



CECS XXX: 202X

中国工程建设标准化协会标准
沉管法管道工程技术规程

Technical Standard for Engineering of Immersed Pipeline

(征求意见稿)

中国计划出版社

2022.2

中国工程建设标准化协会标准

沉管法管道工程技术规程

Technical Standard for Engineering of Immersed Pipeline

T/CECS XXX-202X

主编单位：广州市市政集团有限公司

广州市市政公路协会

批准部门：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X年XX月X日

中国计划出版社

202X 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2022 年第一批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字〔2022〕13 号）的要求，规程编制组经过深入调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外相关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分 12 章，主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、工程调查与勘测、管道设计、管段制作、基槽开挖与回填、水面浮运法施工、铺管船法施工、管道底拖法施工、安全与环境保护、工程验收等。

请注意本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会管道结构专业委员会归口管理，由广州市市政集团有限公司负责具体技术内容的解释。本规程在执行过程中如有需要修改或补充之处，请将有关资料和建议寄送解释单位（地址：广州市越秀区环市东路 338 号，邮政编码：510060；电子邮箱：1147621324@qq.com），以供修订时参考。

主编单位：广州市市政集团有限公司

广州市市政公路协会

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	3
3 基本规定	5
4 工程调查与勘测	7
4.1 一般规定	7
4.2 工程调查	7
4.3 工程勘测	7
5 管道设计	10
5.1 一般规定	10
5.2 沉管管位选择	12
5.3 管节结构设计	12
5.4 构造设计	19
5.5 基槽设计	20
6 管段制作	22
6.1 一般规定	22
6.2 管节连接	23
6.3 质量检验	26
7 基槽开挖与回填	29
7.1 一般规定	29
7.2 施工准备与测量放线	29
7.3 基槽开挖	31
7.4 基槽回填	33
7.5 质量检验	33
8 水面浮运法施工	35
8.1 一般规定	35
8.2 浮运施工	36

8.3 质量检验	39
9 管道铺管船法施工	41
9.1 一般规定	41
9.2 铺管施工	41
9.3 质量检验	41
10 管道底拖法施工	43
10.1 一般规定	43
10.2 底拖施工	45
10.3 质量检验	49
11 安全与环境保护	51
11.1 一般规定	51
11.2 安全技术措施	52
11.3 环境保护	54
12 工程验收	57
12.1 功能性试验	57
12.2 工程验收	58
附录 A 钢管管道在各种荷载作用下的最大弯矩系数和竖向变形系数	61
附录 B 管侧回填土的综合变形模量	61
附录 C 沉管法管道工程分项、分部、单位工程划分	62
附录 D 分项、分部、单位工程验收记录	63
本规程用词说明	65
引用标准名录	66
条文说明	67

Contents

1 General provisions	1
2 Terms and symbols	2
2.1 Terms	2
2.2 Symbols	3
3 Basic requirements	5
4 Engineering investigation and survey	7
4.1 General requirements	7
4.2 Engineering investigation	7
4.3 Engineering survey	7
5 Pipeline design	10
5.1 General requirements	10
5.2 Selection of immersed pipeline position	12
5.3 Structural design of tunnel	12
5.4 Construction design	19
5.5 Foundation groove design	20
6 Tunnel production	22
6.1 General requirements	22
6.2 Pipe element connection	23
6.3 Quality acceptance	26
7 Trench excavation and backfill	29
7.1 General requirements	29
7.2 Construction preparation and surveying and setting out	29
7.3 Trench excavation	31
7.4 Trench backfill	33
7.5 Quality acceptance	33
8 Construction of floating caisson method	35
8.1 General requirements	35
8.2 Construction of floating caisson method	36
8.3 Quality acceptance	39

9 Construction of pipe-laying vessel method	41
9.1 General requirements	41
9.2 Construction of pipe-laying vessel method	41
9.3 Quality acceptance	41
10 Construction of bottom towing method	43
10.1 General requirements	43
10.2 Construction of bottom towing method	45
10.3 Quality acceptance	49
11 Safety and environmental protection	51
11.1 General requirements	51
11.2 Safety technical measures	52
11.3 Environmental protection	54
12 Acceptance of construction	57
12.1 Functionality test	57
12.2 Acceptance of construction	58
Appendix A The maximum moment coefficient and vertical deformation coefficient of steel pipe pipelines under various loads	61
Appendix B The comprehensive deformation modulus of backfill soil	61
Appendix C The classification of sub-item, sub-project and unit project	62
Appendix D Acceptance records of sub projects, sub projects, and unit projects	63
Explanation of wording in this standard	65
List of quoted standards	66
Explanation of provisions	67

1 总则

1.0.1 为统一沉管法管道工程技术要求，做到技术先进、安全适用、经济合理、保证质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于沉管法管道工程的勘测、设计、施工和验收。

1.0.3 沉管法管道工程的勘测、设计、施工和验收，除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准和中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 沉管法 immersed pipeline method

将组装成一定长度的管段沉入或拖入水底基槽并回填覆盖管道的铺设方法，又称沉埋法。

2.1.2 管节 pipe

组成管段的制品单元。

2.1.3 管段 pipe element

由管节一次或分次预制完成，可实施浮运、沉放、水下对接组成管道结构的基本单元。

2.1.4 管节接头 pipe joint

管节与管节之间的连接结构。

2.1.6 浮运法 floating caisson method

管节组对拼组装后移运下水，浮运至下沉地点，下沉就位的方法。

2.1.7 水平划弧 horizontal stroke carve

当管段浮运至管中心线附近，先将管段一端牵引至中心线定位、固定，再将管段在水面上水平旋转至管线中心的过程。

2.1.8 垂直划弧 vertical stroke carve

将纵断面为折线（倒虹吸）的管段两端点固定，由漂浮在水面上的状态，通过控制注水量和调节吊力，使管段围绕两端点在水中垂直旋转至管中线的过程。

2.1.9 垂直划弧漂管下沉法 vertical arcing and floating pipeline sinking

根据管段淹没深度、开挖基槽一侧的进管水道，以完成管段水平划弧，将管段吊装定位；向管内注水，完成管段垂直划弧；向管内继续注水，控制管身及两端吊点，将管段沉入槽底。

2.1.10 一端先下沉法 one-end-first sinking

当管段纵断面为直线时，水平划弧定位，通过控制管内注水量和调整吊力，

先将管段一端沉放至槽底，继续注水，逐步将整条管道全部沉放就位。

2.1.11 弹性敷设下沉法 elastic deformation laying

当管段纵断面为直线时，水平划弧定位，调整管段两端吊力，使两端点略高于管身，向管内注水，利用管道弹性能力，使管段呈弧形逐步沉入槽底，继续注水，将整条管线全部沉放就位。

2.1.12 铺管船法 pipe-laying vessel method

在专用的船上将管节拼接，并沿规定线路下沉就位的方法。

2.1.13 管道发送 pipeline launching

采用铺管船法或底拖法时，管节在铺管滑道上向水下基床拖拉。

2.1.14 底拖法 bottom-pull method

管节组对拼组装后将管道沉入基床面上，按设计标高和路径拖行管道到指定地点就位的方法。

2.1.13 压力管道 pressure pipeline

指工作压力大于或等于 0.1MPa 的输送液体或气体介质管道。

2.1.15 压力管道水压试验 water pressure test for pressure pipeline

以水为介质，对已敷设的压力管道采用满水后加压的方法，来检验在规定的压力值时管道是否发生结构破坏以及是否符合规定的允许渗水量（或允许压力降）标准的试验。

2.1.16 无压管道闭水试验 water leakage test for non-pressure pipeline

以水为介质对已敷设重力流管道（渠）所做的严密性试验。

2.2 符号

- b_0 —— 管壁计算宽度（mm）；
 E_d —— 钢管管侧土的综合变形模量；
 E_p —— 钢管管材弹性模量；
 f —— 钢管管材或焊缝的强度设计值；
 $F_{cr, k}$ —— 钢管管壁截面失稳的临界压力标准值；
 F_f —— 管节浮力设计；
 F_{vk} —— 管内真空压力标准值；

-
- G_s —— 管节自重标准值；
- G_b —— 压舱、压块及或覆盖层等有效压重标准值；
- K_{st} —— 钢管管壁截面的设计稳定性抗力系数；
- M —— 在荷载组合作用下钢管管壁截面上的最大环向弯矩设计值；
- n —— 粗糙系数；
- N —— 在荷载组合作用下钢管管壁截面上的最大环向轴力设计值；
- Q —— 设计流量；
- t_0 —— 管的计算半径；
- α —— 钢管管材线膨胀系数；
- γ_0 —— 管道结构重要性系数；
- γ_s —— 抗浮分项系数；
- γ_w —— 水体重度；
- η —— 应力折算系数；
- ζ —— 管道局部水头阻力系数；
- σ —— 钢管管壁截面的最大组合折算应力；
- σ_θ —— 钢管管壁截面的最大环向应力；
- σ_x —— 钢管管壁截面的纵向应力。

3 基本规定

- 3.0.1** 半成品或成品的质量应符合国家现行有关标准的规定。
- 3.0.2** 沉管法管道设计前应进行工程调查与勘测工作。
- 3.0.3** 沉管法管道工程应进行管材选择、管位选择、管节结构和管节构造等内容的设计。
- 3.0.4** 为保证穿越管段的强度和稳定性,控制管道弯曲变形不超过弹性弯曲的安全要求,应根据施工方法进行沉管施工各阶段的管道强度、刚度、稳定性验算。
- 3.0.5** 应按管材、管节长度及制作要求生产管段,并应对管段进行质量检验。
- 3.0.6** 施工单位应建立健全施工技术、质量、安全生产、健康环境管理体系,制定各项施工管理制度,并贯彻执行。
- 3.0.7** 施工单位应组织有关技术管理人员深入现场调查,掌握现场情况,核对设计文件,做好充分的施工准备工作。
- 3.0.8** 施工单位应具备相应的施工资质,施工人员应具备相应的资格。给排水管道工程水下沉管施工和质量管理的应遵循相应的施工技术标准。
- 3.0.9** 施工单位在开工前应编制水下沉管专项施工方案,并按规定程序审批后执行,有变更时要办理变更审批。
- 3.0.10** 沉管施工方法的选择,应根据管道长度和管径、所处水域的工程水文地质、气象、航运交通等条件,周边环境、建(构)筑物、管线,以及设计要求和施工技术能力等因素,经技术经济比较后确定。不同施工方法的适应性宜满足下列规定:
- 1 当水文和气象变化相对稳定,水流速度相对较小时,可采用水面浮运法;
 - 2 当水文和气象变化不稳定、沉管距离较长、水流速度相对较大时,可采用铺管船法;
 - 3 当水文和气象变化不稳定,且水流速度相对较大、沉管长度相对较短时,可采用底拖法;且管节浮运、系驳、沉放、对接施工时水文和气象等条件宜满足:风速小于 10/s、波高小于 0.5、流速小于 0.8/s、能见度大于 1000m。
- 3.0.11** 沉管施工方案应取得相关河道管理等部门的审批意见。施工船舶、水上

设备的停靠、锚泊、作业及管道施工时，应符合航政、航道等部门的有关规定。

3.0.12 施工前应对施工范围内及河道地形进行校测，建立施工测量控制系统，并可根据需要设置水上、水下控制桩。设置在河道两岸的管道中线控制桩及临时水准点，每侧不应少于 2 个，且应设在稳固地段和便于观测的位置，并采取保护措施。

3.0.13 沉管处于通航河道时，夜间施工应有保证通航的航标设施。航标配布类别应根据航道条件与运输需要，以河区为单位，通过技术经济论证确定。沉管完成后应在需要在穿河管线的适当距离的两岸或一岸设置标示，禁止船舶在敷设水底管线的水域抛锚、拖曳航行或垂放重物，警告船舶驶至管线区域时注意采取必要的措施的管线标。

3.0.14 施工场地布置、土石方堆弃及成槽排出的土石方等，不得影响水源环境、水体水质、航运、航道及水利灌溉，也不得影响附近建（构）筑物的正常使用。施工中，对危及的堤岸、管线和建筑物应采取保护措施。

3.0.15 沉管法管道施工前，应进行安全与技术交底。

3.0.16 组对拼装后管段预水压试验应按设计要求进行，当设计无要求时，试验压力应为工作压力的 2 倍，且不得小于 1.0MPa，试验压力达到规定值后保持恒压 10min，不得有降压和渗水现象。

3.0.17 沉管施工作业前，应对水文、气象等条件进行监测，确保各项环境条件符合要求后，方可组织沉管施工。水文和气象的监测内容包括：风速、能见度、流速、波高、涨潮落潮等项目。

3.0.18 沉管施工期间，除应对水文、气象等条件进行监测外，尚需对施工船舶的状态、管线的位移形态，以及其他可能对施工作业造成不利影响的因素进行监测。

3.0.19 施工中应加强施工测量、监测工作，实施信息化施工，必要时应开展试挖槽、垫层试验、管节大比尺或足尺模型试验等工艺性试验。

3.0.20 沉管施工采用斜管连接时，斜坡段的现浇混凝土应自下而上浇筑。

3.0.21 当管体采用钢材制作时，管体内外应采取防腐措施，管道施工过程中应采取有效措施避免损坏防腐涂层，避免钢丝绳或其他尖硬材料直接接触管体。

3.0.22 沉管法管道工程施工应采取环境保护、安全文明施工措施。

4 工程调查与勘测

4.1 一般规定

4.1.1 工程调查与勘测应根据沉管法的技术特点、设计要求和所在区域条件，采用相应的方法，且应符合《市政工程勘察规范》CJJ56-2012 中的相关规定。

4.1.2 工程勘测方法及勘测工作量应根据现场地形、地貌、地质条件、工程结构设置以及不同勘测手段的特殊性等确定。

4.2 工程调查

4.2.1 工程调查应根据沉管法不同设计阶段的任务、目的、要求，针对管道特点和规模，确定搜集、调查资料的内容、范围和深度要求。

4.2.2 工程调查应包括下列主要内容：

- 1 现状及规划资料，包括道路交通、城市建设、港口码头、航道运输、堤岸防护等；
- 2 气象资料，包括气温、湿度、降水、雾况、风向、风速等；
- 3 水文地质资料，包括水位、波浪、流速、流向、水温、重度、水质、防洪标准、河道整治、河（海）势变化等；
- 4 工程地质及地震资料，包括地形、地貌、工程地质、区域地震历史、抗震设防烈度、设计地震分组、设计基本地震加速度等；
- 5 沿线地面、地下及水下建（构）筑物资料，包括建（构）筑物、管线、文物、军事设施、矿产资源、危险爆炸物等；
- 6 环境资料应包括管道附近大水域生态保护要求等；
- 7 现场施工条件资料，包括场地、供水供电、建筑材料来源、装备和机械等。

4.3 工程勘测

4.3.1 管道勘测应与设计阶段相适应，分阶段进行。勘测阶段可分为可行性研究

勘测、初步勘测和详细勘测，必要时应进行施工勘测。

4.3.2 水下地形测绘应符合下列规定：

1 可行性研究阶段，水下地形应以搜集既有资料和现场调查为主，工程地质测绘比例应满足相关审批部门的要求；

2 初步设计阶段的测绘比例不宜小于 1: 1000，测绘范围宜取管道轴线两侧各 500m；

4 施工图设计阶段，测绘比例不宜小于 1: 500，测绘范围宜取管道轴线两侧各 200m；

4.3.3 水域段勘察工作应符合下列规定：

1 可行性研究勘察应以搜集资料、现场踏勘为主，辅以必要的勘探、测试工作，初步评价对管道的影响，勘探应符合下列规定：

1) 勘探点平面布置孔距不宜大于 100m 勘探点总数量不宜少于 2 个，且对沿线每一地貌单元及工法分段不应少于 1 孔；

2) 在松散地层中，勘探孔深度应达到管底设计标高以下 2.5 倍管道外径，且不应小于 10m；

3) 在微风化及中等风化岩石中，勘探孔深度应达管底设计标高以下，且不应小于 8m，遇岩溶、土洞、暗河时应穿透并根据需要加深钻孔。

2 初步勘察阶段，勘探应符合下列规定：

1) 处于地质条件复杂的管道，勘探点间距不宜大于 50m 且总数不应少于 5 个；

2) 在松散地层中，一般性勘探孔进入管底设计标高以下不应小于 1.5 倍管道外径，控制性勘探孔进管底设计标高以下不应小于 2.5 倍管道外径；

3) 在微风化及中等风化岩石中，勘探孔进入管底设计标高以下不应小于 1 倍管道外径，遇岩溶、土洞、暗河时应穿透并根据需要加深钻孔。

3 详细勘察阶段，勘探应符合下列规定：

1) 勘探孔可采用梅花形布设方式，管节底部投影区域勘探孔间距宜为 20~30m；水下浚挖边坡范围内勘探孔间距宜为 20~30m；

2) 在松散地层中，一般性勘探孔进入管底设计标高以下不应小于 1.5 倍管道外径，控制性勘探孔管底设计标高以下不应小于 2.5 倍管道外径；

-
- 3) 在微风化及中等风化岩石中，勘探孔深度应进入管底设计标高以下 0.5 倍管道外径且不应小于 5m，遇岩溶、土洞、暗河时应穿透并根据需要加深钻孔。当河（海）底存在淤泥时应实测淤泥层厚度及各分层浮泥密度。
- 4 管节浮运区域需疏浚时，疏浚范围内应布设勘探孔，勘探孔深度应满足疏浚工程量计算需要，勘探孔间距根据区域地质环境具体确定。
- 5 水域段的水文勘察应包括水流速度、水位、水重度等内容。

