



中华人民共和国国家标准

GB/T 37369—2019

埋地钢质管道穿跨越段检验与评价

Inspection and assessment of crossing and aerial
crossing of buried steel pipelines

2019-03-25 发布

2019-10-01 实施

国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总则 2

5 数据收集 3

6 检验方案制定 3

7 检验实施 4

8 适用性评价..... 11

9 记录和报告..... 12

附录 A（资料性附录） 穿跨越段年度检查 14

附录 B（资料性附录） 穿越段管道埋深检测 18

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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

本标准起草单位:中国特种设备检测研究院、沈阳特种设备检测研究院、北京交通大学、上海市特种设备监督检验技术研究院、中国石化销售有限公司华东分公司、大庆油田有限责任公司天然气分公司、中石化长输油气管道检测技术有限公司、深圳市燃气集团股份有限公司、上海金艺检测技术有限公司、陕西省天然气股份有限公司、中国石油天然气股份有限公司管道分公司、福建省特种设备检验研究院、中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司、沈阳龙昌管道检测中心、中国石化销售有限公司华南分公司、唐山市特种设备监督检验所。

本标准主要起草人:何仁洋、黄辉、杨绪运、丁春辉、兰惠清、左延田、沈建锋、王玉、辛素清、李秀峰、张智、曾维国、韩焱、孟伟、刘柯、顾素兰、董忠民、王富祥、吴林军、臧国军、王维斌、刘军、刘红星。

埋地钢质管道穿跨越段检验与评价

1 范围

本标准规定了埋地钢质管道穿跨越段检验与评价的基本要求、内容和评价方法。

本标准适用于埋地钢质长输管道、公用管道及集输管道的穿跨越段检验与评价工作。工业管道穿跨越段的检验与评价可参照本标准执行。

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。

- GB/T 9075 索道用钢丝绳检验和报废规范
- 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 30582 基于风险的埋地钢质管道外损伤检验与评价
- GB/T 34349 输气管道内腐蚀外检测方法
- GB/T 34350 输油管道内腐蚀外检测方法
- GB/T 36701 埋地钢质管道管体缺陷修复指南
- GB/T 50107 混凝土强度检验评定标准
- GB 50205 钢结构工程施工质量验收规范
- GB/T 50344 建筑结构检测技术标准
- GB 50423 油气输送管道穿越工程设计规范
- GB/T 50459 油气输送管道跨越工程设计标准
- GB/T 37368 埋地钢质管道检验导则
- NB/T 47013(所有部分) 承压设备无损检测
- 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

钢丝绳电磁检测法 **wire rope electromagnetic test**

使用永磁体或导电线圈对钢丝绳进行励磁,通过检测主磁通和损伤附近的漏磁场从而检测出钢丝绳断丝和面积损失的方法。

3.2

水下管道检测装置 **underwater pipeline inspection device**

用来检测水下管道的路由、埋深、防腐层、管道铺设环境及阴极保护状况的一种有缆或无缆控制无人潜水器。

3.3

管道高程测量 pipeline height survey

沿着管道的路由,以一定的间距对管道中心线的海拔高度开展的测量过程。

注:水下管道在进行高程测量时,可使用 GPS 与惯性导航结合的系统,通过测量过程中的运动状态解算来获取水下管道的 GPS 位置及高程。

3.4

专项检测 special detection

在现场或附近发生了可能影响穿跨越段结构安全的爆炸、地震、滑坡及泥石流等灾害后,由管理部门组织专业人员采用专门技术手段,并辅以现场和实验室测试等特殊手段进行的详细检测和综合分析。

4 总则

4.1 本标准规定的检验是针对埋地钢质管道中穿跨越段的安全状态进行的一种验证活动。检验过程应符合 TSG D7003 和 GB/T 37368 等相关法律法规、安全技术规范和国家标准的要求。企业自行检查时可参照本标准选择检验项目。

4.2 穿跨越段定期检验一般程序包括数据收集、检验方案制定、检验实施、适用性评价、记录和报告,检验的主要内容及流程如图 1 所示。

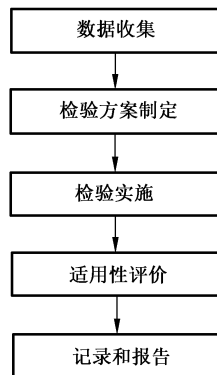


图 1 埋地钢质管道穿跨越段定期检验流程图

4.3 检验一般由管道使用单位负责组织,由具有资质和能力的检验机构负责实施。管道使用单位应为检验顺利开展提供必要的条件,并协助完成检验工作。

4.4 检验、检测机构应取得相应的检验、检测资质,检验、检测机构及人员应在认可的资格范围内从事检测与评价工作,并对检验结论的真实性、准确性和有效性负责。

注:真实性指的是报告、结论以事实为基础,不作假证;准确性指的是报告、结论所涉及的检测数据符合相关要求;有效性指的是检验机构的资质、检验人员的资格符合要求,所使用的仪器设备在检定校准有效期内,检验依据合法,报告审批程序符合要求。

4.5 检验工作实施前,检验机构应在充分收集数据的基础上制定检验技术方案,并负责解决检验过程的技术问题。使用单位应负责协调检验过程涉及的相关单位或部门关系,提供检验需要的相关数据,为检验工作顺利开展提供必要的协助。

4.6 使用单位应做好检验配合工作以及安全监护工作,检验人员确认现场条件符合检验工作要求后方可进行检验,并且执行使用单位有关动火、用电、高空作业、安全防护、安全监护等的规定。

4.7 检验过程所使用的设备、仪器和测量工具应在有效的检定或校准期内。

4.8 可以采用本标准中未列出的检测新技术,但应对新技术的应用效果进行有效验证。定期检验中应

用新技术时,应按照相关法律法规要求开展新技术评审。

4.9 使用单位每年需对穿跨越段开展年度检查,年度检查的基本要求参见附录 A。年度检查工作完成后,使用单位应结合检验结论对年度检查中发现的隐患及时消除。

5 数据收集

5.1 在进行穿跨越段检验前应对各类相关数据进行全面收集、整合、对比及分析,收集的相关数据应符合表 1 的规定。

表 1 穿跨越段定期检验需要收集的数据

数据类别	基本信息项
管道属性数据	管道材质
	管径、壁厚
	设计载荷、压力、温度
	穿跨越类型及工程等级
	管道防腐类型和阴极保护设计资料
管道环境数据	路由地物地貌
	土壤类型
	已知或可能的交直流干扰源情况
	地质与气象资料(地质与气候灾害,如地震、滑坡及泥石流等)
	水文特征(水位、流量、汛期、含沙量有无结冰期)
管道运行管理数据	管道运行参数(压力、温度等)
	输送介质
	管道运行中曾经发生的问题记录
	检测、维修和更换记录
	腐蚀调查记录
	其他的地面检测记录
	以往失效数据文件及修复记录
	历年检测报告
	阴极保护有效性测试记录
	安全与监测系统

