

Q/SY

中国石油天然气集团公司企业标准

Q/SY XXXX—XX

城镇燃气管网半定量风险评估技术规范 第1部分：钢质管道

Technical specifications for semi-quantitative risk assessment of gas distribution

Part 1: Steel pipeline

(报批稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国石油天然气集团公司 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 术语和定义	1
3 一般要求	2
4 评价流程	2
5 评价指标体系	2
6 风险评价	3
6.1 资料调查	3
6.2 单元划分	3
6.3 调查表填写	4
6.4 计算方法	4
6.5 风险等级划分	5
7 报告编制	5
附 录 A (规范性附录) 城镇燃气钢质管道评价指标	6
附 录 B (资料性附录) 城镇燃气钢质管道风险要素调查	17
附 录 C (资料性附录) 天然气泄漏量计算公式	22
参考文献	23

前 言

Q/SY ****《城镇燃气管网半定量风险评价技术规范》分为三部分：

- 第 1 部分：钢质管道；
- 第 2 部分：聚乙烯管道；
- 第 3 部分：燃气站场。

本部分为 Q/SY ****的第 1 部分。

本部分依据 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本部分由中国石油天然气集团公司标准化委员会天然气与管道专业标准化技术委员会提出并归口。

本部分起草单位：西南油气田分公司安全环保与技术监督研究院、天然气与管道分公司、昆仑燃气有限公司、管道分公司。

本部分主要起草人：王飞、刘锴、付建华、胡兆科、公禾、苗永健、顾灵伟、张宏伟、乔蓓、冯立德、张华兵、郑兴华、杨玉锋、傅江、谢海强。

城镇燃气管网半定量风险评价技术规范

第1部分：钢质管道

1 范围

Q/SY XXXX 的本部分规定了城镇燃气钢质管道半定量风险评价的一般要求、评价流程、评价指标体系、风险评价及风险等级划分。

本部分适用于管输符合国家商品天然气规定的城镇燃气钢质管道(从门站到庭院管道)的半定量风险评价。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1

管段 segment

作为评价单元的一段管道。

2.2

风险评价 risk assessment

风险分析和风险评定的整个过程。是指识别对管道安全运行有不利影响的危害因素，评价事故发生的可能性和后果大小，评定管道风险大小，并提出相应风险控制措施的过程。

2.3

失效 failure

造成评价单元的某一部分非正常损坏、功能缺失或性能下降，并已达到不能继续安全可靠使用的事件。

2.4

风险 risk

潜在损失的量度，用事故发生的概率(可能性)和后果的大小来表示。

2.5

最大允许工作压力 maximum allowable operation pressure

系统所能连续操作的最大压力，等于或小于设计压力。

2.6

扩散系数 dispersion factor

反映危险物质泄漏相对严重程度的一个方面的数值。该数值应用了泄漏量、泄漏扩散模式和邻近人口密度的参数，反映出了泄漏后果影响的特征。

2.7

半定量评价法 semi-quantitative risk assessment

将评价单元生产系统及管理状况对风险的贡献大小建立指标体系，对评价单元失效可能性和失效后果进行评分，利用分值表示其风险相对大小的风险评价方法。

3 一般要求

风险评价应根据上次评价结论按期开展，评价工作结束后应提出再评价的时间；当管道运行状况、周边环境发生较大变化时，应及时进行管道风险再评价。

风险评价时应进行全面危害因素识别，采集能够有效反映当前管道状况的最新运行管理数据；对每一评价单元的影响因素评分时，以每种因素最不利的情况评分。

风险评价可由燃气公司聘请专业机构或自行组织评价人员形成评价团队开展评价工作。评价人员应包括专业评价人员、燃气技术人员、燃气管理人员、现场维护人员中至少 3 类人员。

4 评价流程

开展风险评价的流程见图1。

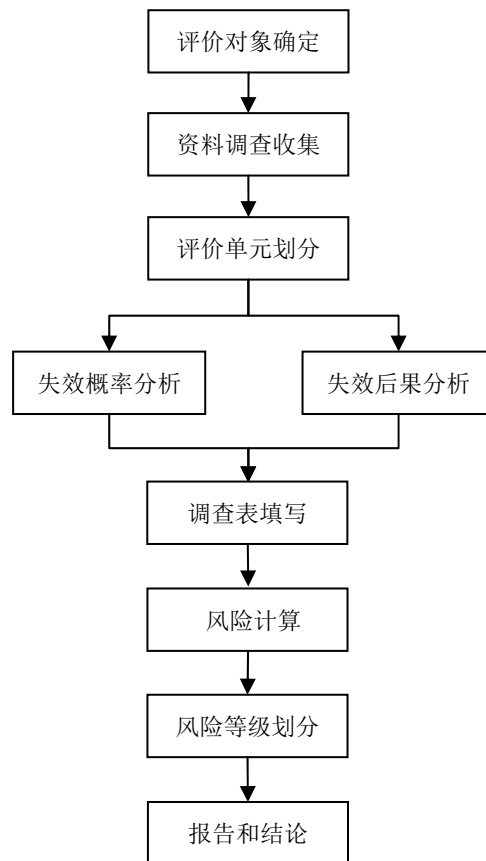


图1 风险评价流程

5 评价指标体系

城镇燃气钢质管道总体风险评价指标体系包含一级指标、二级指标、三级指标，其中一级指标包含第三方影响评分指标体系、腐蚀影响评分指标体系、设计影响评分指标体系、误操作影响评分指标体系、泄漏影响指标体系五个部分，指标体系中各单项指标说明及评分见附录A。风险评价指标体系中第三方影响、腐蚀影响、设计影响、误操作影响总分为400分，按照6.4的方式计算评价单元的相对风险值，其分值越大，相对风险越小。

