 T/CECSXXX-20XX

中国工程标准化协会标准

浅海海底钢质输水管道

施工及验收规程

Specification for construction and acceptance of submarine steel water pipeline in the shallow sea

**（征求意见稿）**

**（提交反馈意见时，请将有关专利连同支持性文件一并附上）**

Ver 1.3

中国XX出版社

中国工程标准化协会标准

浅海海底钢质输水管道

施工及验收规程

Specification for construction and acceptance of submarine steel water pipeline in the shallow sea

T/CECSXXX-20XX

主编单位：上海市基础工程集团有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

实行日期：

中国XX出版社

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发《2018 年第二批协会标准制订、修订计划 》的通知》（建标协字［2018 ]030 号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定了本规程。

本规程共分为11章，主要内容包括总则、术语、基本规定、施工准备及测量、钢管段拼接与补口、管道敷设、管沟开挖与回填、附属设施安装、工程验收、运营期的检测与维修、职业健康安全与环境保护。

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。

本规程由中国建设标准化协会管道专业委员会归口管理，由上海市基础工程集团有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请反馈给上海市基础工程集团有限公司（上海市杨浦区民星路231号，邮政编码：200432）

主编单位：上海市基础工程集团有限公司

参编单位：浙江省水利水电勘测设计院

舟山市水务集团有限公司

上海康益海洋工程有限公司

江苏蛟龙打捞航务工程有限公司

河海大学

主要起草人：

主要审查人：

目 次

[1 总 则 1](#_Toc3345)

[2 术 语 2](#_Toc15684)

[3 基本规定 7](#_Toc3814)

[4 施工准备及测量 7](#_Toc18746)

[4.1 一般规定 7](#_Toc19138)

[4.2 路由复测 8](#_Toc14867)

[4.3 施工测量 9](#_Toc16407)

[4.4 施工设计 12](#_Toc25365)

[5 钢管段拼接与补口 1](#_Toc2093)6

[5.1 一般规定 16](#_Toc10010)

[5.2 管段拼接 17](#_Toc13922)

[5.3 管段补口 19](#_Toc16464)

[5.4 检验与验收 20](#_Toc18278)

[6 管道敷设 26](#_Toc7924)

[6.1 一般规定 26](#_Toc32650)

[6.2 登陆段施工 28](#_Toc24310)

[6.3 中间海域段施工 29](#_Toc22617)

[6.4 管线交越施工 33](#_Toc5031)

[6.5 牺牲阳极安装 34](#_Toc24590)

[6.6 检验与验收 35](#_Toc25049)

[7 管沟开挖与回填 38](#_Toc16806)

[7.1 一般规定 38](#_Toc25638)

[7.2 预挖沟及管道基础 39](#_Toc8865)

[7.3 后挖沟 43](#_Toc29233)

[7.4 管沟回填 44](#_Toc11183)

[7.5 特殊保护 45](#_Toc27418)

[7.6 检验与验收 47](#_Toc31706)

[8 附属设施安装 52](#_Toc25733)

[8.1 一般规定 52](#_Toc494)

[8.2 排放管附属设施安装 52](#_Toc27361)

[8.3 其他附属设施安装 53](#_Toc22061)

[8.4 检验与验收 54](#_Toc9423)

[9 工程验收 5](#_Toc16013)6

[9.1 一般规定 56](#_Toc31447)

[9.2 检验试验 59](#_Toc6682)

[9.3 验收标准 60](#_Toc11739)

[10 运营期的检测与维修 61](#_Toc5168)

[10.1 一般规定 61](#_Toc22997)

[10.2 检测内容及检测方法 61](#_Toc18084)

[11 职业健康安全与环境保护 63](#_Toc4080)

[11.1 职业健康安全 63](#_Toc27158)

[11.2 环境保护 64](#_Toc18936)

**Contents**

1 General provisions 1

2 Terms 2

3 Basic regulations 7

4 Construction preparation 7

4.1 General regulations 7

4.2 Routing repetition measurement 8

4.3 Construction surveying 9

4.4 Construction design 12

5 Steel pipe segment splicing and repair 16

5.1 General regulations 16

5.2 Pipe segment splicing 17

5.3 Pipe segment repair 19

5.4 Inspection and acceptance 20

6 Pipe laying 26

6.1 General regulations 26

6.2 Landing section construction 28

6.3 Middle sea area construction 29

6.4 Pipeline crossing construction 33

6.5 Sacrificial anode installation 34

6.6 Inspection and acceptance 35

7 Pipe trench excavation and backfilling 38

7.1 General regulations 38

7.2 Pre-ditching and pipeline foundation 39

7.3 Post ditching 43

7.4 Pipe trench backfilling 44

7.5 Special protection 45

7.6 Inspection and acceptance 47

8 Subsidiary facilities installation 52

8.1 General regulations 52

8.2 Discharge pipe subsidiary facilities installation 52

8.3 Other subsidiary facilities installation 53

8.4 Inspection and acceptance 54

9 Engineering acceptance 56

9.1 General regulations 56

9.2 Testing experiment 59

9.3 Acceptance criterion 60

10 Detection and maintenance during operation 61

10.1 General regulations 61

10.2 Detection contents and methods 61

11 Occupational health safety and environmental protection 63

11.1 Occupational health safety 63

11.2 Environmental protection 64

# 总 则

**1.0.1** 为提高浅海海底钢质输水管道工程的施工水平，规范施工技术，加强质量控制，统一施工质量检验、验收标准，保证施工质量，做到安全适用、技术先进、经济合理、环境保护，特制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于浅海钢质海底输水管道（海底给排水管道）工程的施工及验收。

**1.0.3** 浅海海底钢质输水管道工程的施工、验收，除应符合本规程要求外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

# 术 语

**2.0.1** 压力管道 pressure pipe

工作压力大于或等于0.1MPa的给排水管道。

**2.0.2** 无压管道 non-pressure pipe

工作压力小于0.1MPa的给排水管道。

**2.0.3** 敷管船 laying vessel

专供敷设海底管道用的船舶。

**2.0.4** 路由 routing

海底管道的敷设走向和位置。

**2.0.5** 扫海 sea sweeping

由船舶拖曳专用锚具或其它工器具，用以清除海底管道敷设区域海床上的零星杂物。

**2.0.6** 预挖沟 pre-excavated trench

在进行海底管道敷设施工前，预先开挖管道沟槽，然后将管道敷设在已完成管沟的施工方法。

**2.0.7** 后挖沟 post-excavated trench

将海底管道直接敷设在原始海床面上，然后利用专用管道挖沟机对管道进行埋设的施工方法。

**2.0.8** 埋设深度 burial depth

海底管道底部至原海床面的垂直距离。

**2.0.9** 托管架 stinger

位于敷管船尾部，用于支撑管道，减小管道敷设过程中的弯曲度和弯曲应力的装置。

**2.0.10** 发射架 launcher

安装于敷管船上，用于承托、拼装以及敷设海底管道、管节的装置。

**2.0.11** 浮运沉放法 floating transportation and sinking method

在水面浮运管道到位后，注水下沉安装到设计路由的施工方法，又称漂浮敷设法。

**2.0.12** 底拖法 bottom support method

从水底将管道拖拉安装到设计路由的施工方法，又称牵引敷设法。

**2.0.13** 无张力敷设法 slack laying method

采用敷管船敷设时，不对管道施加张力，仅依靠托管架或其它装置支撑悬空段管道，以减小弯曲度和弯曲应力的施工方法。

**2.0.14** 弹性敷设法 elastic laying method

利用管道在外力或自重作用下产生弹性弯曲改变管道走向或适应高差变化的管道敷设施工方法。

**2.0.15** 登陆点 landing point

海底管道路由的海、陆接口点。

**2.0.16** 登陆段 landing section

敷管船在进行登陆作业时就位的位置至设计登陆点之间的区段。

**2.0.17** 潮间段 landing section

位于最高潮位和最低潮位之间，随潮汐涨落而被淹没和露出的地带。

**2.0.18** 理论深度基准面 theoretical depth datum

海洋测量中深度的起算面，是海图、水深图及各种水深资料所载深度的起算面。

**2.0.19** 海图 nautical chart

内容包括岸形、岛屿、礁石、水深、航标和无线电导航台等信息，用于指导施工的航海专用地图。

**2.0.20** 管道挖沟机 pipeline excavator

采用水力切割或其它方式破坏土体形成管道沟槽的水下机械。

**2.0.21** 覆盖厚度 cover thickness

已埋设管道顶部覆土或其它填充物的厚度。

**2.0.22** 自然回淤 natural siltation

依靠自然淤积填充沟槽的一种方式。

**2.0.23** 空气吸泥 air suction dredging

利用空气流动产生的负压，将与水混合的泥沙等混合物通过输送管道排出的施工方法。

**2.0.24** 弃管 abandoned pipe

因施工需要，将正在进行敷埋设的海底管道连同一部分施工设备，解除与敷管船的连接，全部或部分留置于海床上的施工措施。

**2.0.25** 拾管 picking up pipe

将留置于海床上的待敷埋设海底管道及附属施工设备打捞并与敷管船连接，重新进行敷设的施工措施。

**2.0.26** ROV remote operated vehicle

ROV，即遥控无人潜水器（Remote Operated Vehicle ），无人水下航行器（Unmanned Underwater Vehicle，UUV）的一种，系统组成一般包括：动力推进器、遥控电子通讯装置、黑白或彩色摄像头、摄像俯仰云台、用户外围传感器接口、实时在线显示单元、导航定位装置、自动舵手导航单元、辅助照明灯和零浮力拖缆等单元部件。ROV分为观察级和作业级，作业级ROV常用于水下打捞、水下施工等应用，尺寸较大，带有水下机械手、液压切割器等作业工具；被广泛应用于军队、海岸警卫、海事、海关、核电、水电、海洋石油、渔业、海上救助、管线探测和海洋科学研究等各个领域。

# 基本规定

**3.0.1** 施工前，应根据工程详细勘察报告、水文气象资料和设计施工图纸进行现场踏勘，并复核下列资料：

**1** 工程地质、水文和周围环境情况；

**2** 施工沿线已有或在建的管线、建(构)筑物、障碍物；

**3** 其他可能影响施工的设施。

**3.0.2** 施工单位应熟悉和审查施工图纸，掌握设计意图与要求，实行自审、会审、设计交底和签证制度，并向施工人员进行书面技术交底；发现施工图有疑问、差错时，应及时提出意见和建议；如需变更设计，应按照相应程序报审，经相关单位签证认定后实施。

**3.0.3** 施工单位在开工前应编制施工组织设计，对关键的分项、分部工程应分别编制专项施工方案。施工组织设计、专项施工方案必须按规定程序审批后执行。

施工过程中发生重大设计变更或施工条件发生重大变化时，施工组织设计应进行相应调整并重新进行审批。

**3.0.4** 施工前，建设单位应获得海洋、海事、水利等相关行政主管部门的行政审批。

**3.0.5** 施工单位应详细研究海底管道路由勘察报告，进行施工现场调查，必要时可对管道设计路由进行复核，收集管道沿线的工程地质、水深、地形、海洋水文与气象资料，以及相关的海底管线、港口、航道、锚地、渔业捕捞、登陆点开发等各种海洋开发活动资料。

**3.0.6** 建设单位应详细调查与该海底管道工程建设和维护有关的其他海底管线、设施和海洋开发活动，并与利益相关方协商，就相关的技术处理、保护措施和损害赔偿等事项达成协议。

**3.0.7** 施工船舶应符合船检机构或船级社的强制要求，持有相应的船舶证书和必要的文件。

**3.0.8** 施工船舶应配备比例尺满足使用要求的的海图。

**3.0.9** 施工作业时，施工船应按照相关规定显示信号灯，并悬挂信号旗，安排专人瞭望值班，及时与现场往来船只联系。

**3.0.10** 处于通航河道或海域时，应遵守安全优先、预防为主的原则，应尽可能沿行驶船舶右舷一侧航道行驶，选择流速较缓的航线，控制航速，严格遵守航行规则，确保船舶安全、有序的航行；大雾、夜间等特殊条件下的航行、作业应确保照明、通讯等措施符合相关规定。

**3.0.11** 工程所用的管材、管道附件、构(配)件和主要原材料等在进入施工现场时必须进行进场验收并妥善运输、保管。进场验收时应检查每批产品，并按国家有关标准规定进行复验，验收合格后方可使用。

**3.0.12** 应及时做好各种相关的施工记录。

**3.0.13** 管道路由施工过程中遇大坡度架空情况时，应采取措施针对突变坡度进行削坡；不能削坡时，应考虑在悬空管道下部进行填塞，并应考虑后期冲刷影响。

**3.0.14** 管道路由的地质条件影响管道安全时，设计应变更或采取措施。

**3.0.15** 管道路由中出现独立礁石，可在审批红线允许范围内绕行通过。各方变更签证手续应齐全。

# 施工准备及测量

## 一般规定

**4.1.1** 应详细研究海洋环评报告，依据环评要求落实海洋环境跟踪监测和保护措施，减少海底管道施工对海洋环境的影响。

**4.1.2** 应根据施工条件、工程特点、工程量、质量和工期要求，进行船舶、设备选型及适应性改造。

**4.1.3** 应根据掌握的各种工程资料，结合工程合同文件、现场调查、资源投入等相关资料编制施工组织设计，施工组织设计应包括下列主要内容：

**1** 工程概况；

**2** 工程主要施工条件；

**3** 施工总体部署，包括重点、难点及针对性措施；

**4** 施工总进度计划；

**5** 施工总平面布置；

**6** 船舶、设备、材料、劳动力配置计划；

**7** 沟槽开挖、钢管焊接、敷管、沟槽回填及保护等主要施工工序的施工方法；

**8** 质量、环境、职业健康安全管理保证措施；

**9** 应急预案。

**4.1.4** 工程开工前，施工单位应进行通航安全影响及风险分析，针对施工中可能发生的突发性事件制定应急预案，并编制施工通航安全保障方案，由海事管理机构组织专家进行技术评审。

**4.1.5** 建设单位和施工单位应根据施工通航安全保障方案的要求，做好航行通告发布工作，落实通航安全保障措施。

## 路由复测

**4.2.1** 海底管道路由勘察报告的内容应符合现行国家标准《海底电缆管道路由勘察规范》**GB/T 17502**第17章的相关要求，报告应详细查明管道路由区的海底工程地质条件、海洋气象水文环境、腐蚀性环境因素和海洋规划与开发活动等方面的工程环境条件。路由勘察报告中，与工程施工密切相关的海洋水文气象观测站点的距离和观测周期、波浪和海流的典型数据和峰值数据、登陆段资料的完整性、海底地形的覆盖率等应满足施工要求，如发现数据缺失或者数据有误，应及时提出，并补充勘测。

