

UDC

DBJ

湖南省工程建设地方标准

DBJ XX/T XXXX

P

备案号 JXXXX-2023

湖南省顶推装配式钢筋混凝土电力管廊技术标准

Technical Standard for Jacking Assembled Reinforced

Concrete Power Pipe Gallery in Hunan Province

(报批稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

湖南省住房和城乡建设厅

发布

湖南省工程建设地方标准

湖南省顶推装配式钢筋混凝土电力管廊技术标准

**Technical Standard for Jacking Assembled Reinforced
Concrete Power Pipe Gallery in Hunan Province**

DBJ/T XXX-202X

主编单位：国网湖南省电力有限公司长沙供电分公司

中南林业科技大学

批准部门：湖南省住房和城乡建设厅

施行日期：202X 年 XX 月 XX 日

中国电力出版社

20xx 北京

前 言

本标准是根据湖南省住房和城乡建设厅的要求，由国网湖南省电力有限公司长沙供电分公司、中南林业科技大学会同有关单位在标准《城市综合管廊工程技术规范》（GB 50838）、《电力电缆隧道设计规程》（DL/T 5484）等文件的基础上共同编写而成的。

本标准在编制过程中，编制组经广泛调查研究，认真总结工程实践经验，参考相关国内外先进标准进行编制。本标准不涉及任何专利。

本标准共分 9 章和 12 个附录，主要内容包括：1.总则；2.术语；3.基本规定；4.规划、勘察与设计；5.结构与防排水设计；6.管廊附属设施设计；7.管节预制、储运与施工；8.施工监测与环境保护；9.质量检验与验收。

本标准由湖南省住房和城乡建设厅负责管理，由国网湖南省电力有限公司长沙供电分公司、中南林业科技大学负责具体技术内容的解释。

在本标准执行过程中，请各单位注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈给国网湖南省电力有限公司长沙供电分公司（地址：长沙市天心区白沙路 443 号；邮编：410000；联系电话：0731-85912120）；中南林业科技大学（地址：长沙市韶山南路 498 号；邮编：410004；联系电话：0731-85623096），以供今后修订时参考。

主编单位：国网湖南省电力有限公司长沙供电分公司

中南林业科技大学

参编单位：湖南经研电力设计有限公司

中铁建电气化局集团第四工程有限公司

南方电网数字电网研究院有限公司

通号建设集团有限公司

湖南建伟通机械科技有限公司

湖南东方红建设集团有限公司

长沙双强涵管有限公司

主要起草人：陈希华、谢忠球、杨力帆、张新胜、罗永波、周鲲、谢心昊、刘迎军、常学武、李学杰、孙利民、沈晓隶、陈霖华、吴戈、罗涛、雷迅、黄永强、欧长红、陈一夫、罗仲达、戴建斌、谢江、贺建军、孙学猛、章博、吴沛霖

主要审查人：巢亚锋、叶佳卓、黄勇祥、陈玉发、刘运思、王江营、肖育斐

目 次

1 总则	1
2 术语	2
3 基本规定	3
4 规划、勘察与设计	4
4.1 一般规定	4
4.2 规划	4
4.3 勘察	4
4.4 平面布局	6
4.5 空间设计	6
4.6 断面设计	6
4.7 节点设计	7
5 结构与防排水设计	8
5.1 一般规定	8
5.2 管廊结构设计	8
5.3 管廊支架设计	9
5.4 管廊防水、排水设计	10
6 管廊附属设施设计	12
6.1 一般规定	12
6.2 通风	12
6.3 照明	13
6.4 消防	14
6.5 监控与报警系统	14
7 管节预制、储运与施工	16
7.1 一般规定	16
7.2 管节预制	16
7.3 管节储运	21
7.4 顶管施工	22

8 施工监测与环境保护35

8.1 一般规定 35

8.2 施工监测 35

8.3 环境保护 35

9 质量检验与验收36

9.1 一般规定 36

9.2 管节检验与验收 36

9.3 顶管施工质量控制 38

9.4 管廊功能性检验 39

附录 A 管廊结构内力计算 44

附录 B 最大裂缝宽度计算 50

附录 C 管节外型图及尺寸 52

附录 D 顶管机的选型 55

附录 E 施工记录表 56

附录 F 顶管工程分项分部单位工程划分 65

附录 G 分项工程质量验收 66

附录 H 分部（子分部）工程质量验收记录 68

附录 I 单位（子单位）工程质量竣工验收记录 69

附录 J 钢承口式钢筋混凝土管节质量检验记录表 74

附录 K 钢承口式钢筋混凝土管节外观质量检验记录表 75

附录 L 外荷载试验示意图 76

本标准用词说明 77

标准性引用名录 78

条文说明 80

1 总则

1.0.1 为规范顶推装配式钢筋混凝土电力管廊的规划、勘察、设计、生产、施工、检验及验收，特制定本标准。

1.0.2 本标准适用于湖南地区新建 35kV~500kV 的顶推装配式钢筋混凝土电力管廊工程。改建、扩建工程参照本标准执行。

1.0.3 顶推装配式钢筋混凝土电力管廊应遵循规划先行、适度超前、因地制宜和统筹兼顾的原则，支持采用新理念、新科技、新设备、新材料、新工艺。

1.0.4 顶推装配式钢筋混凝土电力管廊建设应考虑城市规划、海绵城市、装配式建筑、绿色建造、健康监测与管理等发展要求。

1.0.5 顶推装配式钢筋混凝土电力管廊的设计、施工及验收除应符合本标准外，尚应符合国家及行业现行有关标准的规定。

1.0.6 本标准所提电力管廊均指顶推式电力管廊。

2 术语

2.0.1 电力管廊 power pipe gallery

容纳电缆数量较多、有供安装和巡视的通道、全封闭型的地下管廊构筑物。

2.0.2 顶推法 jacking method

在工作井内依靠千斤顶和反力墙，将管节在土体中逐节顶进的施工工艺。

2.0.3 顶推力 jacking force

推进整个管道系统和相关机械设备向前运动的作用力。

2.0.4 中继间 relay room

为减小最大顶力而设置在顶管管道间的续顶装置。

2.0.5 工作井 starting shaft

用顶推施工法施工时，从地面竖直开挖至管道底部的辅助通道，也称为工作坑、竖井等。

2.0.6 曲线顶管技术 curved pipe jacking technology

按照预先设计的曲率半径轴线顶进的施工技术。

2.0.7 装配式管节 assembled pipe

工厂化生产预制、现场顶推工艺安装方式的管节。

2.0.8 电力管廊防水等级 waterproof grade of power pipe gallery

根据电力管廊所在地区的地质、水文等确定的防水级别要求。

2.0.9 内水压检验 internal water pressure test

对预制管节及接口进行整体渗透性出厂检验，以模拟检验其抗地下水渗透能力。

2.0.10 单口水压试验 hydrostatic test

管节下井拼装后或顶进完成后，在管道接头的两道密封圈之间预留试压孔进行水压试验。

2.0.11 碱活性检验 alkali activity test

对胶凝材料、集料中碱活性成分的检验。

2.0.12 氯离子扩散系数 chloride diffusion coefficient

氯离子在混凝土中扩散性的参数，用于检验混凝土的密实程度。

2.0.13 外压荷载 external pressure load

满足管廊结构安全、电缆安全运行目标，根据管节结构外部作用，经计算后得到的等效试验荷载。

3 基本规定

- 3.0.1 顶推装配式钢筋混凝土电力管廊工程建设应以城市规划、市政管线规划为依据，满足城市新建、改建、扩建的电力需求。
- 3.0.2 顶推装配式钢筋混凝土电力管廊应具备电缆安全运行需要的消防、照明、监控与报警、通风、排水、标识、接地装置等设施。
- 3.0.3 顶推装配式钢筋混凝土管节设计应满足运输、吊装、顶推等多种因素制约的要求。特殊管节应专项设计。
- 3.0.4 顶推施工应进行施工组织设计，达到规定危险等级的工程应编制专项施工方案。
- 3.0.5 管节应进行型式检验、出厂检验及现场验收。
- 3.0.6 工程所用的主要构配件和原材料等产品应进行检验验收，合格后方可使用。
- 3.0.7 顶推施工应根据设计要求、工程特点及有关规定，对施工影响范围内的地表沉降、邻近建（构）筑物及地下管线进行监测。

4 规划、勘察与设计

4.1 一般规定

- 4.1.1 地下电力管廊安全等级应按管廊重要性划分，重要的电力管廊的结构重要性系数不小于 1.1。
- 4.1.2 顶推装配式钢筋混凝土电力管廊的环境类别应按现行规范《混凝土结构设计规范》GB 50010 确定。
- 4.1.3 顶推装配式钢筋混凝土电力管廊设计应依据电力管廊不同设计阶段的任务、目的和要求，针对电力管廊的特点和规模，确定搜集、调查基础资料的内容和范围，并进行调查、测绘、勘探和试验。基础资料应齐全、准确，满足设计要求。
- 4.1.4 应对结构在施工和使用的不同阶段的多种受力状况，分别进行结构分析，确定最不利的作用效应组合。
- 4.1.5 顶推装配式钢筋混凝土电力管廊最大裂缝宽度限值应按照结构所处环境类别确定。
- 4.1.6 结构分析所需的各种几何尺寸以及所采用的计算图形、边界条件、荷载的取值与组合、材料性能的计算指标、初始应力和变形状况等，应符合结构的实际工作状况，并应具有相应的结构保证措施。结构分析中所采用的各种简化和近似假定，应有理论或试验的依据，或经工程实践验证。计算结构的准确程度应符合工程设计的要求。
- 4.1.7 应根据结构形状、支撑条件和极限状态等建立合适的结构分析模型。
- 4.1.8 地层模拟可采用弹性地基法等。设计中的参数应综合土体参数、荷载和支撑状况等条件选取。
- 4.1.9 顶推施工工艺应根据不同地层地质条件及场地环境选择。

4.2 规划

- 4.2.1 电力管廊规划应结合城乡总体规划、电网的发展规划等进行，主要内容应包括：管廊线形设计及埋深确定、工作井选址、变电站布点等。
- 4.2.2 电力管廊选线应以道路网为基础，选择合理的管廊走向，尽量缩短管廊长度，保证线路走向顺直；变电站应与现有及规划电力网络相协调，主要变电站沿电力线路呈网格化分布。
- 4.2.3 电力管廊宜采用深埋方式，如电力管廊的埋深应满足电力设施抵抗外部影响的要求，同时给浅层地下交通网等设施预留发展空间。

4.3 勘察

- 4.3.1 电力管廊工程勘察等级应根据管廊工程重要性等级、场地的复杂程度及地基的复杂程度综合确定。管廊工程勘察除划分等级外，尚应根据设计阶段划分为可行性研究勘察、初步勘察、详细勘察等阶段，必要时进行施工勘察。
- 4.3.2 应根据电力管廊所通过地区的地形、地质条件，并综合勘察的阶段、方法、范围等因素，编制相应的勘察计划。在勘察过程中，如发现实际地质情况与前期勘察情况不符，应及时修正勘察计划。
- 4.3.3 电力管廊工程测绘应按设计阶段的要求，搜集或测绘地形图、地下管线、地下建（构）筑物等资料。测绘成果应符合现行标准《工程测量标准》GB 50026、《电力工程施工测量标准》DL/T 5578 和《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61 的规定。
- 4.3.4 施工前各阶段的地形与地质勘察应包括自然地理概况以及工程地质和水文地质等内容，并按阶段要求

重点勘察和分析：

- a) 地层、岩性及地质构造的性质、类型和规模；
- b) 断层、节理、软弱结构面特征及其与管廊的组合关系，围岩的基本物理力学性质；
- c) 地下水类型及地下水位、含水层、其分布范围及相应的渗透系数、水量和补给关系、水质及其对混凝土的侵蚀性，有无异常涌水、突水；
- d) 按现行标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 的规定或经地震部门鉴定，确定电力管廊所在地区的地震峰值加速度。

4.3.5 地形、地质勘察尚应注意：

- a) 当场区存在区域性断裂构造时，特别是存在全新活动的断裂和发震断层时，应勘察新构造活动的痕迹、特点和与地震活动的关系，并查明其对电力管廊工程的影响程度；
- b) 当场区存在影响电力管廊方案的重大不良地质、特殊地质情况时，应进一步搜集勘察地质资料，综合分析、预测电力管廊工作井开挖后可能出现塌方、滑动、挤压、岩爆、突涌、流砂及瓦斯溢出等的地段，并提出相应的技术措施，为方案比选和电力管廊设计提供依据；
- c) 水文地质条件复杂的电力管廊除按一般电力管廊进行勘察、勘探、试验外，必要时还应进行水文地质动态观测或进行专题研究。

4.3.6 施工中的地质勘察宜采取地面补充调查，工作面直接观察、素描、摄像、量测等方法。对于工程地质、水文地质条件复杂的电力管廊，可采用超前地震波反射、声波反射、地质雷达等地球物理手段，或采用超前钻孔、平行导坑、试验坑道等方法进行超前探测，及时预报可能发生地质灾害的位置、性质及其规模。施工勘察应完成以下任务：

- a) 根据对围岩性质的直接观察、量测和试验资料，核定岩性、地质构造、地下水等情况，分析判定实际揭露的围岩级别及其影响；
- b) 及时预报和解决施工中遇到的工程地质和水文地质问题；
- c) 为验证和修改（变更）设计及调整施工方案提供依据。

4.3.7 应对电力管廊沿线及邻近地区相关地表水系、地下水、植被、矿产资源以及动植物生态等自然环境状况进行勘察。

4.3.8 应对电力管廊沿线范围内土地使用情况、水利设施、建（构）筑物、地下管线情况进行勘察。若场区内有公园、保护林、文化遗址、纪念建筑等需要保护的重要地物时，除应勘察它们的现状外，还应提出电力管廊建设对其环境影响评价和保护措施。

4.3.9 应对生产生活用水、交通状况、施工和运行噪声、振动、污水及废气排放等对生态环境的影响进行勘察。应对施工中地下水大量流失可能造成地表沉降、塌陷、地面建筑物破坏、生产生活用水枯竭等环境问题的影响程度进行勘察和预测。

4.3.10 施工条件勘察应包括以下方面：

- a) 施工便道、施工场地、拆迁、弃渣场地、供水、供电和通信条件；
- b) 建筑材料的来源、品质、数量等；
- c) 其他可能影响施工的因素。

4.4 平面布局

4.4.1 电力管廊间距应符合下列规定：

- a) 互相平行的管廊水平间距应根据土层性质、管廊尺寸和管廊埋置深度等因素确定，一般情况下不宜小于 1 倍的管廊外径或管廊宽度；
- b) 空间交叉管廊的净间距不宜小于 1 倍管廊外径或宽度，且不宜小于 2m；
- c) 管廊底面与建筑物基础底面相平时，净空小于 1.5m 的管廊宜与建筑物基础边缘保持 2 倍管径间距，净空大于 1.5m 的管廊宜保持 3m 净距；
- d) 管廊底面低于建筑基础底面标高时，其间距尚应满足基础稳定性要求；
- e) 管廊敷设在城市轨道交通保护区范围内时，尚需遵循轨道交通保护相关要求，必要时需进行专项评估。

4.5 空间设计

4.5.1 平面曲线半径的确定应满足电力管廊内各种管线的转弯半径要求，同时应满足掘进机施工工艺最小半径要求。

4.5.2 在规划线路大转角或是地形受限的情况，可以采用多边形或圆形的转向工作井连接两条电力管廊。

4.5.3 电力管廊穿越河床时，最小覆土深度应满足河道整治和电力管廊安全运行的要求，并应符合下列规定：

- a) 在 I~V 级航道下面敷设时，顶部高程应在远期规划航道底高程 2.0m 以下；
- b) 在 VI、VII 级航道下面敷设时，顶部高程应在远期规划航道底高程 1.0m 以下；
- c) 在其他河道下面敷设时，顶部高程应在河道底设计高程 1.0m 以下。

4.5.4 干线电力管廊应避让河道及水管、通信、燃气管道等既有市政管线，并为后期管线布置预留足够的地下空间。

4.5.5 在中心城区建设电力管廊，应根据国家相关规范协调与高架道路和轨道交通等其它基础设施之间的关系。

4.5.6 电力管廊内纵向坡度超过 10%时，应在人员通道部位设置防滑地坪或台阶。

4.6 断面设计

4.6.1 电力管廊结构断面型式及尺寸应根据设计功能及要求确定。

4.6.2 电力管廊应有足够的覆土厚度，覆土厚度应符合下列规定：

- a) 电力管廊覆土厚度应根据土壤性质和地面承受荷载的大小确定管廊的覆土深度，并不宜小于管廊结构断面高度的 1.5 倍；
- b) 穿越河道时应满足河道的规划要求，布置在河床的冲刷线以下，覆土厚度不宜小于 2.5m；
- c) 在有地下水地区及穿越河道时，电力管廊覆土厚度应满足管廊抗浮要求。

4.6.3 水平敷设时电缆支架的最上层和最下层布置尺寸应符合下列规定：

- a) 最上层支架距管廊顶板或梁底的净距允许最小值，应满足电缆引接至上侧柜盘时的允许弯曲半径要求，且不宜小于 180mm；

- b) 最上层支架距其他设备的净距, 不应小于 300mm, 当无法满足要求时应设置防护板;
- c) 最下层支架距地坪、沟道底部的最小净距, 不宜小于 100mm。

4.6.4 电力管廊的尺寸应按容纳的全部电缆确定, 电缆的配置应无碍安全运行, 满足敷设施工作业与维护巡视活动所需空间。

4.6.5 高落差地段的电力管廊中, 通道不宜呈阶梯状, 且纵向坡度不宜大于 15°, 电缆接头不应设置在倾斜位置上。

4.7 节点设计

4.7.1 电力管廊、封闭式工作井应设置安全孔, 安全孔的设置应符合下列规定:

- a) 沿管廊纵长不应小于 2 个。在工业性厂区或变电所内管廊的安全孔间距不宜大于 75m。顶推装配式电力管廊的安全孔间距可适当增大, 且宜根据管廊埋深和结合电缆敷设、通风、消防等综合确定;
- b) 对封闭式工作井, 应在顶盖板处设置 2 个安全孔。位于公共区域的工作井, 安全孔井盖的设置应符合相关标准;
- c) 至少应有一处安全孔适合安装机具和安置设备的搬运, 供人出入的安全孔直径不得小于 700mm;
- d) 安全孔内应设置爬梯, 通向安全门应设置步道或楼梯等设施;
- e) 在公共区域露出地面的安全孔设置部位, 宜避开公路、轻轨, 其外观宜与周围环境景观相协调。

4.7.2 工作井设计基本原则:

- a) 工作井尺寸应按照电力管廊的管节尺寸、顶推设备尺寸、管底高程等参数确定;
- b) 接收井的控制尺寸应根据电力管廊顶推设备尺寸、顶推设备在井内拆除和吊装的需要以及其它管道连接的要求等确定;
- c) 需计算顶推施工时顶推力对井身结构的影响;
- d) 尽可能减少工作井数量;
- e) 工作井的选址应尽量避免房屋、地下管线、池塘、架空线等不利于顶管施工的场地;
- f) 管线交叉的中间井和深度大的工作井宜采取圆形或多边形。

4.7.3 中继间设计基本原则:

- a) 中继间的设计允许顶力不应大于管节相应设计转角的允许顶力;
- b) 中继间的允许转角不宜小于 1.2°;
- c) 中继间的合力中心应可调节;
- d) 第一个中继间的顶力富余量不宜小于 40%, 其余不宜小于 30%。

5 结构与防排水设计

5.1 一般规定

5.1.1 管廊结构采用以概率理论为基础的极限状态设计法，以可靠指标度量结构构件的可靠度，以分项系数的设计表达式进行设计：

管廊结构按强度计算时，应采用下列极限状态计算表达式：

$$\gamma_0 S \leq R \quad (5.1.1)$$

中： γ_0 ——管廊的重要性系数，一般取 1.0，重要的电力管廊不小于 1.1；

S ——作用效应组合的设计值；

R ——管廊结构抗力设计值，按现行规范《混凝土结构设计规范》 GB 50010 确定。

b) 作用效应的组合设计值，应按下式确定：

$$S = \gamma_{G1} C_{G1} G_{1k} + \gamma_{G,sv} C_{sv} F_{sv,k} + \gamma_{Gh} C_h F_{h,k} + \gamma_{Gw} G_{wk} + \varphi_c \gamma_Q (C_{Qv} Q_{vk} + C_{Qm} Q_{mk} + C_{Qt} F_{tk}) \quad (5.1.2)$$

式中： γ_{G1} ——管廊结构自重作用分项系数，可取 $\gamma_{G1}=1.3$ ；

$\gamma_{G,sv}$ ——竖向水土压力作用分项系数，可取 $\gamma_{G,sv}=1.3$ ；

γ_{Gh} ——侧向水土压力作用分项系数，可取 $\gamma_{Gh}=1.3$ ；

γ_{Gw} ——管内电缆设备自重作用分项系数，可取 $\gamma_{Gw}=1.3$ ；

γ_Q ——可变作用的分项系数，可取 $\gamma_Q=1.5$ ，当作用效应对承载力有利时取 $\gamma_Q=0$ ；

C_{G1} ， C_{sv} ， C_h ， C_{Gw} ——分别为管廊结构自重、竖向和侧向水土压力及管内电缆设备自重的作用效应系数；

C_{Qv} ， C_{Qm} ， C_{Qt} ——分别为地面车辆荷载、地面堆积荷载、温度变化的作用效应系数；

G_{1k} ——管廊结构自重标准值；

$F_{sv,k}$ ——竖向水土压力标准值；

$F_{h,k}$ ——侧向水土压力标准值；

G_{wk} ——管内电缆设备自重标准值；

Q_{vk} ——车行荷载产生的竖向压力标准值；

Q_m ——地面堆积荷载作用标准值；

F_{tk} ——温度变化作用标准值；

φ_c ——可变荷载组合系数，对钢筋混凝土电力管廊取 $\varphi_c=1.0$ 。

5.1.2 管廊结构按承载能力极限状态计算和按正常使用极限状态验算时，应按规定的荷载对结构的整体进行荷载效应分析；必要时，尚应对结构中受力状况特殊部位进行进一步的结构分析。

5.2 管廊结构设计

5.2.1 电力管廊的结构计算包括以下内容：

a) 顶力的估算。计算完成一次顶进过程（从工作井至接收井）所需的最大顶推力。当估算的总顶推力大于管廊允许顶力或工作井允许顶力时，应设置中继间或增加减阻措施。

b) 管廊允许顶力。计算管段传力面允许的最大顶力。

c) 管廊强度计算。管壁截面的最大环向应力、最大纵向应力、最大组合应力等计算值应小于管壁截面的许用应力。

d) 管壁稳定验算。管壁的临界压力计算值应大于管廊外壁实际承受的水土压力值。

e) 钢筋混凝土管廊裂缝宽度验算。计算钢筋混凝土管在长期效应作用下,处于大偏心受拉或大偏心受压状态时,最大裂缝宽度计算值应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

f) 对处于地下水位以下的电力管廊,应根据设计条件计算其结构的抗浮稳定性,计算时各项作用均应取标准值,并应满足抗浮稳定性抗力系数不低于 1.1。

5.2.2 应根据电力管廊所处的地形、地质条件、埋置深度、结构特征和工作条件、施工方法、相邻管廊间距等因素确定荷载。施工中如发现与实际情况不符,应及时修正。对地质复杂的电力管廊,必要时应通过实地测量确定作用的代表值或荷载计算值及其分布规律。

5.2.3 作用在结构上的水压力,可根据施工阶段和长期使用过程中地下水位的变化,区分不同的围岩条件,按静水压力计算或把水作为土的一部分计入压力。

5.3 管廊支架设计

5.3.1 电缆支架应符合下列规定:

- a) 电缆支架应进行结构计算分析,并满足不同电压等级电缆承载要求;
- b) 满足电缆安全运行要求;
- c) 满足耐久性要求;
- d) 符合工程防火要求;
- e) 表面光滑无毛刺。

5.3.2 电缆支架水平受弯构件挠度值不大于 $1/400$, l 为水平受弯构件的跨度,对悬臂梁 l 为悬臂长度的 2 倍。横向构件与附壁竖向主构件采用螺栓连接时,宜采用三角形布置方式,螺栓及其孔间距应满足现行标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《钢结构通用规范》GB 55006 的要求。

5.3.3 电缆支架除支持工作电流大于 1500A 的交流系统单芯电缆外,宜选用钢材质。在强腐蚀环境下,宜选用耐腐蚀的刚性材料。

5.3.4 电力管廊的电缆支架应做防腐处理,且应符合下列规定:

a) 密集配置场所或重要回路的钢制电缆支架,应按一次性防腐处理具有的耐久性、工程环境要求,选用合适的防腐处理方式,在强腐蚀环境,宜采用热浸锌等耐久性较高的防腐处理;

b) 型钢悬臂式支架,轻腐蚀环境或非重要性回路的电缆支架,可采用涂漆处理。

5.3.5 电缆支架的强度,应满足电缆及其附件荷重和安装维护的受力要求,且应符合下列规定:

- a) 有可能短暂上人时,计入 900N 附加集中荷载;
- b) 机械化施工时,计入纵向拉力、横向推力和滑轮重量等影响。

5.3.6 振动场所的支架系统,包括接地部位的螺栓连接处,应设置弹簧垫圈。

5.3.7 要求防火的金属支架,除应符合现行标准《电力工程电缆设计标准》GB 50217 相关规定外,尚应对金属构件外表面施加防火涂层,其防火涂层应符合现行标准《电缆防火涂料通用技术条件》GA 181 的有关规

定。

5.4 管廊防水、排水设计

- 5.4.1 电力管廊防水应遵循“防、堵、排相结合，综合治理”的原则，保证电力管廊结构和电缆、其他电气设备的正常使用。电力管廊防水设计应根据地表水、地下水等水文地质条件来确定。
- 5.4.2 电力管廊应采用全封闭的防水设计，电力管廊出入口的防水设防高度应高出室外地坪高程 500mm 以上。
- 5.4.3 电力管廊的防、排水设计应满足下列要求：
- a) 管廊顶部、边墙、路面不渗水；
 - b) 有冻害地段的管廊、竖井衬砌背后不积水，排水沟不冻结。
- 5.4.4 电力管廊的防水设防要求应根据使用功能、使用年限、水文地质、结构形式、环境条件、施工方法及材料性能等因素合理确定。
- 5.4.5 电力管廊防水等级应为一级，防水标准应符合现行规范《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030 的规定。
- 5.4.6 电力管廊的变形缝、施工缝、穿墙管（盒）、预埋件、预留通道接头等细部构造应加强防水措施，电力管廊接缝防水应满足表 5.4-1 的要求。

表 5.4-1 顶推装配式钢筋混凝土电力管廊接缝防水设防要求

接缝防水						
钢套管或钢（不锈钢）圈	钢（不锈钢）套筒	弹性密封填料	密封胶圈	橡胶密封胶圈	遇水膨胀橡胶	木垫圈
必选	—	必选	必选	—	必选	必选

- 5.4.7 有侵蚀性地下水时，应针对侵蚀类型，采用抗侵蚀混凝土、压注抗侵蚀浆液或铺设抗侵蚀防水层。
- 5.4.8 电力管廊的排水应符合国家、行业及湖南省现行有关排放标准。
- 5.4.9 电力管廊排水系统应能及时排除管廊的渗漏水、地面井盖的雨水渗漏水及管廊内的冲洗水等。
- 5.4.10 电力管廊露天出入口及敞开通风口的标高应满足防汛防洪要求，设计重现期 P 宜取 100 年。
- 5.4.11 电力管廊内应采取有组织的排水，管廊内纵向排水坡度不宜小于 5‰，并设坡向集水井。
- 5.4.12 电力管廊应结合管廊工作井、通风口、出入口、管廊纵坡最低处等设置集水井，采用潜水泵提升至就近市政排水系统，潜水泵出水管路上应设止回阀，以防止雨水倒灌。
- 5.4.13 电力管廊排水宜接入市政排水系统，确保市政雨、污水不能倒灌至管廊。
- 5.4.14 应采取措施防止电力管廊内雨、污水进入变电站。
- 5.4.15 集水井内潜水泵宜采用两台，一用一备，必要时同时启动。
- 5.4.16 潜水泵集水井有效容积宜按最大一台潜水泵 15min~20min 排水量计算。
- 5.4.17 排水管材宜采用镀锌钢管、钢塑复合管，排水管宜采用螺纹或沟槽式连接。
- 5.4.18 潜水泵的控制应符合下列规定：
- a) 潜水泵应设计为自灌式，一般采用自动和就地控制方式，控制方式宜具有远程控制功能；
 - b) 潜水泵按二级负荷供电，排雨水时按一级负荷供电；
 - c) 潜水泵的集水井应设最高水位、启泵及停泵水位信号，并宜设超高、超低水位信号报警功能；

- d) 潜水泵的工作状态、故障状态及集水井水位信号宜在电力管廊中心控制室显示。

6 管廊附属设施设计

6.1 一般规定

6.1.1 电缆的路径选择，应符合下列规定：

- a) 避免电缆遭受机械性外力、过热、腐蚀等危害；
- b) 满足安全要求条件下，应保证电缆路径最短；
- c) 便于敷设、维护；
- d) 宜避开施工影响区域；
- e) 充油电缆线路通过起伏地形时，应保证供油装置合理配置。

6.1.2 电缆敷设方式按《电力工程电缆设计标准》GB 50217、《电力电缆隧道设计规程》DL/T 5484 等现行标准执行。

6.1.3 电力管廊内布线系统的选择和敷设，应避免环境温度、外部热源、浸水、灰尘聚集及腐蚀性或污染物质等的损害，并应防止在敷设和使用过程中受撞击、振动、电线和电缆自重及管廊的变形等的损害。

6.1.4 电力管廊内应设置电气火灾监控报警系统，电缆接头处应设置自动灭火装置。

6.1.5 电力管廊接地应符合下列规定：

- a) 电力管廊内的接地系统应形成环形接地网，110kV 以上接地电阻不应大于 1Ω 。
- b) 电力管廊的接地网宜采用热镀锌扁钢，且截面面积应满足现行规范《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB 50169 要求。
- c) 电力管廊内的金属构件、电缆金属套、金属管道以及电气设备金属外壳均应与接地网连通。
- d) 作为总等电位联结和局部等电位联结的保护联结导体，其截面积不应小于下列数值：铜为 6mm^2 ；镀铜钢为 25mm^2 ；铝为 16mm^2 ；钢为 50mm^2 。

6.2 通风

6.2.1 电力管廊通风设计应符合以下规定：

- a) 电力管廊内的温度应满足电缆、设备安全运行要求，并设置相应的通风降温措施；
- b) 当采用通风降温措施困难或难以保障管廊内的温度要求时，经过技术经济比较后，可以采用其他辅助降温措施；
- c) 电力管廊内各降温措施应满足现行规范《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 相关规定的要求。

6.2.2 电力管廊的通风应符合下列规定：

- a) 电力管廊的通风量应根据通风区间、截面尺寸并经计算确定，其消除余热通风量，宜按电缆安全运行状态下最大载流量通过能力计算；
- b) 人员检修新风量，不宜小于 $30\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$ ；
- c) 正常通风换气次数不应小于 2 次/h；
- d) 每个通风区段的事事故通风量，宜按最小换气次数 6 次/h 计。当采用其他辅助降温设施时，设备容量

的选取应满足及时排除电缆发热量要求，同时满足人员检修时新风量和事故通风量的要求；

e) 排风温度不应高于 40℃，进、排风温差不宜大于 10℃。

6.2.3 电力管廊内可采用自然通风或机械通风方式。自然通风方式要求通风区域较短，且进、排风口高差应保证足够余压使管廊内空气产生有效流动。机械通风管廊内风速不宜大于 5m/s。进、排风孔处应设置防止小动物进入的设施。

6.2.4 采用空调系统作为电力管廊内降温措施时，空调送风口及排水系统管道不应布置在电缆正上方。

6.2.5 机房及风口布置应符合下列规定：

a) 通风降温用机房可设置在地面风亭或电力管廊内部。也可根据实际情况，与人员出入口建筑相结合；

b) 地面风亭应与周边环境协调布置，并满足景观要求；

c) 风口下沿距室外地坪不宜低于 0.5m，有洪水威胁的地区，其开口标高不应低于防洪水位以上 0.5m；

d) 排风口设置宜避免朝向人行道，直接朝向人行道的排风口出风速度不宜超过 3m/s。进风口应设置在空气洁净的地方，排风口的位置宜与交通道路保持安全距离。

6.2.6 排风口的噪声应符合现行国家标准《声环境质量标准》GB 3096 及《建筑环境通用规范》GB 55016 的有关规定。

6.3 照明

6.3.1 电力管廊应设置正常照明、应急照明及过渡照明设施。

6.3.2 照明灯具宜采用节能、三防型灯具。灯具外壳应带单独接地线。

6.3.3 在电力管廊内人行通道上的平均照度值不应小于 15lx，显色指数（Ra）应大于 60。疏散照明的平均照度值不应小于 0.5lx。在管廊出入口处应设计过渡照明。过渡照明设计宜优先采用自然光过渡，当自然光过渡不能满足要求时，应增加人工照明过渡。

6.3.4 电力管廊内正常照明灯具的布置宜采用沿电力管廊中线均匀布置。疏散照明应由安全出口标志灯和疏散标志灯组成。安全出口标志灯宜安装在电力管廊出入口上方，疏散标志灯宜设置在电力管廊内人行通道两侧距地面高度为 1.0m~1.2m 的电缆支架外侧。

6.3.5 应急照明电源除正常电源外，宜选用另一路供电线路与自带电源型应急灯相结合的供电方式。正常电源故障后，应急电源投入的转换时间应不大于 15s。应急照明电源的持续工作时间不应少于 30min。

6.3.6 照明系统中每一单相回路不宜超过 16A，单独回路的灯具数量不宜超过 25 个。

6.3.7 每个防火分区应有独立的应急照明回路，穿越不同防火分区的线路应有防火措施。

6.3.8 照明开关应采用双控开关，开关应选用防水防尘型，其安装高度宜为 1.3m。

6.3.9 照明线路分支导线截面不应小于 2.5mm²。中性线（N 线）及保护地线（PE 线）截面应与相线截面相同。

6.3.10 电力管廊内控制系统应满足下列要求：

a) 电力管廊通风系统应具备就地控制和远程控制；

b) 电力管廊内宜设置温度和火灾探测器，当管廊内发生异常情况时，信息应能及时发送至监控室；

c) 由温度监测器发出的信号应能自动启动风机。风机及辅助降温设施应能在管廊内发生火灾时自动关闭。

6.4 消防

6.4.1 电力管廊消防设计应遵循“预防为主、防消结合”的原则。

6.4.2 当采用阻燃电缆时，电力管廊的火灾危险性类别为戊类，最低耐火等级为一级；当采用一般电缆时，电力管廊的火灾危险性类别为丙类，最低耐火等级为一级。

6.4.3 电力管廊内按工程的重要性、火灾概率及其特点和经济合理等因素，宜采用下列一种或多种安全措施：

- a) 实施防火构造；
- b) 对电力管廊和电缆本身实施阻燃防护和防止延燃；
- c) 设置消防器材；
- d) 设置火灾自动监控报警系统。

6.4.4 电缆贯穿隔墙、竖井的孔洞处、电缆引至控制设施处等均应实施具有足够机械强度的防火封堵。防火封堵材料应密实无气孔，封堵材料厚度不应小于 100mm。

6.4.5 金属导管连接应牢固，两管口应对准，接缝应严密，不得有地下水和泥浆渗入；所用短套管或带螺纹的管接头的长度，不应小于电缆管外径的 2.2 倍；金属导管不宜直接对焊。

6.4.6 弱电、控制电缆等低压电缆及光缆应与电力管廊内其他设施分隔，可采用耐火槽盒或穿管敷设。耐火槽盒接缝处和两端应用防火封堵材料或防火包带密封。耐火槽盒应同时确定电缆载流能力或相关参数。

6.4.7 消防用电设备的供电，应在其配电线路最末一级配电箱处设置自动切换装置。

6.4.8 采用的防火阻燃材料、产品应适用于电力管廊工程环境，并具有耐久可靠性。

6.4.9 电力管廊内电缆的阻燃防护和防止延燃措施应同时符合现行标准《电力工程电缆设计标准》GB 50217 及现行规范《高压电缆及通道防火技术规范》Q/GDW 12067 的相关规定。

6.4.10 在电力管廊的进出口处、接头区和每个防火分区内，均宜设置灭火器、黄沙箱等消防器材。

6.4.11 防火分区及防火设施设置应符合现行规范《电力电缆隧道设计规程》DL/T 5484 的要求

6.5 监控与报警系统

6.5.1 电力管廊的安全防范系统应符合现行标准《安全防范工程技术标准》GB 50348、规范《入侵报警系统工程设计规范》GB 50394 及《出入口控制系统工程设计规范》GB 50396 的有关规定。

6.5.2 电力管廊中应设置火灾自动报警系统，并应符合下列规定：

- a) 在电力电缆表层设置线型感温火灾探测器，并在管廊顶部设置线型光纤感温火灾探测器或感烟火灾探测器。
- b) 设置火灾探测器的场所设置手动火灾报警按钮和火灾警报器，手动火灾报警按钮处宜设置电话插孔。
- c) 符合现行规范《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116、《输变电工程防灾减灾设计规程》DL/T 5630 的有关规定。

6.5.3 火灾监控报警系统宜采用线型感温探测器。探测器应具有联动报警功能，火灾时可联动主机，及时将信息发至监控室，联动关闭风机。

6.5.4 火灾监控报警系统的电源回路应选用耐火阻燃电缆。

6.5.5 有特殊需要时，可在电力管廊各井腔内设置电话线插座。

6.5.6 监控与报警系统的防雷、接地应符合现行规范《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB 50343 等有关规定。

6.5.7 电力管廊应设置毒气报警系统。

7 管节预制、储运与施工

7.1 一般规定

7.1.1 管节预制、施工应熟悉设计单位提供的设计、施工图纸及其它技术资料，掌握设计意图与要求；在施工前，建设方应组织勘察、设计、施工、监理等单位进行图纸会审和技术交底。

7.1.2 管节生产单位、施工单位应具备保证产品质量要求的工艺设施、试验检测条件，建立完善的质量安全管理体系和制度，并应建立可追溯的质量控制管理系统。

7.1.3 管节预制、施工单位应配备项目经理、技术负责人、技术员、安全员、质检员、设备操作工、焊工、电工、无损探伤检测员等主要施工人员。特种作业人员应按要求持证上岗。

7.2 管节预制

7.2.1 管节预制单位的生产组织设计应包括下列内容：

- a) 管节技术要求及生产工艺设计；
- b) 管节生产场地的总平面布置；
- c) 生产管理组织及生产设备的配置；
- d) 生产进度、劳动力安排计划；
- e) 关键工序的设立及生产过程的质量控制；
- f) 安全、质量、环境保护、文明生产措施；
- g) 应急预案；
- h) 附图。

7.2.2 管节生产前应编制生产方案。生产方案应包括生产计划及生产工艺、模具方案及计划、技术质量控制措施、成品存放、场内转运和保护方案等。

7.2.3 管节规格分类

7.2.3.1 公称内径不小于 3500mm 或净宽不小于 3000mm 的管节接口宜采用 2 道楔形橡胶圈止水密封的钢承插口型式。

7.2.3.2 管节基本构成应包括钢筋混凝土管体、钢承口、止退钢环、定位钢环、压浆孔、试压孔、吊装孔、木衬垫板、止水橡胶圈、接地预埋件。

7.2.3.3 管节规格及基本尺寸可按附录 C 选用。

7.2.4 原材料

7.2.4.1 水泥应采用强度等级不低于 52.5MPa 的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，其性能应符合现行标准《通用硅酸盐水泥标准》GB 175 的规定。

7.2.4.2 细骨料采用天然砂时，应采用硬质中砂，细度模数应为 2.3~3.0，含泥量不应大于 1.0%，泥块含量不应大于 1.0%。细骨料采用机制砂时，应采用 I 类机制砂。粗骨料最大粒径不得大于壁厚的 1/3，并不得大于环向钢筋净距的 3/4。骨料的碱活性检验等指标应分别符合现行标准《建设用砂》GB/T 14684、《建设用卵石、碎石》GB/T 14685 的规定。

7.2.4.3 混凝土中掺入的粉煤灰应符合现行标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 的规定；矿粉应

符合现行标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 中 S95 级的规定；减水剂宜采用聚羧酸系列，并应符合现行标准《混凝土外加剂》GB 8076 和标准《聚羧酸系高性能减水剂》JG/T 223 的规定。减水剂的减水率不应小于 18%。

7.2.4.4 混凝土拌和用水应符合现行标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

7.2.4.5 钢筋应采用热轧带肋钢筋或冷轧带肋钢筋，其性能应分别符合现行标准《钢筋混凝土用钢 第 1 部分：热轧光圆钢筋》GB/T1499.1、《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 和《冷轧带肋钢筋》GB/T 13788 的规定。

7.2.4.6 钢承口应采用 Q235B 级低合金结构钢，其性能应符合现行标准《碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢板和钢带》GB/T 3274 的相关规定；止退环应采用 Q235B 级普通碳素结构钢，其性能应符合现行标准《碳素结构钢》GB/T 700 的相关规定。

7.2.4.7 橡胶圈应采用氯丁合成橡胶或三元乙丙橡胶，断面高度尺寸公差应控制在 $28^{0.7}_0$ mm，橡胶圈的周长宜为插口工作面周长的 0.85~0.88 倍，插口工作面直径较大时宜取大值，直径较小时宜取小值。

当施工期间气温不小于 15℃时应采用氯丁合成橡胶，当气温小于 15℃时应采用三元乙丙橡胶。氯丁合成橡胶圈和三元乙丙橡胶圈的主要物理力学性能应符合表 7.2-1 和表 7.2-2 的规定。

表 7.2-1 氯丁合成橡胶圈的主要物理力学性能

序号	项目	指标
1	邵氏硬度（IRHD）	48° ± 3°
2	拉伸强度	≥16MPa
3	拉断伸长率	≥425%
4	压缩永久变形	≤25%
5	老化试验（70℃，7d）拉伸强度降低率	≤20%
6	老化试验（70℃，7d）拉断伸长率变化率	30%±10%
7	耐酸碱系数（酸碱溶液 20%，20±2℃，24h）	0.8
8	防霉要求	一级

表 7.2-2 三元乙丙橡胶圈的主要物理力学性能

序号	项目	指标
1	邵氏硬度（IRHD）	48° ± 3°
2	拉伸强度	≥10MPa
3	拉断伸长率	≥370%
4	压缩永久变形（100℃，22h）	≤25%
5	老化试验（70℃，7d）硬度变化	-5° ~ +8°
6	老化试验（70℃，7d）拉伸强度降低率	≤20%
7	老化试验（10℃，7d）拉断伸长率变化率	-30%~+10%

续表 7.2-2		
8	耐低温（低温脆性）	-40℃
9	耐热水（体积变化率）（蒸馏水 80℃，7d）	0~8%
10	耐臭氧（200pphm40℃，7d）（拉伸 25%）	不裂
11	防霉要求	一级

7.2.4.8 橡胶圈的外观和任何断面均应致密、均匀，无裂缝或凹痕等缺陷，应保持清洁，无油污，贮存与堆放应避免阳光直晒。

7.2.4.9 遇水膨胀橡胶的邵氏硬度、拉伸强度、体积膨胀倍率等物理性能除应符合现行标准《高分子防水材料 第 3 部分:遇水膨胀橡胶》GB/T 18173.3 的要求外，断面的几何尺寸还应符合设计图纸的要求。膨胀倍率宜控制在 100%~150%。

7.2.4.10 密封胶宜选用抗微生物侵蚀的双组份聚硫密封胶，双组份聚硫密封胶的主要物理性能除应符合现行标准《聚硫建筑密封胶》JC/T 483 的规定外，还应符合表 7.2-3 的要求。

表 7.2-3 双组份聚硫密封胶的主要物理性能

序号	项目	指标
1	密度	规定值±0.1g/m ³
2	颜色	灰色
3	表干时间	≤24h
4	适用期	≥2h
5	下垂度	≤2mm
6	弹性恢复率	≥70%
7	拉伸模量（23℃、-20℃）	≤0.4 N/mm ² 和 ≤0.6 N/mm ²
8	黏结性	无破坏
9	质量损失率	≤5%

7.2.5 技术要求

7.2.5.1 管节混凝土应符合下列规定：

- 混凝土设计强度等级不应低于 C50，抗渗等级不应低于 P10；
- 混凝土配合比设计应符合现行规程《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定，外掺料可用矿粉、粉煤灰，最大水胶比不应大于 0.35，最大胶凝材料用量不应大于 450kg/m³，水泥用量不得少于 360kg/m³，并根据冬夏季的气温适时调整主要材料的配合比；
- 混凝土的耐久性应符合现行规范《混凝土结构设计规范》GB 50010 及《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 的有关规定，氯离子含量不得大于胶凝材料总量的 0.06%，混凝土的总碱含量不应大于 3.0kg/m³，电通量不应大于 1000C，设计配制的混凝土使用前应经过氯离子扩散系数测定，氯离子扩散系数不应大于 1.2×10⁻⁸cm²/s。

7.2.5.2 钢筋骨架应符合下列规定：

- a) 钢筋骨架的制作应符合设计图纸的要求，成型宜采用滚焊或 CO₂ 保护焊；
- b) 环向钢筋的接头处理，应符合现行规范《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 和《冷轧带肋钢筋混凝土结构技术规程》JGJ 95 的规定，骨架两端的环向钢筋应分别密缠 1 圈~2 圈；
- c) 钢筋骨架制作允许偏差应符合表 7.2-4 的规定。

表 7.2-4 钢筋骨架制作允许偏差

序号	项目	允许偏差 (mm)
1	骨架直径	±5
2	骨架总长度	±10
3	环筋间距	±5
4	纵筋间距	±10

7.2.5.3 管节的生产宜采用钢模，每套模板在投入生产前应进行不少于 3 节管节的生产试制，在试制管节检验符合要求后再投入生产。每套模板生产 100 节管节后应进行 1 次综合检验。其检验内容应包括几何尺寸偏差及形位误差。模板安装的偏差应满足现行规范《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的要求。

7.2.5.4 预制混凝土构件预埋件的设置及检测应满足设计及施工规范要求。

7.2.5.5 预埋件的材料、品种应按照预制构件制作图要求进行制作，并准确定位。

7.2.5.6 预埋件的防腐防锈应满足现行标准《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046 和《涂覆涂料前钢材表面处理》GB/T 8923.1 的有关规定。

7.2.5.7 钢承口制作及施工应符合下列规定：

- a) 钢承口应按照设计图纸要求采用冷作定型加工，其引导坡应采用机械切削加工，直径的允许偏差应为±1.5mm，高度的允许偏差应为±1.0mm；
- b) 钢承口焊接成型后应将接头内侧焊接面磨平，还应进行轧圆处理并采用角钢进行定位，确保钢承口的周长和圆度在允许偏差内；
- c) 钢承口的锚固钢筋布置数量，落料长度、弯制形状应符合设计图纸的要求，锚固筋应采用逐根对称顺序焊接，单边焊接长度不应小于 40mm，宜采用 CO₂ 气体保护焊焊接。遇水膨胀橡胶定位挡圈宜采用直径 6mm 圆钢，焊接可采用 CO₂ 气体单面间断保护焊，焊接长度不应小于 50mm，间断距离不宜大于 400mm。

7.2.5.8 止退环制作及施工应符合下列规定：

- a) 止退环应按照图纸要求进行定型加工，制作成型后的几何尺寸应符合设计图纸的要求，外直径允许偏差应为±1.5mm，止退环外缘周边可采用 2×45°倒角处理；
- b) 插口橡胶圈止退环的锚固钢筋的布置数量、落料长度、弯制形状应符合设计的要求，锚固筋单边焊接长度不应小于 10mm，可采用交流电弧焊焊接。

7.2.5.9 预埋件的制作材料及尺寸精度应符合产品设计的要求，在管体中的就位位置允许偏差应为±3mm。

7.2.5.10 管节混凝土的生产与浇筑成型应符合下列规定：

- a) 混凝土混合物的拌制原材料应经过电子称量计量。水泥外加剂、粉煤灰、水称量计量允许偏差为±1%，砂、石称量计量允许偏差为±2%；
- b) 混凝土入模应沿管模的圆周均匀布料，每层布料的高度应控制在 500mm 左右，上端面最后一层布

料的厚度应不少于 250mm。浇捣上一层时，插入式振捣棒应插入到下层 100mm 左右，以混凝土表面液化并无气泡逸出为止。振捣棒提拔时应慢慢地提拔，不得留有插入孔；

c) 混凝土浇筑成型选用的高频插入式振捣棒，其振动频率 ≥ 12000 次/min，振捣棒直径宜为 70mm，每根振捣棒振捣 300m³ 混凝土后宜更新；

d) 管节混凝土浇筑采用振捣棒成型时，高频插入式振捣棒应沿管模四周布置，其数量不宜少于 4 个，插入点的间距应小于振捣棒的有效作用半径。插入点应按一定方向移动，不得漏振；

e) 混凝土振捣成型结束后，应清除上端面的余料，并进行一次粗抹面，根据气温和混凝土凝结硬化情况，在混凝土终凝前，上端面应进行不少于 2 次的收水抹面，使上端面与钢模上端的基准面平齐，且端面应平整、光洁；

f) 采用振动台及附着式振动器振捣成型时，应控制振动频率、振幅等参数，防止少振或过振产生的不利影响。

7.2.5.11 管节的养护应符合下列规定：

a) 混凝土浇筑成型后可采用蒸汽养护或自然养护方式进行；

b) 蒸汽养护应严格遵守养护规定，应分静停、升温、恒温、降温四个阶段进行，蒸汽养护环境相对湿度不得小于 90%，蒸汽养护要求应符合表 7.2-5 的规定；

表 7.2-5 蒸汽养护要求

项目	要求
静停时间 (h)	≥ 2 (从管节收水抹面结束后算起)
升温速度 (°C/h)	≥ 20
最高恒温温度 (°C)	≥ 65 (≥ 85)
恒温时间 (h)	≥ 3
降温速度 (°C/h)	≥ 25