6 风险评价

6.1 资料调查

风险评价时应调查燃气管网历史资料、运行管理数据、敷设环境情况等信息进行调查，应包含以下内容：

- 燃气管道设计资料；
- 燃气管道施工资料；
- 竣工验收资料；
- 运行条件；
- 管理维护条件；
- 燃气管道常规检测评价资料；
- 燃气管道泄漏检测结果；
- 阴极保护工作情况；
- 燃气管道失效记录；
- 燃气管道抢维修记录；
- 燃气管道进出气支线及气源与用户情况；
- 线路标记；
- 在线监测数据；
- 燃气管道沿线地形地貌特征；
- 燃气管道沿线市政建(构)筑物分布；
- 燃气管道沿线地区的住户统计、人口密度及地区等级划分情况；
- 燃气管道沿线深根植物分布情况；
- 燃气管道沿线土壤性质与气候条件；
- 燃气管道事故与自然灾害情况；
- 燃气管道防护措施；
- 燃气管道沿线社会治安情况；
- 其他与附录 B 表格中相关的风险因素。

6.2 单元划分

6.2.1 依据

根据 6.1 的资料收集结果来划分风险评价单元，评价单元划分主要依据燃气管道所在区域、人口密度、使用时间、管道规格型号、压力等级、管体腐蚀状况、防腐层状况、土壤状况、敷设方式等要素的变化情况确定。

6.2.2 方法

城镇燃气钢质管道风险评价单元划分利用管道的参考要素存在明显区别的点来划分，根据 6.2.1 中参考要素的重要性逐次进行评价单元的划分。评价单元划分方法有动态分段法和人工分段法两种。

- a) 采用动态分段法进行评价单元划分时，可同时参考多个风险要素，将各参考要素特征信息转化为动态地图对评价单元进行划分；
- b) 采用人工分段法进行评价单元划分时，须在充分收集和分析历史资料的基础上，以人工走线的方式完成，其具体作法如下：
 - 沿管道 1km 长管段的地区级别变化超过一个等级，应增加分段点。此类分段每公里不得超过一

次，只要人口密度保持稳定，则不必插入分段点。出现这种情况的区别点，一般在城市、场镇边界处；

- 当相邻两段敷设方式变化，或土壤腐蚀状况变化达到 30%以上时应增加一个分段点；
- 当管道出现压力等级变化分界点时应增加分段点；
- 遇到管道的管龄不同时应增加一个分段点；
- 当管道外防腐层状况发生严重变化时应增加一个管线分段点；
- 在管道腐蚀出现严重变化处应增加分段点；
- 当出现水毁、泥石流、不均匀沉降等地灾区域，应增加一个分段点。

6.3 调查表填写

对管道进行评价单元划分后，应分别对每评价单元进行数据采集，分析评价各评价单元的失效概率指标和失效后果指标，并按要求填入《管道分段风险因素调查表》中，格式参见附录 B。

6.4 计算方法

相对风险值的计算公式：

$$R= L/C \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$L= E+F+S+W \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$C= P_u/D \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$D= V/P_o \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$V=Q /K \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- R ——燃气站场相对风险值；
- L ——评价指数和；
- C ——泄漏影响系数；
- E ——设计指数；
- F ——腐蚀指数；
- S ——第三方指数；
- W ——误操作指数；
- P_u ——介质危险性；
- D ——扩散系数；
- D_o ——长期危险性；
- V ——泄漏系数；
- Q ——泄漏量；
- K ——泄漏扩散模式；
- P_o ——人口密度。

本标准涉及的管输介质为净化天然气，其介质危险性取值为7。

扩散系数中的“气体泄漏扩散量”按管道发生灾难性事故(完全断裂)，天然气连续泄漏10min的气体体积进行取值，可参照附录C中公式简化计算。

6.5 风险等级划分

将计算出的相对风险值对照风险等级划分表确定其风险等级(见表1)。

表 1 相对风险等级划分表

序号	相对风险分值	风险等级
1	185~335	低
2	139~184	较低
3	78~138	中等
4	32~77	较高
5	0~31	高

7 报告编制

完成风险评价工作后，应出具评价报告书，评价报告的内容应包括：

- 评价目的、依据、方法；
- 评价对象的数据资料采集；
- 风险要素识别与评价单元划分；
- 风险计算结果及评价结论；
- 高风险因素分析及风险减缓建议。

评价报告的有效时间为风险评价的影响因素未发生变化之前，若影响因素变化则评价结果的有效性终止，应重新进行评价。

附录 A
(规范性附录)
城镇燃气钢质管道评价指标

城镇燃气钢质管道风险评价影响因素指标体系包含第三方影响评分、腐蚀影响评分、设计影响评分、误操作影响评分、泄漏影响系数五个方面，见表 A.1。

表 A.1 评价指标及评分说明表

一级指标	二级指标	三级指标	指标选项	各项评分	备注
第三方 损坏	埋地管道	覆土最小厚度	管道埋深(cm)	实测值	各项得分之和除以6,此项总分不超过25
		附加保护层	6cm 水泥保护层	20	
			12cm 水泥保护层	30	
			管道套管	60	
			加强水泥盖板	60	
			无保护层	0	
	水下穿越 管道	低于河床表面以下深度	0~0.5m	0	
			0.5~1.0m	6	
			1.0~1.5m	10	
			1.5~2.0m	15	
			0~5.0m	21	
			>5.0m	25	
		穿越管道保护	无保护措施	0.5	乘以 上一项
			有保护措施	1	
	地面管道	敷设方式	沿地面敷设	0.5	乘以 下一项
			架空敷设	1	
		保护措施	无保护措施	5	
			有保护措施，第三方容易接近	10	
			有保护措施，第三方很难接近	20	
	管道线路 标识	线路标识完好程度	所有线路标识完好无损	5.6	
			80%以上完好	4.7	
			60%以上完好	3.7	
			40%以上完好	2.8	
不足 40%			1.4		
无各种线路标识			0		