**4.2.2** 施工单位宜结合路由勘察报告，在施工现场进行下列资料验证：

**1** 基岩、陡坡、深槽、浅地层地质突变；

**2** 水下障碍物；

**3** 波浪和海流的典型数据和峰值数据；

**4**  路由水深；

**5** 养殖业、渔业、相关的海底管线等海洋开发活动。

**4.2.3** 施工现场实测数据与路由勘察报告发生较大差异，应立即通报相关单位，并应进行补充勘察。

**4.2.4** 施工前应对路由区域进行扫海，搜索、移除和处理海底废弃物和废料。

**4.2.5** 扫海作业所采用的扫海锚的穿透深度应不小于0.5米，宜以抛锚船尾拖曳扫海锚，采用与管道施工时的同一定位导航系统，扫海区域的宽度控制在设计路由左右各20米。

**4.2.6** 扫海过程中，若新发现海底有大型或特殊障碍物如沉船、礁石、孤石等，应及时告知建设单位，可进行补充勘察。

## 施工测量

**4.3.1** 海底管道施工测量坐标系统应采用2000国家大地坐标系。

**4.3.2** 海底管道的埋深测量应采用相对于原始海床面的相对深度，海底管道海上施工的高程测量不宜采用绝对标高。

**4.3.3** 海底管道施工的平面位置测量应采用差分全球卫星导航系统，平面测量控制网直接使用全球卫星导航系统，海上施工测量基础数据应采用大地坐标。

**4.3.4** 卫星定位接收机的校准精度不应低于2.5m，其他非标测量器材和设备应在使用前进行相关的校核和标定。

**4.3.5** 海底管道施工测量准备工作应符合下列规定：

**1** 差分全球卫星导航系统的参考站宜首选国家信标站；

**2** 建设单位应组织有关单位进行控制点移交，提供三个及以上的已知坐标点，提供中央子午线经度、投影和坐标转换参数；

**3** 给水管道工程的坐标已知点应分别在两侧登陆点，排污管道工程的坐标已知点在施工测区内应尽可能确保较远的间距；

**4**  施工开始前应在每个坐标已知点上观测不少于500次数据，间隔时间不小于5s，计算出的95%以上的点位偏差应符合下列规定：

1）施工长度不大于40km时，点位偏差不应大于3m；

2）施工长度大于40km时，点位偏差不应大于5m；

**5** 应根据所有已知点坐标对施工用卫星定位接收机的数据偏差进行修正；

**6** 定位软件应满足测量和定位工作的需要；

**7** 施工前应完成扫海或试航等作业。

**4.3.6** 海底管道潮间段施工测量应符合下列规定：

**1** 登陆段敷（埋）设施工宜采用差分全球卫星导航系统进行施工平面控制测量；

**2**  登陆段路由的拐点应设置标识，直线段宜根据现场需要设置标识，标识的直线间距不宜大于100m；

**3** 标识应保证其锚固稳定性，防止标识被潮流冲刷倾覆或移位，可采用插桩或浮标作为标识；

**4** 登陆段海底管道埋深沟槽的深度测量可采用测深仪、测深砣、测绳、塔尺等测量沟槽底与原始海床面的相对深度的方式进行。

**4.3.7** 海底管道中间海域段施工测量应符合下列规定：

**1** 海底管道水域段施工定位应采用差分全球导航卫星定位系统，差分全球导航卫星定位系统的选型应符合下列规定：

1）应保证施工所要求的精度；

2）作用范围应覆盖整个施工区域；

3）导航功能应满足施工的要求；

4）应稳定可靠，具有连续作业能力；

**2** 施工测量及定位作业应使用具有定位定向功能的卫星定位接收机；

**3** 差分全球导航卫星定位系统实时定位及质量控制应符合下列规定：

1）作业期间卫星定位接收机应能同时接收四颗及以上数量卫星的数据信号；

2）差分校准值的更新率不应大于10s；

3）卫星几何图形强度因子值（PDOP）对95%的观测数据应小于5；

4）如果差分数据中断超过60秒，其数据不可使用；

**4** 数据记录应符合下列规定：

1）卫星信号接收机应连接数据储存设备，并对施工全过程的卫星定位数据进行记录储存；

2）在航行施工时，卫星定位数据的记录储存间隔不应大于30s；

3）对于手工记录的卫星定位数据，宜每50m记录一次，或与监理等相关单位协商确定；

**4.3.8** 施工船上卫星定位接收机的安装应符合下列规定：

**1** 卫星定位接收机的接收天线应安装在施工船的较高部位；

**2** 卫星定位接收机的接收天线周围高度角5°以上应无大的障碍物遮蔽；

**3** 应量取卫星信号接收机的接收天线至施工船测量基准点的偏移量。

**4.3.9** 水深测量应符合下列规定：

**1**  水深测量宜采用超声波测量仪；

**2** 测深范围的最大值应大于施工区域最大水深的1.2倍；

**3** 最大水深的测深精度不应低于10cm，分辨率不应低于3cm。

**4.3.10** 预开挖深度和回填厚度测量应符合下列要求：

**1** 应测量管沟底或管道顶与原始海床面的水深差值；

**2** 应选择平潮时段进行同一断面的测量；

**3** 应记录测量时的潮位数据。

**4.3.11** 海底管道后挖沟测量应符合下列规定：

**1** 开沟机应配置能够连续测量埋设深度的电子测量系统；

**2** 测量系统的测量范围应满足工程要求，测量精度不应低于10cm；

**3** 测量系统应配备能够稳定、连续显示测量数据的显示设备和记录储存埋深数据的设备；

**4** 在后挖沟施工时，数据的记录储存间隔时间不应大于30s。

**4.3.12** 海底管道敷设长度测量应符合下列规定：

**1** 应采用长钢卷尺准确测量敷设的每根管段长度，管段长度累加值应为海底管道实际敷设长度；

**2** 在钢管敷设过程中，应采用差分全球卫星导航系统准确记录每根敷设钢管入水时的平面坐标，坐标点间的距离之和应为管道敷设路由长度。

## 施工设计

**4.4.1** 施工设计可包括锚泊系统设计、管道在位稳定性设计、敷管曲线设计和应力曲线、托管架设计等。

**4.4.2** 锚泊系统设计应符合下列原则：

**1** 应针对施工的不同区域制定不同的锚位设计；作业期间的锚位布置应满足施工及安全需求；

**2** 锚泊分析计算应该考虑作用在船舶上的自然环境荷载，包括风荷载、波浪荷载、海流荷载、冰荷载等；

**3** 自然环境荷载应以概率统计的方法进行计算；对于有可能同时发生的各种不同的自然环境荷载，应考虑他们同时发生的概率，并将各种单独作用的效果正确的叠加；

**4** 应根据实际工况，依照船舶荷载确定钢丝绳破断拉力、直径，合理配置钢丝绳；

**5** 施工船应合理选择锚型，确保在最不利的水深和风、波浪、水流条件下，单锚总抓力大于单根锚缆受力；安全系数应大于1.5；

**6** 锚位与其他管线的最小间距宜大于1倍水深且不宜小于10m，跨越管线抛锚时，不宜小于100m。

**4.4.3** 施工船在水中受到的各种荷载传递到锚缆，锚缆悬垂长度可采用悬链线公式计算，可按下式计算：

 （4.4.3）

式中： S1 —— 锚缆悬垂长度（m）；

H —— 计算所选取位置的水深（m）；

F1 —— 荷载（N）；

Wc —— 锚缆单位长度重量（N/m）。

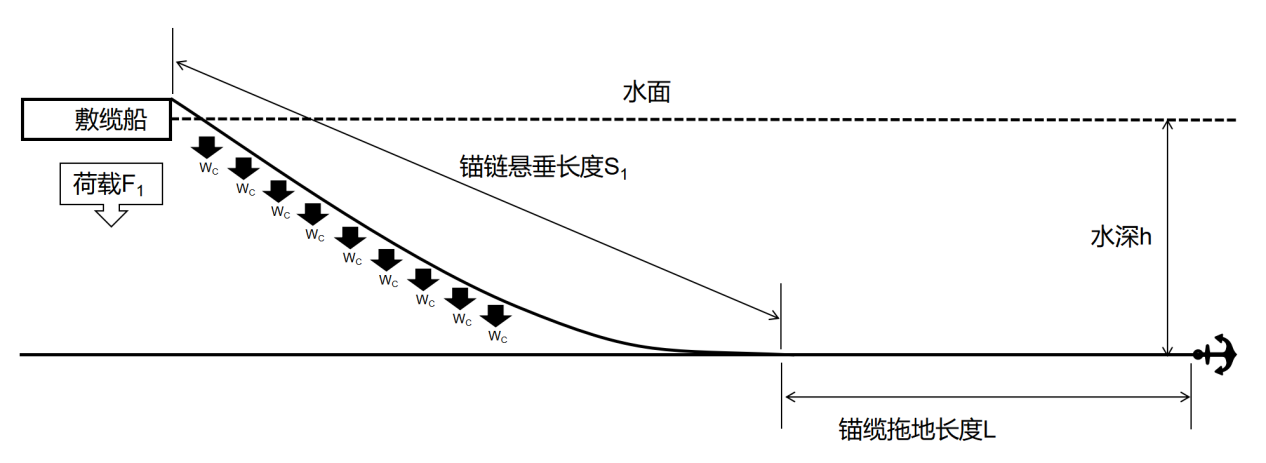


图4.4.3 锚链线公式示意图

**4.4.4** 施工船锚机抛出的锚缆总长度可按下式计算：

 （4.4.4）

式中： Lc —— 抛出的锚缆总长度（m）；

—— 锚缆或锚链拖地长度（m），宜大于50m；

S1 —— 锚缆悬垂长度（m）。

**4.4.5** 管道的在位稳定性应符合下列要求：

**1** 在海洋波浪、潮流等环境荷载作用下，管道应处于设计安装位置，不得发生明显的轴向、垂向和横向的位移；

**2** 敷设过程中裸置于海底的管道，应对管道可能的环境荷载作用下进行横向稳定校核；对于在波浪和海流作用下管道保持横向稳定需要的最小水下重量可由下式计算：

 （4.4.5）

式中： Wsub —— 管道保持横向稳定所需的最小水下重量（N/m）；

K —— 横向稳定系数，可取1.1；

—— 管道外表面与海底土壤之间的横向摩擦系数；

—— 垂直于管轴方向单位长度的波浪力（N/m）；

fDC —— 单位长度上的海流荷载（N/m）；

fL —— 单位长度上的波浪上升力（N/m）；

fLC —— 单位长度上的海流升力（N/m）。

**3** 进行管道横向稳定性校核时，应按施工阶段不同设计状态和设计条件考虑最不利的荷载组合方式；海床有横向倾斜度时，应考虑其不利影响；

**4** 摩擦系数μ宜由现场试验确定。

**4.4.6** 无张力敷管曲线设计和应力计算应符合下列要求：

**1** 宜在陆地上进行敷管模拟试验，应进行有限元分析计算，设计钢管的敷设曲线；

**2** 应根据水深变化，协调托管架的长度和角度；托管架上的钢管敷设曲线应大于最小曲率半径，最小曲率半径可按照下式计算：

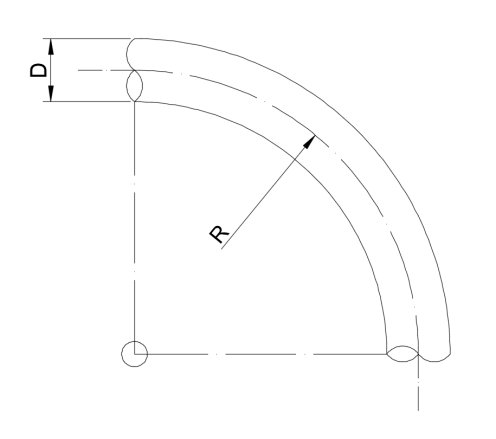


图4.4.6 最小曲率半径公式示意图

 （4.4.6）

式中： R —— 钢管曲率半径（m）；

E —— 钢管弹性模量（MPa）；

D —— 管子公称外径（mm）；

σs —— 屈服强度标准值。（MPa）。

**4.4.7** 管道安装的吊装、敷设、浮运、沉放过程中均应进行受力分析，保证管道在安装作业过程中管壁应力不超过允许的强度、局部屈曲和疲劳损伤，防腐层不过分损伤，应变控制可由下式中的等效应力准则代替：

 （4.4.7-1）

 （4.4.7-2）

式中： N —— 轴向力（N）；

M —— 弯矩（N∙mm）；

A0 —— 管子有效截面积（mm2）；

W —— 管子截面抗弯模量（mm3）；

σy —— 管壁环向应力（N/mm2）；

pi —— 设计内压（MPa）；

pc —— 最小设计外压（MPa），不得高于设计低水位时管道计算点处的外静水压力；

D —— 管子公称外径（mm）；

δ —— 管道壁厚（mm）；

ηc —— 安装状态下强度利用系数，对于工作荷载条件，利用系数取0.72；对于自然环境荷载和同时发生的工作荷载条件，利用系数取0.96，对于管道弯曲变形受到完全控制的部位，如位于固定曲率托管架和敷管船发射架上的管段，利用系数均可放宽到0.96；

σs —— 屈服强度标准值（MPa）。

**4.4.8** 海底管道平面设计不宜有弯折角，宜采用弧线过渡设计，钢管转弯半径不宜小于1500D。

**4.4.9** 托管架的设计应符合下列要求：

**1** 托管架应适用于无张力钢管敷设工艺，采用钢桁架结构；

**2** 在敷管过程中，应满足在最大水深条件下，入水后的悬空管道能被托管架有效支撑，保证此段钢管纵向曲率半径大于最小曲率半径；

**3** 托管架结构设计时，应根据现场的动荷载的影响程度调整强度计算的安全系数取值；

**4** 可通过托管架主要杆件内部的分隔仓，调节托管架在水中的浮力。

# 钢管段拼接与补口

## 一般规定

**5.1.1** 焊接责任人员和焊工的资格、焊工考试的要求应符合现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》**GB 50236**的相关规定。

**5.1.2** 焊工考试宜在海上施工现场进行。

**5.1.3** 敷管船上被敷设钢管入水点和第一个焊接站之间应有限位装置，限制钢管相对于焊接站的位移。

**5.1.4** 敷管船上焊接站间距应根据拼接完成的长管段长度确定，并与敷管轨道保持在同一中心线上。

**5.1.5** 焊接站应采取严格的防风、防雨措施，焊接站内应配备湿度计和除湿设备。

**5.1.6** 对施工单位首次采用的钢材、焊接材料、焊接方法或焊接工艺，应在施焊前进行焊接工艺评定，焊接工艺评定应按行业现行标准《管与管板的焊接工艺评定试验》**GB/T 40424**的规定进行。

**5.1.7** 正式施焊前，应根据焊接工艺评定报告编制焊接工艺指导书。

**5.1.8** 管道施焊前，应对焊接和热处理工装设备进行检查、校准，并确认其工作性能稳定可靠。

**5.1.9** 出厂管节宜在陆上场地拼接为长管段后，再运输至敷管船上，依次经组对、坡口处理、根焊、清根、填充焊、盖面焊，完成长管段的连续焊接。

**5.1.10** 钢管焊缝质量检测合格之前，不得进行钢管补口内、外防腐作业。

**5.1.11** 敷管船上进行射线检测时，所有人员保持30m以上的安全距离。

**5.1.12** 同一道对接环形焊缝，按返修工艺施焊同一部位不得超过2次，经2次返修仍不合格应切掉重焊。

**5.1.13** 管节出厂前均应由制造商逐根进行静水压试验，不得采用无损检测代替静水压试验。

**5.1.14** 管节出厂时，宜在钢管两端100mm-150mm范围内涂刷硅酸锌或其他可焊性防锈涂料。

**5.1.15** 管节的内、外防腐层应在工厂内完成，现场管段拼接时的内、外防腐补口应按设计要求施工。

## 管段拼接

**5.2.1** 钢管管节在工厂的制作和验收应按照现行国家标准《低压流体输送用焊接钢管》**GB/T 3091**执行。

**5.2.2** 焊接坡口的形式和尺寸应符合设计要求，设计无要求时应符合现行国家标准《气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口》**GB/T 985.1**及《埋弧焊的推荐坡口》**GB/T 985.2**的规定。

