性等级划分表

P_f 的范围	等级
$P_f < 40$	K _{总1}
$40 \leq P_f < 60$	K _{总2}
$60 \leq P_f < 80$	K _{总3}
$80 \leq P_f \leq 100$	K _{总4}

8 失效后果评估

8.1 评估步骤

8.1.1 根据附录 A 表 A. 2 筛选中间层影响因素和对应底层影响因素，并查询计算各影响因素权重。

8.1.2 根据附录 C 计算被评估管道及管路附件各底层影响因素失效后果分值。

8.1.3 根据筛选出的各影响因素权重和底层影响因素失效后果分值，计算被评估管道及管路附件失效后果分值，并根据表 2 评定该管道及管路附件的失效后果等级。

8.2 各层次影响因素失效后果权重计算

8.2.1 根据管道现状，应按照附录 A 表 A2 筛选中间层影响因素和对应的底层影响因素。

8.2.2 筛选出的影响因素权重应按式 (4) 重新计算。

$$b'_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

b'_i —失效后果影响因素计算权重；

b_i —表A2给出的失效后果影响因素权重；

n —计算中间层影响因素时，该值为筛选出的中间层影响因素的数量；计算底层影响因素时，该值为对应中间层所包含的筛选出的底层影响因素数量。

注：当部分影响因素不存在时， α_i 、 β_j 需要按照式（1）重新计算，并且 α_i 、 β_j 应由式（1）中对应的 α_i 替换。

8.3 底层影响因素失效后果分值计算

按附录C表C1—表C15所示，判断各底层影响因素失效后果所包含的调查项目信息存在与否，记录存在的调查项目对应的分值。第 j 个底层影响因素的失效后果总分值 c_j 由式（5）计算。

$$c_j = \sum_{l=1}^q s^j_l \dots\dots\dots (5)$$

式中：

c_j —第 j 个底层影响因素失效后果的总分值；

s^j_l —附录C给出的第 j 个底层影响因素第 l 个存在的调查项目分值。

8.4 失效后果分值计算

失效后果分值应按式（6）计算。

$$C_f = \sum_{i=1}^m \alpha_i \left(\sum_{j=1}^k \beta_j c_j \right) \dots\dots\dots (6)$$

式中：

α_i —第 i 个中间层影响因素权重值；

β_j —第 i 个中间层影响因素包含的第 j 个底层影响因素权重值；

m —中间层影响因素的数量；

k —第 i 个中间层影响因素包含的底层影响因素数量；

C_f —失效后果分值。

注：当部分影响因素不存在时，式（6）中的 α_i 、 β_j 应由式（4）中对应的 b_i 替换。

8.5 失效后果等级划分

失效后果等级应按表2进行划分。

表2 失效后果等级划分表

C_f 的范围	等级
$C_f < 20$	H _{总1}
$20 \leq C_f < 70$	H _{总2}
$70 \leq C_f < 80$	H _{总3}

9 安全等级评估及分类管理

9.1 安全等级划分

9.1.1 应根据失效可能性等级和失效后果等级，按照表 3 划分安全等级，安全等级划分的原则见附录 D，安全等级评估的算例见附录 E。

表3 安全等级划分表

安全等级矩阵		失效可能性等级			
		K _{总1} P _f <40	K _{总2} 40≤P _f <60	K _{总3} 60≤P _f <80	K _{总4} 80≤P _f ≤100
失效后果等级	H _{总1} C _f <20	4	3	3	3
	H _{总2} 20≤C _f <70	3	3	2	2
	H _{总3} 70≤C _f <80	3	2	2	1
	H _{总4} 80≤C _f ≤100	2	1	1	1

9.1.2 安全等级应包括以下 4 个级别：

- 安全等级 1 级，表示存在重大安全风险；
- 安全等级 2 级，表示存在一定安全风险；
- 安全等级 3 级，表示存在较小安全风险；
- 安全等级 4 级，表示存在一定安全裕度。

9.2 安全等级分类管理

9.2.1 安全等级为 1 级的供热管道，应在当年实施并完成安全评估报告提出的建议措施，完成后应进行安全等级再评估。

9.2.2 安全等级为 2 级的供热管道，应在 3 年内完成安全评估报告提出的建议措施，且在此期间应每年进行 1 次安全等级验证评估，完成后应进行安全等级再评估。

9.2.3 安全等级为 3 级的供热管道，应在 5 年内完成安全评估报告提出的建议措施，完成后应进行安全等级再评估。

9.2.4 安全等级为 4 级的供热管道，应按照正常运行方案进行管理。

10 安全等级再评估

当出现下列情况之一时，应进行安全等级再评估：

- 依据第 9 章的规定进行安全等级再评估；
- 超出原有运行参数范围；
- 所处环境发生潜在不利变化；

T/××× ××××—××××

- 相关法规、制度修改之后；
- 政府相关部门或运行管理单位提出要求时。

11 安全评估报告的编制

11.1 安全评估报告应包含项目概况说明、资料汇总、评估过程、评估结论和建议。

11.2 安全评估报告格式应参照 AQ8001-2007。

附 录 A
(规范性附录)
各层次影响因素权重表

A.1 各层次影响因素失效可能性权重表

各层次影响因素失效可能性权重表见表A.1。

图A.1 各层次影响因素失效可能性权重表

层次	影响因素														
中间层	外力破坏		设计及自身缺陷		安装施工缺陷			腐蚀/结垢				维修管理缺陷		运行管理缺陷	
权重 α_i	0.04		0.16		0.27			0.34				0.10		0.09	
底层	人为因素	自然因素	管路附件缺陷	管道缺陷	管道本体安装施工质量缺陷	管道敷设施工质量缺陷	管路附件安装施工质量缺陷	服役时间	冲蚀/结垢	保温层和防腐层失效腐蚀	运行介质腐蚀	维修计划/执行有效性	维修质量	隐患识别情况	运行处置情况
权重 β_j	0.6	0.4	0.75	0.25	0.12	0.56	0.32	0.06	0.23	0.57	0.14	0.67	0.33	0.83	0.17
对应评分表	表B1	表B2	表B3	表B4	表B5	表B6	表B7	表B8	表B9	表B10	表B11	表B12	表B13	表B14	表B15

