ICS

**中国建筑业协会团体标准 团体标准**

**P**  T/CCIAT xxxx— 20xx

管幕法施工技术规程

Technical code for construction of pipe-curtain method

**（征求意见稿）**

**20xx— xx—xx 发布　　　20xx—xx —xx 实施**

**中国建筑业协会 发布**

中国建筑业协会团体标准

管幕法施工技术规程

Technical code for construction of pipe-curtain method

T/CCIAT xxxx— 20xx

批准部门：中国建筑业协会

施行日期：20xx年xx月xx日

中国建筑工业出版社

20xx 北京

前 言

根据中国建筑业协会《关于开展第三批团体标准编制工作的通知》（建协函[2019]49号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程的主要技术内容是：总则、术语、基本规定、管幕设计、施工准备、管幕钢管及附件制作、管幕钢管顶进施工、管幕钢管填充、施工监测和质量验收。

本规程由中国建筑业协会负责管理，由中国建筑业协会深基础与地下空间工程分会负责日常管理，由北京城建集团有限责任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，请寄送北京城建集团有限责任公司（地址：北京市海淀区北太平庄路18号城建大厦，邮政编码：100088）

本标准主编单位：

本标准参编单位：

目 次

1 总 则 1

2 术 语 2

3 基 本 规 定 4

4 管 幕 设 计 5

4.1 一 般 规 定 5

4.2 管幕结构选型 5

4.3 管 幕 材 料 6

4.4 管幕布置与连接 7

4.5 管内骨架与填充 8

4.6 工作井或洞室设计 8

4.7 后背墙设计 10

4.8 管幕结构计算 10

4.9 管幕构造设计 13

5 施 工 准 备 14

5.1 一 般 规 定 14

5.2 技 术 准 备 14

5.3 设备选型与配置 15

5.4 辅 助 设 施 18

5.5 工作井与洞室施工 19

6 管幕钢管及附件制作 20

6.1 一 般 规 定 20

6.2 钢 管 制 作 20

6.3 管幕钢管附件 20

6.4 管内骨架制作 21

7 管幕钢管顶进施工 22

7.1 一 般 规 定 22

7.2 拉管法施工 22

7.3 夯管法施工 25

7.4 钻进顶管法施工 26

7.5 机械顶管法施工 28

7.6 管幕钢管连接 31

7.7 施工测量 31

7.8 导向控制与纠偏 32

8 管幕钢管填充 34

8.1 一 般 规 定 34

8.2 钢管内骨架制作及安装 34

8.3 管幕钢管填充 34

8.4 管幕钢管壁后注浆 35

9 施工监测 36

9.1 一 般 规 定 36

9.2 监测项目及要求 36

9.3 监测点布设及监测频率 37

9.4 监测控制值与预警 39

9.5 数据处理与信息反馈 40

10 质量验收 42

10.1 一 般 规 定 42

10.2 钢管及附件制作 43

10.3 管幕钢管拉管法施工 44

10.4 管幕钢管夯管法施工 45

10.5 管幕钢管钻进顶管法施工 46

10.6 管幕钢管机械顶管法施工 48

10.7 管幕钢管填充 49

10.8 管幕钢管壁后注浆 51

附录A 检验批质量验收记录 52

附录B 分项工程质量验收记录 53

附录C 子分部工程质量验收记录 54

本规程用词说明 55

引用标准目录 56

附：条文说明 58

Contents

1 General Provisions 2

2 Terms 2

3 Basic Requirements 5

4 Pipe-Curtain Design 6

4.1 General Requirements 6

4.2 Selection of Pipe-Curtain Structure 6

4.3 Pipe-Curtain materials 7

4.4 Pipe-Curtain layout and connection 8

4.5 Framework and Filling in Pipe 9

4.6 Design of Working Chamber or Cavern 9

4.7 Back Wall Design 11

4.8 Calculation of Pipe-Curtain Structure 11

4.9 Structural Design of Pipe-Curtain 14

5 Construction Preparation 15

5.1 General Requirements 15

5.2 Technical Preparation 15

5.3 Equipment Selection and Configuration 16

5.4 Auxiliary Facilities 19

5.5 Working Chamber and Cavern Construction 20

6 Fabrication of Pipe-Curtain Steel Pipe and Accessories 21

6.1 General Requirements 21

6.2 Steel Pipe Fabrication 21

6.3 Pipe Curtain Steel Pipe Accessories 21

6.4 Fabrication of Framework in Pipe 22

7 Pipe-Curtain Steel Pipe Jacking Construction 24

7.1 General Requirements 24

7.2 Pipe Pulling Method 25

7.3 Pipe Tamping Method 28

7.4 Drilling and Pipe Jacking Construction 30

7.5 Mechanical Pipe Jacking Construction 32

7.6 Pipe-Curtain Steel Pipe Connection 35

7.7 Construction Survey 35

7.8 Guidance Control and Deviation Correction 36

8 Filling in Steel Pipe of Pipe-Curtain 24

8.1 General Requirements 39

8.2 Fabrication and Installation of Steel Pipe Inner Framework of Pipe curtain 39

8.3 Closure of Pipe Orifice and Filling in Steel Pipe of Pipe-Curtain 40

8.4 Grouting behind Steel Pipe Wall of Pipe-Curtain 41

9 Construction Monitoring

9.1 General Requirements 42

9.2 Monitoring Items, Methods and Requirements 42

9.3 Layout of Monitoring Points and Monitoring Frequency 44

9.4 Monitoring Control Value and Early Warning 48

9.5 Data Processing and Information Feedback 48

10 Quality Acceptance 49

10.1 General Requirements 50

10.2 Fabrication of Steel Pipes and Accessories 51

10.3 Construction of Pipe-Curtain Steel Pipe Pulling Method 54

10.4 Pipe-curtain Steel Pipe Ramming Construction 56

10.5 Pipe curtain Steel Pipe Drilling and Pipe Jacking Construction 58

10.6 Pipe curtain Steel Pipe Mechanical Jacking Construction 62

10.7 Filling in Steel Pipe of Pipe-Ccurtain 64

10.8 Grouting behind Steel Pipe Wall of Pipe-Curtain 65

AppendixA Quality Acceptance Record of Inspection Lot 67

Appendix B Quality Acceptance Record of Subdivisional Works 69

Appendix C Qquality acceptance record of Divisional (Sub divisional) Works 70

Explanation of Wording in This Code 71

List of Quoted Standards 72

Addition：Explanation of provisions 73

1 总 则

**1.0.1** 为规范管幕法设计、施工、检测、监测和工程质量验收工作，做到技术先进、经济合理、安全可靠、绿色环保，保证管幕结构施工质量和周边环境安全，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于采用拉管法、夯管法、钻进顶管法、机械顶管法等施工工艺施作的隧道或地下工程的管幕支护结构的设计、施工、检测、监测和验收，采用其他施工工艺施作的管幕支护结构可参考本规程执行。

**1.0.3** 管幕法支护结构的设计、施工、检测、监测和工程验收除应符合本规程规定外，尚应符合现行国家、行业有关标准的规定。

2 术 语

**2.0.1** 管幕 pipe-curtain

在拟建地下空间开挖轮廓外地层中预先施工形成的密排钢管群，钢管间通过锁扣互锁形成整体，管内预注钢筋混凝土作为地下空间开挖的超前支护结构，起到隔水防渗、防坍控沉的作用。

**2.0.2** 管幕法 pipe-curtain method

采用管幕作为地下空间开挖超前支护结构的施工方法。

**2.0.3** 管幕钢管 Pipe curtain steel pipe

采用各种施工方法打入到地层中形成管幕主要受力结构的管材。

**2.0.4** 钢管附件 Steel pipe accessories

 锁扣、注浆管、翼缘板等管幕结构中起构造作用或辅助作用的材料。

**2.0.5** 拉管法 Tube drawing method

采用钻孔设备钻进成孔，然后钻孔在另一边用拖拉机械将钢管拖拉过来形成密排钢管群的施工方法。

**2.0.6** 夯管法 Tamping pipe method

采用夯管设备在地层中夯进钢管形成密排钢管群的施工方法。

**2.0.7** 钻进顶管法 Drilling and pipe jacking method

采用顶管设备顶进钢管，管中采用螺旋机出土，形成密排钢管群的施工方法。

**2.0.8** 机械顶管法 Mechanical pipe jacking

采用顶管机切削土体，借助顶推装置将成型钢管逐节顶入土中形成密排钢管群的施工方法。

**2.0.9** 钢管顶进 Steel pipe jacking

采用拉管法、夯管法、钻进顶管法或机械顶管法等方法，将管幕钢管拉入、夯入或顶入土层中的施工方法。

**2.0.10** 骨架 skeleton

为了提高管幕承载能力和抗弯、抗拉性能，在管幕钢管内置入的型钢、钢筋笼等构造材料。

**2.0.11** 钢管填充 Steel pipe filling

为了提高管幕承载能力和抵抗变形能力，在管幕钢管内灌注的水泥浆、水泥砂浆、混凝土等填充材料。

**2.0.12** 土压平衡式顶管 earth pressure balance jacking

通过调节土仓内渣土的压力来维持挖掘面稳定的顶管施工方式。

**2.0.13** 泥水平衡式顶管 slurry balance jacking

通过调节泥水仓内泥水的压力来维持挖掘面稳定的顶管施工方式。

3 基 本 规 定

**3.0.1** 管幕结构型式与管幕施工工艺应综合考虑场区工程地质与水文地质条件、周边环境条件、施工作业条件、隧道或地下工程结构型式、管幕结构性能要求等因素，进行充分的技术经济比较，合理选择。

**3.0.2** 管幕法应进行专项设计，并应与结构设计和施工相匹配。

**3.0.3** 应在调查和掌握工程地质和水文地质条件、场区建（构）筑物、管线、障碍物和场区其他环境条件等详细资料的基础上，确定管幕设计与施工方案。

**3.0.4** 管幕施工方案应针对周围环境制定有效的保护措施，必要时应结合地质条件和环境条件，制定必要的辅助技术措施，确保土方开挖和结构施工安全。

**3.0.5** 管幕施工前应编制专项施工方案，制定质量安全和环境保护措施，经审批后实施。按照国家、行业或地方相关规定要求，需要对专项施工方案进行专家评审或专家论证的，应按其要求实施，并在施工过程中满足其他现场管理要求。

**3.0.6** 工程所用的材料、半成品、成品、构配件进场时，应对其外观、规格、型号等进行验收，质量证明文件应齐全，并应按规定进行抽检复试，合格后方可使用。

**3.0.7** 工程施工所用的设备、仪器、仪表等应在计量检定有效期内。

**3.0.8** 工程施工中应做好检测、隐蔽工程、质量检查等施工记录；工程竣工时应做好施工总结，竣工资料应真实、有效、齐全。

**3.0.9** 管幕施工期间，应对场区地表、邻近的建（构）筑物、管线等工程环境进行监测，并应对重要或有特殊要求的工程环境采取必要的技术措施。

**3.0.10** 管幕施工期间，应结合管幕施工工艺特点和周边环境条件，采取必要的施工安全和环境保护措施。

**3.0.11** 管幕法施工宜采用经过试验、检测和鉴定并经实践检验质量和安全可靠的新工艺、新技术、新设备、新材料等技术。

4 管 幕 设 计

4.1 一 般 规 定

**4.1.1** 管幕结构设计应满足工程主体结构设计技术要求，并合理选择按照作为隧道或地下工程的预支护、支护或永久结构进行设计计算，确定管径、壁厚、间距等尺寸和构造设计参数。

**4.1.2** 管幕结构应根据岩土工程勘察报告、工程场地与环境条件、支护构造要求、施工条件等进行设计。

**4.1.3** 管幕结构的设计应根据管幕功能要求、工程地质、环境因素及施工条件合理选择管幕平面高程、穿越土层及覆土厚度。

**4.1.4** 管幕平面和纵向设计应根据管幕功能要求、工程地质和水文地质条件、周边环境及施工条件等因素合理选择管幕平面高程、穿越地层及覆土厚度。

**4.1.5** 管幕结构的构件应进行结构设计。

**4.1.6** 管幕结构的设计应根据工程地质、环境因素及管道埋深等因素合理确定工作井或洞室的结构型式。

**4.1.7** 管幕设计应包括下列内容：

**1** 管幕结构选型；

**2** 管幕材料；

**3** 管幕布置及连接；

**4** 管内骨架与填充；

**5** 工作井室或洞室设计；

**6** 后背墙设计。

**7** 管幕结构计算；

**8** 管幕构造设计。

4.2 管幕结构选型

**4.2.1** 管幕结构选型应根据用途、管材特性及工程具体情况确定，满足使用功能、施工等综合需要。

**4.2.2** 管幕结构根据地下空间的横断面可划分为拱形、矩形或其它形状。

**4.2.3** 管幕结构应设置锁扣连接件，锁扣连接件可分为角钢、弧形钢板等。

**4.2.4**管幕锁扣应设计为具有一定刚度的柔性结构，同时应限制其在顶进荷载作用下的变形并满足导向的要求。

**4.2.5**管幕锁扣设计为公母锁扣，对称布置于钢管两侧，母锁扣作为相邻管幕结构顶进导向构件。

**4.2.6**管幕结构横向设计宜设置标准管及定位管，定位管配置左右母锁扣，作为后续标准管顶进参照。

**4.2.7** 锁扣宜随管幕结构通长设置，分节长度同管幕结构分节，锁扣接缝应与管幕接缝错开布置，错开间距不小于100mm。

**4.2.8** 管幕结构分节长度及尺寸应满足制作、吊装、运输以及施工的安全和方便。管幕接头设计应满足受力、变形和耐久性要求。

**4.2.9** 管幕结构应具有优良的力学性能，除满足一般埋地管道受力要求外，尚应有较高的轴向承载能力。

**4.2.10** 管幕结构应在管外通长设置注浆导管，作为管幕结构顶进地层损失补偿。

4.3 管 幕 材 料

**4.3.1** 工程材料应根据结构类型、受力条件、使用要求和所处环境等选用，并应满足可靠性、耐久性和经济性要求。

**4.3.2** 管幕结构主要受力结构宜采用钢材。

**4.3.3** 钢管钢材宜选用Q235B或Q355B。

**4.3.4** 钢管钢材的规格和性能应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T700的规定。

**4.3.5** 管幕结构管材应保证精确的尺寸，包括管口紧密的配合、管端垂直度、管材椭圆度等，管道轴向上应保证平直。顶管管道及其接口应有抵抗管道内、外化学腐蚀和机械损伤的能力，管道防护措施应与管道顶进过程、地层条件相适应；管道接口应具有传递轴向载荷的能力；非整体连接管道接口在保证密封性的条件下，应有一定角度的径向偏转性能。

