

长输天然气管道检验规程（常规检验）

Inspection code of practice for long-distance natural gas pipelines
(Normal inspection)

2024 - 07 - 30 发布

2024 - 08 - 30 实施

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 一般要求 2

 4.1 检验机构和检验检测人员 2

 4.2 使用单位 2

5 检验前准备 2

 5.1 资料审查 2

 5.2 潜在危险的分析 3

 5.3 方案制定 3

6 年度检查 3

 6.1 重点检查位置 3

 6.2 检验项目 3

 6.3 检验结论与报告 4

 6.4 检验问题的处理 4

7 定期检验（常规检验） 4

 7.1 现场检验 4

 7.2 适用性（合于使用）评价 5

 7.3 管道综合评价等级 7

 7.4 检验结论 7

8 检验报告与问题处理 8

附录 A（规范性） 长输天然气管道年度检查的项目与要求 9

附录 B（规范性） 长输天然气管道外腐蚀外检测项目及要​​求 11

附录 C（规范性） 专项检验要求 17

附录 D（规范性） 模糊数学综合评价方法 19

附录 E（规范性） 长输天然气管道年度检查报告格式 21

附录 F（规范性） 长输天然气管道定期检验报告格式 24

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 DB34/T 728-2018《长输天然气管道检验规程（直接检测）》。与 DB34/T 728-2018相比，除编辑性修改外，主要技术变化如下：

- a) 更改了文件名称：长输天然气管道检验规程（常规检验）；
- b) 更改了“术语和定义”内容，修改“在线检验”为“年度检查”、“全面检验”为“定期检验”，对“定期检验”重新进行定义，增加了“常规检验”定义，修改“合于使用评价”为“适用性（合于使用）评价”（见 3.1、3.2、3.3 和 3.4，2018 年版的 3.1、3.2、3.3）；
- c) 更改了“一般要求”内容，将“检验周期的缩短”内容放到了第 7 章，删除了“应立即进行全面检验和合于使用评价的情况”内容（见 7.4.3，2018 年版的 4.2）；
- d) 更改了“检验方案制定”内容，将“检验方案制定”修改为“检验前准备”，增加了“潜在危险的分析”内容（见 5.3，2018 年版的 5.2）；
- e) 更改了“年度检查”内容，修改了“重点检验位置”内容，修改了“检验项目”内容，修改了“检验结论”内容（见 6.1、6.2、6.3，2018 年版的 6.1、6.2、6.3）；
- f) 更改了“全面检验与合于使用评价”内容，将“全面检验与合于使用评价”修改为“定期检验（常规检验）”，现“定期检验”包含原合于使用评价内容，定期检验的方法中增加了“内检测”、“耐压试验”内容，修改了“检验周期的确定”内容（见 7.1.3、7.1.5、7.4.1、7.4.2、7.4.3，2018 年版的 7.3）；
- g) 更改“附录 B 长输天然气管道全面检验项目与要求”为“附录 B 长输天然气管道外腐蚀外检测项目及要求”内容，并删除了原附录 B 除腐蚀防护系统检测以外的其他内容（见附录 B，2018 年版的附录 B）；
- h) 增加了“附录 C 专项检验要求”（见附录 C）。

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。

本文件由安徽省特种设备检测院提出。

本文件由安徽省市场监督管理局归口。

本文件起草单位：安徽省特种设备检测院。

本文件主要起草人：于磊、高坤、曹东、江峰、王天、李志宏、高薇、姚立东、张青斌、姜璐、郑益飞。

本文件所替代标准的历次版本发布情况为：

——2007年首次发布为DB34/T 728-2007，2018年第一次修订；

——本次为第二次修订。

长输天然气管道检验规程（常规检验）

1 范围

本文件规定了长输天然气管道检验的术语和定义、一般要求、检验前准备、年度检查、定期检验（常规检验）、检验报告与问题处理。

本文件适用于长输天然气管道及附属设施的常规检验。

本文件不适用于长输天然气管道站场内工艺管道的检验。

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 228 金属材料 拉伸试验
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 4336 碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法（常规法）
- GB/T 4340 金属材料 维氏硬度试验
- GB/T 13298 金属显微组织检验方法
- GB/T 16805 输送石油天然气及高挥发性液体钢质管道压力试验
- GB/T 19285 埋地钢质管道腐蚀防护工程检验
- GB/T 19624 在用含缺陷压力容器安全评定
- GB/T 27699 钢质管道内检测技术规范
- GB/T 30582 基于风险的埋地钢质管道外损伤检验与评价
- GB 32167 油气输送管道完整性管理规范
- GB/T 35013 承压设备合于使用评价
- GB/T 37368 埋地钢质管道检验导则
- GB/T 37369 埋地钢质管道穿跨越段检验与评价
- GB 50369 油气长输管道工程施工及验收规范
- NB/T 47013 承压设备无损检测
- SY/T 4109 石油天然气钢质管道无损检测
- SY/T 6477 含缺陷油气管道剩余强度评价方法
- TSG D7003 压力管道定期检验规则—长输管道

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

年度检查 annual inspection

在管道运行条件下由使用单位对管道是否存在影响安全运行的异常情况进行检查。

3.2

定期检验 regular inspection

特种设备检验机构按照一定的时间周期，根据有关安全技术规范、相关标准的规定，对在用管道安全状况进行的符合性验证活动。定期检验应在年度检查的基础上进行。首次定期检验应在投用后3年内完成。

3.3

常规检验 normal inspection

定期检验的一种，采用资料审查、现场检验和适用性（合于使用）评价对长输天然气管道进行的定期检验。

3.4

适用性（合于使用）评价 applicability (suitability for use) evaluation

对含有缺陷或损伤的管道进行的一种评价，以确定在预期的工作条件下是否可以继续安全运行。

4 一般要求

4.1 检验机构和检验检测人员

4.1.1 检验机构应取得长输管道定期检验资质，并且按照核准的范围从事相应工作；进行管道内检测的检验机构应具备与待检管道相匹配的内检测设备和能力；承担长输管道定期检验的检验检测人员应具有相应的资格并且按照相关规定进行执业公示。

4.1.2 检验机构接到使用单位检验申请后应及时安排检验，同时告知使用单位做好检验的准备工作。

4.1.3 检验机构应向使用单位提供检验方案以及检验检测人员资格情况；检验检测人员应按照批准的检验方案开展检验检测工作。

4.1.4 检验检测人员应遵守管道使用单位的安全作业管理规定，对检验检测过程中知悉的国家秘密、商业秘密负有保密义务。

4.1.5 检验机构应对管道定期检验报告的真实性、准确性、有效性负责。

4.2 使用单位

4.2.1 使用单位应制定检验计划，依据定期检验周期及时向检验机构申报定期检验。

4.2.2 检验前，使用单位应做好相应检验准备、配合和安全监护工作，向检验机构提交相关资料，并且对提交资料的真实性负责。

4.2.3 对检验中发现的需要处理的问题，提出处理措施并负责落实，及时将处理情况书面反馈给检验机构。

4.2.4 按定期检验报告要求的使用参数及条件运行管道，实施检验机构提出的运行维护措施。

5 检验前准备

5.1 资料审查

承担年度检查的人员应全面了解被检管道的使用、管理情况，并且在认真调阅管理安全资料和管道技术资料的基础上，对管道运行记录、管道隐患监护措施实施情况记录、管道改造施工记录、检修报告、管道故障处理记录进行审查，记录审查情况。