A.2 各层次影响因素失效后果权重表

各层次影响因素失效后果权重表见表A.2。

图A.2 各层次影响因素失效后果权重表

层次	影响因素														
中间层	人员伤亡				环境破坏			经济损失			社会影响				
权重 α_i	0.167				0.167			0.167			0.499				
底层	经过区域人口密度	地下/低洼空间	次生灾害危险程度	泄漏监测与防控能	环境敏感区域	次生灾害环境威胁	泄漏监测与防控能	居民财产损失	公共财产损失	泄漏监测与防控能	居民生活影响范围	交通中断	社会焦点/敏感区域	次生灾害影响范围	泄漏监测与防控能

T/××× ××××—××××

				力			力			力					力
权重 β_j	0.07	0.17	0.29	0.47	0.08	0.23	0.69	0.09	0.27	0.64	0.26	0.05	0.16	0.10	0.43
对应评 分表	表 C1	表 C2	表 C3	表 C4	表 C5	表 C6	表 C7	表 C8	表 C9	表 C10	表 C11	表 C12	表 C13	表 C14	表 C15

注：表C₆综合考虑了热力单位对各类失效后果的关注程度，以及在管道泄漏时各类失效后果的出现频率。影响因素失效后果权重为失效后果的关注程度与出现频率的乘积。

附 录 B
(规范性附录)
底层影响因素失效可能性评分表

B.1 失效可能性中人为因素调查项目与评分表

失效可能性中人为因素调查项目与评分表见表B.1。

表B.1 失效可能性中人为因素调查项目与评分表

满分	调查项目	分值	是(√) 否(×)
100	管道、结构或周边土壤发生了局部沉降	14	
	管道穿越公路段且穿越公路管段出现公路承载增加	12	
	管道上方或周围经常发生第三方施工作业且运行单位无法有效监管	12	
	管道上方或周围移运土层	14	
	管道上方或周围进行挖掘作业且无法进行有效管控	14	
	管道上方堆积重物且无法进行有效管控	10	
	管道上方存在建筑物、构筑物占压	10	
	外来水侵蚀管道或破坏管道土层结构	14	
	合计（累加）		

B.2 失效可能性中自然因素调查项目与评分表

失效可能性中自然因素调查项目与评分表见表B.2。

表B.2 失效可能性中自然因素调查项目与评分表

满分	调查项目	分值	是(√) 否(×)
100	地震烈度发生变化	25	
	管道穿越地区存在台风经常性袭扰	25	
	管道穿越地区存在洪水风险	25	
	管道穿越地区存在泥石流滑坡风险或发生过类似灾害	25	
	合计（累加）		

B.3 失效可能性中管件设计及自身缺陷调查项目与评分表

失效可能性中管件设计及自身缺陷调查项目与评分表见表B.3。

表B.3 失效可能性中管路附件设计及自身缺陷调查项目与评分表

(分为三类：设计安装、隐患纪录、设备本身)

满分	调查项目	分值	是(√) 否(×)
100	未采用符合国家、行业标准或规范的管件	15	
	无针对管路附件缺陷的管理制度或管理措施	6	
	补偿器存在设计不合理问题	9	
	法兰和排气阀(或疏水阀)设计安装不符合规范	6	
	安全阀存在设计不合理问题或制造缺陷	9	
	补偿器在运行状态下热变形异常,存在明显弯曲、压缩、拉伸变形状况	15	
	固定节、旁通阀、弯头、三通、异径管、法兰存在缺陷	6	
	排气阀(或疏水阀)存在缺陷(如关闭不严等)或已无法使用	6	
	无针对法兰和排气阀(或疏水阀)的隐患记录或记录不完整	6	
	管路附件存在剧烈振动	12	
	无管路附件运行记录	10	
	合计(累加)		

B.4 失效可能性中管道缺陷调查项目与评分表

失效可能性中管道缺陷调查项目与评分表见表 B.4。

表B.4 失效可能性中管道缺陷调查项目与评分表

满分	调查项目	分值	是(√) 否(×)
100	未采用符合国家、行业标准或规范的管道	16	
	无针对管道缺陷的管理制度或管理措施	6	
	文档管理制度不完善,存在管道出厂质量文件缺失的问题	6	
	管道设计不合理	14	
	管道存在制造缺陷	14	

	存在老旧管道，且未进行有效检测	10	
	利旧管道选材不当或不符合规范	12	
	管道存在剧烈振动	12	
	无管道运行记录	10	
	合计（累加）		

B.5 失效可能性中管道本体安装施工质量缺陷调查项目与评分表

失效可能性中管道本体安装施工质量缺陷调查项目与评分表见表B.5。

表B.5 失效可能性中管道本体安装施工质量缺陷调查项目与评分表

满分	调查项目	分值	是(√) 否(×)
100	未按施工图纸施工（如改变路由、改变敷设方式、改变坡度、转角、接头发泡等）	25	
	施工后未进行全面检验即投用	12	
	施工后未完好恢复附属设施即投用	12	
	预制保温管接口未进行工序验收且未进行气密性试验	12	
	焊缝存在超标缺陷	14	
	焊缝存在大量未超标缺陷仍继续使用	7	
	管道施工过程中存在绕行障碍物而强制对接的情况	6	
	管道出厂质检材料不完备即进行施工安装	4	
	施工、维修过程中破坏防腐层但未做修复即投用	4	
	施工、维修过程中破坏保温层但未做修复即投用	4	
	合计（累加）		

B.6 失效可能性中管道敷设施工质量缺陷调查项目与评分表

失效可能性中管道敷设施工质量缺陷调查项目与评分表见表B.6。

表B.6 失效可能性中管道敷设施工质量缺陷调查项目与评分表见表

满分	调查项目	分值	是(√) 否(×)
100	直埋管道敷设埋深未达到设计图纸要求	18	
	直埋管道敷设时，发现土壤土质情况与前期地勘报告有差异	26	

	直埋管道基础需进行加固处理未进行处理	9	
	直埋管道周围存在或新增植被	20	
	直埋管道周围未按要求进行回填和夯实	9	
	直埋管道上方未覆盖警示布	9	
	管沟施工未按设计规范要求即投入使用	9	
	合计（累加）		