表 A.1 评价指标及评分说明表(续)

一级指标	二级指标	三级指标	指标选项	各项评分	备注		
第三方 损坏	管道线路 标识	线路标识与实际情况的 符合程度	100%符合	5.4			
			60%以上符合	3.2			
			30%以上符合	1.6			
			30%以下不符合	0			
	管道地面装置 (多选项)		无地面装置	7.8			
			与公路的距离大于 60m	4.2			
			有保护围栏	2.6			
			有警示标志符号	1			
	巡线质量		好	11.2			
			一般	6.8			
			差	3.4			
			不巡线	0			
	安全预警与监测系统		有健全的安全预警措施	5.4			
			有部分的安全预警措施	2.7			
			无安全预警措施	0			
	安全距离		不存在安全距离不足的建筑	5.9			
			存在 1~5 处安全距离不足的建筑	3.5			
			存在 5 处以上安全距离不足的建筑	0			
	地面活动 程度	地区级别		1 级地区	12.5		
				2 级地区	5		
				3 级地区	2.5		
				4 级地区	0		
		建设活动频繁程度			重工业生产地区	0	
					已建的经济技术开发区	2.1	
					规划的经济技术开发区	4.3	
					商贸繁华地区	6.4	
					未考虑开发的地	4.2	
		破坏形式特征 (多选项)			施工	4.2	
占压					2.1		
其他设施交叉					2.1		
碾压					2.1		
疏浚与清淤					1.1		
耕种					1.1		
无破坏					12.7		
破坏事件发生频率			发生 3 次以上	0	乘以 上一项		
			发生 2 次	0.3			
			发生 1 次	0.7			
			未发生	1			

表 A.1 评价指标及评分说明表(续)

一级指标	二级指标	三级指标	指标选项	各项评分	备注
第三方 损坏	公众教育与法制观念	公众管道安全意识	强	5.9	
			一般	3	
			弱	0	
		经济发达程度	GDP(人均, ¥)>10000	3.5	
			GDP(人均, ¥)=5000~10000	2.3	
			GDP(人均, ¥)<5000	1.2	
		社会治安状况	从未发生过治安刑事案件	3.5	
			5年内发生1次~2次刑事案件	2.1	
			每年有1次~2次治安案件发生	1.4	
			每年都有刑事案件发生	0	
		宣传教育工作 (多选项)	定期到地方走访一次以上	0.8	
			定期与当地干部举行一次联席会	0.8	
			张贴或书写宣传标语	0.8	
			定期给沿线寄送宣传资料	0.8	
			充分利用媒体进行宣传	1.5	
	报警应急处置系统 (多选项)	报警应急处置系统的宣传广泛	1.2		
		对报警呼叫的回应处置恰当	1.2		
		应急处置操作时间及时	1.2		
		处置方法有效	1.2		
		应急处置过程记录的完整	1.2		
	事件响应	发现方式 (多选项)	地方政府通知	0.2	
			居民举报	0.4	
			信息员报告	0.6	
			巡线工报告	1.2	
			未发生事件	2.4	
		发现时间	事后发现	0	
			事中发现	0.7	
			事前发现	1.3	
未发生事件			2.6		
响应方式		核实	0		
		上报	0.9		
		立即现场处置	1.7		
		未发生事件	2.6		
响应速度		超过24h	0		
		24h内	0.8		
		8h内	1.7		
		1h内	3.3		
		0.5h内	4.2		

表 A.1 评价指标及评分说明表(续)

一级指标	二级指标	三级指标	指标选项	各项评分	备注	
第三方损坏	事件响应	响应速度	未发生事件	5		
	处置与防范	处置方式	撤除	0.5		
			确定施工边界	0.9		
			卸载	1.4		
			制止	1.8		
			监督施工	2.3		
			保卫	2.7		
			未发生	3.6		
		处置效果	屡禁不止	0		
			短期有效	0.8		
			不明显	1.1		
			明显	2.3		
			未发生	3		
		防范措施	有技防措施和人防措施	6.7		
			有技防措施	4.5		
			有人防措施	2.2		
			无	0		
	整体防范效果	明显	2.3			
		不明显	1.7			
		短期有效	0.6			
无效		0				
腐蚀	公共属性	管体缺陷	无缺陷	3.8		
			有一般缺陷	2.5		
			有严重缺陷	1.3		
			有严重缺陷且数量众多	0		
		管道系统年限	0年~5年的运行年龄	5.8		
			5年~15年的运行年龄	7		
			15年~20年的运行年龄	3.5		
			20年~25年的运行年龄	1.2		
			超过25年的使用年龄	0		
		涂层和检查	涂层材料	三层PE复合涂层	6.2	
				熔结环氧粉末	5	
				煤焦油瓷漆或环氧煤沥青	3.7	
				沥青加玻璃布	2.5	
	防锈油漆			1.2		
	无涂层			0		
	涂层质量	好	6.7			
		一般	4			

表 A.1 评价指标及评分说明表(续)

