



中华人民共和国国家标准

GB/T 44548—2024

城市热力管道安全风险评估方法

Technical method for safety risk assessment of urban thermal pipeline

2024-09-29 发布

2025-04-01 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
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义、符号	1
4 一般规定	2
5 评估方法及流程	3
6 资料收集	4
7 失效可能性评估	4
8 失效后果严重性评估	5
9 安全风险等级及分类管理	7
10 安全风险评估报告编制	7
附录 A（规范性） 失效可能性底层影响因素调查项目及评分	8
附录 B（规范性） 中间层和底层影响因素权重	15
附录 C（规范性） 失效后果严重性底层影响因素调查项目及评分	17
附录 D（资料性） 全部底层影响因素分值均不为 0 时的安全风险评估算例	25
附录 E（资料性） 部分底层影响因素分值为 0 时的安全风险评估算例	29
附录 F（资料性） 安全风险评估报告的内容和格式	33

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。

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住房和城乡建设部提出。

本文件由全国城镇供热标准化技术委员会（SAC/TC 455）归口。

本文件起草单位：北京市热力集团有限责任公司、唐山市热力集团有限公司、北京金光眼特种设备检验检测有限公司、中国城镇供热协会、哈尔滨工业大学、太原市热力集团有限责任公司、郑州热力集团有限公司、承德热力集团有限责任公司、天津能源投资集团有限公司、牡丹江热电有限公司、太原市热力设计有限公司、北京京能热力股份有限公司、北京市热力工程设计有限责任公司、唐山市热力工程设计有限公司、北京热力装备制造有限公司、中船双瑞（洛阳）特种装备股份有限公司、盾安（天津）节能系统有限公司、沈阳市浆体输送设备制造有限公司、中国特种设备检测研究院、北京百世通管道科技有限公司、台州龙江化工机械科技有限公司、河北昊天热力发展有限公司、廊坊洁兰特智能科技有限公司、华北科技学院。

本文件主要起草人：刘荣、常增军、丛广佩、郭华、张瑞娟、张立申、李仲博、王芑、梁鹏、董乐意、裴连军、陈建东、陈飞、庞印成、刘焕志、王智旭、张玉成、杜红波、周东、王林文、路笃辉、邹仁义、罗建、李晓林、王毅、贾丽华、韩鹏、张永康、张道伟、于海、周抗冰、熊从贵、张桂珍、王志强、魏红宇、林剑锋、郭姝娟、郝昕怡、邳晓梭、杨波。

城市热力管道安全风险评估方法

1 范围

本文件描述了城市热力管道安全风险评估的一般规定、评估方法及流程、资料收集、失效可能性评估、失效后果严重性评估、安全风险等级及分类管理、安全风险评估报告编制。

本文件适用于自热源出口至热用户热力入口之间热力管道的安全风险评估，不包含热力站、中继泵站、隔压站等站房内管道。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义、符号

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

热力管道 thermal pipeline

由热源向热用户输送和分配供热介质的管道及管道附件。

3.1.2

热力管道附件 thermal fittings and accessories

热力管道上管件、阀门、补偿器、支座（架）和器具的总称。

3.1.3

安全风险评估 safety risk assessment

以实现系统安全为目的，应用安全系统工程原理和方法，对系统中存在的危险和有害影响因素进行辨识与分析，预判系统发生事故和职业危害的可能性及其严重程度，确定安全风险等级并进行分类管理，做出评估结论的活动。

3.1.4

失效 failure

热力管道丧失其规定功能。

3.1.5

失效可能性 failure likelihood

发生失效的概率。

3.1.6

失效后果严重性 failure consequence severity

由失效所引发的人身伤害、环境破坏、经济损失以及社会影响等后果的严重程度。

3.1.7

层次分析法 analytic hierarchy process

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

3.1.8

半定量风险评估方法 semi-quantitative risk assessment method

根据热力管道属性及其对风险的贡献大小建立指标体系，对热力管道失效可能性和失效后果严重性进行评分，利用分值表示热力管道风险相对大小的安全风险评估方法。

3.2 符号

下列符号适用于本文件。

- F_c —— 失效后果严重性最终分值；
 F_p —— 失效可能性最终分值；
 $f_{c,u,j}$ —— 失效后果严重性第 j 个底层影响因素总分值；
 $f_{c,u,j,k}$ —— 失效后果严重性第 j 个底层影响因素第 k 个调查项目分值；
 $f_{p,u,j}$ —— 失效可能性第 j 个底层影响因素总分值；
 $f_{p,u,j,k}$ —— 失效可能性第 j 个底层影响因素第 k 个调查项目分值；
 $n_{c,m}$ —— 失效后果严重性分值不为 0 的中间层影响因素数量；
 $n_{c,u}$ —— 失效后果严重性分值不为 0 的底层影响因素数量；
 $n_{p,m}$ —— 失效可能性分值不为 0 的中间层影响因素数量；
 $n_{p,u}$ —— 失效可能性分值不为 0 的底层影响因素数量；
 $q_{c,u,j}$ —— 失效后果严重性第 j 个底层影响因素调查项目数量；
 $q_{p,u,j}$ —— 失效可能性第 j 个底层影响因素调查项目数量；
 $W_{c,m,i}$ —— 失效后果严重性第 i 个中间层影响因素最终权重；
 $W_{c,u,j}$ —— 失效后果严重性第 j 个底层影响因素最终权重；
 $W_{p,m,i}$ —— 失效可能性第 i 个中间层影响因素最终权重；
 $W_{p,u,j}$ —— 失效可能性第 j 个底层影响因素最终权重；
 $w_{c,m,i}$ —— 失效后果严重性第 i 个分值不为 0 的中间层影响因素给定权重；
 $w_{c,u,j}$ —— 失效后果严重性第 j 个分值不为 0 的底层影响因素给定权重；
 $w_{p,m,i}$ —— 失效可能性第 i 个分值不为 0 的中间层影响因素给定权重；
 $w_{p,u,j}$ —— 失效可能性第 j 个分值不为 0 的底层影响因素给定权重；
 $w'_{c,m,i}$ —— 失效后果严重性第 i 个中间层影响因素调整后权重；
 $w'_{c,u,j}$ —— 失效后果严重性第 j 个底层影响因素调整后权重；
 $w'_{p,m,i}$ —— 失效可能性第 i 个中间层影响因素调整后权重；
 $w'_{p,u,j}$ —— 失效可能性第 j 个底层影响因素调整后权重。

4 一般规定

4.1 热力管道安全风险评估应由热力企业组织实施，评估团队宜由从事检验、运行和管理等工作的相关专业人员组成。

4.2 热力管道出现下列情况之一的，应进行安全风险评估：

- 超过设计使用年限仍需继续使用；
- 到达上次管道安全风险评估所规定的周期；
- 出现过超出设计参数运行；
- 管道沿线环境发生重大变化；
- 停用 36 个月及以上再次投入使用；

- f) 安全法规相关内容和制度发生重要修改；
- g) 设计、安装资料缺失。

4.3 热力管道出现下列情况之一的，宜进行安全风险评估：

- a) 进行改造或大修后；
- b) 管网热损失率超出正常值；
- c) 管网补水量超出正常值；
- d) 新建管道投入运行前；
- e) 管道的温度、压力在运行中未出现过超出设计参数的情况，但超出常态运行参数范围。

4.4 热力管道安全风险评估周期不应超过 9 年。

4.5 热力管道安全风险评估可分区域、分段进行。下列管道应划分为不同单元进行安全风险评估：

- a) 压力等级或材料不同的管道；
- b) 建设年代不同的管道；
- c) 敷设方式不同的管道；
- d) 输送介质不同的管道。

4.6 热力管道安全风险评估应形成评估报告，评估报告应明确评估对象及其对应的安全风险等级，并提出相应的风险管控建议。

4.7 热力管道出现下列情况之一的，可不进行管道安全风险评估，应直接采取修复措施：

- a) 3 年内抢修次数大于 3 次；
- b) 保温层严重损坏，并影响管道正常运行；
- c) 已列入隐患治理范围；
- d) 出现异常的形变、位移、持续振动或响声等安全隐患；
- e) 因其他已知原因或不可抗力导致管道存在重大安全隐患。