B.7 失效可能性中管件安装施工质量缺陷调查项目与评分表

失效可能性中管件安装施工质量缺陷调查项目与评分表见表B.7。

表B.7 失效可能性中管路附件安装施工质量缺陷调查项目与评分表

满分	调查项目	分值	是(√) 否(×)
	管路附件安装质量未按相关标准进行严格控制即投入使用	55	
	当管管路附件与管道材料不同时,对其之间可能存在的严重且快速的腐蚀问题,或异种材料焊接缺陷问题未进行有效识别	30	
	在施工质量验收时对管件未有明确的质量管控措施	15	
	合计（累加）		

B.8 失效可能性中服役时间调查项目与评分表

失效可能性中服役时间调查项目与评分表见表B.8。

表B.8 失效可能性中服役时间调查项目与评分表

满分	调查项目	分值	是(√) 否(×)	
100	管道超期服役	25		
	管道使用 年限	0-10年（含）	8	
		10年-20年（含）	13	
		20-30年（含）	20	
		30年以上	25	
	有检测、实验数据证明管道平均减薄速率 $\geq 0.254\text{mm/y}$	25		

	管道近期 抢修频次	3年内发生过1次抢修	5	
		3年内发生过2次抢修	15	
		3年内发生过3次及以上抢修	25	
	合计（累加）			

B.9 失效可能性中冲蚀/结垢调查项目与评分表

失效可能性中冲蚀/结垢调查项目与评分表见表B.9。

表B.9 失效可能性中冲蚀/结垢调查项目与评分表

满分	调查项目	分值	是(√) 否(×)
100	管道发生过内部结垢	9	
	无针对结垢问题进行日常监测工作	24	
	管道存在因走向形成的低点或拐点部位	16	
	管道结垢淤堵引发压力明显波动	11	
	管径 DN300mm 以下的管道曾发生过结垢、内部介质长期不流动或流量波动大等问题	10	
	管道存在停用、长期不流动的管段、盲端等	11	
	管道使用前未经过冲洗清理	9	
	管道曾经发现过生物粘泥或泥沙	10	
	合计（累加）		

B.10 失效可能性中保温层和防腐层失效腐蚀调查项目与评分表

失效可能性中保温层和防腐层失效腐蚀调查项目与评分表见表B.10。

表B.10 失效可能性中保温层和防腐层失效腐蚀调查项目与评分表

满分	调查项目	分值	是(√) 否(×)
100	管道保护层破损	14	
	管道保温层失效	7	
	未进行保护层、保温层厚度、密度、吸水率等抽查检验	11	
	存在架空管道入地管段	3	
	直埋管道附近存在高压电缆通过	3	
	直埋管道附近存在地铁	3	

	保温管道长期浸泡在水中	16	
	管道穿墙部位管道盲端部位未加保温或未采取外包覆保护	9	
	检查室、管沟、穿墙部位漏水	11	
	管道曾发生过严重外腐蚀	20	
	管沟、检查室长期积水	3	
	合计（累加）		

B.11 失效可能性中运行介质腐蚀调查项目与评分表

失效可能性中运行介质腐蚀调查项目与评分表B.11。

表B.11 失效可能性中运行介质腐蚀调查项目与评分表

满分	调查项目	分值	是(√) 否(×)
100	未制订管网循环水水质管理制度	13	
	未制订管网补水水质管理制度	15	
	运行介质未进行含氧量监测或监测到管网水质含氧量升高现象	18	
	运行操作中,存在使用自来水等非处理水进行补水的情况	18	
	为满足末端负荷增大需求而提高管网运行温度	5	
	管网水中曾发现大量滋生的藻类或细菌	9	
	因工况不稳定造成温度波动频繁	9	
	非供热期未进行保压水养护	10	
	运行介质无定期检测报告	3	
	合计（累加）		

B.12 失效可能性中维修计划/执行有效性调查项目与评分表

失效可能性中维修计划/执行有效性调查项目与评分表见表B.12。

表B.12 失效可能性中维修计划/执行有效性调查项目与评分表

满分	调查项目	分值	是(√) 否(×)
100	未制订维修计划	18	
	在制订计划过程中,检验单位未及时向运行单位提供缺	8	

	陷和潜在隐患信息		
	制订计划时未参考检验单位的意见	8	
	制订计划时未参考运行单位的缺陷管理信息	8	
	在维修执行过程中，原计划的部分维修内容无法执行	16	
	维修计划经常由于因各种原因部分或整体被迫延期	8	
	存在有明显缺陷而无法处理的情况	16	
	对于焊接缺陷未采取及时的检验和修复措施	10	
	缺乏正式的管道缺陷记录措施，如缺陷管理台账等	8	
	合计（累加）		

B.13 失效可能性中维修质量调查项目与评分表

失效可能性中维修质量调查项目与评分表见表B.13。

表B.13 失效可能性中维修质量调查项目与评分表

满分	调查项目	分值	是(√) 否(×)
100	未执行维修技术规程	34	
	维修过程中缺少质量检验和管控	22	
	维修后未进行验收即投入运行	22	
	未对采取的应急或临时措施制订后续专项整改处置方案	22	
	合计（累加）		

B.14 失效可能性中隐患识别情况调查项目与评分表

失效可能性中隐患识别情况调查项目与评分表见表B.14。

表B.14 失效可能性中隐患识别情况调查项目与评分表

满分	调查项目	分值	是(√) 否(×)
100	未制订隐患判断标准	25	
	对直埋管道发生泄漏无有效的监测手段	20	
	未设置运行温度异常的监测或报警装置	10	
	未设置运行压力异常的监测或报警装置	10	

	未设置运行流量的监测或报警装置	10	
	未设置补水量异常的监测或报警装置	10	
	未定期进行隐患排查	15	
	合计（累加）		

B.15 失效可能性中运行处置情况调查项目与评分表

失效可能性中运行处置情况调查项目与评分表见表B.15。

表B.15 失效可能性中运行处置情况调查项目与评分表

满分	调查项目	分值	是(√) 否(×)
100	未制订或执行运行管理规程	20	
	无运行温度异常的处置措施	10	
	无运行压力异常的处置措施	10	
	无运行流量异常的处置措施	10	
	无补水量异常的处置措施	10	
	无水质异常的处置措施	10	
	管道曾出现过严重水锤现象	15	
	安全阀未按规定定期校验	10	
	疏水器工作状态未定期进行排查判断	5	
	合计（累加）		