一级指标	二级指标	三级指标		指标选项	各项评分	备注
腐蚀	公共属性	涂层和检查	涂层质量	差	1.3	
				无	0	
			检查方式	用专门的仪器检查	2.9	
				人工检查	2	
				未做检查	0	
			缺陷修补质量	无缺陷或缺陷修补质量好	5.1	
				缺陷修补质量一般	3.4	
				缺陷修补质量差	1.7	
				有缺陷未修补或无涂层	0	
			大气腐蚀	地面管道状况 (多选项)		
	间歇性与水面接触	0.3				
	支撑或吊架	0.5				
	有防腐绝缘层	0.6				
	有套管保护	0.9				
	大气环境			海洋大气	0	
				工业大气	1.1	
				城市大气	2.2	
				乡村大气	3.3	
	气候条件	湿度			年平均空气相对湿度 $\leq 60\%$	1.9
					$60\% < \text{年平均空气相对湿度} \leq 75\%$	1
					年平均空气相对湿度 $> 75\%$	0
		温度			年平均气温 $\geq 15^\circ\text{C}$	0
					年平均气温 $< 15^\circ\text{C}$	1
	内腐蚀	介质类型		H_2S 和 CO_2 含量均达标	5.4	
				H_2S 含量达标	4.3	
				CO_2 含量达标	3.2	
				H_2S 和 CO_2 含量均不达标	2.2	
				H_2S 或 CO_2 含量严重超标	0	
		介质含水量		$\text{H}_2\text{O} \leq 0.5\%$	2.5	
				$0.5\% < \text{H}_2\text{O} \leq 2.0\%$	1.9	
$2.0\% < \text{H}_2\text{O} \leq 3.0\%$				1.3		
$3.0\% < \text{H}_2\text{O} \leq 5.0\%$				0.6		
$\text{H}_2\text{O} > 5.0\%$				0		
内防腐措施 (多选项)			无任何措施	0		
			内腐蚀检测	1		
			定期清管	0.5		
			内涂层	1.2		
			运行操作措施	1.5		

表 A.1 评价指标及评分说明表(续)

一级指标	二级指标	三级指标	指标选项	各项评分	备注	
腐蚀	定期检测	检测项目 (多选项)	管道定位检测	0.6		
			防腐层检测	0.6		
			管体缺陷检测	0.6		
			泄漏检测	0.6		
			阴保有效性测试	0.6		
			无	0		
		检测频率	检测周期小于6个月	2.6		
			检测周期为6个月~1年	1.3		
			检测周期大于1年	0		
		检测人员素质	检测技术好和工作责任心强	2.4		
			检测技术差或工作责任心差	1.2		
			检测技术差和工作责任心差	0		
	埋地金属 腐蚀	深根植物分布	不存在深根植物	2		
			存在深根植物	0		
		土壤腐蚀性	土壤电阻率	低电阻率(高腐蚀电位), $<20\Omega \cdot m$	0	
				中等电阻率, $20\Omega \cdot m \sim 50\Omega \cdot m$	1.1	
				次高电阻率, $50\Omega \cdot m \sim 100\Omega \cdot m$	2.3	
				高电阻率(低腐蚀电位), $>100\Omega \cdot m$	3	
			含水量	$H_2O \leq 5.0\%$	2.5	
				$5.0\% < H_2O \leq 10.0\%$	1.3	
				$10.0\% < H_2O \leq 15.0\%$	0	
				$15.0\% < H_2O \leq 20.0\%$	0.8	
				$H_2O > 20.0\%$	1.7	
			含盐量	$<1\%$	2.3	
				$1\% \sim 5\%$	1.8	
				$5\% \sim 10\%$	1.4	
		$10\% \sim 75\%$		0.5		
		$>75\%$		0		
		PH 值	>8.5	2		
			$7 \sim 8.5$	1.5		
			$5.5 \sim 7$	1		
			$4.5 \sim 5.5$	0.5		
<4.5			0			
埋地金属 腐蚀		阴极 保护	阴极保护 系统	有阴极保护	1	
				无阴极保护	0	

表 A.1 评价指标及评分说明表(续)

一级指标	二级指标	三级指标	指标选项	各项评分	备注	
腐蚀	埋地金属 腐蚀	阴极 保护	系统完好性	良好	3.5	
				一般	1.8	
				差	0	
		其他金属	系统有效性	保护率和通电率达到 98%	3	
				保护率和通电率达到 80%以上	1.5	
				保护率和通电率达到 60%以上	0.8	
				保护率和通电率不到 60%	0	
		其他金属	干扰电流	无	3	
				1~10 次	1.8	
				10~25 次(或在 20m 内有另一平行钢管)	0.6	
				多于 25 次(或有同沟的另一钢管)	0	
		其他金属	干扰电流	在距离管道 15m 内无交流电源	7.2	
				附近有交流电源, 但有屏蔽保护措施	3.6	
				附近有交流电源, 未采取保护措施	0	
		设计	管道设计安全系数		见公式(A.1), 计算结果不超过 13.2 分	
系统安全系数			>3.0	10.9		
			1.75~3.0	8.7		
			H=1.50~1.74	7.3		
			H=1.25~1.49	5.8		
			H=1.10~1.24	2.9		
			H=1.00~1.09	0		
			H<1.00	-3.6		
管材选择			无缝钢管	11.2		
			焊接钢管	8.4		
			铸铁管	5.6		
			其它管材	2.8		
安全系统			安全设施完善、设备选型合理	6.9		
			有安全设施, 但设备选型不合理	3.5		
			未设计任何安全设施	0		
系统水压试验			见公式(A.2), 计算结果不超过 16.6 分			
环境与地质灾害			在所有可能地段均做防灾设计	5.2		
			只在明显地段做防灾设计	3.9		
			防灾设计不充分	3.1		
			在明显地段未做防灾设计	2.1		
			未做防灾设计	0		

表 A.1 评价指标及评分说明表(续)