4.8 热力管道安全风险评估所需的数据或信息，宜采用相关书面资料或现场状况所提供的有关信息；当上述相关资料缺乏时，可采用现场人员或专家的实践经验。

5 评估方法及流程

5.1 评估方法

5.1.1 热力管道安全风险评估方法采用基于层次分析法的半定量风险评估方法。

5.1.2 以层次分析法为基础，热力管道安全风险等级由失效可能性和失效后果严重性 2 个影响因素共同确定。根据半定量风险评估方法，对热力管道安全风险进行等级划分。

5.1.3 热力管道安全风险评估应按下列方法划分：

- a) 划分为失效可能性评估和失效后果严重性评估 2 个大项；
- b) 失效可能性评估划分为设计及制造缺陷、安装施工缺陷、运行管理缺陷、维修管理缺陷、外力破坏、结垢与腐蚀等 6 项中间层影响因素；
- c) 失效后果严重性评估划分为人身伤害、环境影响、经济损失、社会影响等 4 项中间层影响因素。

5.2 评估流程

热力管道安全风险评估应按下列流程进行：

- a) 资料收集；
- b) 失效可能性评估；
- c) 失效后果严重性评估；
- d) 安全风险等级划分；

- e) 安全风险等级分类管理；
- f) 安全风险评估报告编制。

6 资料收集

6.1 资料收集的内容应涵盖评估过程中所需的相关信息。

6.2 收集的资料应包括且不限于下列资料：

- a) 设计类：设计基础资料、设计文件等；
- b) 工程类：施工资料、竣工验收文件等；
- c) 维修检测类：维修、改造、抢修资料，检验、检查资料；
- d) 管理类：企业内部的规章制度、运行管理资料、事故应急预案等；
- e) 制度法规类：国家及行业的相关法律法规；
- f) 其他类：周边环境、现场调研中发现和在线监测系统自动采集的相关数据、影像资料等。

7 失效可能性评估

7.1 底层影响因素评分

7.1.1 失效可能性底层影响因素调查项目及评分应按附录 A 的规定执行。根据收集的资料，对照底层影响因素各调查项目，确定底层影响因素分值。

7.1.2 当某调查项目失效可能性不存在时，其评分分值为 0。

7.1.3 按公式（1）分别计算 15 项失效可能性底层影响因素总分值。

$$f_{p,u,j} = \sum_{k=1}^{q_{p,u,j}} f_{p,u,j,k} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- $f_{p,u,j}$ —— 失效可能性第 j 个底层影响因素总分值；
- $f_{p,u,j,k}$ —— 失效可能性第 j 个底层影响因素第 k 个调查项目分值；
- $q_{p,u,j}$ —— 失效可能性第 j 个底层影响因素调查项目数量。

7.2 影响因素权重

7.2.1 中间层和底层影响因素权重应按附录 B 的规定执行。

7.2.2 当部分失效可能性底层影响因素分值为 0 时，应对表 B.1 的中间层影响因素权重和底层影响因素权重按公式（2）和公式（3）进行调整。

$$w'_{p,m,i} = \frac{w_{p,m,i}}{\sum_{i=1}^{n_{p,m}} w_{p,m,i}} \dots\dots\dots (2)$$

$$w'_{p,u,j} = \frac{w_{p,u,j}}{\sum_{j=1}^{n_{p,u}} w_{p,u,j}} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- $w'_{p,m,i}$ —— 失效可能性第 i 个中间层影响因素调整后权重；
- $w_{p,m,i}$ —— 失效可能性第 i 个分值为 0 的中间层影响因素给定权重；
- $n_{p,m}$ —— 失效可能性分值为 0 的中间层影响因素数量；

- $w'_{p,u,j}$ —— 失效可能性第 j 个底层影响因素调整后权重；
- $w_{p,u,j}$ —— 失效可能性第 j 个分值不为 0 的底层影响因素给定权重；
- $n_{p,u}$ —— 失效可能性分值不为 0 的底层影响因素数量。

7.3 失效可能性最终分值

失效可能性最终分值应根据底层影响因素总分值、底层影响因素权重和中间层影响因素权重，按公式（4）计算。

$$F_p = \sum_{i=1}^{n_{p,m}} W_{p,m,i} \left[\sum_{j=1}^{n_{p,u}} (W_{p,u,j} \times f_{p,u,j}) \right] \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- F_p —— 失效可能性最终分值。
- $W_{p,m,i}$ —— 失效可能性第 i 个中间层影响因素最终权重。当部分失效可能性中间层影响因素分值为 0 时， $W_{p,m,i} = w'_{p,m,i}$ ，否则 $W_{p,m,i} = w_{p,m,i}$ 。
- $W_{p,u,j}$ —— 失效可能性第 j 个底层影响因素最终权重。当部分失效可能性底层影响因素分值为 0 时， $W_{p,u,j} = w'_{p,u,j}$ ，否则 $W_{p,u,j} = w_{p,u,j}$ 。
- $f_{p,u,j}$ —— 失效可能性第 j 个底层影响因素总分值。
- $n_{p,m}$ —— 失效可能性分值不为 0 的中间层影响因素数量。
- $n_{p,u}$ —— 失效可能性分值不为 0 的底层影响因素数量。

7.4 失效可能性等级

失效可能性等级应按表 1 确定。

表 1 失效可能性等级

失效可能性等级	失效可能性最终分值 F_p 范围
P1	$F_p < 30$
P2	$30 \leq F_p < 50$
P3	$50 \leq F_p < 70$
P4	$70 \leq F_p \leq 100$

8 失效后果严重性评估

8.1 底层影响因素评分

8.1.1 失效后果严重性底层影响因素调查项目及评分应按附录 C 的规定执行，根据收集的资料，对照底层影响因素各调查项目，确定底层影响因素分值。

8.1.2 当某调查项目失效后果严重性影响因素不存在时，其评分分值为 0。

8.1.3 按公式（5）分别计算 15 项失效后果严重性底层影响因素总分值。

$$f_{c,u,j} = \sum_{k=1}^{q_{c,u,j}} f_{c,u,j,k} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- $f_{c,u,j}$ —— 失效后果严重性第 j 个底层影响因素总分值；
- $f_{c,u,j,k}$ —— 失效后果严重性第 j 个底层影响因素第 k 个调查项目分值；
- $q_{c,u,j}$ —— 失效后果严重性第 j 个底层影响因素调查项目数量。

8.2 影响因素权重

8.2.1 中间层和底层影响因素权重应按附录 B 的规定执行。

8.2.2 当部分失效后果严重性底层影响因素分值为 0 时，应对表 B.2 的中间层影响因素权重和底层影响因素权重按公式 (6) 和公式 (7) 进行调整。

$$w'_{c,m,i} = \frac{w_{c,m,i}}{\sum_{i=1}^{n_{c,m}} w_{c,m,i}} \dots\dots\dots (6)$$

$$w'_{c,u,j} = \frac{w_{c,u,j}}{\sum_{j=1}^{n_{c,u}} w_{c,u,j}} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

- $w'_{c,m,i}$ —— 失效后果严重性第 i 个中间层影响因素调整后权重；
- $w_{c,m,i}$ —— 失效后果严重性第 i 个分值不为 0 的中间层影响因素给定权重；
- $n_{c,m}$ —— 失效后果严重性分值不为 0 的中间层影响因素数量；
- $w'_{c,u,j}$ —— 失效后果严重性第 j 个底层影响因素调整后权重；
- $w_{c,u,j}$ —— 失效后果严重性第 j 个分值不为 0 的底层影响因素给定权重；
- $n_{c,u}$ —— 失效后果严重性分值不为 0 的底层影响因素数量。

8.3 失效后果严重性最终分值

失效后果严重性最终分值应根据失效可能性底层影响因素总分值、底层影响因素权重和中间层影响因素权重，按公式 (8) 计算。

$$F_c = \sum_{i=1}^{n_{c,m}} W_{c,m,i} \left[\sum_{j=1}^{n_{c,u}} (W_{c,u,j} \times f_{c,u,j}) \right] \dots\dots\dots (8)$$