5 管道设计

5.1 一般规定

5.1.1 钢管沉管的结构设计，应计算承载能力和正常使用两种极限状态。

1 承载能力极限状态：管道及其支墩结构达到最大承载能力，或达到不适于继续承载的变形极限状态；管材或连接构件因其内力超过材料强度而破坏；管道结构作为刚体失去平衡而上浮或滑移；管壁截面丧失稳定。

2 正常使用极限状态：管道的竖向变形量超过正常使用变形量的最大限值。

5.1.2 管节结构设计除应满足设计工作年限和使用功能外，还应满足运营环境、施工工艺等要求。

5.1.3 管道结构内力分析，均应按弹性体系计算，不考虑由非弹性变形所产生塑性内力重分布。

5.1.4 钢管结构及其连接件，按承载能力极限状态进行强度计算时，结构上的各项作用应采用作用设计值；钢管结构及其连接件按正常使用极限状态验算变形时，结构上的各项作用应采用作用代表值。各种作用的分项系数均应按现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 的规定采用。

5.1.5 管节结构设计时应同步进行预留预埋构件设计。

5.1.6 沉管工程宜在岸边考虑焊接、拼装及溜放下管的场地。

5.1.7 管节舾装设施应满足系泊、浮运、沉放、对接等施工工艺要求。

5.1.8 沉管管段采用浮运法施工时，吊点位置应进行吊装验算，管道不大于 DN1800 时，两个吊点之间钢管的最大挠度不应大于 $L/250$ ，管道大于 DN1800 时，两个吊点之间钢管的最大挠度不宜大于 $L/400$ 。

5.1.9 压力钢管端头敷设方向改变处有柔性接头时，应进行抗滑稳定验算，抗滑稳定性抗力系数 K_s 不应小于 1.5。

5.1.10 当聚乙烯（PE）管道公称直径不大于 630mm 时，管壁极限承载力强度计算中，可不考虑外压荷载效应。

5.1.11 用于输送饮用水的给水工程管道，内防腐材料应符合现行国家标准《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价》GB/T 17219 的有关规定。

5.1.12 钢管管道在准永久组合作用下，应采用延性良好的防腐涂料作为内衬，最大竖向变形不应超过 $0.04D_0$ ；聚乙烯（PE）管的竖向变形不应超过 $0.05D_0$ 。

5.1.13 管道转弯和交接处，其水流转角不应小于 90° 。当管径小于或等于 300mm 且跌水水头大于 0.3m 时，可不受此限制。

5.1.14 管道的流量应按式计算：

$$Q = Av \quad (5.1.14)$$

式中： Q ——设计流量（ m^3/s ）；

A ——水流有效断面面积（ m^2 ）；

v ——流速（ m/s ）。

5.1.15 恒定流条件下排水管的流速应按式计算：

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad (5.1.15)$$

v ——流速（ m/s ），金属排水管宜不大于 10m/s；

R ——水力半径（ m ）；

I ——水力坡降；

n ——粗糙系数，钢管取 0.012。

5.1.16 管道总水头损失宜按下式计算：

$$h_z = h_y + h_j \quad (5.1.16-1)$$

$$h_j = \sum \zeta \frac{v^2}{2g} \quad (5.1.16-2)$$

$$h_y = \frac{10.67 q^{1.852}}{C_h^{1.852} d_j^{4.87}} l \quad (5.1.16-3)$$

式中： h_z ——管道总水头损失（ m ）；

h_y ——管道沿程水头损失（ m ）；

h_j ——管道局部水头损失（ m ）；

ζ ——管道局部水头阻力系数，可根据水流边界形状、大小、方向的变化等选用；

q ——设计流量（ m^3/s ）；

C_h ——海曾-威廉系数，钢管采用水泥砂浆内衬时取 120~130，涂层内衬

时取 130~140。

5.2 沉管管位选择

5.2.1 穿越江、河的沉管管位宜与规划穿越线路一致。

5.2.2 穿越江、河的沉管宜在江、河的平直段，视野清晰，无障碍阻拦。

5.2.3 沉管位置应避开滑坡、泥石流、地震断裂带等危险地段。

5.2.4 沉管位置应根据地震活动性及工程地质条件选择抗震有利地段，穿越不利地段时应采取措施。

5.2.5 沉管位置宜选择在水文、河势稳定以及河床平缓地段，基槽底最大水深不宜大于 50m，水流速度窗口期满足管节浮运、沉放施工作业的要求。

5.2.6 沉管位置选择应满足水文和航运条件，有利于沉管施工和环境保护，沉管管位的平面位置与桥墩、码头的平面距离不宜过小；预计水下基坑开挖后的坡顶距桥墩、码头、水坝的平面距离不宜过小。

5.3 管节结构设计

5.3.1 钢管管道的强度计算，应满足下列要求：

$$\gamma_0 \eta \sigma_\theta \leq f \quad (5.3.1-1)$$

$$\gamma_0 \sigma \leq f \quad (5.3.1-2)$$

式中 σ_θ —— 钢管管壁截面的最大环向应力 (N/mm²)；

σ —— 钢管管壁截面的最大组合折算应力 (N/mm²)；

γ_0 —— 管道结构的重要性系数，根据现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB50332 的规定采用；

η —— 应力折算系数，可取 0.9；

f —— 钢管管材或焊缝的强度设计值，按现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 的有关规定取值。

5.3.2 钢管管壁截面的最大组合折算应力，应按下列公式计算：

$$\sigma = \eta \sqrt{\sigma_{\theta}^2 + \sigma_x^2 - \sigma_{\theta} \sigma_x} \quad (5.3.2)$$

式中 σ_x ——钢管管壁截面的纵向应力 (N/mm²) ;

5.3.3 钢管管壁截面的最大环向应力 σ_{θ} 应按下式确定:

$$\sigma_{\theta} = \frac{N}{b_0 t_0} + \frac{6M}{b_0 t_0^2} \quad (5.3.3-1)$$

$$N = \psi_c \gamma_Q F_{wd,k} r_0 b_0 \quad (5.3.3-2)$$

$$M = \varphi \frac{(\gamma_{G1} k_{gm} G_{lk} + \gamma_{G,sv} k_{vm} F_{sv,k} + \gamma_{Gw} k_{wm} G_{wk}) r_0 b_0}{1 + 0.732 \frac{E_d}{E_p} \left(\frac{r_0}{t_0} \right)^3} \quad (5.3.3-3)$$

式中: b_0 ——管壁计算宽度 (mm) ;

φ ——弯矩折减系数, $\varphi = 1 - \frac{F_{wk}}{3}$;

t_0 ——管壁计算厚度 (mm) , 取 $t_0 = t - 2$;

r_0 ——管的计算半径 (mm) ;

M ——在荷载组合作用下钢管管壁截面上的最大环向弯矩设计值 (N·mm) ;

N ——在荷载组合作用下钢管管壁截面上的最大环向轴力设计值 (N) ;

E_d ——钢管管侧土的综合变形模量 (N/mm²) , 当为单线敷设时可按附录B采用; 当为双线敷设或与其他管线合槽施工时, 其取值应根据实际情况具体确定;

E_p ——钢管管材弹性模量 (N/mm²) ;

k_{gm} 、 k_{vm} 、 k_{wm} ——分别为钢管管道结构自重、竖向土压力和管内水重使用下管壁截面的最大弯矩系数, 可按本规程附录A确定;

γ_{G1} ——钢管管道结构自重分项系数;

$\gamma_{G,sv}$ ——竖向土压力分项系数;

γ_{Gw} ——管内水重分项系数;

γ_Q ——设计内水压力和温度作用的分项系数;

G_{lk} ——钢管管道结构自重标准值 (kN/m) ;

F_{wk} ——钢管管道内工作压力标准值 (kN/m²) ;

$F_{wk,k}$ —— 钢管管道的设计内水压力标准值 (kN/m²) ;

$F_{sv,k}$ —— 每延米管道上管顶的竖向土压力标准值 (N/mm) ,

γ_s —— 回填土的浮重度 (kN/m³) ;

H_s —— 管顶至河床底的覆土高度 (m) ;

G_{wk} —— 管道内水重标准值;

ψ_c —— 可变作用的组合系数, 取 0.9。

5.3.4 钢管管节纵向计算应符合下列规定:

1 施工期管节纵向结构分析宜根据管节结构形式、施工工艺、波浪力、水流力等因素进行计算, 对于受力状态复杂的施工工况可采用三维数值计算方法进行结构分析;

2 运营期管节纵向结构分析宜采用弹性地基梁模型进行计算;

3 应对纵向不均匀沉降、温度变化作用下的结构和接头变形进行分析, 并满足管节接头允许变形要求。

5.3.5 计算土弧基础中心角可取 90°, 设计土弧基础中心角取 120°, 管侧回填土变形模量宜取 3~5MPa。覆土形式, 碎石、混凝土、袋装混凝土, 考虑覆土厚度, 水流速度的抗冲刷性能。

5.3.6 钢管管壁的纵向应力应按式(5.3.6)计算:

$$\sigma_x = \nu_p \sigma_\theta \pm \psi_c \gamma_Q \alpha E_p \Delta T + \sigma \Delta \quad (5.3.6)$$

式中: ν_p —— 钢管管材泊松比;

α —— 钢管管材线膨胀系数;

ΔT —— 钢管管道的闭合温差;

$\sigma \Delta$ —— 地基不均匀沉降引起的纵向应力, 可按弹性地基上的长梁计算确定。

5.3.7 钢管管壁截面的稳定性验算, 应满足式(5.3.7)要求:

$$F_{cr,k} \geq K_{st} \left(\frac{F_{sv,k}}{2r_0} + q_{ik} + F_{vk} \right) \quad (5.3.7)$$

式中: $F_{cr,k}$ —— 钢管管壁截面失稳的临界压力标准值 (N/mm²) ;

F_{vk} —— 管内真空压力标准值 (N/mm²) ;

K_{st} —— 钢管管壁截面的设计稳定性抗力系数, 可取 2.0。

5.3.8 钢管管壁截面的临界压力应按式计算：

$$F_{cr,k} = \frac{2E_p(n^2-1)}{3(1-\nu_p^2)} \left(\frac{t}{D_0} \right)^3 + \frac{E_d}{2(n^2-1)(1+\nu_s^2)} \quad (5.3.8)$$

式中： n —— 钢管管壁失稳时的折皱波数，其取值应使 $F_{cr,k}$ 为最小值，并为不小于 2 的整数；

ν_s —— 钢管管侧回填土的泊松比；

ν_p —— 钢管管材的泊松比；

D_0 —— 钢管管道的计算直径，可取管壁中线距离（mm）。

5.3.9 钢管管道在准永久组合作用下的最大竖向变形验算，应满足下式要求：

$$\omega_{d,max} \leq \varphi_d D_0 \quad (5.3.9)$$

式中： $\omega_{d,max}$ —— 管道在准永久组合作用下的最大竖向变形

φ_d —— 变形百分率，按本规程第 5.1 节的规定采用。

5.3.10 钢管管道在准永久组合作用下的最大变形竖向 $\omega_{d,max}$ ，应按式 5.3.10 计算：

$$\omega_{d,max} = D_L \frac{k_b r_0^3 (F_{sv,k} + \psi_q q_{ik} D_0)}{E_p I_p + 0.061 E_d r_0^3} \quad (5.3.10)$$

式中： D_L —— 变形滞后效应系数，可取 1.0~1.5 计算；

k_b —— 竖向压力作用下柔性管的竖向变形系数，按本规程附录 A 确定；

I_p —— 钢管管壁纵向截面单位长度的截面惯性矩（mm⁴）；

ψ_q —— 准永久值系数，取 0.5；

5.3.11 聚乙烯（PE）管在荷载作用下管壁承载力强度应满足下式要求：

$$\gamma_0 (\psi_c \sigma_p + \alpha_f r_c \sigma_m) \leq f_t \times f_p \quad (5.3.11-1)$$

$$\alpha_f = f_p / f_m \quad (5.3.11-2)$$

$$r_c = 1 - F_{wk} / 3 \quad (5.3.11-3)$$

式中： γ_0 ——管道工程的重要性系数，按现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB50332 的有关规定取值；

ψ_c ——管道强度计算的荷载组合系数，取 0.9；

σ_p ——管道内设计压力作用下，管壁环向拉应力设计值（MPa）；

- α_f ——管道拉伸强度设计值与弯曲强度设计值之比值；
- r_c ——管道的压力影响系数；
- σ_m ——管道在外压力作用下，管壁最大的环向弯曲应力设计值（MPa）；
- f_t ——管道的温度对压力的折减系数，按表 5.3.11-1 的规定取值；
- f_p ——管道拉伸强度设计值（MPa），按表 5.3.11-2 的规定取值；
- f_m ——管道弯曲强度设计值（MPa），按表 5.3.11-3 的规定取值；
- F_{wk} ——管道的工作压力标准值。

表 5.3.11-1 聚乙烯（PE）管温度对压力折减系数

温度 T（℃）	0<T≤20	20<T≤25	25<T≤30	30<T≤35	35<T≤40
压力折减系数 f_t	1.0	0.93	0.87	0.80	0.71

表 5.3.11-2 管道的材料拉伸强度设计值

管道名称	拉伸强度设计值（MPa）
聚乙烯（PE）管	PE80 6.3
	PE100 8.0

表 5.3.11-3 管道的材料弯曲强度设计值

管道名称	弯曲强度设计值（MPa）
聚乙烯（PE）管	PE80 16.0
	PE100 16.0

5.3.12 聚乙烯（PE）管设计内水压力产生的管壁环向拉应力可按下式计算：

$$\sigma_p = \frac{\gamma_Q \eta F_{wk,k} D_0}{2t} \quad (5.3.12)$$

式中： γ_Q ——可变荷载分项系数，此处为管道的内水压力分项系数，按现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB50332 的有关规定取值；

η ——管道压力计算调整系数，聚乙烯（PE）管可取 0.8；

D_0 ——管道计算直径（mm），即管道外壁减壁厚；

t ——管壁计算厚度（mm）；

$F_{wk,k}$ ——管道的设计内水压力标准值。

5.3.13 聚乙烯（PE）管在外压力作用下，管壁最大的环向弯曲应力可按下式计算：

$$\sigma_m = 0.88 D_f E_p \frac{\gamma_G F_{sv,k} D_1 K_d t}{D_0^2 (8 S_N + 0.061 E_d)} \quad (5.3.13-1)$$

$$S_N = \frac{E_p I_p}{D_0^3} \quad (5.3.13-2)$$

式中：D_f——管道的形状系数，按本规程表 5.3.13-1 的规定取值；

E_p——管材的弹性模量（MPa）；

γ_G——永久荷载分项系数，此处为管道顶覆土荷载分项系数，按现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB50332 的有关规定取值；

F_{sv, k}——管顶单位面积竖向土压力标准值（N/mm²）；

D₁——管道的外径（mm）；

E_d——管侧土的综合变形模量（MPa），可按本规程附录 A 的规定取值；

K_d——竖向压力作用下管道的竖向变形系数，应根据管底土弧基础的中心角按本规程表 5.3.13-2 的规定取值；

S_N——管道的刚度等级（N/mm²）；

I_p——管壁纵向截面单位长度截面惯性矩（mm⁴/mm）。

表 5.3.13-1 管道的形状系数

管材的环刚度 (kN/m ²)		2.5	4	5	6.3	8	10	12.5	15	16
砾石	压实系数≥ 0.90	5.5	4.8	4.5	4.2	4.0	3.8	3.5	3.2	3.1
砂	压实系数≥ 0.90	6.5	5.8	5.5	5.4	4.8	4.5	4.1	3.5	3.4

表 5.3.13-2 竖向压力作用下管道的竖向变形系数

土弧基础中 心角	20°	60°	90°	120°	150°
变形系数 K _d	0.109	0.103	0.096	0.089	0.085

5.3.14 聚乙烯（PE）管道应根据各项作用的不利组合，验算管壁截面的环向稳定性。验算时各项作用均应取标准值，并应符合下式要求：

$$F_{cr,k} = K_{st} (F_{sv,k} / D_0 + F_{vk}) \quad (5.3.14)$$

式中：F_{cr,k}——管壁截面环向失稳的临界压力（N/mm²）；

K_{st} ——管壁截面环向稳定性抗力系数, K_{st} 不应小于 2.0;

$F_{sv, k}$ ——管顶处的竖向土压力标准值 (N/mm^2);