注：对于最高恒温温度，采用硅酸盐水泥时不应高于 65°C，采用普通硅酸盐水泥时不应高于 85°C；

c) 采用自然养护时应保持管节混凝土表面湿润，当气温超过 25°C 时应采用软织物覆盖并及时浇水；

7.2.5.12 管节拆模强度不得低于 30%设计强度，起吊强度不得低于 70%设计强度，出厂强度不得低于 100%设计强度。

7.2.5.13 管节预制允许偏差应符合表 7.2-6、表 7.2-7 的要求。

表 7.2-6 钢筋混凝土圆形管节预制允许偏差

名称	符号	允许偏差 (mm)
管节内径	D_0	± 5
管节长度	L_0	+ 15, - 10
管壁厚度	t	± 3
插口尺寸	D_1	± 1.5
	D_2	± 1.5
	L_1	± 2

续表 7.2-6		
钢承口尺寸	D_3	± 1.5
	L_2	± 1
	L_3	± 1
端面平整度	—	± 2
管节斜面倾斜	S	≤ 5
钢筋保护层厚度	C	± 5
管体弯曲度	δ	≤ 6

表 7.2-7 钢筋混凝土矩形管节预制允许偏差

名称	符号	允许偏差 (mm)
管节宽度	B	± 5
管节高度	H	± 5
管节长度	L	$\pm 15, -10$
管壁厚度	t	± 3
端面平整度	—	± 2
端面倾斜	S	≤ 5
钢筋保护层厚度	C	± 5

7.2.5.14 管节外观质量应符合下列要求：

a) 管节内、外表面应平整、光滑，局部凹坑不大于 5mm；不应有蜂窝、露筋、空鼓现象，合缝处不应漏浆；表面裂缝不超过 0.05mm。对于细微外观缺损的修复，应采用环氧树脂水泥砂浆，修复面应填补平整，并磨平。

b) 管节的插口工作面不应有气泡、裂缝。管节的钢承口环引导坡应采用机械切削加工成型，引导坡的内表面应光滑平整，不得有焊渣、残渣。

7.2.5.15 接口密封内水压检验值应按设计要求取值。管节在进行接口密封内水压检验时，接口不应出现渗漏现象。

7.2.5.16 管节承插口接口最大转角应符合设计要求。管节在进行承插口接口最大转角试验时，其接口密封性能应符合本标准第 7.2.5.15 条的规定。

7.2.5.17 外压荷载包括裂缝荷载、破坏荷载，应根据管节运输、施工、使用中所受到的荷载作用、结构构造以及满足管廊结构安全、适用等因素经过计算分析确定。

7.2.5.18 钢承口表面防腐应采用环氧富锌底漆二度，每度 30 μ m，环氧沥青面漆二度，每度 80 μ m；涂刷后表面应平整、光洁。

7.3 管节储运

7.3.1 管节出厂前应在外表面标明企业名称、商标、生产许可证编号、产品标志、生产日期和“严禁碰撞”的字样。

7.3.2 产品堆放场地应平整，卧式堆放层数不得超过 1 层。当竖立插入堆放时可叠堆 2 层，上、下层插入叠放时，置于下层管节的钢承口部位不得受力（置于其承口混凝土端面的木垫块应高出钢承口），严禁钢承口部位向下与地面接触。

7.3.3 生产单位宜与施工单位商议运输事宜，组织或委托运输单位制定管节运输和存放方案，策划重点控制环节。其内容应包括运输时间、次序、存放场地、运输线路、固定要求、存放支垫及成品保护措施等，运输单位制定的方案需经生产单位确认。

7.3.4 管节运输应符合下列规定：

- a) 管节在搬运、吊装及运输过程中，应轻吊、轻装，防止振动开裂；
- b) 管节在搬运、吊装及运输过程中，应采用专用工具和起吊设备进行翻转、搬运，不得损坏管节的承口、插口部位；
- c) 管节运往施工现场，应先行对运输线路的路况进行踏勘，制订详尽的运输方案和安全措施，并应取得交通管理部门的许可；
- d) 使用专用车辆，专用垫衬，将管节的插口部分竖直、平稳地放置在运输车上，并应绑扎牢固；
- e) 车辆运行时应在车身的左右两侧和车辆尾部设置警示灯，运输途中宜有特种车引道。

7.4 顶管施工

7.4.1 一般规定

7.4.1.1 顶管施工前，应取得下列技术文件和资料：

- a) 工程地质资料、工程设计图纸和相关技术文件；
- b) 施工沿线环境，包括建（构）筑物、管线、河流、道路等资料；
- c) 地下障碍物资料。

7.4.1.2 顶管施工前应根据施工条件编制施工组织设计和施工方案，其内容应符合《市政工程施工组织设计规范》GB/T 50903 要求。

7.4.1.3 应进行安全风险评估，并制订防止发生事故以及事故处理的应急预案，备足应急抢险设备、器材等物资。对于有特殊沉降要求的地段，应进行试验段顶进，优化施工参数。

7.4.1.4 顶推施工应编制专项测量控制技术方案，精度标准应满足设计文件要求及现行标准《工程测量标准》GB 50026、《电力工程施工测量标准》DL/T 5578 等有关规定。

7.4.1.5 施工前应进行施工技术交底，并按附录 E 的表 E.0.1 进行记录。

7.4.1.6 根据工程设计、施工方法、工程地质及水文地质条件，对邻近建（构）筑物、管线，应采取土体加固或其他保护措施。

7.4.1.7 顶推施工宜采用触变泥浆减阻措施，应保证顶进管道外壁与土体之间形成稳定、连续的泥浆套。

7.4.1.8 顶推施工应对管廊沿线影响范围内的地表、邻近建（构）筑物及地下管线设置观测点进行监测。监测信息应及时反馈，发现问题应立即处理。

7.4.1.9 顶推施工应连续作业，遇有特殊情况停止顶进时长超过 48h 且顶进距离达到或超过设计距离的 50% 时，应会同设计单位制定再启动方案，确保启动顶力不大于设计允许顶力。

7.4.2 顶推管廊工作井、接收井与中继间

7.4.2.1 工作井和接收井围护结构形式应根据工程地质及水文地质条件、邻近建（构）筑物、地上与地下管线情况，结构受力及施工安全等要求合理选型。工作井和接收井可采用沉井、地下连续墙、灌注桩排桩、逆作井或型钢水泥土搅拌墙等结构形式。

7.4.2.2 工作井、接收井的施工应遵循以下原则：

- a) 充分利用管线上的工艺井；
- b) 考虑排水、出土和运输方便；
- c) 靠近电源和水源；
- d) 远离高压线，在有条件的情况下，尽可能远离居民区；
- e) 避免对周围建（构）筑物和设施产生不利影响；
- f) 当管线坡道较大时，工作井宜设置在管线埋置较深一端；
- g) 既有曲线又有直线的电力管廊，工作井宜设在直线段一侧；
- h) 地下水位以下顶进时，工作井应设在管线下游，逆管廊坡度方向顶进，有利于管廊排水；
- i) 管廊长距离直线顶进时，检查井作为工作井时，在工作井内可以调头顶进。在管廊拐弯处或转向检查井处，应尽量双向顶进，提高工作井的利用率。

7.4.2.3 接收井的最小净长度和最小净宽度应满足顶管机在井内拆除和吊出的要求。

7.4.2.4 工作井的最小净长度宜按下式计算：

$$L \geq L_1 + L_2 + L_3 + S_1 + S_2 + S_3 \quad (7.4.1)$$

式中： L ——工作井最小净长度（m）；

L_1 ——顶管机或管段长度，取大者（m）；

L_2 ——千斤顶长度（m）；

L_3 ——后座及扩散段厚度（m）；

S_1 ——顶入管段留在导轨上的最小长度（m），可取 0.5m；

S_2 ——顶铁厚度（m）；

S_3 ——考虑顶进管段回缩及便于安装管段所留附加间隙（m），可取 0.2m。

7.4.2.5 工作井的最小净宽度宜按下式计算：

$$B \geq D + 2S \quad (7.4.2)$$

式中： B ——工作井内的最小净宽度（m）；

D ——管节外径（m）；

S ——施工操作空间（m），可取 0.8m~1.5m。

7.4.2.6 工作井的最小深度可按下式计算：

$$H = H_1 + D + h \quad (7.4.3)$$

式中： H ——工作井深度（m）；

H_1 ——管顶覆盖层厚度（m）；

h ——管底下面操作空间（m），可取 0.4m~0.5m。

7.4.2.7 工作井的穿墙孔直径可按下式计算：

$$D_4 = D' + 0.2 \quad (7.4.4)$$

式中： D_4 ——工作井的穿墙孔直径（m）；

D' ——顶管机的外径（m）。

7.4.2.8 工作井的穿墙孔应设置止水装置。止水装置可采用盘根止水或橡胶板止水，也可采用组合形式止水。止水装置的设置应符合下列规定：

- a) 砂土、粉土等土层宜采用盘根止水；
- b) 黏性土土层宜采用橡胶板止水；
- c) 在长距离顶管或承压水土层中宜采用多道或组合形式止水；
- d) 顶管结束后，管廊与穿墙孔的间隙应进行封堵。

7.4.2.9 工作井后背墙及背后土体抗力应满足顶管施工最大顶力。宜按下式计算：

$$R_L \geq 1.4P_z \quad (7.4.5)$$

式中： R_L ——顶进井后背土体抗力（kN）

P_z ——总顶进力（kN）

7.4.2.10 后背墙的承载力、刚度和结构尺寸应满足施工要求。当不能满足顶力要求时，应进行加固处理。

7.4.2.11 钢筋混凝土后背墙宜与工作井同宽，且不应小于后靠铁的宽度和高度。

7.4.2.12 双向和多向顶进的工作井应对已顶进顶管管口进行保护，并应符合下列规定：

- a) 顶管结构管口不宜高于钢筋混凝土后背墙墙面；
- b) 后背铁与管口之间应设置缓冲衬垫。

7.4.2.13 接收井的穿墙孔的直径宜按下式计算：

$$D_5 = D' + 0.3 \quad (7.4.6)$$

式中： D_5 ——接收井的穿墙孔直径（m）；

7.4.2.14 当顶距较长、计算顶力大于管节或后背墙允许顶力时，应在管线适宜位置增设中继间。

7.4.2.15 中继间的设置应根据估算总顶力、管节允许顶力、工作井允许顶力和主顶千斤顶的顶力确定。

7.4.2.16 超长距离顶管，或顶进土层为粉土和砂性土时，中继间密封圈压紧度应可调节，并在中继间合拢后对中继间接缝进行封闭处理。

7.4.2.17 后续中继间的间隔距离宜按下式计算确定：

$$S' = k(F_3 - F_2) / (\pi D f) \quad (7.4.7)$$

式中： S' ——中继间的间隔距离（m）；

F_2 ——顶管机的迎面阻力（kN）；

F_3 ——设计允许顶力（kN）；

f ——管节外壁与土的平均摩阻力（kPa），宜取 2kPa~7kPa；

k ——顶力系数，宜取 0.5~0.6。

7.4.2.18 第一道中继间宜布置在顶管机后方 20m~50m 的位置。

7.4.2.19 中继间的断面尺寸宜与管道的尺寸一致，壁厚不宜小于管道壁厚。

7.4.2.20 中继间密封装置应具有良好的密封性能、耐磨性和较长的使用寿命，应避免浆液、地下水、砂粒或者土颗粒等进入中继间外壳和其后部的管节之间，可通过注油管定期地向内外弹性密封环之间以及密封环的外部注入油脂润滑。

7.4.2.21 中继间在进场时应进行检验，合格后方可进行安装，安装完成后应进行验收，验收合格后方可使用。中继间的验收应按附录 E 的表 E.0.2 进行记录。

7.4.2.22 中继间的构造应符合下列要求：

- a) 中继间的允许转角不应超过管节的允许转角；
- b) 中继间内部结构拆除、切割后的结构强度不应低于管道的结构强度；
- c) 中继间千斤顶应予以固定，防止旋转；
- d) 中继间的止水橡胶圈应耐磨，一次顶进距离大于 500m 时，止水橡胶圈还应方便更换。

7.4.2.23 中继间的安装、运行、拆除应符合下列规定：

- a) 中继间壳体应有足够的刚度；其千斤顶的数量应根据该段施工长度的顶力计算确定，并应沿周长均匀分布安装，其伸缩行程应满足施工和中继间结构受力的要求；
- b) 中继间外壳在伸缩时，滑动部分应具有止水性能和耐磨性，且滑动时无阻滞；
- c) 中继间安装前应检查各部件，确认正常后方可安装；安装完毕应通过试运转检验合格后方可使用；
- d) 中继间的启动和拆除应由前向后依次进行；
- e) 拆除中继间时，应采取对接接头的措施；中继间的外壳应在安装前进行防腐处理；
- f) 在顶推作业结束后，中继间内部的功能性部件（如油缸、连接环、均压环和液压管线等）应人工拆除回收再利用。拆卸完成后，所留下的区间可借助后面的中继间将其合拢封闭，或者通过现场浇筑混凝土的方法形成衬砌。

7.4.3 顶管机的选型及验收

7.4.3.1 顶管机选型应根据工程地质、水文地质及施工环境，在保证施工安全、工程质量可靠的前提下，经技术、经济、效率比较后确定。在满足上述条件的基础上，应选择可维修性高，机械安全性高的产品。

7.4.3.2 顶管机选型可根据附录 D 确定，除可参考附录 D 外，还应根据地质复杂度和设计目标及施工要求，做进一步的针对性选择。复杂地质地区宜采用泥水平衡式顶管机，采用复合刀盘结构的机型时，应满足其适用性要求。当对道路交通，路面及上盖建筑、设施安全有要求时，宜选择增设有稳定性、可靠性系统的泥水平衡式顶管机。

7.4.3.3 土压平衡式顶管机的主要技术参数宜符合表 7.4-1 的规定。

表 7.4-1 土压平衡顶管机的主要技术参数

序号	项目	要求
1	刀盘最大转速（rpm）	1.2~1.5
2	扭矩系数	≥2.0
3	纠偏油缸总推力（kN）	≥16000
4	最大纠偏角度（°）	2.5
5	机头灵敏度	0.8~1.0
6	螺旋机直径 φ （mm）	≥700

注：土压平衡式机头灵敏度公式为 L 与 D' 的比值，其中 L 为土压平衡式顶管机长度（m）， D' 为土压平衡式顶管机外径（m）。

7.4.3.4 泥水平衡式顶管机的主要技术参数应符合表 7.4-2 的规定。

表 7.4-2 泥水平衡式顶管机的主要技术参数

序号	项目	要求
1	刀盘最大转速（rpm）	1.2~1.5
2	扭矩系数	≥ 1.5
3	纠偏油缸总推力（kN）	≥ 16000
4	最大纠偏角度（°）	2.5
5	机头灵敏度	0.8~1.0
6	进排泥管道直径 φ （mm）	≥ 150

注：泥水平衡式机头灵敏度公式为 L 与 D' 的比值，其中 L 为泥水平衡式顶管机长度（m）， D' 为泥水平衡式顶管机外径（m）。

7.4.3.5 顶管机应进行厂内部件验收、厂内总装验收以及调试，待验收合格，以及相关资料齐全后方可进场。

7.4.3.6 顶管机进场后应进行井下验收，井下验收应符合下列规定：

- a) 空载试验，顶管机在井下安装就位后，应按厂内总装验收项目重新试验；
- b) 顶进试验应符合下列规定：
 - 1) 对整个液压系统和机械传动系统，在承受实际负荷情况下应进行全面检查和调整；
 - 2) 对刀盘密封隔舱等有密封要求部位应进行检查与调整，不得有渗漏现象；
 - 3) 在顶进过程中，对各部件、系统应进行全面工作状态检查，保证各部件的工作状态符合设计与使用要求；
 - 4) 应记录有关技术参数及工作情况；
 - 5) 应提供整机验收报告。

7.4.3.7 顶管机进入现场就位安装并经联动调试合格后，方可开始顶进。

7.4.3.8 土压平衡式顶管机和泥水平衡式顶管机井下验收应分别按附录 E 的表 E.0.3、表 E.0.4 中相关内容进行验收。

7.4.4 洞口加固与进出洞施工

7.4.4.1 顶管进出洞口的土体加固方式应根据工程地质、水文地质条件、顶管机类型、管节断面、管廊埋深和周围环境等情况确定。

7.4.4.2 洞口土体加固方式宜采用水泥土搅拌桩、高压旋喷桩、冰冻法等，加固措施应按设计要求执行。顶管到达阶段，土体加固不应采用破碎头或风镐等振动性很大的拆除机械，防止对结构造成二次破坏。

7.4.4.3 顶管预留洞口应根据顶管埋深、地下水性质以及顶进长度选择单道或双道止水措施。顶进长度不大于 300m 时，可采用单道止水；顶进长度大于 300m 时，应采用双道止水。

7.4.4.4 用于洞口止水的橡胶应采用耐磨性能好的天然橡胶或合成橡胶，橡胶的主要物理力学性能指标应符合表 7.4-3 的规定。

表 7.4-3 橡胶的主要物理力学性能指标

序号	项目	要求
1	抗拉强度 (MPa)	≥ 15
2	拉断伸长率 (%)	≥ 380
3	撕裂强度 (MPa)	≥ 30
4	邵氏硬度 (IRHD) ($^{\circ}$)	50 ± 3

7.4.4.5 预留洞口在沉井下沉前应采取临时封门措施封堵，封堵措施应进行强度验算。临时封门可采用外钢封门、内钢封门、型钢砌体复合封门、钢筋混凝土封门或以上几种的组合方式。

7.4.4.6 顶管进、出洞的技术措施应根据工程地质和水文地质条件、埋深、周围环境和顶进方法选择，在确认具备以下条件时方可顶进：

- a) 全部设备经过检查、联动调试合格；
- b) 顶管机在导轨上的中心线、坡度和高程应符合设计要求；
- c) 防止流动性土或地下水由洞口进入工作井的技术措施应满足设计要求；
- d) 拆除洞口封门的技术措施应满足设计要求；
- e) 顶管机出洞前，应对洞口外侧土体进行探查，当探孔有泥水连续渗出时，不宜凿除洞口封堵墙或开启封洞闷板。在软土地区，顶管机入土长度较小时要防止顶管机机头下栽。若导轨的支承力不够，应采取以下措施：

- 1) 导轨前端应尽量接近进洞口，减少顶管机的悬臂长度；
- 2) 进洞迅速连续，不应在洞口停留；
- 3) 应减慢初始顶进速度，减少土体扰动。

- f) 洞口凿除物应清除，顶管机出洞不应损坏止水密封件；
- g) 洞口应采用钻取芯样的方式检验加固体质量，强度不宜小于 1.0MPa，渗透系数不宜大于 0.02mm/d，应保证加固体的均匀性和防渗性能；

- h) 进出洞止水密封装置应符合设计文件规定，止水密封件应与井壁密贴，在注浆压力下不应外翻且不应漏水，并应具有耐磨、抗折性能；密封件应采用尺量或目测法进行全数检查。

7.4.4.7 顶管机出洞时应符合下列要求：

- a) 封门拆除后应将顶管机立即顶入土层并应连续顶进，直至洞口及止水装置发挥作用为止；
- b) 在工作井洞口范围可预埋注浆管，管道进入土体之前可预先注浆。

7.4.4.8 顶管机出洞时，应采用延伸导轨。

7.4.4.9 顶管机出洞时，机头与后续 3 节~5 节管节应用拉杆相连。对特殊地段、下坡较大的顶进区段，机头与后续管节的连接应根据工程情况确定。穿越江河段应制订专项管节连接措施。

7.4.4.10 顶管机进入接收井前，应根据不同地层制定可靠的加固措施，以满足打开洞门后的土体稳定要求。顶管机在进入加固体时，应降低推进速度并减小正面压力。

7.4.4.11 顶管进出洞施工应分别按附录 E 的表 E.0.5 和表 E.0.6 进行记录。

7.4.4.12 管道的行进路线为曲线时，应满足曲线顶管设计要求。

7.4.5 管道顶力计算

7.4.5.1 总顶力可按式估算：

$$F = F_1 + F_2 \quad (7.4.8)$$

$$F_1 = \pi D L' f \quad (7.4.9)$$

式中： F ——总顶力（kN）；

F_1 ——管道与土层的摩阻力（kN）；

D ——管道外径（m）；

L' ——管道顶进长度（m）；

f ——管道外壁与土的平均摩阻力（kPa），宜取 2kPa~7kPa；

F_2 ——顶管机的迎面阻力（kN）。

实际工程中宜根据试验段顶进力数据，优化参数取值范围，对顶进力进行预测。顶管机的迎面阻力计算可按表 7.4-4 选用。

表 7.4-4 顶管机的迎面阻力计算

顶管机机型	迎面阻力（kN）	式中符号
土压平衡式 泥水平衡式	$F_2 = \frac{\pi}{4} D'^2 R_1$	D' —顶管机外径（m） R_1 —顶管机下部 1/3 处的被动土压力
网格挤压式	$F_2 = \frac{\pi}{4} D'^2 \alpha R_1$	D' —顶管机外径（m） R_1 —顶管机下部 1/3 处的被动土压力 α —网格界面参数，可取 0.6~1.0

7.4.5.2 计算施工顶力时，应综合考虑管节材质、顶进工作井后墙结构的允许最大荷载、顶进设备能力、施工技术措施等因素。施工最大顶力应大于顶进阻力，且不得超过管节或工作井后背的允许顶力。

7.4.6 顶前准备

7.4.6.1 千斤顶配置和安装应符合下列要求：

- 千斤顶的规格和数量应根据工作井允许顶力与管段允许顶力确定；
- 安装在支架上的千斤顶规格应相同，并按管道轴线两侧对称布置，其合力的作用点应在管道中心的铅垂线上。

7.4.6.2 油泵站布置应符合下列要求：

- 油泵站应与千斤顶相匹配，并应有备用油泵，油泵流量应满足顶进要求；
- 油泵站宜设置在千斤顶附近，油管应顺直；
- 油泵站安装完毕应进行试运转。

7.4.6.3 顶铁配置应符合下列要求：

- 钢筋混凝土顶管顶铁应配置环形顶铁，与管节直接接触，过渡顶铁宜选择“U”形顶铁；
- 顶铁的刚度及稳定性应满足要求；
- 顶铁与管口之间的接触面应衬垫缓冲材料。

7.4.6.4 顶管后座安装应符合下列要求：

- 顶管的后座可采用拼装式后座或整体式后座；

- b) 后座的反力墙应有足够的强度、刚度，表面应平直；
- c) 后座应满足顶管所需最大顶力的要求；
- d) 后座应与顶进轴线垂直，并应在顶进过程中适时测量复核。

7.4.6.5 采用装配式后座墙时，应满足下列要求：

- a) 装配式后座墙宜采用方木、型钢、混凝土块或钢结构等组装；
- b) 后座墙的施工允许偏差应符合表 7.4-5 中的规定；
- c) 装配式后座墙的底端宜设置在洞口底以下至少 500mm；
- d) 后座墙土体壁面应与后座墙贴紧，有间隙时应采用砂石料填塞密实；
- e) 后座墙的构件在同层内的规格应一致，各层之间的接触应紧贴，并应层层固定。

表 7.4-5 后座墙的施工允许偏差

项目		允许偏差
后座墙	垂直度	0.1%
	水平扭转度	0.1%

7.4.6.6 导轨安装应符合下列要求：

- a) 导轨宜选用钢质材料制作；
- b) 导轨安装前，应先复核管道中心位置，导轨的标高应符合设计要求；
- c) 两侧轨道安装应顺直、平行、等高，并应固定牢靠；
- d) 导轨对管道的轴心支承角宜为 60°；
- e) 导轨安装的允许偏差应符合表 7.4-6 的规定。

表 7.4-6 导轨安装的允许偏差

序号	项目	允许偏差 (mm)
1	轴线位置	±3
2	标高	±3, 0
3	轨道内距	±2

7.4.6.7 地下顶管测量应包括地面控制点复测和地面控制网的布设、联系测量、地下平面和高程测量及贯通、竣工测量。首级控制点的复测和地面控制网的测量技术要求应符合精密导线测量的技术要求。

7.4.6.8 首级精密地面平面控制点不应少于 3 个，高程控制点不应少于 2 个。地面平面控制网应附合在首级精密导线点上，通视良好，并使定向具有最有利的图形。地面控制点的选点和测量应符合精密导线和二等水准测量的相关要求。

7.4.6.9 联系测量应包括地面导线测量、地面水准测量、定向测量和高程传递测量。应符合下列规定：

- a) 定向测量宜采用下列方法：
 - 1) 全站仪直接传递定向；
 - 2) 联系三角形定向；
 - 3) 铅垂仪投点定向。
- b) 高程传递宜采用下列方法：