**5.2.3** 除陆上焊接外，钢管管节的焊接坡口形式和尺寸，应满足单面焊双面成型的焊接工艺要求。

**5.2.4** 管节应逐根测量、编号，宜选用管径相近的管节组对对接，不得进行强行组对。

**5.2.5** 管节对口时管端端面应符合下列规定：

**1** 壁厚4-9mm时，间隙控制在1.5-3mm；

**2** 壁厚10-26mm时，间隙控制在2-4mm；

**3** 禁止在对口间隙夹焊帮条或用加热法缩小间隙施焊；

**4** 内壁错边量不应超过母材厚度的10%，且不应大于2mm；

**5** 不同壁厚的管节对口时，管壁厚度相差不宜大于3mm。

**5.2.6** 不同管径的管节相连时，两管径相差大于小管管径的15%时，可用渐缩管连接，渐缩管的长度不应小于两管径差值的2倍，且不应小于200mm。

**5.2.7** 钢管对口检查合格后，方可进行接口定位焊。

**5.2.8** 焊接过程中应采取避免风、雨、雪侵袭的措施，在下列任何一种环境下，如未采取有效防护措施，不得进行焊接：

**1** 雨雪天气；

**2** 大气相对湿度大于90%；

**3** 低氢型焊条电弧焊，风速大于5m/s；

**4** 自保护药芯焊丝半自动焊，风速大于8m/s；

**5** 气体保护焊，风速大于2m/s；

**6** 环境温度低于焊接工艺指导书中规定的温度；

**7** 现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117中规定的作业条件。

**5.2.9** 焊接过程中收弧时应将弧坑填满，多层多道焊接头应错开。

**5.2.10** 多层焊每层焊完后，应立即对层间进行清理，并应进行外观检查，清除缺陷后，再进行下一层的焊接。

**5.2.11** 海上管段焊接时，管段尾端应采取临时防风措施。

**5.2.12** 管道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** 开孔处的加固补强应符合设计要求。

**5.2.13** 两管段间的闭合焊接，应在无阳光直照和气温较低时施焊；采用柔性接口代替闭合焊接时，应由设计确定。

## 管段补口

**5.3.1** 补口前，应对焊口进行清理，环向焊缝及其附近的毛刺、焊渣、飞溅物、焊瘤等应清理干净；补口处的污物、油和杂质应清理干净；防腐层端部有翘边、生锈、开裂等缺陷时，应进行清理。

**5.3.2** 聚乙烯热收缩带的外防腐补口施工应符合下列规定：

**1** 聚乙烯热收缩带产品应符合现行国家标准《埋地钢质管道聚乙烯防腐层》**GB/T 23257**的相关规定；

**2** 对钢管接头表面部位加热时不应损坏管体防腐层；

**3** 补口部位的除锈等级应达到现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分》**GB/T 8923.1**规定的Sa2.5级；

**4** 补口部位钢管表面处理与补口施工间隔时间不宜超过2h；表面返锈时，应重新进行表面处理；

**5** 补口搭接部位的聚乙烯层应打磨至表面粗糙；

**6** 应按热收缩带产品说明书的要求控制预热温度，应分别测量补口部位钢管表面、聚乙烯防腐层表面周向均匀分布4个点的温度；

**7** 应按照成品使用说明书的要求调配底漆并均匀涂刷，底漆的湿膜厚度应不小于150μm；

**8** 热收缩带收缩后，热收缩带与钢管本体防腐层搭接宽度应不小于100mm； 应采用固定片固定热收缩带，周向搭接宽度应不小于80mm。

**5.3.3** 液体环氧涂料的外防腐补口施工应符合下列规定：

**1** 涂敷施工应符合行业现行标准《埋地钢质管道液体环氧外防腐层技术标准》**SY/T 6854**的规定；

**2** 补口防腐层与管体防腐层的搭接宽度应不小于50mm，涂敷前应将搭接部位的管体防腐层表面打磨粗糙。

**5.3.4** 内防腐涂敷施工采用液体涂料时，可参照本规程第五章5.3.3节相关条款执行。

**5.3.5** 小于1m管径的管道接头内防腐补口施工应采用管道内防腐补口机作业。

## 检验与验收

**5.4.1** 管节的检验与验收

**I 主控项目**

**1** 管节的材质、规格、型号、数量应符合设计文件及现行国家标准《低压流体输送用焊接钢管》**GB/T 3091**的规定。管节标识应清晰完整，并应追溯到产品质量证明文件；

检查数量：全数检查。

检查方法：检查质量证明文件并观察检查。

**II 一般项目**

**2** 管节的外观质量、外径、壁厚、长度、弯曲度、不圆度、管端切斜以及坡口角度、钝边等应符合设计及表5.4.1的规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：钢卷尺及辅助工具检查，检查质量证明文件。

表5.4.1 管节质量检查表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 检查项目 | | 允许偏差（mm） |
| 表面质量 | | 应无斑疤、裂纹、严重锈蚀等缺陷 |
| 外径（D） | 管体 | ±1%D或±10.0，两者取较小者 |
| 管端（距管端100mm范围内） | +3.2  -0.8 |
| 壁厚（t） | | ±10%t |
| 长度（L） | 直缝高频电焊钢管 | +15  0 |
| 埋弧焊钢管 | +50  0 |
| 弯曲度 | | ≤0.2%L |
| 不圆度 | | ≤管体外径公差的80% |
| 管端切斜 | | ≤3 |
| 坡口角度30° | | 5°  0 |
| 钝边1.6mm | | ±0.8 |

**5.4.2** 焊缝外观质量检查

**I 主控项目**

**1** 浅海海底钢质输水管道焊缝的外观验收等级，按现行国家标准《工业金属管道工程施工质量验收规范》**GB 50184**的规定划分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ五个等级；管道焊缝的外观质量应符合表5.4.2-1和表5.4.2-2的规定。具体的工程焊缝外观验收等级应根据设计要求确定；

检查数量：全数检查。

检查方法：观察检查、采用焊缝检查尺测量和检查焊接记录。

表5.4.2-1 管道焊缝外观质量检查表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 检查等级 | | Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ | Ⅳ | Ⅴ |
| 无损检测要求 | | 100%检验 | ≥20%检验 | ≥10%检验 | ≥5%检验 | 不要求 |
| 缺  陷  名  称 | 裂纹、未焊透、未熔合 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 |
| 表面气孔 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 |
| 外露夹渣 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 |
| 未焊满 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 |
| 咬边 | 不允许 | 深度：纵缝不允许，其他焊缝≤0.05T且≤0.5mm；连续长度≤100mm，两侧咬边总长度≤10%焊缝全长 | 深度：纵缝不允许，其他焊缝≤0.05T且≤0.5mm；连续长度≤100mm，两侧咬边总长度≤10%焊缝全长 | 深度：纵缝不允许，其他焊缝≤0.05T且≤0.5mm；连续长度≤100mm，两侧咬边总长度≤10%焊缝全长 | 深度：纵缝不允许，其他焊缝≤0.1T且≤1mm；长度不限 |
| 根部收缩（根部凹陷） |  | 深度≤0.2+0.02T且≤0.5mm；长度不限 | 深度≤0.2+0.02T且≤1.0mm；长度不限 | 深度≤0.2+0.02T且≤1.0mm；长度不限 | 深度≤0.2+0.04T且≤2.0mm；长度不限 |
| 角焊缝厚度不足 | 不允许 | 不允许 | ≤0.3+0.05T且≤1.0mm；每100mm焊缝长度内缺陷总长度≤25mm | ≤0.3+0.05T且≤1.0mm；每100mm焊缝长度内缺陷总长度≤25mm | ≤0.3+0.05T且≤2.0mm；每100mm焊缝长度内缺陷总长度≤25mm |
| 角焊缝焊脚不对称 | 差值≤1+0.1t | 差值≤1+0.15t | 差值≤1+0.15t | 差值≤1+0.15t | 差值≤2+0.2t |

表5.4.2-2 管道焊缝外观质量检查表（余高和根部凸出）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 母材厚度T(mm) | | ≤6 | ＞6-13 | ＞13-25 | ＞25-50 | ＞50 |
| 检查等级 | Ⅰ | ≤1.5 | ≤1.5 | ≤3.0 | ≤3.0 | ≤4.0 |
| Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ | ≤1.5 | ≤3.0 | ≤4.0 | ≤5.0 | - |
| Ⅴ | ≤2.0 | ≤4.0 | ≤5.0 | ≤5.0 | - |

注：对于钢及铝合金的根部凸出，当母材厚度小于或等于2mm时，根部凸出应小于或等于1.5mm；当母材厚度为2mm-6mm时，根部凸出应小于或等于2.5mm。

**II 一般项目**

**2** 焊缝外观应成形良好，不应有电弧擦伤；焊道与焊道、焊道与母材之间应平滑过渡；焊渣和飞溅物应清除干净；

检查数量：全数检查。

检查方法：观察检查。

**3** 管道对接焊缝处的角变形允许偏差为3mm。

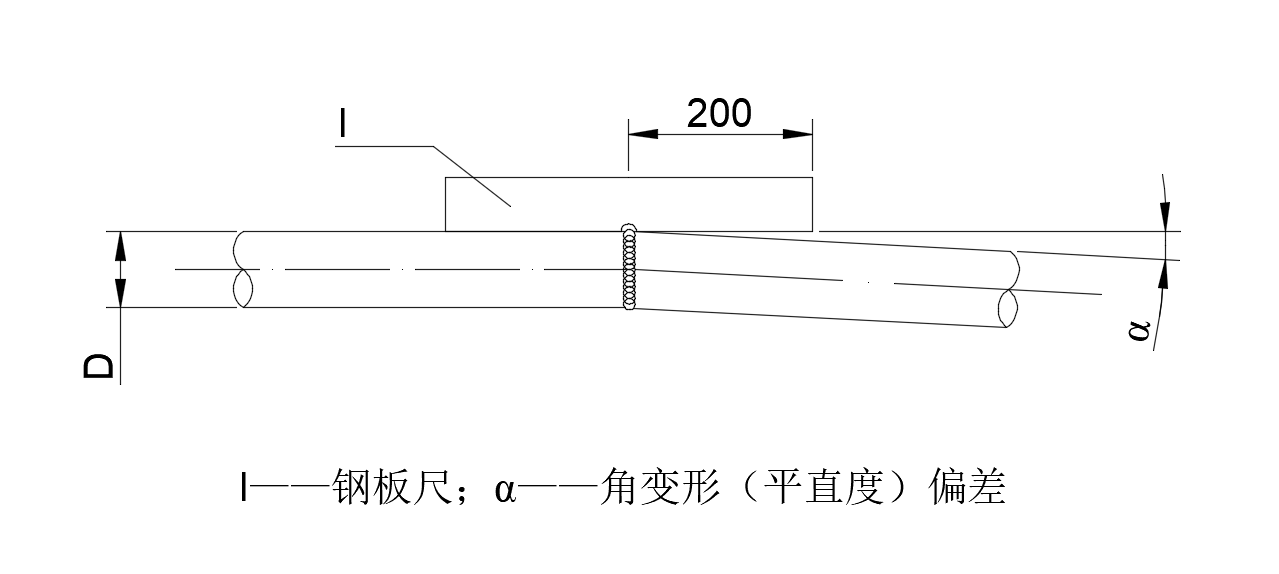


图5.4.2角变形允许偏差示意图

检查数量：全数检查。

检查方法：观察检查和采用直尺、检查尺在距焊口中心200mm处测量。

**5.4.3** 焊缝无损检测

**I 主控项目**

**1** 管道环形焊缝内部质量应按照设计文件规定进行射线检测、超声检测；对射线检测或超声检测发现有不合格的焊缝，经返修后，应采用原规定的检验方法重新进行检验；焊缝质量应符合下列规定：

1）抽样或局部射线检测的焊缝质量应不低于现行国家标准《金属熔化焊焊接接头射线照相》**GB/T 3323**规定的II级；

2）100%超声检测的焊缝质量应不低于现行国家标准《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》**GB/T 11345**规定的II级；抽样或局部超声检测的焊缝质量应不低于现行国家标准《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定**》GB/T 11345**规定的III级；

检验数量：应符合设计文件规定，当设计文件没有规定时应符合下列规定：

1）海上管段拼接的环缝，应对每条环缝进行100%长度的超声检测，同时对每条环缝进行10%长度的射线检测，且射线检测长度不得少于300mm的焊缝长度；当环缝与纵缝相交时，应在最大范围内包括与纵缝的交叉点处，纵缝的检查长度不应少于38mm；

2）陆上管段拼接的环缝，应对每条环缝进行100%长度的超声检测；

检验方法：观察检查，检查射线或超声检测报告。

**2** 当焊缝射线或超声检测的局部检验或抽样检验发现不合格时，应在该焊工所焊的同一检验批中采用原规定的检验方法做扩大检验；焊缝质量应符合前一条款的规定。

检验数量：较前一条款规定的数量扩大一倍。

检验方法：检查射线或超声检测报告。

**5.4.4** 热收缩带补口质量检验

**I 主控项目**

**1** 热收缩带的材质、规格、型号、数量应符合设计文件的规定，应具有出厂质量证明文件；

检查数量：全数检查。

检查方法：检查质量证明文件并观察检查。

**II 一般项目**

**2** 热收缩带补口的外观、漏点及剥离强度的检查内容、数量及方法应符合表5.4.4的要求。

表5.4.4 热收缩带补口质量检验表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 检查项目 | 检查标准 | 检查方法及数量 |
| 补口外观 | 热收缩带表面应平整、无皱折、无气泡、无空鼓、无烧焦炭化等现象；热收缩带周向应有胶粘剂均匀溢出。固定片与热收缩带搭接部位的滑移量不应大于5mm，与焊缝搭接长度应符合设计要求，且不应小于100mm | 逐个目测检查 |
| 电火花检漏 | 检漏电压为15kV。若有漏点，应重新补口并检漏，直至合格。 | 用电火花检漏仪逐个检查 |
| 剥离强度 | 检验时的管体温度宜为15℃-25℃，对钢管和聚乙烯防腐层的剥离强度都应不小于50N/cm并80%表面呈内聚破坏，当剥离强度超过100N/cm时，可以呈界面破坏，剥离面的底漆应完整附着在钢管表面。每100个补口至少抽测一个口，如不合格，应加倍抽测；加倍抽测仍有不合格时，则对应的100个补口应全部返修。 | 按现行现行国家标准《埋地钢质管道聚乙烯防腐层》**GB/T 23257**附录K规定的方法进行检测。 |