定期检验前，检验机构应对提交和收集的以下资料进行审查、分析：

- a) 设计资料，包括设计单位资质证明，设计、安装说明书，设计图样，强度计算书等；

- b) 安装资料，包括安装单位资质证明，竣工验收资料，以及管道施工监督检验证书和报告等；
- c) 改造或者修理资料，包括设计方案和竣工验收资料，以及安全技术规范要求的改造和重大修理监督检验证书和报告等；
- d) 使用管理资料，包括运行记录，运行条件变化情况记录，运行中出现异常及处理情况等；至少包括输送介质压力、流量记录、压力异常波动记录、电法保护运行记录、阴极保护系统故障记录，管道事故或者失效资料，管道的各类保护系统故障记录，管道的电法保护日常检查记录，输送介质分析报告（特别是含硫化氢、二氧化碳和游离水）；
- e) 检验、检查资料，包括安全附件校准、校验资料，定期检验周期内的年度检查报告和上一周期的定期检验报告；
- f) 管道监督检验和定期检验信息化管理要求的相关资料；
- g) 检验人员认为定期检验所需要的其他资料。

其中a)、b)、c)项在管道投用后的首次定期检验时应审查，以后的定期检验中可以根据需要查阅。

5.2 潜在危险的分析

定期检验前，检验机构应根据资料分析辨识所有危害管道结构完整性的潜在危险。这些潜在危险主要分为以下几种：

- a) 固有危险，如制造与安装、改造、维修施工过程中产生的缺陷；
- b) 运行过程中与时间有关的危险，如内腐蚀、外腐蚀、应力腐蚀；
- c) 运行过程中与时间无关的危险，如第三方破坏、外力破坏、误操作；
- d) 其他危害管道安全的潜在危险。

5.3 方案制定

管道检验前，检验机构在资料审查及潜在危险的分析基础上，应根据本文件，结合管道使用年限、运行状况、危险程度等因素制定检验方案。检验方案应征求使用单位的意见，经过检验机构技术负责人或授权人审查批准。

6 年度检查

6.1 重点检查位置

以下位置为重点检查位置：

- a) 管道穿、跨越段；
- b) 管道出土、入土点，管道阀室、分输点；
- c) 高后果区内的管道（高后果区的确定准则，按照 GB 32167 的规定）；
- d) 工作条件苛刻以及承受交变载荷的管道，如天然气加压站等进出口处的管道；
- e) 曾经发生过泄漏以及经抢险抢修过的管道；
- f) 地质灾害发生比较频繁地区的管道；
- g) 已经发现严重腐蚀或者其他危险因素的管道；
- h) 使用单位认为的其他危险点。

6.2 检验项目

6.2.1 年度检查的项目，应包括资料审查、宏观检查、防腐（保温）层检查、电性能测试、阴极保护

系统测试、壁厚测定、地质条件调查、安全附件与仪表检查。在开展定期检验的年度，年度检查可以只做定期检验未覆盖的项目和内容。

6.2.2 年度检查以宏观检查和安全附件与仪表检查检验为主，必要时进行腐蚀防护系统检查，部分检查项目可结合日常巡线进行。年度检查的具体检查项目和要求按附录 A。

6.3 检验结论与报告

年度检查工作完成后，检查人员应根据实际情况作出以下检查结论：

- a) 符合要求，指未发现影响安全使用的缺陷或者只发现轻度的、不影响安全使用的问题，可以在允许的参数范围内继续使用；
- b) 基本符合要求，指发现一般缺陷，经过使用单位采取措施后能够保证安全运行，可以有条件地监控使用，结论中应注明监控运行需要解决的问题及其完成期限；
- c) 不符合要求，指发现严重缺陷，不能保证管道安全运行的情况，应停止运行或者由检验机构做进一步检验。

检验结束后应按照附录E的格式认真准确填写年度检查报告。

6.4 检验问题的处理

年度检查发现管道存在异常情况和问题时，使用单位应及时采取整改措施。严重安全隐患应报当地特种设备安全监察机构。

7 定期检验（常规检验）

7.1 现场检验

7.1.1 基本要求

现场检验采用宏观检查、内检测、外检测以及耐压试验等方法，并应符合以下要求：

- a) 所有管道应开展宏观检查；
- b) 具备内检测条件的管道，应进行内检测；采用内检测时，仍需对外防腐层、阴极保护系统状况和杂散电流干扰进行检测评价；对选用外腐蚀外检测方法开展检验的管道，后续管道具备内检测条件时，应进行内检测，有效期内的外检测数据可以考虑直接应用；
- c) 对不具备内检测条件的管道，应根据管道的主要损伤模式，选用外腐蚀外检测等外检测方法；
- d) 对不可实施内检测和外检测的管道，应进行耐压试验。

7.1.2 宏观检查

宏观检查的具体检查项目：

- a) 管道位置与走向，包括管道位置、埋深和走向情况；
- b) 管道沿线防护带，包括与其他建（构）筑物的净距和占压状况；
- c) 管道地面泄漏情况；
- d) 管道地面装置，包括管道标识（里程桩、测试桩、标志桩、加密桩和警示牌等）以及围栏等外观完好情况、丢失情况；
- e) 管道跨越管段，包括管道防腐（保温）层的完好情况，钢结构及基础、钢丝绳、索具及其连接件等腐蚀损伤情况；
- f) 杂散电流源存在情况；

- g) 辅助阳极床和牺牲阳极接地电阻（当管道保护电位异常时测试），阴极保护系统运行状况（检查管道阴极保护率和运行率）；
- h) 测试绝缘法兰、绝缘接头、绝缘短管、绝缘套、绝缘固定支墩和绝缘垫块等电绝缘装置的绝缘性能，测试采用法兰和螺纹等非焊接件连接的阀门等管道附件的跨接电缆或者其他电连接设施的电连续性；
- i) 检查安全阀是否在检验有效期内，压力表是否在检定有效期内，检查使用单位是否对紧急切断阀按规定进行安全性能检查；
- j) 检验人员认为有必要检查的其他情况。

7.1.3 内检测

内检测的具体检查项目：

- a) 内检测器的选择，应考虑待检管道的条件、缺陷类型与检测器之间的匹配性；
- b) 管道收发球筒、三通、弯头、阀门和管道变形等应满足内检测的通过要求；
- c) 检测前应确定管道内检测数据有效性准则，包括检测精度、通道数据丢失情况、传感器噪声、定位偏差、特征遗漏、检测器运行速度等；
- d) 从事内检测数据分析的人员，应经过专业的培训，具备相应的数据分析能力；
- e) 内检测工作包括几何变形和管体缺陷内检测。