1) 水准测量, 应达到四等水准测量的精度;

2) 水准仪配合吊钢尺, 每次应独立观测三测回, 每测回均应变动仪器高度, 三测回测得井上和井下水准点的高差应小于 3mm;

3) 三角高程测量, 应达到四等水准测量的精度。

c) 定向测量的起始定向边不应少于 2 条, 地下高程的起始点不应少于 2 个, 并应随顶管掘进不断对定向边和起始高程点进行校核; .

d) 井上和井下定向的平面测量点应采用固定观测墩的形式;

e) 定向和导入高程测量应在顶管每掘进 100m 复核 1 次, 在距进洞前 50m 时应增加复核, 且不应少于 3 次;

f) 顶进的首级控制点和复测贯通面洞门的控制点应为相同点;

g) 管道贯通后应按设计要求进行竣工测量, 并应提交竣工测量成果表、竣工图和竣工测量报告。

7.4.7 顶进施工应符合以下规定:

a) 顶进、开挖、出土的作业工序和调整顶进参数应根据土质条件、周围环境控制要求、顶进方法、各项顶进参数和监控数据、顶管机工作性能等因素确定;

b) 顶进过程中应量测监控, 实施信息化施工, 确保开挖掘进工作面的土体稳定和土(泥水)压力平衡, 并控制顶进速度、挖土和出土量, 减少土体扰动和地层变形;

c) 管节下井拼拢后要单口试压试验, 试验合格方可顶进, 并将试验结果记入顶管记录表;

d) 管节顶进过程中, 应遵循“勤测量、勤纠偏、微纠偏”的原则, 控制顶管机前进方向和姿态, 并根据测量结果分析偏差产生的原因和发展趋势, 确定纠偏措施;

e) 顶管过程中应有施工详细记录, 包括日期、时间、顶进长度、顶进总长度、启动顶力、正常顶力、管节编号、土质情况、压力情况以及中继间油压记录等;

f) 初始顶进阶段, 应控制顶进的速度和方向。待各接触部位密合后, 再按正常顶进速度顶进。当顶进中出现油压突然增高, 应立即停止顶进, 并应经处理后方可继续顶进。主顶油缸活塞退回时, 油压不得过大, 速度不得过快;

g) 在软土层中顶进混凝土管时, 宜将前 3~5 节管体与顶管机联成一体;

h) 管节接口应保证橡胶圈正确就位;

i) 顶进开始后应连续作业, 并应实行交接班制度。每班作业前, 应对机械、设备检查和试运行, 确认合格并记录后, 方可作业;

j) 顶进过程中, 严禁在工作井内竖向运输作业, 施工人员不得在顶铁上或两侧停留;

k) 顶进时, 应随时观测顶管机切削功率变化情况, 切削功率应稳定, 且不得大于额定功率;

l) 顶进过程中出现下列情况之一时, 应立即停止顶进, 并采取相应技术措施, 确认正常后, 方可恢复顶进:

1) 开挖面前方地面出现严重沉陷或隆起;

2) 遇到障碍物无法顶进;

3) 后背变形、位移超过规定;

- 4) 顶铁出现弯曲、错位现象;
- 5) 顶力骤然增大或超过控制顶力;
- 6) 管节接口出现错位、劈裂或管道出现裂缝; 管节或中继间接口出现大量漏浆;
- 7) 影响区内地面、地下管线、建(构)筑物的沉降、倾斜度、结构裂缝和变形等量测数据有突变或超过限值;
- 8) 顶管机的切削功率大于额定值;
- 9) 管节偏差过大且纠偏无效;
- 10) 油泵、油路等设备发生异常现象;
- 11) 在顶管过程中遇到流砂、流泥等不良地质情况, 应采取如超前注浆等方法进行处理。

m) 顶管内设置有固定支架、导向支架、预埋钢环时, 施工前应对每个管节进行编号, 并按编号顺序顶进;

n) 顶进施工停顿期间, 不应停止注入触变泥浆;

o) 管路拆接应符合下列规定:

- 1) 拆接电路、油管 and 泥、浆、水管时, 应在卸压、断电后进行;
- 2) 拆接泥、浆、水管时, 应在作业点采取控制和收集遗洒物的措施;
- 3) 管路拆接后, 应检查接口密封状况, 确认无渗漏方可使用。

p) 顶进过程中, 应连续观察土(泥)仓压力, 并保持压力稳定;

q) 顶管机姿态控制应符合下列规定:

- 1) 顶管机进洞前应验收导轨高程、中线, 调整好顶管机进洞姿态, 并应记录初始值;
- 2) 每顶进一节管节应测量一次顶管机的姿态偏差, 在出洞进洞以及纠偏过程中应加大测量频次。

r) 曲线顶进时应符合下列规定:

- 1) 曲线段前几节管接口处可预埋钢板、预设拉杆;
- 2) 顶进阻力计算可按相同条件下直线顶管的顶进阻力估算, 并应考虑曲线段管外壁增加的侧向摩阻力及顶进作用力轴向传递中的损失影响;
- 3) 当存在中继间时, 应缩短第一个中继间与顶管机及后续中继间之间的间距;
- 4) 管节接口在一定角变位时应保持密封。

s) 顶管工程贯通后, 应及时进行泥浆置换, 并应对注浆孔进行封闭处理。

7.4.8 触变泥浆减阻

7.4.8.1 触变泥浆管路宜采用 2 根总管和 2 种不同配方的浆液。触变泥浆的材料宜采用钠基或经钠化处理的膨润土泥浆材料。

7.4.8.2 机尾后方应设置不少于 4 个管节的连续同步注浆断面, 每个管节设置不少于三个的注浆口。同步注浆量宜为机尾空隙的 5 倍~10 倍, 沿线补浆量宜为机尾空隙的 3 倍~8 倍。注浆压力宜控制在 $0.8 \gamma h \sim 1.2 \gamma h$ (γ 为土的容重, h 为埋深) 范围内。

7.4.8.3 顶管机尾部的压浆孔应进行同步注浆, 确保能形成完整的泥浆套, 注浆时应先压后顶。管道内的注浆孔应进行补浆, 并应控制注浆量及注浆压力。

7.4.8.4 长距离顶管的送浆管压力和流量不足时应增设泥浆箱及注浆泵。

7.4.8.5 注浆泵可选用柱塞泵、液压注浆泵等。泵的压力和流量应能满足顶管管径、埋深与顶进长度的要求。总管宜采用 G50 钢管，支管宜采用 $\Phi 25$ 耐压橡胶管，在每个注浆孔应设球阀。在机尾和管路应设置压力表。

7.4.8.6 触变泥浆应充分搅拌使其水化，正式使用前应进行检测，指标满足要求后方可使用，并宜根据附录 E 的表 E.0.7 进行记录。

7.4.9 管内弃土及泥水处理

7.4.9.1 土压平衡式顶管可采用电瓶车输送泥土，或采用泥土转换装置形成泥浆通过管道排泥，也可采用土砂泵直接管道出泥。

7.4.9.2 泥水平衡式顶管宜使用管道输送泥水，并应按需设置接力泵。泥水宜循环使用，应选择有泥水分离技术的施工工艺，节约用水、保护环境。

7.4.9.3 采用泥水排放出泥时，应设置泥浆沉淀池或泥浆沉淀箱。泥浆外运应符合文明施工及环境保护的相关规定。

7.4.9.4 采用泥水排放出泥时，应选择具有刀盘冲洗和排放管道冲洗的施工工艺，避免糊刀等问题。黏土层、回填土层、风化岩层等地质环境中，加强对刀盘电流值的监测，及时启动刀盘冲洗、进水排浆管冲洗，避免刀盘抱死、碎石堵管。

7.4.9.5 弃土运输装置的安装和运行不得损坏管道内壁。

7.4.10 管内通风、供电

7.4.10.1 管廊位于可能存在有毒、有害气体的土层时，应采用封闭式顶管机并安装有毒、有害气体检测报警装置，同时增大通风量。

7.4.10.2 进入操作顶管应采取机械通风措施。对顶进距离较长的管廊，宜采用压缩空气送风，并应满足长距离顶管、管廊内防腐等现场施工的安全要求。

7.4.10.3 送风口宜设在距顶管机 12m~15m 处，供气量不应小于 $30\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$ ，采用敞开式顶管时送风量应酌情增大；送风管道出口空气质量应满足环保要求。

7.4.10.4 地面空气湿度较高且地面温度高于地下温度的季节，应采用经除湿的压缩空气通风。

7.4.10.5 顶管施工供电系统应进行计算确定。顶管施工现场临时用电应符合现行规范《建设工程施工现场供用电安全规范》GB 50194 和《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46 等规定。

7.4.10.6 管内电缆线路应采用架空敷设，严禁沿管道内地面明设，并应避免机械损伤和腐蚀。若采用高压供电，应与低压电缆分开单独走线，并设置醒目安全标识。

7.4.10.7 定期检查电气设备、电缆线路。

7.4.10.8 井内与管内照明应符合下列规定：

- a) 井内与管内照明应使用特低电压照明变压器，电源电压不应大于 36V；
- b) 潮湿和易碰触带电体的照明，电源电压不应大于 24V；
- c) 特别潮湿环境条件下的照明，电源电压不应大于 12V；
- d) 照明变压器应使用双绕组型安全隔离变压器，严禁使用自耦变压器；
- e) 施工照明灯具应采用节能、三防型灯具。

7.4.11 地面沉降控制措施

7.4.11.1 建立地面监测点，并通过试顶确定顶管机的相关参数。

7.4.11.2 顶进中对地层变形的控制应符合下列要求：

- a) 进行实时监测和信息化施工，发生偏差应及时纠偏，不可采用大角度纠偏，应优化顶进控制参数；
- b) 避免中继间、工作井洞口及顶管机尾部等部位的水土流失和泥浆渗漏；
- c) 禁止超挖，严格控制出渣量，不可超量出渣，宜保持开挖量与出土量的平衡。

7.4.11.3 严格控制中继间的断面尺寸及橡胶密封圈的外形和尺寸。中继间伸缩时，应注意前后区段管节浆套状况，应保持浆套完整，减少注浆量和注浆压力的波动。中继间顶伸时，应随即补浆，填充缝隙。

7.4.12 管道顶进

7.4.12.1 管道顶进时应符合下列要求：

- a) 管道顶进通过土体加固区的速度不宜超过 20mm/min；
- b) 正常顶进时，顶进速度宜控制为 20mm/min~50mm/min；
- c) 顶管机舱内压力值应根据选用顶管机型式确定。土压平衡式顶管机的土压力值宜设定在静止水土压力值与被动土压力值之间；泥水平衡式顶管机的泥水压力值宜设定为地下水压力值加 0.02MPa。

7.4.12.2 管道顶进中应采取下列防磕头措施：

- a) 应调整后座主推千斤顶的合力中心，用后座千斤顶进行纠偏；
- b) 止水圈后部应设置延伸轨道，并在机头出洞后及时注入触变泥浆；
- c) 管道前、后 3 节~5 节宜用拉杆相连；
- d) 洞口处的土体应进行加固；
- e) 洞口应可靠密封，防止顶管洞口的水土流失。

7.4.12.3 管道顶进时应采取下列抗扭转措施：

- a) 顶管机宜设置限扭装置；
- b) 在顶管机及每个中继间设管道扭转指示针，管道扭转时宜采用单侧压重，或改变切削刀的转动方向进行纠正。

7.4.12.4 顶管偏离轴线时，应按下述原则进行纠偏：

- a) 增加测量频率，纠偏角度不宜超过 0.3°；
- b) 结合测量数据变化及工具管后跟进管节的张缝变化进行角度纠偏；
- c) 当纠偏角度大于 0.3° 时，严禁一次纠偏操作完成纠偏任务，应采用小角度纠偏方式，反复、多次进行纠偏操作，使管道逐渐趋近回归；
- d) 当偏差稳定在 $\pm 3\text{mm/m}$ 内时，应停止纠偏。

7.4.12.5 拼装管节时，主推千斤顶在缩回前应对已顶进的管节与井壁或导轨进行临时固定，相关止退措施应通过设计计算确定。

7.4.12.6 管道顶进时应采取下列施工安全与环境保护措施：

- a) 顶管施工现场临时用电输出端宜分成 3 路，分别为地面供电系统、井下顶进系统及顶管机系统用电；
- b) 顶管距离超过 800m 时，宜采用调压器配电，或将高压电引进管内，并增设变压器进行供电；

c) 施工时工作面、井内与地面的通信,应尽可能多选用无线对接控制系统、红外线导向标靶等,加强其与可视化纠偏控制系统的组合使用,以减少井内、管内电线、线路的人工搭接、拆装环节,在细节上提高安全可靠;

d) 应在施工区域的通道与操作平台上设置防滑措施;

e) 当室外日平均气温连续 5 天稳定低于 5℃或低于 0℃之下时,泥浆池、泥浆搅拌设备、注浆设备和输送设备应采取相应保温措施,不得受冻;

f) 进行实时监测和信息化施工,监测数据应报告,根据监测数据调整施工参数;

g) 管道顶进时应控制管节渗漏,当出现严重渗漏时,应采取堵漏措施;

h) 对环境保护要求高的区域,顶管结束后应用水泥浆对泥浆套进行置换固化;

i) 优先选择一体化程度高的施工工艺,以减少对建筑、道路、环境及社会生产、生活的影响;

j) 在工程地质、水文地质等条件允许的情况下,优先选择井下一体化泥水处理施工工艺,以减少对地面空间的占用。井下一体化泥水处理施工工艺,应在地质条件、施工环境允许的情况下采用;

k) 顶管顶进完成后应对管道与井壁预留孔之间的空隙按设计要求进行封堵。

7.4.13 管道接口密封胶应符合下列要求:

a) 施工时管壁和接口处应无渗漏、无灰尘、无油污、无水分等,保持管道内干燥,管道内杂物应清理干净;管内应设置照明灯具、通风设备和电源;

b) 对于曲线段顶管接口,在密封胶嵌缝前,其张角处的空隙应采用泡沫填充剂注入充实;

c) 整修接缝时,接缝的宽度和深度应满足设计要求,表面无浮渣。整修接缝可用开槽机切割整修,钢丝转盘干打或吹气机清除灰尘;

d) 密封胶施工时应作防潮处理,可采用特制红外线或热风烘干机械干燥;

e) 接缝两侧混凝土内表面应涂刷配套用界面剂。涂刷应均匀,无遗漏部位,确保粘结牢固;

f) 接缝两侧混凝土外表面应粘贴封箱带,并应保证接缝密封胶宽度均匀美观;

g) 用挤胶机自下而上往缝口内挤入密封胶。顶部应视情况进行两次挤入,防止密封胶下塌、空鼓;

h) 表面应收光刮平,保证密实、平整、无空鼓;

i) 密封胶施工完成后应剥除封箱带,并应清除残余杂物;

j) 施工温度宜为 5℃~35℃,湿度宜为 30%~80%。

8 施工监测与环境保护

8.1 一般规定

8.1.1 顶管施工前应对周边建（构）筑物、管线进行调查摸底，制定合理的监测方案，对需重点保护的建（构）筑物、管线应进行加密监测。

8.1.2 工程监测应由建设单位委托有资质的监测单位，进行施工监测。施工过程的环境保护应符合现行标准《建筑施工现场环境与卫生标准》 JGJ 146 的有关规定。

8.2 施工监测

8.2.1 在顶管进行期间，应对工作井的位移和沉降、井体外地下水位、井体后靠土体的稳定性进行施工监测。监测频率每天不应少于 1 次，监测的数据应反馈给相关单位。

8.2.2 顶进施工时，应在施工范围及周边进行地下管线、地面变形监测和建（构）筑物的沉降观测，顶进施工结束后应绘制施工过程和竣工后的地面变形图。

8.2.3 工程监测对象宜取 2~3 倍基坑开挖深度或 2~3 倍顶管深度空间范围内的地下管线和建（构）筑物。

8.2.4 顶管初始顶进及穿越建（构）筑物时，顶管机前方的监测范围宜为 30m，后方宜进行全程监测，沿顶管中心线宜每 10m 布置 1 个沉降监测点，每 30m 布置一个沉降监测断面。

8.2.5 顶管施工前应对所有监测点进行原始测量，顶管施工时应进行实时监测。

8.2.6 顶管贯通后应对管道沉降进行监测。每个顶程监测点数量不应少于 1 个，关键节点处不应少于 3 个。监测频率第一个月应为每周 1 次，以后每半个月不应少于 1 次。当监测时间大于 3 个月且连续 2 次监测结果位移变化量不超过 2mm 时，方可停止监测。

8.3 环境保护

8.3.1 管廊内应配备有害气体测试仪、通风设备。采用化学材料止水部位焊制作业时，应有专项施工措施。

8.3.2 顶管施工中应采取防止或减少地面沉降的技术措施。

8.3.3 废土、渣土、废泥浆的处置应符合有关部门的规定。施工过程产生的废土、渣土及废泥浆应集中放置，并应及时外运，外运车辆应为密封车或有遮盖自卸车，车辆及车胎应保持干净。

8.3.4 施工现场应设置排水系统，严禁向排水系统中排放泥浆。排水沟的污水经沉淀过滤达到标准，方可排入市政排水管网。

8.3.5 施工现场出入口处应设置冲洗设施、污水池和排水沟，应由专人对进出车辆进行清洗保洁。

8.3.6 施工期间应控制噪声，昼间噪声不应大于 70dB，夜间噪声不应大于 55dB。

8.3.7 施工现场工程渣土和建筑垃圾的临时储运场地四周宜设置 1m 以上且不低于堆土高度的遮挡围栏，并应有防尘、灭蝇和防污水外流等防污染措施。

8.3.8 夜间施工应办理相关手续，并应采取措施减少声、光的不利影响。

9 质量检验与验收

9.1 一般规定

9.1.1 电力管廊工程所用的管材、管道附件、构（配）件和主要原材料等产品进入施工现场时应进行进场验收并妥善保管。进场验收时应检查每批产品的订购合同、质量合格证书、性能检验报告、使用说明书等，并按国家及行业有关标准规定进行复验，验收合格后方可使用。

9.1.2 电力管廊工程的单位工程、分部工程、分项工程和检验批应按照附录 F 进行划分，组织程序及要求应按照附录 G~附录 I 的相关内容规定执行。

9.1.3 电力管廊工程施工质量验收应在施工单位自检的基础上，按检验批、分项工程、分部工程、单位工程的顺序进行验收，并应符合现行国家及行业相关标准的要求。

9.1.4 符合竣工验收条件的单位工程，应由建设单位按规定组织勘察、设计、施工、监理等单位有关负责人及该工程的管理或使用单位有关人员验收。

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

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

9.2 管节检验与验收

9.2.1 管节生产企业应通过质量管理体系认证。

9.2.2 管节的生产过程宜实行驻厂现场监理，对原料检验、工序检查、成品试验检查进行全过程监督和确认。

9.2.3 管节检验应分为工序检验、型式检验和出厂检验三类。

9.2.4 工序检验应包含管节生产原材料和半成品的检验，其质量应符合本标准第 7 章的要求。

9.2.5 管节的出厂检验项目应包括：混凝土抗压强度、外观质量、尺寸偏差、内水压、外压荷载、预埋件、预留孔等。其要求应符合下列规定：

I 主控项目

a) 原材料、构配件的产品质量保证资料齐全，各项性能检验报告应符合相关标准规定和设计要求。

检查方法：检查产品质量合格证明书、性能检验报告、进场复验报告。

b) 钢筋混凝土管节的受力钢筋的牌号、规格和数量必须符合设计要求。

检查方法：按有关规范的规定和设计要求进行检查。

c) 钢套环材质、焊缝质量等级应符合设计要求。

检查方法：检查钢套环制造材料的质量保证资料、焊缝质量检验报告。

d) 专用的柔性接口橡胶圈材质及相关性能应符合相关规范规定和设计要求。

检查方法：观察；检查每批橡胶圈的质量合格证明、性能检验报告。

e) 混凝土强度、抗渗等级符合设计要求。

检查方法：检查混凝土浇筑记录，检查试块的抗压强度、抗渗试验报告。

检查数量：对同一配合比混凝土，取样与试件留置应符合下列规定：

- 1) 每拌制 100 盘且不超过 100m³ 时，取样不得少于一次；
 - 2) 每工作班拌制不足 100 盘时，取样不得少于一次；
 - 3) 每次取样抗压强度试块留置不应少于 1 组；抗渗试块留置不应少于 1 组。
- f) 物理力学性能包括内水压、外压荷载、承插口承受水压性能，应满足设计要求。

检测方法：《管廊工程用预制混凝土制品试验方法》GB/T 38112。

II 一般项目

g) 外观质量要求见本标准 7.2.5.14 条。

检查方法：观察法，对可见的裂缝用裂缝观察仪检测，对凹坑用专用卡尺量测。

h) 尺寸偏差符合表 7.2-6、表 7.2-7 偏差要求。

检查方法：用钢卷尺、钢直尺量测，每个检测项目不少于 4 点。

i) 按设计要求进行端部钢套环的制作与安装。

检查方法：逐个观察；检查钢套环的制作与安装记录。

j) 钢套环防腐处理符合设计要求。

检查方法：观察；检查钢套环防腐材料的质量保证资料；检查除锈、涂装记录。

k) 柔性接口橡胶圈安装位置正确，安装完成后处于松弛状态，并完整地附着在插口端面上。

检查方法：逐个观察。

9.2.6 出厂检验评定规则应符合下列规定：

a) 受检的管节中，外观质量应全部合格，尺寸偏差合格率不小于 90%，则判定该批产品的外观质量和尺寸偏差合格。

b) 内水压力和外压荷载检验符合设计规定要求时，判定该批产品的力学性能合格。当内水压力或外压荷载检验不符合设计规定时，从同批产品中抽取 2 节管节进行复检。当复检结果全部符合设计规定时，则应剔除原不合格的 1 节，判定该批产品力学性能合格。当复检结果仍有不符合设计规定的管节时，则判定该批产品力学性能不合格。

c) 承插口在承受 1.5 倍工作内水压力，规定的持荷时间内接口不发生渗漏时，应判定该批产品的承插口水压试验合格。如承插口接口发生渗漏时，可从同批产品中抽取 2 节管复检。当仍发生接口渗漏时，则应判定该批产品的承插口水压试验不合格。

d) 混凝土外观质量、尺寸偏差、抗压强度等力学性能均符合规定要求时，则应判定该批产品为合格。

9.2.7 管节的出厂验收可每 1000 节管节作 1 个检验批次，并应由建设单位组织勘察单位、监理单位、设计单位、施工单位有关项目或技术负责人进行验收，验收地点宜选择在管节生产单位内。验收的组织 and 程序要求应按国家及行业有关规定执行。

9.2.8 型式检验项目应包括：混凝土抗压强度、外观质量、尺寸偏差、内水压力、外压荷载和钢筋保护层厚度。根据工程的实际状况，在进行内水压力检验时可同时进行承插口最大转角检验，型式检验应符合下列规定：

a) 当有下列情况之一时，应委托有相应资质的第三方进行型式检验：

- 1) 生产试制定型鉴定;
 - 2) 正式生产后产品结构、原材料、生产工艺和管理有较大变化时;
 - 3) 出厂检验结果与上一次型式检验有较大差异时;
 - 4) 国家或地方质量监督机构、建设单位提出进行型式检验的要求时。
- b) 相同原材料、相同规格、相同外压荷载级别的管节每生产 1000 节组成一个受检批;
- c) 抽样、检验应符合下列规定:
- 1) 混凝土抗压强度、外观质量、尺寸偏差应符合本标准 9.2.5 条的规定;
 - 2) 内水压和外压荷载的检验应从混凝土抗压强度、外观质量、几何尺寸检验合格的管节中抽取 4 节, 其中 2 节检验内水压力, 另外 2 节检验外压荷载;
 - 3) 应从外压荷载试验后的管节中抽取 1 节进行钢筋保护层厚度检验;
 - 4) 进行承插口最大转角检验时, 应从混凝土抗压强度、外观质量、几何尺寸检验合格的管节中抽取 2 节。
- d) 型式验收评定标准按本标准 9.2.6 条评定。

9.3 顶管施工质量控制

9.3.1 应根据土质条件、周围环境控制要求、顶进方法、各项顶进参数和监控数据、顶进机工作性能等, 确定顶进、开挖、出土的工序和调整各项顶进参数。

9.3.2 在管道顶进施工过程中, 应不间断的测量并记录下列工艺参数:

- a) 顶进力;
- b) 管道在垂直高程和侧向位置的偏离情况;
- c) 管道的旋转;
- d) 管道顶进长度;
- e) 注浆压力。

9.3.3 在管道顶进施工之前, 首先要确定管道在垂直和水平方向上与设计轨迹的允许偏差, 在允许偏差的限制下, 所铺设的管道应满足:

- a) 符合管道的既定功能要求;
- b) 产生偏差的范围内不能损坏到其他的建筑和设备。

9.3.4 对于进入管道的顶进施工参数的记录, 应连续地记录下主顶进力和中继站的顶进力并且和设计值相比较, 如发现偏差较大, 应及时纠正。

9.3.5 监控数据中应包括如下信息: 施工时间、施工现场的详细位置、地层和地下水条件等。

9.3.6 管道顶进时的质量验收

I 主控项目

- a) 钢筋混凝土管节的强度、规格应符合设计要求。

检查数量: 全部检查。

检验方法: 检查质量证明文件。

b) 沉降及隆起监测点布置应符合设计要求。

检查数量：全部检查。

检验方法：现场观察或检查施工记录。

c) 钢筋混凝土管节顶进允许偏差、检查数量和检验方法应符合设计规定，若设计无要求，应符合表 9.3-1 的规定。

表 9.3-1 钢筋混凝土管节顶进允许偏差、检验数量及检验方法

序号	项目	允许偏差 (mm)	检验数量	检验方法
1	轴线平面位置	±50	每节管节	仪器测量
2	轴线高程	±50	每节管节	仪器测量
3	地面最大隆起	+10	全部检查	检查施工记录
4	地面最大沉降	-30	全部检查	检查施工记录

II 一般项目

d) 管道内应线形平顺、无突变、变形现象；一般缺陷部位应修补密实、表面光洁；管道无明显渗水和水珠现象。

e) 管道与工作井出、进洞口的间隙连接牢固，洞口无渗漏水。

f) 管道内应清洁，无杂物。

9.4 管廊功能性检验

9.4.1 顶管工作井、检查井、井内布置、进出洞施工、洞口加固及透气井等附属工程的施工质量验收应按现行规范《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 等相关规定执行。

9.4.2 电力管廊应符合下列规定：

I 主控项目

a) 管节的规格、技术性能、产品质量应符合国家相关标准的规定和设计要求。

检查方法：检查产品每批出厂质量保证资料、力学性能检验报告；检查成品管进场验收记录。

b) 电力管廊应无影响正常使用和结构安全的裂缝、保护层脱落、空鼓、接口掉角等缺陷，管端面混凝土应平整、光洁、密实；承口、插口的工作面应光洁；钢套环应无焊瘤、毛刺、锈斑等现象，防腐涂装应完整。

检查方法：观测、无损检测。

c) 衬垫表面应平整无剥落，粘贴牢固，位置准确。

检查方法：按验收批次目测检查。

d) 橡胶圈的性能指标应符合设计文件规定，外形平整，接口无裂纹，表面无油污和机械损伤。

检查方法：按验收批次检查；检查进场台账记录、质量保证书、检测报告，外观目测。

e) 橡胶圈粘结剂涂刷应均匀、粘接牢固、无皱折、断面无明显收缩。

检查方法：按验收批次检查，目测、尺量。

f) 管节拼装时应在钢套环与橡胶圈表面涂抹硅油等润滑剂，拼装时橡胶圈不应滑移。

检查方法：全数检查；目测检查。

g) 接口橡胶圈安装位置应正确，无位移、脱落现象。

检查方法：逐个接口观察。

h) 电力管廊的管底坡度应无明显反坡现象；曲线顶管实际曲率半径应符合设计要求。

检查方法：观察；检查顶进施工记录、测量记录。

i) 电力管廊接口端部应无破损、顶裂现象；接口处应无滴漏。

检查方法：逐节观察。

II 一般项目

j) 电力管廊防水、防腐蚀处理应符合设计要求，且应无明显渗水和水珠现象，严禁滴漏和线流。

检查方法：逐节观察。

k) 电力管廊施工后，预制构件位置、尺寸偏差及检验方法应符合设计要求；当设计无具体要求时，顶管施工的允许偏差应满足表 9.4-1 中列出的具体要求：

表 9.4-1 电力管廊施工的最大允许偏差

项 目	允许偏差（mm）		检查数量	检查方法
直线水平轴线位置	D<1500	<100	每节管节 取 1 点	用经纬仪测量
	D≥1500	<200		
直线管道内底高程	D<1500	+30~-40		用水准仪测量
	D≥1500	+40~-50		
曲线水平轴线位置	水平曲线	±200		用经纬仪测量
	竖曲线	±200		
	复合曲线	±200		
曲线管道内底高程	水平曲线	+100~-150	每节管节 取 1 点	用水准仪测量
	竖曲线	+100~-150		
	复合曲线	±200		
相邻管间错口	15%壁厚且不大于 20			尺量
对顶时两端错口	50			

9.4.3 电力管廊接口密封胶质量验收应符合下列规定：

I 主控项目

a) 密封胶材料应符合国家相关标准规定和设计要求。

检查方法：对照产品标准和设计文件检查出厂合格证、质量检验报告及现场抽样试验报告。

b) 密封胶施工完成后表面应平整，宽度均匀，密封胶质量要求应符合表 9.4-2 的规定。

表 9.4-2 密封胶质量要求

检查项目	指标	检查数量	检查方法
厚度	允许偏差+3mm	伸缩缝的随机抽检率 10%，一条伸缩缝至少测 4 点。如合格率少于 80%，加倍抽检，依此类推，直至全部检测	针刺法
密封胶与伸缩缝内 侧混凝土表面黏结 力	胶条断裂或粘结剥离 有效面积比≥60%为合 格	按伸缩缝随机抽检率的 1%，但不少于 3 条，如 合格率少于 80%，加倍抽检，依此类推，直至全 部检测	将密封胶在缝中切断，用手以 90° 从一端拉起，胶条断裂或粘结剥离 有效面积比≥60%为合格

注：粘结剥离有效面积比是指密封胶从槽中拉起时，两侧胶面扯裂面积加混凝土剥离附着面积之和与两侧总面积之比。

II 一般项目

c) 伸缩缝基槽尺寸要求应符合表 9.4-3 的规定。

表 9.4-3 伸缩缝基槽尺寸要求

检查项目	允许偏差 (mm)	检查数量	检查方法
槽宽 B	±2	逐条检测，每条伸缩缝一般至少 4 点	用钢尺量
槽深 H	+3		

d) 槽内应无浮灰残渣，无湿迹。槽缝混凝土两内侧面界面剂涂层应均匀，无漏涂现象。

检查方法：观察；检查施工记录。

e) 密封胶施工应符合现行规范《地下防水工程质量验收规范》GB 50208 的相关规定。

9.4.4 管道接口单口水压试验宜分为管道顶进前和顶进后两个阶段。

9.4.5 混凝土管道顶进前的接口单口水压试验应符合下列规定：

a) 安装时应将单口水压试验用的试压孔置于管道底部；

b) 管道接口在工作井内连接完毕，管道顶进以前应进行单口水压试验。对于内径或净宽大于 3500mm 的管道，其检验数量不宜少于管道接口数量的 30%，试验压力宜取管道接口的设计水压力；

c) 试压应采用手提式试压泵，管道连接后将试压嘴固定在管道承口的试压孔上，连接试压泵，将压力升至试验压力，恒压 2min，无压力降为合格；

d) 试压合格后，应取下试压嘴，在试压孔上拧上螺栓并拧紧，其扭矩应满足设计要求；

e) 水压试验时应先排净水压腔内的空气；

f) 单口试压不合格且确认是接口漏水时，应立即拔出管节，找出原因，更换或重新安装，直至符合要求为止。

9.4.6 混凝土管道顶进完成后的接口单口水压试验应符合下列规定：

a) 管道顶进完成后、内防腐和管道接口嵌缝以前应进行单口水压试验；

b) 对于内径或净宽大于 3500mm 的管道，单口水压试验的抽检数量可为管道接口数量的 70%；

c) 检验压力应为管道设计压力的 1.5 倍，且不得小于 0.2MPa；

d) 试压方式按本标准 9.4.5 执行。

9.4.7 电力管廊内支架应符合下列规定：

I 主控项目

a) 钢材材质或其它复合材料支架所用原材料物理力学性能应满足设计或产品质量要求。

检查数量：每 1000 件为一个检验批，每批抽检 1 组。

b) 支架的规格型号应满足设计要求。

检查数量：按固定支架数抽查 5%，且不少于 20 处。

检验方法：观察检查。

c) 电缆支架的强度应满足电缆及其附件荷重和安装维护的受力要求。

检查数量：按固定支架数抽查 1%，且不少于 3 处。

检验方法：荷载法、测量法。

d) 钢材材质支架镀锌层厚度及其它性能应符合现行规范《金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层 技术要求及试验方法》GB/T 13912 要求。钢材材质及其它材质的支架应满足防腐、防火要求。

e) 支架接地电阻满足设计要求。

II 一般项目

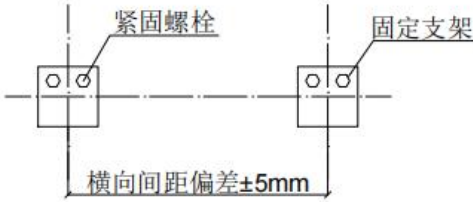
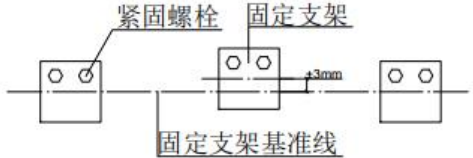
f) 电缆支架外观应表面应光滑无毛刺、平直，无明显扭曲，切口应无卷边、毛刺。

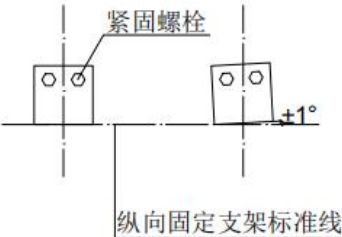
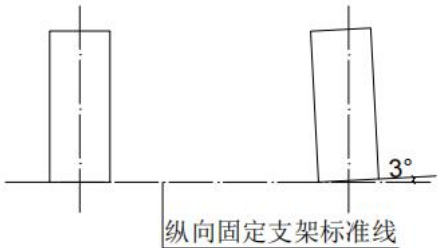
检查数量：按固定支架数抽查 5%，且不少于 20 处。

检验方法：观察检查。

g) 固定支架数量、间距应符合设计要求，紧固件固定应牢固可靠。固定支架安装偏差应符合表 9.4-4 的要求。

表 9.4-4 固定支架安装要求及允许偏差

序号	项目	要求及允许偏差	图示	检查方法	检查数量
1	固定支架固定	固定支架紧固、无松动	—	观察或用小锤敲击检查	按固定支架数抽查 5%，且不少于 20 处
2	相邻固定支架间距	$\pm 3\text{mm}$		用钢尺检查	
3	相邻固定支架高度偏差	$\pm 3\text{mm}$		用钢尺检查	

续表9.4-4					
4	固定支架纵倾角	$\pm 1^\circ$		用角尺检查	按固定支架数抽查5%，且不少于20处
5	固定支架横倾角	$\pm 1^\circ$		用角尺检查	

h) 电缆支架的挠度应满足本标准 5.3.2 的要求。

9.4.8 外观质量的严重缺陷通常会影响到结构性能、使用功能或耐久性。对已经出现的严重缺陷，应由施工单位根据缺陷的具体情况提出技术处理方案，经监理单位认可后进行处理，并重新检查验收。对于影响结构安全的严重缺陷，除上述程序外，技术处理方案尚应经设计单位认可。外观缺陷根据现行规范《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定分类。

9.4.9 当参加验收的各方对质量验收意见不一致时，应委托具有资质的第三方专业检测机构进行检测。

9.4.10 附属设施与接地装置等应符合现行规程《建筑电气工程施工质量验收规程》GB 50303、《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB 50169 及《输变电工程项目质量管理规程》DL/T 1362 等有关规定。

9.4.11 验收合格后，相关资料应由建设单位保管，直至管节使用单位项目竣工验收时，可并入工程竣工报告建设行政管理部门备案。

附录 A 管廊结构内力计算

A.1 圆形管廊结构内力计算

A.1.1 对于较均匀的黏土、砂性土、粉土以及软质岩，可用以下方法进行管廊结构内力计算分析。

A.1.2 基本假定：

- 管廊结构为一连续、各向同性、小变形的均质圆环；
- 管上部土压力增加量与下部土压力减小量相等；
- 土压力垂直于管壁分布，忽略土摩擦力作用。

采用弹性中心法，弹性中心在圆心，其基本结构简图及结构模型弯矩图如图 A.1-1 所示。

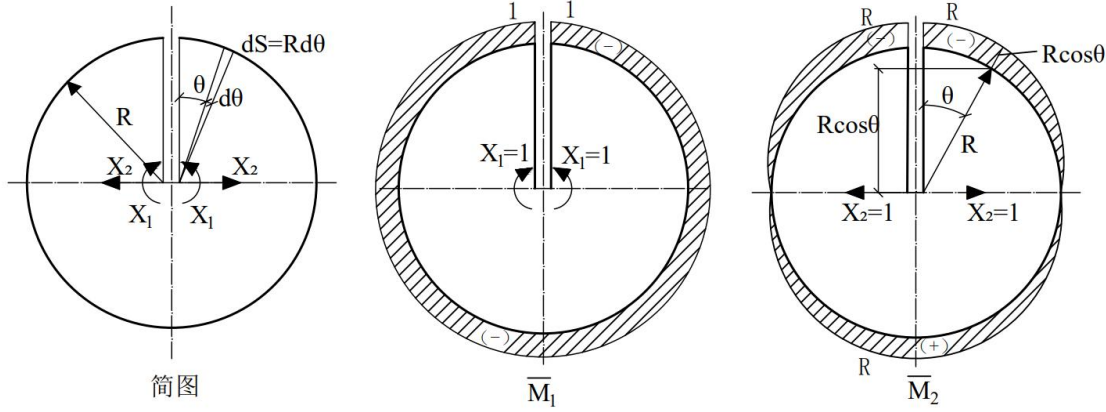


图 A.1-1 基本未知力作用下基本结构简图及结构模型弯矩图

由于结构的对称性，弹性中心点剪力为零，根据力法原理，弹性中心点相对转角及相对水平位移等于零。可得力法方程组：

$$\begin{cases} \delta_{11}X_1 + \Delta_{1p} = 0 \\ \delta_{22}X_2 + \Delta_{2p} = 0 \end{cases} \quad (\text{A.1.1})$$

其中 M_1 、 F_1 、 M_2 、 F_2 分别是基本未知力 X_1 和 X_2 作用于基本结构所产生的弯矩和轴力； δ_{11} 、 δ_{12} 分别表示 $X_1=1$ 、 $X_2=1$ 作用下 B 处的水平位移， δ_{21} 、 δ_{22} 表示 $X_1=1$ 、 $X_2=1$ 作用下 B 处的竖向位移； Δ_{1p} 、 Δ_{2p} 分别表示外荷载作用下 B 处的水平位移和竖向位移。实际施工过程中，弯矩对混凝土管廊截面承载力的影响占主导，计算过程中轴力的影响可忽略。

则：

$$\delta_{11} = \frac{2}{EI} \int_0^\pi M_1^2 d\theta = \frac{2\pi R}{EI} \quad (\text{A.1.2})$$

$$\delta_{22} = \frac{2}{EI} \int_0^\pi M_2^2 R d\theta = \frac{\pi R^3}{EI} \quad (\text{A.1.3})$$

$$\Delta_{1p} = \frac{2}{EI} \int_0^\pi M_1 M_p R d\theta = -\frac{2R}{EI} \int_0^\pi M_p d\theta \quad (\text{A.1.4})$$

$$\Delta_{2p} = \frac{2}{EI} \int_0^\pi M_2 M_p R d\theta = -\frac{2R^2}{EI} \int_0^\pi M_p \cos \theta d\theta \quad (\text{A.1.5})$$

从而得到基本未知力：

$$\begin{cases} X_1 = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi M_p d\theta \\ X_2 = \frac{2}{\pi R} \int_0^\pi M_p \cos \theta d\theta \end{cases} \quad (\text{A.1.6})$$

从而求得任一截面的弯矩、轴力 M_θ 、 N_θ 。

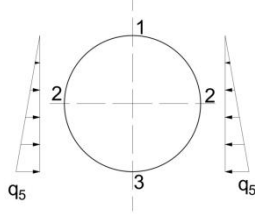
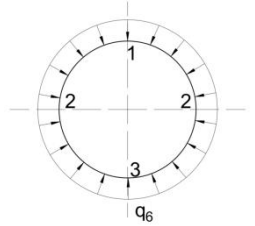
$$\begin{cases} M_{\theta} = X_1 + X_2 R \cos \theta + M_p \\ N_{\theta} = N_p + X_2 \cos \theta \end{cases} \quad (\text{A.1.7})$$

式中： M_p 、 N_p 为圆环任一截面在外荷载作用下产生的弯矩和轴力（弯矩以内侧受拉为正、轴力以压力为正）。

表 A.1-1 管节在各对（组）荷载作用下的内力计算公式

序号	荷载简图	荷载算式 (kN/m)	内力	内力计算式		
				点 1	点 2	点 3
1		$g = \rho_c t$ $q_1 = \pi \rho_c t \frac{R}{R_2}$ g 为管自重 q_1 为自重的平均反力	M	$+0.3448 g R^2$	$-0.3927 g R^2$	$+0.4406 g R^2$
			N	$-0.1667 g R$	$+1.5708 g R$	$+1.5398 g R$
2		$q_0 = \rho_t R_2$ $q_2 = 0.215 q_0$ q_0 为拱背最大土压力	M	$+0.0267 q_0 R^2$	$-0.0421 q_0 R^2$	$+0.0444 q_0 R^2$
			N	$-0.0208 q_0 R$	$+0.2146 q_0 R$	$+0.0208 q_0 R$
3		q_3 为管顶上竖向土压力	M	$+0.25 q_3 R^2$	$-0.25 q_3 R^2$	$+0.25 q_3 R^2$
			N	0	$+q_3 R$	0
4		q_4 为土层侧向压力，根据实际土层和地下水位计算	M	$-0.25 q_4 R^2$	$+0.25 q_4 R^2$	$-0.25 q_4 R^2$
			N	$+q_4 R$	0	$+q_4 R$

续表 A.1-1

5		q_5 为土层侧向压力，根据实际土层和地下水位计算	M	$-0.1042q_5R^2$	$+0.125q_5R^2$	$-0.1458q_5R^2$
			N	$+0.3125q_5R$	0	$+0.6875q_5R$
6		$q_6 = \rho_w(H_w - \frac{1}{2}t)$ q_6 为静水压力	M	0	0	0
			N	$+q_6R$	$+q_6R$	$+q_6R$

注：+M—内侧受拉（kN·m），+N—轴压力（kN）， R_1 内半径， R_2 外半径， ρ_c —管材重度（kN·m³）， ρ_t —土重度（kN·m³）， ρ_w —水重度（kN·m³），t—管壁厚度（kN·m³）， H_w —地下水位到管顶壁厚中心距离（m）。

A. 2 矩形管廊结构内力计算

针对矩形截面的钢筋混凝土管廊，根据其正常工作状态下的受力情况可视其为平面应变问题，内力计算时取其中轴线的尺寸为计算长度，对于底板厚度与跨度之比不小于 1/10 的管廊，沿宽度方向地基变形基本一致，其计算模型可视为封闭框架，同时对于均匀地层下的钢筋混凝土矩形管廊，其受荷呈左右对称分布，则对称轴处 E、F 两点剪力为 0。沿管廊轴向方向取 1 米作为计算单元，其计算模型简化图如图 A.2-1 所示。

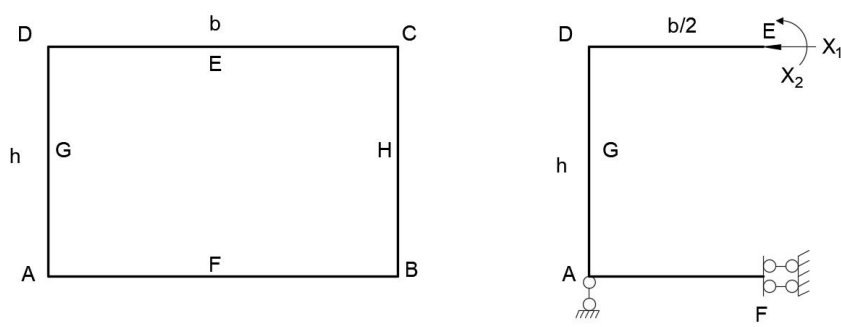


图 A.2-1 基本结构示意图

注：E、F、G、H 分别代表顶板、底板及侧墙的中点。

由上图基本结构易得力法典型方程：

$$\begin{cases} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \Delta_{1p} = 0 \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \Delta_{2p} = 0 \end{cases} \quad (A.2.1)$$

其中： δ_{11} ——基本未知力 $X_1=1$ 作用下 E 点沿 X_1 作用方向产生的位移；

δ_{12} ——基本未知力 $X_2 = 1$ 作用下 E 点沿 X_1 作用方向产生的位移；

δ_{21} ——基本未知力 $X_1 = 1$ 作用下 E 点沿 X_2 作用方向产生的位移；

δ_{22} ——基本未知力 $X_2 = 1$ 作用下 E 点沿 X_2 作用方向产生的位移；

Δ_{1p} ——外荷载作用下 E 点沿 X_1 作用方向产生的位移；

Δ_{2p} ——外荷载作用下 E 点沿 X_2 作用方向产生的位移；

钢筋混凝土管廊截面通常受弯矩控制，出现受拉破坏，为计算简便，忽略轴力影响。基本未知力分别作用在基本结构上的弯矩如图 A.2-2 所示。（弯矩图中内侧为正，外侧为负）

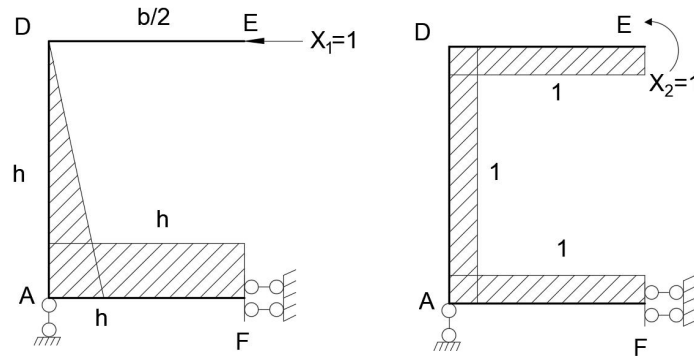


图 A.2-2 基本未知力作用下结构弯矩图

可得：

$$\begin{cases} \delta_{11} = \frac{h^3}{3EI} + \frac{bh^2}{2EI} \\ \delta_{21} = \delta_{12} = \frac{bh + h^2}{2EI} \\ \delta_{22} = \frac{h + b}{EI} \end{cases} \quad (\text{A.2.2})$$

基本结构在竖向土压力 q_1 (kN/m) 作用下的荷载简图及弯矩图如图 A.2-3 所示。

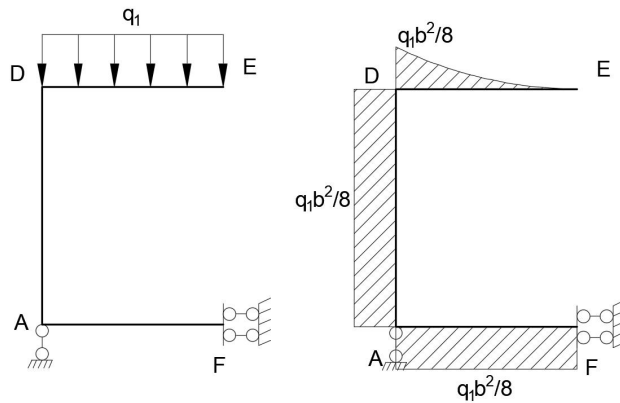


图 A.2-3 竖向土压力作用下荷载简图及结构弯矩图

$$\begin{cases} \Delta_{1p} = -\frac{q_1 b^2 h^2 + q_1 b^3 h}{16EI} \\ \Delta_{2p} = -\frac{q_1 b h^2}{48EI} - \frac{q_1 b^2 h}{8EI} - \frac{q_1 b h^2}{16EI} \end{cases} \quad (\text{A.2.3})$$

(A.2.3) 和 (A.2.2) 代入 (A.2.1) 解得：

$$\begin{cases} X_1 = \frac{3q_1b^3h - 2q_1b^2h^2 + 3q_1b^4 - 2q_1bh^3}{4(h^3 + 4bh^2 + 3b^2)} \\ X_2 = \frac{9q_1b^4 + 15q_1b^2h^2 + 8q_1bh^3}{8(h^2 + 4bh + 3b^2)} \end{cases} \quad (\text{A.2.4})$$

从而可得竖向土压力作用下：

$$M_A = M_B = X_1h + X_2 - \frac{q_1b^2}{8}$$

$$M_C = M_D = X_2 - \frac{q_1b^2}{8}$$

$$M_E = X_2$$

$$M_F = X_1h + X_2 - \frac{q_1b^2}{8}$$

$$M_G = M_H = X_1\frac{h}{2} + X_2 - \frac{q_1b^2}{8}$$

注：式中 X_1 、 X_2 为竖向土压力单独作用下 E 点的轴力和弯矩值。

基本结构在侧向荷载 q_2 (kN/m) 作用下的荷载简图及弯矩图如图 A.2-4 所示（由于管廊高度相较于上部土层较小，简化侧墙受荷为均布荷载，取侧向压力为侧墙中心处侧向土压力和水压力之和 q_2 ）。