F_{vk} ——管道内的真空压力标准值 (N/mm^2)。

5.3.15 聚乙烯 (PE) 管道管壁截面环向失稳的临界压力可按本规程公式 5.3.8 计算, 其中弹性模量 E_p 应乘以长期性能调整系数 η_E , 聚乙烯管材取 $\eta_E=0.25$ 。

5.3.16 聚乙烯 (PE) 管道在土压力作用下产生的最大长期竖向变形可按下式计算:

$$\omega_{d \cdot \max} = \frac{D_L F_{sv, k} D_1 K_d}{8 \eta_E S_N + 0.061 E_d} \quad (5.3.16)$$

式中: D_L ——变形滞后效应系数, 可取 1.2~1.5;

$F_{sv, k}$ ——管顶单位面积竖向土压力标准值 (kN/mm^2);

D_1 ——管材的外径 (m);

K_d ——竖向压力作用下管道的竖向变形系数, 应根据管底土弧基础的中心角按本规程表 5.3.13-2 的规定取值;

η_E ——管材弹性模量的长期性能调整系数, 聚乙烯管材可取 0.25;

S_N ——管材的刚度等级 (N/mm^2);

E_d ——管侧土的综合变形模量 (MPa)。

5.3.17 聚乙烯 (PE) 管道管底以上部分人工土弧基础的尺寸, 应根据工程结构计算的支撑角值增加 30° 确定, 人工土弧基础的支撑角不宜小于 90° 。

5.3.18 聚乙烯 (PE) 管道由温差产生的纵向变形量可按下式计算:

$$\Delta L = C_p \times L \times \Delta t \quad (5.3.18)$$

式中: ΔL ——由温差产生的纵向变形量 (m);

C_p ——管材线膨胀系数 ($m/(m \cdot ^\circ C)$);

L ——管段长度 (m);

Δt ——管壁处施工安装与运行使用中的最大温度差 ($^\circ C$)。

5.3.19 管节在施工期和运营期, 应按下列公式进行抗浮计算:

$$F_f \leq \frac{G_s + G_b}{\gamma_s} \quad (5.3.19-1)$$

$$F_f = \gamma_w V \quad (5.3.19-2)$$

式中： F_f ——管节浮力设计值（kN）；
 G_s ——管节自重标准值（kN）；
 G_b ——压舱、压块及覆盖层等有效压重标准值（kN）；
 γ_w ——水体重度（kN/m³）；
 V ——管节排开水的体积（m³）；
 γ_s ——抗浮分项系数，按本规程表 5.3.19 的规定取值。

表 5.3.19 抗浮分项系数

所处阶段	抗浮分项系数 γ_s
沉放、对接阶段	1.0~1.02
对接完成后	1.05
覆土完成后	1.10~1.20

5.4 构造设计

- 5.4.1** 沉管压力管道应采用整体式管段，无压管道可采用分段式管段。
- 5.4.2** 钢管管道的设计厚度应采用计算厚度加构造厚度，构造厚度为 2mm。
- 5.4.3** 管节沉放后应及时对基槽进行回填覆盖，回填选用级配良好、透水性强、不液化的材料。
- 5.4.4** 基槽回填应根据回填料和回填部位，按先低后高、分段分层、对称均衡的原则进行，各阶段施工中管道横断面两侧回填高差应为+500mm，最终允许偏差应为+300mm。
- 5.4.6** 管节对接完成后，应及时在管节两侧进行锁定回填，锁定回填长度可为 8m~10m，高度不超过所在管节顶部。
- 5.4.7** 管节顶部防护性回填应根据船舶抛锚、沉船和冲刷等因素确定，最小厚度不宜小于 1.5m。
- 5.4.8** 钢管管道内外壁应根据内外介质的腐蚀等级，采用相应的防腐涂层保护措施，也可采用阴极保护进行增强防护。钢管管道内外壁防腐应符合《给水排水管道工程施工及验收规范》GB50268 中相关规定。
- 5.4.9** 沉管管道在上、下弯头的转角处，应进行加强处理，并在沉管铺设就位后，在转角处设置混凝土桩墩。

5.4.10 沉管端头岸上应设置警示标志；沉管段有航道时，应设置航标、禁止抛锚等警示设施；无通航要求时，可设置航标、浮筒等警示或阻隔设施。警示或阻隔设施应符合相关管理部门的要求。

5.5 基槽设计

5.5.1 水下基槽可采用机械挖泥船、泵吸船或爆破法开挖；

5.5.2 爆破成槽时，爆破线路的设计和施工、爆破器材的性能和质量、爆破安全措施的制定和实施，应符合国家相关标准的规定；

5.5.3 基槽底宽应根据管道结构的宽度、开挖水底泥土流动性确定。并应符合下列规定：

1 河床岩土层相当稳定、河水流速度小、回淤量小，且水下开挖施工对土层扰动影响较小时，底部宽度可按公式（5.5.3）确定；

$$B \geq D_1 + 2b + 1000 \quad (5.5.3)$$

式中：B—管道基槽底部的开挖宽度（mm）；

D_1 —管外径（mm）；

b—管道保护层及沉管附加物等宽度（mm）。

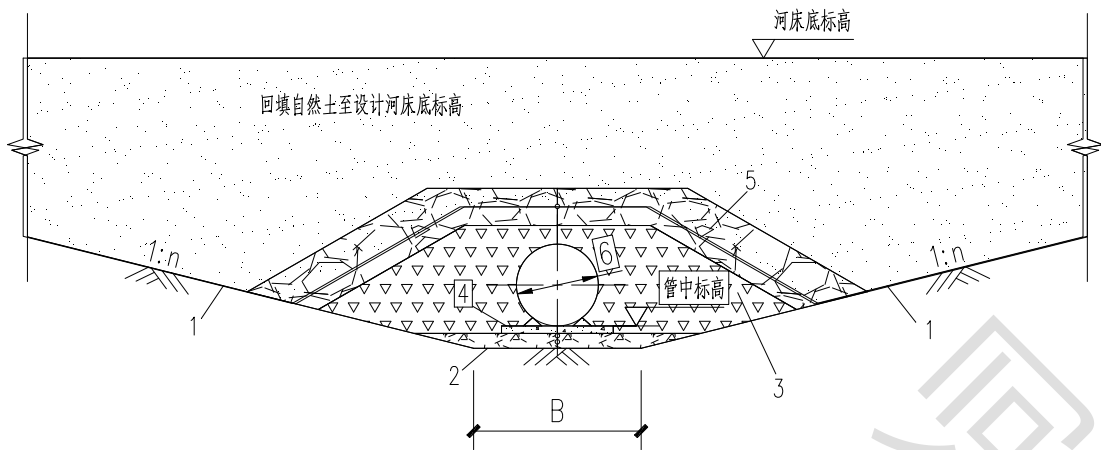
2 缺乏相关试验资料和经验资料时，基槽底部宽度可按表 5.5.3 的规定执行。

表 5.5.3 沉管基槽底部宽度和边坡尺寸

岩土类别	底部宽度（mm）	边坡	
		开挖深度<2.5m	开挖深度≥2.5m
淤泥、粉砂、细砂	$D_1 + 2b + 2500 \sim 4000$	1:3.5~4.0	1:5.0~6.0
砂质粉土、中砂、粗砂	$D_1 + 2b + 2000 \sim 4000$	1:3.0~3.5	1:3.5~5.0
砂土、含卵砾石土	$D_1 + 2b + 1800 \sim 4000$	1:2.5~3.0	1:3.0~4.0
粉质黏土	$D_1 + 2b + 1500 \sim 3000$	1:2.0~2.5	1:2.5~3.5
黏土	$D_1 + 2b + 1200 \sim 3000$	1:1.5~2.0	1:2.0~3.0
岩石	$D_1 + 2b + 1200 \sim 3000$	1:0.5	1:1.0

5.5.4 开挖基槽的泥土应抛在于合流相交基槽断面的下游。回填后，多余的土不

得堆积在河道内或岸边。



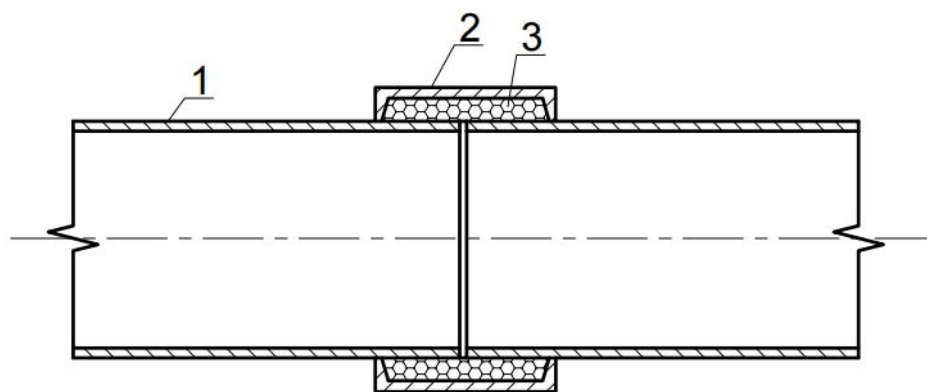
1—开挖线；2—找平层下回填级配碎石；3—回填级配碎石；4—找平层；5—回填块石；6—管径

图 5.5.4 沉管基础横断面示意图

6 管段制作

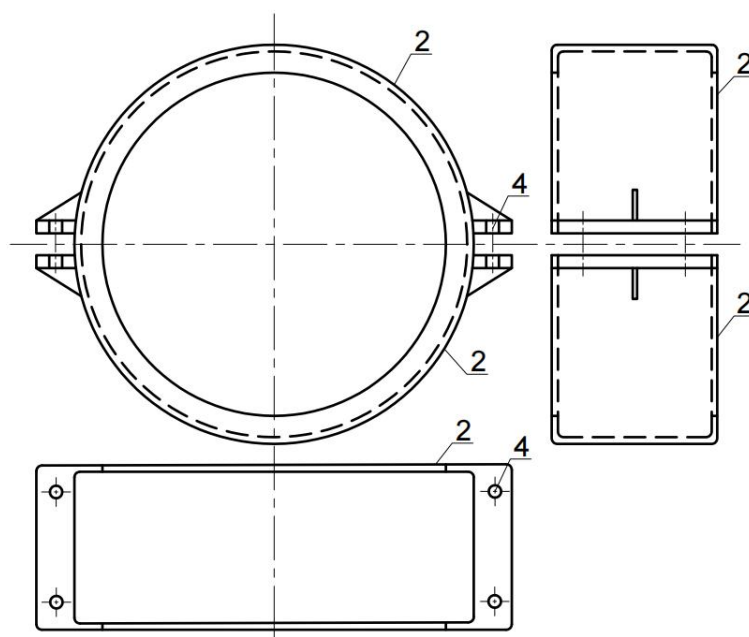
6.1 一般规定

6.1.1 钢管及哈夫卡的钢材强度等级不应低于 Q235B, 其质量应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 的要求; 钢管管道采用哈夫卡连接如图 6.1.1-1 和图 6.1.1-2 所示。



1—管道; 2—哈夫卡件; 3—连体橡胶圈

图 6.1.1-1 哈夫卡连接示意图



1—管道; 2—哈夫卡件; 3—连体橡胶圈; 4—螺栓孔

图 6.1.1-2 哈夫件示意图

6.1.2 钢管管节可采用直缝焊接，或采用螺旋焊接。

6.1.3 钢管的焊接、连接材料应符合下列要求：

1 手工焊接用的焊条应符合现行国家标准《碳钢焊条》GB/T 5117 的要求，选用的焊条型号应与钢管及其支承的钢材物理性能相适应。焊条型号宜采用 E4300～E4313；

2 自动焊接或半自动焊接应采用与钢管管材物理性能相适应的焊丝和焊剂。焊丝应符合现行国家标准《熔化焊用钢丝》GB/T 14957 的要求；

3 普通螺栓或锚栓应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 的要求。

6.1.4 钢材的物理性能指标应按表 6.1.4 的规定采用。

表 6.1.4 钢材的物理性能指标

弹性模量 E_p (N/mm^2)	线膨胀系数 α (以每 $^\circ\text{C}$ 计)	重度 γ_{st} (kN/m^3)	泊松比 ν_p
2.06×10^5	12×10^{-6}	78.5	0.3

6.1.5 普通螺栓、锚栓连接的强度设计值，应按表 6.1.5 的规定采用。

表 6.1.5 普通螺栓连接的强度设计值 (N/mm^2)

螺栓、锚栓的钢材牌号	抗拉 f_t^b	抗剪 f_v^b	抗拉 f_t^a
普通螺栓 Q235	170	140	/
锚栓 Q235	/	/	140

6.1.6 聚乙烯 (PE) 管的要求应符合现行国家标准《给水用聚乙烯 (PE) 管道系统 第 2 部分：管材》GB/T 13663.2 的规定。

6.2 管节连接

6.2.1 钢管的管节应在工厂制作，管节的长度不宜小于 12m。

6.2.2 钢管采用直缝焊接时，卷制钢管的同一管节可两条纵缝，管径不小于 600mm 时，纵向焊缝的间距应大于 300mm。

6.2.3 钢管管径小于 DN800 时，焊缝宜采用 V 型坡口；管径不小于 DN800 时，焊缝宜采用 K 型坡口双面焊接。

6.2.4 钢管管道上开孔应符合下列规定：

1 不得在干管的纵向、环向焊缝处开孔；

- 2 管道上任何位置不得开方孔；
- 3 不得在短节上或管件上开孔；
- 4 开孔处应进行加固补强。

6.2.5 钢管内防腐应采用防腐涂料；钢管管节的内外防腐层宜在工厂内完成，现场连接的补口按设计要求处理，补口防腐层质量应达到整体防腐层质量要求。

6.2.6 钢管管段宜在靠近沉管处的场地制作，制作场地的长度不宜小于沉管长度的 0.5 倍长度。具备水上焊接条件时，可在沉管管位处进行管节的焊接连接。

6.2.7 钢管各管节可采用机械或人工焊接连成管段。现场焊接时，宜选择当日温差较小进行焊接作业。

6.2.8 在寒冷或恶劣环境下钢管焊接应符合下列规定：

- 1 清除管道上的冰、雪、霜等；
- 2 工作环境的风力大于 5 级、雪天或相对湿度大于 90% 时，应采取保护措施；
- 3 焊接时，应使焊缝可自由伸缩，并应使焊口缓慢降温；
- 4 冬期焊接时，应根据环境温度进行预热处理，并应符合表 6.2.8 的规定。

表 6.2.8 冬期焊接预热的规定

钢 号	环境温度 (℃)	预热宽度 (mm)	预热达到温度 (℃)
含碳量 $\leq 0.2\%$ 碳素钢	≤ -20	焊口每侧 不小于 40	100~150
$0.2\% < \text{含碳量} < 0.3\%$	≤ -10		
16Mn	≤ 0		100~200

6.2.9 钢管管节组对焊接时应先修口、清根，管端端面的坡口角度、钝边、间隙，应符合设计要求或现行国家标准《给水排水工程管道施工及验收规范》GB 50268 的相关规定。且不得在对口间隙夹焊帮条或用加热法缩小间隙施焊。

6.2.10 钢管对口时应使内壁齐平，错口的允许偏差应为壁厚的 10%。

6.2.11 钢管对口检查合格后，方可进行接口定位焊接。定位焊接采用点焊时，应符合下列规定：

- 1 点焊焊条应采用与接口焊接相同的焊条；
- 2 点焊时，应对称施焊，其焊缝厚度应与第一层焊接厚度一致；

3 点焊长度与间距应符合表 6.2.11 的规定。

表 6.2.11 点焊长度与间距

管外径 D_o (mm)	点焊长度 (mm)	环向点焊点 (处)
350~500	50~60	5
600~700	60~70	6
≥ 800	80~100	点焊间距不宜大于 400mm

6.2.12 钢管管节对口时纵、环向焊缝的位置应符合下列规定：

- 1 纵向焊缝应放在管道中心垂线上半圆的 45° 左右处；
- 2 纵向焊缝应错开，错开的间距不得小于 500mm；
- 3 有加固环的钢管，加固环的对焊焊缝应与管节纵向焊缝错开，其间距不应小于 100mm；加固环距管节的环向焊缝不应小于 50mm；
- 4 环向焊缝距支架净距离不应小于 100mm；
- 5 直管管段两相邻环向焊缝的间距不应小于 2m，并不应小于管节的外径；
- 6 管道任何位置不得有十字形焊缝。

6.2.13 聚乙烯（PE）管道连接前应按设计要求核对管材、管件及管道附件，并进行外观质量检查。

6.2.14 聚乙烯（PE）管材、管件的连接宜采用热熔对接连接，聚乙烯（PE）管材与金属管或金属附件连接时，应采用法兰连接。

6.2.15 聚乙烯（PE）管道连接时，应选用专用的连接工具；管材的切割应采用专用割刀或切管工具，切割断面应平整并垂直于管轴线。

6.2.16 沉管段与斜管段之间应采用弯管连接。钢制弯头处的加强措施应符合设计要求。

6.2.17 与陆上管道连接的弯管。在支墩施工前应按设计要求对弯管进行临时固定，以免发生位移、沉降。

6.2.18 管道连接的环境温度宜为 $-5^\circ\text{C} \sim 45^\circ\text{C}$ 。在环境温度低于 -5°C 或风力大于 5 级的条件下进行连接操作时，应采取保温、防风措施，并应调整连接工艺；在炎热的天气进行连接操作时，应采取遮阳措施。