**5.4.5** 液体环氧涂料外防腐补口质量检验

**I 主控项目**

**1** 液体环氧涂料的材质、规格、型号、数量应符合设计文件的规定，应具有出厂质量证明文件；

检查数量：全数检查。

检查方法：检查质量证明文件并观察检查。

**II 一般项目**

**2** 液体环氧涂料补口防腐层应按照行业现行标准《埋地钢质管道液体环氧外防腐层技术标准》**SY/T 6854**第5章的规定进行质量检验；

**3** 对每个补口防腐层均应进行外观、厚度和电火花检漏；每20个口进行一次附着力检测，如不合格，应再抽检2个口，如仍有不合格，则应逐个补口进行检查。

**5.4.6** 内防腐补口质量检验

**I 主控项目**

**1** 涂料的材质、规格、型号、数量应符合设计文件的规定。应具有出厂质量证明文件；

检查数量：全数检查。

检查方法：检查质量证明文件并观察检查。

**II 一般项目**

**2** 对每个补口防腐层均应进行外观、厚度和电火花检漏；每20个口进行一次附着力检测，如不合格，应再抽检2个口，如仍有不合格，则应逐个补口进行检查。

# 管道敷设

## 一般规定

**6.1.1** 海底管道施工方法的选择，应根据管道所处海域的工程水文地质、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，可采用浮运沉放法、底拖法、无张力敷设法、弹性敷设法等。

**6.1.2** 进行水上水下作业期间，应实时掌握施工海域的水文、气象条件及气象预报资料，避开不利施工时间，并应根据设备技术性能条件和施工船舶配置情况，限定最低工作环境条件。

**6.1.3** 施工现场应按需配置拖轮、抛锚船、交通船等船舶，在有通航需求的水域进行施工时，应对现场进行警戒护航；无通航需求的水域进行施工时，宜安排辅助船舶进行警戒。

**6.1.4** 采用浮运沉放法施工时，管节浮运、系驳、沉放、对接施工时水文和气象等条件宜满足下列要求：

**1** 风速小于10m/s；

**2** 波高小于0.5m；

**3** 流速小于0.8m/s；

**4** 能见度大于1000m。

**6.1.5** 沉管施工时应按国家海事、航运部门有关规定设置浮标或在两岸设置标志牌；管线完成敷设或沉放后，应及时在两岸设置禁锚牌，标明水下管线的位置。

**6.1.6** 管道运输及吊装应符合下列要求：

**1** 管道运输时，应捆扎牢固，对防腐层采取保护措施；

**2** 管道与车架或船舷立柱之间、管道与管道之间、管道与捆扎绳之间应设置软质材料衬垫；

**3** 管道运输装卸时应使用不损伤管口及防腐层的专用吊具，不得直接使用钢丝绳捆绑起吊；

**4** 短时堆放不宜超过3层，层与层之间应使用软质材料隔开。

**6.1.7** 运送至海上使用的管道，应逐根对管口的椭圆度、周长进行检查验收，并标记记录，确保可追溯。

**6.1.8** 成品管的存放应符合下列要求：

**1** 成品管的存放和堆高应保证管道不会发生损伤和永久变形；

**2** 应采取防止滚落的措施；

**3** 不同规格、材质的管道宜分开堆放；

**4** 每层管节之间应垫放软质材料衬垫；

**5** 底层的管道下方宜垫高，管道距离地面的距离宜大于200mm；

**6** 管节堆高不宜大于3层。

**6.1.9** 焊材、防腐补口材料等应存放在库房中，其中防腐补口材料应存放在通风干燥的库房中，焊条长期存放时的相对湿度不宜超过60%。

**6.1.10** 运抵现场的管道，露天存放超过3个月时，应采取遮盖等防护措施。

**6.1.11** 施工记录应包括下列内容：

**1** 施工日期；

**2** 施工时间；

**3** 管段及焊缝编号；

**4** 设计桩号；

**5** 施工坐标及经纬度；

**6** 水深；

**7** 流速；

**8** 流向；

**9** 风力；

**10** 天气情况；

**11** 湿度；

**12** 突发事件及其他需要记录的事件。

**6.1.12** 施工记录应由记录人、质量负责人、技术负责人签字确认。

## 登陆段施工

**6.2.1** 登陆段与陆域连接的管道需穿越道路、大堤及其它建筑物时，该管道施工可采用大开挖、翻越、定向钻、顶管等方式施工。

**6.2.2** 低水位露出水面的浅滩段施工可采用浮运沉放法、底拖法、定向钻法等敷设方式。

**6.2.3** 管道登陆敷设应选择合适的潮汛、潮时。

**6.2.4** 使用敷管船进行施工应符合下列规定：

**1** 发射管道（段）的专用敷管船只及其管道焊接站、发射架、托管架、锚泊定位等装置应经检查并符合要求；

**2** 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；

**3** 敷管船的定位应符合本规程第四章4.3节相关条款的规定。

**6.2.5** 定向钻施工应符合以下规定：

**1** 应符合现行中国工程建设标准化协会标准《水平定向钻法管道穿越工程技术规程》**CECS 382**的相关要求；

**2** 应采取措施防止定向钻水下出土区域发生坍塌；

**3** 应充分考虑风、浪、流对回拖管道的影响，采取相应措施确保回拖管道的稳定和平顺。

**6.2.6** 顶管施工应符合现行中国工程建设标准化协会标准《给水排水工程顶管技术规程》 **CECS 246**的相关要求。

**6.2.7** 大开挖和翻越施工应符合下列规定：

**1** 施工前，应按照防汛等相关部门的要求办理施工许可；

**2** 应编制专项施工方案，并报堤防等相关单位审批；

**3** 应采取可靠措施，确保堤防和防汛安全；

**4** 应严格按照堤防等相关单位的要求，进行大堤等建（构）筑物的恢复施工；

**5** 翻越（桥架）施工应确保大堤通行及防汛要求，确保堤防安全；

**6** 翻越（桥架）运行不得对堤防造成影响。

## 中间海域段施工

**I 无张力法敷管施工**

**6.3.1** 施工时锚泊系统应严格按照验算的结果执行。

**6.3.2** 管道过驳吊装应根据运输单根管道的各项参数计算管道吊点、管道的起重量，并确定吊索具的安全系数。

**6.3.3** 焊接站应沿发射系统，按不同管节长度布置。

**6.3.4** 敷管船应设置抱紧器。

**6.3.5** 托管架应在管道敷设前完成安装，安装作业应选择风力小、水流缓时进行。

**6.3.6** 管道敷设时应符合下列自然条件：

**1** 流速小于1.5m/s；

**2** 风速小于13.8m/s；

**3** 波浪高度小于1.5m，涌浪高度小于1m。

**6.3.7** 管道敷设沿发射架及托管架轨道进行，管道敷设施工过程中管道与发射系统间应保持滚动摩擦状态。

**6.3.8** 管道敷设过程中应同步向管道内注水，并符合下列规定：

**1** 根据设计要求需在管道内加注淡水的，注水方式应根据工程周边环境情况确定；

**2** 注水量应根据敷管时的涨、落潮位调整，并随时观察管内水位情况，宜使管内水平面与海水平面一致；

**3** 设计对管中介质无要求时，可在理论基准面以下的管道上方安装自由进出水口，敷管完成后应封闭该进出水口。

**6.3.9** 施工过程中应安排日常水下检查，检查内容包括托管架水下部分情况、敷设过程中管道的状态、形态及与托管架的相对位置等。

**6.3.10** 遭遇突发性灾害天气，应采取下列措施：

**1** 有恶劣海况威胁到管线安全时，应采取及时撤离施工现场躲避风浪的措施；

**2** 弃管时，应对已入水管道采取保护措施，并做好定位标记；

**3** 应采取措施，防止托管架位移。

**6.3.11** 敷管船敷设管道时，应满足下列要求：

**1** 敷管船移动应缓慢平稳，满足路由轴线控制要求；

**2** 应及时检查设备运行、管道状况；

**3** 管道敷设曲线不应超过管材允许弹性弯曲变形要求；

**4** 管道及防腐层无变形、损伤现象。

**6.3.12** 钢管敷设安装过程中需要较长时间停止敷设的，托管架上的钢管在同一位置不宜超过48h。

**II 浮运沉放和底拖法敷管施工**

**6.3.13** 管道拼接可分为陆上拼接、水上拼接及水下接头连接三种方式进行。

**6.3.14** 采用浮运沉放法敷设钢管，宜采用整体组对拼管、整体浮运、整体沉放的施工方式；现场不具备施工条件时，可采用分段组对拼管、分段浮运、管段间接口在水上焊接后整体沉放的施工方式。

**6.3.15** 陆上管道拼接施工应满足下列要求：

**1** 管道拼接场地应交通便捷且满足设置入水坡道的要求；

**2** 入水坡道的坡度，坡道前方空旷水域的面积、水深、流速、风浪情况等应满足施工需要；

**3** 管道入水坡道前沿的水深应确保管道在下滑过程中不接触海床，坡道前空旷水域的长度宜大于所拼接管道总长度的1.5倍；

**4** 坡道斜率宜控制在5~10度；

**5** 坡道基础应为道渣碎石基础、混凝土基础或钢架基础结构，坡道基础承载能力应达到管道的承重要求；

**6** 坡道应采取措施，防止损坏管道外防腐，并减少摩擦阻力；

**7** 管道放置到管托后应设置防滑措施及下水拖拉动力；

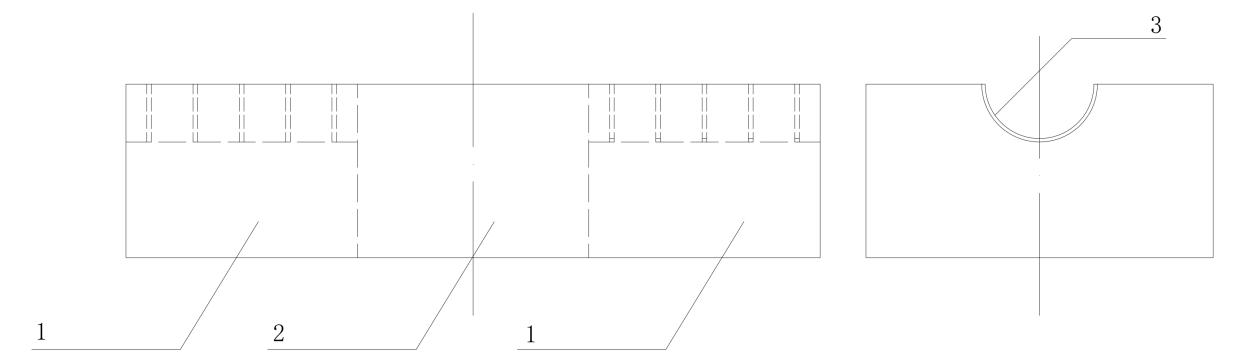
**8** 管段端头入水前，应设置临时密封措施，防止管端进水；

**9** 管道拼接过程中，水中部分管道应采取措施固定。

**6.3.16** 水上拼接管道应满足下列要求：

**1** 水上拼接管道可采用接管船拼接；

**2** 接管船（图6.3.16）可采用两端带空气舱的浮船结构，利用橡胶止水密封圈使管段与浮船之间保持水密，再将焊接舱内水排干后进行焊接作业；



1——浮力舱； 2——焊接舱； 3——橡胶止水密封圈

图6.3.17 接管船示意图

**3** 水上拼接管道应选择海况较好的区域和时段进行施工。

**6.3.17** 采用浮运沉放法时，管道入水坡道前沿的水深应确保管道在下滑过程中不接触海床，坡道前空旷水域的长度宜大于所接管道总长度的1.5倍；管段端头入水前，应设置临时密封措施，防止管端进水。

**6.3.18** 采用底拖法时，管段入水前应安装拖头，并设置加水装置；拖头的形状应根据底拖路线的海底地形情况进行设计，确保在底拖过程中拖头不陷入海底。

**6.3.19** 水下连接时应符合下列要求：

**1** 水下连接可采用哈夫接头、柔性接头、法兰接头等方法进行连接；

**2** 哈夫接头按设计要求加工制作及购置相关附材。安装位置应为跨骑管口两

端各1/2，两侧偏位应控制在±50mm以内；

**3** 采用柔性或法兰接头时，端头应选用活络法兰连接，法兰间应采用

物理密封，如橡胶垫片、金属垫片等。