式中：

- F_c —— 失效后果严重性最终分值。
- $W_{c,m,i}$ —— 失效后果严重性第 i 个中间层影响因素最终权重。当部分失效后果严重性中间层影响因素分值为 0 时， $W_{c,m,i} = w'_{c,m,i}$ ，否则 $W_{c,m,i} = w_{c,m,i}$ 。
- $W_{c,u,j}$ —— 失效后果严重性第 j 个底层影响因素最终权重。当部分失效后果严重性底层影响因素分值为 0 时， $W_{c,u,j} = w'_{c,u,j}$ ，否则 $W_{c,u,j} = w_{c,u,j}$ 。
- $f_{c,u,j}$ —— 失效后果严重性第 j 个底层影响因素总分值。
- $n_{c,m}$ —— 失效后果严重性分值不为 0 的中间层影响因素数量。
- $n_{c,u}$ —— 失效后果严重性分值不为 0 的底层影响因素数量。

8.4 失效后果严重性等级

失效后果严重性等级应按表 2 确定。

表 2 失效后果严重性等级

失效后果严重性等级	失效后果严重性最终分值 F_c 范围
C1	$F_c < 20$
C2	$20 \leq F_c < 70$
C3	$70 \leq F_c < 80$
C4	$80 \leq F_c \leq 100$

9 安全风险等级及分类管理

9.1 安全风险等级

9.1.1 安全风险等级应根据失效可能性等级（分值）和失效后果严重性等级（分值）按表 3 确定。

表 3 安全风险等级

失效后果严重性等级	失效可能性等级			
	P1 ($F_p < 30$)	P2 ($30 \leq F_p < 50$)	P3 ($50 \leq F_p < 70$)	P4 ($70 \leq F_p \leq 100$)
C1 ($F_c < 20$)	S1	S2	S2	S2
C2 ($20 \leq F_c < 70$)	S2	S2	S3	S3
C3 ($70 \leq F_c < 80$)	S2	S3	S3	S4
C4 ($80 \leq F_c \leq 100$)	S3	S4	S4	S4

9.1.2 全部底层影响因素分值均不为 0 时的安全风险评估算例见附录 D，部分底层影响因素分值为 0 时的安全风险评估算例见附录 E。

9.2 分类管理

9.2.1 安全风险等级为 S4 级，表示管道处于高风险状态，应在 6 个月内按安全风险评估报告提出的风险管控建议完成整改，并应重新进行安全风险评估。

9.2.2 安全风险等级为 S3 级，表示管道处于较高风险状态，应在 3 年内按安全风险评估报告提出的风险管控建议完成整改，并应重新进行安全风险评估。

9.2.3 安全风险等级为 S2 级，表示管道处于中等风险状态，应在 5 年内按安全风险评估报告提出的风险管控建议完成整改，并应重新进行安全风险评估。

9.2.4 安全风险等级为 S1 级，表示管道处于低风险状态，可正常运行管理。

10 安全风险评估报告编制

安全风险评估报告应包含项目情况、管道评估单元的划分、安全风险评估过程、评估结论及风险管控建议等，内容和格式见附录 F。

附录 A

(规范性)

失效可能性底层影响因素调查项目及评分

A.1 设计及制造缺陷

A.1.1 热力管道本体缺陷调查项目与分值按表 A.1 的规定执行。

表 A.1 热力管道本体缺陷调查项目与分值

序号	调查项目	分值
1	未采用符合标准的管道	16
2	无针对管道缺陷的管理制度或管理措施	6
3	文档管理制度不完善, 管道出厂质量文件缺失	6
4	管道本体设计不合理 ^a	14
5	管道存在制造缺陷	14
6	管道服役超过20年且未进行有效检测 ^b	10
7	管道选材不当或不符合标准要求	12
8	管道存在异常振动	12
9	管道运行参数超出设计范围	10
合计最大分值		100
^a 包括管道弯头半径不足、壁厚不足、折角无加强。		
^b 有效检测指有明确的检测数据。		

A.1.2 热力管道附件缺陷调查项目与分值按表 A.2 的规定执行。

表 A.2 热力管道附件缺陷调查项目与分值

序号	调查项目	分值
1	未采用符合标准的管道附件	15
2	无针对管道附件缺陷的管理制度或管理措施	6
3	补偿器、支座(架)不符合标准要求或不合理 ^a	12
4	法兰、关断阀、排气阀、疏水阀、泄水阀等的设置不符合标准要求或不合理	6
5	安全阀设置不合理	9
6	补偿器本体或结构件热变形异常, 存在明显弯曲、压缩、拉伸变形, 以及焊缝开裂等状况	15
7	支座(架)、固定节、旁通阀、弯头、三通、异径管、法兰等部件本体存在制造或施工缺陷	7
8	关断阀、排气阀、疏水阀、泄水阀等存在使用缺陷 ^b	7
9	无针对法兰和关断阀、排气阀、疏水阀、泄水阀的隐患记录或记录不完整	4

表 A.2 热力管道附件缺陷调查项目与分值（续）

序号	调查项目	分值
10	管道附件存在剧烈振动	12
11	管道附件运行工况曾超出设计范围	7
合计最大分值		100
^a 不合理包括种类选型不合理、数量不合理、排布方式不合理。 ^b 使用缺陷包括关闭不严或已无法使用等。		

A.2 安装施工缺陷

A.2.1 热力管道本体安装施工质量缺陷调查项目与分值按表 A.3 的规定执行。

表 A.3 热力管道本体安装施工质量缺陷调查项目与分值

序号	调查项目	分值
1	路由、敷设方式、管径、坡度、转角、接头发泡等未按施工图纸施工	22
2	未进行竣工验收即投用	12
3	维修改造后未完好恢复附属设施即投用	12
4	预制保温管接口未进行工序验收且未进行气密性试验	15
5	焊缝存在超标缺陷	14
6	焊缝不存在超标缺陷，但焊缝数量较多且仍继续使用	7
7	管道施工过程中存在强制对接	6
8	管道出厂质检材料不完备即进行施工安装	4
9	施工、维修过程中破坏防腐层、外护层但未做修复即投用	4
10	施工、维修过程中破坏保温层但未做修复即投用	4
合计最大分值		100

A.2.2 热力管道敷设施工质量缺陷调查项目与分值按表 A.4 的规定执行。

表 A.4 热力管道敷设施工质量缺陷调查项目与分值

序号	调查项目	分值
1	管道敷设埋深未达到标准要求	17
2	管道敷设时，发现土壤土质情况与前期地勘报告有差异且未采取措施	26
3	管道基础未按要求进行加固处理	17
4	管道周围存在可能缠绕或影响管道本体的植被	10
5	管道周围未按要求进行回填和夯实	8
6	直埋管道上方未设置警示标志	8
7	管道附属构筑物结构施工未满足标准要求即投入使用	8
8	管道竣工资料不完整	6
合计最大分值		100

A.2.3 热力管道附件安装施工质量缺陷调查项目与分值按表 A.5 的规定执行。

表 A.5 热力管道附件安装施工质量缺陷调查项目与分值

序号	调查项目	分值
1	管道附件安装质量不符合标准要求即投入使用	53
2	当管道附件与管道材料不同时，对可能存在的腐蚀或异种材料焊接缺陷未进行有效识别	28
3	施工质量验收时，没有明确的管道附件质量管控措施	13
4	管道附件竣工资料不完整	6
合计最大分值		100

A.3 运行管理缺陷

A.3.1 热力管道隐患识别情况调查项目与分值按表 A.6 的规定执行。

表 A.6 热力管道隐患识别情况调查项目与分值

序号	调查项目	分值
1	未制定隐患判断标准	15
2	对管道泄漏无有效监测手段	15
3	无运行温度监测报警装置或装置失效	15
4	无运行压力监测报警装置或装置失效	15
5	无运行流量监测报警装置或装置失效	15
6	无补水量监测报警装置或装置失效	10
7	未定期巡检或未定期观测补偿器伸缩量、滑动支座位移量等	15
合计最大分值		100