附 录 C
(规范性附录)
底层影响因素失效后果评分表

C.1 失效后果中经过区域人口密度调查项目与评分表

失效后果中经过区域人口密度调查项目与评分表见表C.1。

表C.1 失效后果中经过区域人口密度调查项目与评分表

满分	调查项目	分值	是(√) 否(×)	
100	管道上方有建筑物占压并可能导致建筑内的人员受到影响	25		
	管道经过同一时间内聚集人数超过 50 人的公共活动场所	25		
	管道经过交通主要干线	25		
	管道直径 mm	DN200 (含) 以下	8	
		DN200-DN500 (含)	12	
		DN500-DN800 (含)	15	
DN800-DN1000 (含)		20		
	DN1000 以上	25		
	合计 (累加)			

C.2 失效后果中地下/低洼空间调查项目与评分表

失效后果中地下/低洼空间调查项目与评分表见表C.2。

表C.2 失效后果中地下/低洼空间调查项目与评分表

满分	调查项目	分值	是(√) 否(×)	
100	管道在地铁站空间内敷设	30		
	管道附近有地下通道、公路低洼地段	15		
	管道在地下商场或车库等空间内敷设	30		
	管道直径 mm	DN200 (含) 以下	8	
		DN200-DN500 (含)	12	

		DN500-DN800（含）	15	
		DN800-DN1000（含）	20	
		DN1000 以上	25	
	合计（累加）			

C.3 失效后果中次生灾害危险程度调查项目与评分表

失效后果中次生灾害危险程度调查项目与评分表见表C.3。

表C.3 失效后果中次生灾害危险程度调查项目与评分表

满分	调查项目		分值	是(√) 否(×)
100	无周期性的次生灾害的影响评估制度和管理文件		20	
	热力管道与其它相邻管道达不到安全距离		20	
	热力管道与燃气等易燃易爆类管道存在重叠交错区域，可能引发其发生次生人身伤害		25	
	热力管道与电力输配线路存在重叠交错区域，可能引发其发生次生人身伤害		10	
	次生灾害管道的 直径 mm	DN200（含）以下	7	建议改成 8，然后调整分值 (未改动，没看明白)
		DN200-DN500（含）	12	
		DN500-DN800（含）	15	
		DN800-DN1000（含）	20	
		DN1000 以上	25	
合计（累加）				

C.4 失效后果中人员伤害相关的泄漏监测与防控能力调查项目与评分表

失效后果中人员伤害相关的泄漏监测与防控能力调查项目与评分表见表C.4。

表C.4 失效后果中人员伤害相关的泄漏监测与防控能力调查项目与评分表

满分	调查项目	分值	是(√) 否(×)
100	对于泄漏事故，无有效的控制措施，或有措施但未形成明确的HSE管理文件	8	
	无热力管道事故可能导致的人员伤亡评估文件，包括人员烫伤、冲击伤害等	20	
	无针对人身伤害事故的应急预案	15	

	未定期组织应急演练	15	
	存在事故无法及时处理的局部管道	12	
	管道直径 300mm 以下且存在直径 50mm 以下的支管	6	
发现泄漏状态的及时性	能在事后 10（含）分钟内发现	7	
	能在事后 10-30（含）分钟内发现	10	
	能在事后 30-60（含）分钟内发现	12	
	只能在事后 60 分钟以后才能发现	17	
	每次事故或事件之后，未进行事故/事件分析和调查	7	
	合计（累加）		

C.5 失效后果中环境敏感区域调查项目与评分表

失效后果中环境敏感区域调查项目与评分表C.5。

表C.5 失效后果中环境敏感区域调查项目与评分表

满分	调查项目	分值	是(√) 否(×)	
100	无 HSE（健康、安全与环境管理体系）管理文件	28		
	周边存在自然保护区	20		
	周边存在自来水厂或水源地，可能造成无法供给干净可用饮用水	18		
	周边存在农业生产用地或绿地	12		
	生活用水供水 停水影响范围	影响范围≤1000 户	7	
		影响范围 1000-5000（含）户	12	
		影响范围 5000-10000（含）户	17	
		影响范围>10000 户	22	
	合计（累加）			

C.6 失效后果中次生灾害环境威胁调查项目与评分表

失效后果中次生灾害环境威胁调查项目与评分表见表C.6。

表C.6 失效后果中次生灾害环境威胁调查项目与评分表（已按 C3 修改）

满分	调查项目	分值	是(√) 否(×)	
100	无周期性的次生灾害的影响评估制度和管理文件	20		
	热力管道与其它相邻管道达不到安全距离	20		
	热力管道与燃气等易燃易爆类管道存在重叠交错区域,可能引发其发生次生人身伤害	25		
	热力管道与电力输配线路存在重叠交错区域,可能引发其发生次生人身伤害	10		
	次生环境威胁会扩展或影响到的范围	扩展或影响到周边区域	7	
		扩展或影响到全市区域	12	
		扩展或影响到其他城市	22	
		扩展并产生国际影响	25	
	合计(累加)			

C.7 失效后果中环境破坏相关的泄漏监测与防控能力调查项目与评分表

失效后果中环境破坏相关的泄漏监测与防控能力调查项目与评分表见表C.7。

表C.7 失效后果中环境破坏相关的泄漏监测与防控能力调查项目与评分表(已按照 C4 修改)

满分	调查项目	分值	是(√) 否(×)	
100	对于泄漏事故,无有效的控制措施,或有措施但未形成明确的HSE管理文件	8		
	无供热管道事故可能导致的环境破坏评估文件,包括污染等级、环保罚金等	20		
	无针对泄漏环境污染控制的应急预案	15		
	未定期组织应急演练	15		
	存在事故无法及时处理的局部管道	12		
	管道直径300mm以下且存在50mm以下的直径支管	6		
	如泄漏不能事前预防,事后发现的及时性	能在事后10(含)分钟内发现	7	
		能在事后10-30(含)分钟内发现	10	
		能在事后30-60(含)分钟内发现	12	
		只能在事后60分钟以后才能发现	17	
每次事故或事件之后,未进行事故/事件分析和调查	7			
	合计(累加)			