**4.3.6** 管幕结构管材应保证精确的尺寸，并应符合下列规定：

1 管口紧密的配合、管端垂直度、管材椭圆度应符合相应规范要求；

2 管道轴向上应保证平直；

3顶管管道及其接口应有抵抗管道内、外化学腐蚀和机械损伤的能力，管道防护措施应与管道顶进过程、地层条件相适应；

4 管道接口应具有传递轴向载荷的能力；

5非整体连接管道接口在保证密封性的条件下，应具有一定角度的径向偏转性能。

**4.3.7** 卷制钢管焊缝应符合下列规定：

**1** 卷制钢管同一横断面内宜采用一条纵向焊缝。若采用两条纵向焊缝，则大直径管纵向焊缝间距应大于300mm，小直径管纵向焊缝间距应大于100mm；

**2** 卷制钢管对接时，管口对接应平整，当采用300mm的直尺在接口外纵向贴靠检查时，相邻管壁的错位允许偏差为0.2倍壁厚，且不大于2mm；

**3** 卷制钢管对接时，相邻管段的纵向焊缝位置错开距离应大于300mm；

**4** 对口焊接时，小直径管道焊缝宜采用“V”形坡口，大直径管道宜采用“K”形坡口，同顶铁的接触面均应为平端。

**4.3.8** 用于钢管的焊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/T5117或《低合金钢焊条》GB/T 5118的规定，选择的焊条型号应与被焊钢材的力学性能适应；

**2** 自动或半自动焊接用的焊丝和焊剂应与被焊钢材相适应，并应符合现行有关标准的规定；

**3** 二氧化碳气体保护焊接用的焊丝，应符合现行国家标准《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T 8110 的规定。

**4** 当两种不同钢材相焊接时，宜采用与强度较低的一种钢材相适应的焊条或焊丝。

**4.3.9** 焊缝的强度设计值应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的规定。

4.4 管幕布置与连接

**4.4.1** 受地下结构施工空间尺寸的限制，管幕钢管应分节设置，管节之间采用焊接连接，焊缝宜采用单面对接焊V形坡口（带钝边）。

**4.4.2** 锁扣、注浆管等钢管辅助构件应与钢管同步连接。

**4.4.3** 管幕钢管连接应符合下列规定：

**1**  钢管连接坡口宜在工厂车床精准加工，保证坡口质量；

**2** 顶进后的管节端部外露不应宜小于0.3m。

**3** 管节之间应采用等强焊接连接，且相邻管幕钢管焊缝宜错开1.0m以上布置。

4.5 管内骨架与填充

**4.5.1** 应根据工程使用、受力和抵抗变形的要求，设置钢管内骨架及填充物。

**4.5.2** 管幕内骨架宜采用钢筋笼或内插型钢二种方法。

**4.5.3** 管幕内填充宜采用水泥浆、水泥砂浆、混凝土等方法。

4.6 工作井或洞室设计

**4.6.1**管幕工作井或洞室设计应遵循以下原则：

**1** 应充分利用工程既有空间作为工作井或洞室；

**2** 工作井或洞室位置应便于排水、出土和运输；

**3** 应选择对周围建（构）筑物的影响小的位置设置；

**4** 应避开房屋、地下管线、池塘、架空电线等不利于顶管施工的场地；

**5** 多排顶进或多向顶进时，宜尽可能利用同一个工作井或洞室。

**4.6.2**根据地质条件、周边环境条件、管幕结构埋深及直径、工作室的平面尺寸及埋深、经济指标及施工工期要求等因素，工作井或洞室可采用明挖槽、倒挂井壁竖井或暗挖导洞等结构形式。

**4.6.3** 工作井平面形状宜为矩形、圆形、椭圆形、多边形等。

**4.6.4** 工作井采用明挖顺作竖井或明挖逆作竖井时，应根据井的形状、尺寸及埋深，并综合考虑场地地质条件、周边环境条件、经济指标及施工工期要求等因素合理选用支护结构，其设计应符合以下原则：

**1** 支护结构宜为封闭式结构；常用的支护结构类型有：内撑式结构、悬臂式结构、土钉墙、重力式水泥土墙、放坡等；常用的竖向围护结构有：地下连续墙、灌注桩、SMW工法桩、钢板桩等；

**2** 在开挖深度较大、周边建（构）筑需要保护、变形控制较为严格时，宜选用内撑式支护结构，竖向围护结构可选用灌注桩、地下连续墙、SMW工法桩，水平支撑材料可采用型钢、钢筋混凝土且多采用对撑、角撑结构形式；

**3**在开挖深度较小、周边场地较开阔且变形控制不为严格时，可选用悬臂式结构、土钉墙、重力式水泥土墙、放坡等，竖向围护结构可选用灌注桩、SMW工法桩、钢板桩；

**4**地下水比较丰富或存在强透水层的场地，应设置封闭式止水帷幕，或设置悬挂式止水帷幕结合井点降水；

**5** 止水帷幕可采用地下连续墙、咬合灌注桩、SMW（水泥土搅拌墙）、高压旋喷桩等，坑底固化常采用水泥搅拌桩、高压旋喷桩、压密注浆等。

**4.6.5** 当地下水位较低，且井周边环境较为简单，同时竖井开挖侧向的土体具有一定自稳能力时，可采用锚杆喷射混凝土逆作法竖井结构，锚杆喷射混凝土设计应符合现行国家标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086的规定。

**4.6.6** 当场地条件受限，或结合暗挖工程既定结构，可采用浅埋暗挖导洞作为工作室。

**4.6.7** 当管幕钢管顶进施工顶推力较大时，应设置钢筋混凝土后背墙。

**4.6.8** 当工作井的始发或接收影响范围内存在软土层且影响顶管机械设备的水平控制时，应在始发或接收位置进行土层加固。

**4.6.9** 当工作井的始发或接收影响范围内存在砂层等强透水层或顶管机械设备始发或接收受地下水影响较大时，应在始发或接收位置设置土层加固及防渗措施。

**4.6.10**工作井尺寸设计宜按照以下原则：

**1** 机械始发的工作井的最小净长度宜按下式计算：

（4.6.12-1）

式中：*L*——顶进井的最小净长度（m）；

*L1*——顶管机或管段长度，取两者中大值（m）；

*L2*——千斤顶长度（m），一般取2.5m；

*m*——考虑顶入管段留在导轨上的最小长度、顶进管道后退、顶铁和后座的厚度及安装富余量，可取2.0~2.5m。

**2** 机械接收的工作井的最小净长度应满足顶管机在井内拆除和吊出的需要。

**3** 工作井最小净宽度可按下式计算：

（4.6.12-2）

式中：*B*——顶进井的最小净宽度（m）；

*D1*——管道的外径（m）；

*s*——施工操作空间，顶进井宜取1.0~2.0m，接收井宜1.0~1.5m。

**3**机械始发的工作井井室净高度应按下式计算：

（4.6.11-3）

式中：*H*——顶进井最小净高度（m）；

*Hs*——管顶覆土厚度（m）；

*hd*——管底操作空间（m），需满足施工人员焊接操作空间。

4.7 后背墙设计

**4.7.1** 后背墙设计应符合下列规定：

**1** 应有足够的强度，在管幕顶进施工中应能承受主顶工作站千斤顶的最大反作用力；

**2** 应有足够的刚度，在受到主顶工作站的反作用力时其变形应在允许范围内；

**3** 表面应平直，并应垂直于顶进管道的轴线；

**4** 墙体材料的材质应均匀一致。

**4.7.2** 利用已顶进的管道承受后座反力时，应符合下列规定：

**1** 待顶管道的顶进力应小于已顶管道管壁与土层之间的摩擦力；

**2** 后背墙钢板与管口之间应衬垫缓冲材料；

**3** 应采取措施保护已顶入管道的接口不受损伤。

**4.7.3** 后背墙设计应充分利用后背土体的承载力，当后背土体的容许顶力不足时，应对后背土体进行加固。

4.8 管幕结构计算

**4.8.1**管幕结构设计应采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，并应以可靠指标度量管道结构的可靠度。

**4.8.2**管幕结构应作为临时支护构件，仅应考虑施工阶段承载力验算，结构重要性系数应为1.0。

**4.8.3**顶管管幕结构应根据所选用管材类型进行结构设计，管幕结构设计应计算下列两种极限状态：

**1** 承载能力极限状态应为以下状态

1. 管幕结构纵向超过最大顶力破坏，管壁因材料强度被超过而破坏；
2. 柔性管道管壁截面丧失稳定；
3. 管道的管段接头因顶力超过材料强度破坏。

**2** 正常使用极限状态应为管幕结构或接缝的竖向变形超过规定限值。

**4.8.4**管道结构的内力分析，均应按弹性体系计算，不应考虑由非弹性变形所引起的塑性内力重分布。

**4.8.5** 顶管结构上的受力作用应分为永久作用和可变作用，并应符合下列规定：

**1** 永久作用应包括管道结构自重、竖向土压力、侧向土压力、管道内填充和顶管轴线偏差引起的纵向作用；

**2** 可变作用应包括地面堆积荷载变化、地面车辆荷载、地下水作用、温度变化作用和顶力作用。

**4.8.6** 当管幕钢管内进行填充时，管幕结构应按照钢管混凝土进行计算和验算。

**4.8.7** 钢管混凝土构件的承载力应按下列公式验算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （4.8.7） |

式中: *γ0*——结构重要性系数，不应小于1.0；

*Sd*——作用组合的效应设计值；

*Rd*——构件承载力设计值。

**4.8.8**钢管混凝土结构进行内力和位移计算时，钢管混凝土构件的截面刚度可按下列公式计算：

|  |  |
| --- | --- |
| *EA=ECAC+ECAC* | （4.8.8-1） |
| *EI= ESIS+ECIC* | （4.8.8-2） |
| *GA= GSAS+GCAC* | （4.8.8-3） |
| 式中： | *EA* | —— | 钢管混凝土柱的组合轴压刚度； |
|  | *EI* | —— | 钢管混凝土柱的组合剪切刚度； |
|  | *GA* | —— | 钢管混凝土柱的组合剪切刚度； |
|  | *ES、EC* | —— | 钢管、钢管内混凝土的弹性模量； |
|  | *GS、GC* | —— | 钢管、钢管内混凝土的剪变模量； |
|  | *AS、AC* | —— | 钢管、钢管内混凝土的截面面积； |
|  | *IS、IC* | —— | 钢管、钢管内混凝土的截面惯性矩。 |

**4.8.9** 钢管混凝土构件的受剪承载力设计值应按下列公式计算:

实心截面：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （4.8.9-1） |

空心截面：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （4.8.9-2） |
|  | （4.8.9-3） |
|  | （4.8.9-4） |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： | *Vu* | —— | 实心或空心钢管混凝土构件的受剪承载力设计值（N）； |
|  | *Asc* | —— | 实心或空心钢管混凝土构件的截面面积（mm2），即钢管面积和混凝土面积之和； |
|  |  | —— | 空心率，对于实心构件取0； |
|  | 、 | —— | 分别为混凝土面积和空心部分面积（mm2）； |
|  | *fsv* | —— | 钢管混凝土受剪强度设计值（MPa）； |
|  |   | —— | 钢管混凝土构件的含钢率。 |

**4.8.10** 钢管混凝土构件的受弯承载力设计值应按下列公式计算:

|  |  |
| --- | --- |
|  | （4.8.10-1） |
|  | （4.8.10-2） |
|  | （4.8.10-3） |
|  | （4.8.10-4） |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： | *fsc* | —— | 实心或空心钢管混凝土抗压强度设计值（MPa）； |
|  | *m* | —— | 塑性发展系数。对实心圆形截面取1.2； |
|  |  | —— | 受弯构件的截面模量（mm3）； |
|  | *r*0 | —— | 等效圆半径（mm）。圆形截面为半径，非圆形截面为按面积相等等效成圆形的半径； |
|  | *rci* | —— | 空心半径（mm），对实心构件取0； |
|  | *θ* | —— | 实心或空心钢管混凝土构件的套箍系数 |
|  | *f* | —— | 钢材的抗压强度设计值（MPa） |
|  | *fc* | —— | 混凝土的抗压强度设计值（MPa） |
|  | *B、C* | —— | 截面形状对套箍效应的影响系数，应按表4.8.10取值。 |

表4.8.10截面形状对套箍效应的影响系数取值表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 截面形式 | *B* | *C* |
| 实心 | 圆形和正十六边形 | *0.176f/213+0.974* | *-0.104fc/14.4+0.031* |
| 正八边形 | *0.140f/213+0.778* | *-0.070fc/14.4+0.026* |
| 正方形 | *0.131f/213+0.723* | *-0.070fc/14.4+0.026* |
| 空心 | 圆形和正十六边形 | *0.106f/213+0.584* | *-0.037fc/14.4+0.011* |
| 正八边形 | *0.056f/213+0.311* | *-0.011fc/14.4+0.004* |
| 正方形 | *0.039f/213+0.217* | *-0.006fc/14.4+0.002* |

注：矩形截面应换算成等效正方形截面进行计算，等效正方形的边长为矩形截面的长短边边长的乘积的平方根。

**4.8.11** 当不考虑管幕构件填充材料作用，承载力设计值可简化计算，应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的规定。

4.9 管幕构造设计

**4.9.1** 管幕钢管结构宜设置末端悬挑，悬挑长度应根据计算确定。

**4.9.2** 锁扣结构与钢管间应采用加强钢板帮焊，确保锁扣抗变形能力。

5 施 工 准 备

5.1 一 般 规 定

**5.1.1** 施工前应由设计单位进行设计交底。

**5.1.2** 施工前应对施工地段的工程地质和水文地质情况进行调查，必要时应补充地质勘察；

**5.1.3** 根据工程所在地的环境保护要求，应进行工程环境调查。

**5.1.4** 施工前施工单位应进行施工现场调查与核实，对工程影响范围内的地下障碍物、地下构筑物及地下管线等应进行调查，必要时应进行探查；当实际条件与设计不符时，应提请设计单位校核或调整设计方案。

对工程影响范围内的地面建（构）筑物应进行现场踏勘和调查，对需加固或基础托换的建（构）筑物应进行详细调查，必要时应进行鉴定，并应提前做好施工方案。

**5.1.5** 施工单位应根据相关技术资料进行风险辨识和评估，针对现场安全风险制定应急预案，并进行交底。

**5.1.6** 施工前应编制施工监测专项方案，合理布置监测点，对施工影响区域内地面沉降、建（构）筑物变形等进行重点监控，保证工程自身、周边建筑、地下管线等设施的安全。

**5.1.7**  施工用管幕设备及作业平台应在场外安装调试并预作业验收合格后进场。

**5.1.8** 管幕施工前、施工过程中、施工后均应进行施工范围内的有害气体检测。

5.2 技 术 准 备

**5.2.1** 管幕施工前，应具备下列资料：

**1** 工程地质和水文地质勘察报告；

**2** 管幕范围环境、地下环境和障碍物等的调查报告；

**3** 施工所需的设计图纸资料和工程技术要求文件；

**4** 工程施工有关合同文件；

**5** 专项施工方案；

**6** 拟使用管幕设备的相关资料。

**5.2.2** 管幕施工前，应完成下列工作：

**1** 复核各工作井及洞室里程及坐标、管幕钢管定位孔精度；

**2** 设备台架、基座等设施及定向测量数据的检查验收；

**3** 施工基面检查验收；

**4** 施工材料储备；

**5** 施工的各类报表。

**5.2.3** 施工前应根据工程特点和环境条件，完成测量、检测和监测的准备工作。

5.3 设备选型与配置

**5.3.1** 拉管法施工设备选型与配置应符合下列规定：

 **1** 拉管法施工主要适用地层为粉土、粘土、密实砂土等稳定均质地层，也可用于埋藏浅的卵石、中等硬度的岩石等地层施工；

**2** 钻机回拖力的计算和钻机的选择应符合下列规定：

**1）**钻机回拖时的回拖力宜按下式计算：

 （5.3.1）

式中：F——穿越管段回拖力（kN）；

L——穿越管段长度(m)；

F——摩擦系数，一般取0.1～0.3；

D——穿越管段的管身外径（m）；

Ds——穿越管段的钢管外径（m）；

ds——穿越管段的钢管内径（m）；

*γ1* ——泥浆密度，一般为1.15～1.2；

*γs* ——钢材密度，78kN/m­­­3；

*K*——粘滞系数，一般取0.01～0.03。

——钢管的壁厚（m）

**2）**钻机回拖能力宜根据式5.3.1计算值的1.5～3倍来选择。

**3** 拉管法施工应配置应符合下列规定：

**1）**钻机应根据计算所得最大回拖力选择；

**2）**泥浆泵流量应根据所选钻机配合选用，通常在100-3000L/min；

**3）**宜配套两个泥浆罐，每个应为20~25方；

**4）**施工时应根据泥浆含砂量、地层特点、泥浆泵送量等进行选配泥浆净化装置，泥浆净化设备的处理量不宜小于泥浆泵量60%。

**5.3.2** 夯管法施工设备选型与配置应符合下列规定：

**1** 夯管施工适用于各种土层施工；

**2** 钢管总阻力的计算和夯管锤的选择应符合下列规定：

**1）**当无当地经验时，钢管总阻力可按下列公式计算：

 （5.3.2-1）

式中：——计算的总顶力（kN）；

——管道所处地层的重力密度（kN/）；

——管道的外径（m）；

——管道顶部以上覆盖地层的厚度（m）；

——管道所处内摩擦角（°）；

——管道单位长度的自重（kN/m）；

——管道的计算顶进长度（m）；

——顶进时，管道表面与周围土层之间的摩擦系数，其取值可按表5.3.2所列数据选用；

——顶进时，工具管的迎面阻力（kN），其取值可按式5.4.3所列公式计算。

表5.3.2 钢管幕外壁与土体接触面的平均摩阻力（kN /m2）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 类别 | 黏性土 | 粉土 | 粉、细砂土 | 中、粗砂土 |
| 钢管幕与土体 | 3.0~4.0 | 4.0~7.0 | 7.0~10.0 | 10.0~13.0 |

2） 顶进工具管迎面阻力（）应按下列公式计算：

πt （5.3.2-2）

注：——工具管刃脚或挤压喇叭口的平均直径（m）；

 t——工具管刃脚厚度或挤压喇叭口的平均宽度（m）；

 R——可按工具管前段中心处的被动土压力计算（kN/）；

3）夯管锤能提供的最大顶进力不应小于钢管顶进阻力标准值的1.2倍，否则应采取减阻措施，或设中继站。

**3** 夯管法施工应配置有空压机、夯管锤、带抓压盘、锥形接头、推土锥、张紧带、切削管头、定位导向装置。其中空压机功率应能满足顶进需求，夯管锤、带抓压盘、锥形接头、推土锥、张紧带、切削管头、定位导向装置应根据管道直径确定。

**5.3.3** 钻进顶管法设备选型与配置应符合下列规定：

**1** 钻进顶管法施工适用于以下条件：

**1）**适用于杂填土（建筑垃圾）、填土、粉土、粉质粘土、黏土、新黄土、老黄土、古土壤、软土等各种土质地层，以及最大粒径不宜超过100mm，且不应超过1/3管径的卵石地层，在软硬不均、较硬地层及含无法清除的地下障碍物的地层中难度较大；

**2）**适用于无水、少量滞水或潜水地层；

**3）**适用于外径180mm～600mm、壁厚不少于10mm、长度不大于80m的直线管幕施工。

**2** 顶管的最大顶力的计算和设备选择应符合下列规定：

**1）**当无当地经验时，顶管的最大顶力按（5.4.2）所列公式计算，其中迎面阻力由式5.4.4计算

 aπ/4D （5.3.3）

式中：t——工具管刃脚厚度或挤压喇叭口的平均宽度（m）；

 R——顶管法的工具管迎面阻力，或挤压、网格挤压顶管法的挤压阻力；前者可采用500 KN/，后者可按工具管前段中心处的被动土压力计算（kN/）；

 a——网格截面参数，可取0.6～1.0.