内检测器的性能、内检测的实施、内检测后的开挖验证应满足 TSG D7003、GB/T 27699 的要求。

7.1.4 外腐蚀外检测

长输天然气管道外腐蚀外检测项目及要求的附录B。

7.1.5 耐压试验

7.1.5.1 耐压试验应由使用单位负责实施，检验机构负责检验。

7.1.5.2 耐压试验的试验参数、准备工作、安全防护、试验介质、试验过程、试验结论等应符合 GB 32167、GB 50369 和 GB/T 16805 的相关规定。

7.1.6 专项检验要求

必要时应按附录C的要求对管道开展专项检验。

7.2 适用性（合于使用）评价

7.2.1 基本要求

7.2.1.1 现场检验完成后，应进行适用性评价（现场检验采用耐压试验方法时，不需要进行适用性评价），确定管道许用工作参数与下次定期检验日期；

7.2.1.2 适用性评价，包括应力分析、耐压强度校核、含缺陷管道剩余强度评估、剩余寿命预测、材料适用性评价以及特殊情况下的适用性评价。

7.2.2 应力分析校核

有下列情况之一的管道，应进行应力分析校核：

- a) 存在较大变形、挠曲，以及支撑件损坏等现象且无法复原的；
- b) 整体减薄量超过管道公称壁厚 30%的；
- c) 机械连接处（法兰或者接头）经常性泄漏、破坏的；

- d) 输送过程中发现管道存在振动、移位的；
- e) 检验人员或者使用单位认为有必要的。

应力分析计算应结合实际工况，采用数值模拟或者应力测试方法，分析管道的应力状态。

7.2.3 耐压强度校核

有下列情况之一的管道，应按照规定的方法进行耐压强度校核：

- a) 管道最大允许工作压力提高；
- b) 输送环境发生重大改变，管道地区等级升级的。

7.2.4 含缺陷管道剩余强度评估

应按以下要求，对含缺陷管道进行剩余强度评估，确定管道最大许用工作压力：

- a) 含腐蚀、凹陷等缺陷管道的剩余强度评估，可以参照 GB/T 30582、GB/T 35013 的规定进行；
- b) 含气孔、夹渣、咬边、未熔合、未焊透等焊接缺陷管道的剩余强度评估，应按 GB/T 19624 的规定进行；
- c) 含对接焊缝错边缺陷管道的剩余强度评估，可以参照 GB/T 35013 的规定进行；含斜接缺陷管道的剩余强度评估，可以参照 SY/T 6477 的规定进行；
- d) 含弥散损伤、分层等缺陷管道的剩余强度评估，可以参照 SY/T 6477 的规定进行。

7.2.5 剩余寿命预测

7.2.5.1 对存在腐蚀等与时间有关的缺陷管道，应考虑管道投用时间、缺陷致因等信息，建立管道缺陷增长预测模型，对管道进行剩余寿命预测，根据寿命预测结果，确定下次检验时间。

7.2.5.2 含腐蚀缺陷管道的剩余寿命预测应按 GB/T 30582 的规定进行。

7.2.6 材料适用性评价

7.2.6.1 有下列情形之一的管道，应进行材料适用性评价：

- a) 外部腐蚀环境发生显著改变的；
- b) 输送介质种类发生重大变化，改变为更危险介质的。

7.2.6.2 材料适用性评价应按 GB/T 30582 的规定进行。

7.2.7 特殊情况下的适用性评价

属于下列情况之一的管段，应及时开展适用性评价，并且根据适用性评价结果，优化管道运行参数、调整下次检验时间：

- a) 运行工况发生改变，使用单位认为存在较大运行风险的；
- b) 停用超过 1 年再启用，且停用期间未采取有效保护措施的；
- c) 所在地发生地震、滑坡、泥石流等地质灾害的。

7.2.8 管道本体评价等级

依据管体本身的损伤情况评价管道本体评价等级，分级规则如下：

- a) 经合于使用评价能安全使用 6 年以上（含 6 年）的，管道本体评价等级为 1 级；
- b) 经合于使用评价能 6 年内安全使用的，管道本体评价等级为 2 级；
- c) 经合于使用评价能 3 年内安全使用的，管道本体评价等级为 3 级；
- d) 存在无法通过安全评定的外损伤缺陷，管道本体评价等级为 4 级。

7.3 管道综合评价等级

依据管道腐蚀防护系统评价等级和管道本体评价等级确定管道的综合评价等级，管道腐蚀防护系统评价等级分为1级、2级、3级、4级，其确定方法采用数学模糊评价法进行确定，具体按照附录D的规定执行。管道综合评价结果分为以下4个等级：

- a) 1级：管道安全质量符合有关法规和标准要求，满足设计条件下在3年～6年的检验周期内能安全使用；
- b) 2级：管道安全质量符合有关法规和标准要求，但腐蚀防护系统或管道本体存在某些不符合有关规范和标准的问题或缺陷，经合于使用评价，结论为满足设计条件下在2年～5年的检验周期内能安全使用；
- c) 3级：管道安全质量符合有关法规和标准要求，但腐蚀防护系统或管道本体存在某些不符合有关规范和标准的问题或缺陷，经合于使用评价，结论为满足设计条件下在1年～2年检验周期内在限定的条件下安全使用；
- d) 4级：管道系统外损伤缺陷严重，不能满足使用要求，管道不能安全运行，使用单位应立即采取重大维修措施。

依据管道腐蚀防护系统评价等级和管道本体评价等级确定管道的综合评价等级，见表1。

表1 管道综合评价等级

腐蚀防护系统评价等级	管道本体评价等级			
	1	2	3	4
1	1	2	3	4
2	2	2	3	4
3	3	3	3	4
4	3	3	4	4

7.4 检验结论

7.4.1 检验周期确定原则

现场检验工作完成后，应结合资料审查、宏观检查、现场检验和适用性评价结果，确定管道的许用工作参数和下次检验日期。

7.4.2 检验周期的确定

7.4.2.1 按7.1.1b)的方法进行检验的管道，其检验周期最长不能超过预测的管道剩余寿命的一半，并且不应超过6年。

7.4.2.2 按7.1.1c)或7.1.1d)的方法进行检验的管道，其检验周期最长不应超过3年。

7.4.2.3 结合管道综合评价等级确定在不同检验方法下管道具体检验周期。

7.4.2.4 管道综合评价等级为1级时，基于7.4.1b)确定的检验周期一般为4年～6年，基于7.4.1c)确定的检验周期一般为3年；管道综合评价等级为2级时，基于7.4.1b)确定的的检验周期一般为3年～5年，基于7.4.1c)确定的检验周期一般为2年～3年；管道综合评价等级为3级时，基于7.4.1b)确定的检验周期一般为1年～2年，基于7.4.1c)确定的检验周期一般为1年。