5.2 收集的数据应真实有效,收集过程中发现数据不完整时,应根据缺少数据的重要程度,通过现场检测进行数据补充。

5.3 检验后,管道使用单位应对管道数据进行完善和更新,并补充到管道数据库中。

6 检验方案制定

6.1 现场工作开展前,检验机构应在数据收集的基础上,根据使用单位的检验计划以及相关安全技术规范的要求,并结合整条管道的检验情况,编写穿跨越段检验方案。

6.2 检验方案应至少包括以下内容：

- a) 管道基本情况；
- b) 所依据的法规标准；
- c) 安全注意事项及检验准备；
- d) 检验人员及分工；
- e) 依据具体穿跨越类型及特点确定的详细检验项目、内容、方法等；
- f) 检验记录与报告。

7 检验实施

7.1 基本规定

7.1.1 穿跨越段属于管道的一部分，检验实施时应根据管道检验所采用的检验类型、穿越或跨越结构形式、损伤模式和管道的使用情况，确定有针对性的穿跨越段检验方法和内容。

7.1.2 穿越段检验一般包括宏观检验、管段检验和专项检测（必要时）。跨越段检验一般包括宏观检验、支承结构检测、管段检验和专项检测（必要时），对可能存在大气腐蚀的跨越段，还应进行大气腐蚀调查。

7.1.3 当穿跨越段遭受爆炸、地震、滑坡及泥石流等灾害时，应根据影响程度，开展专项检测，评估管道安全状况。

7.2 穿越段

7.2.1 宏观检验

检验内容一般根据穿越类型开展以下检查：

- a) 采用无套管方式穿越铁路、公路的管段，检查地基变形、路基稳定性、车辆通行情况等；
- b) 采用涵洞、套管等保护方法穿越铁路、公路的管段，检查地基变形、涵洞积液、绝缘支架损伤、套管接触、管道碰撞情况等；
- c) 采用隧道法穿越水域的管段，检查伴行道路、围栏/防护墙、标志桩/警示牌、洞口或井口、支墩等设施完好情况，注水隧道水面泄漏等情况；
- d) 采用挖沟法、定向钻法穿越水域的管段，检查水面泄漏、河道冲淤变化及变迁、通航、挖沙采矿、洪水、锚固墩、截断阀室等完好情况；
- e) 穿越山岭、冲沟的管段，检查滑坡、崩塌、泥石流、冲沟等情况；
- f) 检验人员认为有必要的其他检查。

7.2.2 管段检验

7.2.2.1 应根据该条管道实施的检验类型，确定管段检验的内容与方法。管段检验类型分为已实施内检测的管道和未实施内检测的管道。

7.2.2.2 对于已实施内检测的管道，穿越段检验应在内检测数据分析的基础上，对管道埋深、防腐层质量、阴极保护状况等进行检测，管道埋深检测方法参见附录 B 中 B.2。对于已实施内检测的管道，穿越段检验应根据穿越类型开展以下检测：

- a) 无套管方式（如定向钻或直埋法）穿越铁路、公路：
 - 1) 检测内容、检测方法和评价要求与其他埋地段管道检验保持一致；
 - 2) 穿越处存在杂散电流干扰源时，应进行杂散电流检测评价，当干扰程度判定为“强”时，应采取干扰防护措施。

- b) 涵洞或套管方式穿越铁路、公路：
- 1) 检测内容应包括阴极保护状况、电绝缘性等检测及评价，检验方法与评价标准按照 GB/T 19285；
 - 2) 阴极保护状况检测及评价的比例应不少于总穿越段数量的 20%，且不少于 1 处；
 - 3) 出土或入土端安装电绝缘装置的，应进行电绝缘性检测评价，检测比例不少于总穿越段数量的 20%，且不少于 1 处；
 - 4) 当检测发现阴极保护或电绝缘性失效时，应增加抽查比例，增加抽查比例由检验人员与使用单位协商确定。阴极保护未达到有效保护时，应进行阴极保护改造和再评价。
- c) 隧道法有伴行道路穿越水域或山体：
- 1) 检测内容包括支架下缝隙腐蚀检测、壁厚检测、无损检测等。
 - 2) 宏观检验中发现或怀疑有裂纹的管道，应采用 NB/T 47013.4 或 NB/T 47013.5 中规定的方法在相应部位进行外表面无损检测。
 - 3) 宏观检验中发现支架位置存在可疑缝隙腐蚀时，应采用超声导波或其他有效检测技术进行缺陷检测。
 - 4) 当内检测发现壁厚减薄 20% 及以上时，宜采用超声波测厚方法进行缺陷复测。
 - 5) 当管段存在弯头(弯管)时，应采用超声测厚方法进行弯头壁厚检测，检测比例不少于弯头(弯管)数量的 10%，且不小于 2 个，并对异常测厚点做详细记录，必要时选用远场涡流、低频电磁、超声波 C 扫描等检测技术进行检测。当检测发现存在壁厚减薄超标缺陷时，应增加抽查比例，增加抽查比例由检验人员与使用单位协商确定。
 - 6) 焊缝埋藏缺陷检测一般采用 NB/T 47013.2 或 NB/T 47013.3 等规定的方法进行。焊缝埋藏缺陷检测比例不少于焊缝的 10%，并且不小于 2 道，再次检验时，一般不再进行焊缝埋藏缺陷检测，但存在内部损伤机理并且发现损伤迹象或上次检验发现存在危险性超标缺陷时，应按不少于 10% 的抽查比例进行埋藏缺陷检测。当检测发现存在超标缺陷时，应增加抽查比例，增加抽查比例由检验人员与使用单位协商确定。
- d) 隧道法注水穿越水域：
- 1) 检测内容包括(不限于)采用水下管道检测装置、侧扫声呐等进行外观检验；
 - 2) 当内检测数据分析存在外损伤 3 级及以上缺陷，或外观检查防腐层存在严重破损时，应抽水并按照本条 c) 的要求进行检测；
 - 3) 条件具备时，可抽水后进行检查。主要检查隧道内管卡锚固系统腐蚀情况、管道的补口质量、管道外涂层质量以及阴极保护情况等。
- e) 定向钻法穿越水域：
- 1) 检测内容包括管道位置、埋深、防腐层、阴极保护等检测，防腐层及阴极保护状况按照 GB/T 19285 进行评价；
 - 2) 管道位置、埋深、防腐层、阴极保护检测可采用水下管道检测装置的检测方法；
 - 3) 当内检测数据分析存在外损伤 3 级及以上缺陷，且阴极保护未达到有效保护时，应进行阴极保护改造和再评价。
- f) 挖沟法穿越水域：
- 1) 检测内容包括管道位置、埋深(悬空、漂浮状况)、防腐层、阴极保护等检测，防腐层及阴极保护状况按照 GB/T 19285 进行评价；
 - 2) 管道位置、埋深、防腐层、阴极保护检测可采用水下管道检测装置的检测方法；
 - 3) 当发现管道悬空、漂浮造成管道严重变形、扭曲等时，宜进行详细力学分析管道受力情况或直接修复；
 - 4) 当内检测数据分析存在外损伤 3 级及以上缺陷，且阴极保护未达到有效保护时，应进行阴

极保护改造和再评价。

7.2.2.3 对于未实施内检测的管道,穿越段检验应根据穿越类型开展以下检测:

- a) 无套管方式(如定向钻或直埋法)穿越铁路、公路:
 - 1) 检测内容、检测方法和评价要求与埋地钢质管道检验要求保持一致,按照 GB/T 19285 的要求执行;
 - 2) 穿越段处存在杂散电流干扰源时,应进行杂散电流检测评价,当干扰程度判定为“强”时,应采取干扰防护措施;
 - 3) 穿越段两端应以抽查的方式选用低频导波或其他检测技术进行管体金属损失的非直接接触式检测,抽查的比例不少于总穿越段数量的 20%;
 - 4) 当防腐层存在破损、阴极保护未达到有效保护、杂散电流干扰程度中等以上,应采用局部开挖的方式进行管体腐蚀直接检测,检测比例不少于总穿越段数量的 20%。当检测发现存在管体或焊缝超标缺陷时,应扩大抽查比例,抽查比例由检验人员与使用单位协商确定。
- b) 涵洞或套管方式穿越铁路、公路:
 - 1) 检测内容包括阴极保护状况、电绝缘性等检测及评价,按照 GB/T 19285 的要求执行;
 - 2) 阴极保护状况检测及评价的比例应不少于总穿越段数量的 50%;
 - 3) 出土或入土端安装电绝缘装置的,应进行电绝缘性检测评价,检测比例不少于总穿越段数量的 50%;
 - 4) 当检测发现阴极保护或电绝缘性失效时,应扩大抽查比例,抽查比例由检验人员与使用单位协商确定;阴极保护未达到有效保护时,应进行阴极保护改造和再评价;
 - 5) 穿越段两端应以抽查的方式,采用低频导波或其他检测技术进行管体金属损失的非直接接触式检测,抽查的比例不少于总穿越段数量的 20%。
- c) 隧道法有伴行道路穿越水域或山体:
 - 1) 检测内容包括(不限于)支架下缝隙腐蚀检测、壁厚检测、无损检测等。
 - 2) 宏观检验中发现支架位置存在疑似缝隙腐蚀时,应采用超声导波或其他有效检测技术进行检测。
 - 3) 当管段存在弯头(弯管)时,应采用超声测厚方法进行弯头壁厚检测,检测比例不少于弯头(弯管)数量的 10%,并且不小于 2 个,并对异常测厚点做详细记录,必要时选用远场涡流、低频电磁、超声波 C 扫描等检测技术进行检测。当检测发现存在壁厚减薄超标缺陷时,应扩大抽查比例,抽查比例由检验人员与使用单位协商确定。
 - 4) 具备检测条件时,应选用低频导波、漏磁外检测、远场涡流、低频电磁、超声波 C 扫描等检测技术对直管段进行检测。
 - 5) 宏观检验中发现管道上存在裂纹或疑似裂纹时,应采用 NB/T 47013 中规定的方法对焊缝进行外表面无损检测和埋藏缺陷检测,检测比例不少于焊缝的 10%,并且不少于 2 个。再次检验时,一般不再进行焊缝埋藏缺陷检测,当存在内部损伤机理并且发现损伤迹象或上次检验发现存在危险性超标缺陷时,应以不少于 10%的抽查比例进行埋藏缺陷检测。当检测发现存在焊缝超标缺陷时,应扩大抽查比例,抽查比例由检验人员与使用单位协商确定。
- d) 隧道法注水穿越水域:
 - 1) 检测内容包括(不限于)管体腐蚀检测、水下管道检测装置检测、外观检查等;
 - 2) 具备检测条件时,应选用低频导波、超声波测厚等检测技术,对穿越段两端进行管体腐蚀检测;
 - 3) 当宏观检验发现防腐层存在严重破损时,应抽水并按照本条 c)的要求进行检测。

- e) 定向钻法穿越水域：
 - 1) 检测内容包括(不限于)管道位置、埋深、防腐层、阴极保护等检测,防腐层及阴极保护状况按照 GB/T 19285 进行评价。
 - 2) 管道位置、埋深、防腐层、阴极保护检测可采用水下管道检测装置的检测方法。
 - 3) 穿越段两端应以抽查的方式进行开挖直接检测,抽查的比例不少于总穿越段数量的 20%。管体腐蚀检测宜选用低频导波、超声波测厚等检测技术。开挖处存在焊缝的,应进行焊缝外表面无损检测和埋藏缺陷检测。当检测发现存在管体或焊缝超标缺陷时,应扩大抽查比例,抽查比例由检验人员与使用单位协商确定。
 - 4) 当阴极保护未达到有效保护时,应进行阴极保护改造和再评价。
 - f) 挖沟法穿越水域：
 - 1) 检测内容包括(不限于)管道位置、埋深(悬空、漂浮状况)、防腐层、阴极保护等检测,防腐层及阴极保护状况按照 GB/T 19285 进行评价;
 - 2) 管道位置、埋深、防腐层、阴极保护检测可采用水下管道检测装置的检测方法;
 - 3) 当发现管道悬空、漂浮造成管道严重变形、扭曲等时,宜进行详细力学分析管道受力情况或直接修复;
 - 4) 穿越段两端应以抽查的方式进行开挖直接检测,抽查的比例不少于总穿越段数量的 20%。管体腐蚀检测应选用低频导波、超声波测厚等检测技术。开挖处存在焊缝的,应进行焊缝外表面无损检测和埋藏缺陷检测。当检测发现存在管体或焊缝超标缺陷时,应扩大抽查比例,抽查比例由检验人员与使用单位协商确定。
- 7.2.2.4 对于未实施内检测的管道,当输送腐蚀介质时还应开展内腐蚀外检测,要求如下:
- a) 输气(干气)管道内腐蚀外检测程序、项目及内容等按照 GB/T 34349 进行检测;输气(湿气)管道内腐蚀外检测可参照国外相关标准进行检测;输油管道内腐蚀外检测程序、项目及内容等按照 GB/T 34350 进行检测。
 - b) 内腐蚀外检测的主要步骤包括数据收集、腐蚀位置预测(管道高程图绘制、介质多相流计算、腐蚀位置判断)及开挖检测。
 - c) 临界倾角可依据相应标准提供的计算模型或使用商业软件计算。根据输送介质中不同腐蚀性物质(凝析水、沉淀物)及其聚积特点,选用正确的多相流计算方法确定腐蚀性物质最可能聚集位置。应用腐蚀预测软件计算腐蚀速率时,宜对计算结果进行实际检测验证。
 - d) 当实际检测验证发现存在管体腐蚀超标缺陷,或腐蚀预测超出可接受范围但无法进行地面开挖验证时,应采用内检测方法进行检测。

7.2.3 专项检测

7.2.3.1 应由相应资质的专业单位承担,检测人员应具有相关专业从业经验。

7.2.3.2 应由专业人员采用相关技术手段,并辅以现场和实验室测试等特殊手段进行详细检测和综合分析,并提交书面报告。

7.2.3.3 穿越工程在下列情况下应进行专项检测:

- a) 遭受地震、泥石流、雪崩、洪水、管涌或溃堤、沉船、第三方损坏等;
- b) 常规检测中难以判明是否安全;
- c) 超过设计年限,需延长使用时。

7.2.3.4 实施专项检测前,检测单位应搜集下列资料:

- a) 竣工资料;
- b) 识别和鉴定穿越结构的主要材料及其强度;
- c) 专项检测的原因,影响穿越结构承载能力的因素;

- d) 历次定期检验和专项检测报告；
- e) 历次维修资料。

7.2.3.5 检测评价按照 GB/T 30582 不良条件下管道检验、不良条件下埋地钢质管道安全评定进行。

7.3 跨越段

7.3.1 检验内容

跨越段检验一般包括宏观检验、支承结构检测和管段检验,必要时,还应进行大气腐蚀调查和专项检测。检验的主要内容及流程如图 2 所示。

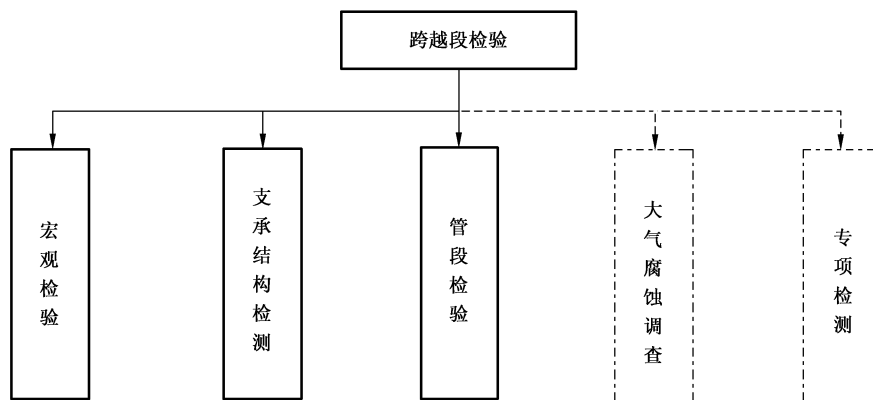


图 2 跨越段检验流程图

注：实线为必检的内容，虚线表示仅在必要时执行。

7.3.2 宏观检验

宏观检验以目视检查(条件允许时可利用内窥镜、放大镜或其他辅助检测仪器设备、测量工具)为主,包括地面环境与设施检查、管道结构、几何尺寸、外观检验以及支承结构表面检查等。宏观检验一般包括以下内容:

- a) 地面环境与设施检查,包括入场道路、围栏/防护墙、墩台、标志桩、警示牌完好情况,跨越铁路、公路的管段,重点检查防撞设施。
- b) 管道结构检验,包括管道布置,支吊架、绝缘装置设置、防雷设施的完好情况等。当宏观检验发现跨越段存在支承件损坏、较大变形、挠曲等现象时,应进行应力分析。出土或入土端安装电绝缘装置的跨越段,应按照相关标准规范进行电绝缘性检测,不满足标准规范要求的,应及时进行修复或更换。
- c) 几何尺寸检验,包括管道焊缝对口错边量、咬边、焊缝余高等。
- d) 外观检验,包括管道标志,管道组成件及其焊缝接头的腐蚀、裂纹、泄漏、鼓包、变形、机械接触损伤、过热、电弧灼伤,防腐层的破损、剥落,保温层破损、脱落、潮湿以及保温层下的腐蚀和裂纹等。
- e) 支承结构表面检查,包括基础、锚固墩的完好情况检查,塔架、桁架和钢索(主索、吊索、风索)及其连接件等的表面开裂、腐蚀损伤、变形、位移情况检查。
- f) 检查人员认为有必要的其他检查。

首次检验时应进行地面环境与设施检查、管道结构、几何尺寸、外观检验、支承结构表面检查,再次定期检验时,主要进行异常变化的支承结构变形与位移检验、地面环境与设施检查以及对经历过重大修理或改造的管道进行管道结构和几何尺寸异常部位有无新生缺陷的检验。

7.3.3 支承结构检测

7.3.3.1 基础、锚固墩检测

首次检验时一般应对基础、锚固墩进行钢筋锈蚀情况、混凝土电阻率和抗压强度检测,评价按照 GB/T 50344 和 GB/T 50107 执行。再次检验时,一般不再对上述指标检测,仅在基础、锚固墩遭受地震、泥石流、河床、水文异常变化等可能造成严重损伤或检验人员认为必要时进行检测。

7.3.3.2 塔架(桁架)检测

塔架(桁架)应进行无损检测、垂直度分析和实际承载能力测试,应按照以下要求进行:

- 钢塔架、钢桁架的对接焊缝应达到 GB 50205 的一级焊缝标准,角焊缝可不进行无损检测;
- 可采用全站仪分析塔架垂直度,塔架垂直度偏差应小于塔架总体高度的 $1/1\,000$,且小于 40 mm,超出时应采取修复措施;
- 根据塔架(桁架)结构形式,采用相关检测仪器对结构实际承载应力水平进行测试,将检测应力值与材料的许用应力进行对比,从而对在恒载和风载等作用下塔架的工作能力进行评估;
- 根据检测结果,视情形对塔架进行仿真分析,包括静态分析、模态分析和动态分析三个部分,将分析得到的应力值与材料的许用应力实际应力测试结果进行对比,进而在恒载和风载等作用下塔架的工作能力进行评估。

7.3.3.3 钢索检测

钢索检测应按照以下要求进行:

- 钢索无损检测可采用钢丝绳电磁检测方法定量检测钢丝绳的金属截面积损失,也可采用其他认可的技术方法;
- 当需要控制索力精度测试时,应根据测试方法的特点和适用条件,采用多种方法;
- 当采用荷载试验方法获取索力时,可采用人工强迫激励或自然激励,使其产生振动,采集振动信号,获取振动频率,并进行计算;
- 定期检测钢丝的锈蚀、断丝情况,当钢丝断丝超过 2%、钢丝锈蚀面积超过 10%时,应予更换。

7.3.4 管段检验

7.3.4.1 对于已实施内检测的管道,跨越段检验应在内检测数据分析的基础上开展以下检测:

- 壁厚检测、无损检测按照 7.2.2.2c) 的要求进行;
- 宏观检验发现外防腐(保温)层存在破损时,应结合内检测结果进行层下腐蚀检测。

7.3.4.2 对于未实施内检测的管道,跨越段检验应开展以下检测:

- 壁厚检测、无损检测按照 7.2.2.3c) 的要求进行;
- 未安装绝缘法兰的,应采用低频导波或开挖的方式对出土入土端、下弯头进行腐蚀检测;
- 大气腐蚀性较强且外防腐(保温)层存在破损的,可选用低频导波、漏磁外检测、远场涡流、低频电磁、超声波 C 扫描等检测技术进行补充检测。

7.3.5 大气腐蚀调查

大气腐蚀的主要影响因素有:大气成分、湿度、温度、结构和覆盖层质量。管道处在以下几种环境时,应进行对管体腐蚀减薄进行检测,重点检测位置包括防腐层破损、保温层破损等。

- 无保温层管道存在以下环境时:
 - 大气成分:含有氯离子的海洋大气、潮湿工业大气或含有强烈污染的环境大气;