一级指标	二级指标	三级指标	指标选项	各项评分	备注
误操作	设计因素	危险因素识别	完全按设计规范制定设计方案	3.3	
			参照相近设计规范制定设计方案	2	
			设计单位的资质不符合要求	0.7	
			未经设计的建设项目	0	
		超压保护	考虑了超压自动保护系统	3.1	
			考虑了超压手动保护系统	1.9	
			考虑了超压报警装置	0.6	
			无任何超压保护系统	0	
		安全系统	不需要设计安全保护系统	2.8	
			多级安全装置	2.1	
			一级安全装置	1.4	
			无安全装置	0	
		材料选择	管材及防腐材料合理	2.4	
			管材合理，防腐材料不合理	1.8	
			防腐材料合理，管材不合理	1.2	
			使用现有材料	0.6	
	设计审查	经过专人审查	2		
		未经审查	0		
	设计单位及人员	国家级资质	2.4		
		行业认可资质	1.9		
		企业认可资质	1		
		无资质	0		
	施工因素	检验	施工全过程有完整的检验记录	6.7	
			重要施工环节有检验记录	5.4	
			只有焊口探伤检验记录	4	
			检验记录不连续	2.7	
			有修补但无修补记录	1.3	
			无任何检验记录	0	
材料		有详细的材料使用记录	3.6		
		材料使用记录不完整	1.8		
		无材料使用记录	0		
焊接点检测率		焊接点的检测率达 100%	2.5		
		焊接点的检测率达 80%~99%	2		
		焊接点的检测率达 60%~79%	1		
	焊接点的检测率低于 60%	0			

表 A.1 评价指标及评分说明表(续)

一级指标	二级指标	三级指标	指标选项	各项评分	备注
误操作	施工因素	焊接质量	良好	3.2	
			合格	2.6	
			有一般缺陷	1.3	
			有严重缺陷	0	
		回填	回填正确，无遗留问题	3.6	
			回填不正确，未出现沉降和土壤移动	1.8	
			回填不正确，出现沉降和土壤移动	0.9	
			未回填	0	
		管件预处理	处理方法正确	1.8	
			处理方法不当	0.6	
			管件存放和装卸问题严重	0	
		涂层补口	涂层补口质量好	2.5	
			涂层补口质量一般	1.5	
			涂层补口质量差	0	
		施工管理措施	有管理制度并严格按规程执行	2.1	
			管理制度不完善或执行不严	0.7	
			无管理制度	0	
		施工单位及人员	国家级资质	3.5	
			行业认可资质	2.8	
			企业认可资质	1.4	
			无资质	0	
		施工监督	有监督制度并严格按执行	2.8	
			监督制度不完善或执行不严	0.9	
			无监督制度	0	
	施工验收	严格按设计文件执行验收	3.2		
		验收执行不严	1.1		
		未执行验收	0		
	运行因素	规程	操作保养、仪器标定等严格按规程执行	2.2	
			各项规程未得到落实	0.7	
			无规程	0	
		电力电信系统	各站之间配有专用通信工具	1.6	
			通信设备未固定专用	0.8	
			通信设备故障未及时排除	0	
		安全措施	安全责任制健全并严格执行	3.3	
			有安全责任制但执行不严	1.1	
			无安全责任制	0	
检测		制订有检测规程和制度且执行良好	2.6		
		执行检测制度不规范	0.9		
		无检测规程和制度	0		

表 A.1 评价指标及评分说明表(续)

一级指标	二级指标	三级指标	指标选项	各项评分	备注
误操作	运行因素	职工培训	有培训计划并严格执行	2.9	
			有培训计划未落实	1.7	
			无培训计划	0.6	
			操作员工未经岗前培训	0	
		机械防错装置 (多选项)	装有带双仪表的三通阀门	0.7	
			装有锁定装置	0.4	
			计算机控制方式	0.4	
			重要部件有色彩提示	0.4	
			无任何防错措施	0	
		运行监督	有监督制度并执行	2.7	
			监督制度不完善或执行不严格	0.9	
			无监督制度	0	
	维护因素	工作文件	维护工作文件保存完好	1.9	
			无维护工作文件	0	
		修复方式	永久性修复	3	
			临时性修复	2	
			监测	1	
			不修复	0	
		线路保护构筑物状况	状况良好	3	
			有部分损坏或部分丧失保护性	2	
			有大面积损坏或基本丧失保护性	0.5	
			完全损坏或完全丧失保护性	0	
		维护计划	定期维护	1.9	
			不定期维护	1	
			无维护计划	0	
		规程	有维护保养规程并执行	2.7	
			有维护保养规程未全部执行	2	
			无规程但有维护记录	1.5	
			无规程也无记录	0	
		维护人员责任心	工作责任心强	3.8	
	工作责任心差		0		
	维护人员技术水平	由相关专家参与维护工作	3.2		
由专业技术人员参与维护工作		2.4			
由一般技术人员参与维护工作		0.8			
无技术人员参与维护工作		0			

表 A.1 评价指标及评分说明表(续)

一级指标	二级指标	三级指标	指标选项	各项评分	备注	
泄漏影响系数	管输介质危害性		甲烷的介质危害性	7		
	扩散系数	泄漏系数	泄漏量	0 m ³ ~ 5000 m ³	3	
				5000 m ³ ~ 50000 m ³	2.5	
				50000 m ³ ~ 500000 m ³	2	
				500000 m ³ ~ 1000000 m ³	1.5	
				> 1000000 m ³	1	
				直接扩散到大气	0.5	
		扩散到致密性覆盖层	1			
		扩散到孔隙性覆盖层	2			
		沿着沟井蔓延	3			
		人口密度			1 级地区	1
	2 级地区				2	
	3 级地区				3	
	4 级地区				4	