7.4.3 检验周期的缩短

有下列情况之一的管道，应缩短检验周期：

- a) 1年内多次发生非人为因素(是指排除开挖破坏、误操作等因素外的其他因素)造成的泄漏事故的;
- b) 腐蚀情况异常的;
- c) 具有应力腐蚀倾向或者已发生应力腐蚀的;
- d) 承受交变载荷,可能导致疲劳失效的;
- e) 防腐层损坏严重或者无有效阴极保护的;
- f) 未开展年度检查或者年度检查中发现除本条前几项以外的危及管道本体安全的;
- g) 使用单位认为应缩短检验周期的。

8 检验报告与问题处理

- 8.1 检验人员应根据定期检验情况,准确填写定期检验记录,及时出具定期检验报告。定期检验报告中应明确需用参数、下次定期检验日期等。因管道运行等需要,检验人员可以在出具检验报告前,将检验初步结论书面通知使用单位。
- 8.2 使用单位应对定期检验过程中要求进行处理的缺陷进行修复或者采取降压运行的措施。检验机构可以在出具报告前将需要处理的缺陷书面告知使用单位。
- 8.3 缺陷修复前,使用单位应制订修复方案,缺陷的修复应按照有关要求,相关文件记录应存档。
- 8.4 使用单位对管道采取相应的修复或采取降压措施。
- 8.5 检验结束后应按附录 F 填写定期检验报告。

附 录 A

(规范性)

长输天然气管道年度检查的项目与要求

A.1 资料审查

承担年度检查的人员应当全面了解被检管道的使用、管理情况，并且认真调阅管理安全资料和管道技术资料的基础上，对管道运行记录、管道隐患监护措施实施情况记录、管道改造施工记录、检修报告、管道故障处理记录等进行审查。具体内容如下：

- a) 安全管理资料，包括安全管理规章制度与安全操作规则，作业人员上岗持证情况；
- b) 技术档案资料，包括定期检验报告，必要时还包括设计和安装、改造、维修(修理和维护保养)等施工、竣工验收资料；
- c) 运行状况资料，包括日常运行维护记录、隐患排查治理记录、改造与维修记录、故障与事故记录。

A.2 地面环境及设施检查

年度检查过程中检查人员应多地面环境及设施的如下位置进行重点检查：

- a) 管道位置与走向，包括管道位置、埋深和走向，如果管线周围地表环境无较大变动、管道无沉降等情况，可以不要求；
- b) 管道地面装置，包括管道标识（里程桩、测试桩、标志桩、加密桩和警示牌等）以及围栏等外观完好情况、丢失情况；
- c) 管道沿线防护带，包括与其他建（构）筑物净距和占压状况；
- d) 管道地面泄漏情况；
- e) 管道跨越段，包括跨越段管道防腐层的完好情况，钢结构及基础、钢丝绳、索具及其连接件等腐蚀损伤情况；
- f) 管道穿越段，包括管道穿越处锚固墩的完好情况、保护工程的稳定性及河道变迁等情况；
- g) 管道水工保护设施，包括挡土墙、护岸、护坡、截水墙、淤土坝、排水沟等的完好情况；
- h) 检查人员认为有必要的其他检查。

A.3 防腐层检查

主要检查入土端与出土端、露管段、阀室内等地上管道防腐层的完好情况。检查人员认为有必要时，可以对高后果区管道采用检测设备进行地面不开挖检测。

A.4 电性能测试（适用于有阴极保护电流及电位异常时）

年度检查过程中关于电性能测试的位置有：

- a) 测试绝缘法兰、绝缘接头、绝缘短管、绝缘套、绝缘固定支墩和绝缘垫块等电绝缘装置的绝缘性能；
- b) 对采用法兰和螺纹等非焊接件连接的阀门等管道附件的跨接电缆或者其他电连接设施，测试其电连续性。

A.5 阴极保护系统测试（适用于有阴极保护的管道）

年度检查过程中阴极保护系统测试的内容有：

- a) 管道沿线保护电位，测量时应考虑 IR 降（由于电流的流动在参比电极与金属管道之间电解质内产生的电压降）的影响；
- b) 牺牲阳极输出电流、开路电位（当管道保护电位异常时测试）；
- c) 管内电流（当管道保护电位异常时测试）；
- d) 辅助阳极床和牺牲阳极接地电阻（适用于管道采用牺牲阳极保护，且管道保护电位异常时）；
- e) 阴极保护系统运行状况，检查管道阴极保护率和运行率、排流效果，阴极保护系统设备及其排流设施。

A.6 壁厚测定

对有明显腐蚀和冲刷减薄的管道，应在阀井或者探坑等位置进行壁厚测定。

A.7 地质条件调查

应按照相关标准的要求，对有危险的矿产地下采空区、黄土湿陷区、潜在崩塌滑坡区、泥石流区、地质沉降区、风蚀沙埋区、膨胀土和盐渍土区、活动断层区等地质灾害进行地质条件调查。管道使用单位可以委托专业机构开展地质条件变化的调查，并且根据地质条件调查结果，对途径地质条件发生变化区域的管段进行重点检查和检测。

A.8 安全附件与仪表检查

安全附件与仪表的检查，应参照工业管道年度检查的相关要求。

A.9 其他

- A.9.1 对历次检验发现的未及时处理的缺陷应重点检查。
- A.9.2 长输天然气管道年度检查报告参照附录E。

附 录 B

(规范性)

长输天然气管道外腐蚀外检测项目及要求

B.1 腐蚀防护系统检测

B.1.1 外防腐层状况检测

外防腐层状况检测包括外防腐层整体状况不开外检测、破损点定位不开挖检测和开挖检验等项目，具体的检测方法见 GB/T 19285。

外防腐层整体状况不开外检测评价可采用破损点密度（P值）进行分析。检测时，需保证仪器不受周围信号的干扰。外防腐层级别的划分根据外防腐层破损点密度P值进行确定，见表B.1。

表B.1 外防腐层破损点密度 P 值（处/100m）分级评价

外防腐层类型	级别			
	1	2	3	4
3LPE	$P \leq 0.1$	$0.1 < P < 0.5$	$0.5 \leq P \leq 1$	$P > 1$
硬质聚氨酯泡沫防腐层和沥青防腐层	$P \leq 0.2$	$0.2 < P < 1$	$1 \leq P \leq 2$	$P > 2$

注：相邻最小距离不超过2倍管道中心埋深的两个破损点可当作一处。

按照严重程度的不同将破损点分为一类、二类和三类，其分别为：

一类：多个相邻管段外防腐层均被评为4级的管段上的破损点；或两种以上不开挖检测手段均评价为4级管段上的破损点；或初次开展外防腐层评价时检测结果不能解释的点；或采用不同的不开挖检测方法进行检测，评价结果不一致的破损点；或存在于外防腐层等级为4级、3级管段上，结合历史和经验判断有可能出现严重腐蚀的破损点；或无法判定腐蚀活性区域严重程度的破损点；

二类：孤立并未被列入一类中的4级的点；或只存在外防腐评为3级管段上几种区域的点，且已有腐蚀事故记录；

三类：不开挖检测判定为2级的点；或未被列入一类、二类的点。

开挖检验应选择最可能出现的腐蚀活性区域，检验人员应对所有破损点按照破损点的分类确定开挖检验顺序。一类破损点为优先开挖，二类破损点为计划开挖，对三类破损点以监控为主。外防腐层开挖比例见表B.2。