**2）**液压顶进设备能提供的最大顶进力不应小于顶管最大力的1.2倍。否则应采取减阻措施，或设中继站。

**2** 顶进法施工应配置应符合下列规定：

**1）**千斤顶顶力需满足最大顶力要求；

**2）**钻具包括有导向钻杆与螺旋钻杆等，根据管道直径与地质条件进行选配；

**3）**用于工作井内抽水的抽水泵，可选用功率15Kw左右；

**4）**宜采用激光经纬仪作为定位导向装置。

**5.3.4** 机械顶管法施工设备选型及配置应符合下列规定：

**1** 机械顶管法施工适用于大多数的岩层与土层施工，其选用应符合下列规定：

**1）**在黏土层中需要控制地面隆陷时，宜采用土压平衡顶管机；

**2）**在粉砂土层中需要控制地面隆陷时，宜采用泥水平衡顶管机；

**3）**在卵砾石、节理裂隙及地下水发育的破碎岩石中顶进时宜采用泥水平衡顶管机；

**4）**在全断面岩层顶进时，应采用封闭式岩盘泥水平衡顶管机。

**5）**当穿越多种复杂地层时，应综合选用相适应的顶管机。

**2** 顶管机顶进总顶力可按下式计算：

 （5.3.4）

式中：——管道外径（m）；

——触变泥浆减阻管壁与土的平局摩阻力（KN/），可按表5.3.4选用；

——顶管机迎面阻力，可按5.4.2.1计算；

L——管道顶进长度。

表5.3.4 触变泥浆减阻管壁与土的平局摩阻力（kN/）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 土的种类 | 软黏土 | 粉性土 | 粉细土 | 中粗砂 | 卵砾石 | 硬黏土 | 岩石 |
| 触变泥浆 | 混泥土管 | 3～5 | 3～8 | 11～16 | 11～16 | 11～18 | 6～8 | 8～10 |
| 钢管 | 3～4 | 4～7 | 10～13 | 10～13 | 10～14 | 4～6 | 6～8 |

**3** 顶管法施工应根据所选施工方法进行相应配置。

5.4 辅 助 设 施

**5.4.1** 辅助设施应根据管幕类型、施工方法和工艺要求等配置。

**5.4.2** 管幕施工台架及基座应能满足设备检修、解体或整体移位的要求。

**5.4.3** 垂直与水平运输系统应符合下列规定：

**1** 垂直与水平运输系统配置应根据不同施工阶段的运输强度、作业内容，结合工作井深度、大小等因素确定；

**2** 垂直与水平运输系统可采用皮带机、龙门架、汽车吊或履带吊，并考虑顶管期间土方外运和材料运输的要求；

**3** 吊装和运输设备应建立现场维修保养、定期检查和交接班制度，并应符合现行行业标准《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》JGJ276的规定。

**5.4.4** 施工通风系统应符合下列规定：

**1** 井下通风系统应根据不同施工阶段的作业要求，结合工作井结构、洞室长度、断面形式等因素设置；

**2** 施工期间应采用通风设施为开挖工作面通风，具体风速、风量应经计算确定。

**3** 钢管切割、焊接连接等作业期间风速不宜低于0.5m/s，并应保证作业面烟尘及时排出；风速超过2m/s时宜采取挡风措施；

**4** 通风过程中，应定期巡查通风设施。风管风门破损、漏风时应及时修理或更换。

**5.4.5** 根据工程需要和环境保护要求，应配置符合管内及管外注浆需要的浆液站。

**5.4.6**  供电设备应满足管幕施工要求。

5.5 工作井与洞室施工

**5.5.1** 应根据管幕施工工艺、设备型式，确定工作井与洞室结构型式及尺寸，必须满足台架及基座安装、垂直运输、水平运输、通风、水电供应等管幕作业功能要求；

**5.5.2** 工作井及洞室结构必须满足井壁支护以及顶管（顶进工作井）推进后座力作用等施工要求。

**5.5.3** 工作井及洞室设置尽量避开现有构（建）筑物、减小施工扰动对周围环境的影响，且应便于排水、排泥、出土和运输；应尽量利用既有洞室结构。

**5.5.4** 工作井及洞室施工方法应根据工程水文地质条件、邻近建（构）筑物、地下与地上管线情况，以及结构受力、施工安全等要求，经技术经济比较后确定。

**5.5.5** 单独设置的工作井施工应符合设计文件及现行国家标准规定，并遵守下列规定：

**1** 应编制专项施工方案；

**2** 应根据工作井的尺寸、结构形式、地质情况、环境条件等因素确定支护（撑）形式，并应选择便于钢管顶进和洞门拆除的结构形式；

**3** 井底应保证稳定和干燥，若有地下水应设置集水坑；

**4** 开挖到底应及时封底，封底前应组织验槽；

**5** 在地面井口周围应设置安全护栏、防汛墙和防雨设施；

**6** 井内应设置便于上、下的安全通道。

**5.5.6** 钻进顶管法、机械顶管法后背墙结构及强度应符合设计文件规定。

6 管幕钢管及附件制作

6.1 一 般 规 定

**6.1.1** 管幕制作包括钢管制作、锁扣制作与焊接、注浆管制作与焊接。

**6.1.2** 管幕钢管及附件加工制作应与采用的施工方法相对应。

6.2 钢 管 制 作

**6.2.1** 管幕用钢管宜采用无缝钢管或直缝焊管，不得采用螺旋管。

**6.2.2** 管幕用管材的规格和性能应符合设计文件的规定，并应符合现行国家标准《结构用无缝钢管》GB/T8162和《结构用直缝埋弧焊接钢管》GB/T30063的规定。

**6.2.3** 管幕钢管应根据支护长度、施工工作空间、相邻钢管现场对接接头错开距离，合理确定分节长度，钢管分节切割及加工宜在工厂内完成。

**6.2.4** 管材切割可采用气割、机械切割、等离子切割等方法，切割后的毛边、毛刺应清理干净。

**6.2.5** 管材切割面应无裂纹、夹渣、分层等缺陷和大于1mm的缺棱。

**6.2.6**  切割前钢材切割区域表面应清理干净。切割时，应根据设备类型、管材壁厚、切割气体等因素选择合适的工艺参数。

**6.2.7** 钢管接口端面采用采用一端（顶进端）平直口，另一端 V 形或 K 形坡口，坡口尺寸应符合设计规定，设计无规定时，坡口尺寸宜符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB50661的相关规定。

**6.2.8** 钢管对接焊缝坡口可采用气割、铲削、刨边机加工等方法。

**6.2.9** 钢管管节两端头应设有可靠加固支撑，防止运输吊装过程中变形。

**6.2.10** 钢管原材的弯曲度、不圆度、外径及壁厚及理论重量应符合现行国家标准《无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差》GBT17395的规定。

**6.2.11** 管幕加工制作质量应符合设计及现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205的规定。

6.3 管幕钢管附件

**6.3.1** 管幕钢管附件应包含公母锁扣、锁扣加强肋板、注浆管等。

**6.3.2** 锁扣、加强肋板、注浆管材料规格性能应符合设计文件的规定。

**6.3.3** 锁扣宜采用角钢、开口钢管、C型钢、槽钢加工制作，锁扣端部距单节管端部宜为100—150mm。

**6.3.4** 锁扣材料、肋板材料、注浆管材料切割应符合本规程第6.2.4和6.2.5条的规定。

**6.3.5** 注浆管应按设计文件规定留好溢浆孔并应进行保护。

**6.3.6** 管幕附件与钢管的焊接应在专用焊接操作平台上进行，操作平台宜采用型钢钢骨架组焊而成，并应具有一定刚度和精度，调整水平后应与地面固定，锁扣焊接位置应按设计要求在钢管上定位准确。

**6.3.7** 管幕钢管与锁扣可采用间断单面角焊缝，每焊段长度不得小于100mm，焊段间距不应大于300mm，钢管与加强肋板、加强肋板与锁扣之间焊缝宜采用单面角焊缝，其中焊缝长度、高度应符合设计文件规定。

**6.3.8** 焊接施工前，应以合格的焊接工艺评定结果或采用符合免除工艺评定条件为依据，编制焊接工艺文件。

**6.3.9**  焊接作业应按工艺评定的焊接工艺参数进行，宜现场采用数控自动焊。

6.4 管内骨架制作

**6.4.1** 管幕钢管内骨架应符合设计文件规定，宜采用钢筋笼骨架或型钢骨架。

**6.4.2** 钢筋笼骨架应按照运输条件及现场安装空间尺寸进行分节制作，节段接头可采用机械接头或焊接接头。

**6.4.3** 钢筋笼用钢筋材料规格应符合设计文件规定，性能符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧光圆钢筋》GB/T1499.2和《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB/T1499.2的规定。

**6.4.4** 型钢骨架应按照现场安装空间尺寸和安装方法进行分节制作，节段接头宜采用焊接接头。

**6.4.5** 型钢材料规格应符合设计文件规定，性能应符合现行国家标准《热轧型钢》GB/T706的规定。

**6.4.6** 型钢切割应符合本规程第6.2.4和6.2.5条的规定。

7 管幕钢管顶进施工

7.1 一 般 规 定

**7.1.1** 管幕钢管顶进施工工艺方法的选择应遵循适用性、可靠性、先进性、经济性的原则，并应依据以下内容进行比选：

**1** 场区工程地质和水文地质条件；

**2** 施工环境及其保护要求；

**3** 场区作业条件；

**4** 管幕钢管直径和施工长度等设计条件；

**5** 管幕钢管施工精度要求；

**6** 管幕钢管施工工艺方法的适用性和设备能力；

**7** 工期条件；

**8** 类似工程施工经验等。

**7.1.2** 管幕钢管顶进设备现场组装完成后应对各系统进行调试并验收。

**7.1.3** 管幕钢管顶进施工应设试验段，并应根据试验情况调整并确定施工参数。

**7.1.4** 排土方式应根据工艺、管径、地层条件、顶进距离等确定。

**7.1.5** 管节长度应满足在工作井或其他操作空间内吊放、安装的要求，并应满足施工工艺要求。

**7.1.6** 管幕顶进位置可结合测量误差、施工工艺、施工误差、施工及工后沉降等因素，沿拟建结构位置外放0mm～100mm。

**7.1.7** 施工过程应控制排土量、管幕钢管姿态和地层变形，应对管幕钢管姿态进行复核测量并及时纠偏。

**7.1.8** 弃土和泥浆处理应符合环境保护要求。

7.2 拉管法施工

**7.2.1** 粉土、粘土、密实砂土等稳定均质地层，埋深浅的卵石、中等硬度的岩石等地层可采用拉管法施工。

**7.2.2** 钻机安装调试应符合下列规定：

**1** 根据施工场地规划，设备宜依次进场就位；
**2** 钻机宜安装在穿越中心线上，锚固件应安装牢固；
**3** 有线控向系统的调校地点应选在不受磁场干扰的区域，调校时探头在同一位置宜多次测量，并应取多次测量值的算术平均值作为方位角基准值；
**4** 设备安装完成后应进行整体试运转，并应确保设备工作正常；
**5** 在条件具备的情况下，应使用人工磁场。

**7.2.3** 钻机场地应符合下列规定：

**1** 小型[水平定向钻](http://www.gdcyjs.com/baike-5.html%22%20%5Ct%20%22_blank)机的安装场地宜为40m×40m，大型[水平定向钻](http://www.gdcyjs.com/baike-5.html%22%20%5Ct%20%22_blank)机的安装场地宜约为60m×60m；

2 安装场地应根据钻机及附属设备的要求，结合现场条件进行布置；
 **3** 钻机场地内应设泥浆池，其大小应根据泥浆用量确定，泥浆池不宜设在穿越中心线上。

**7.2.4** 定向钻施工前应检查下列内容，确认条件具备时方可开始钻进：

**1** 设备、人员应符合下列规定：

**1）**设备应安装牢固、稳定，钻机导轨与水平面的夹角应符合入土角要求；

**2）**钻机系统、动力系统、泥浆系统等应调试合格；

**3）**导向控制系统应安装正确，校核合格，信号稳定；

**4）**钻进、导向探测系统的操作人员应培训合格；

**2** 管道的轴向曲率应符合设计、管材轴向弹性性能和成孔稳定性的要求；

**3** 应按施工方案确定入土角、出土角；

**4** 进、出控制井洞口范围的土体应稳固；

**5** 钻机拖拉力的计算和钻机的选择应符合本规范第5.4.1条的规定；

**6** 回拖管段的地面布置应符合下列规定：

**1）**待回拖管段应布置在出土点一侧，并应沿管道轴线方向组对连接；

**2）**布管场地应满足管段拼接长度要求；

**3）**管段的组对拼接、钢管的防腐层施工、钢管接口焊接无损检验应符合设计规定；

**7** 应根据工程具体情况选择导向探测系统。

**7.2.5** 导向孔钻进应符合下列规定：

**1** 钻机应进行试运转，各部分应运转正常；

**2** 第一根钻杆入土钻进时，应采取轻压慢转的方式，且入土段和出土段应为直线钻进，直线长度宜控制在20m左右；

**3** 钻孔时应匀速钻进，并应控制钻进给进力和钻进方向；

**4** 每进一根钻杆应进行钻进距离、深度、侧向位移等导向探测，曲线段和有相邻管线段应加密探测；

**5** 应保持钻头正确姿态，发生偏差应及时纠正，且应采用小角度逐步纠偏；钻孔的轨迹偏差不应大于终孔直径，超出误差允许范围宜退回进行纠偏；

**6** 应绘制钻孔轨迹平面、剖面图；

**7** 钻导向孔时，钻杆折角宜符合表7.2.7的规定：

表7.2.7 钻杆折角表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 钢管管径（mm） | 每根钻杆最大折角（°） | 4根钻杆累加折角（°） |
| φ325以下 | 2.1 | 6.1 |
| φ377 | 1.7 | 5.7 |
| φ4.6 | 1.6 | 5.4 |
| φ508 | 1.4 | 4.3 |
| φ610 | 1.2 | 3.6 |
| φ711 | 1.1 | 3.0 |
| φ813 | 1.0 | 2.6 |
| φ914 | 0.9 | 2.4 |
| φ1016以上 | 0.8 | 2.2 |