6.2.19 聚乙烯（PE）管道的热熔对接连接应符合下列规定：

- 1 应根据管材或管件的规格，选用夹具，将连接件的连接端伸出夹具，自

由长度不应小于公称直径的 10%，移动夹具使连接件端面接触，并校直对应的待连接件，使其在同一轴线上，错边不应大于壁厚的 10%。

2 应将管材或管件的连接部位擦拭干净，并应铣削连接件端面，使其与轴线垂直；连续切屑平均厚度不宜大于 0.2mm，切削后的熔接面不得污染。

3 连接件的端面应采用热熔对接连接设备加热，加热时间应符合设计要求或现场适用条件要求。

4 加热时间达到工艺要求后，应迅速撤出加热板，检查连接件加热面熔化的均匀性，不得有损伤；并应迅速用均匀外力使连接面完全接触，直至形成均匀一致的对称翻边。

5 在保压冷却期间不得移动连接件或在连接件上施加任何外力。

6.3 质量检验

6.3.1 钢管焊缝外观检查合格后方可进行无损检测。焊缝外观检查应符合下列规定：

1 焊缝外观成型应均匀一致，焊缝及其热影响区表面上不得有裂纹、未熔合、气孔、夹渣、飞溅、弧坑等缺陷；

2 电弧烧痕应打磨掉，打磨后的管壁厚度应不小于标准允许的最小厚度。不满足要求时，应将含有电弧烧痕的这部分管子整段切除。

6.3.2 钢管焊缝外观质量应符合表 6.3.2 的规定：

表 6.3.2 焊缝的外观质量

项目	技术要求
外观	不得有熔化金属流到焊缝外未熔化的母材上，焊缝和热影响区表面不得有裂纹、气孔、弧坑和灰渣等缺陷；表面光顺、均匀、焊道与母材应平缓过渡
宽度	应焊出坡口边缘 2mm~3mm
表面余高	应小于或等于 1+0.2 倍坡口边缘宽度，且不大于 4mm
咬边	深度应小于或等于 0.5mm，焊缝两侧咬边总长不得超过焊缝长度的 10%，且连续长不应大于 100mm
错边	应小于或等于 0.2t，且不应大于 2mm
未焊满	不允许

6.3.3 钢管管道对接时，环向焊缝的检验应符合下列规定：

- 1 焊缝检查等级应符合设计要求；
- 2 检查前应清除焊缝的渣皮、飞溅物；
- 3 应在无损检测前进行外观质量检查，并应符合本规范表 6.3.2 的规定；
- 4 无损探伤检测方法应按设计要求选用；
- 5 无损检测取样数量与质量要求应按设计要求执行；设计无要求时，压力管道的取样数量应不小于焊缝量的 10%；
- 6 不合格的焊缝应返修，焊缝同一部位的返修次数不宜超过 2 次。

6.3.4 压力钢管的现场焊缝质量等级不应低于Ⅱ级焊缝要求，超声波检测量宜为 100%，X 射线的检测量不宜低于 20%；钢管在转角处的焊缝应采用 X 射线检测；无压自流管的现场焊缝质量等级不应低于Ⅲ级焊缝要求。

6.3.5 聚乙烯（PE）管热熔对接连接质量检验应符合下列规定：

- 1 连接完成后，应对接头进行 100% 的翻边对称性、接头对正性检验和不少于 10% 的翻边切除检验。
- 2 翻边对称性检验的接头应具有沿管材整个圆周平滑对称的翻边，翻边最低处的深度（A）不应低于管材表面，如图 6.3.5-1 所示。
- 3 接头对正性检验的焊缝两侧紧邻翻边的外圆周的任何一处错边量（V）不应超过管材壁厚的 10%，如图 6.3.5-2 所示。

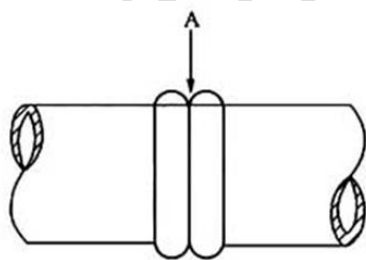


图 6.3.5-1 翻边对称性示意图

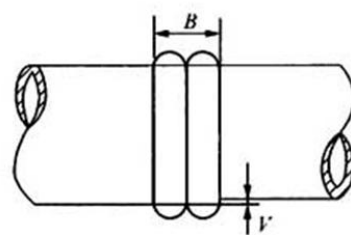


图 6.3.5-2 接头对正性示意图

4 翻边切除检验应使用专用工具，并应在不损伤管材和接头的情况下，切除外部的焊接翻边，如图 6.3.5-3 所示，且应符合下列规定：

- 1) 翻边应是实心圆滑的，根部较宽，如图 6.3.5-4 所示。
- 2) 翻边下侧不应有杂质、小孔、扭曲和损坏。

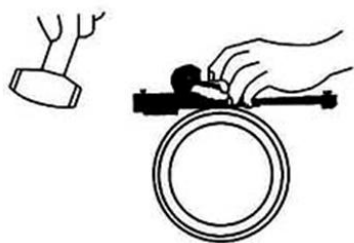


图 6.3.5-3 翻边切除示意图

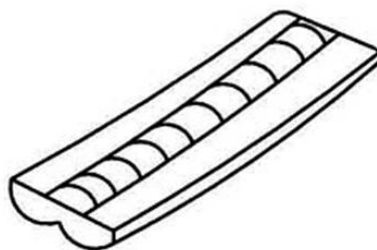


图 6.3.5-4 合格实心翻边示意图

3) 每隔 50mm 应进行 180° 的背弯试验, 如图 6.3.5-5 所示, 且不应有开裂、裂缝, 接缝处不得露出熔合线。

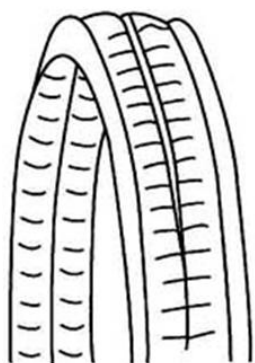


图 6.3.5-5 翻边背弯试验示意图

7 基槽开挖与回填

7.1 一般规定

7.1.1 根据工程地质和水文条件因素以及水上交通和周围环境要求,结合基槽设计要求选用浚挖方式和船舶设备。

7.1.2 水下开挖基槽应根据水域的水文、地质、航运等条件,确定水下挖泥、出泥及水下爆破、出渣等施工方案,必要时可进行试挖或试爆。

7.1.3 水下基槽浚挖前,应对管位进行测量放样复核,开挖成槽过程中应及时进行复测。

7.1.4 采用管道底拖法施工时,应确定导流沟、发送道、牵引道的几何尺寸,并进行施工场地平面布置。

7.2 施工准备与测量放线

7.2.1 施工前,应做好下列准备工作:

- 1 熟悉、审查施工图纸和有关设计资料;
- 2 编制施工组织设计和专项施工方案;
- 3 应对专用设备、特种设备进行专项设计、制造验收及人员培训。
- 4 施工机具、船舶性能应满足沉管施工要求。

7.2.2 施工前,应根据设计图纸和施工方案,编制施工测量方案,选定测量控制等级,确定测量方法。

7.2.3 施工前,应按照设计文件要求沿管线敷设方向采用水下地形测量、浅地层剖面等技术进行预调查,并对影响管线施工的障碍物进行清除。

1 水下地形测量。可采用侧扫声呐进行调查。预调查时可采用侧扫声呐对管道轴线两侧各 50m 范围进行扫测。调查中如果发现声呐障碍物,将对声呐障碍物的大小,精确的位置和形状进行详尽的调查。

2 浅地层剖面测量。采用浅地层剖面仪,以调查路由为中心,对路由中心线

的浅地层进行扫测，旨在发现管线路由上是否存在地质钻孔未揭露的埋藏物。浅地层剖面测量以管底以下 5m 深度范围为宜。

7.2.4 测量仪器应定期校验，并应满足仪器的精度要求。

7.2.5 测量放线定位应包括下列工作：

- 1 编制施工场地平面布置图；
- 2 建立平面及高程测量控制系统；
- 3 放出管道中心线；
- 4 确定水上铺管定位控制、基槽定位控制和水下测深控制测量方法；
- 5 做好岸上、水上施工导航设施。

7.2.6 应做好设计、勘测的交桩和交线工作，复查测量控制点、基准点、水准点。在复测控制网的基础上，根据工程需要适当加密，建立施工测量控制网。

7.2.7 测量作业时应分别复核采集数据、实测数据的准确性。

7.2.8 各等级平面控制测量，最弱点点位中误差为 $\pm 50\text{mm}$ ，最弱相邻点间相对点位中误差为 $\pm 30\text{mm}$ ，最弱相邻点边长相对中误差不得大于表 7.2.8 的规定。

表 7.2.8 平面控制测量精度要求

测量等级	最弱相邻点边长相对中误差	测量等级	最弱相邻点边长相对中误差
一等	1/20000	二等	1/100000
三等	1/70000	四等	1/35000

7.2.9 沉管工程平面控制测量的等级不应小于表 7.2.9-1 的规定，管道轴线精度尚应符合表 7.2.9-2 的规定。

表 7.2.9-1 平面控制测量精度要求

跨越水域宽度 L (m)	测量等级
$L \geq 500$	二等
$300 \leq L < 500$	三等
$150 \leq L < 300$	四等
$L < 150$	一等

表 7.2.9-2 管道轴线相对中误差

测量等级	管道轴线相对中误差	测量等级	管道轴线相对中误差
二等	$\leq 1/150000$	四等	1/60000
三等	$\leq 1/100000$	一等	1/40000

7.2.10 高程控制网的等级按《工程测量规范》GB50026 中要求，并不应低于国家三等水准测量，根据工程结构部位的特点及重要性，局部应采用二、三、四等水准加密。

7.2.11 应在场地适当位置建立高程控制基点组，点数不应少于三个，点间距离宜为 50~100 米，应采用 I 等水准测定高程。

7.2.12 高程控制网最弱点高程允许误差为±10mm。

7.2.13 水准测量的限差要求应符合表 7.2.13 的规定。

表 7.2.13 水准测量结果限差

等级	往返较差、附和或环线闭合水准线路允许闭合差（mm）	
	平地	山地
	合差	合差
II 等	$4\sqrt{L}$	/
III 等	$12\sqrt{L}$	$4\sqrt{n}$
IV 等	$20\sqrt{L}$	$6\sqrt{n}$

注：L 为往返段、附和或环线的水准路线长度（km）；n 为测站数

7.2.14 测量结束后，应对外业资料进行检查、整理，如果有超限的应按《工程测量规范》GB50026 要求进行补测。外业成果合格后，对结点网和附和水准计算平差。根据平差成果，分析是否达到相应等级规范要求，如果超限，应补测或重新施测。

7.3 基槽开挖

7.3.1 应综合考虑基槽设计、地质条件、水文条件、周边环境、设备资源、纳泥区等因素，选择下列基槽开挖设备和方法：

- 1 对河床土层松软、水流速度小、回淤量小的河流，宜采用绞吸式或吸扬式挖泥船开挖管沟。
- 2 当河床土层为硬土层或卵石层时，可采用抓斗挖泥船或轮斗挖泥船开挖管沟。
- 3 当河床地层为砂土、黏土或夹卵石时，可用拉铲配合其他方法开挖管沟。
- 4 当河床底地层为岩石时，可采用炸礁船爆破成沟进行基槽开挖作业。

7.3.2 基槽开挖的船舶应配备卫星定位系统，如施工点距岸不超过 5km，则应配

备 RTK 定位系统，确保施工平面精度及高程精度满足要求。

7.3.3 水下基槽开挖施工应符合下列规定：

1 基槽底部宽度和边坡应根据工程具体情况进行确定，必要时进行试挖；基槽底部宽度和边坡应符合下列规定：

1) 河床岩土层相对稳定，河水流速度小、回淤量小，且浚挖施工对土层扰动影响较小时，底部宽度可按式 7.3.3 的规定确定，边坡可按表 7.3.3 的规定确定；

$$B \geq D_0 + 2b + 1000 \quad (7.3.3)$$

式中：B——管道基槽底部的开挖宽度（mm）；

D_0 ——管子外径（mm）；

b——管道外壁保护层及沉管附加物等宽度（mm）。

2) 在回淤较大的水域，或河床岩土层不稳定、河水流速度较大时，应根据试挖实测情况确定浚挖成槽尺寸，必要时沉管前应对基槽进行二次清淤；

3) 浚挖基槽底部宽度应按设计要求执行，设计无要求时，基槽底部宽度可按表 7.3.3 的规定进行控制。

表 7.3.3 沉管基槽底部宽度和边坡坡度

岩土类别	底部宽度（mm）	边坡坡度	
		浚挖深度<2.5m	浚挖深度≥2.5m
淤泥、粉砂、细砂	$D_0 + 2b + 2500 \sim 4000$	1: 3.5~4.0	1:5.0~6.0
砂质粉土、中砂、粗砂	$D_0 + 2b + 2000 \sim 4000$	1:3.0~3.5	1:3.5~5.0
砂土、含卵砾石土	$D_0 + 2b + 1800 \sim 3000$	1:2.5~3.0	1:3.0~4.0
黏质粉土	$D_0 + 2b + 1500 \sim 3000$	1:2.0~2.5	1:2.5~3.5
黏土	$D_0 + 2b + 1200 \sim 3000$	1:1.5~2.0	1:2.0~3.0
岩石	$D_0 + 2b + 1200 \sim 2000$	1:0.5	1:1.0

2 基槽浚挖深度应满足设计要求，超挖时应采用砂或砾石填补。

3 基槽经检验合格后应及时进行管基施工和管道沉放。

7.3.4 沉管管基处理应符合下列规定：

1 管道及管道接口的基础，所用材料和结构形式应满足设计要求；

2 基槽整平时可由潜水员或专用刮平装置进行水下粗平和细平；

3 管基顶面高程和宽度应符合设计要求；

4 采用管座、桩基时管座、基础桩位置和顶面高程应符合设计和施工要求。

7.3.5 基槽开挖应与管道铺设工艺衔接紧凑，避免基槽回淤。

7.3.6 当外界条件不宜采用预开沟施工时，可先将管道敷设在预定管轴线上，利用喷射水流等将管道下方和周围的土壤切削、冲刷和扰动，通过水力（气）喷射和排泥设备将土壤（或泥浆）排出，在管道周围及下方形成管沟。

7.4 基槽回填

7.4.1 基槽回填料应满足设计要求，宜采用具备自密实特性的砂、砾石、碎石进行回填。回填应均匀，与管道直接接触部位不得采用片石、块石等大粒径、有尖棱角的坚硬材料，避免损坏管材或管道外涂层。水下部位应连续回填至满槽，水上部位应分层回填夯实。

7.4.2 回填高度应满足设计要求，并满足防止水流冲刷、通航和河道疏浚要求。

7.4.3 当管道铺设于水流湍急的水域，且原表层土为淤泥时，宜考虑在管顶采取覆盖石笼、膜袋混凝土等防冲刷措施。

7.4.4 基槽回填时应在管道两侧对称回填，避免施工期间单侧回填过高推动管道发生轴线偏移。

回填保护层

7.4.5 采用吹填回土时，吹填土质应符合设计要求，取土位置及要求应征得航运管理部门的同意，且不得影响沉管管道。

7.4.6 应及时做好稳管和回填的施工及测量记录。

7.5 质量检验

I 主控项目

7.5.1 沉管基槽中心位置和浚挖深度应符合设计要求；

检查方法：检查施工测量记录、浚挖记录。

7.5.2 沉管基槽处理、管基结构形式应符合设计要求

检查方法：可由潜水员水下检查；检查施工记录、施工资料。

II 一般项目

7.5.3 浚挖成槽后基槽应稳定，沉管前基底回淤量不大于设计和施工方案要求，

基槽边坡符合本规程第 7.3.3 条的规定；

检查方法：检查施工记录、施工技术资料；必要时水下检查。

7.5.4 管基处理所用的工程材料规格、数量等应符合设计要求

检查方法：检查施工记录、施工技术资料。

7.5.5 沉管基槽浚挖及管基处理的允许偏差应符合表 7.5.5 的规定。

表 7.5.5 沉管基槽浚挖及管基处理的允许偏差

检查项目		允许偏差	检查数量		检查方法
			范围	点数	
1	基槽底部高程	土：0，-300	每 5m~ 10m 取个断 面	基槽宽度不大于 5m 时测 1 点； 基槽宽度大于 5m 时测不少于 2 点	用单波束、多波束测深仪检查； 或用水准仪、全站仪、RTK、钢尺量测定位标志，潜水员检查。
		石：0，-500			
2	整平后基础顶面 高程	压力管道：0，-200			
		无压管道：0，-100			
3	基槽底部宽度	不小于规定		1 点	
4	基槽水平轴线	100			
5	基础宽度	不小于设计要求			
6	整平后基础平整度	砂基础：50		潜水员检查，用刮平尺量测	
		砾石基础：150			