A.3.2 热力管道运行处置情况调查项目与分值按表 A.7 的规定执行。

表 A.7 热力管道运行处置情况调查项目与分值

序号	调查项目	分值
1	未制定或执行运行管理规程	10
2	无运行温度异常处置措施	10
3	无运行压力异常处置措施	10
4	无运行流量异常处置措施	10
5	无补水量异常处置措施	10
6	无水质异常处置措施	10
7	曾出现过对管道或附件产生可检查到的损害或损伤的水锤	15
8	管网内介质温度变化速率不符合调度指令要求	10
9	安全阀未按规定定期校验	10
10	未定期排查判断关断阀、疏水阀、泄水阀等的工作状态	5
合计最大分值		100

A.4 维修管理缺陷

A.4.1 热力管道维修计划及执行有效性调查项目与分值按表 A.8 的规定执行。

表 A.8 热力管道维修计划及执行有效性调查项目与分值

序号	调查项目	分值
1	未制定维修计划	18
2	在制定计划过程中, 未能及时获知检验识别的管道缺陷和潜在隐患信息	8
3	制定计划时未参考检验单位的意见	8
4	制定计划时未参考运行单位的缺陷管理信息	8
5	在维修执行过程中, 原计划的部分维修内容无法执行	16
6	维修计划部分或整体延期实施	8
7	存在有明显缺陷而无法处理的情况	16
8	对于焊接缺陷未采取及时的检验和修复措施	10
9	缺乏正式的缺陷及措施记录 ^a	8
合计最大分值		100
^a 记录包括缺陷管理台账等。		

A.4.2 热力管道维修质量调查项目与分值按表 A.9 的规定执行。

表 A.9 热力管道维修质量调查项目与分值

序号	调查项目	分值
1	维修未执行相关技术规范或标准	34
2	维修过程中缺少质量检验和管控	22
3	维修后未进行验收即投入运行	22
4	未对采取的应急或临时措施制定后续专项整改处置方案	22
合计最大分值		100

A.5 外力破坏

A.5.1 热力管道非自然影响因素调查项目与分值按表 A.10 的规定执行。

表 A.10 热力管道非自然影响因素调查项目与分值

序号	调查项目	分值
1	管道、附属构筑物结构或周边土壤发生局部沉降	16
2	管道穿越公路段出现公路荷载增加	10
3	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	10
4	管道上方或周围移运土, 且土层厚度变化	14
5	管道上方或周围进行挖掘作业且无法进行有效管控	14
6	管道上方堆积重物且无法进行有效管控	10

表 A.10 热力管道非自然影响因素调查项目与分值（续）

序号	调查项目	分值
7	管道上方存在建筑物、构筑物占压	10
8	外来水侵蚀管道或破坏管道土层结构	16
合计最大分值		100

A.5.2 热力管道自然影响因素调查项目与分值按表 A.11 的规定执行。

表 A.11 热力管道自然影响因素调查项目与分值

序号	调查项目	分值
1	管道经过地区地震烈度增加	20
2	管道经过地区存在台风风险或发生过类似灾害	20
3	管道经过地区存在洪水风险或发生过类似灾害	20
4	管道经过地区存在泥石流滑坡风险或发生过类似灾害	20
5	管道经过地区地下水位发生变化	20
合计最大分值		100

A.6 结垢与腐蚀

A.6.1 热力管道服役时间调查项目与分值按表 A.12 的规定执行。

表 A.12 热力管道服役时间调查项目与分值

序号	调查项目	分值	
1	管道使用时间超过设计寿命	25	
2	管道使用年限（ T ）/年	$T \leq 10$	（8）
		$10 < T \leq 20$	（13）
		$20 < T \leq 30$	（20）
		$T > 30$	25
3	管道平均减薄速率 ≥ 0.254 mm/年，或对使用年限20年以上管道未进行管道壁厚定期检测	25	
4	3年内管道抢修频次/次	1	（5）
		2	（15）
		3	25
合计最大分值		100	
注1：同一打分项中，括号内分值之间、括号内分值与非括号内分值之间为互斥项，不同时计分。			
注2：评估过程中，同一管段中存在不同使用年限的管道时，以最大使用年限进行计分。			

A.6.2 热力管道冲蚀或结垢调查项目与分值按表 A.13 的规定执行。

表 A.13 热力管道冲蚀或结垢调查项目与分值

序号	调查项目	分值
1	管道发生过内部结垢	9
2	循环水水质监测中未对结垢倾向进行评价	24
3	管道存在上翻折角部位	16
4	管道淤堵引发压差明显增大	11
5	管道内部介质流动不畅或流量波动大	10
6	管道存在停用、盲端等	11
7	管道使用前未经过冲洗清理	9
8	管道内曾经发现过生物黏泥或泥沙	10
合计最大分值		100

A.6.3 热力管道保护层、保温层和防腐层失效腐蚀影响调查项目与分值按表 A.14 的规定执行。

表 A.14 热力管道保护层、保温层和防腐层失效腐蚀影响调查项目与分值

序号	调查项目	分值
1	管道及其附件保护层破损	14
2	管道及其附件保温层或防腐层破损	14
3	未定期对保护层、保温层及防腐层进行破损抽检 ^a	4
4	架空与直埋管道存在连接	3
5	直埋管道与高压电缆距离不符合标准要求	5
6	直埋管道与地铁、铁路距离不符合标准要求	5
7	保温管道长期浸泡在水中	9
8	穿墙部位管道未采取密封保护或保温措施	9
9	检查室、管沟、穿墙部位漏水	9
10	管道曾发生过严重外腐蚀	18
11	管沟、检查室长期积水	10
合计最大分值		100
^a 保温层抽检项目包括厚度、密度、吸水率等。		

A.6.4 热力管道运行介质腐蚀影响调查项目与分值按表 A.15 的规定执行。

表 A.15 热力管道运行介质腐蚀影响调查项目与分值

序号	调查项目	分值
1	未进行管网循环水水质检验	15
2	未进行管网补水水质检验	17
3	其他各类水介质未检验或检验未达标	25
4	存在使用非处理水进行补水的情况	21
5	管网水中曾发现大量滋生的藻类或细菌	11
6	非供热期未进行保压水养护	11
合计最大分值		100

附 录 B
(规范性)
中间层和底层影响因素权重

B.1 失效可能性评估中间层和底层影响因素权重按表 B.1 的规定执行。

表 B.1 失效可能性评估中间层和底层影响因素权重

中间层		底层		对应评分表
影响因素	权重 $w_{p,m,i}$	影响因素	权重 $w_{p,u,j}$	
设计及制造缺陷	0.16	热力管道本体缺陷	0.65	表A.1
		热力管道附件缺陷	0.35	表A.2
安装施工缺陷	0.27	热力管道本体安装施工质量缺陷	0.12	表A.3
		热力管道敷设施工质量缺陷	0.56	表A.4
		热力管道附件安装施工质量缺陷	0.32	表A.5
运行管理缺陷	0.10	热力管道隐患识别情况	0.83	表A.6
		热力管道运行处置情况	0.17	表A.7
维修管理缺陷	0.09	热力管道维修计划及其执行有效性	0.67	表A.8
		热力管道维修质量	0.33	表A.9
外力破坏	0.04	热力管道非自然原因	0.60	表A.10
		热力管道自然原因	0.40	表A.11
结垢与腐蚀	0.34	热力管道服役时间	0.06	表A.12
		热力管道冲蚀或结垢	0.23	表A.13
		热力管道保护层、保温层和防腐层失效腐蚀影响	0.57	表A.14
		热力管道运行介质腐蚀影响	0.14	表A.15