注1：管道设计安全系数的计算方法见公式(A.1)。

$$A = (C_1 \div C_2 - 0.5) \times 20 \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

- A ——管道设计安全系数；
- C₁ ——管道实际壁厚，单位为毫米(mm)；
- C₂ ——管道设计壁厚，单位为毫米(mm)。

注2：系统水压试验指标的计算方法见公式(A.2)。

$$P = (P_1 \div P_2 - 1) \times 30 + 5 - N \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

- P ——系统水压试验指标；
- P₁ ——试验压力，单位为兆帕(MPa)；
- P₂ ——最大允许工作压力，单位为兆帕(MPa)；
- N ——上次试压至今的年数。

附录 B

(资料性附录)

城镇燃气钢质管道风险要素调查

城镇燃气钢质管道风险要素调查内容见表B.1。

表 B.1 风险要素调查表

管道名称:

分段编号: ()

分段日期		起点位置		终点位置		
管段长度	m	位置	m	位置	m	
第一项 第三方损坏						
序号	指标名称		指标说明			
1	埋地管道	覆土最小厚度	()cm			
		附加保护层	①6cm 水泥保护层 ④加强水泥盖板	②12cm 水泥保护层 ⑤无保护层	③管道套管	
	水下穿越管道	低于河床表面以下深度	①0m~0.5m ④1.5m~2.0m	②0.5m~1.0m ⑤2.0m~5.0m	③1.0m~1.5m ⑥>5.0m	
		穿越管道保护	①无保护措施		②有保护措施	
	地面管道	敷设方式	①沿地面敷设		②架空敷设	
		保护措施	①无保护措施 ③有保护措施, 第三方很难接近 ④有保护措施, 第三方不可能接近			
2	管道线路标识	线路标识完好程度	①所有线路标识完好无损 ④40%以上完好			
		与实际情况符合程度	②80%以上完好 ⑤不足40% ③60%以上完好 ⑥无各种线路标识			
3	管道地面装置 (多选项)		①无地面装置 ③地面装置有保护围栏			
4	巡线质量		②地面装置与公路的距离大于60m ④地面装置上有警示标志符号			
5	安全预警与监测系统		①好 ②一般 ③差 ④不巡线			
6	安全距离不足的建筑情况		①有健全的安全预警措施 ②有部分措施 ③无措施			
7	地面活动程度	地区级别	①不存在 ②存在1处~5处 ③存在5处以上			
		建设活动频繁程度	①1级地区(200m范围内的住户数低于12户) ②2级地区(200m范围内的住户数为12户~80户) ③3级地区(200m范围内的住户数大于80户) ④4级地区(200m范围内聚集有多层建筑物)			
		破坏形式特征 (多选项)	①重工业生产地区 ③规划的经济技术开发区 ④商贸繁华地区 ⑤未考虑开发的地区			
		破坏事件发生频率	①施工 ②占压 ③其它设施交叉 ④碾压 ⑤疏浚清淤 ⑥耕种 ⑦无破坏			
		破坏事件发生频率	①发生3次以上 ②发生2次 ③发生1次 ④未发生			

表 B.1 风险要素调查表(续)

序号	指标名称		指标说明	
8	公众教育与法制观念	公众管道安全意识	①强 ②一般 ③弱	
		经济发达程度	①GDP(人均, ¥)>10000 ②GDP(人均, ¥)=5000~10000 ③GDP(人均, ¥)<5000	
		社会治安状况	①从未发生过治安和刑事案件 ②5年内发生过1次~2次刑事案件 ③每年有1次~2次治安案件发生 ④每年都有刑事案件发生	
		宣传教育工作 (多选题)	①定期到地方走访一次以上 ②定期与当地干部举行一次联席会 ③张贴或书写宣传标语 ④定期给沿线寄送宣传资料 ⑤充分利用媒体进行宣传	
9	报警应急处置系统 (多选题)		①报警应急处置系统的宣传广泛 ②对报警呼叫的回应处置恰当 ③应急处置操作时间及时 ④处置方法有效 ⑤应急处置过程记录的完整	
10	事件响应	发现方式(多选题)	①地方政府通知 ②居民举报 ③信息员报告 ④巡线工报告 ⑤未发生	
		发现时间	①事后发现 ②事中发现 ③事前发现 ④未发生	
		响应方式	①核实 ②上报 ③立即现场处置 ④未发生	
		响应速度	①超过24h ②24h内 ③8h内 ④1h内 ⑤0.5h内 ⑥未发生	
11	处置与防范	处置方式	①撤除 ②确定施工边界 ③卸载 ④制止 ⑤监督施工 ⑥保卫 ⑦未发生	
		处置效果	①屡禁不止 ②短期有效 ③不明显 ④明显 ⑤未发生	
		防范措施	①有技防和人防措施 ②有技防措施 ③有人防措施 ④无	
		整体防范效果	①短期有效 ②不明显 ③明显 ④无效	
第二项 腐蚀				
12	公共属性	管体缺陷	①无缺陷 ②有一般缺陷 ③有严重缺陷 ④有严重缺陷且数量众多	
		管道系统年龄	①0年~5年 ②5年~15年 ③15年~20年 ④20年~25年 ⑤超过25年	
		涂层材料	①三层PE复合涂层 ②熔结环氧粉末 ③煤焦油瓷漆或环氧煤沥青 ④沥青加玻璃布 ⑤防锈油漆 ⑥无涂层	
		涂层质量	①好 ②一般 ③差 ④无	
		检查方式	①用专门的仪器检查 ②人工检查 ③未做检查	
		缺陷修补质量	①无缺陷或缺陷修补质量好 ②缺陷修补质量一般 ③缺陷修补质量差 ④有缺陷未修补或无涂层	
13	大气腐蚀	地面管道状况 (多选题)	①空气/水界面 ②间歇性与水面接触 ③支撑或吊架 ④有防腐绝缘层 ⑤有套管保护	
		大气环境	①海洋大气 ②工业大气 ③城市大气 ④乡村大气	
		气候条件	湿度	①年平均空气相对湿度≤60% ②60%<年平均空气相对湿度≤75% ③年平均空气相对湿度>75%
			温度	①年平均气温≥15℃ ②年平均气温<15℃
14	内腐蚀	介质类型	①H ₂ S和CO ₂ 含量均达标 ②H ₂ S含量达标 ③CO ₂ 含量达标 ④H ₂ S和CO ₂ 含量均不达标 ⑤H ₂ S或CO ₂ 含量严重超标	