I 主控项目

7.5.6 稳管、管基二次处理、回填时所用的材料应符合设计要求；

检查方法：观察；检查材料相关的质量保证资料。

7.5.7 稳管、管基二次处理、回填应符合设计要求，管道未发生漂浮和位移现象；

检查方法：观察；检查稳管、管基二次处理、回填施工记录。

II 一般项目

7.5.8 管道未受外力影响而发生变化。

检查方法：观察。

7.5.9 二次处理后管基承载力符合设计要求；

检查方法：检查二次处理检验报告及记录。

7.5.10 基槽回填应两侧均匀，管顶回填高度符合设计要求

检查方法：观察，用水准仪或测深仪每 10m 测 1 点检测回填高度；检查回填施工、检测记录。

8 水面浮运法施工

8.1 一般规定

8.1.1 水文和气象变化相对稳定，水流速度不大于 0.5m/s 时，可采用水面浮运法施工。

8.1.2 管段制作场地的选择，应根据设计的管线位置、长度、直径、管材，结合地形地貌等现场条件，应设在便于溜（吊）放下水、管节运输和组对拼装的位置。

8.1.3 管节（段）吊运应符合下列规定：

1 吊装设备、吊点位置的选择应根据施工条件通过计算确定，安装与使用应符合起重吊装及有关安全操作技术规定；

2 吊点、牵引点位置应设置管段保护装置，起吊缆绳不应直接捆绑在管壁上；

3 利用河道进行船吊起重作业时应遵守当地河道管理部门的有关规定，确保水上作业和航运的安全。

8.1.4 当管段重量等于或大于浮力时，可采用加刚性浮筒或柔性浮块的方法进行浮拖。

8.1.5 在管段下水、浮运、沉放过程中，应采取措施防止管段产生超过允许轴向扭曲、环向变形、纵向弯曲，并避免外力损伤。

8.1.6 施工中应根据设计要求、现场情况及施工能力选择下列浮运方式：

1 整体组对接拼装、整体浮运、整体沉放；

2 分段组对接拼装、分段浮运，管段间接口在水上连接后整体沉放；

3 分段组对接拼装、分段浮运，沉放后管段间接口在水下连接。

8.1.7 沉放方式应结合管段长度、直径、纵断面形状、水深和施工机具等情况选择下列沉放方式：

1 垂直划弧漂管下沉：当管段纵断面为折线（倒虹吸）时，应选择垂直划弧漂管下沉；

2 直线漂管下沉：当管段纵断面为直线时，可采用一端先下沉或弹性敷设下沉。

8.1.8 利用管道自身弹性能力进行沉管铺设时,管道及管道接口应满足相应的力学性能要求。

8.1.9 应做好注水量、吊力、沉放量、管位测量等沉管记录。

8.2 浮运施工

8.2.1 水面浮运法施工前,组对拼装管道下水浮运时,应符合下列规定:

- 1 管段溜(吊)放下水作业时,可采用起重吊装、专用发送装置、牵引拖管、滑移滚管等方法下水,潮汐水流段可利用潮汐水位差下水;
- 2 下水前,管段两端管口应封堵:采用堵板封堵时,应在堵板上设置进水管、排气管和阀门;
- 3 管段溜(吊)放下水、浮运、拖运作业时,应采取防止管段防腐层损伤的措施,局部损坏时应及时修补;
- 4 管段浮运时,浮运所承受浮力不足以使管段漂浮时,可在两旁采用系结刚性浮筒、柔性浮囊或捆绑竹、木材等助浮措施;管段浮运应实时测量定位;
- 5 管段采用起重浮吊吊装时,应根据计算选择吊点,并应进行吊装应力与变形验算;
- 6 应按水平划弧要求,做好河床和堤脚的浚挖。

8.2.2 管段浮运至沉放位置时,在沉放前应做好下列准备工作:

- 1 管段沉放定位标志已按规定设置;
- 2 基槽浚挖及管基处理应满足设计要求;
- 3 管段和工作船缆绳绑扎牢固,船舶锚泊应稳定;
- 4 起重设备布置及安装完毕,试运转良好;
- 5 灌水设备及排气阀门应齐全完好;
- 6 采用压重助沉时,压重装置应安装准确、稳固;
- 7 潜水员应做好下水准备。

8.2.3 管段水上连接接口时,应符合下列规定:

- 1 两连接管段接口的外形尺寸、坡口、组对、焊接检验等应符合钢管组对、焊接、补口及检验中的有关规定和设计要求;
- 2 在浮箱或船上进行接口连接时,应将浮箱或船舶锚泊固定,并应设置专用

的管段扶正、对中装置；

3 采用浮箱连接时，浮箱可采用钢板焊制而成，接口连接的作业空间应满足操作要求，并应防止进水；沿管道轴线方向应设置与管径匹配的弧形管托，且止水严密；浮箱底部可焊钢管短节作集水井；浮箱及进水、排水装置安装、运行可靠，并由专人指挥操作；

4 管道接口完成后应按设计要求进行防腐处理。

8.2.4 管段水下连接接口时，应符合下列规定：

1 管段水下接口连接形式应满足设计要求，沉放前连接面及连接件应经检查合格；

2 采用管夹抱锥连接时，管夹下半部分可在管段沉放前，由潜水员固定在接口管座上或安装在先行沉放管段的下部；管段沉放就位后，将管夹上半部分与下半部分对合，并由潜水员进行水下螺栓安装固定；

3 采用法兰连接时，两分段管道沉放就位后，法兰螺栓应全部穿入。并由潜水员进行水下螺栓安装固定；

4 管夹与管道外壁、法兰表面的止水密封圈应设置正确。

8.2.5 管段沉放应符合下列规定：

1 利用两岸设置的吊装设备，将管段吊正并准确定位。开始注水前，应将管段两端点提高 30cm~50cm；

2 管段注水时，应同时做好排气，注水应缓慢、适量，排气应通畅。应设置计量水表，用注水量控制管段的沉放量；

3 管段注水下沉过程中，应严格控制各吊点的沉放速度，管段应整体均匀、缓慢下沉；

4 注水下沉过程中如发生牵引绳不稳固等情况，应立即停止注水，待检查修整后再继续注水下沉；

5 采用垂直划弧漂管下沉时，应保持管道水平段的水平状态，使其同步沉放于基槽内；采用垂直划弧漂浮下沉时，应控制注水量，有效控制管段两侧斜管段的空管长度；

6 采用一端先下沉的直线漂浮下沉时，开始注水前可将管道一端先下压 20cm~30cm，使注入的水向此端集中，逐步沉放至槽底；

7 管段沉入槽底后，两岸设置的起重设备不应立即放松，待管段稳固后方可

卸载并撤走。

8.2.6 采用一端先下沉的直线漂浮下沉时，管段应按下列公式验算：

1) a 段最大弯曲应力可按下列公式计算：

$$\sigma_a = D_0 \varphi_a \sqrt{\frac{3Ehw}{8I}} < [\sigma] \quad (8.2.6-1)$$

$$\varphi_a = \frac{2(n-1)}{n(n+2)} \quad (8.2.6-2)$$

$$\frac{p}{q} = \frac{2-3n+n^3}{3n-2} \quad (8.2.6-3)$$

式中：

σ_a —— a段最大弯曲应力 (kPa)

φ_a —— 系数，按式 (8.2.6-2) 计算

E—— 管材的弹性模量 (kPa)

h—— 沉没深度 (m)

D_0 —— 管外径 (m)

I—— 管道的截面惯性矩 (m^4)

w—— 单位长度管内水的重量 (kN)

$[\sigma]$ —— 钢材的许用应力 (kPa)

n—— 系数，按式 (8.2.6-3) 计算

p—— 单位长度满水管在水中的重量 (kN)，等于单位长度管的自重加上管内水的自重减去所受浮力

q—— 单位长度空管在水中的重量 (kN)，等于单位长度空管所受浮力减去管的自重

2) b 段最大弯曲应力可按下列公式计算：

$$\sigma_b = D_0 \varphi_b \sqrt{\frac{3Ehw}{8I}} < [\sigma] \quad (8.2.6-4)$$

$$\varphi_b = \frac{-2(n-1)}{n(3n+2)} \quad (8.2.6-5)$$

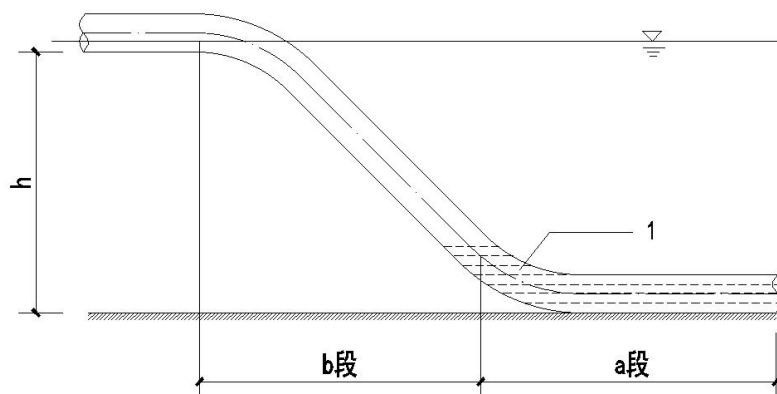
式中：

σ_b —— b段最大弯曲应力 (kPa)

φ_b —— 系数, 按式 (8.2.6-5) 计算

3) 最大允许沉没深度 h_{max} 可按式 (8.2.6-6) 计算:

$$h_{max} = \frac{8I[\sigma]^2}{3D_0^2\varphi^2Ew} \quad (8.2.6-6)$$



1—已注水段

图 8.2.6 一端先下沉的直线漂浮下沉示意图

8.2.7 采用弹性敷设直线漂浮下沉时, 管段最小曲率半径 R_{Emin} 可按下列公式计算:

$$R_{Emin} = \frac{ED_0}{2[\sigma]} \quad (8.2.7)$$

8.3 质量检验

I 主控项目

8.3.1 管节、防腐层等工程材料的产品质量保证资料齐全, 各项性能检验报告应符合国家相关标准规定和设计要求:

检查方法: 检查产品质量合格证明书、各项性能检验报告; 检查产品制造原材料质量保证资料; 检查产品进场验收记录。

检查数量: 全数。

8.3.2 陆上组对拼装管段的接口连接和钢管防腐层 (包括焊口、补口) 的质量经验收合格: 钢管接口焊接、聚乙烯管、接口熔焊检验符合设计要求, 管道预水压试验合格;

检查方法: 管段及接口全数观察, 检查焊接检验报告和管道预水压试验记录。

检查数量：全数。

8.3.3 管段下沉均匀、平稳，无轴向扭曲、环向变形和明显轴向突弯等现象；水上、水下的接口连接质量经检验符合设计要求：

检查方法：观察，检查沉放施工记录及相关检测记录，检查水上、水下的接口连接检验报告等。

检查数量：全数。

II 一般项目

8.3.4 沉放前管段及防腐层无损伤，无变形；

检查方法：观察，检查施工记录。

检查数量：全数。

8.3.5 对于分段沉放管道，其水上、水下的接口防腐质量检验合格：

检查方法：逐个检查接口连接及防腐的施工记录、检验记录。

检查数量：全数。

8.3.6 沉放后管底与沟底接触均匀和紧密；

检查方法：检查沉放记录，必要时由潜水员检查。

检查数量：全数。

8.3.7 沉管下沉铺设的允许偏差应符合表 8.3.7 的规定。

表 8.3.7 沉管下沉铺设的允许偏差值

检查项目			允许偏差 (mm)	检查数量		检查方法
				范围	点数	
1	管道高程	压力管道	0, -200	每 10m	1 点	用单波束仪、多波束仪 检查
		无压管道	0, -100			
2	管道水平轴线位置		50	每 10m	1 点	

9 管道铺管船法施工

9.1 一般规定

- 9.1.1 水文气象变化不稳定、沉管距离较长时，可采用铺管船法。
- 9.1.2 铺管船法沉管施工应以铺管船为中心，组成铺管船队，并配以必要的船机和设备。
- 9.1.3 应做好发送管及接口拼装、管位测量等沉管记录。

9.2 铺管施工

- 9.2.1 发送管道的专用铺管船舶及其管道接口连接、管道发送、水中托浮、锚泊定位等装置应经检查满足要求；应设置专用的管道扶正和对中装置，防止因风浪而影响组装拼接。
- 9.2.2 管道发送前应对基槽断面尺寸、轴线及槽底高程进行测量复核；待发送管与已发送管的接口连接及防腐层施工质量应经检验合格。
- 9.2.3 管道发送应符合下列规定：
 - 1 铺管船应按管道轴线方向缓慢平稳行驶、与下管速度协调一致，并应满足管道轴线控制要求；
 - 2 应检查设备运行、管道状况；
 - 3 管道的最小弯曲曲率应满足施工要求；
 - 4 管道发送应平稳，并应保证管道及防腐层无变形、损伤现象。
- 9.2.4 管道沉放过程中不应发生塑性变形。
- 9.2.5 铺管船施工过程中管道应符合本规程第 8.2.6 条的规定。

9.3 质量检验

1 主控项目

9.3.1 管节、防腐层等工程材料的产品质量保证资料齐全，各项性能检验报告应符合国家相关规定和设计要求；

检查方法：检查产品质量合格证明书、各项性能检验报告，检查产品制造原材料质量保证资料；检查产品进场验收记录。

9.3.2 管道（段）的接口连接和钢管防腐层（包括焊口、补口）的质量经验收合格；钢管接口焊接、聚乙烯管接口熔焊检验符合设计要求；

检查方法：管道（段）及接口全数观察；检查焊接检验报告；检查沉放施工记录及相关检测记录。

检查数量：全数。

II 一般项目

9.3.3 管道下沉均匀、平稳，无轴向扭曲、环向变形和明显轴向突弯等现象；水上、水下的接口连接质量经检验符合设计要求；

检查方法：观察；检查沉放施工记录及相关检测记录；检查水上、水下的接口连接检验报告等。

检查数量：全数。

9.3.4 沉放前管道及防腐层无损伤，管道无变形；

检查方法：观察，检查施工记录。

检查数量：全数。

9.3.5 沉放后管底与槽底接触均匀和紧密；

检查方法：检查沉放记录，必要时由潜水员检查。

检查数量：全数。

9.3.6 铺管船法施工的沉管允许偏差应符合表 9.3.6 的规定。

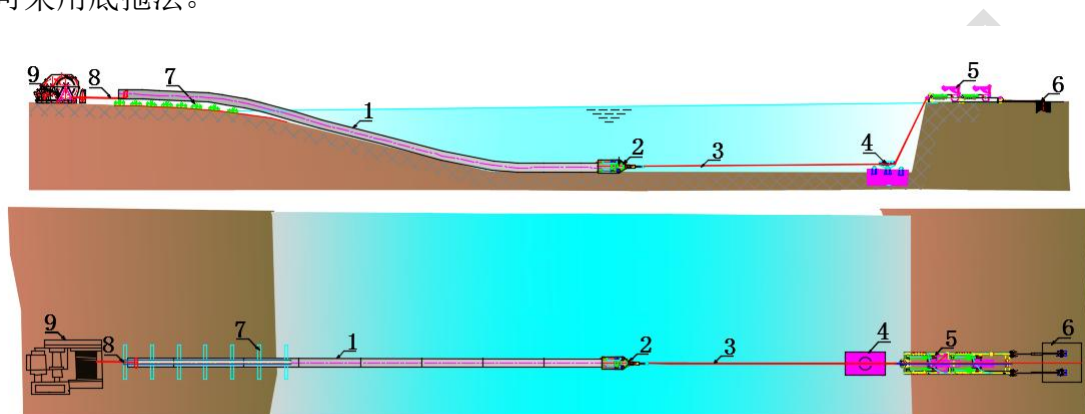
表 9.3.6 采用铺管船法施工的沉管允许偏差

检查项目		允许偏差（mm）	检查数量		检查方法
			范围	点数	
1	管道高程	压力管道 0, -200	每	1	用多波束测深仪检查；或用水准仪、全站仪、RTK、钢尺量测定位标志，潜水员检查。
		无压管道 0, -100	10m		
2	管道水平轴线位置	50	每 10m	1	