**7.2.6** 扩孔应符合下列规定：

**1** 应从出土点向入土点回扩，扩孔器与钻杆连接应牢固；

**2** 应根据管径、管道曲率半径、地层条件、扩孔器类型等确定一次或分次扩孔方式；分次扩孔时每次回扩的级差宜控制在100～150mm，终孔孔径宜控制在回拖管节外径的1.2～1.5倍；

**3** 扩孔时宜配合扶正器；

**4** 应严格控制回拉力、转速、泥浆流量等技术参数；

**5** 扩孔孔径达到终孔要求后应及时进行回拖管道施工。

**7.2.7** 回拖应符合下列规定：

**1** 应从出土点向入土点回拖；

**2** 回拖管段的质量、拖拉装置安装及其与管段连接等应经检验合格；

**3** 应严格控制钻机回拖力、扭矩、泥浆流量、回拖速率等技术参数，不应硬拉硬拖；

**4** 回拖过程中应有发送装置，发送装置可采用水力发送沟、滚筒管架发送道等形式，并应确保进入地层前的管段曲率半径在允许范围内。

**7.2.8** 定向钻施工的泥浆（液）配制应符合下列规定：

**1** 导向钻进、扩孔及回拖时，应向孔内注入泥浆(液)；

**2** 泥浆(液)的材料、配比和技术性能指标应符合施工方案要求，并应可根据地层条件、钻头技术要求、施工步骤进行调整；

**3** 泥浆(液)应在专用的搅拌装置中配制，并应通过泥循环池使用；从钻孔中返回的泥浆应经处理后回用，剩余泥浆应妥善处置；

**4** 泥浆（液）的压力和流量应按施工步骤分别进行控制。

**7.2.9** 出现下列情况时，应停止作业，待问题解决后方可继作业：

**1** 设备无法正常运行或损坏，钻机导轨、工作井变形；

**2** 钻进轨迹发生突变、钻杆发生过度弯曲；

**3** 回转扭矩、回拖力等突变，钻杆扭曲过大或拉断；

**4** 坍孔、缩孔、

**5** 待回拖管表面损伤；

**6** 遇到未预见的障碍物或意外的地质变化；

**7** 地层、邻近建（构）筑物、管线等周围环境的变形量超出控制允许值。

7.3 夯管法施工

**7.3.1** 除岩石、砾石、砂以外的各种土质可采用夯管法施工。

**7.3.2** 夯管锤顶进力的计算及设备的选择应符合本规范第5.4.2条的相关规定。

**7.3.3** 夯管施工前检查应符合下列规定：

**1** 工作井结构应施工符合设计文件规定，其尺寸应满足单节管长安装、接口焊接作业、夯管锤及辅助设备布置、气动软管弯曲等要求；

**2** 气动系统、各类辅助系统的选择及布置应符合施工方案要求，管路连接结构应安全、无泄漏，阀门及仪器仪表的安装和使用应安全可靠；

**3** 工作井内的导轨安装方向应与管道轴线一致，安装应稳固、直顺；

**4** 成品钢管应质量检验合格；

**5** 连接器与穿孔机、钢管刚性连接应牢固、位置正确、中心轴线一致，第一节钢管顶入端的管靴制作和安装应符合施工方案要求；

**6** 设备、系统应经检验、调试合格；

**7** 滑块与导轨面接触应平顺、移动应平稳；

**8** 进、出洞口范围土体应稳定。

**7.3.4** 夯管施工应符合下列规定：

**1** 第一节管入土层时应检查设备运行工作情况，并控制管道轴线位置；每夯入1m应进行轴线测量，其偏差应控制在15mm以内；

**2** 后续管节夯进应符合下列规定：

**1）**第一节管夯至规定位置后，应将连接器与第一节管分离，并应吊入第二节管进行与第一节管接口焊接；

**2）**后续管节每次夯进前，应待已夯入管与吊入管的管节接口焊接完成，按设计要求进行焊缝质量检验后，方可与连接器及穿孔机连接夯进施工；

**3）**后续管节与夯入管节连接时，管节组对拼接、焊缝和补口等质量应检验合格，并应控制管节轴线，不得偏移、弯曲；

**4）**夯管时，应将第一节管夯入接收工作井不少于500mm，并应检查露出部分管口损伤情况；

**3** 管节夯进过程中应严格控制气动压力、夯进速率，气压应控制在穿孔机工作气压定值内，并应及时检查导轨变形情况以及设备运行、连接器连接、导轨面与滑块接触情况等；

**4** 夯管完成后应进行排土作业，排土方式宜采用人工结合机械方式排土；小口径管道可采用气压、水压方法；排土完成后应进行余土、残土的清理；

**7.3.5** 出现下列情况时，应停止作业，待问题解决后方可继续作业：

**1** 设备无法正常运行或损坏，导轨、工作并变形；

**2** 气动压力超出规定值；

**3** 穿孔机在正常的工作气压、频率、冲击功等条件下，管节无法夯人或变形、开裂；

**4** 钢管夯入速率突变；

**5** 连接器损伤、管节接口破坏；

**6** 遇到未预见的障碍物或意外的地质变化；

**7** 地层、邻近建（构）筑物、管线等周围环境的变形量超出控制值。

7.4 钻进顶管法施工

**7.4.1** 遇到下列条件时，可采用钻进顶管法施工：

**1** 杂填土、填土、粉土、粉质粘土、黏土、新黄土、老黄土、古土壤、软土等各种土质地层，以及最大粒径不宜超过100mm，且不应超过1/3管径的卵石地层；

**2** 无水、少量滞水或潜水地层；

**3** 外径180mm～600mm、壁厚不少于10mm、长度不大于80m的直线管幕钢管顶进施工。

**7.4.2** 施工设备应符合下列规定：

**1** 应为顶进系统、出土系统、支撑系统、走行系统及吊装系统五大系统高度集成的自动化平台；

**2** 顶进系统应为长、短行程双液压系统，并可实现管幕钢管的快速顶进及过程纠偏；

**3** 千斤顶的顶力、行程应满足顶管需要，使用前应进行标定；

**4** 螺旋钻杆起传递钻压、扭矩以及排除土渣的作用，其直径应小于顶进钢管内径20mm为宜，总长及分节长度应与钢管相匹配；

**5** 钻头直径宜略小于管幕钢管内径，并应根据地层条件参照表7.4.2选定；

表7.4.2 钻头类型选择

|  |  |
| --- | --- |
| 地层类别 | 使用的钻头类型 |
| 淤泥质粘土 | 较大掌面的铲形钻头 |
| 软粘土 | 中等掌面的铲形钻头 |
| 砂性土 | 小锥型掌面的铲形钻头 |
| 砂、砾石层 | 镶焊硬质合金钻头 |

注：根据土层软硬的不同，钻头切削具的种类也不一样。

**7.4.3** 顶进设备安装应符合下列规定：

**1** 平台轨道应采用型钢制作，安装基础应稳固，在顶进中承受各种负载时不应产生位移、沉降和变形；

**2** 平台应利用定位液压自锁油缸精准调整平台至设计高度，经测量复核水平后再顶进侧向油缸使平台固定牢靠，并应在施工中经常检查校核；

**3** 千斤顶的规格和数量应根据实际需要的顶力、后背墙允许顶力及管节允许顶力确定；

**4** 顶进系统千斤顶与后背墙之间应设置后座垫铁，后背墙的强度应按其承受的最大顶力设计计算；

**5** 后座垫铁与后背墙应密贴，并应与管幕轴线垂直，垂直度允许误差应不大于5mm/m。

**7.4.4** 管口定位应符合下列规定：

**1** 校检控制桩位后，应测放出每根管幕的准确位置并按编号标记；

**2** 管口位置初支应人工分段破除，分段长度应符合设计规定；

**3** 洞口破除范围应比管幕外径略大。

**7.4.5** 钢管顶进施工应符合下列规定：

**1** 应采用“欠土”顶进，螺旋出土器前端宜落后钢管前端两倍管径以上距离；

**2** 钢管顶进过程应统计顶进速度与出土量，应使两者协调一致，并应保证顶进、切削与出土同时进行，实际出土量宜控制在理论出土量的98%～100%；

**3** 钢管顶进顺序应根据锁扣型式确定，并应符合设计规定；

**4** 首节钢管端头应采用内坡口，常规管首节公扣端头应焊接铲土板；

**5** 应避免由于停止顶管时间过长出现“抱管”现象；

**6** 应按设计要求严格控制钢管的顶进精度，并应避免频繁纠偏带来的土体损失。

**7.4.6** 顶管方向控制应符合下列规定：

**1** 应定期对油缸进行校核、对平台进行检查；

**2** 宜采用“激光成像仪”过程中管幕前端姿态实时观测；

**3** “有线导向仪”过程中管幕前端竖向偏差实时精准量测。

**4** 应采用“全站仪”进行最终三维坐标测定。

**7.4.7** 顶进过程应连续作业，如遇下列情况之一时，应暂停顶进，及时处理：

**1** 开挖面前遇到障碍；

**2** 后背墙变形严重；

**3** 顶推力异常；

**4** 钻机或平台移位；

**5** 设备发生异常；

**6** 管位偏差过大且纠偏无效；

**7** 对作业影响范围内的建（构)筑物、地下管线或地面沉降等监测数据超过预警值；

**8** 地层出现实质性异常；

**9** 顶进过程中应检查并记录千斤顶顶力、钢管进尺、钢管轴线偏差等顶进数据。

**7.4.8**  宜采用辅助油缸和楔形钻头进行纠偏，并应遵循“勤测量、勤纠偏、微纠偏”的原则。

7.5 机械顶管法施工

**7.5.1** 淤泥质黏土、黏土、粉土及砂土、软岩等地层可采用机械顶管法施工，下列地层中不宜采用机械顶管法施工：

**1** 标贯击数小于2的软土层；

**2** 花岗岩球状风化强烈的土层；

**3** 地下水位以下且粒径大于50mm以上的卵砾石地层。

**7.5.2** 顶管设备的选型应根据工程地质条件、水文地质条件、周边环境条件、顶进长度、覆土深度、顶进线型、顶进力等因素综合确定，宜采用土压平衡式顶管机或泥水平衡式顶管机，直径800mm以上的管幕钢管顶进施工宜采用机械顶管法施工

**7.5.3** 机械顶管法钢管的选用应符合下列规定：

**1** 钢管的材质、外径、内径、管间距应符合顶管设计文件规定；

**2** 钢管的接口连接形式和管间连接形式应符合顶管设计文件规定；

**3** 每节钢管长度应满足在工作井内吊放、安装的要求。

**7.5.4** 机械顶管法管幕钢管施工前应完成下列验收工作：

**1** 地下管线和障碍物情况应已查明，地面和地下既有障碍物应已清除，穿越铁路、高速公路、轨道交通等重要建（构）筑物应已完成进行探测试验；

**2** 顶管工作井洞口施工影响范围内的土层应已进行预加固处理，加固处理后的土体强度和渗漏水情况应符合施工方案的规定；

**3** 工程所用的管材、构配件和施工材料应已进入施工现场，并应完成进场验收；

**4** 顶管设备、辅助配套装备等设备应已完成进场验收，并应完成单机、整机联动调试；

**5** 施工测量、导向测控专用设备及仪器应已完成计量检定。

**7.5.5** 机械顶管法钢管施工应符合下列规定：

**1** 顶管始发和接收预留洞口的位置、几何尺寸、封堵方式应符合设计文件和施工方案的规定；

**2** 管幕钢管安装时，应确保接口连接紧密，并应满足顶管掘进及防水要求；

**3** 顶管施工过程中应控制掘进量与出泥量（或出土量）的平衡；

**4** 顶进施工中应向管外壁与土体间压注触变泥浆进行减阻；

**5** 当采用土压平衡式顶进施工时宜对开挖面土体进行改良；

**6** 顶管贯通后应向管外壁注入土体固结浆液置换管外壁的触变泥浆；

**7** 应根据管幕钢管一次顶进长度，估算总顶进力、管材允许承载力或后靠背反力装置所允许的最大荷载计算确定中继间设置的位置和数量；

**8** 顶管掘进过程中应严格控制顶管掘进姿态和掘进速度，并应根据监测数据及时调整掘进参数并及时纠偏；

**9**  当管幕邻近或近距离穿越地下管线或建（构）筑物时，应适当降低顶管机掘进速度。

**7.5.6** 机械顶管法施工的总顶力应按下式计算：

 （7.5.6-1）

 （7.5.6-2）

 （7.5.6-3）

式中：*F*——顶管顶进施工总顶力（kN)；

F1——顶管机的迎面阻力（kN)；

F2——顶管总摩擦阻力（kN）；

D——管道的外径（m）；

L——顶管顶进施工长度（m）；

P——顶管机截面中部的压力（kN /m2）。对于泥水平衡顶管取顶管机截面中部的地下水压力，对于土压平衡顶管取顶管机截面中部的主动土压力和水压力之和；

f——管节与土体接触面的摩阻力（kN /m2）。宜通过试验确定f值，对于采用触变泥浆减阻技术正常顶进时宜按下表7.5.6选用；对于长时间停止顶进时，该系数应按土层情况增加到原来的1.5~3倍。

表7.5.6 钢管幕外壁与土体接触面的平均摩阻力（kN /m2）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 类别 | 黏性土 | 粉土 | 粉、细砂土 | 中、粗砂土 |
| 钢管幕与土体 | 3.0~4.0 | 4.0~7.0 | 7.0~10.0 | 10.0~13.0 |

**7.5.7**  管幕钢管的允许顶力应按下式计算：

 (7.5.7)

式中：N——管材允许顶力（kN)；

Fc——管材的纵向抗压设计强度（MPa)；

Ao——管材环向最小截面面积（m²）；

η——管材的折减系数，钢管管材取0.5。

**7.5.8** 机械顶管法施工宜连续作业，当出现下列情况时，应停止顶进，及时处理：

**1** 顶管机遇障碍；

**2** 井壁结构破坏或反力墙严重变形；

**3** 设备损坏或故障；

**4** 管幕轴线偏差过大或纠正无效；

**5** 顶力突变超过管幕管材的允许顶力；

**6** 对作业影响范围内的建（构）筑物、地下管线、地面沉降等监测数据超过预警值。

7.6 管幕钢管连接

**7.6.1** 管幕钢管宜采用焊接连接，焊缝宜采用单面对接焊V形坡口（带钝边），其参数及质量要求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/T985.1、《钢结构焊接规范》GB50661的有关规定。