B.2 失效后果严重性评估中间层和底层影响因素权重按表 B.2 的规定执行。

表 B.2 失效后果严重性评估中间层和底层影响因素权重

中间层		底层		对应评分表
影响因素	权重 $w_{c,m,i}$	影响因素	权重 $w_{c,u,j}$	
人身伤害	0.167	热力管道经过区域	0.07	表C.1
		热力管道经过地下或低洼地段	0.17	表C.2
		热力管道发生次生灾害的危险程度	0.29	表C.3
		热力管道泄漏监测与防控能力	0.47	表C.4
环境影响	0.167	热力管道经过环境敏感区域	0.08	表C.5
		热力管道发生次生灾害对环境影响	0.23	表C.6
		热力管道泄漏监测与防控能力	0.69	表C.7
经济损失	0.167	居民财产损失	0.09	表C.8
		公共财产损失	0.27	表C.9
		热力管道泄漏监测与防控能力	0.64	表C.10
社会影响	0.499	居民生活影响范围	0.26	表C.11
		交通中断	0.05	表C.12
		社会焦点或敏感区域	0.16	表C.13
		热力管道发生次生灾害对社会影响范围	0.10	表C.14
		热力管道泄漏监测与防控能力	0.43	表C.15

附 录 C
(规范性)

失效后果严重性底层影响因素调查项目及评分

C.1 人身伤害

C.1.1 热力管道经过区域调查项目与分值按表 C.1 的规定执行。

表 C.1 热力管道经过区域调查项目与分值

序号	调查项目		分值
1	管道上方有建(构)筑物占压并可能导致人员或设施受到影响	介质为热水	(10)
		介质为蒸汽	25
2	管道经过同一时间内聚集人数超过50人的公共活动场所	介质为热水	(20)
		介质为蒸汽	25
3	管道经过交通主要干线	介质为热水	(20)
		介质为蒸汽	25
4	管道公称直径(DN)/mm	$DN \leq 200$	(8)
		$200 < DN \leq 500$	(12)
		$500 < DN \leq 800$	(15)
		$800 < DN \leq 1\ 000$	(20)
		$DN > 1\ 000$	25
合计最大分值			100
注1: 同一打分项中, 括号内分值之间、括号内分值与非括号内分值之间为互斥项, 不同时计分。			
注2: 评估过程中, 同一管段中存在多种管径时, 对最大管道公称直径进行计分。			

C.1.2 热力管道经过地下或低洼地段调查项目与分值按表 C.2 的规定执行。

表 C.2 热力管道经过地下或低洼地段调查项目与分值

序号	调查项目		分值
1	管道与其他市政设施或建筑物本体及基础的安全间距不符合标准		30
2	管道在地下商场或车库等空间内敷设		30
3	管道附近有地下通道、公路低洼地段、桥下涵洞		15
4	管道公称直径(DN)/mm	$DN \leq 200$	(8)
		$200 < DN \leq 500$	(12)
		$500 < DN \leq 800$	(15)
		$800 < DN \leq 1\ 000$	(20)
		$DN > 1\ 000$	25
合计最大分值			100
注1: 同一打分项中, 括号内分值之间、括号内分值与非括号内分值之间为互斥项, 不同时计分。			
注2: 评估过程中, 同一管段中存在多种管径时, 对最大管道公称直径进行计分。			

C.1.3 热力管道发生次生灾害的危险程度调查项目与分值按表 C.3 的规定执行。

表 C.3 热力管道发生次生灾害的危险程度调查项目与分值

序号	调查项目		分值
1	无周期性的次生灾害的人身伤害影响评估制度和管理文件		15
2	热力管道与其他相邻管道之间的距离不符合标准		25
3	热力管道与燃气等易燃易爆类管道存在重叠交错区域		25
4	热力管道与电力输配线路存在重叠交错区域		10
5	管道公称直径 (DN) /mm	DN≤200	(7)
		200<DN≤500	(12)
		500<DN≤800	(15)
		800<DN≤1 000	(20)
		DN>1 000	25
合计最大分值			100
注1: 同一打分项中, 括号内分值之间、括号内分值与非括号内分值之间为互斥项, 不同时计分。			
注2: 评估过程中, 同一管段中存在多种管径时, 对最大管道公称直径进行计分。			

C.1.4 热力管道泄漏监测与防控能力调查项目与分值按表 C.4 的规定执行。

表 C.4 热力管道泄漏监测与防控能力调查项目与分值

序号	调查项目		分值
1	泄漏事故无有效的控制措施, 或有措施但未形成明确的健康、安全与环境管理体系管理制度	有在线泄漏监测系统	(4)
		无在线泄漏监测系统	8
2	无人身伤害事故管理文件		20
3	无控制人身伤害的事故应急预案		15
4	未定期组织应急演练		15
5	存在事故无法及时处理的局部管道		12
6	管线巡检、巡视频次不符合标准要求		6
7	事故发生所需的响应时间 (t)	有在线泄漏监测系统, 且 t>60 min	(7)
		无在线泄漏监测系统	17
8	每次事故之后, 未进行事故分析和调查		7
合计最大分值			100
注: 同一打分项中, 括号内分值与非括号内分值之间为互斥项, 不同时计分。			

C.2 环境影响

C.2.1 热力管道经过环境敏感区域调查项目与分值按表 C.5 的规定执行。

表 C.5 热力管道经过环境敏感区域调查项目与分值

序号	调查项目	分值
1	无健康、安全与环境管理体系管理文件	28
2	周边存在自然保护区或重要矿产区，对水系统、动植物或重要资源产生影响	12
3	周边存在自来水厂或水源地，可能造成水质污染	20
4	周边存在农业生产用地或绿地，对地面植物生长产生不良影响	18
5	热力排水在未达到环保要求的情况下泄放或泄漏至禁止排放区域	22
合计最大分值		100

C.2.2 热力管道发生次生灾害对环境影响调查项目与分值按表 C.6 的规定执行。

表 C.6 热力管道发生次生灾害对环境影响调查项目与分值

序号	调查项目	分值	
1	无周期性的次生灾害环境影响评估制度和管理文件	20	
2	热力管道与其他相邻管道达不到安全距离	20	
3	热力管道与燃气等易燃易爆类管道存在重叠交错区域	25	
4	热力管道与电力输配线路存在重叠交错区域	10	
5	次生灾害影响环境范围	周边区域	(7)
		全市区域	(12)
		其他城市	(22)
		国际	25
合计最大分值		100	
注：同一打分项中，括号内分值之间、括号内分值与非括号内分值之间为互斥项，不同时计分。			

C.2.3 热力管道泄漏监测与防控能力调查项目与分值按表 C.7 的规定执行。

表 C.7 热力管道泄漏监测与防控能力调查项目与分值

序号	调查项目		分值
1	泄漏事故无有效的控制措施，或有措施但未形成明确的健康、安全与环境管理体系管理文件	有在线泄漏监测系统	(4)
		无在线泄漏监测系统	8
2	无环境破坏评估文件，包括污染等级、环保罚金等		20
3	无控制环境影响的事故应急预案		15
4	未定期组织应急演练		15
5	存在事故无法及时处理的局部管道		12
6	管线巡检、巡视频次不符合标准要求		6
7	事故发现所需的响应时间 (t)	有在线泄漏监测系统，且 $t > 60$ min	(7)
		无在线泄漏监测系统	17
8	每次事故之后，未进行事故分析和调查		7
合计最大分值			100
注：同一打分项中，括号内分值与非括号内分值之间为互斥项，不同时计分。			

C.3 经济损失

C.3.1 居民财产损失调查项目与分值按表 C.8 的规定执行。

表 C.8 居民财产损失调查项目与分值

序号	调查项目		分值
1	管道泄漏冲刷可能造成附近居民建筑物、地面设施地基土壤流失，导致设施被损坏		20
2	管道与居住建筑之间安全距离不足	介质为热水	(10)
		介质为蒸汽	25
3	管道引发的次生灾害可造成居民财产的附加经济损失		15
4	无居民财产损失评估文件		15
5	管道公称直径 (DN) /mm	$DN \leq 200$	(7)
		$200 < DN \leq 500$	(12)
		$500 < DN \leq 800$	(15)
		$800 < DN \leq 1\,000$	(20)
		$DN > 1\,000$	25
合计最大分值			100
注1：同一打分项中，括号内分值之间、括号内分值与非括号内分值之间为互斥项，不同时计分。			
注2：评估过程中，同一管段中存在多种管径时，对最大管道公称直径进行计分。			