**6.3.20** 管道水上拖运应满足下列要求：

**1** 管道拖运应在海况较好时进行，宜采用多艘动力辅助船舶配合拖轮进行拖运；

**2** 当浮运管道接近沉管位置时应放慢拖带速度，改由辅助船舶顶推到沉管施工船边并与沉管施工船进行固定；

**3** 辅助船舶顶推时，应采取措施避免损坏管道外防腐。

**6.3.21** 底拖法敷管采用助浮措施时，助浮力应均匀布置，并确保助浮措施不受波浪影响。

**6.3.22** 底拖时应配备适当的拖尾装置或设备，控制管段尾部的偏移。

**6.3.23** 采用桩基或起重船助沉时，桩基、钢梁的承重能力及浮船的起重能力，应满足下列要求：

**1** 桩基承载能力应大于负载的2倍，浮吊起重能力应大于负载的1.2倍；

**2** 桩基顶部钢梁的屈服强度应按不大于140Mpa进行计算；

**3** 桩基长度根据地质情况、水深等因素进行设计，桩的长细比不大于80；

**4** 管道吊点应按钢管的重量、强度及起重设备的性能进行设计。吊索与管道夹角不小于55度，挠度比不大于1/250。

**6.3.24** 长管段沉放应符合下列要求：

**1** 长管段沉放前应根据施工设计计算结果布置助沉吊点；

**2** 吊管钢丝绳应满足吊重需要，其安全系数应为吊重的5～6倍；

**3** 采用精扎螺纹钢配合液压千斤顶作为助沉吊索动力时，其精扎螺纹钢的强度应不小于起吊重量的2倍，液压千斤顶的顶升力应不小于起吊重量的1.5倍；

**4** 沉管时应采取措施防止气体在管内积聚；

**5** 管道注满水后应同步沉放管道，应配备潜水员辅助沉放。

**6.3.25** 管道在进行水下对接时，设计采用哈夫接头、柔性接头及法兰接头时，接头性能应满足设计要求。

**6.3.26** 接头部位需密封加固处理时，可采用钢套箱模板、浇筑细石混凝土的包裹密封方式。

**6.3.27** 采用钢套箱模板、浇筑细石混凝土包裹密封的方式对接头部位进行加固处理时，包裹厚度不宜小于500mm，混凝土强度应不小于40Mpa。

## 管线交越施工

**6.4.1** 应编制详细的交越施工专项方案，必要时可进行专家论证。

**6.4.2** 管线交越施工的施工方案应征得交越管线的利益相关方同意。

**6.4.3** 管线交越处理应符合下列原则：

**1** 交越管线之间应满足最小垂直净距1.5m要求；

**2** 后建应避让先建；

**3** 应满足法律法规及相关规范要求；

**4** 宜采用无损交越。

**6.4.4** 无损交越施工可分为上部交越与下部交越两种方式。

**6.4.5** 上部交越应符合下列规定：

**1** 施工前，复测交越点管线的具体位置、应与相关方明确交越管线的具体位置、走向、埋设深度，并进行现场复核，必要时可由第三方进行复核或明确相关方的责任；

**2** 施工时，应随时对原有管线进行观察，发现问题应立刻暂停施工；

**3** 管道沉放至沟槽前宜在管道底部进行基础处理；

**4** 管道上部覆盖保护层应符合设计及本规程第七章7.5节的规定；

**5** 应配备潜水员或遥控无人潜水器随时观察。

**6.4.6** 下部交越宜采用定向钻法进行穿越，穿越施工应符合下列原则：

**1** 定向钻的入土点及出土点的选择应确保施工安全、提高钻进效率、保障管道稳定性并符合相关技术规范及关于保护范围的规定；

**2** 交越施工前应保证本章6.4.5节第一条要求的相关数据资料齐全有效；

**3** 定向钻施工应符合设计要求及现行协会标准《水平定向钻法管道穿越工程技术规程》**CECS 382**的相关要求；

**4** 用于海上定向钻施工的施工船锚泊系统应进行计算，应充分考虑现场实际情况，以最不利条件进行核算；

**5** 应选择具有连续良好海况的窗口期进行施工，被拖管段应提前就位。

## 牺牲阳极安装

**6.5.1** 牺牲阳极的安装位置应符合设计要求，不得随意调整阳极布置位置。

**6.5.2** 牺牲阳极的安装应严格按照供应商提供的牺牲阳极安装方式及作业指导书进行施工。

**6.5.3** 电源设备与阴极保护电缆的连接接线应正确，电气接触应导通良好，电缆应明确标识；电源设备安放位置应符合设计要求，应预留纵沟空间用于接线安装、检测与维护。

**6.5.4** 阳极地床施工过程中，接头应牢固密封完整，阳极电缆应完整无损坏，每根阳极电缆长度均应符合安装位置尺寸要求，并留有余量；阳极安装后，宜在阴极保护系统断电状态下测试阳极组的接地电阻，并做好测试记录。

**6.5.5** 牺牲阳极的安装应符合下列要求：

**1** 牺牲阳极与海底管道连接可采用铝热焊、铜焊或焊接，应控制焊接过程的热量导入。阳极安装完成后，焊接热影响区域应清理，暴露的钢管表面应进行涂层修补；

**2** 安装牺牲阳极时应尽量减少对管道涂层的伤害；

**3** 牺牲阳极安装后应采用兼容的涂层材料进行修补；

**4** 海底管道牺牲阳极安装检验应包括焊缝外观和电连接检验；

**5** 牺牲阳极的电连接试验可按照现行国家标准《铝-锌-铟系合金牺牲阳极》**GB/T4948**中附录A执行。

**6.5.6** 弯头和管道环缝200mm范围内不应安装牺牲阳极。

## 检验与验收

6.6.1 管道敷设的检验与验收

**I 主控项目**

**1** 管节及管段的焊接、补口应符合设计要求和有关规范要求；

检查数量：全数检查。

检查方法：检查隐蔽验收记录及相关质检资料并观察检查。

**II 一般项目**

**2** 管段敷设偏差应符合表6.6.1的规定。

表6.6.1 管道敷设偏差质量标准

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 检测项目 | 质量标准 | 检验方法 | 检验数量 |
| 管段敷设偏差 | ±10m | DGPS | 分段不大于100m |

**6.6.2** 管道桩基助沉的检验与验收

**I 主控项目**

**1** 桩的材料、规格、数量等应符合设计及相关规范要求；

检查数量：全数检查。

检查方法：检查材料的质量保证资料、出厂合格证及试验报告并观察检查。

**2** 桩的防腐应表面平整，无褶皱、无气泡、无烧焦碳化等现象；

检查数量：全数检查。

检查方法：观察检查。

**II 一般项目**

**3** 钢管桩和预应力混凝土管桩水下沉桩偏差应符合表6.6.2-1的规定；

表6.6.2-1钢管桩和预应力混凝土管桩水下沉桩偏差检查表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 允许偏差（mm） | 检验方法 | 检验数量 |
| 有掩护近岸水域偏差 | 水平偏位150  高程0~+100 | 经纬仪、水准仪、RTK测量 | 全数 |
| 无掩护近岸水域偏差 | 水平偏位200  高程0~+100 |
| 无掩护远岸水域偏差 | 水平偏位250  高程0~+100 |
| 垂直度偏差（每米） | 10 | 吊线测量或用测斜仪测量 | 桩数量的5% |

注：近远岸水域以500m作为分界点。

**4** 钢管桩和预应力混凝土管桩出水沉桩偏差应符合表6.6.2-2的规定。

表6.6.2-2 钢管桩和预应力混凝土管桩水上沉桩偏差检查表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 允许偏差（mm） | | 检验方法 | 检验数量 |
|  | 直桩 | 斜桩 | 经纬仪、水准仪、RTK测量 | 全数 |
|
| 有掩护近岸水域偏差 | 水平100  高程0~+100 | 水平150  高程0~+100 |
| 无掩护近岸水域偏差 | 水平150  高程0~+100 | 水平200  高程0~+100 |
| 无掩护远岸水域偏差 | 水平250  高程0~+100 | 水平300  高程0~+100 |
| 垂直度偏差（每米） | 10 |  | 吊线测量或用测斜仪测量 | 桩数量的5% |

注：近远岸水域以500m作为分界点。

**6.6.3** 管道沉放的检验与验收

**I 主控项目**

**1** 管道的材料、规格、数量、焊缝、防腐应符合设计及相关规范要求；

检查数量：全数检查。

检查方法：检查隐蔽验收记录及相关质检资料、出厂合格证及试验报告等并观察检查。

**II 一般项目**

**2** 管道沉放质量应符合表6.6.3的规定。

表6.6.3 管道沉放质量标准

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 检测项目 | 质量标准 | | 检验方法 | 检验数量 |
|  | 轴线允许偏差（mm) | 管顶高程（mm） | 经纬仪、水准仪测量 | 20m1个点，且最少不少于2个点。 |
| 无掩护近岸水域 | 350 | +300 |
| 无掩护远岸水域 | 450 |

注、（1）、管道两端与需对接管道间的偏差应小于+10mm；（2）、检验点间隔：20m；

**6.6.4** 牺牲阳极安装的检验与验收

**I 主控项目**

**1** 牺牲阳极的材料、规格、数量等应符合设计及本规程的要求；

检查数量：全数检查。

检查方法：检查材料的质量保证资料、出厂合格证及试验报告并观察检查。

**II 一般项目**

**2** 牺牲阳极安装质量应符合表6.6.4的规定。

表6.6.4 牺牲阳极安装质量标准

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 检测项目 | 质量标准 | 检验方法 | 检验数量 |
| 阳极块安装位置 | 符合设计要求，允许偏差50mm | 钢尺 |  |
| 焊接焊缝余高 | ≥4mm | 焊缝尺 | 全数 |
| 焊接焊缝长度 | 符合阳极安装工艺指导书要求 | 钢尺 | 全数 |
| 焊接部位清理 | 不小于st2.0级 | 观察 | 全数 |

# 管沟开挖与回填

## 一般规定

**7.1.1** 预挖沟槽开挖应根据设计要求进行施工；开挖土方根据不同底质有挖泥船施工法、爆破清礁法、水下冲吸排泥法等。

**7.1.2** 施工场地布置、土石方堆弃及成槽排出的土石方等，不得影响航运、航道、渔业、养殖等。

**7.1.3** 管沟开挖与回填作业应符合下列规定：

**1** 预挖沟法应按设计的管道路由进行开沟，后挖沟法应按照实际管道敷设的路由进行埋深；

**2** 平面测量控制系统应与管道敷设工程整体使用的平面测量控制系统一致，应及时测量沟槽形态；

**3**  管沟施工过程中，因特殊原因需要采用与管道敷设施工不同的的平面与高程测量控制网时，应校核系统误差，必要时应作修正处理。

**7.1.4** 沟槽的开挖方法应根据水下管道长度和管径、潮汐、风浪、水深、流速、底质、航运要求、管道使用年限等因素确定。

**7.1.5** 采用先挖法施工的管道进行敷管作业前应复测基槽深度、宽度、轴线及坡度，复测结果符合设计要求后方可进行敷管作业。

**7.1.6** 管道安装到位验收合格后应及时按照设计要求回填沟槽，回填时，应首先投抛砂砾石将管道拐弯处固定后，再均匀回填沟槽。

**7.1.7** 对于淤积严重的基槽，其淤泥厚度大于300mm时应进行清淤，并不得采用抓斗挖泥船清淤。

## 预挖沟及管道基础

**7.2.1** 采用挖泥船施工时，应根据地质、开挖深度及水深等情况选择不同斗容的抓扬式挖泥船、配套泥驳，或合适排泥量及排距的绞吸式挖泥船进行施工。

**7.2.2** 施工时应及时监测水位变化。

**7.2.3** 沟槽挖深较大时应分层开挖，每层开挖厚度应根据土质条件及开挖方式决定。

**7.2.4** 采用凿岩棒清礁时，一般选用抓斗式挖泥船作为凿岩棒载体；挖泥船与凿岩棒宜符合表7.2.4的规定。

表7.2.4 挖泥船及凿岩棒选型表

|  |  |
| --- | --- |
| 挖泥船斗容（m3） | 岩棒重量(t) |
| 6～8 | 8～12 |
| 8～12 | 16～20 |
| ＞18 | 30＞ |

**7.2.5** 凿岩棒凿点按梅花形布置，凿点间距及下锤高度根据岩石强度、层厚进行施工设计。常规按锤径1.5～2倍，布点经验值宜符合表7.2.5的规定。

表7.2.5 布点经验值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 地质 | 锤 重 | | |
| 8t | 16t | 35t |
| 强风化 | 2.5～3 | 2～2.5 | 2.5～3 |
| 中风化 | 1.5～2 | 1.5～2 | 1.8～2.5 |
| 微风化 | 不适用 | 1～1.5 | 1.5～1.8 |

**7.2.6** 凿岩棒施工冲击波对水生物及建筑物应保持一定的安全距离，安全距离宜符合表7.2.6的规定。

表7.2.6 安全距离

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 凿岩棒重量（t） | 水生物安全距离(m) | 建筑物安全距离(m) |
| 1 | 8 | 20 | 7 |
| 2 | 11 | 23 | 8 |
| 3 | 14 | 26 | 8 |
| 4 | 16 | 28 | 9 |
| 5 | 19 | 31 | 9 |
| 6 | 22 | 33 | 10 |
| 7 | 25 | 35 | 10 |
| 8 | 27 | 37 | 11 |
| 9 | 30 | 38 | 11 |
| 10 | 33 | 40 | 11 |
| 11 | 36 | 42 | 12 |
| 12 | 38 | 43 | 12 |
| 13 | 41 | 45 | 12 |
| 14 | 44 | 46 | 12 |
| 15 | 46 | 48 | 13 |
| 16 | 49 | 49 | 13 |
| 17 | 52 | 50 | 13 |
| 18 | 55 | 52 | 13 |
| 19 | 57 | 53 | 14 |
| 20 | 60 | 54 | 14 |