- 2) 湿度:当空气中相对湿度超过 60%时;
- 3) 温度:管道表面温度高出环境露点温度 3℃以下时。
- b) 有保温层管道存在以下环境时:
 - 1) 大气成分:在海洋环境或水汽充沛、多雨、温暖和沿海地区、产生空气污染物较多工厂附近,如氯化物(海洋环境,附近工厂排放)或二氧化硫(工厂烟囱排放物)等;
 - 2) 结构和覆盖层质量:结构设计和/或安装不良积水、覆盖层间隙处或破损处渗水;
 - 3) 温度:环境露点温度高于管道表面温度。

7.3.6 专项检测

7.3.6.1 跨越段在下列情况下应进行专项检测:

- a) 跨越段遭受超过设计频率的洪水冲刷、流冰、漂流物、船舶或车辆撞击、滑坡、泥石流冲击、地震、火灾、人为破坏等造成结构损伤;
- b) 常规检测中难以判明是否安全的跨越工程;
- c) 为提高或达到设计承载等级而需要进行修复加固、改建、扩建的跨越工程;
- d) 超过设计年限,需延长使用的跨越工程;
- e) 常规定期检测发现加速退化的构件需要补充检测的跨越工程。

7.3.6.2 实施专项检测前,检测单位应搜集下列资料:

- a) 竣工资料;
- b) 识别和鉴定跨越结构的主要材料及其强度;
- c) 专项检测的原因,影响跨越结构承载能力的因素等;
- d) 历次定期检验和专项检测报告;
- e) 历次维修资料。

7.3.6.3 检测项目除支承结构检测外(7.3.3),还应包括支承结构变形检测、结构材料缺损状况诊断、结构整体性能与功能状况评估:

- a) 支承结构变形检测:
 - 1) 墩、台、桩、柱等基础变形、移位是否满足原设计和规范要求;
 - 2) 塔架倾角、顺桥向及横向变形是否满足原设计和规范要求;
 - 3) 索系空间位置是否满足原设计要求;
 - 4) 桁架、复壁管跨越的结构竖向变形是否满足原设计和规范要求;
 - 5) 管道轴线侧向、轴向形变是否满足原设计和规范要求。
- b) 结构材料缺损状况的诊断:应根据材料缺损的类型、位置和检测的要求,选择表面测量、无损检测技术和局部取试样等方法。试样宜在有代表性构件的次要部位获取。检测与评估应依照相应的试验标准进行。
- c) 结构整体性能与功能状况评估:应根据诊断的构件材料质量状况及其在结构中的实际功能,用计算分析评估结构承载能力。当计算分析评估不满足或难以确定时,用静力荷载方法鉴定结构承载能力,用动力荷载方法测定结构力学性能参数和振动参数。结构计算、荷载试验和评估应符合国家现行有关标准的规定。
- d) 检验人员认为有必要的其他检测。

7.3.6.4 当发生超越设计洪水频率的洪水时,应重新收集河段水文参数,分析对比设计条件,确认设计洪水冲刷深度取值是否仍能保证跨越水中基础的安全;收集河道洪水水位资料,分析跨越净空取值是否安全。

8 适用性评价

8.1 一般规定

8.1.1 检测工作结束后,应对发现问题的管道进行适用性评价,以确定管道许用工作参数、维修计划与下次定期检验日期。

8.1.2 适用性评价,包括应力分析、强度评估、剩余寿命评估、材料适用性评价以及问题处理与检验周期确定。

8.1.3 开展适用性评价时,应综合考虑缺陷类型、载荷类型、失效模式、材料性能、缺陷扩展量、环境变化、管道建造及运行历史等因素和数据,选择合理的评价方法和可接受准则。

8.1.4 适用性评价应考虑获取缺陷数据的检测设备的检测精度误差。

8.1.5 当无法区分体积缺陷或平面缺陷时,宜按照平面缺陷进行评价。缺陷类型可分为:

- a) 体积缺陷:局部减薄(含腐蚀)、划痕、气孔、夹渣、深度小于 1 mm 的咬边等;
- b) 平面缺陷:裂纹、未熔合、未焊透、深度大于或等于 1 mm 的咬边等;
- c) 几何变形:凹陷、皱褶、屈曲、鼓胀、椭圆变形等。

8.2 应力分析

有下列情况之一的管道,应进行应力分析计算:

- a) 存在较大变形、挠曲、破坏,以及支承件损坏等现象且无法复原的;
- b) 全面减薄量超过管道公称壁厚 30%的;
- c) 需要设置而未设置补偿器或补偿器失效的;
- d) 机械连接处(法兰或接头)经常性泄漏、破坏的;
- e) 输送过程中发现管道存在振动、移位等异常情况的;
- f) 检验人员或使用单位认为有必要的。

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

8.3 强度评估

8.3.1 耐压强度校核

有下列情况之一的管道,应进行耐压强度校核:

- a) 工作压力提高,或工作温度改变的;
- b) 输送环境发生重大改变,管道地区等级升级的。

穿越段和跨越段耐压强度校核分别按照 GB 50423 和 GB/T 50459 进行强度校核。

8.3.2 含缺陷管道剩余强度评估

按照以下要求,对检测发现的含缺陷管道进行剩余强度评估,确定管道最大允许工作压力:

- a) 直管段上的腐蚀、体积型焊接缺陷的剩余强度评估按照 GB/T 30582 进行;
- b) 弯头和弯管上的体积型缺陷的剩余强度评估按照 GB/T 30582 进行;
- c) 直管段上平面型缺陷的剩余强度评估按照 GB/T 19624 进行;
- d) 凹陷的剩余强度评估按照 GB/T 30582 进行,其他管道几何变形可采用有限元分析方法进行仿真计算。

8.4 剩余寿命预测

8.4.1 对检测发现的含腐蚀缺陷管道,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。腐蚀管道的剩余寿命预测按照 GB/T 30582 进行。

8.4.2 对裂纹类缺陷的剩余寿命预测可参考国内外相关标准执行。

8.5 材料适用性评价

有下列情形之一的,应进行材料适用性评价:

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

材料适用性评价按照 GB/T 30582 进行。

8.6 问题处理与检验周期确定

8.6.1 问题处理

8.6.1.1 管道使用单位应根据适用性评价结果,并结合管道实际运行情况制定详细的修复、改造计划和方案消除缺陷,相关文件记录存档。

8.6.1.2 管体缺陷的修复计划一般包括立即修复、限期修复和监控使用,修复时按照 GB/T 36701 的要求进行。

8.6.1.3 地面附属设施修复应满足以下要求:

- a) 对发现的水工保护、地面标识、支承结构、阴极保护设施等地面附属设施存在的问题,宜在检验后一年内完成修复;
- b) 跨越段主索或多根吊索出现严重锈蚀、断丝,达到 GB/T 9075 报废条件的应立即修复或更换;
- c) 基础、索塔、桁架出现严重沉降或位移,超出设计及施工验收标准时应立即进行修复;
- d) 管道附属设施的修复应按照相关设计及施工验收标准进行。

8.6.2 检验周期确定

按照 GB/T 37368 确定检验周期。

9 记录和报告

9.1 记录

9.1.1 所有的检测都应有完整的现场记录,记录至少应包含以下内容:

- a) 检测管段或部位;
- b) 检测设备的唯一识别标识;
- c) 对检测结果会造成影响的环境条件;
- d) 对检测结果会造成影响的管道检测部位状况或运行状况;
- e) 表征管道状况的检测数据;
- f) 检测时间;
- g) 检测人员。