表B.2 外防腐层开挖比例

管道类别	外防腐层级别			
	1	2	3	4
气管道（处/km）	$P \leq 0.1$	$0.1 < P < 0.5$	$0.5 \leq P \leq 1$	$P > 1$

开挖检验项目有外观检查、漏电检测、厚度检测、粘结力检测。当防腐层实测厚度低于50%设计厚度时，外防腐层直接判为4级；当粘结力大于设计值的50%时，不影响管道外防腐层分级。外观检查与漏电检测的分级见表B.3。

表B.3 外防腐层开挖检验分级评价

级别			1	2	3	4
外观描述	3LPE		色泽明亮，粘结力强，	色泽略暗，粘结力较强，轻度脆化，少见龟裂，无剥离；极少见破损	色泽暗，粘结力差，发脆，显见龟裂，轻度剥离或充水；有破损	粘结力极差，明显脆化与龟裂，严重剥离或充水；多处破损
	沥青		无脆化，无龟裂，无剥离；无破损			
	硬质聚氨酯泡沫防腐层		防护层表面应光滑平整，无暗泡、麻点、裂口等缺陷。保温层应充满钢管和防护层的环形空间，无开裂、泡孔条纹及脱层、收缩等缺陷	防护层色泽略暗，表面光滑，无收缩、发酥、泡孔不均、烧芯等缺陷；保温层应充满钢管和防护层的环形空间，无开裂、泡孔条纹及脱层、收缩等缺陷，但有极少数空洞	防护层色泽暗，有收缩、发酥、泡孔不均、烧芯等缺陷；保温层有开裂、泡孔条纹及脱层、收缩等缺陷，并有大量空洞	防护层色泽暗，有收缩、发酥、泡孔不均、烧芯等缺陷，并有大量龟裂；保温层有大量空洞，出现严重充水现象
漏电检测电压 kV	3LPE		$V \geq 25$	$25 > V \geq 15$	$15 > V \geq 5$	$V < 5$
	石油沥青	普通 ($\geq 4\text{mm}$)	$V \geq 16$	$16 > V \geq 8$	$8 > V \geq 3.2$	$V < 3.2$
		加强 ($\geq 5.5\text{mm}$)	$V \geq 18$	$18 > V \geq 9$	$9 > V \geq 3.8$	$V < 3.8$
		特加强 ($\geq 7\text{mm}$)	$V \geq 20$	$20 > V \geq 10$	$10 > V \geq 4.0$	$V < 4.0$
	环氧煤沥青	普通 ($\geq 0.3\text{mm}$)	$V \geq 2$	$2 > V \geq 1$	$1 > V \geq 0.4$	$V < 0.4$
		加强 ($\geq 0.4\text{mm}$)	$V \geq 2.5$	$2.5 > V \geq 1.25$	$1.25 > V \geq 0.5$	$V < 0.5$
		特加强 ($\geq 0.6\text{mm}$)	$V \geq 3$	$3 > V \geq 1.5$	$1.5 > V \geq 0.6$	$V < 0.6$
	单层熔结环氧粉末	普通 ($\geq 0.3\text{mm}$)	$V \geq 1.5$	$1.5 > V \geq 0.8$	$0.8 > V \geq 0.3$	$V < 0.3$
		加强 ($\geq 0.4\text{mm}$)	$V \geq 2$	$2 > V \geq 1.0$	$1.0 > V \geq 0.4$	$V < 0.4$

外防腐层状况分级评价应充分考虑不开挖检测与开挖检验结果，并依据开挖检验结果，对不开挖检测评价结果进行修正，然后进行外防腐层状况分级评价。

在不开挖检验情况下进行外防腐层状况评价时，选择外防腐层破损点密度（P值）进行评价；在开挖检验情况下，首先根据外防腐层破损点密度确定开挖点进行开外检验，以外观检查、漏电检测、外防腐厚度和粘结力中等级最差的一个作为开挖检验的评价指标进行评价。

B.1.2 管道阴极保护有效性检测

对采用外加电流阴极保护或者可断电的牺牲阳极阴极保护的管道，应采用相应检测技术测试管道的真实阴极保护极化电位；对阴极保护效果较差的管道，应采用密间隔电位测试技术。同时根据检测结果按式（B.1）～（B.3）计算保护率、保护度、运行率。

$$\alpha = \frac{L-l}{L} \times 100\% \cdots \cdots \cdots \text{ (B.1)}$$

式中：

L——管道总长，单位为米（m）；

l ——未达到有效保护管道长度，单位为米（ m ）；

α ——保护率，单位为百分比（%）。

$$\beta = \frac{G_1/S_1 - G_2/S_2}{G_1/S_1} \times 100\% \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

G_1 ——未施加阴极保护检查片的失重，单位为克（ g ）；

S_1 ——未施加阴极保护检查片的裸露面积，单位为平方厘米（ cm^2 ）；

G_2 ——施加阴极保护检查片的失重，单位为克（ g ）；

S_2 ——施加阴极保护检查片的裸露面积，单位为平方厘米（ cm^2 ）；

β ——保护度，单位为百分比（%）。

$$\gamma = \frac{t}{8760} \times 100\% \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

t ——1年内有效运行时间，单位为小时（ h ）；

γ ——运行率，单位为百分比（%）。

通过测试阴保系统的管地保护电位以及计算阴极保护系统的保护率、保护度、运行率等评价指标来评价阴极保护的有效性，当管地保护电位、保护率、保护度、运行率中有一个评价指标不合格时，阴极保护有效性的评价结果即为不合格，即为4级。

B.1.3 土壤腐蚀性调查

土壤腐蚀性调查包括土壤电阻率、管道自然腐蚀电位、氧化还原电位、土壤pH值、土壤质地、土壤含水量、土壤含盐量、土壤Cl⁻含量等8个参数的测试。土壤腐蚀性根据上述8个参数的评价分数分为4个评价等级，土壤腐蚀性评价分数对应的测试数据和评价等级见表B.4和表B.5。

表B.4 土壤腐蚀性单项检测指标评价分数

序号	检测指标	数值范围	评价分数/ N_i ($i=1, 2, 3, \dots, 8$)
1	土壤电阻率, Ωm	<20	4.5
		$\geq 20 \sim 50$	3
		>50	0
2	管道自然腐蚀电位, vs. CSE/mV	<-550	5
		$\geq -550 \sim -450$	3
		$>-450 \sim -300$	1
		>-300	0
3	氧化还原电位, vs. SHE/mV	<100	3.5
		$\geq 100 \sim 200$	2.5
		$>200 \sim 400$	1
		>400	0
4	土壤pH值	<4.5	6.5
		$\geq 4.5 \sim 5.5$	4
		$>5.5 \sim 7.0$	2
		$>7.0 \sim 8.5$	1
		>8.5	0
5	土壤质地	砂土（强）	2.5
		壤土（轻、中、重壤土）	1.5
		黏土（轻黏土、黏土）	0
6	土壤含水量, %	$>12 \sim 25$	5.5
		$>25 \sim 30$ 或 $>10 \sim 12$	3.5