C.8 失效后果中居民财产损失调查项目与评分表

失效后果中居民财产损失调查项目与评分表见表C.8。

表C.8 失效后果中居民财产损失调查项目与评分表

满分	调查项目		分值	是(√) 否(×)
100	管道泄漏冲刷作用下会造成附近居民建筑物、地面设施的地基土壤流失，导致该设施破坏或浸泡物品损失		20	
	管道与居民建筑之间安全距离不足时，供热介质的影响	介质为热水	10	
		介质为蒸汽	25	
	管道引发的次生灾害，可造成居民财产的附加经济损失		15	
	无热力管道事故可能导致的其他居民经济损失的评估文件		15	
	管道直径 mm	DN200（含）以下	7	
		DN200-DN500（含）	12	
		DN500-DN800（含）	15	
		DN800-DN1000（含）	20	
		DN1000 以上	25	
合计（累加）				

C.9 失效后果中公共财产损失调查项目与评分表

失效后果中公共财产损失调查项目与评分表见表C.9。

表C.9 失效后果中公共财产损失调查项目与评分表（已按 C8 修改）

满分	调查项目		分值	是(√) 否(×)
100	管道泄漏冲刷作用下会造成附近公共建筑物、地面设施的地基土壤流失，导致该设施破坏或浸泡物品损失		20	
	管道与公共建筑之间安全距离不足时，供热介质的影响	介质为热水	10	
		介质为蒸汽	25	
	管道引发的次生灾害，可造成公共财产的附加经济损失		15	
	无热力管道事故可能导致的其他公共经济损失的评估文件		15	
	管道直径	DN200（含）以下	7	
		DN200-DN500（含）	12	

T/XXXX XXXX—XXXX

	mm	DN500-DN800 (含)	15	
		DN800-DN1000 (含)	20	
		DN1000 以上	25	
	合计 (累加)			

C.10 失效后果中经济损失相关的泄漏监测与防控能力调查项目与评分表

失效后果中经济损失相关的泄漏监测与防控能力调查项目与评分表见表C.10。

表C.10 失效后果中经济损失相关的泄漏监测与防控能力调查项目与评分表 (已按 C4\C7 修改)

满分	调查项目		分值	是(√) 否(×)	
100	对于泄漏事故,无有效的控制措施,或有措施但未形成明确的HSE管理文件		8		
	无热力管道事故可能导致的经济损失的评估文件,包括直接经济损失、间接经济损失等		20		
	无针对减少经济损失的应急预案		15		
	未定期组织应急演练		15		
	存在事故无法及时处理的局部管道		12		
	管道直径300mm以下且存在50mm以下的直径支管		6		
	如泄漏不能事前预防,事后发现的及时性	能在事后10(含)分钟内发现		7	
		能在事后10-30(含)分钟内发现		10	
		能在事后30-60(含)分钟内发现		12	
只能在事后60分钟以后才能发现		17			
每次事故或事件之后,未进行事故/事件分析和调查		7			
	合计 (累加)				

C.11 失效后果中居民生活影响范围调查项目与评分表

失效后果中居民生活影响范围调查项目与评分表见表C.11。

表C.11 失效后果中居民生活影响范围调查项目与评分表

满分	调查项目	分值	是(√) 否(×)
100	无热力管道事故可能导致的居民生活影响评估文件,包括居民取暖、堵塞交通等	25	

	居民日常生活保障受到影响		10	
	停热影响 面积	0-20 (含) 万 m ²	12	
		20-100 (含) 万 m ²	25	
		100-500 (含) 万 m ²	30	
		500 万 m ² 以上	35	
	停热后恢 复供热所 需时间	小于 8 小时	7	
		8-24 小时 (含)	17	
		24-72 小时 (含)	25	
72 小时以上 (含)		30		
合计 (累加)				

C.12 失效后果中交通中断调查项目与评分表

失效后果中交通中断调查项目与评分表见表C.12。

表C.12 失效后果中交通中断调查项目与评分表

满分	调查项目		分值	是(√) 否(×)
100	存在可能导致破坏路面的隐患		13	
	管道经过主干道		17	
	受影响 的干道 性质	属于城乡区域	7	
		属于市内中心区	12	
		属于省际公路	20	
	受影响 的干道 恢复通 车时间	小于 3 小时	7	
		小于 3 (含) -12 小时	20	
		小于 12 (含) -24 小时	30	
		小于 24 (含) -48 小时	35	
		48 小时及以上	50	
合计 (累加)				

C.13 失效后果中社会焦点/敏感区域调查项目与评分表

失效后果中社会焦点/敏感区域调查项目与评分表见表C.13。

表C.13 失效后果中社会焦点/敏感区域调查项目与评分表

满分	调查项目	分值	是(√) 否(×)
100	将有可能造成文物、古建筑等重要文化设施的破坏	30	
	受影响区域包括政府机关	15	
	受影响区域包括学校、医院	15	
	受影响区域包括军事单位	15	
	受影响区域包括涉外领区	15	
	受影响区域包括容易引发社会舆论影响的其他区域	10	
	合计（累加）		

C.14 失效后果中次生灾害影响范围调查项目与评分表

失效后果中次生灾害影响范围调查项目与评分表见表C.14。

表C.14 失效后果中次生灾害影响范围调查项目与评分表

满分	调查项目	分值	是(√) 否(×)	
100	无周期性的次生灾害的对社会影响的评估制度和管理文件	20		
	热力管道与其它相邻管道达不到安全距离	20		
	可能导致危化品设施发生次生灾害导致更为严重的社会影响	20		
	可能导致供水、供电等设施发生次生灾害导致更为严重的社会影响	10		
	可能导致通讯设施发生次生灾害导致更为严重的社会影响	5		
	次生灾害所影响用户的性质	涉及公建用户	5	
		涉及居民用户	12	
		涉及混合用户	20	
涉及重点用户		25		
	合计（累加）			