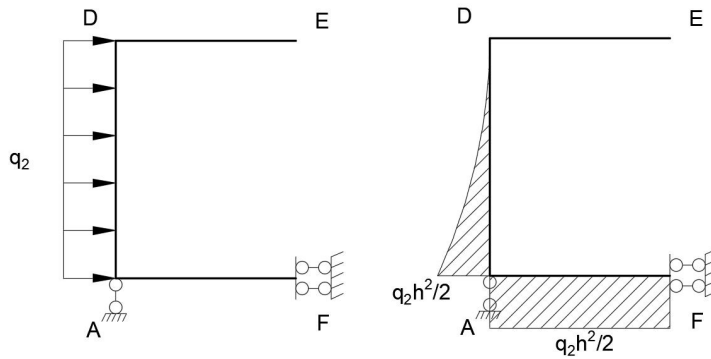


图 A.2-4 侧向荷载作用下结构弯矩图

$$\begin{cases} \Delta_{1p} = -\frac{q_2h^4}{8EI} - \frac{q_2bh^3}{4EI} \\ \Delta_{2p} = -\frac{q_2h^3}{6EI} - \frac{q_2bh^2}{4EI} \end{cases} \quad (\text{A.2.5})$$

(A.2.5) 和 (A.2.2) 代入 (A.2.1) 解得：

$$\begin{cases} X_1 = \frac{3q_2b^2h + 4q_2bh^2 + q_2h^3}{2(h^2 + 4bh + 3b^2)} \\ X_2 = -\frac{3q_2bh^3 + q_2h^4}{12(h^2 + 4bh + 3b^2)} \end{cases} \quad (\text{A.2.6})$$

从而可得侧向荷载作用下：

$$\begin{aligned}
M_A &= M_B = X_1 h + X_2 - \frac{q_2 h^2}{2} \\
M_C &= M_D = X_2 \\
M_E &= X_2 \\
M_F &= X_1 h + X_2 - \frac{q_2 h^2}{2} \\
M_G &= M_H = X_1 \frac{h}{2} + X_2 - \frac{q_2 h^2}{8}
\end{aligned}$$

注：式中 X_1 、 X_2 为侧向荷载单独作用下 E 点的轴力和弯矩值。

基本结构在地基反力 q_3 (kN/m) 作用下的荷载简图及弯矩图如图 A.2-5 所示。

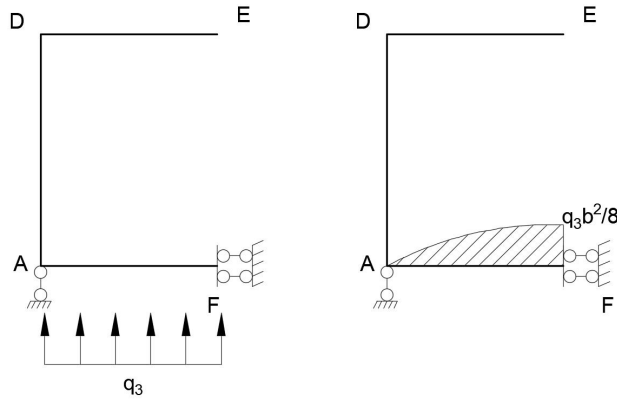


图 A.2-5 地基反力作用下弯矩图

$$\begin{cases} \Delta_{1p} = \frac{q_3 b^3 h}{24EI} \\ \Delta_{2p} = \frac{q_3 b^3}{24EI} \end{cases} \quad (\text{A.2.7})$$

(A.2.7) 和 (A.2.2) 带入 (A.2.1) 解得：

$$\begin{cases} X_1 = -\frac{q_3 b^4 + q_3 b^3 h}{4(h^3 + 4bh^2 + 3b^2 h)} \\ X_2 = \frac{q_3 b^3 h}{12(h^2 + 4bh + 3b^2)} \end{cases} \quad (\text{A.2.8})$$

从而得到基地反力作用下：

$$\begin{aligned}
M_A &= M_B = X_1 h + X_2 \\
M_C &= M_D = X_2 \\
M_E &= X_2 \\
M_F &= X_1 h + \frac{q_3 b^2}{8} \\
M_G &= M_H = X_1 \frac{h}{2} + X_2
\end{aligned}$$

注：式中 X_1 、 X_2 为侧向荷载单独作用下 E 点的轴力和弯矩值。

附录 B 最大裂缝宽度计算

B.1 受弯、大偏心受拉或受压构件的最大裂缝宽度，可按下列公式计算：

$$\omega_{\max} = \alpha_{cr} \psi \frac{\sigma_s}{E_s} \left(1.9c_s + 0.08 \frac{d_{eq}}{\rho_{te}} \right) \quad (\text{B.1.1})$$

$$\psi = 1.1 - 0.65 \frac{f_{tk}}{\rho_{te} \sigma_s} \quad (\text{B.1.2})$$

$$d_{eq} = \frac{\sum n_i d_i^2}{\sum n_i v_i d_i} \quad (\text{B.2.3})$$

$$\rho_{te} = \frac{A_s + A_p}{A_{te}} \quad (\text{B.2.4})$$

式中： α_{cr} ——构件受力特征系数，按表 B.1-1 采用；

ψ ——裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数：当 $\psi < 0.2$ 时，取 $\psi = 0.2$ ；当 ψ 大于 1.0 时，取 $\psi = 1.0$ ；对直接承受重复荷载的构件，取 $\psi = 1.0$ ；

σ_s ——按荷载准永久组合计算的钢筋混凝土构件纵向受拉普通钢筋应力或按标准组合计算的预应力混凝土构件纵向受拉钢筋等效应力；

E_s ——钢筋的弹性模量；

c_s ——最外层纵向受拉钢筋外边缘至受拉区底边的距离（mm）：当 $c_s < 20$ 时，取 $c_s = 20$ ；当 $c_s > 65$ 时，取 $c_s = 65$ ；

ρ_{te} ——按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率；对无粘结后张构件，仅取纵向受拉普通钢筋计算配筋率；在最大裂缝宽度计算中，当 $\rho_{te} < 0.01$ 时，取 $\rho_{te} = 0.01$ ；

A_{te} ——有效受拉混凝土截面面积；

A_s ——受拉区纵向普通钢筋截面面积；

A_p ——受拉区纵向预应力筋

d_{eq} ——受拉区纵向钢筋的等效直径（mm）；对无粘结后张构件，仅为受拉区纵向受拉普通钢筋的等效直径（mm）；

d_i ——受拉区第 i 种纵向钢筋的公称直径；对于有粘结预应力钢绞线束的直径取为 $\sqrt{n_1} d_{p1}$ ，其中 d_{p1} 为单根钢绞线的公称直径， n_1 为单束钢绞线根数；

n_i ——受拉区第 i 种纵向钢筋的根数；对于有粘结预应力钢绞线，取为钢绞线束数；

v_i ——受拉区第 i 种纵向钢筋的相对粘结特性系数，按表 B.1-2 采用

表 B.1-1 构件受力特征系数

类型	α_{cr}	
	钢筋混凝土构件	预应力混凝土构件
受弯、偏心受压	1.9	1.5

表 B.1-2 钢筋的相对粘结特性系数

钢筋类别	钢筋		先张法预应力钢筋			后张法预应力钢筋		
	光圆钢筋	带肋钢筋	带肋钢筋	螺旋肋钢丝	钢绞线	带肋钢筋	钢绞线	光面钢丝
ν_i	0.7	1.0	1.0	0.8	0.6	0.8	0.5	0.4

附录 C 管节外型图及尺寸

C.1 钢筋混凝土顶管圆形管节外型如图 C.1.1 所示：

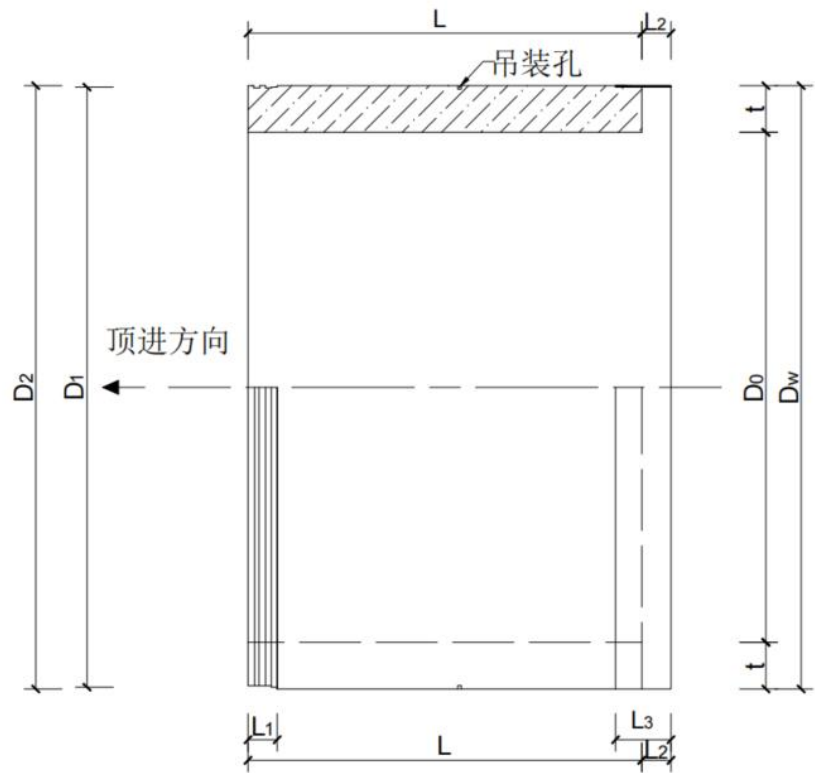


图 C.1.1 钢筋混凝土顶管圆形管节外型图
表 C.1-1 常用钢筋混凝土顶管圆形管节尺寸表

名称	符号	基本尺寸（mm）			
公称内径	D_0	3500	3800	4000	4500
管节外径	D_w	4140	4440	4640	5200
管壁厚度	t	300	320	340	380
管节长度	L_0	2500/2000			
插口尺寸	D_1	4078	4378	4578	5138
	D_2	4102	4402	4602	5162
	L_1	200			
承接口尺寸	D_3	4110	4410	4610	5170
	L_2	200			
	L_3	380			

注：装配式构件应考虑模数化设计，公称内径及管壁厚度应采用基本模数及分模数，基本模数数列应采用 1nM；分模数数列应采用 1/10nM、1/5nM 或 1/2nM（n 为自然数）。

C.2 钢筋混凝土顶管矩形管节外型如图 C.2.1 所示。

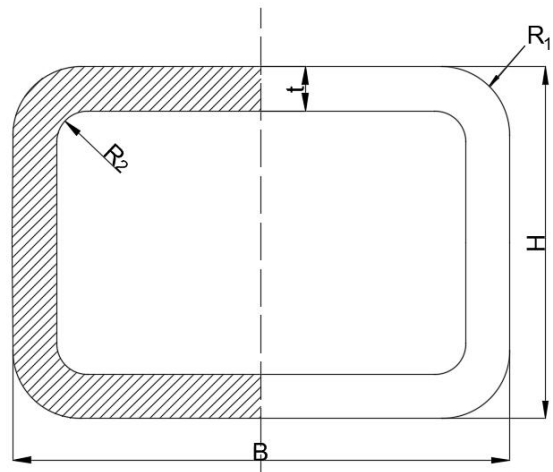


图 C.2.1 钢筋混凝土顶管矩形管节外型图

表 C.2-1 常用钢筋混凝土顶管矩形管节尺寸表

名称	符号	基本尺寸（mm）		
管节宽度	B	2800	3200	3800
管节高度	H	2500	2800	3500
管壁厚度	t	350	400	400
管节外圆角半径	R ₁	250	300	300
管节内圆角半径	R ₂	70	90	90

注：管节宽度、高度及管壁厚度应采用水平基本模数及分模数，水平基本模数数列应采用 1nM；分模数数列应采用 0.5nM（n 为自然数）。

C.3 大型钢筋混凝土管接口示意图如图 C.3.1 所示。

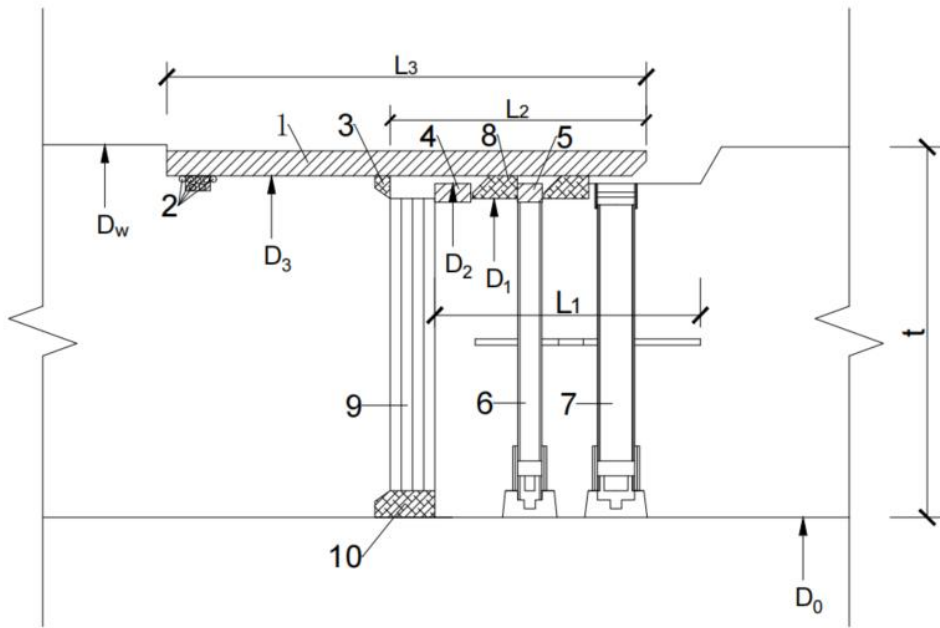


图 C.3.1 大型钢筋混凝土管接口示意图

- 1—钢承口；2—遇水膨胀橡胶条及钢筋挡圈；3—密封胶；
4—止退钢环；5—定位钢环（与 6 连接处留孔）；6—试压孔（带外方管堵）；
7—压浆孔（带止回阀及外方管堵）；8—橡胶密封圈；
9—多层复合板或松木板；10—密封胶

附录 D 顶管机的选型

表 D.0.1 不同顶管机适用表

使用 工况			顶管机类型			
			土压平衡式	普通泥水式	破碎型泥水式	
直径/mm	2000 以上	大直径	首选适用	首选适用	首选适用	
	1000-1800	中直径	次选适用	首选适用	首选适用	
顶距/m	1000 以上	超长距离	首选适用	首选适用	首选适用	
	300-1000	长距离	首选适用	首选适用	首选适用	
	300 以下	一般距离	首选适用	首选适用	首选适用	
覆土 深度/m	5.0 以上	深覆土	首选适用	首选适用	首选适用	
	2.0-5.0	一般覆土	首选适用	首选适用	首选适用	
土质	黏性 土	有机土	N 值=0	首选适用	次选适用	次选适用
		黏土	N 值 1-10	首选适用	首选适用	首选适用
		粉质黏土	N 值 10-30	首选适用	首选适用	首选适用
	砂性 土	粉砂	N 值 10-15	首选适用	首选适用	首选适用
		松软砂土	N 值 10-30	首选适用	首选适用	首选适用
		固结砂土	N 值>30	首选适用	首选适用	首选适用
	砂砾 土	松软砂砾	N 值 10-40	次选适用	次选适用	次选适用
		密实砂砾	N 值 10-40	次选适用	次选适用	次选适用
		含卵石砂砾	N 值	次选适用	有条件适用	次选适用
		卵石层	N 值	有条件适用	不适用	优先适用
	岩土	硬土	N 值>50	首选适用	首选适用	首选适用
		软岩	抗压强度<15MPa	首选适用	有条件适用	首选适用
地下水	无	—	首选适用	不适用	不适用	
	渗透系数 (m·s ⁻¹)	>1.0×10 ⁻³	首选适用	有条件适用	有条件适用	
	渗透系数 (m·s ⁻¹)	<1.0×10 ⁻⁷	首选适用	首选适用	首选适用	
超过管外径 1/6 粒径以上的障碍			不适用	不适用	有条件适用	

附录 E 施工记录表

表 E.0.1 施工技术交底记录

年 月 日

工程名称		工程部位名称	
工程工序名称			
交底组织单位			
本顶管区段工序流程、要求，重要节点及各项注意事项：			
本顶管区段安全技术要求：			
备注（可附本区段顶管管节、中继间排列表）：			
技术负责人		项目经理	
		班组长	

表 E.0.2 中继间验收表格

序号	项目	施工单位自检	监理单位
1	中继间的制作和焊缝质量除符合设计要求外，还应符合现行国家规范《钢结构设计规范》 GB 50017 和《钢结构工程施工质量验收规范》 GB 50205 的规定		
2	中继间密封设计符合使用要求		
3	橡胶止水带材料满足要求		
4	密封配合面尺寸精度满足要求		
5	密封配合面表面粗糙度满足要求		
结论意见： 项目技术负责人： 日期：		结论意见： 总监理工程师： 日期：	

表 E.0.3 土压平衡顶管掘进机验收表

检验项目		偏差范围	结论
壳体部分	壳体的外观质量和焊缝质量除符合设计要求外，还应符合现行国家规范《钢结构设计规范》 GB 50017 和《钢结构工程施工质量验收规范》 GB 50205 的规定		
	壳体外径	$\pm 2\text{mm}$	
	总长	$\pm 10\text{mm}$	
	后壳体椭圆度	$\pm 2\text{mm}$	
	尾套长度	$\pm 5\text{mm}$	
	尾套内径	$\pm 2\text{mm}$	
	壳体总长度的平直度	$\pm 5\text{mm}$	
刀盘总成	刀盘、刀座的制作和焊接除符合设计要求外，还应符合现行国家规范《钢结构设计规范》 GB 50017 和《钢结构工程施工质量验收规范》 GB 50205 的规定		
	刀盘切削直径及圆度应符合设计要求	$0\sim+10\text{mm}$	
	刀盘的刀具布置形式，开口率等应符合设计要求		
	刀盘的主轴承，减速器等应符合设计要求，具备厂家合格证和检测报告		
	刀盘的传动啮合轮应齿合良好，刀盘运转平稳，正反转时不应有不正常的声响、抖动和晃动等		
	主轴密封安装应符合设计要求		
	刀盘最大转速应符合设计要求	$\pm 10\%$	
纠偏系统	液压油缸应由制作厂家按现行国家标准《液压缸试验方法》 GB/T 15622 进行试验，具有产品合格证和测试报告		
	纠偏油缸的行程、纠偏角度应符合设计要求		
	纠偏千斤顶缩回位置，压力调整到 31.5MPa，屏压 5min，压力降不大于 0.5MPa		
螺旋机	筒体的内径尺寸及螺杆的外径尺寸应符合设计要求		
	筒体的内径与螺杆叶片堆焊后外径的配合间隙	$5\text{mm}\pm 1\text{mm}$	
	螺旋机安装位置及角度应符合设计要求		
	闸门开启工作压力 9.8MPa。各伸缩若干次，应无抖动和卡死现象，且伸缩压力一致，不得出现峰值		
	手动变频器、检查螺旋机变速运转反应是否正常。作空载正反转运转并测试转速		

检验项目		偏差范围	结论
液压系统	液压管路应配管正确、布置合理、固定可靠。硬管弯曲半径应大于 3 倍管外径，平行或交叉的管间距应大于 10mm；软管应避免急转或扭转，弯曲半径不应小于 10 倍管外径		
	泄漏油口与油箱应单独连接，且不应与回油管连通		
	泵组和油马达应工作正常，无异响。各压力表，传感器、压力开关等工作正常		
	伺服系统的油液清洁度应达到 ISO 4406 的 16/12 级；通常系统应达到 18/15 级		
	刀盘驱动系统，纠偏系统、螺旋机系统等液压系统须进行空载测试和负载性能测试，并以系统所有焊缝和连接口无漏油、管道无永久变形为合格		
供电与控制系统	传感器、变频器均有生产厂的合格证和标定书。无标定书应委托进行标定，数字显示表标定精度为 5%。报警与控制部分标定精度为 1%		
	非标低压柜的制造按现行国家标准《机械电气安全机械电气设备 第 1 部分，通用技术条件》GB 5226.1 验收		
	非标低压柜、操作台，电机等电气设备需用 500V 的兆欧表进行试验，其绝缘电阻不得低于 0.38M Ω		
	测量接地电阻不得低于 4 Ω		
	弱电控制系统有关工艺参数的检测，要求显示正确（显示内容为：刀盘转动方向，驱动油压或电流、密封舱土压力，纠偏行程、尾部间隙、螺旋机转速、机头姿态等）。其精度应达到设计及设备应有的等级		
	油脂泵、滤油器、纠偏油缸越限与故障报警要求准确		
验收结论：		验收结论：	
项目技术负责人： 日期： 年 月 日		总监理工程师： 日期： 年 月 日	

表 E.0.4 泥水平衡顶管掘进机验收表

检验项目		偏差范围	结论
壳体部分	壳体的外观质量和焊缝质量除符合设计要求外,还应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 和《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定		
	壳体外径	$\pm 2\text{mm}$	
	总长	$\pm 10\text{mm}$	
	后壳体椭圆度	$\pm 2\text{mm}$	
	尾套长度	$\pm 5\text{mm}$	
	尾套内径	$\pm 2\text{mm}$	
	壳体总长度的平直度	$\pm 5\text{mm}$	
刀盘总成	刀盘、刀座的制作和焊接除符合设计要求外,还应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 和《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 相应条文的规定		
	刀盘切削直径及圆度应符合设计要求	$0\sim+10\text{mm}$	
	刀盘的刀具布置形式、开口率等应符合设计要求		
	刀盘的主轴承、减速器等应符合设计要求,具备厂家合格证和检测报告		
	刀盘的传动啮合轮应齿合良好,刀盘运转平稳,正反转时不应有不正常的声响、抖动和晃动等		
	主轴密封安装应符合设计要求		
	刀盘最大转速应符合设计要求	± 10	
纠偏系统	液压油缸应由制作厂家按现行国家标准《液压缸试验方法》GB/T15622 进行试验,具有产品合格证和测试报告		
	纠偏油缸的行程、纠偏角度应符合设计要求		
	纠偏千斤顶缩回位置,压力调整到 31.5MPa,屏压 5min,压力降不大于 0.5MPa		
泥水系统	泥水管路的制作和焊接除符合设计要求外,还应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 和《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定		
	泥水管路球阀应符合设计要求,具备厂家合格证和检测报告		
	管路系统应设置旁通及备用球阀		
	所有球阀应开关反应灵活、密封可靠		

续表 E. 0. 4

液压系统	液压管路应配管正确、布置合理、固定可靠。硬管弯曲半径应大于 3 倍管外径，平行或交叉的管间距应大于 10mm；软管应避免急转或扭转，弯曲半径不应小于 10 倍管外径		
	泄漏油口与油箱应单独连接，且不应与回油管连通		
	泵组和油马达应工作正常，无异声。各压力表、传感器、压力开关等工作正常		
	伺服系统的油液清洁度应达到 ISO4406 的 16/12 级；通常系统应达到 18/15 级		
	刀盘驱动系统、纠偏系统、管路球阀系统等液压系统须进行空载测试和负载性能测试，并以系统所有焊缝和连接口无漏油、管道无永久变形为合格		
供电与控制系统	传感器、变频器均有生产厂的合格证和标定书。无标定书应委托进行标定，数字显示表标定精度为 5%。报警部分标定精度为 1%		
	非标低压柜的制造按现行国家标准《机械电气安全机械电气设备 第 1 部分：通用技术条件》 GB 5226.1 验收		
供电与控制系统	非标低压柜、操作台、电机等电器设备需用 500V 的兆欧表进行试验，其绝缘电阻不得低于 0.38M Ω		
	测量接地电阻不得低于 4 Ω		
	弱电控制系统有关工艺参数的检测，要求显示正确（显示内容为：刀盘转动方向、驱动油压或电流、密封舱泥水压力、纠偏行程、尾部间隙、泥水管路压力、机头姿态等）。其精度应达到设计及设备应有的等级		
	油脂泵、滤油器、纠偏油缸越限与故障报警要求准确		
验收结论：		验收结论：	
项目技术负责人：		总监理工程师：	
日期：		日期：	

表 E.0.5 顶管出洞检查表

日期： 年 月 日

施工单位			标段		顶程 (m)		顶距 (m)	
掘进机类型			出洞日期		管顶覆土厚度 (m)			
出洞地质简述								
出洞周边环境简述								
设计洞口中心标高 (m)				实际洞口中心 标高 (m)		标高偏差 (mm)		
导轨上管中心标高 (m)				高程偏差 (mm)		水平偏差 (mm)		
延长导轨	轴线偏差 (mm)			高程偏差 (mm)		水平偏差 (mm)		
	标高 (m)							
出洞加固方法及范围								
加固体检测结果								
水位降深								
顶管机各系统调试情况								
后靠背与轴线垂直度 误差不超过 2%								
止水装置								
结论意见：					结论意见：			
项目技术负责人：					总监理工程师：			
日期：					日期：			