C.3.2 公共财产损失调查项目与分值按表 C.9 的规定执行。

表 C.9 公共财产损失调查项目与分值

序号	调查项目		分值
1	管道泄漏冲刷可能造成附近公共建筑物、地面设施地基土壤流失，导致设施被损坏		20
2	管道与公共建筑之间安全距离不足	介质为热水	(10)
		介质为蒸汽	25
3	管道引发的次生灾害可造成公共资产的附加经济损失		15
4	无公共财产损失评估文件		15
5	管道公称直径 (DN) /mm	DN≤200	(7)
		200<DN≤500	(12)
		500<DN≤800	(15)
		800<DN≤1 000	(20)
		DN>1 000	25
合计最大分值			100
注1：同一打分项中，括号内分值之间、括号内分值与非括号内分值之间为互斥项，不同时计分。			
注2：评估过程中，同一管段中存在多种管径时，对最大管道公称直径进行计分。			

C.3.3 热力管道泄漏监测与防控能力调查项目与分值按表 C.10 的规定执行。

表 C.10 热力管道泄漏监测与防控能力调查项目与分值

序号	调查项目		分值
1	泄漏事故无有效的控制措施，或有措施但未形成明确的健康、安全与环境管理体系管理文件	有在线泄漏监测系统	(4)
		无在线泄漏监测系统	8
2	无经济损失评估文件，包括直接经济损失、间接经济损失等		20
3	无控制经济损失的事故应急预案		15
4	未定期组织应急演练		15
5	存在事故无法及时处理的局部管道		12
6	管线巡检、巡视频次不符合标准要求		6
7	事故发生所需的响应时间 (t)	有在线泄漏监测系统，且 $t>60$ min	(7)
		无在线泄漏监测系统	17
8	每次事故之后，未进行事故分析和调查		7
合计最大分值			100
注：同一打分项中，括号内分值与非括号内分值之间为互斥项，不同时计分。			

C.4 社会影响

C.4.1 居民生活影响范围调查项目与分值按表 C.11 的规定执行。

表 C.11 居民生活影响范围调查项目与分值

序号	调查项目		分值
1	无居民生活影响评估文件		25
2	居民日常生活保障受到影响		10
3	停热影响面积 (S) / 万m ²	$S \leq 20$	(12)
		$20 < S \leq 100$	(25)
		$100 < S \leq 500$	(30)
		$S > 500$	35
4	停热后恢复供热所需时间 (t) / h	$t \leq 8$	(7)
		$8 < t \leq 24$	(17)
		$24 < t \leq 72$	(25)
		$t > 72$	30
合计最大分值			100
注：同一打分项中，括号内分值之间、括号内分值与非括号内分值之间为互斥项，不同时计分。			

C.4.2 交通中断调查项目与分值按表 C.12 的规定执行。

表 C.12 交通中断调查项目与分值

序号	调查项目		分值
1	存在破坏路面的隐患		13
2	管道经过主干道		17
3	受影响的干道性质	城乡区域	(7)
		市内中心区	(12)
		省际公路	20
4	受影响的干道恢复通车时间 (t) / h	$t \leq 3$	(7)
		$3 < t \leq 12$	(20)
		$12 < t \leq 24$	(30)
		$24 < t \leq 48$	(35)
		$t > 48$	50
合计最大分值			100
注：同一打分项中，括号内分值之间、括号内分值与非括号内分值之间为互斥项，不同时计分。			

C.4.3 社会焦点或敏感区域调查项目与分值按表 C.13 的规定执行。

表 C.13 社会焦点或敏感区域调查项目与分值

序号	调查项目	分值
1	造成文物、古建筑等重要文化设施的破坏	30
2	受影响区域包括政府机关	15
3	受影响区域包括学校、医院	15
4	受影响区域包括军事单位	15
5	受影响区域包括涉外领区	15
6	其他容易引发社会舆论影响的其他区域	10
合计最大分值		100

C.4.4 热力管道发生次生灾害对社会影响范围调查项目与分值按表 C.14 的规定执行。

表 C.14 热力管道发生次生灾害对社会影响范围调查项目与分值

序号	调查项目	分值	
1	无周期性的次生灾害社会影响评估制度和管理文件	20	
2	热力管道与其他相邻管道之间的距离达不到安全距离	20	
3	可能引发更严重的其他灾害	危化品设施	20
4		供水、供电等设施	10
5		通信设施	5
6	涉及用户性质	公共建筑用户	(5)
		居住建筑用户	(12)
		特殊保障用户	25
合计最大分值		100	
注：同一打分项中，括号内分值之间、括号内分值与非括号内分值之间为互斥项，不同时计分。			

C.4.5 热力管道泄漏监测与防控能力调查项目与分值按表 C.15 的规定执行。

表 C.15 热力管道泄漏监测与防控能力调查项目与分值

序号	调查项目		分值
1	泄漏事故无有效的控制措施，或有措施但未形成明确的健康、安全与环境管理体系管理文件	有在线泄漏监测系统	(4)
		无在线泄露监测系统	8
2	无社会影响、热力企业名誉损失评估材料		20
3	无控制社会影响的事故应急预案		15
4	未定期组织应急演练		15
5	存在事故无法及时处理的局部管道		12
6	主管道公称直径DN300以下，且存在DN50以下的支管		6
7	事故发现所需的响应时间 (t)	有在线泄漏监测系统，且 $t > 60$ min	(7)
		无在线泄漏监测系统	17
8	每次事故之后，未进行事故分析和调查		7
合计最大分值			100
注：同一打分项中，括号内分值与非括号内分值之间为互斥项，不同时计分。			

附录 D

(资料性)

全部底层影响因素分值均不为 0 时的安全风险评估算例

D.1 被评估项目基本情况

被评估热力管道为学校、古建寺庙供暖，且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。

D.2 失效可能性评估

D.2.1 失效可能性底层影响因素

失效可能性评估需完成表 A.1~表 A.15 全部 15 项底层影响因素的调查与评分。其中，以表 A.14 为例，对热力管道保护层、保温层和防腐层失效腐蚀影响调查项目与评分分值见表 D.1：

表 D.1 热力管道保护层、保温层和防腐层失效腐蚀影响调查项目与评分分值

序号	调查项目	分值	是(√)否(×)	评分分值
1	管道及其附件保护层破损	14	√	14
2	管道及其附件保温层或防腐层破损	14	√	14
3	未定期对保护层、保温层及防腐层进行破损抽检	4	×	0
4	架空与直埋管道存在连接	3	×	0
5	直埋管道与高压电缆距离不符合标准要求	5	×	0
6	直埋管道与地铁、铁路距离不符合标准要求	5	√	5
7	保温管道长期浸泡在水中	9	√	9
8	穿墙部位管道未采取密封保护或保温措施	9	√	9
9	检查室、管沟、穿墙部位漏水	9	√	9
10	管道曾发生过严重外腐蚀	18	×	0
11	管沟、检查室长期积水	10	×	0
合计				60

D.2.2 中间层和底层影响因素权重

D.2.2.1 被评估管道全部底层影响因素分值均不为 0，故中间层影响因素权重和底层影响因素权重直接使用表 B.1 中的值。

D.2.2.2 根据表 A.1~表 A.15 的评分值和表 B.1 的权重，得到失效可能性评估中间层和底层影响因素评分分值与权重表，见表 D.2：

表 D.2 失效可能性评估中间层和底层影响因素评分分值与权重

中间层		底层		
影响因素	权重	影响因素	权重	评分分值
设计及制造缺陷	0.16	热力管道本体缺陷	0.65	60
		热力管道附件缺陷	0.35	62
安装施工缺陷	0.27	热力管道本体安装施工质量缺陷	0.12	65
		热力管道敷设施工质量缺陷	0.56	69
		热力管道附件安装施工质量缺陷	0.32	71
运行管理缺陷	0.10	热力管道隐患识别情况	0.83	66
		热力管道运行处置情况	0.17	64
维修管理缺陷	0.09	热力管道维修计划及其执行有效性	0.67	77
		热力管道维修质量	0.33	55
外力破坏	0.04	热力管道非自然原因	0.60	43
		热力管道自然原因	0.40	25
结垢与腐蚀	0.34	热力管道服役时间	0.06	70
		热力管道冲蚀或结垢	0.23	55
		热力管道保护层、保温层和防腐层失效腐蚀影响	0.57	60
		热力管道运行介质腐蚀影响	0.14	66