**7.2.7** 水下爆破施工前应事先了解岩石强度、地形地貌、水文等相关资料，选择合适的钻孔炸礁船、清渣船。

**7.2.8** 应根据设计图纸、地质情况、爆破器材性能及钻孔机械等条件和爆破试验结果进行钻孔爆破设计，钻孔爆破设计应包括下列内容：

**1** 炮孔布置深度；

**2** 装药量；

**3** 起爆方式及顺序；

**4** 当施工现场附近存在建筑物或水产品养殖区时应按其抗震要求进行专项设计并进行爆破震动控制计算。

**7.2.9** 爆破炮孔设计应满足下列要求：

**1** 普通钻孔爆破钻孔直径不宜大于150mm，梯段爆破钻孔直径不宜大于200mm；

**2** 特殊工程部位的爆破开挖应按设计要求进行专项钻孔爆破设计；

**3** 应按围岩和建筑物或周边水产养殖区的抗震要求控制最大一段的起爆药量；

**4** 若按分层高度造孔，其单孔药量不应超过允许值，并应采用孔间微差顺序起爆技术；

**5** 爆破石渣的块径大小应满足清渣船挖运要求。

**7.2.10** 爆破钻孔作业应满足下列要求：

**1** 钻孔爆破作业应按照批准的爆破设计图进行；

**2** 爆破孔深度应满足开挖循环的进尺要求；

**3** 钻孔质量应符合下列要求：

1）孔位应根据测量定出的中线腰线及孔位轮廓线确定；

2）周边孔沿轮廓线调整的范围的孔位偏差不宜大于±200mm，其它炮孔的孔位，偏差不宜大于±400mm；

3）炮孔的孔底应落在爆破图所规定的平面上；

4）炮孔方向应符合设计要求，钻孔过程中应经常检查周边孔和预裂爆破孔；

**7.2.11** 爆破试验与监测应满足下列要求：

**1** 施工前应进行爆破试验；

**2** 爆破试验可根据工程规模地质条件选择下列项目和内容：

1）火工材料性能试验；

2）爆破参数及爆破方法试验；

3）光面爆破、预裂爆破参数试验；

4）测定地震波的衰减规律；

5）测定爆破影响深度；

6）爆破震动试验；

**3** 对于小型工程爆破试验可以结合开挖施工进行。

**4** 爆破试验应由具有爆破资质的单位进行爆破试验。

**7.2.12** 对于流塑状淤泥质土、欠挖或土方量较小时，可采用水下冲吸泥。

**7.2.13** 水下冲吸泥根据海况、深度选择合适的冲吸泥设备，必要时由潜水员配合施工。

**7.2.14** 当采用潜水员水下冲吸泥时，应符合现行国家标准《空气潜水安全》**GB26123**及《潜水员水下用电安全规程》**GB 16636**的相关规定。

**7.2.15** 管道基础可分为天然基础、砂石基础、桩基础等。

**7.2.16** 砂石基础施工前，预挖沟槽底部应符合下列要求：

**1** 基础回填前应检查管沟回淤情况，当基槽底部含水率小于150%或重度大于12.6kN/m3的回淤沉积物厚度大于0.3m时应进行清淤工作；

**2** 当抛填块石垫层时，基槽底部沉积物的厚度极限值可适当放宽；

**3** 基础抛填时应考虑水流、风、波浪和水深对回填材料位移的影响。抛填前应进行试抛，细料宜采用导管抛填法进行施工。

**7.2.17** 块石回填需夯实时，应预留夯沉量，夯沉量为抛石厚度的10～20%。

**7.2.18** 桩基础施工应符合下列要求：

**1** 在桩基施工前应充分了解沉桩现场的水深、地质、桩身结构强度、桩的承载力等情况，选择相应的沉桩锤型及沉桩工艺；

**2** 钢管或混凝土桩制作应符合设计要求并持有出厂合格证，特殊情况需水上接桩时应征得设计同意；

**3** 桩基桩顶在水面以下时，应根据水深加工制作送桩器，送桩器的强度应大于桩的1.5倍；

**4** 采用锤击方式沉混凝土桩时，应在桩顶垫放不少于100mm厚的衬垫，以防桩顶破碎，在沉桩过程中应重锤轻击；

**5** 采用振动锤沉钢管桩时，应采用双夹具夹桩，严禁单边夹桩使桩偏心受力造成桩基倾斜；

**6** 沉桩遇土层异常情况无法沉至设计高程时，应会同有关单位研究，必要时进行补充钻孔，探明土层实际情况，修改设计；

**7** 桩基沉桩到位后，应立即进行桩顶高程复核，当桩顶高程高于设计高程时，应将桩顶割除或凿除至设计高程；

**8** 设计采用桩帽式横梁时应水下实测桩距，根据实际桩距加工制作对应的钢横梁。

**7.2.19** 与陆地管道连接时，应做好沟槽的防水、排水和基土保护。

## 后挖沟

**7.3.1** 后挖沟施工船的选择，应根据管道所处工程的路由勘察报告提交的相关内容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；不同施工船的适应性宜满足下列规定：

**1** 后挖沟施工船要求具备在施工海域内的船舶定位能力；

**2** 现场作业的施工船舶应具备独立或联合投放、回收以及维护保养后挖沟专用设备的能力；

**3** 后挖沟施工船要求具备足够的生活舱室及舰桥指挥室，以便支持后挖沟人员的作业、指挥及生活；

**4** 后挖沟施工船的测量定位设备应满足海况和施工工艺要求。

**7.3.2** 后挖沟施工使用锚泊定位时应采取措施，避免对其它海底管线造成危害。

**7.3.3** 采用水力机械开挖沟槽的管道挖沟机的适应性宜满足下列规定：

**1** 作业水深小于50m宜采用牵引式挖沟机，水深大于50m宜采用自行式挖沟机；

**2** 海床土质为淤泥质土时，宜采用离心泵以中等压力射水方式进行冲沟作业；土质为沙土时，宜采用轴流泵以低压力、大流量射水方式进行冲沟作业；土质为硬粘土时，宜采用柱塞泵以高压、小流量射水方式结合离心泵以中等压力射水方式进行冲沟；

**3** 在具有一定承载力的海床上，宜采用滑橇式牵引挖沟机或履带式自行挖沟机进行后挖沟；在挖沟机容易淤陷的软土海床上，宜采用滑橇式牵引挖沟机或悬吊式挖沟机进行后挖沟。

**7.3.4** 后挖沟作业时，应采取措施避免开沟机对已敷设管道造成危害。

**7.3.5** 在施工过程中应对后挖沟作业进行实时监控，取得的数据包括并不限于：

**1** 挖沟机位置的水深、流速；

**2** 挖沟机的姿态；

**3** 挖沟机与管道的相对位置；

**4** 挖沟机的牵引力、水泵情况、开沟深度。

**7.3.6** 后挖沟速度应根据施工海域的地质条件、流速、波浪等确定；施工过程中应随时观察和记录挖沟机的运行参数，对成槽情况进行实时探测，及时调整影响后挖沟施工的各项控制参数。

**7.3.7** 后挖沟施工完成后，宜在30天内对成槽质量进行复核。

## 管沟回填

**7.4.1** 管沟回填宜采用原土回填或砂石回填两种方式。

**7.4.2** 原土回填前应对回填土土质进行分析，以满足设计要求；当原土土质达不到设计要求需更换取土区时，应对新取土区的土质进行分析，土质满足要求方可取土。

**7.4.3** 管沟回填作业严禁从已确定的取土区以外区域取土。

**7.4.4** 当采用原土回填时，宜采用开底或开体泥驳抛填，不宜采用抓斗抓挖方式抛填。

**7.4.5** 应保证回填覆盖材料在海底的稳定，确保回填材料不被冲刷、掏空或运移，且不应对管道和涂层等造成损害。

**7.4.6** 抛填现场应采用定位船定位路由轴线，确保回填位置准确。

**7.4.7** 抛填过程中应勤测轴线及回填高程，防止欠抛、漏抛及抛偏。

**7.4.8** 应根据水深、流速等情况进行试抛，确定漂移量。

**7.4.9** 当回填材料为粗砂或碎石时，宜采用导管抛填方式进行抛填。

**7.4.10** 块石回填宜采用网包或抓斗进行抛填。

**7.4.11** 采用网包或抓斗进行抛填时，应在石料沉至距离海床面一定高度后打开网包或抓斗。

**7.4.12** 管沟回填时应分层或均匀回填，严禁在管道单侧回填。

## 特殊保护

**7.5.1** 特殊保护应根据设计进行施工。

**7.5.2** 特殊保护可采用水泥沙袋护面、块石护面、联锁块护面、模袋混凝土护面、砂肋排护面、格宾网石笼护面及钢筋混凝土镇压块等方式。

**7.5.3** 特殊保护所选用的材料应满足设计要求。

**I 水泥沙袋护面**

**7.5.4** 水泥沙袋的尺寸、回填料掺和比应满足设计要求。

**7.5.5** 应紧贴海床底部或回填料面部铺设。

**7.5.6** 水泥沙袋护面施工时应采取措施，避免对海底管道造成损伤。

**7.5.7** 宜采用水下定位铺设，铺设厚度、平面尺寸应达到设计要求。

**II 块石护面**

**7.5.8** 抛石材料的粒径、材质应符合设计要求。

**7.5.9** 抛石应以连续控制的方式完成，应按照设计要求将材料均匀堆放于管道、支撑结构、海底装置等周围，且不扰动其垂直和横向位置。

**7.5.10** 采用导管抛填方式进行抛石的应满足下列要求：

**1** 应采取措施确保导管强度满足施工区域海流对导管的要求；

**2** 导管末端距离海床的距离应根据抛石料的大小、级配进行计算，末端距离海床的距离应大于被保护管道的外径1.5倍加施工海域最大浪高2倍，以免导管损伤被保护管道；可按照下式进行计算：

H=1.5D+2h （7.5.10）

式中： H——导管底部距被保护管道的高度（m）；

D——被保护管道的管径（m）；

h——波浪高度（m）。

**3** 导管末端，宜采用柔性结构。

**III 联锁块护面**

**7.5.11** 联锁块块体的单组面积、混凝土强度及连接绳等均应符合设计要求。

**7.5.12** 联锁块制作时连接绳应有钢质框架作为绷紧装置，将绳网全部拉紧、稳固。

**7.5.13** 砼强度达到70%前，严禁吊运堆放，吊运时应用吊架进行起吊，临时堆放应平稳整齐。

**7.5.14** 联锁块转运装船应使用平板驳船或带有平整底舱板的船舶进行水上运输，水上运输的堆高不得超过10层；堆放后应进行加固处理，防止滑动。

**7.5.15** 联锁块吊装时应具备水下定位及观测手段。

**7.5.16** 联锁块吊装时应采取措施确保排体完全展开。

**7.5.17** 相邻排体的搭接长度应符合设计要求。

**IV 模袋混凝土护面**

**7.5.18** 模袋布铺设起点应设置定位装置。

**7.5.19** 模袋布铺设时应采取措施确保完全展开，铺设过程中应由潜水员水下配合，并及时镇压。

**7.5.20** 充填混凝土宜采用商品混凝土，在无条件使用商品混凝土时可采用现场自拌混凝土。

**7.5.21** 混凝土塌落度设计时应充分满足现场情况，必要时可进行试灌。

**7.5.22** 充填过程中灌注将近饱满时，应暂停5～10min，待模袋中的水分析出后，再灌注至饱满。

**7.5.23** 充填应采用混凝土泵车进行。

**7.5.24** 充填顺序应由低向高，依次连续进行，充填间隔时间不超过30分钟，充填速度应在10～15m3/h，充填压力应根据水深、布袋强度和输送距离调整。

**7.5.25** 每个灌注口灌注结束后，必须确保灌注口封闭。

**V 砂肋排护面**

**7.5.26** 袋舱内充填黄砂应由泥浆泵进行充填，泥浆泵出口压力应大于水压的2～3倍。

**7.5.27** 当一个砂舱充满后应暂停5～10min，待模袋中的水分析出后，再进行二次充填，充满后再暂停5～10min再进行三次充填，使砂舱内充满黄砂。

**VI 格宾网石笼护面**

**7.5.28** 格宾网片网孔应均匀，不得扭曲变形，网孔孔径偏差应小于设计孔径的5%。

**7.5.29** 间隔网与网身应成90°相交后进行绑扎，绑扎线应是与网线同材质的钢丝，每道绑扎应为双股线并绞紧。

**7.5.30** 间隔网与网身交接处及填料后封盖应按每间隔25cm绑扎一道。

**7.5.31** 应均匀的向一组护垫的各网格内填料，严禁往单个网格内填料。

**7.5.32** 填充料应一次填满高度，且必须密实，空隙可用小碎石填塞。

**7.5.33** 格宾网石笼抛填时应由定位船进行定位。

**7.5.34** 格宾网石笼抛填可采用滑板或开体（底）泥驳进行抛填。

**7.5.35** 抛填前应根据水深、流速、流向及风浪进行试抛，确定漂移距离。

**7.5.36** 在抛填前应对施工区进行网格划分，并确定网格内的抛填。

**VII 钢筋混凝土镇压块**

**7.5.37** 钢筋混凝土镇压块运输时，应避免多层堆放。

**7.5.38** 钢筋混凝土镇压块吊放时，应在与管道接触面处设置缓冲、保护材料。

**7.5.39** 钢筋混凝土镇压块应严格按照设计要求位置进行放置，由潜水员水下配合放置。

## 检验与验收

**7.6.1** 预挖沟的检验与验收

**I 主控项目**

**1** 预挖沟基槽中心位置和沟槽深度应符合设计要求；

检查数量：全数检查。

检查方法：检查施工测量记录、沟槽开挖记录表。

**2** 预挖沟基槽处理、沟槽结构形式应符设计要求；

检查数量：全数检查。

检査方法：检查施工记录、施工资料。

**II 一般项目**

**3** 预挖沟成槽后基槽应稳定，管道敷设前基底回淤量不大于设计及本规程的要求，基槽边坡符合本规程的规定；

检查数量：全数检查。

检査方法：检查施工记录、施工技术资料；必要时水下检查。

**4** 预挖沟开挖的允许偏差应符合表7.6.1的相关规定。

表7.6.1 预挖沟开挖允许偏差表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 检査顼目 | | | 允许偏差(mm) | 检查数量 | | 检査方法 |
| 范围 | 点数 |
| 1 | 沟槽深度 | 土 | 0，-300 | 毎5-10m取一个断面 | 每3～6m一个点 | 测量沟槽水深断面 |
| 石 | 0，-500 |
|  |  |  |  |
|  |  |
| 2 | 沟槽底部宽度 | | 不小于规定 | 1点 |
| 3 | 沟槽水平轴线 | | 100 | 毎5-10m取一个断面 | 1点 | 测量沟槽水深断面 |

**7.6.2** 管道基础的检验与验收

**I 主控项目**

**1** 管道基础的承载力应符台设计要求；

检查数量：全数检查。

检查方法：检查地基处理强度或承载力检验报告、复核地基承载力检验报告。

**2** 管道基础处理所用的工程材料规格、数量等应符合设计要求或本规程的规定；

检查数量：全数检查。

检查方法：检查材料的质量保证资料、出厂合格证及试验报告。

**II 一般项目**

**3** 回填的允许偏差应符合表7.6.2的相关规定。

表7.6.2 砂、碎石回填允许偏差表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 检査顼目 | | | | 允许偏差(mm) | 检查数量 | | 检査方法 |
| 范围 | 点数 |
| 1 | 整平后基础顶面深度 | 砂、石回填 | 压力管道 | 0，-200 | 毎5-10m取一个断面 | 每3～6m一个点 | 测量沟槽水深断面 |
| 无压管道 | 0，-100 |
| 2 | 基础轴线 | | | 基础底宽的10% | 毎5-10m取一个断面 | 1点 | 测量沟槽水深断面 |
| 3 | 基础宽度 | | | 不小于设计要求 |
| 4 | 整平后基础平整度 | 砂基础 | | 50 | 毎5-10m取一个断面 | 1点 | 潜水员检査，用刮平尺量测 |
| 砾石基础 | | 150 |

**7.6.3**  后挖沟的检验与验收

**I 主控项目**

**1** 后挖沟基槽中心位置和沟槽深度应符台设计要求；

检查数量：全数检查。

检查方法：检查施工测量记录、沟槽开挖记录表。

**II 一般项目**

**2** 沟槽平面坐标、管道埋深应符台设计要求。

检查数量：全数检查。

检查方法：检查施工测量记录、管道埋设记录表。

表7.6.3 后挖沟槽允许偏差表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 允许偏差（m） | 检验数量 | 检验方法 |
| 1 | 沟槽平面坐标 | +10 | 每50m一个测点 | DGPS |
| -10 |
| 2 | 管道埋深 | +0.2 | 管道埋深监测系统 |
| -0 |

**7.6.4** 管沟回填的检验与验收

**I 主控项目**

**1** 管沟回填时所用的材料应符合设计要求；

检查数量：全数检查。

检査方法：观察；检査材料相关的质量保证资料。

**2**  管沟回填应符合设计要求，管道未发生漂浮和位移现象；

检查数量：全数检查。

检査方法：观察；检査回填施工记录。

**II 一般项目**

**3** 沟槽回填应两侧均匀，管顶回填高度符合设计要求，管道回填质量及检测方法应符合表7.6.4的规定。

表7.6.4 水下回填质量验收与检测方法

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | | 允许偏差（mm） | 检验数量 | | | 检验方法 |
| 范围 | 点数 | |
| 1 | 顶面深度 | 水下回填砂或原土 | +200～-300 | 每10m一个断面且不少于3个断面 | | 每3～6m一个点 | 用测深仪或水砣测量 |
| 2 | 水下回填块石 | +200～-400 | 每10m一个断面 | | 用测深仪或水砣测量 |