10 管道底拖法施工

10.1 一般规定

10.1.1 水文和气象变化不稳定，且水流速度相对较大、沉管长度相对较短时，可采用底拖法。



1—管道；2—底拖头；3—底拖钢丝绳；4—导向柱；5—线型绞车；6—地锚；
7—滚筒管架；8—留尾钢丝绳；9—留尾绞车

图 10.1.1 底拖法示意图

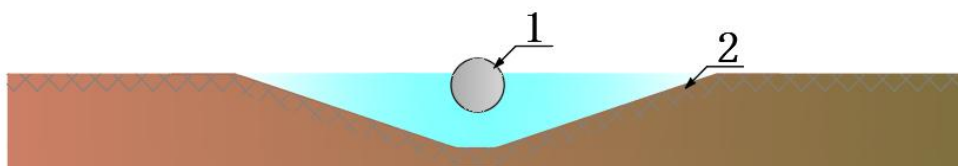
10.1.2 底拖法沉管施工，组对拼装管段的轴线宜与发送时的管段轴线一致。

10.1.3 管节组对拼装完成后，应对管段进行预水压试验，合格后方可进行管节接口的防腐处理和沉管铺设。

10.1.4 底拖法沉管施工应在水域边的管轴线上设置管道预制发送场地，通过发送装置逐步将管段牵引入水并从水底拖入基槽内，最后沉至槽底。有条件时，宜将管段一次预制完成后连续牵引就位。

10.1.5 底拖法的发送可采取水力发送沟、小平台发送道、滚筒管架发送道或修筑牵引道等方式。发送方式应根据沉管工程的具体情况和施工单位现有的装备能力确定。

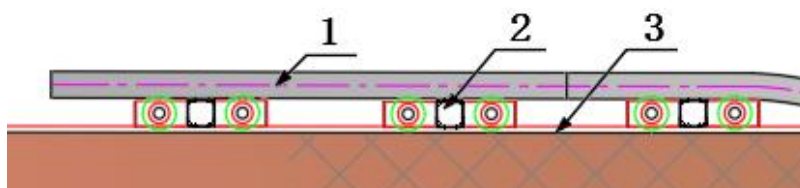
1 水力发送沟：仅用于河岸地势与水位高差甚小的地区，如漫滩宽阔河流。施工时，在岸边挖一条管沟，把水引入，置管于沟内，管线受静水浮力的作用，可以减少牵引动力，且管线入沟后会上升，恢复自由状态，可避免陆上组装时强力组合的变形。



1—管道；2—开挖管沟

图 10.1.5-1 水力发送沟示意图

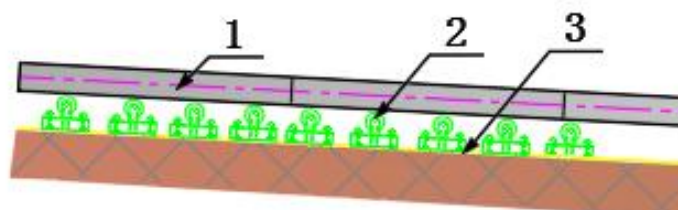
2 小平台发送道：这种形式的发送道利用较多，它是利用小铁轨及小平车作为发送设备，设备使用后可以回收。施工时，首先要平整路基，铺设轻型路轨，轨距 45-75mm。轨下铺垫预制钢筋混凝土枕或木枕，间距 1m。发送牵引时，将组装好的管段吊放在小平车上，小平车随管段在轨道上行走。小平车间的距离为 10~15m。小平车中心要尽量低，以保持管段稳定性。发送道尽量平直，轨道纵向坡度一般控制在 3:100。



1—管道；2—小平车；3—路轨

图 10.1.5-2 小平台发送道示意图

3 滚筒管架发送道：在地形起伏较大，平整发送道困难时，多采用此种方法。管架发送道底部是支座，上部是利用滚珠轴承制成的托滚轴。托滚轴分单轴和双轴。单轴有直线型和双曲线型，双轴有 V 型。调整管架高度可改变发送道的坡度，所以管架发送道的纵向坡度可达 14:100~17:100，管架的间距为 10~15m，水下滑道部分管架间距还可增大。



1—管道；2—托滚轴；3—托滚轴支座

图 10.1.5-3 小平台发送道示意图

10.1.6 在高流速水域进行沉管施工时，可采用防护加重层（复壁管）或水泥重块等措施，以增强管道的稳定性。

10.1.7 拖管航道应平坦、顺直，不得有影响拖管安全的障碍物。

10.1.8 处于通航河道时，夜间施工应有通航的照明。

10.2 底拖施工

10.2.1 管道底拖牵引前，应做好下列准备工作：

- 1 组对拼装完毕后的管段由涂料工在管顶涂刷一醒目的平直白色条纹，用以测其在水底的拖行姿态；
- 2 依据水底勘测资料确定一条最佳拖管航线；
- 3 对基槽断面尺寸、轴线及槽底高程进行测量复核；
- 4 发送装置、牵引道等设置应满足施工要求；
- 5 牵引钢丝绳位于管沟内，并与管道轴线一致；
- 6 所有牵引装置、系统应安装正确、稳定安全。

10.2.2 底拖法极限拖管长度应按式计算：

$$L_{max} = \frac{A[\sigma]}{q_1 \cdot \mu} \tag{10.2.2}$$

式中： A——管道截面积（m²）；

[σ]——管段许用应力，为屈服强度 σ（kPa）乘以许用应力系数 0.72；

q₁——管段施工控制重量，若不施加浮筒，即为管道负浮力（kg）；

μ——管道与水底摩擦系数，按见表 10.3 取值。

表 10.2.2 管道与水底摩擦系数

土壤类型	黏土	砂土	砂砾
摩擦系数	0.3~0.6	0.5~0.7	0.5

10.2.2 拖管的长度不能超过极限拖管长度，极限拖管长度与水底土壤性质、管道负浮力、钢管截面及材料有关。理论上对于底拖法极限拖管长度可按 10.2.5 计算。

10.2.3 管段牵引预拉应符合下列规定：

- 1 应使用预拉后的钢丝绳；

2 预拉力应是钢丝绳允许拉力的 15%~20%;

3 牵引钢丝绳应按最大牵引力选用, 其安全系数不应小于 3.5。

4 钢丝绳的公称抗拉强度应符合现行国家标准《油气输送管道跨越工程设计规范》GB 50459 的规定。

10.2.3 主牵引力地锚位置的选择, 应考虑地面高差, 避免因高差太大, 在牵引过程中发生动滑轮飞离地面、牵引绳结节的危险。

10.2.3 管段底拖牵引设备应根据牵引力大小、管材力学性能等要求确定, 且牵引功率不应低于最大牵引力的 1.2 倍。

10.2.4 当发送道设置有一定坡度时, 应在管段尾部设置后溜绳, 以防止管道发生失控速滑折断的危险。

10.2.5 拖管前, 应确认发送道上管段和发送装置就位正常。

10.2.6 绞车尾部应安装张力测量仪实时监测拖缆的拖拉力。

10.2.7 牵引过程中应检查牵引设备运行、钢丝绳、管道状况, 及时测量管位, 发现异常应及时纠正。岸上侧应在发送道沿线仔细检查管节防腐层与发送道接触面是否出现破损, 若有破损则应立即暂停拖管并进行修补。

10.2.8 沿河底拖管钢丝绳的牵引力计算应符合下列规定:

1 在牵引过程中, 管道应有一定的重量, 管道在水中的重量 G 、水中的管道负浮力 F 和待牵引管道外廓的排水体积 V 应按下列公式计算:

$$G = (g_1 + g_2 + g_3 + g_4) L \quad (10.2.8-1)$$

$$F = (G - \gamma V) L \quad (10.2.8-2)$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \quad (10.2.8-3)$$

式中: G ——待牵引管道的重量总和 (kN);

g_1 ——每米管道的重量 (kN);

g_2 ——每米管道上附加的橡胶板重量 (kN);

g_3 ——每米管道上加的混凝土压重块的重量 (kN);

g_4 ——每米管道上的防腐层的重量 (kN);

L ——管道长度 (m);

F ——待牵引管道在全部入水中时的负浮力 (kN);

V ——每米待牵引管道外廓的排水体积 (m³);

V_1 ——每米带防腐层管道排水体积 (m^3) ;

V_2 ——每米橡胶板排水体积 (m^3) ;

V_3 ——每米配重块排水体积 (m^3) ;

γ ——穿越水域中水的密度 (kg/m^3) 。

2 沿河底拖管所需牵引力 N_1 ，应与发送道启动时的牵引力进行对比 N_1 ，并应取二者中的最大值。发送道启动时的牵引力 N_1 和沿河底拖管所需的牵引力 N_2 应按下列公式计算：

$$N_1 = g (\alpha_1 F f_1 + T) \quad (10.2.8-4)$$

$$N_2 = g (\alpha_2 F f_2 + T) \quad (10.2.8-5)$$

式中： N_1 ——发送道启动时的牵引力 (N) ；

N_2 ——沿河底拖管所需的牵引力 (N) ；

α_1 ——启动系数，宜取 2；

α_2 ——启动系数，宜取 2，当不存在停止再启动时，可取 1；

f_1 ——管道与牵引道的摩擦系数；

f_2 ——管道与河底的摩擦系数；

T ——钢丝绳重量 (kg) ；

g ——重力加速度 (N/kg) 。

3 在泥砂质水底拖管应注意牵绳回淤的发生。

10.2.9 离水底拖管就位应符合下列规定：

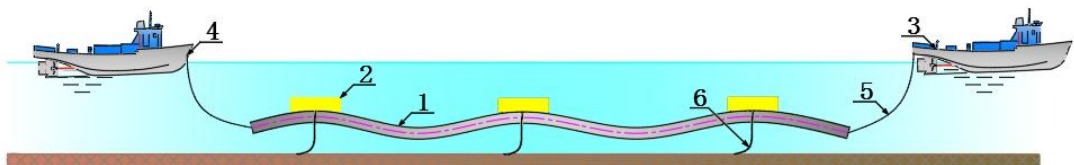
1 管段在水中受流速影响产生的上抬作用力可按式 (10.2.9) 计算：

$$P_y = C_y D_H \gamma \omega V^2 / 2g \quad (10.2.9)$$

式中： P_y ——水流对单位长度管道产生的上抬作用力 (kN/m) ；

C_y ——取决于管道表面粗糙度和水流态的系数，取 0.6。

2 在牵引过程中，管道的负浮力可由浮筒和拖链（或绳索）来平衡，拖链（或绳索）长度可决定管道的离底高度。利用拖链在水底拖曳部分的摩擦力可提高管段在行进中的稳定性，不致发生较大偏移。



1—管道；2—浮筒；3—主拖轮；4—尾拖轮；5—拖缆；6—拖链

图 10.2.9 离水底拖管示意图

3 在水流速度较大的水域施工时，为保证管道沿管沟中心线前进，可沿管道设置辅助船舶，以防止管道发生较大偏移或变形。

10.2.10 管架发送道的设置应符合下列规定：

1 当地形起伏较大或平面有转弯时，发送装置宜采用管架发送道。宜采用低架结构，且应可拆卸，便于重复利用。管架发送道曲率半径不宜过小，两个弯曲变坡之间的直线过渡段不应小于 2m。

2 管架曲率半径可按下式 10.2.10-1 确定：

$$R_E = \frac{ED_0}{2\sigma_p} \quad (10.2.10-1)$$

式中： R_E ——管架曲率半径（m）；

σ_p ——因管段弯曲所产生的弯曲应力（kPa），可按式 10.2.10-2 计算。

$$\sigma_p = [\sigma] - (\sigma_1 + \sigma_{np}) \quad (10.2.10-2)$$

式中： σ_1 ——管自重所产生的弯曲应力（kPa）；

σ_{np} ——管试压所产生的轴向拉应力（kPa）；

当平面有弯曲时：

$$\sigma_p = \sqrt{([\sigma] - \sigma_{np})^2 - \sigma_1^2} \quad (10.2.10-3)$$

3 管架跨度可按式 10.2.10-4、10.2.10-5 确定：

对于单管：

$$l = \sqrt{\frac{224\omega[\sigma]}{3gq}} \quad (10.2.10-4)$$

对于复壁管：

$$l = \sqrt{\frac{448(I_1 + I_2)[\sigma]}{3gqD_0}} \quad (10.2.10-5)$$

式中：l——管架跨度（m）；

I_1 、 I_2 ——分别为内管、外管的截面惯性矩（m⁴）；

q——单位长度管道的重量（kN）；

ω ——管道的截面模量（m³）。

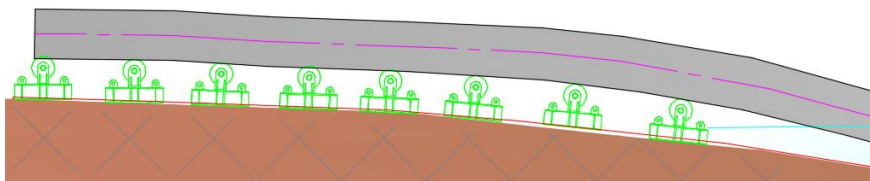


图 10.2.10 管架发送道示意图

10.3 质量检验

10.3.1 钢管接口连接应符合下列规定：

- 1 管节、管件及焊接材料质量符合相关专业验收规范规定；检查产品质量保证资料；检查成品管进场验收记录。检查现场制作管的加工记录。
- 2 焊接前应检查钢管接口位置的坡口形式、组队间隙、错边量等项目。
- 3 焊接后，焊缝质量应符合相关专业验收规范规定和设计要求；逐口观察，按设计要求检测焊缝质量。

10.3.2 钢管内防腐层应符合下列规定：

- 1 内防腐层材料质量、给水管道的防腐层材料的卫生性能符合国家相关标准的规定；对照产品标准和设计文件，检查产品质量保证资料；检查成品管进场验收记录。
- 2 液体环氧涂料内防腐层表面应平整、光滑、无气泡、无划痕等，湿膜应无流淌现象。

10.3.3 钢管外防腐层应符合下列规定：

- 1 外防腐层材料、结构等应符合国家相关标准的规定和设计要求；对照产品标准和设计文件，检查产品质量保证资料；检查成品管进场验收记录。
- 2 外防腐层的厚度、电火花检漏、粘结力应符合相关验收规范的规定。
- 3 管道外防腐材料搭接、补口搭接、补伤搭接应符合要求。
- 4 管道外防腐层的外观质量应符合要求。

10.3.4 钢管阴极保护工程应符合下列规定：

- 1 钢管阴极保护所用材料、结构等应符合国家相关标准的规定和设计要求；对照产品标准和设计文件，检查产品质量保证资料；检查成品管进场验收记录。
- 2 管道系统的电绝缘性、电连续性经检测满足阴极保护的要求；阴极保护施

工前全线检查；用电火花检漏仪、高阻电压表测点绝缘性、万用表测跨线等的电连续性。

3 管道系统中阳极、辅助阳极的安装符合相关专业验收规范的规定。

4 所有连接点应按规定做好防腐处理，与管道连接处的防腐材料应与管道相同。

5 阴极保护施工应与管道施工同步进行。

10.3.5 管道安装完成后的允许偏差应满足表 10.3.5 的要求。

表 10.3.5 管道安装允许偏差表

检查项目			允许偏差 (mm)	检查数量		检查方法
				范围	点数	
1	管道高程	压力管道	0, -200	每 10m	1 点	用回声测深仪、多波束仪、测深图检查；或用水准仪、经纬仪测量、钢尺量测定位标志
		无压管道	0, -100			
2	管道水平轴线位置		±200	每 10m	1 点	

1 管节、防腐层等工程材料的产品质量保证资料齐全，各项性能检验报告应符合相关国家相关标准的规定和设计要求；

检查方法：检查产品质量合格证明书、各项性能检验报告，检查产品制造原材料质量保证资料；检查产品进场验收记录。

2 陆上组对拼装管道（段）的接口连接和钢管防腐层（包括焊口、补口）的质量经验收合格；钢管接口焊接检验符合设计要求，管道预水压试验合格；

检查方法：管道（段）及接口全数观察，逐口观察，按设计要求进行抽检；检查焊接检验报告和管道预水压试验记录；组对拼装后管道（段）预水压试验应按设计要求进行，设计无要求时，试验压力应为工作压力的 2 倍，且不得小于 1.0MPa，试验压力达到规定值后保持恒压 10min，不得有降压和渗水现象。

11 安全与环境保护

11.1 一般规定

11.1.1 沉管施工应遵循国家法律法规以及行政主管部门有关安全与环境的相关规定。

11.1.2 管道沉管施工应制定施工作业安全措施和应急预案，配备足够的应急资源，并进行应急演练。

11.1.3 施工前应编制安全和环境的作业计划书，并对相关人员进行安全和环境管理的专项培训。

11.1.4 各种施工作业人员持证上岗，配备相应的足够安全防护用具和劳保用品，严禁工作人员违章作业，管理人员违章指挥。

11.1.5 施工选用的机械、设备应达到现行的国家安全防护标准，通过安全检验及性能检验后，方可投入使用。

11.1.6 施工现场临时用房应选址合理，并应符合安全、消防要求和国家有关规定。

11.1.7 施工作业区域应与办公、生活区划分清晰，采取相应的隔离措施。施工围蔽符合国家法律法规及项目所在地主管部门的相关规定。

11.1.8 在施工作业区域悬挂安全标志，危险地段设置明显的警示标志和安全防护栏杆。施工现场照明设施齐全，经常检修，保证正常的生产和生活。

11.1.9 施工期间，加强监控量测，及时反馈量测信息，发现问题及时采取措施，确保施工安全。同时应确保通信畅通，指挥到位、步调一致，并应重点做好有限空间紧急疏散，溺水、触电等应急管理工作。