表 E.0.6 顶管进洞检查表

日期： 年 月 日

施工单位		标段		顶程 (m)		顶距 (m)	
掘进机类型		进洞日期		管顶覆土厚度 (m)			
进洞地质简述							
进洞周边环境简述							
设计洞口中心标高 (m)			实际洞口中心 标高 (m)		标高偏差 (mm)		
进洞洞口周边加固方法及范围							
加固体检测结果							
水位降深							
顶管机进洞轴线复核							
其他进洞辅助措施							
结论意见：				结论意见：			
项目技术负责人：				总监理工程师：			
日期：				日期：			

表 E.0.7 顶管触变泥浆检查表

日期： 年 月 日

施工单位		标段		顶程 (m)		顶距 (m)	
掘进机类型		顶进日期		管顶覆土厚度 (m)		操作者	
地质情况简述							
黏度 (s)	<30s	实测值					
比重 (g/cm ³)	1.1~1.6	实测值					
含砂率	≥3	实测值					
失水量	≤25ml/30min	实测值					
结论意见： 项目技术负责人：				结论意见： 总监理工程师：			

附录 F 顶管工程分项分部单位工程划分

表 F 顶管工程分项分部单位工程划分

单位工程	分部工程	分项工程	检验批
按现场实际情况进行划分	工作井（每座）	沉井制作（钢筋、模板、混凝土）、沉井下沉、沉井封底（底板钢筋、底板混凝土）	每座井的每条施工缝
	每两座工作井区间的顶管	进出洞施工与洞口加固、管道接口、顶管管道、管道内防腐	顶管每 100m～200m 区间
	附属工程	检查井（钢预埋件、混凝土、内防腐）、透气井（钢预埋件、混凝土、防雷接地）	每座井

注：沉井以外的顶管井围护形式应满足相关规范的规定。

附录 G 分项工程质量验收

表 G.0.1 分项工程检验批质量验收记录表

单位（子单位） 工程名称			分部（子分部） 工程名称			分项工程 名称				
施工单位			专业工长			项目经理				
检验批 名称、部位										
分包单位			分包项目经理			施工班组长				
质量验收规范规定的 检查项目及验收标准			施工单位检查评定记录				监理（建设） 单位验收记录			
主控项目	1									
	2									
	3									
	4									
	5								合格率	%
	6								合格率	%
质量验收规范规定的 检查项目及验收标准			施工单位检查评定记录				监理（建设） 单位验收记录			
一般项目	1									
	2									
	3									
	4									
	5								合格率	%
	6								合格率	%
施工单位检查 评定结果		项目专业质量检查员： 年 月 日								
监理（建设） 单位验收结论		监理工程师： （建设单位项目专业技术负责人） 年 月 日								

分项工程质量应由专业监理工程师（或建设单位项目相关负责人）组织项目专业技术人员等进行验收，并按表 G.0.2 记录。

表 G.0.2 分项工程质量验收记录表

单位（子单位） 工程名称		分部（子分部） 工程名称		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		施工班组长	
序号	检验批 名称、部位	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					
16					
17					
检查 结论	施工项目专业技术负责人： 年 月 日		验收 结论	监理工程师： （建设项目专业技术负责人） 年 月 日	

附录 H 分部（子分部）工程质量验收记录

分部（子分部）工程质量应由总监理工程师（建设单位项目相关负责人）组织施工项目经理和有关勘察、设计单位项目负责人进行验收，并按表 G 记录。

表 H 分部（子分部）工程质量验收记录

编号：_____

单位（子单位） 工程名称				分部（子分部） 工程名称		
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	验收意见		
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
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
	设计单位	项目负责人			年	月 日
	监理单位	总监理工程师			年	月 日
	建设单位	项目负责人（专业技术负责人）			年	月 日

附录 I 单位（子单位）工程质量竣工验收记录

I.0.1 单位（子单位）工程质量应由建设单位项目负责人组织施工单位项目经理、总监理工程师和有关勘察、设计单位项目负责人进行验收，并应按单位（子单位）工程质量验收汇总表 I.0.1 做记录。其中概况及施工单位检查评定应由施工单位填写，验收结论栏由监理（或建设）单位填写。综合验收结论应由参加验收方共同商定，结论应对工程质量是否符合设计和规范要求及总体质量等级水平做出评价，并由建设单位填写。

I.0.2 顶管工程的单位（子单位）工程质量保证资料核查表（表 I.0.2）、单位（子单位）工程观感质量核查表（表 I.0.3）、单位（子单位）工程安全和功能检验质量核查及主要功能抽查记录表（表 I.0.4），应与表 I.0.2 配套使用。

表 I.0.1 单位（子单位）工程质量竣工验收记录

编号：

单位（子单位） 工程名称			类型		工程造价	
施工单位			技术负责人		开工日期	
项目经理			项目技术负责人		竣工日期	
序号	项 目	验 收 记 录			验 收 结 论	
1	分部工程	共____分部，经查____分部符合标准及设计要求				
2	质量控制 资料核查	共__项，经审查符合要求____项， 经核定符合规范规定____项				
3	安全和主要使用功能核查及 抽查结果	共核查____项，符合要求____项， 共抽____项，符合要求____项，经 返工处理符合要求____项				
4	观感质量 检验	共抽查____项，符合要求____项， 不符合要求____项				
5	综合验收 结论					
参 加 验 收 单 位	建设单位		设计单位		施工单位	
	（公章）		（公章）		（公章）	
	项目负责人 年 月 日		项目负责人 年 月 日		项目负责人 年 月 日	
					总监理工程师 年 月 日	

表 1.0.2 单位（子单位）工程质量控制资料核查表

单位（子单位） 工程名称			施工单位		
序号	资料名称		份数	核查意见	
1	材质质量 保证资料	①管节、管道设备及管配件等；②防腐层材料；③钢材、水泥、砂石、橡胶止水圈（带）、混凝土、砂浆、砖、混凝土外加剂、各类预制构件			
2	施工 检测	①管道接口水压试验；②混凝土强度、混凝土抗渗；③钢筋焊接；④基底加固及围护桩强度；⑤管道设备安装；⑥防腐层检测（膜厚、附着力、绝缘性）；⑦地基处理检验；⑧管道设备安装测试；⑨桩基完整性检测			
3	结构安全和使用 功能性检测	①混凝土结构管道渗漏水检查；②管道位置及高程			
4	施工测量	①控制桩（副桩）、永久（临时）水准点测量复核；②施工放样复核；③竣工测量			
5	施工技术 管理	①施工组织设计（施工方案）、专项施工方案及批复；②图纸会审、施工技术交底；③设计变更、技术联系单；④质量事故（问题）处理；⑤材料、设备进场管理台账；计量仪器校核报告；⑥工程会议纪要、技术处理洽商记录；⑦施工日记			
6	验收记录	①检验批、分项、分部（子分部）、单位（子单位）工程质量验收记录；②隐蔽验收记录			
7	施工记录	①顶管施工记录表；②地基加固施工记录表；③沉井结构钢筋检查表；④沉井结构混凝土浇筑记录表；⑤沉井下沉；⑥周边环境监测点沉降记录表；⑦管道接口水压试验记录表			
8	竣工图				
结论：		结论：			
施工项目经理： 年 月 日		总监理工程师： 年 月 日			

表 I.0.3 单位（子单位）工程观感质量核查表

单位（子单位） 工程名称			施工单位			
序号	检查项目	抽查质量情况		好	中	差
1	管道结构					
2	防水、防腐					
3	管道接缝					
4	进、出洞口					
5	工作井					
6	管道线形					
7	附属构筑物					
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
观感质量综合评价						
结论： 施工项目经理： 年 月 日		结论： 总监理工程师： 年 月 日				

表 I.0.4 单位（子单位）工程结构安全和使用功能性检测记录表

单位（子单位） 工程名称		施工单位	
序号	安全和功能检查项目		资料核查意见 功能抽查结果
1	电力管廊单口水压试验记录		
2	主体构筑物位置及高程测量汇总和抽查检验		
3	工艺辅助构筑物位置及高程测量汇总及抽查检验		
4	混凝土试块抗压强度试验汇总		
5	混凝土试块抗渗试验汇总		
6	主体结构实体的混凝土强度抽查检验	按现行国家规范《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定执行	
7	主体结构实体的钢筋保护层厚度抽查检验		
8	地基基础加固检测报告		
9	防腐、防水层检测汇总及抽查检验		
10	地面建（构）筑物：按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的规定执行		
结论： 施工项目经理： 年 月 日		结论： 总监理工程师： 年 月 日	

附录 J 钢承口式钢筋混凝土管节质量检验记录表

生产日期

试件编号

检验项目	序号	检验内容	检测点数	A-A'	B-B'	C-C'	D-D'	测点图示
几何尺寸	1	内径 (mm)	4					
	2	长度 (mm)	4					
	3	壁厚 (mm)	2	$H_1=$		$H_2=$		
	4	承口 工作面 (mm)	L_2	4				
	D_3		4					
	6	插口 工作面 (mm)	D_1	4				
	7		D_2	4				
	8		L_1	4				
	9	端面倾斜	2	$S_1=$		$S_2=$		
内压、外压检验	检验内容		检验值	升压时间	测定值	稳压时间	检验结果	
	[N] [J] [L] [P]							
备注	[N]管节管体内水压检验; [J]管节接口内水压检验; [L]管节结构裂缝荷载检验; [P]管节结构破坏荷载检验							

复核:

检验人:

检验日期: 年 月 日

附录 K 钢承口式钢筋混凝土管节外观质量检验记录表

表 K.0.1 外观质量检验记录表

序号	检查项目	检查内容	检查情况							
			管节生产日期及编号:							
1	粘皮	处数 (处)								
		最大深度 (mm)								
		最大面积 (cm ²)								
		累计面 (cm ²)								
2	麻面	处数 (处)								
		最大深度 (mm)								
		最大面积 (cm ²)								
		累计面积 (cm ²)								
3	局部凹坑	处数 (处)								
		最大深度 (mm)								
4	蜂窝	处数 (处)								
		最大深度 (mm)								
		最大面积 (cm ²)								
		累计面积 (cm ²)								
5	塌落	处数 (处)								
		最大深度 (mm)								
		最大面积 (cm ²)								
		累计面积 (cm ²)								
6	露筋	纵筋根数 (根)								
		环筋根数 (根)								
		最大长度 (mm)								
7	空鼓	处数 (处)								
		累计面积 (cm)								
8	裂缝	环向条数 (条)								
		纵向条数 (条)								
		最大长度 (mm)								
		最大宽度 (mm)								
9	合缝漏浆	最大长度 (mm)								
		最大宽度 (mm)								
		最大深度 (mm)								
		累计长度 (mm)								
10	端部碰伤	处数 (处)								
		最大纵向深度 (mm)								
		最大环向深度 (mm)								

复核: 检验员: 检验日期: 年 月 日

附录 L 外荷载试验示意图

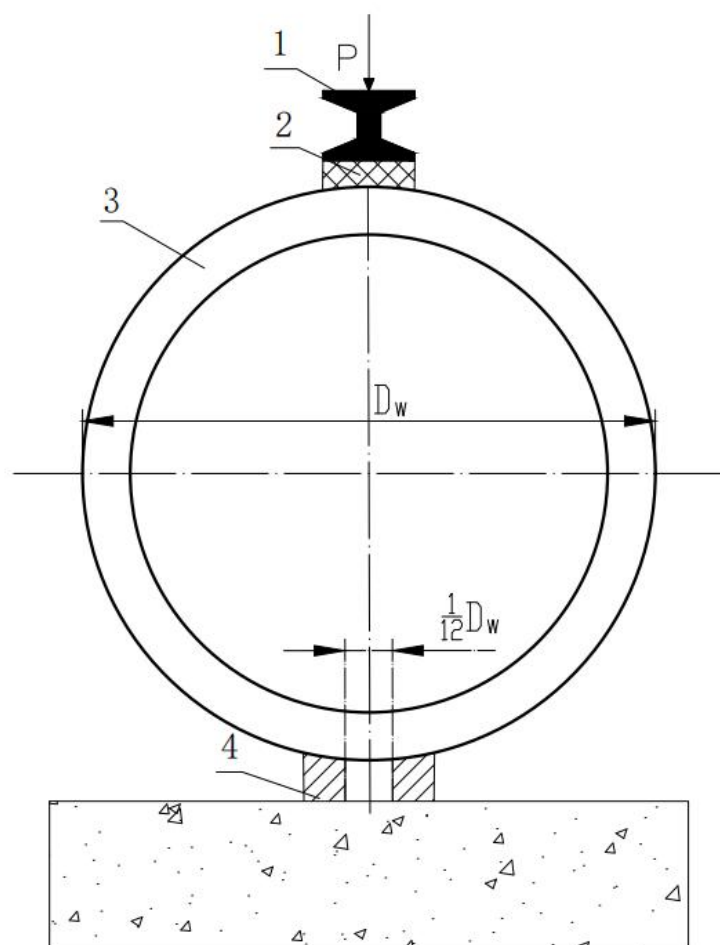


图 L-1 外荷载试验示意图

1-上支承梁（工字钢梁）；2-橡胶垫；3-试件；4-下支承梁（方木条）

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

a) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

b) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

c) 表示允许稍有选择，在条件许可的首先应这样做：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”。

d) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

e) 条文中指定应按其他有关标准执行时，写法为“应按……执行”或“应符合……要求（规定）”。非必须按指定标准执行时，写法为“可参照……执行”。

标准性引用名录

《通用硅酸盐水泥标准》 GB 175
《声环境质量标准》 GB 3096
《混凝土外加剂》 GB 8076
《中国地震动参数区划图》 GB 18306
《电缆及光缆燃烧性能分级》 GB 31247
《混凝土结构设计规范》 GB 50010
《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》 GB 50019
《工程测量标准》 GB 50026
《小型火力发电厂设计规范》 GB 50049
《建筑物防雷设计规范》 GB 50057
《交流电气装置的接地设计规范》 GB/T 50065
《火灾自动报警系统设计规范》 GB 50116
《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》 GB50169
《建设工程施工现场供用电安全规范》 GB 50194
《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
《地下防水工程质量验收规范》 GB 50208
《电力工程电缆设计标准》 GB 50217
《建筑电气工程施工质量验收规程》 GB 50303
《建筑物电子信息系统防雷技术规范》 GB 50343
《安全防范工程技术标准》 GB 50348
《入侵报警系统工程设计规范》 GB 50394
《出入口控制系统工程设计规范》 GB 50396
《给水排水管道工程施工及验收规范》 GB 50268
《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666
《城市综合管廊工程技术规范》 GB 50838
《工程结构通用规范》 GB 55001
《钢结构通用规范》 GB 55006
《混凝土结构通用规范》 GB 55008
《工程勘察通用规范》 GB 55017
《特殊设施工程项目规范》 GB 55028
《安全防范工程通用规范》 GB 55029
《建筑与市政工程防水通用规范》 GB 55030

《建筑与市政工程施工质量控制通用规范》 GB 55032

《消防设施通用规范》 GB 55036

《碳素结构钢》 GB/T 700

《钢筋混凝土用钢 第1部分:热轧光圆钢筋》 GB/T 1499.1

《钢筋混凝土用钢 第2部分:热轧带肋钢筋》 GB/T 1499.2

《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》 GB/T 1596

《碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢板和钢带》 GB/T 3274

《涂覆涂料前钢材表面处理》 GB/T 8923.1

《冷轧带肋钢筋》 GB/T 13788

《金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层 技术要求及试验方法》 GB/T 13912

《建设用砂》 GB/T 14684

《建设用卵石、碎石》 GB/T 14685

《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》 GB/T 18046

《高分子防水材料第3部分:遇水膨胀橡胶》 GB/T 18173.3

《管廊工程用预制混凝土制品试验方法》 GB/T 38112

《工业建筑防腐蚀设计标准》 GB/T 50046

《混凝土结构耐久性设计规范》 GB/T 50476

《市政工程施工组织设计规范》 GB/T 50903

《施工现场临时用电安全技术规范》 JGJ 46

《普通混凝土用砂质量标准及检验方法》 JGJ 52

《普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法》 JGJ 53

《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55

《混凝土用水标准》 JGJ 63

《冷轧带肋钢筋混凝土结构技术规程》 JGJ 95

《建筑施工现场环境与卫生标准》 JGJ 146

《聚羧酸系高性能减水剂》 JG/T 223

《聚硫建筑密封胶》 JC/T 483

《输变电工程项目质量管理规程》 DL/T 1362

《35kV~220kV 城市地下变电站设计规定》 DL/T 5216

《发电厂和变电站照明设计技术标准》 DL/T 5390

《电力电缆隧道设计规程》 DL/T 5484

《电力工程施工测量标准》 DL/T 5578

《输变电工程防灾减灾设计规程》 DL/T 5630

《城市地下管线探测技术规程》 CJJ 61
《电缆防火涂料通用技术条件》 GA 181
《防腐电缆桥架》 NB/T 42037
《地下建筑照明设计标准》 CECS 45
《重要输电通道风险评估导则》 Q/GDW 11450
《高压电缆及通道防火技术规范》 Q/GDW 12067

湖南省工程建设地方标准

湖南省顶推装配式钢筋混凝土电力管廊技术标准

条 文 说 明

202X 年 长沙

目 次

1 总则	82
2 术语	83
3 基本规定	84
4 规划、勘察与设计	85
4.1 一般规定	85
4.2 规划	85
4.3 勘察	85
4.4 平面布局	86
4.6 断面设计	86
4.7 节点设计	86
5 结构与防排水设计	88
5.2 管廊结构设计	88
5.3 管廊支架设计	88
5.4 管廊防水、排水设计	89
6 管廊附属设施设计	91
6.2 通风	91
6.3 照明	91
6.4 消防	91
7 管节预制、储运与施工	93
7.2 管节预制	93
7.3 管节储运	44
7.4 顶管施工	94
8 施工监测与环境保护	100
8.1 一般规定	100
8.2 施工监测	100
9 质量检验与验收	101
9.1 一般规定	101
9.2 管节检验与验收	101
9.4 管廊功能性检验	103

条文说明

1 总则

1.0.1 湖南省地处中低纬度地区，气候类型属于亚热带季风气候，降雨充沛；地貌特征主要表现为多山多丘陵。受地理条件限制，城乡道路网络分布形式多样化，街道布局不规则，地表起伏较大，建筑物较密集，明挖法电力管廊规划建设受到很大的限制。电力管廊采用顶管技术为地下电力管廊工程提供了一种较好的思路。顶管法是一种在不中断交通、不拆除建筑物、不迁改管线的条件下修建地下工程的施工方法，多用于下穿繁忙的交通要道、下穿构筑物、下穿管线、河道等，其优势在于其管节工厂化预制，施工过程的封闭性、机械化、高效性、经济型 and 安全性。

1.0.2 本标准适用于湖南省地区新建、改建、扩建的 35kV~500kV 顶推装配式钢筋混凝土圆形、矩形、多边形断面的电力管廊工程的勘察、设计、施工及验收。

1.0.3 合理统筹规划地下管线建设，以达到提高工程建设效益、节约利用地下空间、防止道路反复开挖、增强地下管线防灾能力的目的，应遵循政府组织、部门合作、科学决策、因地制宜、适度超前的原则。

1.0.4 电力管廊采用顶管技术时应听取道路、轨道交通、给水、排水、电力、通信、广电、燃气、供热等行政主管部门及有关单位、社会公众的意见，同时应考虑城市设计、海绵城市、装配式建筑、高效节能、绿色设计、健康监测与管理等发展要求。

1.0.5 顶推装配式钢筋混凝土电力管廊是一个系统工程，广泛涉及技术、材料、工艺等诸多方面，除符合本标准外，还应该符合国家及行业现行有关规范和标准的规定。

本标准依据《工程结构通用规范》GB 55001、《钢结构通用规范》GB 55006、《混凝土结构通用规范》GB 55008、《工程勘察通用规范》GB 55017、《特殊设施工程项目规范》GB 55028、《安全防范工程通用规范》GB 55029、《建筑与市政工程施工质量控制通用规范》GB 55032、《消防设施通用规范》GB 55036 等规范编写，各项技术要求不低于上述建设规范的相关技术水平。

2 术语

2.0.1~2.0.13 本标准根据社会发展的需要以及技术、材料、工艺的进步,结合国内外施工案例,并参考多本相关规范,根据多家设计单位、生产单位及施工单位对顶推装配式钢筋混凝土电力管廊尤其是大口径顶管电力管廊的施工标准进行研究,对多方面的施工参数进行合理的规定,通过对结构设计、管节预制、管节运输及吊装、顶管施工、施工质量实时监测、管廊后期运营维护多个方面全面的调查与分析,列出了本标准相关的术语。

3 基本规定

3.0.1 顶推装配式钢筋混凝土电力管廊工程应根据城乡总体规划、地下管线综合规划、控制性详细规划编制，与地下空间规划、道路规划等保持衔接，由人民政府组织相关部门编制，用于指导和实施电力管廊工程建设。

顶推装配式钢筋混凝土电力管廊工程规划应统筹兼顾城乡新区和老旧城区。新区管廊工程的规划应与新区规划同步编制，老旧城区管廊工程规划应结合旧城改造、棚户区改造、道路改造、河道改造、管线改造、轨道交通建设、人防建设和地下电力管廊体建设等编制。电力管廊检查井出入口、进风口及排风口等均有露出地面的部分，其形式与位置等应与城乡环境景观相一致。顶推装配式钢筋混凝土电力管廊工程规划原则上五年进行一次修订，或根据城乡规划和重要地下管线规划的修改及时调整。

3.0.2 顶推装配式钢筋混凝土电力管廊与道路、管线等工程密切相关，为更好地发挥电力管廊的效益，并且节省投资，应统一规划，同步建设。电力管廊建设应同步配套消防、供电、照明、监控与报警、通风、排水、标识等设施，以满足管线单位的使用和运行维护要求。

3.0.3 为全面落实党中央、国务院关于生态文明建设的重大决策部署，指导督促中央企业落实节约能源与生态环境保护主体责任，推动中央企业全面可持续发展，根据《中华人民共和国节约能源法》、《中华人民共和国环境保护法》等有关法律法规，顶推装配式钢筋混凝土电力管廊建设中，应进行总体方案优化。在规划、设计阶段，应充分考虑绿色施工的总体要求，为绿色施工提供基础条件。

3.0.4 顶推装配式钢筋混凝土电力管廊工程，存在地表下沉或塌陷、有毒有害气体、破坏地下地上管线、引起建（构）筑物倒塌、作业人员发生危险等风险。为贯彻实施《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》（住房城乡建设部令第 37 号），进一步加强和规范房屋建筑和市政基础设施工程中危险性较大的分部分项工程安全管理，为了对风险事前进行预防和控制，需要在施工前，编制施工组织设计、专项方案，并按规定程序审批后执行。

4 规划、勘察与设计

4.1 一般规定

4.1.1 按照企业标准《重要输电通道风险评估导则》Q/GDW 11450，重要输电通道是由若干重要输电线路组成，分为国家级和省级。国家级重要输电通道包括：特高压交直流输电线路组成的通道；两回及以上中心距离一般不超过 600m 的重要输电线路组成的通道，通道内线路同时故障时，构成三级及以上区域或省级电网事件。省级重要输电通道由两回及以上中心距离一般不超过 600m 的重要输电线路组成，通道内线路同时故障时，构成四级区域或省级电网事件。

4.1.3 管廊线路调查是勘测设计人员通过各种勘测手段，对管廊所处位置的地形、地质等自然条件进行的调查、测绘。调查应按本标准及相关规范的要求分阶段、按项目认真开展工作。调查资料是管廊位置选择、工程布置和结构设计，以及计划工程投资等整个设计工作的依据，因此，调查资料应齐全、准确。

4.1.4 结构在不同的工作阶段，例如结构的施工期、检修期和使用期等，以及出现偶然事故的情况下，都可能出现多种不利的受力状态，应分别进行结构分析，确定其可能最不利的作用效应组合。

4.1.6 结构分析应以结构的实际工作状况和受力条件、几何尺寸为依据，如果结构复杂，可以对结构体型进行适当的简化。简化后的模型应能反映出结构实际的受力状况，所采用的分析方法应有可靠的依据和足够的计算准确程度。

4.1.7 鉴于施工和使用目的要求，顶推管廊断面形状通常为圆形、矩形。对该类管廊结构分析，构件应力计算一般基于弹性理论，其中荷载选择要与顶推施工、正常使用情况相符，同时要考虑荷载引起的地基反力。

4.2 规划

4.2.3 电力管廊埋深的确定应以避免与其他市政管线及建筑的影响为目的，降低工程难度及风险。

4.3 勘察

4.3.1 勘察工作是各阶段相互紧密联系的一个整体，由面到线再到工程具体位置，在初步了解工程地区概貌的基础上，编制勘察计划。在勘察过程中，应根据实际情况，及时调整勘察计划，做到对主要工程地质、水文地质问题有准确评价，提供齐全的设计、施工所需资料，不漏项。