**7.6.5** 特殊保护的检验与验收

**I 主控项目**

**1** 特殊保护所采用原材料的材料种类、规格及数量、级配应符合设计及本规程7.5节的相关规定；

检验数量：全数检查。

检査方法：观察；检査材料相关的质量保证资料。

**2** 钢筋混凝土预制构件和混凝土、水泥砂浆的制作应符合设计及相关规范规定；

检验数量：全数检查。

检査方法：观察；检査材料相关的质量保证资料。

**3** 特殊保护的铺设方式、范围和厚度应符合设计要求；

检查数量：全数检查。

检验方法：检查施工记录并观察检査。

**4** 特殊保护前应对下垫层进行检査，其平整度应满足设计要求；

检验数量：全数检查。

检验方法：检查施工记录并观察检査。

**II 一般项目**

**5** 格宾网石笼钢丝网格内的填充料应密实、充填饱满、整平，边角不得出现明显空隙；

检验数量：全数检查。

检验方法：检査施工记录并观察检查。

**6** 特殊保护的安装允许偏差应符合表7.6.5的规定。

表7.6.5 特殊保护安装允许偏差表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 允许偏差（mm） | | 检验数量 | | 检验方法 |
|
| 水上 | 水下 | 范围 | 点数 |
| 1 | 联锁块的缺角率 | 少于10 | | 每100㎡ | | 目测 |
|  |  |  | |  | |  |
| 2 | 轴线偏差 | 1000 | 2000 | 每10m一个断面且不少于三个断面 | 每3～6m一个点 | 测量水深断面 |
| 3 | 相对高度 | 150 | 400 |
| 4 | 宽度 | 不小于设计值 | |
| 5 | 轴向位置偏差 | 1000 | 2000 |

# 附属设施安装

## 一般规定

**8.1.1** 本章适用于钢质海底输水管道工程中的各类镇、支墩、排放口安装工程。

**8.1.2** 管道附属设施安装的位置、结构类型和构造尺寸等应按设计要求施工。

**8.1.3** 管道附属设施的施工除应符合本章规定外，其混凝土结构施工还应符合国家有关规范规定。

**8.1.4** 管道附属设施的基础，包括镇、支墩侧基等，应按设计要求进行地基处理。

**8.1.5** 施工中应采取相应的技术措施，避免管道主体结构与附属构筑物之间产生过大差异沉降，而致使结构开裂、变形、破坏。

## 排放管附属设施安装

**8.2.1** 排放管一般情况下分为扩散主管、上升管、排放阀及应急排放口组成。

**8.2.2**  分段安装时宜选择场地进行预拼装，法兰连接处应考虑设置工（卡）具进行连接，防止法兰螺栓受力。

**8.2.3** 沉放安装前，应采用大开挖方式进行底部成槽，经验收合格后方可进行沉放安装。

**8.2.4** 在冲刷比较严重海域进行排放管附属设施安装的，应满足下列要求：

**1** 设计时应考虑增加临时支撑，防止出现横向位移及管道额外受旋转力；

**2** 施工时，吊装船舶就位前应计算好锚位，并严格按照计算执行锚泊计划；

**3** 吊装的吊点设计除按计算确定外，还应考虑避开排污口位置；

**4** 水下挖槽应考虑冲刷回淤，适当的加大超挖量。

**8.2.5** 排放口应符合下列要求：

**1** 排放口及上升管安装位置及安装程序应符合设计要求；

**2** 上升管应无损坏，止回阀应能正常使用；

**3** 安装完成后应进行通水试验，检测止回阀效果；

**4** 回填及上部覆盖保护应充分考虑上升管的保护。

## 其他附属设施安装

**8.3.1** 海底管道采用非焊接方式连接时，在需连接的管道两端均固定的情况下，应使用补偿器。

**8.3.2** 水下接口采用法兰连接时，宜采用牵引方式对中，并增加限位。

**8.3.3** 采用法兰连接时，法兰间应加柔性垫衬密封。

**8.3.4** 采用水下焊接时，应采取干施工措施，确保焊接质量；焊接检验按照5.2节的相关要求执行。

**8.3.5** 水下混凝土结构应满足下列要求：

**1** 根据地质条件，结构基础应满足结构稳定性要求，如不满足需预先进行处理；

**2** 宜采用整体性钢模板，保证水下砼结构整体性，同时也作为永久性结构保留；

**3** 宜采用水下不离析砼，强度根据设计要求进行配置；

**4** 浇筑时应保证一次成型的充足方量，避免分层、分批浇筑。

**8.3.6** 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。

## 检验与验收

**8.4.1** 镇、支墩质量应符合下列要求：

**I 主控项目**

**1** 所用的原材料质量应符合国家有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、进场验收记录。

**2** 支墩地基处理、位置符合设计要求；支墩无位移；

检查方法：全数观察；检查施工记录、施工测量记录、地基处理技术资料。

**3** 结构混凝土强度符合设计要求；

检查方法：混凝土抗压强度试块试验报告。

检查数量：混凝土每浇筑1个台班一组试块。

**II 一般项目**

**4** 预制、预拼装钢模板的外形尺寸；

检查方法：水上进行预制、拼装，量测尺寸偏差。

检查数量：长宽高各不少于4个点。

**5** 混凝土支墩应表面密实；

检查方法：潜水员水下逐个观察。

**6** 支墩支承面与管道外壁接触紧密，无松动、滑移现象；

检查方法：潜水员水下观察。

**7** 管道支墩的允许偏差应符合表8.4.1的规定。

表8.4.1 管道支墩允许偏差

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 检查项目 | | 允许偏差  (mm) | 检查数量 | | 检查方法 |
| 范围 | 点数 |
| 1 | 管道平面轴线相对位置(轴向、垂直轴向) | ±300 | 每  座 | 2 | 潜水员水下钢尺 |
| 2 | 支撑面中心与管道相对高程 | ±300 | 1 | 潜水员水下钢尺 |