11.1.10 施工中泥浆、水、气体的排放和弃渣应符合环境保护要求。施工中应采取措施减少施工噪音、振动。

11.2 安全技术措施

11.2.1 人员安全管理应符合下列规定：特种作业人员、特种设备操作人员必须经有关部门考核合格，取得特种作业人员操作证书，方可上岗。

11.2.2 船舶安全管理应符合下列规定：

1 施工船舶应取得船检部门的有效适航证书。各类安全设备符合证书配置要求和确保有效，经常检查船机设备处于良好的技术状态。

2 船员必须持有与所在船相适应的有效适任证书，严格遵守安全操作规程，谨慎驾驶。

3 遵守港章和避碰规则。

4 水上作业人员必须正确穿着救生衣。

5 交通艇严格遵守乘船定员，严禁超载。

6 锚艇解脱缆、靠泊构件，避免冲击气囊，谨慎驾驶。

7 人员上落构件作业，注意人身安全，严禁在高空跳下艇。

8 拖缆强度应按阻力和拖轮马力经计算，满足安全要求配置。

9 拖缆长度应与被拖物大小而调整。

10 拖缆产生摩擦的部位应进行包扎，防止因磨损、断缆事故的发生。

11 航行速度控制适航为准，充分考虑构件的惯性，以利避让，转入基床航道，到达安装预定点停止的不利因素，防止意外危险的发生。

12 锚艇拖带钢缆联接时，卷扬机松缆应注意配合锚艇操作，出缆不应过快，以防钢缆缠绕锚艇螺旋桨。

13 方驳卷扬机与陆上卷扬机应执行安装组指挥的信号，协调动作，防止断缆伤人。

11.2.3 潜水安全管理应符合下列规定：

1 潜水员作业小组应按要求配备潜水长、潜水员、供气系统机械工等工种，潜水员必须持证上岗。

2 潜水作业前，由潜水长安排对各项潜水装备进行检查，主要包括空压机气压是否能达到本次潜水深度的安全压力；供气管接头是否牢固，有无漏气现象；潜水头盔供气系统是否正常，潜水电话声音是否正常，潜水电话声音是否清晰，安全信号线有无损伤等内容。各项潜水装备均无异常后，方能安排潜水任务。

3 由潜水长向潜水员说明本次潜水作业任务，水上情况，水下及周边的情况，测量水深、流速、水温，制定本次潜水减压方案。

4 安全应急待命潜水员：安全应急潜水员，由潜水长根据本次潜水任务安排。潜水员在水下作业时，随时都有突发情况发生，一旦潜水员在水下遇到供气管被压，自己无法处理等一切突发事故发生，由潜水长命令待命潜水员下水，帮助作业潜水员安全出水。潜水作业是一项带一定危险性质的任务，全体潜水员及现场施工技术人员务必要高度重视，严防一切突发事件发生。

5 潜水员下水作业，所有卷扬机，排气等作业均应停止，保护潜水员的安全。潜水员离开水面后，其他作业方可继续进行。

11.2.4 现场临时用电作业管理应符合下列规定：

1 应由电工完成。电工必须持证上岗，严禁无证操作。

2 施工现场临时用电应实行三级配电、二级漏电保护系统，即一级总配电箱、二级分配电箱和三级开关箱，总配电箱与开关箱应安装漏电保护器。配电箱门贴电箱标识牌，箱门内侧贴电路图和检查记录表。

3 现场的三级配电箱实行“一机一闸一漏”制，严禁一个开关控制两台以上用电设备。

4 现场配电箱要有防雨措施，门锁齐全，有色标，统一编号，箱内无杂物，开关箱、配电箱内严禁动力、照明混用。

5 定期检查工地所有线路、开关，尤其是漏电保护器的有效性。有破损、失效必须及时更换，严禁电工维修漏电保护器。清扫电器上的尘灰时必须拉闸停电，严禁带电清扫。

6 各类用电人员应掌握安全用电基本知识和所用设备的性能，并应符合下列规定：

（1）使用电气设备前必须按规定穿戴和配备好相应的劳动防护用品，并应检查电气装置和保护设施，严禁设备带“缺陷”运转；

（2）保管和维护所用设备，发现问题及时报告解决；

（3）暂时停用设备的开关箱必须分断电源隔离开关，并应关门上锁；

（4）移动电气设备时，必须经电工切断电源并做妥善处理后进行。

11.2.5 场地安全防护管理应符合下列规定：

1 施工现场由安全员定期巡视，重点是人行、车辆进出通道、基坑两侧等位置。

2 施工现场设立明显指示牌和警示牌，定期检查施工围蔽状态。

3 加强雨天施工的组织管理、汽车检测工作，预防支架倒塌、雷击和交通事故。

11.2.6 水上安全管理应符合下列规定：

1 设立专职的过河管工程安全员，加强检查监督，发现隐患及时报告处理。

2 建立统一水面的指挥系统和联络通讯设备，准备各种处理故障和应急措施。

3 加强安全教育和管理，水上作业人员一律穿救生衣，否则不许水面作业。

4 办理各种保险手续、避免因安全、保卫发生意外事故引起的纠纷和麻烦，减少经济损失。

5 施工设备，特别是起重设备必须具有安全装置，设备定期检查、保养、严禁违章作业。严禁机械设备带病运行。

11.3 环境保护

11.3.1 工地围蔽

1 施工作业范围应按照国家规范、技术规程及当地主管部门要求进行围蔽。

2 施工现场出入口应标有企业名称或企业标识。主要出入口明显处应设置工程概况牌，大门内应有施工现场总平面图和安全生产、消防保卫、环境保护、文明施工等制度牌。

3 严格控制施工占用范围、搭设临时设施、停放机具及材料堆放等不得占用围蔽外的道路，若需占用围蔽外的土地或道路，必须按规定办理申报手续，批准后方可占用。占用期满后，必须将用地清理干净，恢复原状。

4 现场建筑材料的堆放按照施工组织设计的总平面布置指定的区域范围分类堆放，材料转运堆放要有专人负责管理，专人清扫，保持场内清洁。工程竣工后，按规定立即拆除工地及周围的安全防护设施和其他临时设施，并将工地四周环境清理整洁。

11.3.2 水污染控制应符合下列规定：

1 施工现场生产污水未经处理不得直接排入城市污水管道或河流；在临时生

活区内应设置沉淀池和废水处理池，废水经过处理后符合相关要求后再排到。

2 施工现场临时食堂，应设置简易有效的隔油池，定期掏油、清理杂物，防止污染水体。

3 禁止将有毒有害废弃物作土方回填，避免污染水源。

4 施工现场存放油料、化学溶剂等应设有专门的库房，必须对库房地面和高250mm 墙面进行防渗处理，如采用防渗混凝土或刷防渗漏涂料等。

5 油料使用时，要采取措施，防止油料跑、冒、滴、漏而污染水体。

6 施工现场临时厕所的化粪池应采取防渗漏、防蝇、灭蛆措施，防止污染水体及污染环境

11.3.3 空气污染控制应符合下列规定：

1 施工现场外围围挡应符合要求，以避免或减少污染物向外扩散。

2 施工现场堆土，应合理选定位置进行存放堆土，并洒水覆膜封闭或表面临时固化或植草，防止扬尘污染。

3 施工现场道路应硬化。可采用焦渣、级配砂石、混凝土等作为道路面层，有条件的可利用永久性道路，并指定专人定时洒水和清扫养护，防止道路扬尘。

4 易飞扬材料入库密闭存放或覆盖存放。如水泥、白灰、珍珠岩等易飞扬的细颗粒散体材料，应入库存放。若室外临时露天存放时，必须下垫上盖，严密遮盖防止扬尘。运输水泥、白灰、珍珠岩粉等易飞扬的细颗粒粉状材料时，要采取遮盖措施，防止沿途遗撒、扬尘。卸货时，应采取措施，以减少扬尘。

6 禁止施工现场焚烧有毒、有害烟尘和恶臭气体的物质，如焚烧沥青、包装箱袋。

11.3.4 噪音控制应符合下列规定：

1 现场噪音应遵循《中华人民共和国噪声污染防治法》的相关条文规定。

2 合理布局施工场地，优化作业方案和运输方案，尽量降低施工现场附近敏感点的噪声强度，避免噪声扰民。

3 在人口密集区进行较强噪声施工时，须严格控制作业时间，一般避开晚10 时到次日早6 时的作业。对环境的噪音污染不能控制在规定范围内的，必须昼夜连续施工时，要采取措施降低噪声。

4 夜间运输材料的车辆进入施工现场，严禁鸣笛和乱轰油门，装卸材料要做

到轻拿轻放。

5 加强各种机械设备的维修保养，缩短维修保养周期，尽可能降低机械设备噪声的排放。

6 施工现场超噪声值的声源，采取措施降低噪声或转移声源。

11.3.5 振动控制应符合下列规定：

1 施工用的发电机、砂浆搅拌机、水泵及其他施工机械则采取有效的防振措施，用枕木铺设基础，垫橡胶隔振垫，减少机械产生的振动向外传递的机会。

2 施工需要铺设的垫板、简易便桥，要铺设平整、稳固，避免车辆通过时产生的振动。

3 使用手持振动的工具，应使用减振手套，合理安排作业时间。

12 工程验收

12.1 功能性试验

12.1.1 沉管法管道安装完成后应进行管道功能性试验，且应符合相关行业标准的规定。

12.1.2 给水排水管道功能性试验应按设计要求和试验方案进行，并应符合现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 中的有关规定。

12.1.3 沉管的管道功能性试验应符合下列规定：

- 1 给水管道宜单独进行水压试验；
- 2 试验管道长度超过 1km 时应进行整体试验。

12.1.4 管道功能性试验涉及水压作业时，应有安全防护措施，作业人员应按相关安全作业要求进行操作。管道水压试验和冲洗消毒排出的水，应及时排放至规定地点，不得影响周围环境和造成积水，并应采取确保人员和附近设施安全的措施。

12.1.5 压力管道的水压试验应符合下列规定：

- 1 压力管道应按相关专业验收规范进行压力管道水压试验，试验分为预试验和主试验阶段。
- 2 对于分段拖底的管道，应在水上分段完成试验。
- 3 试验管道注满水后，宜在不大于工作压力条件下充分浸泡后再进行水压试验，浸泡时间应符合表 12.1.5-1 的规定。

表 12.1.5-1 压力管道水压试验前浸泡时间

管材种类	管道内径 D (mm)	浸泡时间 (h)
钢管	D	≥24
钢筋混凝土管	D≤1000	≥48
	D>1000	≥72

- 4 试验压力应按表 12.1.5-2 选择确定。

表 12.1.5-2 压力管道水压的试验压力

管材种类	工作压力 P	试验压力 MPa
钢管	P	P+0.5, 且不小于 0.9
钢筋混凝土管	≥ 0.1	1.5P

5 预实验阶段：将管道内水压缓慢升至试验压力并稳压 30min。期间如有压力下降可注水补压，但不得高于试验压力；检查管道接口、配件等有无漏水、损坏现象，有漏水、损坏现象时应及时停止试压，查明原因并采取相应措施后重新试压。

6 主试验阶段：停止注水补压，稳压 15min；当 15min 后压力下降不超过表 13.1.5-3 中所列允许压力降数值时，将试验压力降至工作压力并保持恒压 30min，进行外观检查若无漏水现象，则水压试验合格。

表 12.1.5-3 压力管道水压的试验压力 (MPa)

管材种类	试验压力	允许压力降
钢管	P+0.5, 且不小于 0.9	0

7 水压试验时，不得修补缺陷；遇有缺陷时，应做出标记，卸压后修补。

12.1.6 冬期进行压力管道功能性试验时，应采取防冻措施。

12.2 工程验收

12.2.1 沉管工程采用的主要材料、半成品、成品应进行进场检验。凡涉及安全、节能、环境保护和主要使用功能的重要材料，应按专业工程施工规范、验收规程和设计文件等规定进行复验，并经监理工程师检查认可。

12.2.2 给水排水管道水下沉管工程施工质量验收应在施工单位自检基础上，按检验批、分项工程、分部（子分部）工程、单位（子单位）工程的顺序进行，并应符合下列规定：

- 1 工程施工质量应符合本规程和相关专业验收规范的规定；
- 2 工程施工质量的验收应在施工单位自行检查，评定合格的基础上进行；
- 3 隐蔽工程在隐蔽前应由施工单位通知监理等单位进行验收，并形成验收文件；

4 涉及结构安全和使用功能的试块、试件和现场检测项目，应按规定进行平行检测或见证取样检测；

5 检验批的质量应按主控项目和一般项目进行验收；每个检查项目的检查数量，除本规程有关条款有明确规定外，应全数检查；

6 外观质量应由质量验收人员通过现场检查共同确认。

12.2.3 单位（子单位）工程、分部（子分部）工程、分项工程和检验批的划分可按本规程附录 C 在工程施工前确定，质量验收记录应按本规程附录 D 填写。

12.2.4 检验批质量验收合格应符合下列规定：

- 1 主控项目的质量经抽样检验合格；
- 2 一般项目中的实测（允许偏差）项目抽样检验的合格率应达到 80%，且超差点的最大偏差值应在允许偏差值的 1.5 倍范围内；
- 3 主要工程材料的进场验收和复验合格，试块、试件检验合格；
- 4 主要工程材料的质量保证资料以及相关试验检测资料齐全、正确；具有完整的施工操作依据和质量检查记录。

12.2.5 分项工程质量验收合格应符合下列规定：

- 1 分项工程所含的检验批质量验收全部合格；
- 2 分项工程所含的检验批的质量验收记录应完整、正确；有关质量保证资料和试验检测资料应齐全、正确。

12.2.6 分部（子分部）工程质量验收合格应符合下列规定：

- 1 分部（子分部）工程所含分项工程的质量验收全部合格；
- 2 质量控制资料应完整；
- 3 分部（子分部）工程中，基槽基础处理、混凝土强度、混凝土抗渗、管道接口连接、管道位置及高程、金属管道防腐层、水压试验、严密性试验、回填压实等的检验和抽样检测结果应符合本规程的有关规定；
- 4 外观质量验收应符合要求。

12.2.7 单位（子单位）工程质量验收合格应符合下列规定：

- 1 单位（子单位）工程所含分部（子分部）工程的质量验收全部合格；
- 2 单位（子单位）工程所含分部（子分部）工程有关安全及使用功能的检测资料应完整；
- 3 涉及金属管道的外防腐层、钢管阴极保护系统、管道设备运行、管道位置及高程等的试验检测、抽查结果以及管道使用功能试验应符合本规范规定；

4 外观质量验收应符合要求。

12.2.8 给水排水管道水下沉管工程质量验收不合格时，应按下列规定处理：

1 经返工重做或更换管节、管件等的检验批，应重新进行验收：

2 经有相应资质的检测单位检测鉴定能够达到设计要求的检验批，应予以验收；

3 经有相应资质的检测单位检测鉴定达不到设计要求，但经原设计单位验算认可，能够满足结构安全和使用功能要求的检验批，可予以验收；

4 经返修或加固处理的分项工程、分部（子分部）工程，改变外形尺寸但仍能满足结构安全和使用功能要求，可按技术处理方案文件和协商文件进行验收。

12.2.9 通过返修或加固处理仍不能满足结构安全或使用功能要求的分部（子分部）工程、单位（子单位）工程，严禁验收。

12.2.10 检验批及分项工程应由专业监理工程师组织施工项目的技术负责人（专业质量检查员）等进行验收。

12.2.11 分部（子分部）工程应由总监理工程师组织施工项目负责人及其技术、质量负责人等进行验收。对于涉及重要部位的地基基础、主体结构等分部（子分部）工程，设计和勘察单位工程项目负责人、施工单位技术质量部门负责人应参加验收。

12.2.12 单位工程经施工单位自检合格后，应由施工单位向建设单位提出验收申请。单位工程有分包单位施工时，分包单位对所承包的工程应进行自检，并按现行国标《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的规定进行验收，验收时总承包单位应派人参加；分包工程完成后，应及时地将有关资料移交总承包单位。

12.2.13 对符合竣工验收条件的单位工程，应由建设单位按规定组织验收。施工、勘察、设计、监理等单位等有关负责人以及该工程的管理或使用单位有关人员应参加验收。

12.1.14 参加验收各方对工程质量验收意见不一致时，可由工程所在地建设行政主管部门或工程质量监督机构协调解决。

12.2.15 单位工程质量验收合格后，建设单位应按规定将竣工验收报告和有关文件，报工程所在地建设行政主管部门备案。

12.2.16 工程竣工验收后，建设单位应将有关文件和技术资料归档。

附录 A 钢管管道在各种荷载作用下的最大弯矩系数和竖向变形系数

A.0.1 钢管管道在各种荷载作用下的最大弯矩系数和竖向变形系数，可按表 A 采用。

表 A.0.1 最大弯矩系数和竖向变形系数

项 目		土弧基础中心角				
		20°	60°	90°	120°	150°
弯矩系数	管道自重 k_{gm}	0.202	0.134	0.102	0.083	0.077
	竖向土压力 k_{vm}	0.255	0.189	0.157	0.138	0.128
	管内水重 k_{wm}	0.202	0.134	0.102	0.083	0.077
变形系数	竖向压力 k_b	0.109	0.103	0.096	0.089	0.085