C.15 失效后果中社会影响相关的泄漏监测与防控能力调查项目与评分表

失效后果中社会影响相关的泄漏监测与防控能力调查项目与评分表见表C.15。

表C.15 失效后果中社会影响相关的泄漏监测与防控能力调查项目与评分表（已按 C4\C7\C10 修改）

满分	调查项目	分值	是(√) 否(×)
	对于泄漏事故，无有效的控制措施，或有措施但未形成明确的 HSE 管理文件	8	
	无热力管道事故可能导致的社会影响、热力企业名誉损失评估材料，包括社会恐慌、热力企业名誉损失等	20	
	无针对减少社会影响的应急预案	15	
	未定期组织应急演练	15	
	存在事故无法及时处理的局部管道	12	
	管道直径 300mm 以下且存在 50mm 以下的直径支管	6	
	如泄漏不能事前预防，事后发现的及时性	能在事后 10（含）分钟内发现	7
		能在事后 10-30（含）分钟内发现	10
		能在事后 30-60（含）分钟内发现	12
		只能在事后 60 分钟以后才能发现	17
	每次事故或事件之后，未进行事故/事件分析和调查	7	
	合计（累加）		

附录 D
(规范性附录)
安全等级划分原则

D.1 安全等级分值的计算方法

安全等级分值应按式(D.1)计算:

$$R_f = P_f \times C_f \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

R_f—安全等级分值。

D.2 安全等级的划分原则

安全等级划分原则按照最低合理可行(ALARP)原则,首先区分高危险(1级安全等级)和低危险(4级安全等级)管道,并且考虑到热力管道及管路附件管理中更加关注后果,从而增加了失效后果的权重,因此对高失效后果的考虑应更为保守,以R_f分值5000作为安全等级1级的临界值;并以R_f分值的数量级为划分标准,设立2个中间过度安全等级,则安全等级4级的临界值应较1级低2个数量级,因此以R_f分值50作为安全等级4级临界值,在如表3所示的4×4表格中分别对应画出安全等级1级和4级的临界线,1级的临界线右下方即为1级区域,4级的临界线左上方即为4级区域,1级与4级之间划分为2个过度等级2级和3级,最终将安全等级分为4个等级。

附 录 E
(规范性附录)
安全评估算例

E.1 评估过程包含全部中间层和底层影响因素的情况

被评估热力管道存在保温层破损、保温层低点存水、雨水淹没检查室、外腐蚀、穿墙段管道无保护等问题，根据表B10对失效可能性中管道保温层和防腐层失效腐蚀的影响因素实施调查和评分，如表E1所示。

表E1 失效可能性中管道保温层和防腐层失效腐蚀调查项目与评分表

满分	调查项目	分值	存在与否
100	管道发生保护层破损	14	√
	管道发生保温层失效	7	√
	未进行保护层、保温层厚度、密度、吸水率等抽查检验	11	
	直埋管道或入土段管道，其入土部分穿越水池或公路（水泥路）或土路	3	
	直埋管道或入土段管道，其入土部分附近有高压电缆或地铁通过	3	
	直埋或存在入土管段的管道，其入土段管道附近有地铁站或地铁频繁启停	3	√
	保温管道存在低点，或保温管道位于高水位或积水区等，导致保温长期浸泡在水中	16	√
	部分穿墙段管道、管道盲端外部未加保温或外包覆保护	9	√
	由于检查室盖板不严或防水施工不完整等，导致外来水侵入	11	√
	历史上管道发生过严重外腐蚀	11	
	管沟、检查室积水后抽水困难	3	
	管沟结构或穿墙漏水	9	
	合计（累加）	60	

根据被评估管道现状，完成表B1-B15的调查与评分，各影响因素的分值如表E2所示，其中列出了表A1所示影响因素的权重。

表E2 失效可能性影响因素分值与权重

中间层影响因素	中间层影响因素权重	底层影响因素	底层影响因素分值	底层影响因素权重
外力破坏	0.04	人为因素	43	0.6
		自然因素	25	0.4
管道/管件缺陷	0.16	管件缺陷	60	0.75
		管道缺陷	62	0.25
安装施工缺陷	0.27	管道本体施工质量	65	0.12
		管道铺设工程质量	69	0.56
		管件安装工程质量	71	0.32
管道腐蚀/结垢	0.34	管道服役时间	70	0.06
		管道冲蚀/结垢	55	0.23
		管道保温层和防腐层失效腐蚀	60	0.57
		运行介质腐蚀	66	0.14
维修施工/管理	0.10	维修计划\执行有效性	77	0.67
		维修施工质量	55	0.33
运行操作/管理	0.09	隐患识别能力	66	0.83
		超压控制能力	64	0.17

根据式（3），可先计算中间层影响因素的分值，如下：

外力破坏：

$$0.6 \times 43 + 0.4 \times 25 = 35.8$$

管道/管件缺陷：

$$0.75 \times 60 + 0.25 \times 62 = 60.5$$

安装施工缺陷：

$$0.12 \times 65 + 0.56 \times 69 + 0.32 \times 71 = 69.16$$

管道腐蚀/结垢：

$$0.06 \times 70 + 0.23 \times 55 + 0.57 \times 60 + 0.14 \times 66 = 60.29$$

维修施工/管理：

$$0.67 \times 77 + 0.33 \times 55 = 69.74$$

运行操作/管理：

$$0.83 \times 66 + 0.17 \times 64 = 65.66$$

最后得到管道失效可能性分值为：

$$P_f = 0.04 \times 35.8 + 0.16 \times 60.5 + 0.27 \times 69.16 + 0.34 \times 60.29 + 0.10 \times 69.74 + 0.09 \times 65.66 = 63.17$$

根据表1，管道失效可能性等级为C级。

T/××× ××××—××××

在失效后果的计算中，被评估管道为学校、古建寺庙供暖，根据表C13其社会焦点/敏感区域影响因素的评分如表E3所示。

表 E3 失效后果中社会焦点/敏感区域调查项目与评分表

满分	调查项目	分值	存在与否
100	受影响区域包括政府机关	19	
	受影响区域包括学校、医院	24	√
	受影响区域包括军事单位	10	
	受影响区域包括涉外领区	10	
	将有可能造成文物、古建筑等重要文化设施的破坏	30	√
	受影响区域包括容易引发社会舆论影响的其他区域	7	
	合计（累加）	54	