9.1.2 检测应有现场记录,填写结构缺陷记录表、特殊构件信息表和照片记录表,并应符合下列规定:

- a) 结构缺陷记录表应包含下列相关内容:
 - 1) 构件编号;
 - 2) 构件描述;
 - 3) 构件在结构中的位置;

- 4) 缺陷描述:包含缺陷位置、程度、产生的原因和可能的退化、照片编号、所有材料试验的细节和材料在结构中的部位。
 - b) 特殊构件信息表应记录状态评定表和结构缺陷记录表中没有涵盖的信息,包含下列内容:
 - 1) 没有在评分标准中定义的构件;
 - 2) 无法检测的构件,并说明不能检测的原因;
 - 3) 河道的淤积、冲刷、水位记录;
 - 4) 记录材料测试和取样的位置并编号,以便试验结果的交叉参考。
 - c) 照片记录表中的照片应针对构件缺陷拍摄,并按顺序编号。
- 9.1.3 当记录为电子文档时,还应有纸质的检索记录,记录检测时间、检测人员及电子文档名称等。

9.2 报告

9.2.1 检验报告内容及格式应满足相关安全技术规范要求。报告中所有的检测数据应能在记录中追溯。

9.2.2 检验报告至少包括以下内容:

- a) 项目概况;
- b) 数据收集:应简要说明数据来源,并特别注明有怀疑或矛盾的数据;
- c) 检验实施:包含检验检测的管道区段、时间、环境条件、技术方法与设备、数据等;
- d) 适用性评价:包括评价参照的法规标准、评价使用的管道相关参数、检测数据的统计分析、不同类型缺陷的评价、评价结论及维修维护建议;
- e) 结论建议:许用参数、下次检验日期,缺陷修复或其他安全措施建议,管道安全运行建议。

9.2.3 专项检测报告应包含下列主要内容:

- a) 穿跨越工程基本情况、检测单位、检测时间和工作过程;
- b) 描述目前穿跨越工程技术状况、试验与检测项目及方法、检测数据与分析结果、跨越技术状况评估;
- c) 阐述检测部位的损坏原因及程度,评定穿跨越继续使用的安全性;
- d) 提出结构及局部构件的维修、加固或改造的建议方案,提出维护管理措施。

附 录 A
(资料性附录)
穿跨越段年度检查

A.1 一般要求

A.1.1 年度检查至少每年进行 1 次,进行定期检验的年度可以不进行年度检查。

A.1.2 年度检查通常由管道使用单位的作业人员进行,也可委托具有相应资质的检验机构进行。

A.2 检查项目和要求

A.2.1 年度检查的项目包括资料审查、宏观检验、阴极保护系统测试、电性能测试、壁厚测定、地质条件调查等。

A.2.2 年度检查以资料审查、宏观检验为主,必要时进行穿越段和跨越段阴极保护系统测试、电性能测试、壁厚测定及地质条件调查,部分检查项目可结合日常巡线进行。

A.2.3 资料审查的内容与要求按照 TSG D7003。

A.3 宏观检验

A.3.1 穿越段检查内容

穿越段宏观检验一般应包括以下内容:

- a) 采用无套管方式(如定向钻或直埋法等)穿越铁路、公路的管段,检查地基变形、路基稳定性、车辆通行情况等;
- b) 采用涵洞、套管等保护方法穿越铁路、公路的管段,检查地基变形、涵洞积液、绝缘支架损伤、套管接触、管道碰撞情况等;
- c) 采用隧道法穿越水域的管段,检查伴行道路、围栏/防护墙、标志桩/警示牌、洞口或井口、支墩等设施完好情况,注水隧道水面泄漏等情况;
- d) 采用挖沟法、定向钻法穿越水域的管段,检查水面泄漏、河道冲淤变化及变迁、通航、挖沙采矿、洪水、锚固墩、截断阀室等完好情况;
- e) 穿越山岭、冲沟的管段,检查滑坡、崩塌、泥石流、冲沟等情况;
- f) 检查人员认为有必要的其他检查。

检验人员应根据穿越类型制定管段的宏观检验记录表。

A.3.2 跨越段检查内容

跨越段宏观检验一般应包括以下内容:

- a) 检查跨越段管道防腐(保温)层、补偿器完好情况;
- b) 检查入场道路、围栏、防护墙完好情况;
- c) 跨越铁路或公路的管段,检查防撞设施、标志桩/警示牌完好情况;
- d) 检查墩台基础的沉降、墩体移动、撞击、冲蚀、悬空、开裂或脱落情况;
- e) 索系的松弛、断裂、锈蚀、保护层开裂,以及连接件的脱落、断裂和锈蚀情况;
- f) 塔架的侧向倾斜、竖向失稳、焊缝开裂、构件断裂、锈蚀情况;
- g) 桥面的焊缝开裂、连接件脱落及断裂、钢结构锈蚀、管箍脱落情况;

- h) 管道锚固墩、阀室及阀门完好情况；
- i) 自然环境变化、施工、自然灾害情况，以及防雷接地完好情况；
- j) 检查人员认为有必要的其他检查。

管道跨越段年度检查的宏观检验记录表格见表 A.1。

A.4 阴极保护系统测试

当管道实施阴极保护时，应进行以下阴极保护系统测试：

- a) 穿越段沿线保护电位，测量时应考虑 IR 降的影响；

注：IR 是指管道外防腐（保温）层破损部位的阴极保护电流在土壤介质中产生的电位梯度。

- b) 套管内牺牲阳极输出电流、开路电位（适用于管道保护电位异常时）；
- c) 管内电流（适用于管道保护电位异常时）；
- d) 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.5 电性能测试

电性能测试一般包括以下内容：

- 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) 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其他电连接设施，测试其电连续性。

A.6 壁厚测定

对有明显腐蚀和冲刷减薄的管道，利用阀井或探坑等处进行壁厚测定。

A.7 地质条件调查

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、活动断层、冻土区等地质灾害进行地质条件调查。

A.8 其他

穿跨越段年度检查还应满足以下要求：

- a) 对历次检验发现的未及时处理的缺陷应重点检查；
- b) 年度检查除满足本标准的要求外，还应满足 TSG D7003、TSG D7004 和 GB/T 37368 的相关要求。

A.9 结论与报告

A.9.1 年度检查结论

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，指未发现或只有轻度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,可以有条件的监控使用,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,不准许继续使用,应停止运行或由检验机构进行进一步检验。

A.9.2 年度检查报告

年度检查由使用单位自行实施时,按照本规则的检查项目、要求进行记录,并且出具年度检查报告,年度检查报告应由使用单位安全管理负责人或授权的的安全管理人员审批。

A.9.3 问题处理

年度检查报告有问题需要处理时,使用单位应及时采取措施对问题进行处理。

表 A.1 管道跨越段宏观检验记录表

跨越名称:

跨越形式:

天气状况:

日期:

检查项目		状况		情况描述
入场道路		良好		
围栏、防护墙		完整		
标志桩、警示牌		正常		
墩台基础	沉降	有,无		
	墩体移动	有,无		
	撞击	有,无		
	冲蚀	有,无		
	悬空	有,无		
	开裂或脱落	有,无		
索系	松弛	有,无		
	断裂	有,无		
	锈蚀	有,无		
	保护层开裂	有,无		
	连接件脱落	有,无		
	连接件断裂	有,无		
	连接件锈蚀	有,无		
塔架	侧向倾斜	有,无		
	竖向失稳	有,无		
	焊缝开裂、构件断裂	有,无		
	锈蚀	有,无		
桥面	焊缝开裂	有,无		
	连接件脱落	有,无		
	连接件断裂	有,无		

表 A.1（续）

跨越名称：跨越形式：

天气状况：日期：

检查项目		状况		情况描述
桥面	钢结构锈蚀	有,无		
	管箍脱落	有,无		
管道	防腐、保温、补偿	完好		
	锚固墩	完好		
	阀室及阀门	完好		
	防雷接地	完好		
自然环境变化		有,无		
跨越及场区施工		有,无		
其他危及跨越安全的人类活动或自然灾害				
检查：		日期：		审核：日期：

附 录 B
(资料性附录)
穿越段管道埋深检测

B.1 一般规定

B.1.1 穿越河流、水库、湖泊、鱼塘、沼泽、公路、铁路等穿越段应定期进行埋深检测。

B.1.2 可与埋地钢质管道定期检验同时进行检测,或进行埋深专项检测。当管道穿越段附近存在动土、挖沙、泄洪、水土流失等情况时,应增加检测频次。

B.1.3 检测前应收集管道相关资料,包括但不限于:

- a) 管道外径;
- b) 穿越方式;
- c) 穿越段管道长度;
- d) 穿越段管道设计深度;
- e) 穿越段管道上方可通过性;
- f) 穿越段管道附近最近的测试桩位置;
- g) 以往历次检测记录;
- h) 附近动土、挖沙、泄洪、水土流失记录等。

B.1.4 使用单位应做好检验配合工作以及安全监护工作,辨识风险源并制定应急预案,保证检测人员和设备安全。

B.2 穿越段埋深检测方法

B.2.1 对于可步行通过的穿越段,可采用基于电磁原理的探测仪进行位置和埋深检测,检测设备应满足最大埋深检测要求。

B.2.2 对于穿越水域的管段,可采用水下管道检测装置进行检测,或采用电磁等其他被验证可靠的检测技术。当管道埋深小于 10 m 时,宜采用基于电磁原理的探测仪(固定公式)进行检测;当管道埋深 10 m~30 m 时,宜采用基于电磁原理的探测仪(拟合计算)进行检测;当管道埋深大于 30 m 时,可采用水下管道检测装置或 IMU 方法进行检测。

注: IMU,即惯性测量单元,系测量物体三轴姿态角(或角速率)以及加速度的装置。一般一个 IMU 包含了三个单轴的加速度计和三个单轴的陀螺,加速度计检测物体在载体坐标系独立三轴的加速度信号,而陀螺检测载体相对于导航坐标系的角速度信号,测量物体在三维空间中的角速度和加速度,并以此计算出物体的姿态。

B.2.3 基于电磁原理的检测方法按照 GB/T 19285 执行,选择合适的信号频率和强度。采用基于电磁原理的探测仪(拟合计算)进行检测时,现场应选择合适的校准点,校准提离高度应适合穿越段最大埋深。

B.2.4 检测数据包括但不限于:水平位置、管道埋深、信号频率和强度,绘制穿越段管道平面图和剖面图。

B.2.5 检测过程中应记录沿线人工动土、水土保持、沙丘移动等情况,分析对管道埋深检测可能产生的潜在影响。

B.2.6 当穿越段上方存在建(构)筑物时,应检测建(构)筑物两端管道位置和埋深。

B.2.7 不同穿越方式、环境类别的检测技术适用性和选择方法见表 B.1~表 B.4。

表 B.1 穿越段埋深测量技术适用性选择(穿越方式)

穿越方式	检测技术			
	电磁法+拟合计算	电磁法+固定公式	IMU 方法	水下管道检测装置
挖沟法	√	√	√	√
定向钻法	√	×	√	×
顶管法	√	√	√	√
夯管法	√	√	√	×
注：“√”表示此检测技术适用；“×”表示此检测技术不适用。				

表 B.2 穿越段埋深测量技术适用性选择(环境类别)

环境类别	检测技术			
	电磁法+拟合计算	电磁法+固定公式	IMU 方法	水下管道检测装置
小型河流	√	√	√	×
中型河流	√	√	√	√
大型河流	√	√	√	√
湖泊	√	√	√	√
水库	√	√	√	√
鱼塘	√	√	√	×
沼泽	√	√	√	×
公路	√	√	√	×
铁路	√	√	√	×
注：“√”表示此检测技术适用；“×”表示此检测技术不适用。				

表 B.3 穿越段埋深测量设备工具选择

穿越方式	设备工具			
	步行(水叉裤)	船桨类橡皮艇	动力类橡皮艇	大型船只
小型河流	√	√	×	×
中型河流	×	√	√	√
大型河流	×	×	√	√
湖泊	×	√	√	√
水库	×	√	√	√
鱼塘	√	√	×	×
沼泽	√	√	×	×

表 B.3 (续)

穿越方式	设备工具			
	步行(水叉裤)	船桨类橡皮艇	动力类橡皮艇	大型船只
公路	√	×	×	×
铁路	√	×	×	×

注：“√”表示此检测技术适用；“×”表示此检测技术不适用。

表 B.4 管道埋深与管段长度适用性选择

管道长度	管段埋深 H				
	$H \leq 5$ m	$5 < H \leq 10$ m	$10 < H \leq 15$ m	$15 < H \leq 30$ m	> 30 m
0~1 km	1,2,3,4	1,2,3,4	2,3,4	2,3,4	3,4
1 km~2 km	1,2,3,4	1,2,3,4	2,3,4	2,3,4	3,4
2 km 以上	1,3,4	1,3,4	3,4	3,4	3,4

注：1——电磁法+固定公式；
2——电磁法+拟合公式，适于埋深较大管道的检测；
3——水下管道检测装置，适于水下管道检测；
4——IMU 法。

B.3 水下穿越段埋深间接检测方法

B.3.1 电磁法基本原理

在穿越水域两端的测试桩或露管处连接电缆线，形成闭合回路，并串联发射机，或发射机一端连接穿越水域的测试桩，另一端接地。选择发射机一定频率的电磁信号，接收机采用电磁峰值法，接收电磁信号值，借助合适的设备工具，或使用水下管道检测装置，沿管道方向“S”路径移动，记录接收的最强信号值，计算得到管道距测试仪器水底的埋深和位置，检测示意图如图 B.1~图 B.3 所示。配合水深传感器，按式(B.1)计算管道距水底面深度：

$$H = H_1 - H_2 - \frac{D}{2} \times \frac{1}{1\,000} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

- H ——管道顶部距水底面深度，单位为米(m)；
 H_1 ——管道中心距水顶面深度，单位为米(m)；
 H_2 ——管道正上方水顶面距水底面深度，单位为米(m)；
 D ——管道公称直径，单位为毫米(mm)。