表 B.1 风险要素调查表(续)

序号	指标名称		指标说明	
15	内腐蚀	介质含水量	① $H_2O \leq 0.5\%$ ② $0.5\% < H_2O \leq 2.0\%$ ③ $2.0\% < H_2O \leq 3.0\%$ ④ $3.0\% < H_2O \leq 5.0\%$ ⑤ $H_2O > 5.0\%$	
		内防腐措施 (多选题)	①无任何措施 ②内腐蚀检测 ③定期清管 ④内涂层 ⑤运行操作措施	
16	定期检测	检测项目 (多选题)	①管道定位检测 ②防腐层检测 ③管体缺陷检测 ④泄漏检测 ⑤阴保有效性测试 ⑥无	
		检测频率	①周期小于 6 个月 ②周期为 6 个月~1 年 ③周期大于 1 年	
		检测人员素质	①检测技术好和工作责任心强 ②检测技术差或工作责任心差 ③检测技术差和工作责任心差	
17	埋地金属 腐蚀	地貌特征	①山坡 ②旱地 ③河滩 ④公路穿越 ⑤水田	
		深根植物分布	①管道分布带上不存在深根植物 ②管道分布带上存在深根植物	
		土壤 腐蚀性	土壤电阻率	①低电阻率(高腐蚀电位), $< 20\Omega.m$ ②中等电阻率, $20 \sim 50\Omega.m$ ③次高电阻率, $50 \sim 100\Omega.m$ ④高电阻率(低腐蚀电位), $> 100\Omega.m$
			含水量	① $H_2O \leq 5.0\%$ ② $5.0\% < H_2O \leq 10.0\%$ ③ $10.0\% < H_2O \leq 15.0\%$ ④ $15.0\% < H_2O \leq 20.0\%$ ⑤ $H_2O > 20.0\%$
			含盐量	① $< 1\%$ ② $1\% \sim 5\%$ ③ $5\% \sim 10\%$ ④ $10\% \sim 75\%$ ⑤ $\geq 75\%$
			PH 值	① > 8.5 ② $7 \sim 8.5$ ③ $5.5 \sim 7$ ④ $4.5 \sim 5.5$ ⑤ < 4.5
		阴极 保护	阴极保护系统	①有阴极保护 ②无阴极保护
			系统完好性	①良好 ②一般 ③差
			系统有效性	①保护率和通电率均达到 98% ②保护率和通电率达到 80%以上 ③保护率和通电率达到 60%以上 ④保护率和通电率不到 60%
		其他金属	①无 ③10~25 次(或在 20m 范围内有另一平行钢管) ②1~10 次 ④多于 25 次(或有同沟的另一钢管)	
干扰电流	①在距离管道 15m 内无干扰电流 ③附近有干扰电流, 未采取保护措施 ②有干扰电流并采取了屏蔽保护措施			
第三项 设计				
18	管道设计安全系数		管道实际壁厚()mm	
			按设计压力确定的管道壁厚()mm	
19	系统安全系数		① > 3.0 ② $1.75 \sim 2.99$ ③ $H = 1.50 \sim 1.74$ ④ $H = 1.25 \sim 1.49$ ⑤ $H = 1.10 \sim 1.24$ ⑥ $H = 1.00 \sim 1.09$ ⑦ $H < 1.00$	
20	管材选择		①无缝钢管 ②焊接钢管 ③铸铁管 ④其他管材	
21	安全系统		①安全设施完善、设备选型合理 ②有安全设施, 但设备选型不合理 ③未设计任何安全设施	
22	系统水压试验		试验压力 P_t () MPa	
			最大允许工作压力 P_w () MPa	
			上次试压至今的年数() 年	
23	环境与地质灾害		①在所有可能地段均做防灾设计 ②只在明显地段做防灾设计 ③防灾设计不充分 ④在明显地段未做防灾设计 ⑤未做防灾设计	

表 B.1 风险要素调查表(续)