**7.6.2** 相邻管幕钢管应错缝连接，接缝宜位于相邻管幕钢管中间位置。

**7.6.3** 管幕锁扣、注浆管等辅助构件应与钢管同步连接。

**7.6.4** 管幕钢管连接还应符合下列规定：

**1**  钢管连接坡口应在工厂车床精准加工，并应保证坡口质量；

**2**  应将坡口及其内外侧表面不小于10mm范围内清除干净，不应有夹层、裂纹、损伤、毛刺及火焰切割熔渣等缺陷；

**3** 应在孔口及顶管机前端（接近孔口处）各设置钢管固定托架，并应控制相邻钢管的错边量不大于2.0mm，管外应辅以靠尺及水平管、地质罗盘进行对位控制；

**4** 顶进后的管节端部外露不应小于0.3m；

**5** 管节之间应采用等强焊接连接，相邻钢管焊缝应错开1.0m以上布置。

**7.6.5** 钢管切割、焊接过程中应做好洞内通风，并应做好安全、防火、环保工作。

7.7 施工测量

**7.7.1** 施工过程中应对管幕钢管姿态进行测量，内容应包括地面控制测量、联系测量、地下控制测量、管幕施工测量。

**7.7.2** 施工中应建立地面与地下测量控制系统；工作井开挖至操作平台位置时，应采用联系测量方法，将平面和高程数据传入井下控制点，并应满足设备设施安装及管幕钢管作业要求。

**7.7.3** 钢管顶进方向与设计轴线偏差应符合设计文件规定，可设置激光成像仪、激光定向仪等自动测量设施，作为测量导向设备。

**7.7.4** 在施工中应对以下参数进行测量，并应及时对测量控制基准点进行复核，发生偏差时应及时纠正：

**1** 顶进方向的垂直偏差；

**2** 顶进方向的水平偏差；

**3** 管端的转动角度；

**4** 管端相对管口倾角；

**5** 钢管顶进长度；

**6** 钢管整体姿态。

**7.7.5** 在安装测量装置时（如激光导向仪），所用的测量仪器应与操作平台、工作井的井底和井壁分开。

**7.7.6** 管幕钢管施工过程中，每次测量前应对工作内的测量控制基准点进行复核，发生工作井位移、沉降、变形时应及时对基准点进行调整。

**7.7.7** 初始顶进前、正常顶进和到达顶进应由人工测量复核顶管机自动测量系统准确度。人工复核应测量管道高程、中心线位置、顶进距离。

**7.7.8** 管幕钢管顶进前应测定管端轴线和标高，顶进施工中的原始数据记录应连续、真实、完整。

**7.7.9** 每根管幕钢管顶进结束后，应进行姿态测量，并应绘制轨迹图，应包含管幕钢管高程、方向、顶进力曲线等。

7.8 导向控制与纠偏

**7.8.1** 管幕钢管施工导向控制与纠偏应符合下列规定：

**1** 在不同的地层中顶进、不同的施工方式应采用不同的导向控制方法和纠偏方法；

**2** 管幕钢管根据形状不同既有水平偏差也有垂直偏差，宜先纠正一个方向的偏差，完成后，再对另一个方向进行纠偏操作；

**3** 若施工中偏差超过质量标准、纠偏操作目标难以实现时，应暂时停止作业。

 **7.8.2**管幕拉管法施工导向控制与纠偏应符合下列规定：

**1** 管幕拉管法施工前应先进行导向孔钻进，并应按设计轨迹参数进行控制，应及时将测量数据与设计轨迹进行对比；

**2** 对于距离短、埋深浅、电磁干扰弱、地面有通行条件的穿越工程，宜采用无缆式导向仪进行导向钻进，反之宜采用有缆式导向仪进行导向钻进；

**3** 应根据工程实际情况选择导向钻具组合和导向探测系统；

**4** 穿越地下管线或调整导向轨迹等节点段导向时应加密轨迹控制点；

**5** 管幕钢管直径大于DN800mm的导向孔轨迹控制点的间距不应大于5m；

**6** 导向孔钻进纠偏应平缓，避免出现较大的转角；

**7** 管幕钢管进入钻孔时应确保钢管轴线与钻孔轴线在出土端的延长线重合，避免管幕与钻孔形成夹角。

**7.8.3**管幕夯管法施工导向控制与纠偏应符合下列规定：

**1** 夯管法施工宜采用水平钻机导向成孔，导向仪器应严格遵守相关使用技术规程控制导向精度；

**2** 导向钻孔应严格按照设计轨迹施工；

**3** 夯进施工中应严格控制孔位轴线，当出现与设计轴线有偏差时，应及时进行纠偏，并应遵循“勤纠少纠”的原则；

**4**  正常夯进前应测量管幕钢管中心线的偏差，夯进结束后应进行贯通测量；

**5** 夯管过程中应随时观察管幕行进状况，当出现管幕异常、超出允许偏差时，应停止夯进、查明原因，处理后方可继续施工。

**7.8.4** 管幕钻进顶管法施工导向控制与纠偏应符合下列规定：

**1** 钻进顶管法管幕钢管施工宜采用光学导向系统；

**2** 导向钻杆宜采用八方套的形式连接，并应在连接处插入特质连接销进行加固；

**3** 当导向钻头发生偏移时，目标靶的中心点和瞄准光束的十字丝中心点不重合，可旋转导向钻头使导向钻头的斜面向着偏斜的方向，随后可继续顶进导向钻杆，并宜随转随纠。

**7.8.5**管幕机械顶管法施工导向控制与纠偏应符合下列规定：

**1** 机械顶管法宜采用激光导向控制系统和液压纠偏系统。

**2** 顶管始发掘进和接收掘进时应提前测量顶管机位置和姿态，并将测量数据及时反馈进行调整；

**3** 掘进过程中应对顶管水平轴线、高程、偏转、顶管机姿态等进行测量；

**4** 应遵循“勤测量、勤纠偏、微纠偏”的原则，应控制顶管机前进方向和姿态，并应根据测量结果分析偏差产生的原因和发展趋势，确定纠偏的措施；

**5** 起始纠偏位置和纠偏量应根据土质、管幕及顶管机的特点设定，纠偏角度不宜大于0.5°；

**6** 当偏差稳定在±3mm/m时，应停止纠偏；

**7** 纠偏应在管道推进和刀盘旋转的过程中进行。

8 管幕钢管填充

8.1 一 般 规 定

**8.1.1** 管幕钢管填充应在管幕顶（托、夯）进到位验收合格后进行。

**8.1.2** 管幕钢管内骨架根据设计要求设置，可采用钢筋笼或内插型钢。

**8.1.3** 管幕钢管填充材料应符合设计文件规定。

8.2 钢管内骨架制作及安装

**8.2.1** 钢筋笼骨架安装主要包括钢筋笼节段起吊就位、孔口接头连接、牵引安装完成并定位。

**8.2.2** 钢筋笼对接接头可采用焊接接头或机械连接接头，除采用一级机械接头外，接头相邻主筋接头应错开35d且不小于500mm。

**8.2.3** 钢筋笼骨架应采用圆形保护层垫块，保护层垫块可兼作钢筋笼拖拉滑块。

**8.2.4** 钢筋笼应逐段连接，宜采用葫芦及牵引绳逐段牵引到位。

**8.2.5** 型钢骨架接头可采用焊接连接或螺栓连接，接头连接应符合设计规定。

**8.2.6**  型钢骨架逐段连接完成后宜采用液压油缸、葫芦或牵引绳逐段牵引或推拉到位。

8.3 管幕钢管填充

**8.3.1** 钢管填充注浆应采用后退式反压灌注法灌注，管口设置封堵板、灌浆孔、溢浆孔或排气孔，并控制灌浆压力。

**8.3.2** 封孔钢板与钢管端面应满焊（单面角焊缝），焊缝应符合设计文件规定；封孔钢板上应预留压浆孔及混凝土灌注孔，压浆孔直径应不小于25mm，混凝土灌注孔直径应不小于150mm。

**8.3.3** 压浆管可采用两通无缝钢管，水平方向为注浆孔、竖直方向为排气管（观察孔）。

**8.3.4** 钢管内注浆应符合下列规定：

1 管内注浆应采用水泥浆，水灰比应符合按设计规定；

2 应从注浆孔注入水泥浆液（水泥砂浆），流至钢管末端，钢管填充满后浆液从排气管中溢出；

3 关闭排气管阀门，进行一定压力条件下的补注浆注浆压力0.3~0.5MPa，保证管内充盈和浆液饱满；

4 一次注浆完毕后，可根据需要在24小时后进行管内二次补浆；

5 注浆浆液（水泥砂浆）应按要求留置强度试块。

**8.3.5** 管内填充混凝土应采用无收缩自密实混凝土，混凝土配合比、原材料应符合设计规定。

**8.3.6** 填充混凝土时，灌注管设置应在钢管低端、排气管设置应在钢管高端，单根管混凝土应连续灌注完成，灌注过程中混凝土应按要求留置强度试块。

**8.3.7** 无接收管幕钢管内采用混凝土填充应在管内设置灌注导管由内而外填充，并应符合下列规定：

**1** 灌注导管宜选用无缝钢管或PPR上水管，导管管径宜为管幕钢管管径的0.2~0.3倍，壁厚不应小于4mm；

**2** 灌注长度≤30m时，导管插入长度宜为管幕长度的65~75%，可采用后退式或埋入式填充灌注；

**3** 灌注长度＞30m时，导管长度宜为管幕长度的75~85%，宜采用后退式灌注，后退长度不应小于管幕钢管长度的40~50%；

**4** 管幕管口上方应设置排气管，排气管高度不应小于10cm，管径不应小于50mm，排气管不应安装阀门；

8.4 管幕钢管壁后注浆

**8.4.1** 钢管壁后注浆应紧跟工作面进行，管幕钢管壁后注浆应确保钢管顶进后周边地层空隙及时填充。

**8.4.2** 应利用焊接于管幕钢管外侧的注浆管进行注浆，注浆应为渗透充填注浆、浆液配合比、注浆压力、注浆量应符合设计规定。

**8.4.3** 钢管壁后注浆应通过实验确定注浆参数，注浆前应对管口周围有效封堵止浆，应采用低压反复多次注浆方式，注浆量不宜小于理论注浆量的1.2倍。

**8.4.4** 注浆管注浆孔打设宜为注浆管管径的0.2~0.3倍，纵向间距宜为1.5~2m，环向打设应不少于3个，梅花形布置。

**8.4.5** 注浆过程应做好注浆记录。

9 施工监测

9.1 一 般 规 定

**9.1.1** 施工前应根据设计文件、施工环境、工程地质和水文地质条件等编制监测专项方案；施工中应依据专项方案进行监测，并应根据监测结果指导施工。

**9.1.2** 施工过程中应根据监测方案中监测频率的要求，并应结合施工进度及时进行现场监测和巡查，必要时可提高监测和巡查频率。

**9.1.3** 监测数据和巡查信息应真实、准确、完整；监测数据及巡查信息应及时整理、分析，评价工程安全状况，编制成果报告，并应及时反馈参建相关方。

**9.1.4** 管幕法施工监测应与相对应的土方和结构工程施工监测相结合。

**9.1.5** 管幕法施工监测除应符合本章规定外，还应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB50497及《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911的规定。

9.2 监测项目及要求

**9.2.1** 工作井结构施工期监测应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB50497的规定；其他洞室结构施工期监测应符合现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911的规定。

**9.2.2** 管幕结构施工期监测应符合下列规定：

1 管幕结构施工期监测项目除应对本规程第9.2.1条规定的监测项目继续进行监测外，尚应符合表9.2.2的规定，并应符合设计规定；

表9.2.2 管幕结构施工期监测项目

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 监测项目 | 监测要求 |
| 1 | 巡视检查 | 应检 |
| 2 | 管幕结构四周土体深层水平位移 | 选测 |
| 3 | 管幕结构四周地下水水位 | 应测 |
| 4 | 管幕结构四周土体分层竖向位移 | 选测 |
| 5 | 管幕结构上方地表竖向位移 | 应测 |
| 6 | 管幕结构临近建（构）筑物竖向位移 | 应测 |
| 7 | 管幕结构临近建（构）筑物水平位移 | 选测 |
| 8 | 管幕结构临近建（构）筑物倾斜 | 选测 |
| 9 | 管幕结构临近建（构）筑物裂缝 | 应测 |
| 10 | 管幕结构临近地下管线~~水平及~~垂直位移 | 应测 |
| 11 | 钢管管壁应力 | 选测 |
| 12 | 钢管内净空收敛 | 应测 |
| 13 | 切口支撑钢管应力 | 选测 |

**2** 钢管顶进过程中，宜按设计文件规定的间距在钢管内同一断面上布置纵向监测点和环向监测点，对钢管管壁应力进行实时监测，顶进完成后，宜利用顶进过程中布置的环向监测点继续进行监测。

**3** 钢管顶进完成时，应在钢管内同一断面上对称布置钢管净空收敛监测点，并应取得初始值。

**4** 钢管切割、焊接及切口支撑过程中，宜对切口支撑钢管的受力进行监测。当采用轴力计进行监测时，应保证轴力计的轴线与支撑钢管轴线一致；采用应力计和应变片进行监测时，应考虑支撑钢管在不同侧面的受力不均匀性。

**5** 各监测项目应在同一断面上布置，测站数量和断面间距在满足设计要求的基础上，应选择受力、变形较大且有代表性的位置。

**6** 钢管内骨架安装时，应把钢管内的监测元件电缆拉至或接长至管口位置并做好保护。

**9.2.3** 管幕结构在洞室开挖及内部结构施工期除应对本规程第9.2.1条和表9.2.2中的监测项目继续进行监测外，尚应根据表9.2.3增加监测项目，并应符合设计规定。

表9.2.3 洞室开挖及内部结构施工期监测项目

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 监测项目 | 监测要求 |
| 1 | 巡视检查 | 应检 |
| 2 | 管幕结构拱顶下沉 | 应检 |
| 3 | 管幕结构净空收敛 | 应检 |
| 4 | 管幕结构内力 | 选测 |
| 5 | 支撑轴力 | 应检 |

9.3 监测点布设及监测频率

**9.3.1** 施工监测基准点、工作基点的布设应符合下列规定：

1 基准点应布设在施工影响范围以外的稳定区域，每项监测工程基准点的埋设数量：竖向位移观测点不应小于3个，水平位移观测点不应小于4个；

2 当基准点距监测工程较远时，宜设置工作基点；

3 基准点和工作基点应在工程施工前埋设，并应埋设在相对的稳定土层内，经观测确认其稳定后方可使用；

4 监测期间，基准点应定期复测，当使用工作基点时应与基准点进行联测。

**9.3.2** 监测点宜采用工作井、隧道或其他地下结构等土建施工时的同一点位。

**9.3.3** 监测点应在施工具备条件时布设，并取得初始值。

**9.3.4** 喷锚工作井监测点布设及监测频率应符合表9.3.4的规定。

表9.3.4 锚喷工作井监测点布设及监测频率

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 监测类别 | 监测点布设 | 监测频率 |
| 1 | 地质状况描述及支护观察 | 应测 | — | 施工过程每天进行 |
| 2 | 竖井圈梁水平位移 | 选测 | 锁口圈周边 | 施工过程中2次/d；竖井开挖两周内，1次/d；开挖3周~4周，2次/周；开挖4周以后到二衬完成前，1次/周。 |
| 3 | 竖井圈梁沉降 | 应测 | 锁口圈周边 |
| 4 | 竖井井壁收敛 | 应测 | 竖井井壁周边3m一个断面 |
| 5 | 临时支撑变形 | 应测 | 2个点/单根支撑 |
| 6 | 竖井周边地表沉降 | 应测 | 锁口圈开挖范围外5m~10m范围 |
| 7 | 格栅钢筋应力 | 选测 | 每开挖5m选一个断面，每个断面取5个~10个测点，视断面尺寸定 | 竖井封底初始顶进前2次/d；顶进10m后2次/轴，竖井二衬前1次/周 |
| 8 | 影响范围内的建（构）筑物变形、沉降观测 | 应测 | — | 同竖井圈梁沉降 |

**9.3.5** 其他结构工作井监测项目及监测频率应符合表9.3.5的规定。

表9.3.5 其他结构工作井监测点布设及监测频率

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 监测项目 | 监测类别 | 监测点布设 | 监测频率 |
| 1 | 地质状况描述及支护观察 | 应测 | — | 施工过程中每天进行 |
| 2 | 井周边地表沉降 | 应测 | 桩、连续墙等结构外皮5m~10m范围 | 1）施工过程中2次/d；2）井开挖后2周内，1次/2d；3）开挖后3周~4周，2次/周；4）开挖4周以后到二村完成前，1次/周。 |
| 3 | 桩、连续墙等围护结构顶水平位移和垂直位移 | 应测 | 沿工作井长边设置不少于2个、短边设置不少于1个主测断面，在桩顶设置测点 | 1）工作井开挖期间，开挖深度≤5m时1次/3d；2）5m <开挖深度≤10m时1次/2d；3）10m < 开挖深度≤15m时1次/1d；4）开挖深度 > 15m时，2次/d；5）工作井开挖完成以后，1d ~ 7d，1次/d；6）7d ~ 15d，1次/2d；15d ~ 30d，1次/3d；7）30d以后，1次/周；8）经数据分析确认达到基本稳定后，1次/月。 |
| 4 | 井壁收敛 | 应测 | 井结构的长、短边中点，沿竖向3m~5m高一个监测断面，每个监测断面不少于2条测线 |
| 5 | 围护结构变形 | 应测 | 沿工作井长边设置不少于2个、短边设置不少于1个主测断面，在桩顶设置测点 |
| 6 | 支撑轴力 | 选测 | 全面监测，测点一般布置在支撑的端部或中部，宜同时监测端部和中部的沉降和位移 |
| 7 | 应力影响范围内的（构）筑物变形、沉降 | 应测 | — | 1）施工过程中2次/d；2）井开挖后2周内，1次/2d；3）开挖后3周~4周，2次/周；4）开挖4周以后到二衬完成前，1次/周。 |

**9.3.6** 在隧道内进行管幕钢管顶进施工监测项目及监测频率应符合表9.3.6的规定。

表9.3.6 隧道内监测点布设及监测频率

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 监测项目 | 监测类别 | 监测点布设 | 监测频率 |
| 1 | 隧道内外观察 | 应测 | — | 施工过程中每天进行 |
| 2 | 地表沉降或隆起 | 应测 | 10m ~30m一个监测断面 | 顶进过程中，（1~2）次/d |
| 3 |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |
| 5 | 土体分层沉降 | 选测 | 每个代表性地段1个~2个监测断面 | 顶进过程中，（1~2）次/d |
| 6 | 建（构）筑物变形和沉降监测 | 应测 | 符合一般规定要求 | 穿越过程中2次/d，穿越后2周内1次/d；2周~1月1次/周。 |

**9.3.7** 当出现下列情况之一时，应加强监测，提高监测频率，并应及时向相关单位报告监测结果：

**1** 监测数据达到报警值；

**2** 监测数据变化量较大或速率加快；

**3** 存在勘察中未发现的不良地质条件；

**4** 邻近的建（构）筑物、地下管线、周边地面出现异常。

9.4 监测控制值与预警

**9.5.1** 监测项目控制值应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB50497及《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911的规定。