D.2.3 中间层影响因素的分值

失效可能性最终分值计算过程中各中间层影响因素的分值计算如下：

- 设计及制造缺陷： $0.65 \times 60 + 0.35 \times 62 = 60.7$ ；
- 安装施工缺陷： $0.12 \times 65 + 0.56 \times 69 + 0.32 \times 71 = 69.16$ ；
- 运行管理缺陷： $0.83 \times 66 + 0.17 \times 64 = 65.66$ ；
- 维修管理缺陷： $0.67 \times 77 + 0.33 \times 55 = 69.74$ ；
- 外力破坏： $0.60 \times 43 + 0.40 \times 25 = 35.8$ ；
- 结垢与腐蚀： $0.06 \times 70 + 0.23 \times 55 + 0.57 \times 60 + 0.14 \times 66 = 60.29$ 。

D.2.4 失效可能性等级

D.2.4.1 根据公式（4）计算失效可能性最终分值为：

$$F_p = 0.16 \times 60.7 + 0.27 \times 69.16 + 0.10 \times 65.66 + 0.09 \times 69.74 + 0.04 \times 35.8 + 0.34 \times 60.29 = 63.16$$

D.2.4.2 根据表 1 的规定，管道失效可能性等级为 P3 级。

D.3 失效后果严重性评估

D.3.1 失效后果严重性底层影响因素

失效后果严重性评估需完成表 C.1～表 C.15 全部 15 项底层影响因素的调查与评分。其中，以表 C.13 为例，对社会焦点或敏感区域调查项目与评分分值见表 D.3：

表 D.3 社会焦点或敏感区域调查项目与评分分值

序号	调查项目	分值	是(√) 否(×)	得分
1	造成文物、古建筑等重要文化设施的破坏	30	√	30
2	受影响区域包括政府机关	15	×	0
3	受影响区域包括学校、医院	15	√	15
4	受影响区域包括军事单位	15	×	0
5	受影响区域包括涉外领区	15	×	0
6	其他容易引发社会舆论影响的区域	10	×	0
合计				45

D.3.2 中间层和底层影响权重

D.3.2.1 被评估管道全部底层影响因素分值均不为0，故中间层影响因素权重和底层影响因素权重直接使用表 B.2 中的值。

D.3.2.2 根据表 C.1~表 C.15 的评分值和表 B.2 中的权重，得到失效后果严重性评估中间层和底层影响因素评分分值与权重表，见表 D.4：

表 D.4 失效后果严重性评估中间层和底层影响因素评分分值与权重

中间层		底层		
影响因素	权重	影响因素	权重	评分分值
人身伤害	0.167	热力管道经过区域	0.07	75
		热力管道经过地下或低洼地段	0.17	45
		热力管道发生次生灾害的危险程度	0.29	45
		热力管理泄漏监测与防控能力	0.47	46
环境影响	0.167	热力管道经过环境敏感区域	0.08	50
		热力管道发生次生灾害对环境的影响	0.23	47
		热力管道泄漏监测与防控能力	0.69	46
经济损失	0.167	居民财产损失	0.09	65
		公共财产损失	0.27	70
		热力管道泄漏监测与防控能力	0.64	46
社会影响	0.499	居民生活影响范围	0.26	67
		交通中断	0.05	72
		社会焦点或敏感区域	0.16	45
		热力管道发生次生灾害对社会影响范围	0.10	70
		热力管道泄漏监测与防控能力	0.43	46

D.3.3 中间层影响因素的分值

计算失效后果严重性最终分值过程中各中间层影响因素的分值计算如下：

- a) 人身伤害： $0.07 \times 75 + 0.17 \times 45 + 0.29 \times 45 + 0.47 \times 46 = 47.57$ ；
- b) 环境影响： $0.08 \times 50 + 0.23 \times 47 + 0.69 \times 46 = 46.55$ ；
- c) 经济损失： $0.09 \times 65 + 0.27 \times 70 + 0.64 \times 46 = 54.19$ ；
- d) 社会影响： $0.26 \times 67 + 0.05 \times 72 + 0.16 \times 45 + 0.10 \times 70 + 0.43 \times 46 = 55.00$ 。

D.3.4 失效后果严重性等级

D.3.4.1 根据公式（8）计算失效后果严重性最终分值为：

$$F_c = 0.167 \times 47.57 + 0.167 \times 46.55 + 0.167 \times 54.19 + 0.499 \times 55 = 52.21$$

D.3.4.2 根据表 2 的规定，失效后果严重性等级为 C2 级。

D.4 管道安全风险等级

根据以上确定的失效可能性等级、失效后果严重性等级和表 3 的规定，安全风险等级为 S3 级，为较高安全风险等级。

附录 E

(资料性)

部分底层影响因素分值为 0 时的安全风险评估算例

E.1 被评估项目基本情况

被评估热力管道为学校、古建寺庙供暖，且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。

E.2 失效可能性评估

E.2.1 失效可能性底层影响因素

失效可能性评估需完成表 A.1~表 A.15 全部 15 项底层影响因素的调查与评分。该案例中，非自然原因、自然原因及运行介质腐蚀影响 3 项底层影响因素分值为 0。

E.2.2 中间层和底层影响因素权重

E.2.2.1 被评估管道部分底层影响因素分值为 0，故中间层影响因素权重和底层影响因素权重不可直接使用 B.1 中的值，应进行计算调整。

E.2.2.2 由于底层影响因素“热力管道运行介质腐蚀影响”的评分分值为 0，故中间层影响因素“结垢与腐蚀”中底层影响因素权重根据公式(3)重新计算调整如下：

- a) 热力管道服役时间： $0.06 / (0.06 + 0.23 + 0.57) = 0.07$ ；
- b) 热力管道冲蚀或结垢： $0.23 / (0.06 + 0.23 + 0.57) = 0.27$ ；
- c) 热力管道保护层、保温层和防腐层失效腐蚀影响： $0.57 / (0.06 + 0.23 + 0.57) = 0.66$ 。

E.2.2.3 由于底层影响因素“非自然原因”及“自然原因”的评分分值均为 0，所以中间层影响因素“外力破坏”的评分分值为 0。各中间层影响因素权重根据公式(2)重新计算调整如下：

- a) 设计及制造缺陷： $0.16 / (0.16 + 0.27 + 0.10 + 0.09 + 0.34) = 0.17$ ；
- b) 安装施工缺陷： $0.27 / (0.16 + 0.27 + 0.10 + 0.09 + 0.34) = 0.28$ ；
- c) 运行管理缺陷： $0.10 / (0.16 + 0.27 + 0.10 + 0.09 + 0.34) = 0.11$ ；
- d) 维修管理缺陷： $0.09 / (0.16 + 0.27 + 0.10 + 0.09 + 0.34) = 0.09$ ；
- e) 结垢与腐蚀： $0.34 / (0.16 + 0.27 + 0.10 + 0.09 + 0.34) = 0.35$ 。

E.2.2.4 将各影响因素的分值及权重进行对应整理，得到失效可能性评估中间层和底层影响因素评分分值与权重表，见表 E.1：

表 E.1 失效可能性评估中间层和底层影响因素评分分值与权重

中间层			底层			
影响因素	原权重	调整后权重	影响因素	原权重	调整后权重	评分分值
设计及制造缺陷	0.16	0.17	热力管道本体缺陷	0.65	0.65	60
			热力管道附件缺陷	0.35	0.35	62
安装施工缺陷	0.27	0.28	热力管道本体安装施工质量缺陷	0.12	0.12	65
			热力管道敷设施工质量缺陷	0.56	0.56	69
			热力管道附件安装施工质量缺陷	0.32	0.32	71