序号	检测指标	数值范围	评价分数/ N_i ($i=1, 2, 3, \cdots, 8$)
		$>30\sim 40$ 或 $>7\sim 10$	1.5
		>40 或 ≤ 7	0
7	土壤含盐量, %	>0.75	3
		$<0.15\sim 0.75$	2
		$>0.05\sim 0.15$	1
		≤ 0.05	0
8	土壤 Cl^- 含量, %	>0.05	1.5
		$>0.01\sim 0.05$	1
		$>0.005\sim 0.01$	0.5
		≤ 0.005	0
注：表中“%”含量均指质量分数。			

表B.5 土壤腐蚀性评价等级

N值	土壤腐蚀性等级
$19 < N \leq 32$	4（强）
$11 < N \leq 19$	3（中）
$5 < N \leq 11$	2（较弱）
$0 < N \leq 5$	1（弱）
注1：N为表1中的（ $N_1+N_2+N_3+N_4+N_5+N_6+N_7+N_8$ ）之和。	
注2：特殊情况下或N值的分项数据不全时，应根据实际情况确定土壤腐蚀性评价指标。	

B.1.4 杂散电流干扰调查

B.1.4.1 直流干扰测试与评价

埋地钢质管道的直流干扰，一般应采用未施加阴极保护时管道任意点上的管地电位较自然腐蚀电位的偏移量来进行测量和评价，干扰程度的评价见表B.6。当电位偏移 $\geq 20\text{mV}$ 时，确认为有直流干扰。

表B.6 直流干扰程度的评价指标

直流电流干扰级别	1	2	3	4
直流电流干扰程度	弱	较弱	较强	强
管地电位正向偏移量/ mV	<20	$\geq 20 \sim 110$	$\geq 110 \sim 200$	≥ 200

当管道任意点上的管地电位较自然腐蚀电位正向偏移 $\geq 100\text{mV}$ 时，应采取直流排流保护或其他防护措施。

B.1.4.2 交流干扰测试与评价

埋地钢质管道的交流干扰，可用管道交流干扰电压或交流电流密度进行测试。当管道上任意一点上的交流干扰电压都小于 4V 时，可不采取交流干扰防护措施；高于此值时应采用交流密度进行评估，干扰程度的评价见表B.7。交流电流密度可按式（B.4）计算：

$$J_{AC} = \frac{8V}{\rho \pi d} \dots \dots \dots \text{(B.4)}$$

式中：

J_{AC} ——评估的交流电流密度，单位为安每平方米（ A/m^2 ）；

V ——交流干扰电压有效值的平均值，单位为伏（ V ）；

ρ ——土壤电阻率，单位为欧米（ Ωm ），交流干扰电压测量时，测试点处于管道埋深相同的土壤电阻率实测值；

d ——破损点直径，单位为米（m）， d 值按发生交流腐蚀最严重考虑，取0.0113。

表B.7 交流干扰程度的评价指标

交流干扰级别	1	2	3	4
交流干扰程度	弱	较弱	较强	强
交流电流密度 A/m^2	<20	$\geq 20\sim 110$	$\geq 110\sim 200$	≥ 200

当交流干扰程度判定为“强”时，应采取交流干扰防护措施；判定为“较强”、“较弱”时，宜采取交流干扰防护措施；判定为“弱”时，可不采取交流干扰防护措施。

B.1.4.3 特殊情况下的测试与评价

当B.1.4.1、B.1.4.2的测试与评价方法难以进行，或发现有杂散电流源，但无法判定是直流或交流时，可以采用静态或动态杂散电流测试法，测试管地电位波动值或感应电流波动值。干扰程度的评价见表B.8。

表B.8 特殊情况下干扰程度的评价指标

杂散电流干扰腐蚀危害级别	1	2	3	4
杂散电流干扰腐蚀危害程度	弱	较弱	较强	强
管地电位波动值/ mV	<50	$\geq 50\sim 200$	$\geq 200\sim 350$	≥ 350
感应电流波动值/ A	<1	$\geq 1\sim 2$	$\geq 2\sim 3$	≥ 3

当管地电位波动值大于200mV或感应电流波动值大于2A时，应采取杂散电流排流保护或其他防护措施。

B.1.5 排流保护效果检测评价

B.1.5.1 总体要求

排流保护措施实施后，应立即投入使用，在系统运行稳定后，进行排流保护效果检测评价。排流保护效果检测评价包括直流排流保护效果检测评价和交流排流保护效果检测评价。

B.1.5.2 直流排流保护效果检测评价

一般情况下，对于直流排流保护采取排流保护措施后应达到如下要求：

- a) 对于排流保护系统中的管道（包括共同防护构筑物），其任意点上的管地电位达到阴极保护电位标准或者达到或接近未受干扰时的状态；
- b) 对于排流保护系统中的管道（包括共同防护构筑物），管地电位最大负值尽可能不超过管道所允许的最大保护电位；
- c) 对排流保护系统以外的埋地管道或金属构筑物的干扰尽可能小。

如果检测评价的结果未能满足上述要求，则可通过电位正向偏移平均值比进行直流排流保护效果的进一步评定。直流排流保护效果评价指标见表B.9。

表B.9 直流排流保护效果评价

排流方式	干扰时管地电位/V	电位平均值比 $\eta_v/\%$
直接向干扰源排流 (直接、极性、强制排流)	>10	>95
	$\geq 5 \sim 10$	>90
	<5	>85
间接向干扰源排流 (接地排流)	>10	>90
	$\geq 5 \sim 10$	>85
	<5	>80
$\eta_v = \frac{V_1(+)-V_2(+)}{V_1(+)}$ <p>$V_1(+)$——排流前,在规定时间内正管地电位算术平均值,单位为伏(V); $V_2(+)$——排流后,在规定时间内正管地电位算术平均值,单位为伏(V); η_v——排流后,保护效果,单位为百分比(%).</p>		

直流排流保护效果的进一步评定,应符合下列规定:

- a) 排流保护效果的评定点一般不应少于3点(不包括排流点),当干扰段较长、复杂管道系统、管地电位复杂多变时,不应少于5点(不包括排流点);
- b) 排流保护效果的评定点应包括排流点、干扰缓解较大的点和干扰缓解较小的点,其评定点可根据实际情况选择;
- c) 在测取排流保护前后参数时,应统一测试点、测试时间段、读数时间间隔、测试方法和仪表设备;
- d) 所有评定点的评价结果均应满足表B.9的指标要求。

对于直流排流保护效果评价,根据实际检测的干扰时的管地电位,通过计算其电位平均比根据表B.9进行评价,评价结果只有合格与不合格两种情况,即为1级与4级。

B.1.5.3 交流干扰防护效果的评价

交流干扰防护效果的评价应符合以下原则:

- a) 防护效果的评价点应包括防护接地点、检查片安装点、干扰缓解较大的点、干扰缓解较小的点,其他评定点可根据实际情况选择;
- b) 在测取干扰防护措施实施前、后参数时,应统一测量点、测定时间段、读数时间间隔、测量方法和仪表设备。

交流干扰防护效果应符合表B.10的要求。

表B.10 交流排流保护效果评价

周围土壤电阻率, Ωm	保护效果要求
≤ 25	管道交流干扰电压低于4V
> 25	交流电流密度小于60A/m ²

对于交流排流保护效果评价,通过实际检测被测管道周围土壤电阻率,再根据管道交流干扰电压(土壤电阻率 $\leq 25 \Omega m$)与交流电流密度(土壤电阻率 $> 25 \Omega m$)进行排流效果评价,评价结果只有合格与不合格两种情况,即为1级与4级。

附 录 C
(规范性)
专项检验要求

C.1 管道穿跨越段的检验

管道穿跨越段的检验参照 GB/T 37369 的规定进行。

C.2 特殊部位环焊缝的无损检测

C.2.1 检测部位

定期检验过程中应对以下部位进行无损检测：

- a) 内检测发现存在异常等级比较高的焊接接头；
- b) 外检测中发现错边、咬边超标或者存在表面裂纹的焊接接头；
- c) 阀门、膨胀节与管道连接的焊接接头；
- d) 穿跨越段、出土与入土端的焊接接头；
- e) 管道发生位移、变形位置附近的焊接接头；
- f) L450 (X65) 以上[含 L450 (X65)]钢级管道在地质灾害影响区、高后果区的环向对接接头，尤其是不同材质、不等壁厚连接、返修口、连头口等焊接接头。

C.2.2 检测要求

无损检测的要求如下：

- a) 检测采取抽检的方式进行，具体抽检比例由检验机构和使用单位根据实际情况协商确定；
- b) 无损检测一般按 NB/T 47013 或者 SY/T 4109 的规定进行；
- c) 管道的表面缺陷检测应优先采用磁粉检测，埋藏缺陷检测一般采用射线、超声、衍射时差法超声、超声相控阵等一种或多种方法进行检测；
- d) 首次检验时应进行埋藏缺陷检测，再次检验时一般不再进行埋藏缺陷检测；当存在内部损伤机理并发现损伤迹象，或者上次检验发现裂纹等危险性超标缺陷时，则应进行埋藏缺陷检测。

C.3 材料状况不明管段的材质理化检验

C.3.1 理化检验具体项目

理化检验一般包括化学成分分析、硬度测试、力学性能测试、金相分析等项目。应结合管道特点和检验需要，选择适当的理化检验项目。

C.3.2 化学成分分析

可参照 GB/T 4336 采用光谱的方法对检测部位母材和焊缝的化学成分进行分析，如需精确分析，可采用化学的方法进行。

C.3.3 硬度测试

对焊接接头进行硬度测试，判定管道的应力腐蚀开裂倾向的大小。硬度测试部位包括母材、焊缝及热影响区。维氏硬度测定方法按 GB/T 4340 的规定进行，硬度测试应符合以下要求：

- a) 母材、焊缝及热影响区的最大硬度值不超 250HV10 (22HRC)；

b) 碳钢管的焊缝硬度值不应超过母材最高硬度的 120%。

当焊接接头的硬度值超标时，检验人员应根据具体情况扩大焊接接头内、外部无损检测抽查比例。

C.3.4 力学性能测试

包括对母材和焊缝的强度（屈服强度、抗拉强度）、伸长率和冲击吸收能量的测试，强度及伸长率测试按 GB/T 228 的规定进行，冲击吸收能量测试按 GB/T 229 的规定进行。

C.3.5 金相分析

金相分析方法按 GB/T 13298 的规定进行，对管道母材和焊缝的显微组织、夹杂物进行金相分析。

C.4 阀室范围内其他压力管道的检验

阀室范围内除主管道以外的其他压力管道，其检验应按照工业管道和 GB/T 37368 的规定进行。

附 录 D (规范性) 模糊数学综合评价方法

D.1 建立模糊集

依据影响埋地钢质管道腐蚀防护系统分级的5个因素：外防腐层状况 u_1 、阴极保护有效性 u_2 、土壤腐蚀性 u_3 、杂散电流干扰 u_4 、排流保护效果 u_5 ，建立因素集 $U=[u_i]= [u_1, u_2, u_3, u_4, u_5]$ ($i=1, 2, 3, 4, 5$)，因素集 $U=[u_i]$ 中各因素 u_i 的性能优劣分别由相应的评价指标进行评判。

依据腐蚀防护系统的等级属性，将埋地钢质管道的腐蚀防护系统分为4级，建立评价集 $V=[v_j]$ ($j=1, 2, 3, 4$) = $[v_1, v_2, v_3, v_4] = [1, 2, 3, 4]$ 。

D.2 建立单因素评价矩阵

依据专家打分法建立单因素评价举证。选取一定数量的专家，针对因素集 $U=[u_i]$ 中的各因素 u_i 对应评价指标的检测值（对于单个因素 u_i 有多个评价指标的情况，选取最具代表性的一个评价指标），依据各评价指标对应的评价标准，通过统计分析的方法，确定外防腐层状况 u_1 、阴极保护有效性 u_2 、土壤腐蚀性 u_3 、杂散电流干扰 u_4 、排流保护效果 u_5 各因素相对于评价集 V 中各等级 v_j 的各隶属度。设专家总数为 M ，对某一因素 u_i 评级为 v_j 的专家数为 N_{ij} ，则因素 u_i 属于等级 v_j 的隶属度为：

$$r_{ij}(x) = \frac{N_{ij}}{M}, (i = 1, 2, 3, 4, 5; j = 1, 2, 3, 4) \cdots \cdots (D.1)$$

由此得到埋地钢制管道腐蚀防护系统的单因素评价向量 $R_i = [r_{iv1}, r_{iv2}, r_{iv3}, r_{iv4}]$ ，从而建立单因素评价矩阵 R ，即：

$$R = [R_i]^T = [R_1, R_2, R_3, R_4]^T = \begin{bmatrix} r_{1v1}(x) & \cdots & r_{1v4}(x) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{4v1}(x) & \cdots & r_{4v4}(x) \end{bmatrix} \cdots \cdots (D.2)$$

D.3 基于专家打分法确定评价指标的权重

由专家打分法确定因素集 $U=[u_i]$ 中各因素 u_i 在判断埋地钢质管道腐蚀防护系统等级时所占的权重大小 W_i ，建立评价指标的权重向量 $W = (W_1, W_2, W_3, W_4, W_5)$ 。