**9.5.2** 施工引起的变形控制应符合下列规定：

**1** 工作井、洞室沉降及控制值应符合表9.5.2-1的规定。

表9.5.2-1 工作井沉降及控制值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 控制值（mm） | 位移平均速率位移控制值（mm/d） | 最大速率控制值（mm/d） |
| 1 | 10 | 2 | 5 |

注：位移平均速率为任意7d的位移值，位移最大速率为任意1d的最大位移值。

**2** 地表变形及控制值应符合表9.5.2-2的规定。

表9.5.2-2 地表变形及控制值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 变形 | 控制值（mm） | 位移平均速率位移控制值（mm/d） | 最大速率控制值（mm/d） |
| 1 | 地表下沉 | 20 | 2 | 5 |
| 2 | 地表隆起 | 10 | 1 | 2.5 |

注：位移平均速率为任意7d的位移值，位移最大速率为任意1d的最大位移值。

**9.5.3** 监测预警标准和预警等级应根据工程特点、监测项目控制值及当地施工经验等确定。

**9.5.4** 当监测数据达到预警标准或实测变形值大于允许变形的2/3时，应进行警情报送。

**9.5.5** 预警管理制度应根据监测预警等级和预警标准制定，预警管理制度应包括不同预警等级的警情报送对象、时间、方式和流程。

**9.5.6** 当现场巡查过程中发现下列警情之一时，应根据警情紧急程度、发展趋势和造成后果的严重程度按预警管理制度进行警情报送：

**1** 周边地表出现突然明显沉降（隆起）或较严重的突发裂缝、坍塌；

**2** 建（构）筑物等周边环境出现危害正常使用功能或结构出现过大变形、沉降、倾斜或裂缝等；

**3** 周边地下管线变形明显增长或出现裂缝、泄漏等；

**4** 隧道结构出现明显变形、较大裂缝、较严重漏水：

**5** 根据工程经验判断可能出现的其他警情。

9.5 数据处理与信息反馈

**9.5.1** 监测项目的允许变形值应根据工程要求确定，并应按不同预警分级上报有关单位。

**9.5.2** 监测数据应结合施工经验和现场环境状况定期进行分析，并应绘制变形时态曲线图。

**9.5.3** 时态曲线回归分析宜选择与实测数据拟合较好的函数，并应对变形趋势进行预测。

**9.5.4** 监测成果应包括现场监测资料、计算分析资料、各种曲线图表和文字报告等，资料应完整、清晰。

**9.5.5** 管幕法应采用信息化施工，项目建设相关方应根据监测反馈信息及时采取相应措施。

**9.5.6** 监测数据应进行综合分析和处理，并应编制监测日报、周报或月报，监测项目完成后应编制分析总结报告。

**9.5.7** 监测完成后应及时向有关单位提供阶段性监测成果。

**9.5.8** 工程竣工或监测工作完成后应提供监测技术总结报告。

10 质量验收

10.1 一 般 规 定

**10.1.1** 施工现场应具有健全的质量管理体系，应有相应的施工技术标准。

**10.1.2** 工程中使用的原材料的检验、施工过程的质量控制的检验、工程质量验收程序和组织应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300的规定。

**10.1.3** 工程质量验收应划分为子分部工程、分项工程和检验批。

**10.1.3** 管幕法结构施工的子分部工程、分项工程、检验批划分应符合表10.1.3的规定。

表10.1.3 子分部工程、分项工程、检验批划分

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 子分部工程 | 分项工程 | 检验批 |
| 管幕法支护结构 | 钢管及附件制作 | 每孔位 |
| 钢管拉管法施工 | 每孔位 |
| 钢管夯管法施工 | 每孔位 |
| 钢管钻进顶管法施工 | 每孔位 |
| 钢管机械顶管法施工 | 每孔位 |
| 管内骨架制作安装 | 每孔段 |
| 钢管填充 | 每孔段 |
| 钢管壁后注浆 | 每孔位 |
| 施工测量 | 每施工段 |
| 监控量测 | 每一监测断面 |

**10.1.4** 检验批验收应包括下列内容：

**1** 对工程实体和原材料、构配件和设备的实物检查。

**2** 工程实体和原材料、构配件和设备的资料检查。

**10.1.5** 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应全部合格；

**2** 一般项目的质量经抽样检验应合格；当采取计数检验时，一般项目的合格点率应达到80%以上，且不合格点的最大偏差值不应大于规定允许偏差的1.5倍，钢结构工程不合格点的最大偏差值不应大于规定允许偏差的1.2倍；

**3** 应具有完整的施工操作依据、质量验收记录。

**10.1.6** 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均应符合合格质量的规定。

**2** 分项工程所含的检验批的质量验收记录应完整。

**10.1.7**子分部工程质量验收合格应符合下列规定：

**1** 子分部工程所含分项工程的质量均应验收合格。

**2** 质量控制资料应完整。

**3** 子分部工程有关安全及功能的检验和抽样检测结果应符合有关规定。

**4** 观感质量验收应符合要求。

**10.1.8** 管幕法施工质量验收记录宜按下列规定填写：

**1** 检验批质量验收记录宜按本标准附录A填写；

**2** 分项工程质量验收记录宜安本标准附录B填写；

**3** 子分部工程质量验收记录宜安本标准附录C填写。

**10.1.9** 管幕法施工质量验收应按检验批、分项工程、子分部工程的顺序进行验收。

**10.1.10** 管幕钢管顶进施工中采用拉管法、夯管法施工的工程质量验收除应符合本章规定外，还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的规定。

**10.1.11** 工程测量的质量验收，应符合现行国家标准《工程测量通用规范》GB 55018、《工程测量标准》GB50026和《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308的规定。

**10.1.12** 工程监控量测的质量验收，应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB50497和《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911的规定。

10.2 钢管及附件制作

Ⅰ 主控项目

**10.2.1** 管幕用管材、型材的品种规格性能应符合国家现行标准《热轧型钢》GB/T706、《结构用无缝钢管》GB/T8162、《结构用直缝埋弧焊接钢管》GB/T30063的规定并符合设计文件规定。型材和管材进场时，应按国家现行标准的规定抽取试件且应进行屈服强度、抗拉强度、伸长率检验，检验结果应符合国家现行标准的规定。

检验数量：质量证明文件全数检查，取样复检以同一牌号、同一质量、同一质量等级、同一规格、同一交货条件的钢材、每180t为1批，不足180t按1批计，每个检验批取一组进行检验。

检验方法：检查质量证明文件、检查抽样检验报告。

**10.2.2** 管幕用管材、型材加工过程中钢材切割面应无裂纹、夹渣、毛刺和分层。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察或用放大镜，有疑义时应进行渗透、磁粉或超声波探伤检查。

Ⅱ 一般项目

**10.2.4** 钢管及附件的型材、管材截面尺寸、厚度及允许偏差应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205的规定。

检验数量：每批同一品种、规格的型材或管材抽检10%，且不应小于3根，每根检测3处。

检验方法：用钢尺、游标卡尺及超声波测厚仪量测。

**10.2.5** 管幕管材、型材切割采用气割切割的允许偏差应符合表10.2.5的规定。

表10.2.5 气割的允许偏差

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 允许偏差（mm） |
| 构件长度、宽度 | ±3.0 |
| 切割面平面度 | 0.05t，且不大于2.0 |
| 割纹深度 | 0.3 |
| 局部缺口深度 | 1.0 |

检验数量：按切割面数抽查10%，且不应少于3个。

检验方法：观察检查或用钢尺、塞尺检查。

**10.2.6** 管幕管材焊缝坡口的允许偏差应符合表10.2.6的规定。

表10.2.6 焊缝坡口的允许偏差

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 允许偏差（mm） |
| 坡口角度 | ±5度 |
| 钝边 | 0.05t，且不大于2.0 |

检验数量：按加工面数抽查10%,且不应小于3个。

检验方法：实测检查。

**10.2.7** 管幕钢管所有焊缝尺寸及外观质量应符合《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205的规定。

检验数量：每批抽查焊缝数量10%，不应少于1条，每条应抽查1处，总抽查数不应少于10处。

检验方法：观察检查或使用放大镜、焊缝量规和钢尺检查。

10.3 管幕钢管拉管法施工

**10.3.1** 管节组对拼接的质量应符合《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268标准中的规定。

Ⅰ 主控项目

**10.3.2** 管道预水压试验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的规定，管道预水压试验应合格。

检验数量：全数检查。

检验方法：接口逐个观察；检查焊接检验报告和管道预水压试验记录。

**10.3.3** 管段回拖后的线形应平顺、无突变、变形现象，实际曲率半径符合设计文件规定。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察；检查钻进、扩孔、回拖施工记录、探测记录。

Ⅱ 一般项目

**10.3.4** 拉管法施工管道的允许偏差应符合表10.3.4的规定。

表10.3.4 拉管法施工管道的允许偏差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 检查项目 | 允许偏差（mm） | 检查数量 | 检查方法 |
| 范围 | 点数 |
| 1 | 入土点位置 | 平面轴向、平面横向 | 20 | 每入出土点 | 各1点 | 用经纬仪、水准仪测量、用钢尺量测 |
| 垂直向高程 | ±20 |
| 2 | 出土点位置 | 平面轴向 | 500 |
| 平面横向 | 1/2倍D |
| 垂直向高程 | 压力管道 | ±1/2倍D |
| 3 | 管道位置 | 水平轴线 | 1/2倍D | 每节管 | 不少于1点 | 用导向探测仪器检查 |
| 管道内底高程 | 压力管道 | ±1/2倍D |

注：D为管道内径（mm）。

10.4 管幕钢管夯管法施工

**10.4.1** 钢管组对拼焊接的质量应符合本规程第10.3.1条的规定。

Ⅰ 主控项目

**10.4.2** 管道预水压试验应符合本规程第10.4.2条的规定

**10.4.3** 管道线形应平顺、无变形、裂缝、突起、突弯、破损现象。

**10.4.4** 管道应无明显渗水现象，其中渗漏水程度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标准中的规定。

Ⅱ 一般项目

**10.4.5**  钢管内应清理干净，无杂物、余土、污泥、油污等。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察；检查施工记录。

**10.4.6** 分出的管节附着紧密，无明显划伤、破损等现象。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察；检查施工记录。

**10.4.7** 夯入的起始管节，其轴向水平位置、管中心高程的允许偏差应控制在土20mm范围内。

检验数量：全数检查。

检验方法：用经纬仪、水准仪测量；检查施工记录。

**10.4.8** 夯管贯通后管道的允许偏差应符合表10.4.8的规定。

表10.4.8 夯管贯通后的管道的允许偏差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 检查项目 | 允许偏差(mm) | 检查数量 | 检查方法 |
| 范围 | 点数 |
| 1 | 轴线水平位移 | 80 | 每节管 | 1点 | 用经纬仪测量或挂中线用钢尺量测 |
| 2 | 管道内底高程 | D＜1500 | 40 | 用水准仪检测 |
| D≥1500 | 60 |
| 3 | 相邻管间错口 | ≤2 | 用钢尺量测 |

注：1 D为管道内径（mm）

 2 D≤700mm时，检查项目1和2可直接测量管道两端，检查项目3可检查施工记录。

10.5 管幕钢管钻进顶管法施工

Ⅰ 主控项目

**10.5.1**  管幕钢管对接焊缝等级应为二级焊缝、锁扣与钢管之间焊缝等级可为三级焊缝。二级焊缝应进行内部缺陷的无损检测，焊缝质量等级和检测应符合《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205的规定。

检验数量：焊缝总长的20%。

检验方法：检查超声波或射线探伤记录。

**10.5.2** 顶入后的管幕钢管的高程不应侵入下部结构界限。

检验数量：全数检查。

检验方法：逐根检查，全站仪量测。

**10.5.3** 管幕附件（锁扣、注浆管等）应随钢管同步连接，钢管间锁扣应有效互锁。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

**10.5.4** 管幕接管精度应符合设计文件规定，相邻管壁错位允许偏差应在0.2倍壁厚以内，且不应大于2mm。

检验数量：全数检查。

检验方法：水平尺、靠尺和地质罗盘检查，观察检查，检查焊接检验报告。

**10.5.5** 单根管幕顶进完成后应及时与工作井或洞室初支临时开口有效连接，并应符合设计文件文件规定。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

**10.5.6** 管幕结构与下部暗挖法受力拱架的连接方法应符合设计文件文件规定。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察检查，钢尺量测。

Ⅱ 一般项目

**10.5.7** 管幕的轴线应符合设计文件规定，水平方向允许偏差应为±50mm，高程允许偏差应为0，+30mm。

**10.5.8**  管幕顶进法钢管的允许偏差、检验方法和检验数量宜符合表10.5.8的规定。

表10.5.8 管幕顶进法施工的允许偏差、检验方法和检验数量

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 检查项目 | 允许偏差（mm） | 检查数量 | 检查方法 |
| 1 | 入土点位置 | 平面横向 | 20 | 每根钢管每项检查1点 | 用经纬仪、水准仪测量、用钢尺量测 |
| 垂直向高程 | 0，5 |
| 预仰角 | +0.1%L并结合试验数据确定 |
| 2 | 钢管顶进末端 | 平面横向、垂直向高程 | +0.3%L | 每根钢管检查1点 | 普通管采用激光导向仪+全站仪测量；标准管采用激光导向仪+有线导向仪+全站仪测量 |
| 3 | 相邻钢管错边量 | ≤2 | 每个接口沿接口周圈不少于4点 | 钢尺量测 |
| 4 | 钢管顶进长度 | 0，200 | 每根钢管检查1次 | 全站仪测量，检查施工记录 |

注：L为钢管顶进长度（mm）。

10.6 管幕钢管机械顶管法施工

Ⅰ 主控项目

**10.6.1** 管幕钢管及接口应无破损、无裂缝，接口焊缝应符合本规程第10.5.1条的规定，防腐层的应符合设计文件规定。

检验数量：全数检查。

检验方法：逐节检查

**10.6.2** 管幕钢管顶管始发和接收洞口段土体加固或止水处理的范围、加固体强度和渗透系数指标应符合设计文件规定。

检验数量：每个加固段检查3点。

检验方法：检查施工记录或加固范围内钻孔取样抽检。

**10.6.3** 曲线管幕钢管的实际曲率半径应符合设计文件规定。

检验数量：全数检查。

检验方法：量测。

**10.6.4** 管幕钢管与工作井或洞室的始发、接收洞口的间隙应连接牢固，洞口无渗漏水。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察；检查施工记录。

Ⅱ 一般项目

**10.6.5** 管幕钢管应线型平顺，无突变、变形情况。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察；检查施工记录。

**10.6.6** 管幕通道内应无水珠、滴漏、线流等明显渗水现象。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察；检查施工记录。

**10.6.7** 管幕钢管顶管法始发、接收前，顶管机轴线的平面位置、高程与管道轴线的允许偏差、检验方法和检验数量宜符合表10.6.7的规定。

表10.6.7 管幕洞门轴线允许偏差、检验方法和检验数量

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 检查项目 | 允许偏差（mm） | 检验方法 | 检验数量 |
| 洞门数量 | 每处点数 |
| 平面位置 | ±50 | 全站仪测量 | 全数检查 | 1点 |
| 高程 | ±50 | 水准仪测量 | 全数检查 | 1点 |

**10.6.8** 管幕钢管允许偏差应符合表10.6.8的规定。

表10.6.8 管幕允许偏差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 检查项目 | 管幕允许偏差 | 检查频率 | 检查方法 |
| 范围 | 点数 |
| 1 | 直线管幕水平轴线 | 顶进长度<300m | 50 | 每节管 | 1点 | 经纬仪、尺 |
| 300m≤顶进长度<1000m | 100 |
| 顶进长度≥1000m | L/10 |
| 2 | 直线管幕内底高程 | 顶进长度<300m | *D*0<1500 | +30，-40 | 水准仪、水平仪 |
| *D*0≥1500 | +40，-50 |
| 300m≤顶进长度<1000m | +60，-80 | 水准仪 |
| 顶进长度≥1000m | +80，-100 |
| 3 | 曲线管幕水平轴线 | *R*≤150×*D*0 | 水平曲线 | 150 | 经纬仪 |
| 竖曲线 | 150 |
| 复合曲线 | 200 |
| *R*>150×*D*0 | 水平曲线 | 150 |
| 竖曲线 | 150 |
| 复合曲线 | 150 |
| 4 | 曲线管幕内底高程 | *R*≤150×*D*0 | 水平曲线 | +100，-150 | 水准仪 |
| 竖曲线 | +150，-200 |
| 复合曲线 | ±200 |
| *R*>150×*D*0 | 水平曲线 | +100，-150 |
| 竖曲线 | +100，-150 |
| 复合曲线 | ±200 |
| 5 | 相邻管节错口 | ≤2 | 尺 |
| 6 | 管幕环向变形 | ≤0.03*D*0 |