表 E.1 失效可能性评估中间层和底层影响因素评分分值与权重（续）

中间层			底层			
影响因素	原权重	调整后权重	影响因素	原权重	调整后权重	评分分值
运行管理缺陷	0.10	0.11	热力管道隐患识别情况	0.83	0.83	66
			热力管道运行处置情况	0.17	0.17	64
维修管理缺陷	0.09	0.09	热力管道维修计划及其执行有效性	0.67	0.67	77
			热力管道维修质量	0.33	0.33	55
外力破坏	0.04	0	热力管道非自然原因	0.60	0	0
			热力管道自然原因	0.40	0	0
结垢与腐蚀	0.34	0.35	热力管道服役时间	0.06	0.07	70
			热力管道冲蚀或结垢	0.23	0.27	55
			热力管道保护层、保温层和防腐层失效腐蚀影响	0.57	0.66	60
			热力管道运行介质腐蚀影响	0.14	0	0

E.2.3 中间层影响因素的分值

失效可能性最终分值计算过程中各中间层影响因素的分值计算如下：

- 设计及制造缺陷： $0.65 \times 60 + 0.35 \times 62 = 60.70$ ；
- 安装施工缺陷： $0.12 \times 65 + 0.56 \times 69 + 0.32 \times 71 = 69.16$ ；
- 运行管理缺陷： $0.83 \times 66 + 0.17 \times 64 = 65.66$ ；
- 维修管理缺陷： $0.67 \times 77 + 0.33 \times 55 = 69.74$ ；
- 外力破坏： $0 \times 0 + 0 \times 0 = 0$ ；
- 结垢与腐蚀： $0.07 \times 70 + 0.27 \times 55 + 0.66 \times 60 = 59.35$ 。

E.2.4 失效可能性等级

E.2.4.1 根据公式（4）计算失效可能性最终分值为：

$$F_p = 0.17 \times 60.7 + 0.28 \times 69.16 + 0.11 \times 65.66 + 0.09 \times 69.74 + 0.35 \times 59.35 = 63.96$$

E.2.4.2 根据表 1 的规定，失效可能性等级为 P3 级。

E.3 失效后果严重性评估

E.3.1 失效后果严重性底层影响因素

失效后果严重性评估需完成表 C.1~表 C.15 全部 15 项底层影响因素的调查与评分。该案例中，经过地下或低洼地段、经过环境敏感区域、发生次生灾害对环境影响、泄漏监测与防控能力 4 项底层影响因素分值为 0。

E.3.2 中间层和底层影响因素权重

E.3.2.1 被评估热力管道部分底层影响因素分值为 0，故中间层影响因素权重和底层影响因素权重不可直接使用表 B.2 中的值，应进行计算调整。

E.3.2.2 由于底层影响因素“热力管道经过地下或低洼地段”的评分分值为 0，故中间层影响因素“人身伤害”中底层影响因素权重根据公式（7）重新计算调整如下：

- a) 热力管道经过区域： $0.07 / (0.07 + 0.29 + 0.47) = 0.08$ ；
 b) 热力管道发生次生灾害的危险程度： $0.29 / (0.07 + 0.29 + 0.47) = 0.35$ ；
 c) 热力管道泄漏监测与防控能力： $0.47 / (0.07 + 0.29 + 0.47) = 0.57$ 。

E.3.2.3 由于底层影响因素“经过环境敏感区域”“发生次生灾害对环境影响”“泄漏监测与防控能力”的评分分值均为0，所以中间层影响因素“环境影响”的评分分值为0。各中间层影响因素权重根据公式（6）重新计算调整如下：

- a) 人身伤害： $0.167 / (0.167 + 0.167 + 0.499) = 0.20$ ；
 b) 经济损失： $0.167 / (0.167 + 0.167 + 0.499) = 0.20$ ；
 c) 社会影响： $0.499 / (0.167 + 0.167 + 0.499) = 0.60$ 。

E.3.2.4 将各影响因素的分值及权重进行对应整理，得到失效后果严重性评估中间层和底层影响因素评分分值与权重表，见表 E.2：

表 E.2 失效后果严重性评估中间层和底层影响因素评分分值与权重

中间层			底层			
影响因素	原权重	调整后权重	影响因素	原权重	调整后权重	评分分值
人身伤害	0.167	0.20	热力管道经过区域	0.07	0.08	75
			热力管道经过地下或低洼地段	0.17	0	0
			热力管道发生次生灾害的危险程度	0.29	0.35	45
			热力管道泄漏监测与防控能力	0.47	0.57	46
环境影响	0.167	0	热力管道经过环境敏感区域	0.08	0	0
			热力管道发生次生灾害对环境影响	0.23	0	0
			热力管道泄漏监测与防控能力	0.69	0	0
经济损失	0.167	0.20	居民财产损失	0.09	0.09	65
			公共财产损失	0.27	0.27	70
			热力管道泄漏监测与防控能力	0.64	0.64	46
社会影响	0.499	0.60	居民生活影响范围	0.26	0.26	67
			交通中断	0.05	0.05	72
			社会焦点或敏感区域	0.16	0.16	45
			热力管道发生次生灾害对社会影响范围	0.10	0.10	70
			热力管道泄漏监测与防控能力	0.43	0.43	46

E.3.3 中间层影响因素的分值

失效后果严重性最终分值计算过程中各中间层影响因素的分值计算如下：

- a) 人身伤害： $0.08 \times 75 + 0.35 \times 45 + 0.57 \times 46 = 47.97$ ；
 b) 环境影响： $0 \times 0 + 0 \times 0 + 0 \times 0 = 0$ ；
 c) 经济损失： $0.09 \times 65 + 0.27 \times 70 + 0.64 \times 46 = 54.19$ ；
 d) 社会影响： $0.26 \times 67 + 0.05 \times 72 + 0.16 \times 45 + 0.10 \times 70 + 0.43 \times 46 = 55.00$ 。

E.3.4 失效后果严重性等级

E.3.4.1 根据公式（8）计算失效后果严重性最终分值为：

$$F_c = 0.20 \times 47.97 + 0.20 \times 54.19 + 0.60 \times 55.00 = 53.43$$

E.3.4.2 根据表 2 的规定，失效后果严重性等级确定为 C2 级。

E.4 管道安全风险等级

根据以上确定的失效可能性等级、失效后果严重性等级和表 3 的规定，安全风险等级确定为 S3 级，为较高安全风险等级。

附录 F

(资料性)

安全风险评估报告的内容和格式

安全风险评估报告的内容和格式规定如下。

- a) 项目情况
 - 1) 背景
包含项目基本情况、安全风险评估区段划分等。
 - 2) 目的
表明本次热力管道安全风险评估项目可接受的风险水平。
 - 3) 依据
相关标准、相关制度、双方签订的合同等。
 - 4) 范围
评估管道的基本情况，包括数量、管道服役年限及占比等。
 - 5) 评估依据的技术资料
通过现场收集、与企业人员访谈等方式，获取技术资料作为评估依据。如：DCS运行数据、管道竣工资料、工艺操作、DCS及安全连锁系统等。
 - 6) 评估依据的保守假设
本次风险评估对未收集齐全资料的，根据实际情况经过商讨提出的合理假设。
 - b) 热力管道评估单元的划分
 - 1) 热力管道失效案例
评估范围内曾发生的热力管道失效案例、失效原因及影响范围。
 - 2) 热力管道评估单元的划分
按照管道设计年限、铺设方式等，并结合已有失效案例的失效诱因，以突出重点失效隐患管段为目标，划分管段。
 - c) 全风险评估过程
 - 1) 安全风险评估计算
 - 2) 安全风险评估结果
 - d) 评估结论及建议
 - 1) 评估结论
 - 2) 评估建议
根据风险评估结果、主要失效影响因素分布规律等，并以管理需求的不可接受风险等级为基本原则，给出热力公司风险管控建议。
-