附录 B 管侧回填土的综合变形模量

B.0.1 管侧土的综合变形模量应根据管侧回填土的土质，压实厚度和基槽两侧原状土的土质，综合评价确定。

B.0.2 管侧土的综合变形模量 E_d 可按下列公式计算：

$$E_d = \zeta \cdot E_e \quad (\text{B.0.1-1})$$

$$\zeta = \frac{1}{a_1 + a_2 \left(\frac{E_e}{E_n} \right)} \quad (\text{B.0.2-2})$$

式中： E_e ——管侧回填土在要求压实厚度时相应的变形模量（MPa），应根据试验确定，当缺乏试验数据时，可参照表 B.0.2-1 采用；

E_n ——基槽两侧原状土的变形模量（MPa），应根据试验确定，
当缺乏试验数据时，可参照表B.0.2-1 采用；

ζ ——综合修正系数；

a_1 、 a_2 ——与 B_r （管中心处槽宽）和 D_1 （管外径）的比值有关的计算参数，
可按表 B.0.2-2 确定。

表 B.0.2-1 管侧回填土和槽侧原状土的变形模量

回填土压实系数	0.85	0.90	0.95	1.00
土的种类 \ 标贯数	4<N<14	14<N≤24	24<N≤50	>50
砾石、碎石	5	7	10	20
砂砾、砂卵石、细粒土含量不大于 12%	3	5	7	14
砂砾、砂卵石、细粒土含量大于 12%	1	3	5	10
粘性土或粉土（ $W_L < 50\%$ ），砂粒含量大于 25%	1	3	5	10
粘性土或粉土（ $W_L < 50\%$ ），砂粒含量小于 25%	—	1	3	7

注：1、表中数值适用于 10m 以内覆土，对覆土超过 10m 时，上表数值偏低；
2、回填土的变形模量 E_0 可按要求的压实系数采用；表中的压实系数指设计要求回填土压实后的干密度与该土相同压实能量下的最大干密度的比值；
3、基槽两侧原状土的变形模量 E_n 可按标准贯入试验锤击数确定；
3、 W_L 为粘性土的液限；
5、细粒土指粒径小于 0.075mm 的土；
6、砂粒指粒径为 0.075~2.0mm 的土。

表 B.0.2-2 计算参数 a_1 及 a_2

B_r/D_1	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
a_1	0.252	0.435	0.572	0.680	0.838	0.948
a_2	0.748	0.565	0.428	0.320	0.162	0.052

附录 C 沉管法管道工程分项、分部、单位工程划分

单位工程（子单位工程）	沉管法管道工程	
分部工程（子分部工程）	分项工程	检验批
组对拼装沉管	基槽浚挖及管基处理、管道接口连接、管道防腐层、管道沉放、稳管及回填	每 100m（分段拼装按每段，且不大于 100m）

附录 D 分项、分部、单位工程验收记录

D.0.1 沉管法管道工程验收应按表 D.0.1 进行记录。

表 D.0.1 沉管法管道工程验收记录表

工程名称			分部工程 名称		分项工程 名称	
施工单位			项目经理		专业工长	
检验批名称、部位						
分包单位			分包项目 经理		施工班组 长	
主 控 项 目	质量验收规范规定的 检查项目及验收标准		施工单位检查评定记录		监理（建设）单位验 收记录	
	1					
	2					
	3					
	4					
	5				合格率	
	6				合格率	
	7					
一 般 项 目	1					
	2					
	3					
	4				合格率	
	5				合格率	
	6				合格率	
	7					
施工单位检查评定结 果						

	工长（施工员）： 项目专业质量检查员：年 月 日
--	-----------------------------

广州市市政集团有限公司

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《给水排水工程管道结构设计规范》 GB 50332
- 2 《给水排水管道工程施工及验收规范》 GB50268
- 3 《市政工程勘察规范》 CJJ56
- 4 《天津市给水排水管道水下沉管工程施工及验收规程》 DBT29-242-2016

广州市市政集团有限公司

中国工程建设标准化协会标准

沉管法管道工程技术规程

T/CECS XXX-202X

条文说明

目 次

1 总则	69
5 管道设计	69
5.1 一般规定	69
5.4 构造设计	69
7 基槽开挖与回填	70
7.2 施工准备与测量放线	70
7.3 基槽开挖	70
8 水面浮运法施工	71
8.1 一般规定	71
8.2 浮运施工	72
9 管道铺管船法施工	74
9.1 一般规定	74
10 管道底拖法施工	75
10.2 底拖施工	75
12 工程验收	76
12.1 功能性试验	75

1 总则

1.0.2 目前沉管法管道工程中应用的管道材质常见的为钢管和聚乙烯（PE）管，本标准的内容适用于沉管管材为钢管和聚乙烯（PE）管的管道工程，其他材质的管道（如钢筋混凝土管等）可参考本标准。

广州市市政集团有限公司

5 管道设计

5.1 一般规定

5.1.8 吊点的验算是施工过程中的重要环节。参照《自承式给水钢管跨越结构设计规程》CECS 214 中的规定，管道在使用期间的最大挠度不大于 $L/250$ ，根据《自承式平直形架空钢管》05S506-1，最大管径为 DN1800，因此本规程规定不大于 DN1800 的管道，施工期间最大挠度不大于 $L/250$ ；大于 DN1800 的钢管，刚度偏小，在下沉过程中，受到水流的影响会更大，当水平和竖向位移都达到 $L/354$ 时，其 45° 方向的空间位移为 $L/250$ ，综合考虑，计算时按 $L/400$ 控制水平和竖向的最大位移。

5.1.13 原有的水流流向和改变后之间的夹角为水流转角，如图 5.1.13 所示，管道转弯和交接处，其水流转角不应小于 90° 。

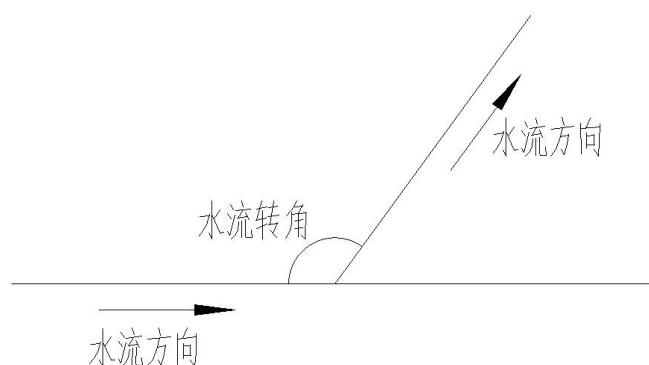


图 5.1.13 水流转角示意图

5.4 构造设计

5.4.1 由于水面以下条件的限制，压力管在水下进行连接非常困难，无法进行连接处的检查，不能保证质量，且出现质量问题，难以找到缺陷点，修复成本太高，故规定压力管必须采用整体管段下沉。

7 基槽开挖与回填

7.2 施工准备与测量放线

7.2.3 预调查时应保证施工船舶作业范围内安全畅通,并对易造成管线悬跨的区域进行处理。

7.2.11 为保证水准网能得到可靠的起算依据和检查水准点的稳定性,应在场地适当位置建立高程控制基点组。

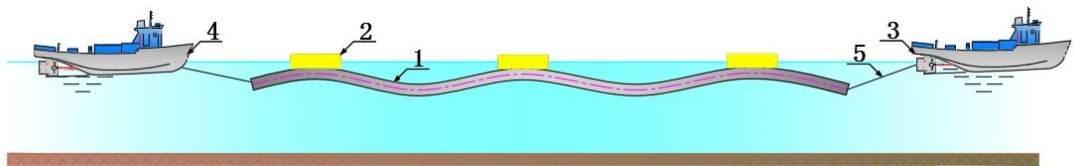
7.3 基槽开挖

7.3.4 基槽开挖应按照设计图纸施工,避免欠挖导致管道纵坡、管道埋深与设计不符,也应避免超挖导致管基原状土受扰动致使管基承载力发生变化。

8 水面浮运法施工

8.1 一般规定

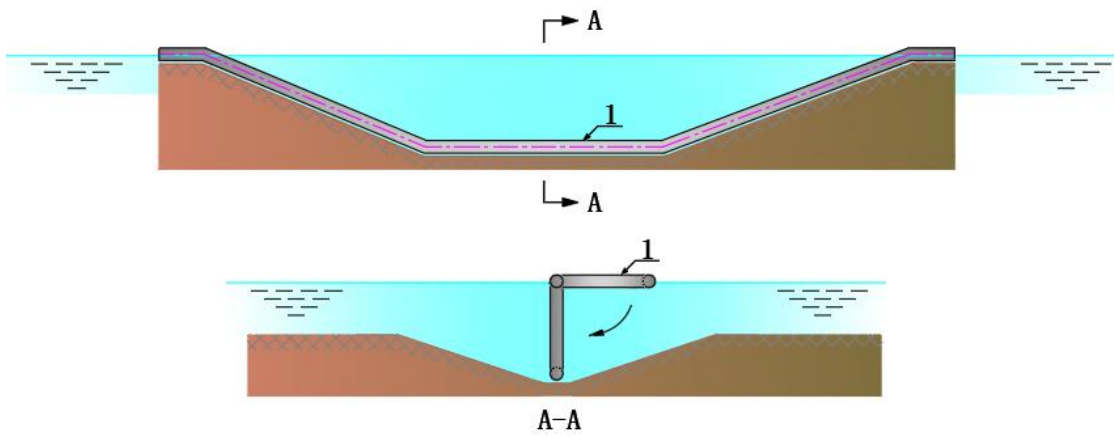
8.1.1



1—管道；2—浮筒；3—主拖轮；4—尾拖轮；5—拖缆

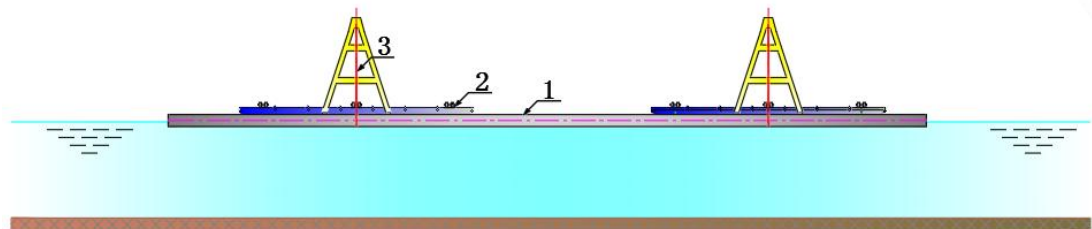
图 8.1.1 水面浮运法示意图

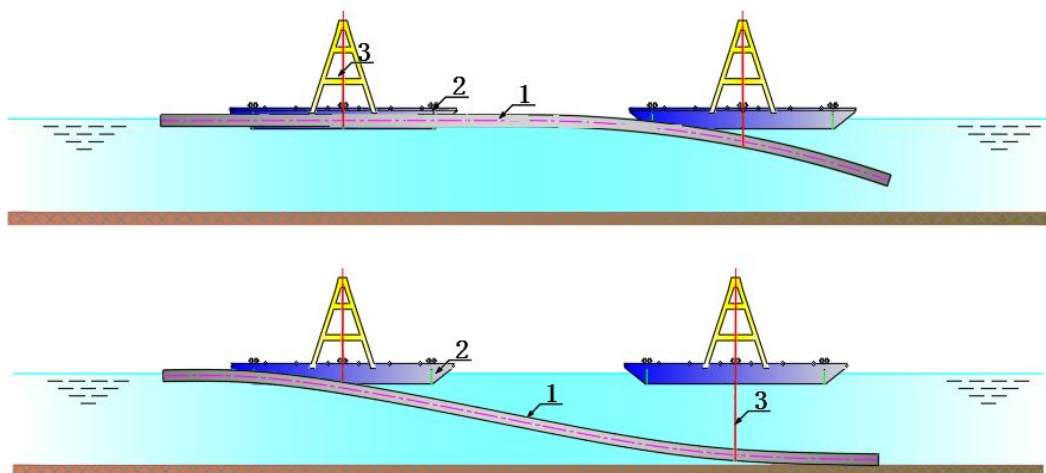
8.1.7 垂直划弧漂管下沉、直线漂管下沉分别如图 8.1.7-1、8.1.7-2 所示。



1—管道

图 8.1.7-1 垂直划弧漂管下沉示意图



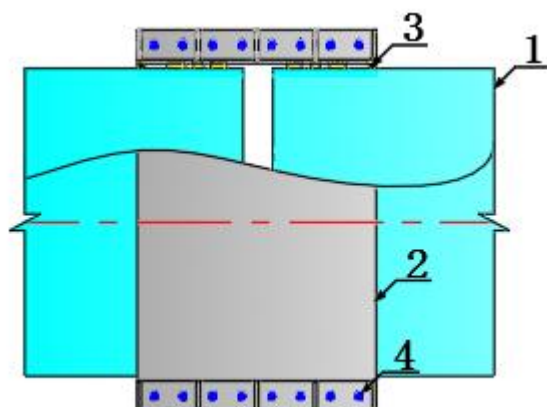


1—管道；2—吊船；3—吊绳

图 8.1.7-2 直线漂管下沉示意图

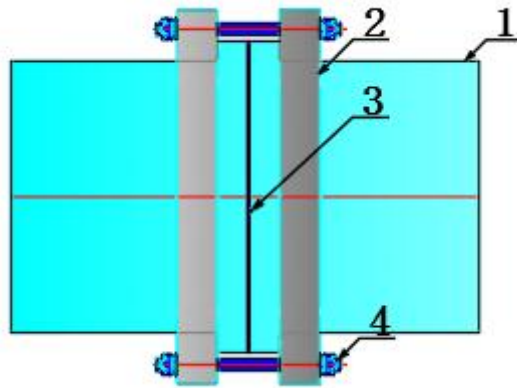
8.2 浮运施工

8.2.4 管段水下连接接口如图 8.2.4-1、8.2.4-2 所示。



1—管道；2—管夹；3—橡胶垫；4—连接螺栓

图 8.2.4-1 管夹抱锥连接示意图



1—管道；2—法兰盘；3—橡胶垫；4—连接螺栓

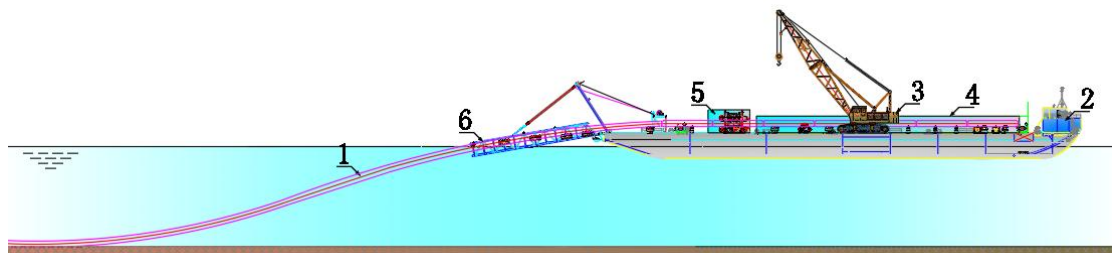
图 8.2.4-2 法兰连接示意图

8.2.5 为保证管段在注水下沉过程中的强度和稳定性,可在管段上设置浮吊或浮筒。

9 管道铺管船法施工

9.1 一般规定

9.1.1 铺管船法是指由管节运输船将预制好的管节运至铺管船，在铺管船上的管段接口对接工作站做好接口的连接和处理，经检验合格后，利用发送装置将管道沉放至槽底。发送后的水中悬空部分管段可采用管托架或浮筒等方法提供支撑力，或通过张紧装置对管道施加轴向拉力，控制管道轴向弯曲应力。



1—管道；2—铺管船母船；3—起重吊机；4—管道对接工作站；5—张紧器；6—管托架

图 9.1.1 铺管船示意图

10 管道底拖法施工

10.2 底拖施工

10.2.5 陆上的拖管指挥长用对讲机向绞车操作员下达开始拖管的命令。绞车操作员随即启动绞车，管段牵引时应缓慢均匀，牵引力严禁超过最大牵引力和管材力学性能要求，钢丝绳在牵引过程中应避免扭缠。

10.2.6 牵引期间，绞车操作员记录并报告拖管指挥长各时段的钢丝绳张紧力与累计拖管长度。待管段将拖至剩下最后一管节时，绞车开始减速，拖管指挥长及时呼叫绞车操作员注意管段剩下最后 10m、5m，接着每经过 1m 呼叫一次，以确保管端正好就位于连接端头处。

12 工程验收

12.1 功能性试验

12.1.1 给排水管道进行试验时应符合《给水排水管道工程施工及验收规范》GB50268-2008 中的相关规定，燃气管道进行试验应符合《城镇燃气输配工程施工及验收规范》CJJ33 中的相关规定。

广州市市政集团有限公司