根据被评估管道现状，完成表C1-C15的调查与评分，各影响因素的分值如表E4所示，其中列出了表A2所示各影响因素的权重。

表E4 失效后果影响因素分值与权重

中间层影响因素	中间层影响因素权重	底层影响因素	底层影响因素分值	底层影响因素权重
人员伤亡	0.167	经过区域人口密度	75	0.07
		地下/低洼空间	45	0.17
		次生灾害危险程度	45	0.29
		泄漏监测与防控能力	46	0.47
环境破坏	0.167	环境敏感区域	50	0.08
		次生灾害环境威胁	47	0.23
		泄漏监测与防控能力	46	0.69
经济损失	0.167	居民财产损失	65	0.09
		公共财产损失	70	0.27
		泄漏监测与防控能力	46	0.64
社会影响	0.499	居民生活影响范围	67	0.26
		交通中断	72	0.05
		社会焦点/敏感区域	54	0.16
		次生灾害影响范围	70	0.10

		泄漏监测与防控能力	46	0.43
--	--	-----------	----	------

根据式（6），可先计算中间层影响因素的分值，如下：

人员伤害：

$$0.07 \times 75 + 0.17 \times 45 + 0.29 \times 45 + 0.47 \times 46 = 47.57$$

环境破坏：

$$0.08 \times 50 + 0.23 \times 47 + 0.69 \times 46 = 46.55$$

经济损失：

$$0.09 \times 65 + 0.27 \times 70 + 0.64 \times 46 = 54.19$$

社会影响：

$$0.26 \times 67 + 0.05 \times 72 + 0.16 \times 54 + 0.10 \times 70 + 0.43 \times 46 = 56.44$$

最后得到该管道的失效后果分值为：

$$C_f = 0.167 \times 47.57 + 0.167 \times 46.55 + 0.167 \times 54.19 + 0.499 \times 56.44 = 52.93$$

根据表2，管道失效后果等级为II级。

根据表3，管道安全等级为2级，存在一定的安全隐患。

根据标准 9.3.3 中的内容，当安全等级为 3 级时，其安全管理策略为：

应在 3 年内完成安全评估报告提出的建议措施，且在此期间应每年进行 1 次安全等级验证评估，完成后应进行安全等级再评估。

E.2 评估过程仅包含部分中间层和底层影响因素的情况

被评估热力管道存在保温层破损、保温层低点存水、雨水淹没检查室、外腐蚀、穿墙段管道无保护等问题，根据表B10对失效可能性中管道保温层和防腐层失效腐蚀的影响因素实施调查和评分，如表E1所示。

表E1 失效可能性中管道保温层和防腐层失效腐蚀调查项目与评分表

满分	调查项目	分值	存在与否
100	管道发生保护层破损	14	√
	管道发生保温层失效	7	√
	未进行保护层、保温层厚度、密度、吸水率等抽查检验	11	
	直埋管道或入土段管道，其入土部分穿越水池或公路（水泥路）或土路	3	
	直埋管道或入土段管道，其入土部分附近有高压电缆或地铁通过	3	
	直埋或存在入土管段的管道，其入土段管道附近有地铁站或地铁频繁启停	3	√
	保温管道存在低点，或保温管道位于高水位或积水区等，导致保温长期浸泡在水中	16	√

	部分穿墙段管道、管道盲端外部未加保温或外包覆保护	9	√
	由于检查室盖板不严或防水施工不完整等，导致外来水侵入	11	√
	历史上管道发生过严重外腐蚀	11	
	管沟、检查室积水后抽水困难	3	
	管沟结构或穿墙漏水	9	
	合计（累加）	60	

根据被评估管道现状，完成表B1-B15的调查与评分，各影响因素的分值如表E2所示，其中列出了表A1所示影响因素的权重。

表E2 失效可能性影响因素分值与权重

中间层影响因素	中间层影响因素权重	底层影响因素	底层影响因素分值	底层影响因素权重
外力破坏	0.04	人为因素	0	0.6
		自然因素	0	0.4
管道/管件缺陷	0.16	管件缺陷	60	0.75
		管道缺陷	62	0.25
安装施工缺陷	0.27	管道本体施工质量	65	0.12
		管道铺设工程质量	69	0.56
		管件安装工程质量	71	0.32
管道腐蚀/结垢	0.34	管道服役时间	70	0.06
		管道冲蚀/结垢	55	0.23
		管道保温层和防腐层失效腐蚀	60	0.57
		运行介质腐蚀	0	0.14
维修施工/管理	0.10	维修计划\执行有效性	77	0.67
		维修施工质量	55	0.33
运行操作/管理	0.09	隐患识别能力	66	0.83
		超压控制能力	64	0.17

根据式（3），可先计算中间层影响因素的分值，如下：

外力破坏：

$$0.6 \times 0 + 0.4 \times 0 = 0$$

T/××× ××××—××××

管道/管件缺陷:

$$0.75 \times 60 + 0.25 \times 62 = 60.5$$

安装施工缺陷:

$$0.12 \times 65 + 0.56 \times 69 + 0.32 \times 71 = 69.16$$

管道腐蚀/结垢:

由于“运行介质腐蚀”底层影响因素的得分为0，所以“管道腐蚀/结垢”中的底层影响因素需要根据式（1）确定计算权重，计算结果如下：

$$\text{管道服役时间: } 0.06 \div (0.06 + 0.23 + 0.57) = 0.07$$

$$\text{管道冲蚀/结垢: } 0.23 \div (0.06 + 0.23 + 0.57) = 0.27$$

$$\text{管道保温层和防腐层失效腐蚀: } 0.57 \div (0.06 + 0.23 + 0.57) = 0.66$$

从而最终分值为:

$$0.07 \times 70 + 0.27 \times 55 + 0.66 \times 60 = 59.36$$

维修施工/管理:

$$0.67 \times 77 + 0.33 \times 55 = 69.74$$

运行操作/管理:

$$0.83 \times 66 + 0.17 \times 64 = 65.66$$

由于“外力破坏”影响因素的得分为0，因此各中间层影响因素需要重新根据式（1）确定计算权重，计算结果如下：

$$\text{管道/管件缺陷: } 0.16 \div (0.16 + 0.27 + 0.34 + 0.10 + 0.09) = 0.17$$

$$\text{安装施工缺陷: } 0.27 \div (0.16 + 0.27 + 0.34 + 0.10 + 0.09) = 0.28$$

$$\text{管道腐蚀/结垢: } 0.34 \div (0.16 + 0.27 + 0.34 + 0.10 + 0.09) = 0.35$$

$$\text{维修施工/管理: } 0.10 \div (0.16 + 0.27 + 0.34 + 0.10 + 0.09) = 0.11$$

$$\text{运行操作/管理: } 0.09 \div (0.16 + 0.27 + 0.34 + 0.10 + 0.09) = 0.09$$

最后得到管道失效可能性分值为:

$$P_f = 0.17 \times 60.5 + 0.28 \times 69.16 + 0.35 \times 59.36 + 0.11 \times 69.74 + 0.09 \times 65.66 = 64.01$$

根据表1，管道失效可能性等级为C级。

在失效后果的计算中，被评估管道为学校、古建寺庙供暖，根据表C13其社会焦点/敏感区域影响因素的评分如表E3所示。

表 E3 失效后果中社会焦点/敏感区域调查项目与评分表

满分	调查项目	分值	存在与否
100	受影响区域包括政府机关	22	
	受影响区域包括学校	12	√
	受影响区域包括军事单位	15	
	受影响区域包括涉外领区	22	
	将有可能造成文物、古建筑等重要文化设施的破坏	22	√
	受影响区域包括容易引发社会舆论影响的其他区域	7	

	合计（累加）	34	
--	--------	----	--

根据被评估管道现状，完成表C1-C15的调查与评分，各影响因素的分值如表E4所示，其中列出了表A2所示各影响因素的权重。

表E4 失效后果影响因素分值与权重

中间层影响因素	中间层影响因素权重	底层影响因素	底层影响因素分值	底层影响因素权重
人员伤亡	0.167	经过区域人口密度	75	0.07
		地下/低洼空间	0	0.17
		次生灾害危险程度	45	0.29
		泄漏监测与防控能力	46	0.47
环境破坏	0.167	环境敏感区域	0	0.08
		次生灾害环境威胁	0	0.23
		泄漏监测与防控能力	0	0.69
经济损失	0.167	居民财产损失	65	0.09
		公共财产损失	70	0.27
		泄漏监测与防控能力	46	0.64
社会影响	0.499	居民生活影响范围	67	0.26
		交通中断	72	0.05
		社会焦点/敏感区域	54	0.16
		次生灾害影响范围	70	0.10
		泄漏监测与防控能力	46	0.43

根据式（6），可先计算中间层影响因素的分值，如下：

人员伤亡：

由于“地下/低洼空间”底层影响因素的得分为0，所以“人员伤亡”中的底层影响因素需要根据式（2）确定计算权重，计算结果如下：

经过区域人口密度： $0.07 \div (0.07+0.29+0.47) = 0.08$

次生灾害危险程度： $0.29 \div (0.07+0.29+0.47) = 0.35$

泄漏监测与防控能力： $0.47 \div (0.07+0.29+0.47) = 0.57$

从而最终分值为：

$0.08 \times 75 + 0.35 \times 45 + 0.57 \times 46 = 47.97$

环境破坏：

$0.08 \times 0 + 0.23 \times 0 + 0.69 \times 0 = 0$

经济损失：

$0.09 \times 65 + 0.27 \times 70 + 0.64 \times 46 = 54.19$

社会影响：

T/××× ××××—××××

$$0.26 \times 67 + 0.05 \times 72 + 0.16 \times 54 + 0.10 \times 70 + 0.43 \times 46 = 56.44$$

由于“环境破坏影响因素的得分为0，因此各中间层影响因素需要重新根据式（2）确定计算权重，计算结果入下：

$$\text{人员伤害：} 0.167 \div (0.167 + 0.167 + 0.499) = 0.20$$

$$\text{经济损失：} 0.167 \div (0.167 + 0.167 + 0.499) = 0.20$$

$$\text{社会影响：} 0.499 \div (0.167 + 0.167 + 0.499) = 0.60$$

最后得到该管道的失效后果分值为：

$$C_f = 0.20 \times 47.97 + 0.20 \times 54.19 + 0.60 \times 56.44 = 54.30$$

根据表2，管道失效后果等级为Ⅱ级。

根据表3，管道安全等级为2级，存在一定的安全隐患。

根据标准 9.3.3 中的内容，当安全等级为 3 级时，其安全管理策略为：

应在3年内完成安全评估报告提出的建议措施，且在此期间应每年进行1次安全等级验证评估，完成后应进行安全等级再评估。

参 考 文 献

- [1] TSG D7004-2010 压力管道定期检验规则—公用管道
 - [2] GB/T19285 埋地管道腐蚀防护工程检验
 - [3] GB/T19624 在用含缺陷压力容器安全评定
 - [4] CJJ 34-2010 城镇供热管网设计规范
 - [5] CJJ 28-2014 城镇供热管网工程施工及验收规范
 - [6] CJJ 104-2005 城镇供热直埋蒸汽管道技术规程
 - [7] CJJ 138-2010 城镇地热供热工程技术规程
 - [8] CJJT 81-2013 城镇供热直埋热水管道技术规程
 - [9] CJJT 88-2000 城镇供热系统安全运行技术规程
 - [10] AQ8001-2007 安全评价通则
 - [11] NACE RP-0502-2002 Pipeline External Corrosion Direct Assessment Methodology
 - [12] API 579-2000 Fitness for Service
 - [13] API 581-2016 Risk-based Inspection Methodology
 - [14] PAS55: 2008 Physical Asset Management
 - [15] ISO31000: 2009 Risk management Managemles and guide lines on implementation
 - [16] ISO31010: 2009 Risk management Managemles and guide lines
 - [17] 保温相关标准
 - [18] 建筑工业给水排水标准
-