**8.4.2** 排放口质量应符合下列要求：

**I 主控项目**

**1** 排放口及上升管、止回阀等应符合设计要求；

检查方法：检查产品质量合格证明书、各项性能检验报告、进场验收记录。

**2** 排放口及上升管安装位置符合设计要求；

检查方法：钢尺测量。

**II 一般项目**

**3** 上升管安装相对高程应符合设计要求；

检查方法：钢尺测量上升管顶部至扩散主管管顶之间的高度，允许偏差±100mm；

**4** 排放管安装位置应符合设计要求。

检查方法：DGPS定位测量，允许偏差±10m。

# 工程验收

## 一般规定

**9.1.1** 所有管节应在出厂前进行水压试验。

**9.1.2** 排污扩散器在陆上拼接完毕后应进行功能性水压试验。

**9.1.3** 在施工过程中，监理单位应派代表常驻施工船舶，随工旁站监理和验收。

**9.1.4** 海底管道敷设入海前，应进行隐蔽验收。验收内容包括：

**1** 海底管道的管段制作；

**2** 入海管段的焊接和补口；

**3** 牺牲阳极安装。

**9.1.5** 长度超过3公里的海底管道，应分阶段对已敷设入海的管道进行验证性的快速水压试验。

**9.1.6** 验证性快速水压试验应符合以下要求：

**1** 试验压力采用设计运行压力；

**2** 恒压时间不得小于30分钟；

**3** 稳压过程中允许弹簧压力计表针出现瞬间摆动现象。

**9.1.7** 发生下列情况后，应进行验证性快速水压试验：

**1** 遭遇恶劣海况，施工船发生大幅度倾折；

**2** 进行拾管作业后；

**3** 托管架严重损坏，可能失去对被敷管道的支撑保护作用；

**4** 进行管道后挖沟或回填施工前；

**5** 其它可能造成海底管道破损的情况。

**9.1.8** 应及时对沟槽开挖施工进行验收。

**9.1.9** 海底管道完工后，应由第三方对实际管道路由进行全程验证性复核，并符合以下规定：

**1** 应探测已完工管道的实际路由和埋设深度；

**2** 宜在完工后30天内进行；

**3** 横截面探测长度应大于设计沟槽宽度或回填宽度；

**4** 验证性复核的测量数据与施工验收数据的差异在测量系统精度范围之内的，以施工验收数据为准；

**5** 当验证性复核的检测数据与原施工、验收数据有较大差异时，应采用潜水员或水下机器人等进行水下探摸，以确定水下管道的实际状态。

**9.1.10** 施工单位竣工验收资料应包括：

**1** 开、竣工报验资料等许可性文件；

**2** 施工组织设计、施工专项方案等技术文件；

**3**  原材料质保资料、施工质量评定、隐蔽验收等质量验收资料；

**4** 施工记录；

**5** 水压试验报告；

**6** 竣工图；

**7** 验收消缺闭环清单。

**9.1.11** 海底管道工程竣工图应符合下列规定：

**1** 竣工图按绘制方法不同可分为以下几种形式：

1）利用电子版施工图改绘的竣工图；

2）利用施工蓝图改绘的竣工图；

3）利用翻晒硫酸纸底图改绘的竣工图；

4）重新绘制的竣工图；

**2** 利用电子版施工图改绘的竣工图应符合下列规定：

1）将图纸变更结果直接改绘到电子版施工图中，用云线圈出修改部位，按下表的形式做修改内容备注表；

表9.1.11 修改内容备注表

|  |  |
| --- | --- |
| 设计变更、洽商编号 | 简要变更内容 |
|  |  |

2）竣工图的比例尺、坐标及高程系统应与原设计图一致；

3）设计图签中应有原设计单位人员签字；

4）委托本工程设计单位编制竣工图时，应直接在设计图签中注明“竣工阶段”，并应有绘图人、审核人的签字；

5）竣工图章可直接绘制成电子版竣工图签，出图后应有相关责任人的签字；

**3** 利用施工图蓝图改绘的竣工图应符合下列规定：

1）应采用杠（划）改或叉改法进行绘制；

2）应使用新晒制的蓝图，不得使用复印图纸；

**4** 利用翻晒硫酸纸图改绘的竣工图应符合下列规定：

1）应使用刀片将需要更改部位刮掉，再将变更内容标注在修改部位，在空白处做修改内容备注表；修改内容备注表样式可按上表执行；

2）宜晒制成蓝图后，再加盖竣工图章；

**5** 当图纸变更内容较多时，应重新绘制竣工图；重新绘制的竣工图应符合国家相关规范要求，并符合本规程9.1.11条中第2款的规定；

**6** 应根据设计文件、工程联系单、施工实际测量记录和验收记录等资料进行绘制；

**7** 应标注海缆登陆点、路由拐点、路由中与其他海底管线交越点的实际坐标，以及路由的实际水深数据；

**8** 应标注海底管道路由附近的障碍物和水下构筑物的实际坐标和水深；

**9** 对于采用后挖法施工且自然回於的海底管道，可不绘制横剖面图；

**10** 可采用表格形式标注海底管道实际路由坐标和埋深，标注点的间距可在100m～300m范围内选定；

**11** 在管线交越位置或特殊保护区段应绘制细部竣工图。

**9.1.12** 建设单位应根据海事部门的要求提供海底管道实际经纬度坐标、埋深和保护等情况报告。

## 检验试验

**9.2.1** 海底管道安装完成后应进行管道水压试验。

**9.2.2** 试验应按设计要求和试验大纲进行。

**9.2.3** 当引（供）水管道的试验介质为海水时，除应过滤外，还应根据需要加入杀菌剂、缓蚀剂、除氧剂，并应符合国家有关环保的要求。

**9.2.4** 海底管道应以独立整体进行水压试验，不得分段进行水压试验，不得连带陆上管道同时进行压力试验。

**9.2.5** 应在试验管道两端均安装排气装置，在进行水压试验前，应进行充分排气。

**9.2.6** 压力试验用的试验堵头的强度设计系数应不小于2。

**9.2.7** 对5公里以上的海底管道，在升降压过程中，允许弹簧压力计表针出现摆动、不稳现象。

**9.2.8** 水压试验应符合下列规定：

**1** 预试验阶段：将管道内水压缓缓地升至试验压力并稳压30min。期间如有压力下降可注水补压；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；

**2** 主试验阶段：停止注水补压，稳定15min；如压力未下降，将试验压力下降至工作压力并保持恒压30min。

**9.2.9** 除以上规定外，水压试验尚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**中的相关规定。

## 验收标准

**9.3.1** 管道全程压力试验时，质监机构代表、业主代表、监理代表、设计代表应在场。

**9.3.2** 若无具体的设计要求时，最小试验压力应为设计压力的1.25倍。

**9.3.3** 在加压后，应有足够的时间使管道试验段内的压力保持稳定；强度试验压力稳定后稳压时间应不小于2h；严密性试验压力稳定后稳压时间应不小于24h。

**9.3.4** 短管道或立管的强度试验稳压时间宜为8h。

**9.3.5** 考虑到温度变化等因素影响，在稳压时间内可允许有±0.2%的压力变化；若压力出现较大的下降，则可认为试验不合格；此时可延长稳压期，直至24h内压力变化符合要求。

**9.3.6** 如试验管段出现破裂或泄露，则应对事故部位进行修补或更换；之后再重新进行压力试验。

**9.3.7** 管道敷设与预定的设计路由偏差应控制在±10m以内。

**9.3.8** 管道埋设的管顶覆土最小厚度应符合设计或现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》 **GB 50268**的相关要求。

# 运营期的检测与维修

## 一般规定

**10.1.1** 为保证管道运行的安全，延长管道使用寿命，应对海底管道进行定期检测。

**10.1.2** 检测宜每年进行一次。

## 检测内容及检测方法

**10.2.1** 检测应包含下列内容：

**1** 已埋设管道的深度或覆盖的管道暴露情况；

**2** 影响管道完整性或其附属结构的海底局部冲刷情况；

**3** 影响管道安全的沙波移动；

**4** 发生隆起屈曲或过度横向屈曲的标识区域；

**5** 机械连接和法兰的完整性；

**6** 水下伸缩节法兰、螺栓等完整性；

**7** 排放管的完整性；

**8** 管道保护层的完整性；

**9** 海底管道、涂层及阳极的机械损伤等。

**10.2.2** 检测可采用下列方法：

**1** 使用多波束水深测量仪、旁扫声呐、管线跟踪仪等调差设备为主常规调查；

**2** 使用动力定位船搭载ROV和管道检测仪器设备进行检测；

**3** 潜水员探摸。

**10.2.3** 管道运行异常排除可采用下列方法：

**1** 运行过程中发现流量压力异常情况，应立刻组织各相关管段负责人进行异常情况排除，确定异常范围；

**2** 海底管道出现运行异常应立刻组织进行扫测、探摸结合的手段进行异常排除；

**3** 短距离小口径管道破损可就近在岸线检修井或排气井内向管内加入一定比例的试剂，海水清澈可以使用着色类的，海水浑浊时可以使用食用油类；组织交通船沿线进行巡查，发现异常点，由潜水员进行探摸确认。

**10.2.4** 管道故障维修：

**1** 应根据故障影响范围制定专项的维修方案；

**2** 海域故障排除施工应依法办理相关海上作业施工手续；

**3** 故障排除作业时，应加强周边警戒；

**4** 故障排除作业完成，需进行水压试验，验证修复效果。

# 职业健康安全与环境保护

## 职业健康安全

**11.1.1** 海底管道线路工程应满足国家规定的有关防火、防爆、防尘、防毒、防溺水及劳动安全方面的要求。

**11.1.2** 海上作业应注意人身安全，采取防人员坠海安全保护措施；海底管道施工船应配备救生、逃生设施。

**11.1.3** 海上作业现场必须穿救生衣、戴好安全帽，服从现场管理。

**11.1.4** 海底管道施工船舶应接受海事部门的监管。

**11.1.5** 海底管道施工船舶按照规定配备相应的消防器材。重点部位、仓库配置相应的消防器材，如机舱、油舱要配置泡沫灭火器和二氧化碳灭火器；一般部位如职工宿舍、食堂等处设常规消防器材，如黄沙箱、消防水龙箱等。

**11.1.6** 海底管道施工船上油舱、机舱等危险部位，严禁动用一切明火。

**11.1.7** 海底管道施工船舶施工过程中必须严格执行各岗位生产操作规程，在禁火区内严禁吸烟或动火，严禁酒后上岗。

**11.1.8** 海上作业中电工作业人员开始电路、电气检测、修理工作之前，电路和设备应断电，并悬挂“有人工作禁止合闸"的标志，然后对设备进行接地放电。

**11.1.9** 海上作业时在全部停电或部分停电的电气设备上工作必须完成停电、验电、放电，装设接地线，挂标示牌等技术措施。

**11.1.10** 在潮湿地操作时要采取绝缘措施，电焊操作不得使人、机器设备或其他金属构件等成为焊接回路，以防焊接电流造成人身伤害或设备事故。

**11.1.11** 海上作业新进或调换工种的工人，上岗前应进行安全教育，并签订安全承诺书后，方准予上岗操作。

**11.1.12** 海上作业特殊工种工人应参加由主管部门组办的培训班培训，经考试合格后，持证上岗。

**11.1.13** 水下作业人员应采取措施防止潮流、低温、生物引起的人身伤害。

**11.1.14** 海底管道施工船舶食堂与食品间设施应符合卫生防疫要求，并定期对饮用水及饮食卫生进行检查、消毒，预防肠道疾病的发生，严防食物中毒。

**11.1.15** 海上作业中应对从事焊接等有害作业的人员定期进行身体检查，并建立体检档案。

**11.1.16** 应考虑走锚时的应急措施，如敷管和后挖沟施工中，应为敷管船和后挖沟船配置大马力拖轮；每逢大风浪天气或大潮汛期间，拖轮应全程备车值守，一旦发生走锚，拖轮应立即对施工船进行顶推。

**11.1.17** 潜水作业人员必须熟悉使用信号绳的规定及事先约定的联络信号。

**11.1.18** 根据水下作业内容和工作量，认真分析潜水作业中可能遇到的各种情况，制定潜水作业方案和应急安全保障措施。

**11.1.19** 潜水员在水下作业过程中，要随时注意和清理供气胶管和信号绳，防止绞缠或被物体挤压。

**11.1.20** 潜水装备应建立保管、使用档案。潜水衣、头盔、供气胶管应定期检查和清洗消毒，凡达不到安全强度要求的应报废停用。

**11.1.21** 潜水作业前应了解作业现场的水深、流速、水温，并认真填写在潜水记录中。

**11.1.22** 潜水员在下水作业前，应认真检查潜水装具的安全性能，确认完好，方可着装入水。

**11.1.23** 作业水深超过10米，潜水员上升必须按减压规程进行水下减压；水深不足10米，但劳动强度大或工作时间长，也应参照减压标准进行水下减压。

## 环境保护

**11.2.1** 海底管道线路工程设计应符合国家环境保护、水土保持和生态环境保护的具体要求，减少对海洋环境的污染及破坏。

**11.2.2** 海底管道线路在满足工程要求情况下，应优先采用对海洋环境影响小的的工程材料。

**11.2.3** 海底管道施工船舶施工过程产生的废弃物随时清理回收，减少对海洋环境的影响。

**11.2.4** 海底管道施工船舶施工作业完成后，必须及时做好落手清工作。

**11.2.5** 海底管道施工船舶生活垃圾、污水由专人负责收集，统一清运，严禁向海域排放、倾倒。

**11.2.6** 海底管道施工船舶要严格执行船舶供、受油规定，防止泄漏。

**11.2.7** 海底管道施工船舶生活垃圾不得任意倒入港区或施工水域，平日应倒入带盖、不渗漏并有明显标志的生活垃圾储存容器或聚已烯材料制成的垃圾袋中，当船舶停靠基地或施工区域靠泊点时，可以向陆地指定的垃圾箱倾倒，并做好记录。

**11.2.8** 海上作业中施工、生活垃圾应及时清除，保持施工现场、施工海域、生活环境的整洁，保证施工不影响环境。

**11.2.9** 海上作业中应减少设备使用、维修过程中产生的燃油、润滑油、液压油等液体的泄露。

**11.2.10** 海上作业中使用的油漆、化学溶剂及有毒有害物品，应妥善存放、保管，制定防止泄露和污染的具体措施。

**11.2.11** 海上作业应划定海上及陆上施工作业带控制生态影响范围。

**11.2.12** 海底管道施工在安排施工时段以及施工强度时宜避开鱼类等的生产、产卵、索饵等敏感时期，以减少鱼类等水产资源的生产损失。

**11.2.13** 海底管道施工应根据应遵守安全、环境友好、经济高效以及便于维护等原则，防止船舶对海洋环境造成污染损害。

**11.2.14** 海上作业应按标准化安全设施要求设置安全宣传、警示、警告等标识牌及安全围绳、围栏等设施。

中国工程标准化协会标准

浅海海底钢质输水管道

施工及验收规程

**条文说明**

T/CECSXXX-20XX

对应1.3版

制定说明

本规程制定过程中，编制组进行了浅海海底钢质输水管道施工及验收规程的调查研究，总结了我国工程建设管道专业的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，通过试验取得了浅海海底钢质输水管道施工及验收规程。

【本规程编制原则、重要问题的处理、尚需深入研究的有关问题】

为便于广大技术和管理人员在使用本规程时能正确理解和执行条款规定，《浅海海底钢质输水管道施工及验收规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

[1 总 则 4](#_Toc21739)

[2 术 语 5](#_Toc5981)

[3 基本规定 5](#_Toc18345)

[4 施工准备及测量 5](#_Toc13779)

[4.1 一般规定 5](#_Toc31835)

[4.3 施工测量 6](#_Toc2845)

[4.4 施工设计 6](#_Toc14195)

[6 管道敷设 7](#_Toc27024)

[6.3 中间海域段施工 7](#_Toc11022)

[7 管沟开挖与回填 7](#_Toc10111)

[7.6 检验与验收 7](#_Toc22045)

[9 工程验收 7](#_Toc27229)

[9.1 一般规定 7](#_Toc27009)

# **1** 总 则

**1.0.1** 本规程遵循下列原则：

**1** 满足功能、基本方针、有益原则；

**2** 有益于环境、成本；

**3** 坚持以人为本，科技创新和可持续发展的目标；

**4** 管材、管件及其他材料必须符合国家有关的产品标准。

**1.0.2** 本规程不适用于所有陆上管道、海上石油、海上天然气、地热等勘探和采掘装置的输送管道以及核能装置等高压及对环境影响有较高要求的专用管道的施工及验收；浅海的水深划分方式：

**1** 用无张力敷设法而言，受到钢管强度和托管架长度的限制，施工水深不建议超过35米；

**2** 采用底拖法施工时，受到非饱和潜水作业的限制，进行水下管道接头的水深不建议超过60米；

**3** 采用浮运沉放施工时，根据目前的工程实践情况，受到吊装起重船舶设备和施工协调指挥控制能力的限制，施工水深不建议超过40米。

**1.0.3** 本规程的引用标准主要有下列标准：

**1** 《海底电缆管道路由勘察规范》 GB/T 17502

**2** 《工程测量规范》 GB 50026

**3** 《给水排水管道工程施工及验收规范》 GB 50268-2008

**4** 《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236

**5** 《承压设备焊接工艺评定》NB/T 47014

**6** 《低压流体输送用焊接钢管》GB/T 3091

**7** 《气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐破口》GB/T 985.1

**8** 《埋弧焊的推荐坡口》GB/T 985.2

**9** 《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117-2012

**10** 《埋地钢质管道聚乙烯防腐层》GB/T 23257

**11** 《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1

**12** 《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 第3部分;涂覆涂料前钢材表面的灰尘评定（压敏粘带法）》GB/T 18570.3

**13** 《埋地钢质管道液体环氧外防腐层技术标准》SY/T 6854

**14** 《工业金属管道工程施工质量验收规范》GB 50184

**15** 《金属熔化焊焊接接头射线照相》GB/T 3323

**16** 《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》GB/T 11345

**17** 《水平定向钻法管道穿越工程技术规程》 CECS 382-2014

**18** 《给水排水工程顶管技术规程》CECS246-2008

**19** 中华人民共和国国土资源部令 第24号 《海底电缆管道保护规定》

**20** 《空气潜水安全》GB26123-2010

**21** 《潜水员水下用电安全规程》GB 16636-2008

# **2** 术 语

**2.0.13** 该种施工方法采用尾端触地的托管架；由托管架直接支撑被敷设的海底管道，从而改善了海底管道本体的受力状态，不需要通过张紧器等设备对被敷管道提供张力，降低了对管材强度的要求，实现了管道内直接充水施工，取消了管道配重；但同时也受到施工水深的限制，一般不建议超过35m水深。

**2.0.16** 一般包括路（堤）穿越段、浅滩段及陆上段三部分。

# **3** 基本规定

**3.0.4** 在进行水上水下施工作业前，需要取得海洋主管部门的路由批复、海底电缆管道铺设施工批复，以及海事管理机构颁发的《中华人民共和国水上水下活动许可证》等；需要办理的许可还包括并不限于：

**1** 进行管沟开挖与回填施工前，市政、公路、园林绿化、河道、大堤等主管部门的许可；

**2** 施工船舶、水上设备进行停靠、锚泊、作业时及管道施工时需要符合航政、航道等相关管理部门的规定并取得许可，同时需要有专人指挥。

# **4** 施工准备及测量

## **4.1** 一般规定

**4.1.4** 编制施工通航安全保障方案前需要熟悉当地有关海事、港航、海洋、渔业、环保、用工等方面的地方性法规和规章，包括并不限于：

**1** 《中华人民共和国环境保护法》

**2** 《中华人民共和国海洋环境保护法》

**3**  《中华人民共和国海上交通安全法》

**4**  《中华人民共和国突发事件应对法》

**5** 《中华人民共和国职业病防治法》

## **4.3** 施工测量

**4.3.3** 海底管道施工测量，可以分为三种情况：

**1** 近岸区域，现有全站仪或经纬仪设备能够进行测量，且施工船采用了支腿系统脱离海面或施工船采用了二级漂移量与测量设备相适应的锚泊系统；此时可以采用全站仪、经纬仪等设备或全球定位系统静态测量进行施工测量，并需要符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026的相关规定；

**2** 无法使用全站仪等测量设备，但采用全球定位系统实时动态测量（RTK）可覆盖且施工船采用了支腿系统脱离海面或施工船采用了二级漂移量与RTK测量精度相适应的锚泊系统时，可以采用全球定位系统实时动态测量（RTK）进行施工平面测量；

**3** 全站仪、全球定位系统实时动态测量（RTK）均无法覆盖施工区域，或者施工船舶设备受风、浪、流影响无法满足亚米级测量精度的要求时，施工平面测量需要采用差分全球卫星导航系统。

**4.3.12** 相对于采用钢尺测量钢管长度而言，差分全球卫星导航系统的测量精度较低，其测量点之间的直线距离与钢管的实际长度存在一定的偏差量，因此需要在一定长度范围内根据钢管的实际长度对差分全球卫星导航系统的测量数据进行修正。

## **4.4** 施工设计

**4.4.2** 第1款

当设计锚位处于其他海底管线、构筑物附近时，需要充分考虑抛锚、起锚作业所需要的安全距离；当设计锚位跨越其他海底管线、构筑物时还需要充分考虑发生走锚时的安全距离。

**4.4.5** 第4款

摩擦系数μ与海床土类型和管道表面粗糙度（在一个宽度范围内）有关，其取值需要符合所在海域海床底质情况；

由于海床土摩擦系数敏感度高、目前样本数不足，建议其取值由试验确定。

# **6** 管道敷设

## **6.3** 中间海域段施工

**6.3.10** 恶劣海况条件下，为了防止沉放的托管架位移，可采取托管架空气舱先加水沉放、再抛锚固定的方式，在水下托管架头部连接钢丝绳，左右两侧50m范围内抛定位锚，拉住托管架。

**6.3.12** 钢管敷设安装过程中如碰到突发状况需要较长时间停止敷设的，为了防止已敷设入水的管道在托管架上的同一位置长时间受力，造成钢材疲劳变形，甚至损坏，根据钢材特性，要求钢管在托管架上的同一位置不建议超过48h，施工过程中可以随时观察，一次涨落潮下放一定长度的管道。

# **7** 管沟开挖与回填

## **7.6** 检验与验收

**7.6.1** 测量断面水深的方法大致可以分为四种：

**1** 水深大于5米时，可采用声学设备进行水深测量；

**2** 水深小于1米时，可采用钢尺、塔尺、水平仪进行测量；

**3** 在水流小于0.5节时，可采用水陀测量；

**4** 采用潜水员水下辅助测量。

# **9** 工程验收

## **9.1** 一般规定

**9.1.5** 长距离海底管道发生微量渗漏时，很难探测到渗漏点的，其探测和修复所需的时间和成本往往远大于微量渗漏所带来的损失，分段进行验证性试压可以在管道未被埋设前及时发现施工过程中管道发生的渗漏问题，减少探测渗漏点的范围，提高工作效率。同时考虑到钢管刚度和水的不可压缩性，施工过程中的验证性试压，可以简化排气、超设计压力等程序和标准。根据目前浮运沉放法和底拖法敷管的实际能力，不可能一次性敷设3公里及以上的海底管道，因此确定对长度超过3公里的海底管道在施工过程中进行分段验证性快速水压试验；

当采用敷管船法施工时，建议将分段长度控制在3公里范围内。

**9.1.9** 长距离海底管道施工的周期较长，受周边采砂、围垦作业或其它大规模水上水下工程等环境影响，海底管道状态可能发生变化，为确保工程完工时，海底管道全程符合设计要求，需要进行全程测量复核。目前对于已隐蔽的海底管道，一般采用水下声学探测设备，由于探测用船舶较小，声学探测设备与探测船之间一般采用软连接拖曳，受海浪潮流的影响较大，且始终处于航行运动状态，因此其实际测量精度一般均低于施工阶段测量精度。其复核测量数据仅作为验证性数据，不作为验收数据。

**9.1.11** 第3款

利用施工图改绘竣工图，必须标明变更修改依据；凡施工图结构、工艺、平面布置等有重大改变，或变更部分超过图面1/3的，需要重新绘制竣工图。