序号	指标名称		指标说明
第四项 误操作			
24	设计因素	危险因素识别	①完全按设计规范制定设计方案 ②参照相近设计规范制定设计方案 ③设计单位的资质不符合要求 ④未经设计的建设项目
		超压保护	①考虑了超压自动保护系统 ②考虑了超压手动保护系统 ③考虑了超压报警装置 无任何超压保护系统
		安全系统	①不需要设计安全保护系统 ②多级安全装置 ③一级安全装置 ④无安全装置
		材料选择	①管材及防腐材料选材合理 ②管材合理,防腐材料不合理 ③防腐材料合理,管材不合理 ④使用现成材料
		设计审查	①设计方案经过专人审查 ②设计方案未经审查
		设计单位及人员	①国家级资质 ②行业认可资质 ③企业认可资质 ④无资质
25	施工因素	检验	①施工全过程均有完整的检验记录 ②重要施工环节有检验记录 ③只有焊口探伤检验记录 ④检验记录不连续 ⑤有修补但无修补记录 ⑥无任何检验记录
		材料	①有详细的材料使用记录 ②材料使用记录不完整 ③无使用记录
		焊接点检测率	①焊接点的检测率达 100% ②焊接点的检测率达 80~99% ③焊接点的检测率达 60~79% ④焊接点的检测率低于 60%
		焊接质量	①良好 ②合格 ③有一般缺陷 ④有严重缺陷
		回填	①回填正确,无遗留问题 ②回填不正确,未出现沉降和土壤移动 ③回填不正确,出现沉降和土壤移动 ④未回填
		管件预处理	①处理方法正确 ②处理方法不当 ③管件存放和装卸问题严重
		涂层补口	①涂层补口质量好 ②涂层补口质量一般 ③涂层补口质量差
		施工管理措施	①有管理制度并严格按规程执行 ②制度不完善或执行不严 ③无制度
		施工单位及人员	①国家级资质 ②行业认可资质 ③企业认可资质 ④无资质
		施工验收	①严格按设计文件执行验收 ②验收执行不严 ③未执行验收
26	运行因素	规程	①设备操作保养、仪器标定严格按规程执行 ②各项规程未得到落实 ③无
		电力电信系统	①有专用通讯工具 ②通信设备未固定专用 ③通信设备故障未及时排除
		安全措施	①安全责任制健全并严格执行 ②有安全责任制但执行不严 ③无制度
		检测	①制订有检测规程和制度且执行良好 ②执行检测制度不规范 ③无检测规程和制度
		职工培训	①有培训计划并严格执行 ②有培训计划未落实 ③无培训计划 ④操作人员未经岗前培训
		机械防错装置 (多选项)	①装有带双仪表的三通阀门 ②装有锁定装置 ③计算机控制方式 ④重要部件有色彩提示 ⑤无任何防错措施
		运行监督	①有监督制度并严格执行 ②监督制度不完善或执行不严 ③无监督制度
27	维护因素	工作文件	①维护工作文件保存完好 ②无维护工作文件
		修复方式	①永久性修复 ②临时性修复 ③监测 ④不修复

表 B.1 风险要素调查表(续)

序号	指标名称		指标说明
28	维护因素	线路保护 构筑物状况	①状况良好 ②有部分损坏或部分丧失保护性 ③有大面积损坏或基本丧失保护性 ④完全损坏或完全丧失保护性
		维护计划	①定期维护 ②不定期维护 ③无维护计划
		规程	①有维护保养规程并得到执行 ②有维护保养规程未全部执行 ③无规程但有维护记录 ④无规程也无记录
		维护人员责任心	①工作责任心强 ②工作责任心差
		维护人员技术水平	①由相关专家参与维护工作 ②由专业技术人员参与维护工作 ③由一般技术人员参与维护工作 ④无技术人员参与维护工作
第五项 泄漏影响系数			
29	管输介质危害性		①合格的商品天然气 ②其它介质
30	扩散系数	泄漏系数	按照 10 分钟后管输介质的泄漏数量来评分： ①0 m ³ ~ 5000 m ³ ②5000 m ³ ~ 50000 m ³ ③50000 m ³ ~ 500000 m ³ ④500000 m ³ ~ 1000000 m ³ ⑤>1000000 m ³
		泄漏扩散 模式	①直接扩散到大气 ②扩散到致密性覆盖层 ③扩散到孔隙性覆盖层 ④沿着沟井蔓延
		人口密度	①1 级地区(1.6km×400m 范围内住户数低于 12 户) ②2 级地区(1.6km×400m 范围内住户数为 12~80 户) ③3 级地区(1.6km×400m 范围内住户数大于 80 户) ④4 级地区(1.6km×400m 范围内聚集有多层建筑物)
31	泄漏 历史	泄漏次数	①未泄漏过 ②有过 1 次泄漏 ③有过 2 次泄漏 ④有过 3 次以上泄漏
		泄漏原因	①焊接质量 ②腐蚀穿孔 ③人为破坏 ④运行误操作 ⑤不考虑

调 查:

记 录:

校 核:

附 录 C
(资料性附录)
天然气泄漏量计算公式

管道天然气泄漏量按照如下公式计算：

管输压力大于或等于0.18MPa时，按照(C.1)公式进行计算，管输压力小于0.18MPa时，按照(C.2)公式进行计算。

$$Q = 0.0017AP_1t \dots\dots\dots (C.1)$$

$$Q = 0.0075AP_1t \sqrt{\left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{1.54} \left[1 - \left(\frac{P_0}{P_1}\right)^{0.23}\right]} \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

- Q ——泄漏量，单位为立方米(m³)；
- A ——泄漏孔面积，即泄漏面积，单位为平方米(m²)；
- P_1 ——气体泄漏前压力，单位为帕(Pa)；
- P_0 ——大气压力，单位为帕(Pa)；
- t ——泄漏时间，单位为秒(s)。

参 考 文 献

- [1] GB/T 13611 城镇燃气分类和基本特性
 - [2] GB/T 15957 大气环境腐蚀性分类
 - [3] GB 17820 天然气
 - [4] GB 50028 城镇燃气设计规范
 - [5] GB 50494 城镇燃气技术规范
 - [6] CJJ 51 城镇燃气设施运行、维护和抢修安全技术规程
 - [7] CJJ 95 城镇燃气埋地钢制管道腐蚀控制技术规程
 - [8] SY/T 5918 埋地钢质管道外防腐层修复技术规范
 - [9] SY/T 6621 输气管道系统完整性管理
-