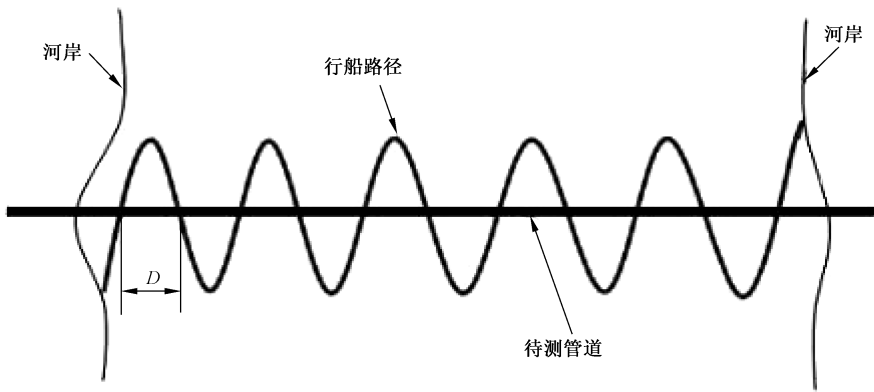


图 B.1 水上行船路径示意图

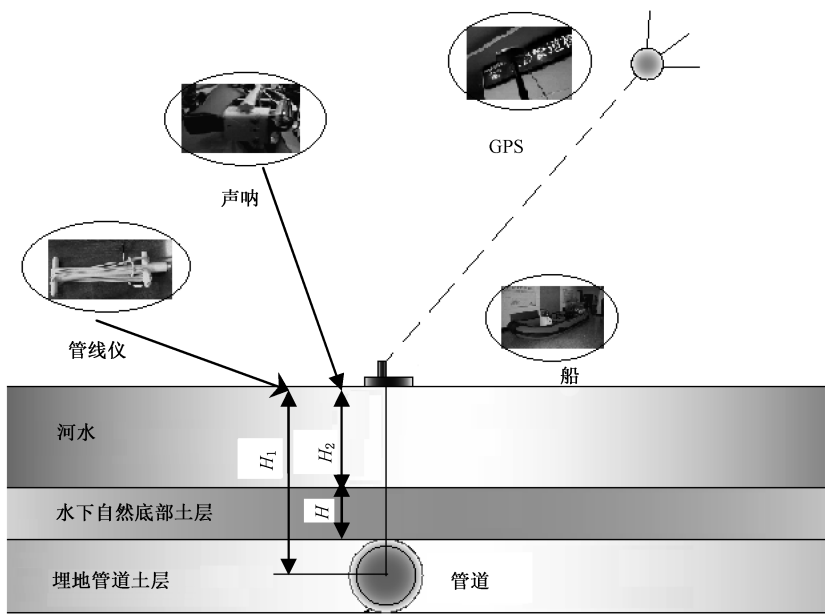


图 B.2 检测示意图

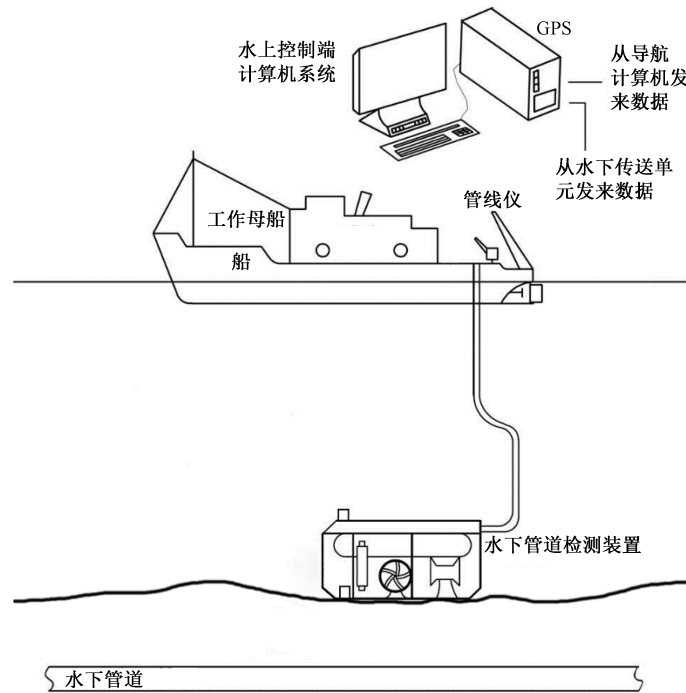


图 B.3 水下管道检测装置检测示意图

B.3.2 一般要求

采用基于电磁原理的检测方法,可使用声呐、探杆等设备测量水深值,确定水下管道坐标。

B.3.3 埋深间接检测

B.3.3.1 管道定位检测

B.3.3.1.1 检测的穿越段包括水下(河床)和河床两侧延伸部分,检测前应确定高程并进行现场勘查。

B.3.3.1.2 检测数据应包括水下管道位置信息、上下游河床和管道顶部高程,绘制穿越段管道平面图和剖面图,并标记管道公称直径。

B.3.3.1.3 上下游河床段位置检测长度不宜少于 50 m,并选择陆上埋地管道开挖直接验证。

B.3.3.2 水深及河床测量

B.3.3.2.1 水深及河床测量主要包括:穿越段位置处的水深、水面高程、上下游河床水深测量和高程,必要时进行水下地形地貌扫查。

B.3.3.2.2 可采用声呐法、探深杆、探深锤等方法进行水深测量。

B.3.3.2.3 当水面灰度达到 10 级,水深测量设备应安装扫查和成像装置,对水下露管、悬空等异常状况进行探测,并记录。

B.3.4 管道埋深及河床数据分析与评价

B.3.4.1 对于首次开展检测的穿越段,应与管道设计、竣工资料中的埋深数据进行对比分析。

B.3.4.2 对于已完成两次以上检测的穿越段,应根据历次检测结果计算覆土层改变速率,当覆盖层减小且年速率大于 5%时,应缩短检测周期。

B.3.4.3 定向钻穿越段管段管顶覆土层深度应大于 10 倍~15 倍管道公称直径,且不小于 6 m。

B.3.4.4 挖沟法穿越不同工程等级水域的埋深评价应符合表 B.5 的规定。

表 B.5 挖沟法穿越段管顶的最小埋深 单位为米

水域情况	大型	中型	小型
有冲刷或疏浚的水域,应在设计洪水冲刷线下或规划疏浚线下,并取其深者	≥ 1.5	≥ 1.2	≥ 1.0
无冲刷或疏浚的水域,应埋在水床底面以下	≥ 1.5	≥ 1.3	≥ 1.0
河床为基岩,并在设计洪水下不被冲刷时,管段应嵌入基岩深度	≥ 0.8	≥ 0.6	≥ 0.5

B.3.4.5 当穿越段埋深不满足要求,或根据历次检测数据确定管道存在沉降、侧移时,应进行修复或安全可靠性评价。

B.3.4.6 当对上下游等高线进行分析,存在低洼地带、侵蚀面或下切截面时,应进行说明,必要时,标明可能存在的面积;当存在采砂坑、凹坑、下切截面异常区域、露管或裸管等情况时,应确定位置并进行标记。