注：L——顶进长度（m）；D0——管幕外径（mm）；R——曲线管幕设计曲率半径（mm）。

10.7 管幕钢管填充

Ⅰ 主控项目

**10.7.1** 管幕钢管内骨架用钢筋按批检查其直径、每延米重量并抽取试件做屈服强度、抗拉强度、伸长率和冷弯试验，其质量应符合设计文件规定和国家现行标准《钢筋混凝土用钢》GB1499的规定。

检验数量：质量证明文件全数检查、取样复检以同一牌号、同一质量、同一质量等级、同一规格、同一交货条件的钢材、每60t为1批，不足60t按一批计，每批抽检一次。

检验方法：检查质量证明文件、按批抽样测量直径、称量每延米重量并检查力学性能及工艺性能抽样检验报告。

**10.7.2** 管幕钢管内骨架钢筋笼加工应符合设计文件规定，并符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》 GB50202的规定。

检验数量：按钢筋编号各抽检10%,并各不少于3件。

检验方法：尺量。

**10.7.3** 管幕钢管内钢筋笼骨架，连接接头的技术要求、外观质量、力学性能检验及质量应符合国家现行标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ18和《钢筋机械连接技术规程》JGJ107的规定。

检验数量：钢筋接头外观质量全部检查。焊接接头的力学性能检验以同等级同规格、同接头形式和同一焊工完成的200个接头为一批，不足200个也按200个也按一批计。机械连接接头的力学性能检验以同一施工条件下同批材料、同等级、同规格、同型式的每500个接头为一批，不足500个也按一批计。每批抽检一次。

检验方法：钢筋接头外观检验观察尺量，力学性能检查力学性能试验报告。

**10.7.4** 管幕钢管内骨架用型钢原材和加工质量应符合国家现行标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205的规定。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查质量证明文件、检查力学性能及工艺性能抽样检验报告、现场抽样检查。

**10.7.5** 管幕钢管内型钢骨架安装，连接接头的对接焊缝等级应为二级焊缝、焊缝应进行内部缺陷的无损检测，焊缝质量等级和检测应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205的规定。

检验数量：焊缝总长的20%。

检验方法：检查超声波或射线探伤记录。

**10.7.6** 注浆使用的原材料、浆液配合比、注浆压力和注浆量应符合设计文件规定。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查材料证明文件、配合比报告、施工记录。

**10.7.7** 充填浆液的浆液或混凝土的强度应符合设计文件规定。

检验数量：每50m3留置3组抗压试件、全部检查。

检验方法：查看试件抗压强度报告。

10.7.8 充填的密实程度应符合设计文件规定。

检验数量：全数检查。

检验方法：无损探伤检测。

Ⅱ 一般项目

**10.7.9** 管幕钢管内钢筋笼骨架加工允许偏差应符合表10.7.9的规定。

表10.7.9 钢筋加工允许偏差

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 允许偏差（mm） |
| 受力钢筋顺长度方向的全长 | ±10 |
| 弯起钢筋的弯折位置 | 20 |
| 箍筋内净尺寸 | ±10 |

检验数量：按钢筋编号各抽检10%,并各不少于3件。

检验方法：尺量。

**10.7.10** 钢管内骨架安装位置允许偏差应符合表10.7.10的规定。

表10.7.10 骨架安装位置允许偏差

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 允许偏差（mm） |
| 轴线 | ±10（相对于钢管） |
| 保护层厚度 | ±10（相对于管壁） |

检验数量：每根管检查头、中、尾三处。

检验方法：尺量、红外测斜仪测量。

10.8 管幕钢管壁后注浆

Ⅰ 主控项目

**10.8.1** 管幕壁后注浆浆液的材料和配合比应符合设计文件规定。

检验数量：全部检查。

检验方法：检查材料质量证明和配合比试验报告。

**10.8.2** 管幕壁后注浆应保证密实。

检验数量：全部检查。

检验方法：地质雷达或超声波检测。

Ⅱ 一般项目

**10.8.3**  注浆压力符合设计文件规定。

检验数量：全部检查。

检验方法：检查施工记录注浆量和注浆压力。

附录A 检验批质量验收记录

检验批的质量验收记录应由施工项目专业质量检查人员填写，监理工程师或建设单位项目专业技术负责人应组织项目专业质量检察员等进行验收，并宜按表A的规定填写记录。

表A 检验批质量验收记录

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工程名称 |  | 分项工程名称 |  | 验收部位 |  |
| 施工单位 |  | 专业工长 |  | 项目经理 |  |
| 施工执行标准名称及编号 |  |
| 分包单位 |  | 分包项目经理 |  | 施工班组长 |  |
| Ⅰ主控项目 | 质量验收标准的规定 | 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 |  |  |
| 6 |  |  |
| 7 |  |  |  |
| 8 |  |  |
| 9 |  |  |
| Ⅱ一般项目 | 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |
| 3 |  |  |  |
| 4 |  |  |
| 施工单位检查评定结果 | 项目专业质量检测员： 年 月 日 |
| 监理（建设）单位验收记录 | 监理工程师（建设单位项目专业技术负责人）年 月 日 |

附录B 分项工程质量验收记录

分项工程质量应由监理工程师或建设单位项目专业技术负责人组织项目技术负责人、质量人员进行验收，并宜符合表B的规定填写记录。

表B 分项工程质量验收记录

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工程名称 |  | 结构类型 |  | 检验批数 |  |
| 施工单位 |  | 项目经理 |  | 项目技术负责人 |  |
| 分包单位 |  | 分包单位负责人 |  | 分包项目经理 |  |
| 序号 | 检验批部位、区段 | 施工单位检查评定结果 | 监理（建设）单位验收结论 |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |
| 4 |  |  |  |
| 5 |  |  |  |
| 6 |  |  |  |
| 7 |  |  |  |
| 8 |  |  |  |
| 9 |  |  |  |
| 10 |  |  |  |
| 11 |  |  |  |
| 12 |  |  |  |
| 13 |  |  |  |
| 14 |  |  |  |
| 15 |  |  |  |
| 检查结论 | 项目专业技术负责人：年 月 日 | 验收结论 | 监理工程师（建设单位项目专业技术负责人）：年 月 日 |

附录C 子分部工程质量验收记录

子分部工程质量应由总监理工程师或建设单位项目专业负责人组织施工项目经理、技术负责人、质量人员和勘察、设计单位项目负责人进行验收，并应符合表C的规定填写记录。

表C 管幕法支护结构子分部工程质量验收记录

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工程名称 |  | 结构类型 |  | 层数 |  |
| 施工单位 |  | 技术部门负责人 |  | 质量部门负责人 |  |
| 分包单位 |  | 分包单位负责人 |  | 分包技术负责人 |  |
| 序号 | 分项工程名称 | 检验批数 | 施工单位检查评定 | 监理（建设）单位验收意见 |
| 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |
| 8 |  |  |  |  |
| 9 |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |
| 质量控制资料 |  |  |  |
| 安全和功能检验（检测）报告 |  |  |  |
| 观感质量验收 |  |  |  |
| 验收单位 | 分包单位 | 项目经理： 年 月 日 |
| 施工单位 | 项目经理： 年 月 日 |
| 勘察单位 | 项目负责人： 年 月 日 |
| 设计单位 | 项目负责人： 年 月 日 |
| 监理（建设）单位 | 总监理工程师（建设单位项目专业技术负责人）：年 月 日 |

本规程用词说明

**1** 为便于在执行本规程条文时区别对待，对于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、规范执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准目录

1 《钢结构设计规范》GB 50017

2 《工程测量标准》GB50026

3 《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086

4 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》 GB50202

5 《钢结构工程施工质量验收规范》 GB 50205

6 《给水排水管道工程施工及验收规范》 GB 50268

7 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300

8 《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308

9 《建筑基坑工程监测技术规范》GB50497

10 《钢结构焊接规范》GB50661

11 《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911

12 《工程测量通用规范》GB 55018

13 《碳素结构钢》GB/T700

14 《热轧型钢》GB/T706

15 《气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口》GB/T985.1

16 《钢筋混凝土用钢》GB1499

17 《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB/T1499.2

18 《碳钢焊条》GB/T5117

19 《低合金钢焊条》GB/T 5118

20 《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T 8110

21 《结构用无缝钢管》GB/T8162

22 《无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差》GBT17395

23 《结构用直缝埋弧焊接钢管》GB/T30063

24 《钢筋焊接及验收规程》JGJ18

25 《钢筋机械连接技术规程》JGJ107

26 《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》JGJ276

中国建筑业协会团体标准

管幕法施工技术规程

Technical code for construction of pipe-curtain method

条文说明

目 次

1 总 则 61

2 术 语 62

3 基 本 规 定 63

4 管 幕 设 计 64

4.4 管幕布置与连接 64

4.5 管内骨架与填充 64

4.7 后背墙设计 64

5 施 工 准 备 65

5.1 一 般 规 定 65

5.2 技 术 准 备 65

5.3 设备选型与配置 66

5.4 辅 助 设 施 67

5.5 工作井与洞室施工 67

6 管幕钢管及附件制作 69

6.1 一 般 规 定 69

6.2 钢 管 制 作 69

6.3 管幕钢管附件 69

6.4 管内骨架制作 69

7 管幕钢管顶进施工 70

7.1 一 般 规 定 70

7.2 拉管法施工 70

7.3 夯管法施工 71

7.4 钻进顶管法施工 71

7.5 机械顶管法施工 72

7.6 管幕钢管连接 72

7.7 施 工 测 量 73

7.8 导向控制与纠偏 73

8. 管幕钢管填充 74

8.1 一 般 规 定 74

8.2 钢管内骨架制作及安装 74

8.3 管幕钢管填充 74

8.4 管幕钢管壁后注浆 74

9 施 工 监 测 75

9.1 一 般 规 定 75

9.5 数据处理与信息反馈 75

10 质 量 验 收 77

10.3 管幕拉管法施工 77

10.4 管幕钢管夯管法施工 77

10.5 管幕钢管钻进顶管法施工 77

10.8 管幕钢管壁后注浆 77

1 总 则

**1.0.3** 本规程规定了管幕法设计、施工、监测和验收的基本技术要求。本条说明当本规程与现行国家法律、行政法规和有关标准规定相抵触时，按现行国家法律、行政法规和有关标准的规定执行。

2 术 语

本章仅列明了管幕法相关的术语，其他通用术语，以相关的国家标准、行业标准为准。

3 基 本 规 定

**3.0.7** 工程质量验收中使用的检验设备、仪器等的检定和精度按照《中华人民共和国计量法》中强检计量器具（A类）、周期管理计量器具（B类）、一般管理计量器具（C类）的规定执行，注意不要超期使用。

4 管 幕 设 计

4.4 管幕布置与连接

**4.4.3** 管幕钢管连接应符合下列规定：

**2** 要求顶进后的管节端部外露不小于0.3m，目的是便于后续接管施工。

**3** 焊接之后，对管周下部135°范围焊缝是重点检查的部位。

4.5 管内骨架与填充

**4.5.1** 在满足工程使用、受力和抵抗变形要求的前提下，管幕结构可采用钢管单层衬砌。对于抵抗变形能力要求较高的工程，管内可设置骨架或填充物。

4.7 后背墙设计

**4.7.3 一般**采用水泥土搅拌桩、高压喷射注浆、超高压喷射注浆等方式。

5 施 工 准 备

5.1 一 般 规 定

**5.1.5** 管幕法施工主要应用于穿越重要建构物等风险较大特殊部位，施工前应对风险进行辨识和评估，制定专项方案及应急预案，并进行交底后实施。

**5.1.6** 管幕法应用部位多对地面、地层沉降、建构筑物变形比较严格，因此施工过程中监测比较重要，施工前应编制施工监测专项方案，合理布置监测点，及时取得初始值。

**5.1.7** 管幕法工作井及通道空间一般比较受限，管幕设备及作业平台尺寸受限，应在场外进行预安装调试并预验收合格后进场，包括设备及平台的规格尺寸、仪器仪表校验等。

**5.1.8** 管幕往往需要长距离顶进大直径钢管，在复杂地下环境施工中，常有地下有害气体伤人的案例，施工过程中除应按相关规定做好常规安全及劳动防护措施外，管幕施工前、中、后均应进行有害气体检测，对可能遇到甲烷、沼气等有害气体的地段，施工人员应按要求佩戴安全防护装置，并应及时查明来源，经处置检测合格后方可继续施工。

5.2 技 术 准 备

**5.2.1** 地质条件及水文资料、周边环境、作业条件等对管幕方案起决定性作用，为防止前期勘察及周边环境等资料与现场不符，施工前，应对施工地段的进行详细勘察，为制定施工组织设计提供足够的依据，调查的主要内容主要有：

**1** 实地勘察调查各种建构筑物的使用功能、结构型式、基础类型及其与隧道的相对位置等；

**2** 道路种类和路面交通情况；

**3** 工程用地情况，主要对施工场地及材料堆放场地、弃土场地、运输路线等做必要的调查；

**4** 施工用电和给水排水设施条件；

**5** 有关环境保护的法律法规。

**5.2.2** 管幕是一种综合的施工技术，施工方法的确定关键在于全面掌握与工程有关的资料。施工前全面了解工程规模、要求、地质和环境条件，有利于正确采取经济合理的施工措施。

**5.2.3** 管幕作为一种初支结构型式，其施工精度直接影响下步结构施工，施工前应建立施工测量控制网并完成联系测量工作同时应根据施工组织设计和地面建构筑物保护专项方案等预先布设地面监测网点。

5.3 设备选型与配置

**5.3.1** 拉管法施工设备选型与配置应符合下列规定：

**1** 拉管法施工包括水平定向钻进、导向钻进、水平钻进等。

**2** 拉管法施工配置是根据各施工案例经验总结得来，配置不固定可根据具体施工要求进行调整。

**2）** 钻机回拖时的回拖力的计算公式，该方法来源于《油气输送管道穿越工程施工规范》 GB 50423-2007中5.2条款。

**3** 拉管法施工应配置应符合下列规定：

**3）**配套两个泥浆罐，其中一个用于配浆，另一个专门用于储存配置好的泥浆。；

**5.3.2** 夯管法施工设备选型与配置应符合下列规定：

**2** 夯管施工配置是根据各施工案例经验总结得来，配置不固定可根据具体施工要求进行调整。

**3** 当无当地经验时，钢管总阻力计算公式，该方法来源于《油气输送管道穿越工程施工规范》 GB 50423-2007中6.6.4条款。

**5.3.3** 钻进顶管法设备选型与配置应符合下列规定：

**1**  钻进顶管法施工包括液压顶进管幕＋螺旋排土。

**2** 钻进顶管法施工配置是根据各施工案例经验总结得来，配置不固定可根据具体施工要求进行调整。

**3** 当无当地经验时，顶进管幕的总阻力计算公式，计算方法按（5.4.2）所列公式计算。

**5.3.4** 机械顶管法施工设备选型及配置应符合下列规定：

**1** 管道顶管机选型根据工程条件确定，多采用土压平衡是或泥水平衡式顶管机。土压平衡式顶管机通过调节出泥仓压力稳定开挖面，弃土从出泥仓排出，用于粘性土、粉土、淤泥质黏土，对地下障碍处理应急性能差；泥水平衡式顶管机通过调节出泥仓的泥水压力稳定开挖面，弃土以泥水的方式排出，用于黏性土、粉土和砂性土及地下水以下的土层，对地下障碍物处理应急性能差；气压平衡式顶管机通过调节出泥仓的气压力稳定开挖面，弃土以泥水的方式排出，适应地质为粘性土、粉土、粉细砂等渗透系数小于或等于m/s的土层，不适用于沙砾、卵石等多孔隙、压缩空气容易冒顶冲出的土层，对地下障碍物处理应急性能好。