选取一定数量的专家，依据埋地钢质管道腐蚀防护系统的实际检测结果，针对各因素 u_i 在评定埋地钢质腐蚀防护系统状况等级时的重要程度进行打分。设专家总数为 M ，认为因素 u_i 的重要程度最大的专家数为 N_i ，则因素 u_i 在评判埋地钢制管道腐蚀防护系统等级时所占的权重大小 \overline{W}_i 为：

$$\overline{W}_i = \frac{N_i}{M}, (i = 1, 2, 3, 4, 5) \cdots \cdots (D.3)$$

对权重 \overline{W}_i 进行归一化处理，则有：

$$W_i = \overline{W}_i / \sum_{i=1}^5 \overline{W}_i \cdots \cdots (D.4)$$

因此，各因素 u_i 在评判埋地钢制管道腐蚀防护系统等级时的权重向量 $W = (W_1, W_2, W_3, W_4, W_5)$ 。

D.4 腐蚀防护系统模糊综合评价

计算腐蚀防护系统的评价结果 A ，即：

$$A = W \cdot R = (W_1, W_2, W_3, W_4, W_5) \cdot [R_1, R_2, R_3, R_4]^T = [a_1, a_2, a_3, a_4] \cdots \cdots (D.5)$$

由此，得到评价对象隶属于各个评价等级的隶属度向量 $A=[a_j] (j=1, 2, 3, 4)$ ，经过模糊计算得到的腐蚀防护系统综合评价结果 $A=[a_j] (j=1, 2, 3, 4)$ 具有一定的模糊性，为了能准确评价腐蚀防护系统的状况，对评价集 $V=[v_j]=[v_1, v_2, v_3, v_4]$ 中的评价等级 v_j 采用百分制分的方法进行量化处理，即用评语 $90 \leq c_1 \leq 100$ （代表一级 v_1 ）、 $80 \leq c_2 < 90$ （代表二级 v_2 ）、 $70 \leq c_3 < 80$ （代表三级 v_3 ）、 $60 \leq c_4 < 70$ （代表四级 v_4 ）表示，从而得到评语的分数向量 $C=[c_j]=[c_1, c_2, c_3, c_4]$ 。由于各评语得分为一区间，通过计算评语的高、中、低得分 S_h 、 S_m 、 S_l ，用它们的平均值作为评价管道腐蚀防护系统状况等级的依据，即：

$$S_k = \sum_{i=1}^4 a_i c_{ki} / \sum_{i=1}^4 a_i \quad (k = h, m, l) \quad \text{..... (D. 6)}$$

$$\bar{S} = \frac{S_h + S_m + S_l}{3} \quad \text{..... (D. 7)}$$

式中：

$k=h, m, l$ ——分别代表评价等级分数的高、中、低；

C_{hi} ——区间上限组成的评语分数向量， $C_{hi}=(c_{h1}, c_{h2}, c_{h3})=(100, 89, 79, 69)$ ；

C_{mi} ——区间上限组成的评语分数向量， $C_{mi}=(c_{m1}, c_{m2}, c_{m3})=(95, 85, 75, 65)$ ；

C_{li} ——区间上限组成的评语分数向量， $C_{li}=(c_{l1}, c_{l2}, c_{l3})=(90, 80, 70, 60)$ 。

最后，根据表D. 1由计算出的 \bar{S} 值所在的评语区间 $c_j (j=1, 2, 3, 4)$ 对应的评语作为评定腐蚀防护系统等级的依据。

表D. 1 埋地钢制管道腐蚀防护系统分级

等级	1	2	3	4
评语 c_j 分值区间	$90 \leq c_1 \leq 100$	$80 \leq c_2 < 90$	$70 \leq c_3 < 80$	$60 \leq c_4 < 70$

附 录 E
(规范性)

长输天然气管道年度检查报告格式

以下给出了长输天然气管道年度检查报告的格式。

报告编号：

长输天然气管道年度检查报告

使 用 单 位：	
设 备 类 别：	
设 备 品 种：	
压力管道名称：	
压力管道编号：	
检 验 日 期：	

(印制检查单位或者检验机构名称)

长输天然气管道年度检查结论报告

报告编号：

使用单位					
单位地址					
安全管理人员			联系电话		
管道名称			管道编号		
起止位置			管道级别		
投用日期			下次检验日期		
性能参数	管道长度	km	管道规格		
	设计压力	MPa	设计温度	℃	
	输送介质		管道材质		
	工作压力	MPa	工作温度	℃	
主要依据	DB34/T 728-2024《长输天然气管道检验规程（常规检验）》				
问题与处理要求	[说明检查发现的问题及其缺陷位置、程度、性质与处理意见（必要时附图或者附页）]				
检查结论	<input type="checkbox"/> 符合要求 <input type="checkbox"/> 基本符合要求 <input type="checkbox"/> 不符合要求	许用参数	压力： 温度： 介质： 其他：	MPa ℃	
检 查： 日期：			（检查单位检查专用章或者公章） 年 月 日		
审 核： 日期：					
批 准： 日期：					

附 录 F
(规范性)

长输天然气管道定期检验报告格式

以下给出了长输天然气管道定期检验报告的格式。

报告编号:

长输天然气管道定期检验报告

使 用 单 位:	
压力管道名称:	
压力管道编号:	
检 验 类 别:	
检 验 日 期:	
设 备 品 种:	

(检验机构名称)

目 录

压力管道定期检验报告目录

报告编号：

序号	检验项目	页 码	附页、附图
1	定期检验结论报告		
2	定期检验报告综述		
3	资料审查报告		
4	宏观检查报告		
5	外腐蚀外检测报告		
5-1	敷设环境调查报告		
5-2	防腐（保温）层状况不开挖检测报告		
5-3	阴极保护检测报告		
5-4	杂散电流干扰检测评价报告		
5-5	腐蚀防护系统综合评价报告		
6	内腐蚀外检测报告		
7	应力腐蚀外检测报告		
8	内检测报告		
9	管道穿跨越段检验报告		
10	开挖检验报告		
10-1	无损检测报告		
10-2	含缺陷管道非常规无损检测报告		
10-3	材料理化检验报告		
11	适用性（合于使用）评价报告		
11-1	应力分析报告		
11-2	强度评估报告		
11-3	剩余寿命评估报告		
11-4	材料适用性评价报告		
附件	管道路由图		

压力管道定期检验结论报告

报告编号：

管道名称			管道编号		
投用日期			管道级别		
使用单位名称					
使用单位地址					
使用单位 统一社会信用代码			邮政编码		
安全管理员			联系电话		
性能参数	管道长度	km	管道规格		mm
	设计压力	MPa	设计温度		℃
	工作压力	MPa	工作温度		℃
	输送介质		管道材质		
	起始—终止位置	—			
主要依据		DB34/T 728-2024 《长输天然气管道检验规程（常规检验）》			
检验方法					
问题及其处理					
检验结论	<input type="checkbox"/> 允许使用 <input type="checkbox"/> 允许监控使用 <input type="checkbox"/> 不允许使用	允许(监控)使用参数			
		压力	MPa	工作温度	℃
		介质		其 他	
	下次定期检验日期： 年 月				
说明：					
检验人员：					
编制： 日期：			检验机构核准证号： (检验机构检验专用章) 年 月 日		
审核： 日期：					
批准： 日期：					