顶管机在卵、砾石顶进时，要求配置二次破碎功能，可降低卡机的风险。

**2** 顶管机顶力计算公式，该方法来源于《油气输送管道工程水域顶管法隧道穿越设计规范》SY/T 7022-2014。

5.4 辅 助 设 施

**5.4.1** 辅助设施应根据管幕类型、施工方法和工艺要求等配置，主要包括：

**1** 管幕设备台架及基座；

**2** 材料堆放场和仓库；

**3** 联络通信设施；

**4** 供电动力设备；

**5** 施工通风设施；

**6**  浆液搅拌站及相应管路和运输设备；

**7** 渣土临时堆放场及洞内外运输设备；

**8** 管幕连接焊接设备；

**9** 工作井内临时降排水设施。

**5.4.3** 垂直与水平运输系统

**1** 施工期间的运输系统主要包括工作井内垂直运输、洞室内水平运输、顶进钢管内水平运输等多个系统，可根据施工进度分段设置。

**2** 渣土垂直运输可采用新型内立式皮带机垂直运输，安全性能号、运输效率高。

5.4.4 施工通风系统

**1** 管幕施工一般在工作井或洞室内施工，属暗挖初支结构，井下通风系统设置非常重要，应在施工组织设计中明确表述专门通风系统的设置及检测、维保要求。

**3** 在进行钢管切割、焊接等作业产生大量烟尘，送风量应保证作业面烟尘及时排出，并需要计算确定。

5.5 工作井与洞室施工

**5.5.1** 根据管幕施工工艺不同，工作井及洞室需求尺寸、功能不同，拉管法、夯管法工作井与洞室仅需要提供作业空间即可，而顶进法及顶管法工作井与洞室还需要提供推进反力；同时为便于下步结构施工，尚应为结构施工提供空间。工作井的深度和大小应大于地下工程结构轮廓，并应满足钢管的吊装、顶进作业要求；工作井的宽度宜大于结构轮廓线1.5m，深度宜大于结构底标高1.0m。

**5.5.4** 工作井施工应根据考虑工程环境、作业条件、地质及水文条件、施工安全因素等，并经技术经济必选后确定桩锚结构、桩撑结构或倒挂井壁法、暗挖法等结构形式。

**5.5.5** 根据有关规定超过3m深的或采用暗挖法的工作井均应制定专项施工方案，并根据受力条件和便于施工等因素设计。

6 管幕钢管及附件制作

6.1 一 般 规 定

**6.1.1** 管幕制作包括了钢管及其常用附件的制作，附件的型式种类按照设计及实际情况会有所不同。

**6.1.2** 管幕钢管及附件加工制作要求与采用的施工方法相对应，满足拉管法、夯管法、钻进顶管法、机械顶管法等施工规范要求。

6.2 钢 管 制 作

**6.2.2** 《结构用无缝钢管》GB/T8162适用于无缝钢管、《结构用直缝埋弧焊接钢管》GB/T30063适用于直缝焊管。

**6.2.3** 尽可能减少现场焊接，接头错开的距离根据管节长度模数方便施工来确定。

**6.2.4** 管材壁厚大于12mm的应采用气割。

**6.2.7** 顶进端接触顶进设备为满足受力要求，顶进端不应设置坡口。

**6.2.9** 尤其针对大直径钢管、吊装运输过程易产生变形，管节端部应设置临时内撑。

6.3 管幕钢管附件

**6.3.1** 本条所列附件为常用型式、实际情况或有增减。

**6.3.2** 规格尺寸、力学性能除满足设计要求外还应满足其材料现行国家标准。

**6.3.3**  本条所列锁扣型式为常用型式，实际或有所不同，锁扣端口与钢管端口的距离主要是便于管幕顶进过程中管节焊接。

**6.3.4** 一般采用气割、机械切割、等离子切割等方法；切割后的毛边、毛刺应清理干净，切割面应无裂纹、夹渣、分层等缺陷和大于1mm的缺棱。

**6.3.6** 专用焊接操作平台也称为工装平台，工装平台尺寸偏差一般为±2mm。

**6.3.7** 采用单面角焊缝是因为达不到双面焊操作条件。

**6.3.9** 推荐现场采用数控自动焊主要是为了提高焊接工效尤其针对锁扣与钢管间的焊接。

6.4 管内骨架制作

**6.4.1** 管幕内骨架型式按照设计要求。

**6.4.2** 再满足运输和吊装条件下钢筋笼节段尽可能长，减少对接接头。

7 管幕钢管顶进施工

7.1 一 般 规 定

**7.1.1** 应根据工程地质和水文地质条件、施工条件及周边环境、顶进距离、顶推力、管幕规格及材料等，经技术、经济比选确定；并应重视当地经验，因地制宜，合理选择辅助工法、设备及地下水控制措施。

**7.1.3** 管幕钢管顶进施工设试验段，目的是验证设计参数与地质条件及施工环境的适应性。在管幕正式施工前，一般现场选择类似地层及环境施做3根试验管幕，是为了掌握、摸索、了解、验证管幕设备适应性能、施工规律以及施工参数等。

**7.1.4** 排土方式根据工艺、管径、地层条件、顶进距离等确定，主要有螺旋钻杆排土、泥浆排土、皮带机排土等。

**7.1.6** 管幕作为初支结构的一种形式，在保证下部结构施工受力安全的同时，应确保下部结构施工时不侵限，可综合结合测量误差、施工工艺、施工误差、施工及工后沉降等因素，以及下部结构的功能性，沿拟建结构位置适当外放。

**7.1.7**  在管幕施工过程中应采用各种措施实时监测管幕钢管的方向，可能受地层不均等因素影响，出现管幕姿态偏差，应采取措施及时纠偏。

7.2 拉管法施工

**7.2.1** 本规范的定向钻系指地表式定向钻，包括水平定向钻进、导向钻进、水平钻进等，通常用于均质黏性土地层，不适用于杂填土、自稳能力差的砂性土层、砾石层、岩石或坚硬夹层中钻进。

**7.2.4** 本条具体规定了定向钻施工前应做好各项准备工作，包括设备、人员、施工技术参数、管道的地面布置，确认条件具备时方可开始钻进。应根据工程具体情况选择导向探测系统，包括无缆式地表定位导向系统或有缆式地表定位导向系统，在计算机辅助下随钻随测，以指导施工。

**7.2.5** 表7.2.2-1钻杆折角表来源于《油气输送管道穿越工程施工规范》 GB 50424-2007中7.3.1条款。

**7.2.6** 扩孔应符合下列规定：

**3** 扩孔时配合扶正器，目的是防止因地层松软等原因导致的扩孔器下沉等钻孔轨迹偏离导向轨迹的问题；

**4** 严格控制回拉力、转速、泥浆流量等技术参数，以确保成孔稳定和线形要求，无坍孔、缩孔等现象；

**7.2.9** 回拖应符合下列规定：

**4** 回拖过程中的发送装置，可避免管段与地面直接接触和减小摩擦力。

7.3 夯管法施工

**7.3.1**本规范的夯管法指在不开挖沟槽的条件下，在工作井中利用夯管锤（气动夯锤）将钢管按管道设计轴线直接夯入地层中（通过撞击管道传力托架直接把管道顶进地下，不需要设置反作用力墙），实现不开挖铺管。夯进过程中，土体进入管内，待管道贯通后将管内土体清出。夯管法施工一般采用钢管，接口为焊接连接方式；通常用于短距离（小于70m）的中、小口径管道的铺设。该方法对土层的适应性较强，当周围施工环境许可时也用于大口径管道铺设。

**7.3.4** 夯管施工应符合下列规定：

**4** 关于夯管排土的具体要求如下：

1）排土过程中应设专人指挥，禁止非作业人员在工作井附近逗留；

2）采用人工排土时应保证管内通风有效；

3）采用气压、水压排土时，在安全影响区范围内应进行全封闭作业；作业中无漏气、漏水现象，严禁管内土喷溅排出；

4）采用气压、水压排土时，加压处的管口必须加固和密闭；严禁采用加压排出剩余土。

7.4 钻进顶管法施工

**7.4.1** 遇到下列条件时，可采用钻进顶管法施工：

**1～3** 管幕顶进法为液压千斤顶顶进，螺旋杆排土，为“欠土”顶进，一般超过100mm卵石层螺旋杆排土困难，在富水地层中排土困难、作业环境差；同时考虑机械设备的顶推力、扭矩及经济合理性，对超过600mm大型钢管顶进不经济。

**7.4.2** 施工设备应符合下列规定：

5 总的来说，较软地层用片状的、较锐利的切削具；较硬地层采用柱状的、较耐磨的切削具；而钻进硬黏土和卵砾石层则采用镶有子弹形圆柱硬质合金的钻头。

**7.4.3** 顶进设备安装应符合下列规定：

**2** 可避免管幕在施工过程中，平台倾斜或发生位移；

**4** 顶进系统千斤顶与后背墙之间设置的后座垫铁，用于扩大钻机承力面积。

**7.4.4** 管口定位应符合下列规定：

**3** 洞口破除范围应比管幕外径略大，使管幕能顺利进洞。

**7.4.5** 钢管顶进施工应符合下列规定：

**2** 实际出土量控制在理论出土量的98%～100%，以有效减少对地层的扰动、控制地层沉降变形；

**3** 钢管顶进顺序根据锁扣型式确定，确保锁扣有效互锁；

**5** 由于停止顶管时间过长出现“抱管”现象，造成再次启动顶进时的顶推力过大。

**7.4.5** 为控制管幕顶进施工对地层扰动，顶进法采用“欠土”顶进，保持螺旋杆出土器前端落后钢管前端两倍管径以上距离，即管幕钢管超前螺旋钻头，实现顶进过程中的挤土效应；过程中计算出土量与顶进速度关系，并与理论出土量对比；若有异常（出土量大于理论出土量，可能出现塌孔）及时分析并采取措施。

**7.4.6** 顶管方向控制应符合下列规定：

**1** 定期对油缸进行校核、对平台进行检查，避免两侧油缸行程不同步或平台不稳定而导致管幕发生偏向；

**7.4.8** 施工中发现管幕钢管顶进偏差较大，需进行纠偏。宜采用辅助油缸和楔形钻头进行纠偏， 即采用水平螺旋顶管钻机辅助油缸实现双系统纠偏，通过设备辅助油缸调整钻头的相对位置，使楔形板钻头伸出钢管前段，调整楔形板位置后采取光顶不转，利用土体对楔形板的反作用力来改变钻进轨迹实现纠偏。同时纠偏要做到“勤纠偏、微纠偏”，过量纠偏回事钢管与地层之间查收较大空隙，加大对底层扰动。

7.5 机械顶管法施工

**7.5.5** 机械顶管法钢管施工应符合下列规定：

**3** 超挖或者欠挖，容易造成地面沉降或隆起。

**4** 触变泥浆可有效减小顶进阻力，利于顶进施工顺利完成。触变泥浆宜采用钠基或钠化膨润土配置，相应技术指标及要求可参考顶管相关规范执行。

7.6 管幕钢管连接

**7.6.1** 管幕作为初支整体受力体系，且在工作井及洞室内施工时分节长度较短，管幕接头较多，必须确保管幕连接质量，达到接头强度与钢管原材等强，宜采用V形坡口（带钝边）单面对接焊，其参数及质量要求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、《钢结构焊接规范》GB 50661和《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定。

**7.6.4** 管幕钢管连接还应符合下列规定：

**3** 设置钢管固定托架，并控制相邻钢管的错边量不大于2.0mm，以保证钢管密贴平顺，提高钢管对接精度；

**4** 顶进后的管节端部外露不应小于0.3m，便于后续接管施工；

7.7 施 工 测 量

**7.7.3** 长距离或曲线管幕顶管宜采用激光定向等测量控制技术；

7.8 导向控制与纠偏

**7.8.2**管幕拉管法施工导向控制与纠偏应符合下列规定：

**1** 管幕拉管法施工前应先进行导向孔钻进，并应按设计轨迹参数进行控制，应及时将测量数据与设计轨迹进行对比~~，引导钻孔施工，将偏差值控制在指定范围内；~~。

**7.8.3** 管幕夯管法施工导向控制与纠偏应符合下列规定：

**1** 光学导向系统由平行光源、经纬仪、摄像机、显示器组成，通过经纬仪照准位于到导向钻头内的光靶，通过安装在经纬仪目镜上的摄像机将观测到的光靶位移信息，经过数模转化器显示在量子屏上。钻机操作手通过图像控制导向钻头的顶进方向，从而实现高精度管道铺设。

**3** 防止在钻进和回抽的过程中扭矩增大导致钻杆断裂失连。

**4** 使导向钻头的斜面向着偏斜的方向并继续顶进导向钻杆，当目标靶的中心点和瞄准光束的十字丝中心点重合后，随即旋转钻进，即可达到纠偏的目的。

**7.8.4** 管幕钻进顶管法施工导向控制与纠偏应符合下列规定：

**1** 顶管过程中常发生工作井后靠背和底板变形引起激光导向错误的情况，应引起重视。

**7.8.5**管幕机械顶管法施工导向控制与纠偏应符合下列规定：

**7** 通常所说的“勤测、早纠、微纠、早收”纠偏操作原则，纠偏要早，纠偏量要小。复位要提前，防止纠枉过正。

8. 管幕钢管填充

8.1 一 般 规 定

8.1.3 设计要求可采用混凝土主要考虑刚度需要，尤其针对大直径管幕。

8.2 钢管内骨架制作及安装

8.2.1 钢筋笼骨架安装也可采用“边引边推式”，保证推拉过程中不发生变形。

8.2.5 设计应有型钢接头连接详图。

8.3 管幕钢管填充

8.3.3 采用压浆充填时预留压浆孔、采用混凝土充填时预留灌注孔。

8.3.6 填充混凝土时，由钢管低端向高度灌注，依靠压力密实。

8.4 管幕钢管壁后注浆

8.4.1 管幕壁后注浆主要起充填应管幕顶进过程中产生的渗漏、超量出土而产生的土体空隙。

9 施 工 监 测

9.1 一 般 规 定

**9.1.1** 管幕法施工过程中，应根据设计文件、周边环境、施工工艺等制定监测方案，包括工作井深基坑、周边的建筑物、地下管线以及管幕结构内应力应变监测。其中钢管顶推千斤顶作用在工作井围护结构上，对围护结构内力及变形有一定影响，因此，需重点对围护结构水平位移及内支撑进行监测，另外还要对管间支护应力及应变、钢管应力及应变、管幕预筑结构应力及应变等进行重点监测。

对施工区域及沿线周边环境复杂（特殊）地段的构（建）筑物及重要设施进行安全评估或评定，并制定应急预案，以便满足突发异常变形或抢险等对施工监测的需要。同步采集地面和隧道内监测数据，便于全面了解、分析变形动态。

**9.1.5** 管幕法施工监测重点监测项目如下：

**1** 工作井反力墙水平位移；

**2** 管间支护变形；

**3** 顶进钢管变形；

**4** 管幕预筑结构变形。

9.5 数据处理与信息反馈

**9.5.4** 监测成果分为日报、警情快报和阶段性报告。监测成果采用文字、表格、图形、照片等形式，表达直观、可读性强。监测成果具体内容参考如下：

**1** 日报

1）工程施工概况；

2）现场巡视信息：巡视照片、记录等；

3）监测项目日报表：仪器型号、监测日期、观测时间、天气情况、监测项目的累计变化值、变化速率值、控制值、监测点平面位置图等；

4）监测数据分析与说明；

5）结论与建议。

**2** 警情快报

1）警情发生的时间、地点、情况描述、严重程度、施工工况等；

2）监测数据表及累计变化值、变化速率值、监测点平面位置图、巡视照片、记录等；

3）警情原因初步分析；

4）处理措施建议。

**3** 阶段性报告

1）工程概况及施工进度；

2）现场巡视信息：巡视照片、记录等；

3）监测数据表及累计变化值、变化速率值、时程曲线、必要的断面曲线图、等值线图、监测点平面位置图等；

4）监测数据、巡视信息的分析与说明；

5）结论与建议。

**4** 总结报告

1）工程概况；

2）监测目的、监测项目和监测依据；

3）监测点布设；

10 质 量 验 收

10.3 管幕拉管法施工

**10.3.1** 本条系管道指钢管，未涉及管道防腐相关检验标准，如需管道进行防腐可参照《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268标准中相关规定执行。

**10.3.2** 管道预水压试验应按按国家《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268标准中的规定执行。

**10.3.4** 表10.34拉管法施工管道的允许偏差来源于《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268。

10.4 管幕钢管夯管法施工

**10.4.8** 表10.4.8夯管贯通后的管道的允许偏差来源于《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268。

10.5 管幕钢管钻进顶管法施工

**10.5.2** 管幕施工精度作出要求，主要是确保管幕形成连体结构，整体受力，并能保证下部结构施工空间。

10.8 管幕钢管壁后注浆

**10.8.2** 对管幕钢管外地层补偿注浆作出要求，管内注浆是对管幕整体刚性的保障，管外补偿注浆是确保钢管顶进后周边地层空隙及时填充，对于整体受力、控制地表沉降起重要作用。