4.3.4 本条规定了施工前各阶段管廊工程的地形、地质勘察内容。管廊地形、地质勘察是综合性的工作，查明测区的工程地质、水文地质条件，对各种不良地质条件作出评价，并提出有效措施或建议，为工程设计提供准确的资料。

由于各类地质问题的性质、规模、复杂程度、自然地理条件的不同，很难划分初勘、详勘工作的基本内容。条文中只提出了勘察内容，应结合实际情况安排调查内容的深度。一般在初勘阶段，以地质测绘为主要手段，辅以少量的勘探试验，对管廊围岩稳定性作出定性为主的评价，初步划分围岩级别；在详勘阶段，合理采用各种勘探手段，对各类地质现象进行综合分析，互相印证，尽量对管廊工程地质条件作出定量或半定量评估，详细划分围岩级别。

4.3.5 本条规定在勘察时，应对某些特殊地质环境问题作专门勘察，并提出注意事项。这是对测查的重点内容作出的特别要求，例如，当测区存在区域性断裂带，特别是存在近期活动和发震断层时，应查明其对工程的影响程度并作出评价。

4.3.7~4.3.10 规定了管廊地区自然生态环境、社会环境、生活环境和施工条件的勘察内容和要求。通过对环境勘察和管廊开挖对环境影响的评估，将环保意识融入设计理念中。要求尽量减少管廊开挖对环境的影响，若难以避免时，应采取防治措施。

4.4 平面布局

4.4.1 同时顶进的几根平行管道之间应有足够的净距，顶管间距是从顶进时避免相互影响的最小距离考虑。

4.6 断面设计

4.6.3 a)、4.6.3 b) 最上层支架距盖板的净距允许最小值，除了电缆引接上侧盘柜时应满足最小弯曲半径要求以及电缆梯架和托盘外壳高度外其他如电力管廊、电缆夹层、电缆工作井等采用电缆支架的情况取消增加值 80mm~150mm。理由如下：①参考国内电缆沟电力管廊典型安装图集，均取相邻支架的层间距离，工程实践没有反映有不良影响；②最上层电缆支架按照相邻支架层间距取值，不影响电缆的安装维护；③节省电缆构筑物断面尺寸，减少工程投资。

4.6.3 c) 对电缆沟内电缆支架最下层支架距沟道底部的垂直最小净距值，是考虑到电缆沟排水不畅，引起沟内积水，电缆或支架可能浸泡在水中，导致电缆绝缘受损和支架腐蚀，因此适当提高最下层支架距沟底垂直净距对改善电缆和支架运行条件是有益的。净距值是指支架、梯架或托盘的托臂下沿至沟底部的距离。

4.6.4 管廊的净宽、净高尺寸的确定除需考虑全部容纳电缆的最小弯曲半径、安装维护方便的要求外，还需考虑安全运行的要求。

4.7 节点设计

4.7.2 工作井的布置需要综合考虑多方面因素，避免对周边建（构）筑物和设施产生不利影响；满足工程地形条件、交通水利等行业管理要求等制约因素对工作井布置的限定条件；应考虑施工组织的便利，选择靠近电源、水源，便于运输、排水的位置等。工作井和接收井还

应根据确定的顶进形式进行布置，常见的顶进形式可分为单向顶进、双向对接顶进、调头顶进、多向顶进等几种。工作井形状一般有圆形、多边形等，其中矩形工作井最为常见，较深的工作井一般采用圆形，且常采用沉井法施工工作井和接收井按其结构可分为钢筋混凝土井、钢板桩井、地下连续墙井等。工作井和接收井的控制尺寸包括井的最小长度、最小宽度，设计时考虑顶管施工要求。在土质条件好、总顶推力不大和井底不深的情况下，工作井和接收井可采用水泥搅拌桩临时支护或放坡开挖式，但需在工作井中浇筑一堵后座墙。顶进宜力求长距离顶进，少设工作井：直线顶管工作井宜设在管道附属构筑物内，以同时作为永久性管道附属构筑物：长距离直线管道顶进时，在检查井处设置工作井，以便掉头顶进：多排顶进或多向顶进时应尽可能利用同一个工作井。

降排水时应应对沿线地下和地上管线、建（构）筑物进行保护，以确保施工安全；降排水方案应经过技术经济比选，必要时应经过专家论证。

5 结构与防排水设计

5.2 管廊结构设计

5.2.3 作用在地下结构上的水压力，原则上应采用孔隙水压力，但孔隙水压力的确定比较困难，从实际和偏于安全考虑，设计水压力一般都按静止水压力计算。

在确定设计地下水位时应注意，由于自然和人为的工程活动都可能使地下水位发生变化，所以在确定设计地下水位时，不能完全凭借地质勘查取得的当前结果，应估计到将来可能发生的变化。尤其近年来对水资源保护力度的加大，需要考虑结构在长期使用过程中地下水回灌的可能性。其次应符合结构受力的最不利荷载组合原则：将可能出现的各种情况进行计算比较，选用最不利的地下水位。设计时应至少考虑最高水位和最低水位两种情况。

5.3 管廊支架设计

5.3.1 在电力管廊工程中，电缆支架大致分为焊接式支架、插接式支架和弧形支架。焊接式电缆支架主要用槽钢、角钢、钢板焊接而成，不锈钢螺栓连接。其质量控制要点为焊缝，焊缝的质量决定了产品的强度和使用寿命；插接式电缆支架主要用于矩形断面管廊，其生产所用的材料为异型材，生产的主要工序：板材折弯、冲孔、点焊，此类电缆支架焊点极少且无需满焊，因而几乎没有焊接质量问题，主要的质量控制要点在冲孔上，眼孔易出现毛刺，需要增加打磨工序。；弧形电缆支架主要用于圆形电力管廊，通常称为环网支架，其本质属于插接式电缆支架，其质量控制要点除了冲孔外还需要重点检验其弧度，弧度的大小可以参考设计要求，但是要以实际为准，加工图纸上尺寸要求仅为理论数据，有时需要根据施工现场的实际情况做适当微调。

电缆支架应根据不同电压等级电缆承载要求进行结构计算分析。支架上作用的荷载包括了恒载、施工阶段的活载、运行阶段的电缆及其附件作用荷载和检修时的各类活载，同时还需要考虑不同工况下的变形控制要求。

电缆及其夹具的重量在普通段的支架恒载中占据了绝大部分的荷载。在恒载计算时，支架的自重和夹具的重量比较容易确定，而电缆本体的重量，在前后支架间距均布的时候，需要考虑垂直蛇形敷设中垂直蛇形的长度；当前后支架间距不一致时，还必须考虑前后不同间距产生的水平向荷载的作用理想的电缆支架，纵向每一个横支都位于同一个水平面上，但由于隧道结构或者工井底板的平整度难以达到理想的水平，会造成局部低于前后两端的支架，同时大截面的电缆刚度较大，会造成“电缆悬空”的现象，进而使得前后支架的实际支撑电缆长度超过理想值，产生恒载的超载。这种现象主要发生在大截面电缆水平蛇形敷设的工程

中。在计算恒载时，电缆及其附件的重量可以通过电缆厂家出厂时提供的参数获得，而蛇形敷设造成的电缆长度变形、前后档距不均产生的恒载前后作用插、考虑支架不均匀产生的实际档距超理论档距而产生的超载作用，可以通过设置一定的系数来计算。

施工阶段的活载和电缆敷设的工艺关系密切，如电缆从地面抬升至支架面上不能同步，造成一个支架上承担了前后电缆至地面段的荷载，需考虑这种电缆的抬升就位影响。同时考虑电缆施工过程中的水平拖拽、横向移动的作用影响。

电缆运行阶段的荷载主要为电缆因负荷或气温变化热胀冷缩所引起的机械热应力，该力的作用方向沿着电缆的轴线方向；在交流单芯电缆工程中，运行阶段支架受力分析还需要考虑短路时不同相电缆受到相互排次的电动力的作用，该力的作用方向沿着电缆的径向，具体的作用方向与三相电缆的相互位置相关，其主要通过电缆夹具作用后再传递给电缆支架。

5.3.2 结合工程中支架悬臂构件容易出现的倾斜现象，本标准对悬臂构件的挠度做了规定，要求电缆支架横向受弯构件的挠度值不大于 $1/400$ ， l 为横向受弯构件的跨度，对悬臂梁和伸臂梁为悬臂长度的 2 倍。当理论计算不能满足要求时，需要对悬臂式电缆支架进行预拱。

5.3.3 电缆支架可分为钢结构电缆支架、复合材料(SMC)电缆支架、玻璃钢电缆支架、工程塑料电缆支架等。目前国内城市电力管廊工程中主要采用的是钢结构电缆支架，少部分用到复合材料电缆支架，钢结构电缆支架是供电系统中应用历史最长的电缆支架，其材质决定了强度高、承载力大、加上热浸镀锌的防腐有效地解决了钢结构易生锈的缺陷，能够适用各种恶劣的环境。

5.4 管廊防水、排水设计

5.4.1 电力管廊的水害是由洞内、洞外的多种因素引起的，所以不可能靠单一的办法就能得到很好的解决。电力管廊防水应遵循“防、堵、排结合，综合治理”的原则。

电力管廊防水，应结合水文地质条件、施工技术水平、材料来源和成本等，因地制宜，选择适宜的方法，以满足保证使用期内结构和电缆、其他电气设备的正常使用。

5.4.2、5.4.3 水对电力管廊的危害是多方面的，长期的漏水，可能造成电缆及电气设备的腐蚀损坏，电力管廊侵蚀破坏，影响供电线路的运行，危害电力管廊结构的耐久性；电力管廊渗漏水还将极大地降低电力管廊内各种设施的使用功能和寿命。因此，电力管廊防水设计应针对地表水、地下水进行妥善处理，使电力管廊内外形成一个完整的通畅的防水系统。

为确保电力管廊的供电运行安全和其他电气设备的正常使用，电力管廊各部位均不得渗水。

5.4.5 本条为强制性条文，现行标准 GB 55030 中防水等级分为三级，在本标准中，根据电力管廊的性能和作用，将电力管廊的防水等级确定为不低于一级。

5.4.7 有侵蚀性地下水时，应针对不同的侵蚀类型采用不同的抗侵蚀混凝土和抗侵蚀性的防水卷材，防止混凝土结构遭侵蚀而影响其结构强度，失去防水能力。对待侵蚀性地下水要因地质制宜，尽可能采用多道防线达到防侵蚀的目的。

5.4.10 本条依据《特殊设施工程项目规范》GB 55028 编写，露天出入口及敞开通风口是雨水的主要入口，为防止雨水造成电力管廊的淹没，降雨量宜按当地 100 年一遇的暴雨强度计算。

5.4.12 电力管廊应结合管廊工作井、通风口、出入口、管廊纵坡最低处等雨水容易进入和积聚的地点设置集水井；电力管廊一般不能自流排水，采用潜水排水泵提升排放，排水泵出水管路上设置止回阀以防市政雨水倒灌管廊。

5.4.14 电力管廊进入变电站时，应采取防止雨、废水进入变电站的措施。如：设置集水井或排水沟等措施。

5.4.15 为可靠排水并防止潜水排水泵检修时排水，潜水排水泵宜采用两台。当集水井只设置 1 台水泵时，管廊应保证至少二台移动式排水泵作为备用。

5.4.16 潜水排水泵启动与停泵间隔时间不应太短，集水井有效容积一般按最大一台排水泵 15min~20min 流量计算。

5.4.17 镀锌钢管、钢塑复合管等管材适合地下工程使用。

5.4.18 排水控制设计主要考虑以下因素：

- (1) 便于监控；
- (2) 出于排水可靠程度及成本综合考虑；
- (3) 排水应自动化。

6 管廊附属设施设计

6.2 通风

6.2.1 电缆工作时有热量产生，为了保证电缆正常运行，有必要采取相应的降温措施，设计时应优先考虑通风降温措施，当电缆发热量大、设置通风措施困难时，可以考虑空调等辅助降温措施。

6.2.2 根据现行规范《小型火力发电厂设计规范》GB 50049 第 21.3.8 条规定：“电缆管廊的通风，应按夏季排风温度不超过 40℃，进风和排风的温度差不超过 10℃ 计算。”同时，电缆厂家提供的电缆载流量资料是环境温度为 40℃ 时的数据，因此，本标准亦规定管廊内排风温度不应超过 40℃，进、排风温差不宜大于 10℃。

关于电力管廊事故通风，是指火灾发生时，全部通风系统停止工作，在火灾发生后，尽快排除管廊内的烟气所需通风量。《35kV~220kV 城市地下变电站设计规定》DL/T 5216 第 7.4.6 条规定：“配电装置室通风设备应满足事故时每小时通风换气次数不低于 6 次/h 的要求。”因此，对于电力管廊的事故通风量也可参照 6 次/h 的标准执行。

6.3 照明

6.3.1~6.3.3 条文参照《发电厂和变电站照明设计技术标准》DL/T 5390 和《地下建筑照明设计标准》CECS 45 相关规定编制。

过渡照明设计可参照 CECS 45 条文规定计算。

6.3.4 本条参照《地下建筑照明设计标准》CECS 45 相关规定编制。

6.3.5 本条参照《地下建筑照明设计标准》CECS 45 相关规定编制。电力管廊配电系统为双电源供电，可满足应急照明电源除正常电源外另一路供电线路供电的要求。但考虑到各地电源切换方式不同，若应急电源投入的转换时间不能满足要求，应同时选用自带电源型应急灯。

6.3.6、6.3.7 参照《地下建筑照明设计标准》CECS 45 条文。

6.3.8 本条规定是防范在管廊内的照明配线发生故障导致全管廊内失去照明的安全对策。参照现行标准《火力发电厂和变电站照明设计技术规定》DL/T 5390 相关规定，因管廊内潮湿、多灰尘，为防范灯具受潮而短路，开关应选用防水防尘型。

6.3.9 本条参照《火力发电厂和变电站照明设计技术规定》DL/T 5390 相关规定编制。

6.4 消防

6.4.1 本条对电力管廊消防设计原则进行规定。

6.4.2 电力管廊内采用一般电缆（非阻燃电缆）时，其火灾危险性类别应提高。

6.4.3 本条对电力管廊应实施的防火安全措施进行规定。

6.4.4 本条为防止电缆因自身故障或外部火源造成延燃作出规定。

6.4.8 本条为保证材料、产品的可靠性作出规定。

6.4.10 灭火器和黄砂箱是最简单、有效的消防器材。

7 管节预制、储运与施工

7.2 管节预制

7.2.3.3 本规程中关于管节的尺寸数据可根据具体情况适当调整，但制作的精度要求不能降低。譬如管道壁厚，在直径 4000mm 钢筋混凝土管的设计过程中根据科研成果进行了优化设计，确定壁厚为 320mm；一般直径 3500mm 钢筋混凝土管的壁厚亦为 320mm，主要是考虑到已有的管节制作模具及顶管掘进机的再利用。

7.2.4.1 本条规定了采用通用硅酸盐水泥的质量要求。为了保证混凝土的耐久性能，对水泥中氯离子含量、碱含量和铝酸三钙含量等作出了规定。

7.2.4.2 细骨料以中砂为宜，粗骨料以连续粒级的碎石为宜，为了保证碎石的颗粒级配，特对碎石中 5mm~16mm 和 16mm~25mm 颗粒所占比例作了进一步规定。

7.2.4.3 混凝土中推荐采用掺合料，合理掺加掺合料，不仅能降低成本，更主要的是可以改善混凝土的工作性能，提高混凝土的后期强度和耐久性。掺合料的掺加除应符合相应标准和规范外，尚应以试验为依据。常用的掺合料一般以粉煤灰和矿渣粉为主，因此对这两种掺合料作了规定，当采用其他掺合料时，其质量应符合相应标准的要求。外加剂宜优先采用聚羧酸系高效减水剂为主。

7.2.4.5 钢筋进厂的验收是控制质量的关键。钢筋进厂后首先应进行外观质量检查，是否有质量保证书，标牌是否完整。外观主要是采用目测检查，其质量要求是外型平直，表面无裂纹、油污和严重锈蚀。然后按照标准要求对其抗拉强度、伸长率、冷弯或反复弯曲次数等力学性能进行检查。

7.2.4.6 本条规定了管节钢承口和插口止退环的钢板要求，对钢承口，其耐腐蚀性是整个管廊质量与寿命的关键因素之一，因此对其所用钢板提出了更高的要求。

7.2.4.7 管节接口所用橡胶圈的质量是管道接口密封性能的重要保证，因此本条不仅规定了橡胶圈的材质要求，同时规定了按不同温度选用不同品种橡胶的要求。

7.2.4.9 管节钢承口与混凝土的结合面是接口密封止水的关键一环，所采用的遇水膨胀橡胶条性能尤为重要，经大量工程实践证明，其膨胀倍率不宜过大。

7.2.5.1 本条规定的管体混凝土抗压强度等级和抗渗等级属于强制性条文。在设计与确定混凝土配合比时，除了要考虑满足强度等级、抗渗等级要求和合格评定条件外，还应考虑生产单位的质量管理水平，合理选择混凝土强度标准差。

地下结构混凝土的耐久性设计应遵循“以防为主”的原则，重点在“预先设防”并“兼顾经济”，以根本措施（高性能混凝土）和补充措施相结合作为其耐久性设计的基本思路。

为了保证混凝土的耐久性，混凝土宜采用双掺，并控制混凝土的水胶比、最大胶凝材料用量和最大水泥用量。当混凝土中掺加有早强型的高效减水剂时，其坍落度应以成型地点所测值为准。

7.2.5.2 为了保证钢筋骨架整体的精度和刚度，规定钢筋骨架宜采用焊接成型。可以采用自动滚焊机滚焊成型，也可采用在成型靠模上手工焊接成型，采用后者时，为了减少焊接应力，对钢筋的烧伤、咬肉等缺陷，宜采用 CO₂ 气体保护焊接工艺。为避免纵向钢筋外露，骨架总长度尺寸允许偏差规定为-5mm~0mm，不希望出现正偏差。钢筋骨架尺寸检查采用精度为 1mm 的钢卷尺测量。对骨架直径：测量纵横两个方向，取平均值。骨架总长度：进行两次以上测量，偏差按较大值或最大值取用。

7.2.5.7 钢承口环的制作精度直接影响到管节的接口密封止水性能，本标准规定采用冷作靠模定位加工，其引导坡应采用机械切削加工。为了保证整个圆环（尤其是钢板接缝处）圆弧过渡，应进行轧圆处理。

7.2.5.8 止退环重要的是加工和安装精度，本条对其进行了规定。

7.2.5.13 本条规定了管节制作的允许偏差值，对于大型管来说，该规定值要求已经很高了，应采用高精度钢模制作成型方才能够提供保证。

7.2.5.14 本条规定了管节的外观质量要求，对一些常见的，轻微的外观质量通病，允许进行修补。在下列情况下，管节允许修补：

- 1 表面凹陷、粘皮、麻面、蜂窝深度不超过 5mm，单个缺陷面积不超过 50cm²。
- 2 插口工作面的小气泡、细裂缝、漏浆缝。
- 3 合缝漏浆深度不超过 15mm，长度不超过管子长度的 1/10。
- 4 端面碰伤纵向长度不超过 40mm，环向长度不超过 40mm。

7.2.5.17 规定了管节承受外压荷载的要求，该性能是管节内在质量的重要反映，应得到保证。

7.2.5.18 钢承口的防腐处理关系到管道的使用寿命，对于大型管道尤为重要，因此应按照作业工序严格进行。

7.3 管节储运

7.3.1 管节外表面注明的标识可按如下格式标注：

生产厂家×××；

产品规格①———×2500F-P××；

生产日期××-××-××；

生产连续编号；

其中：①———为产品内径分类。

P××为内水压值分类。

7.4 顶管施工

7.4.1.2 顶管法施工组织设计应包括下列主要内容：

- 1 工程概况；
- 2 工程水文地质条件；

- 3 工程难点、特点分析与针对性措施;
- 4 施工现场总平面布置;
- 5 顶管机的选型;
- 6 管节连接与防水;
- 7 管节的防腐;
- 8 顶力估算及后座布置;
- 9 中继间的布置;
- 10 测量、纠偏方法;
- 11 顶管施工参数的选定;
- 12 触变泥浆的配制与管理;
- 13 顶进管道的通风、供电措施;
- 14 始发、接收措施;
- 15 环境影响分析与保护;
- 16 施工进度、机械设备、材料及劳动力安排计划;
- 17 安全, 质量、文明施工措施;
- 18 应急预案;
- 19 附图。

7.4.1.3 条文中特殊沉降要求的地段, 一般指的是需穿越二级以上的公路、重要管线、建筑物或重要构筑物的地段。

7.4.1.5 项目部现场管理人员及各班组的兼职管线保护人员, 应严格按照监理公司审定批准的施工组织和经管线单位认定的保护地下管线技术措施要求落实到现场, 并设置必要的管线安全标志牌、警示牌。

7.4.1.7 触变泥浆的使用不仅可以节约施工工期, 提高工程质量, 而且直接影响到顶管施工的实际成本, 因此, 触变泥浆减阻在顶管施工过程中应用得很广泛。顶管施工应连续作业, 发生事故时应及时处理。减阻泥浆注浆要求, 其目地在于保证顶进管道外壁与土体之间形成稳定、连续的泥浆套, 其效果可以通过摩阻力的降低程度来验证。

7.4.2.1 当工作井埋置较浅、地下水位较低时, 宜选用钢板桩或 SMW 工法桩。工作井内水平支撑应形成封闭式框架, 在矩形工作井水平支撑的四角应设角撑。在顶管埋置较深的区域, 工作井宜采用沉井或地下连续墙。当场地狭小且周边建(构)筑物需要保护时, 宜选用钻孔灌注桩或地下连续墙。

7.4.2.4 顶管机长度宜在 5.5m, 千斤顶长度约为 2m, 行程约为 1m, 混凝土管段宜为 2m~3m。

7.4.2.5 一般情况下, 管顶覆盖层厚度不宜小于 5m, 或 1.5 倍的管道外径, 否则应采取相应的技术措施。

7.4.2.7 工作井洞口设置止水装置是为了防止顶管机初进洞口时发生水土流失,造成大量坍方,并要求顶管机迅速穿墙,使顶管机快速顶入土体,止住渗漏。管道与穿墙孔的间隙及时封堵,主要是为了防止管道移动和管端的移位,同时也可防止水的浸入。

7.4.3.6 顶管机进场后的井下检查,是保证顶管正常施工的最终保证,也是最符合实际施工工况的试验。

7.4.4.2 洞口土体采取加固的主要目的是:①确保开洞门时土体具有一定的强度,防止土体坍塌涌入井内。②确保开洞门时土体具有一定的抗渗透性,防止地下水通过土体涌入井内。始发到达洞口土体加固的范围宜为离洞口正前方 6m,上下方各 3m~4m,左右各 3m~4m。

7.4.4.4 止水橡胶板的作用是防止顶管机进出洞时正面的水土涌入,止水橡胶板的安装宜保证橡胶板的圆心与顶管洞口轴线重合。

7.4.4.5 沉井洞口临时封门形式应考虑满足抵抗沉井下沉及洞口加固时外侧压力的要求。

7.4.4.6 顶管机始发和接收是顶管施工的重大风险源,施工前应确保洞口外侧土体的稳定,以防止出现洞口涌水、涌泥和涌砂等事故。

7.4.5.1 总顶力的计算与实际施工顶力有一定差距,与土层情况和施工技术水平有关,所以计算的总顶力仅作为施工的参考依据。

7.4.5.2 顶管机迎面阻力的计算公式是根据现行标准《给水排水工程施工及验收规范》GB 50268 和上海市工程建设规范《地基基础设计规范》DGJ 08 简化所得,供参考使用。

7.4.6.1~7.4.6.3 顶进后座由千斤顶支架、后座主顶油缸及油泵车组成。对于千斤顶支架安装后的油缸中心位置应与顶铁的受力肋板部位一致,且与顶进轴线平行。安装后的油缸中心误差小于 10mm。千斤顶油缸合力中心位置的布置可适当向下,满足导轨上管节自重作用在洞口止水位置向下力矩即可,所布置的油缸可在使用过程中自由组合来达到调节合力中心位置的作用。后座主推油泵车可实现本控和远控,主推油泵车可采用多电机分级提供动力,也可以使用变频控制灵活调节后座顶进速度。

7.4.6.4 顶管施工前需安装的主要设备和设施应包括:顶进设备、洞口止水装置、测量设备、泥浆设备、施工电缆及其他辅助施工设备。反力墙为沉井或地下连续墙结构时,可采用拼装式后座,反力墙为 SMW 工法桩、旋喷桩、深层搅拌桩等结构形式时可采用整体式后座。后座应与结构墙密贴。后座的面积应满足结构墙抗冲击和土体承载力的要求,强度、刚度应满足最大顶力要求。后座墙表面应平直,并垂直于顶进管道的轴线,以免产生偏心受压,造成顶力损失和质量、安全事故的发生;后座墙材料的材质要均匀一致,以免承受较大的后座力时造成后座墙材料压缩不匀,出现倾斜现象。

7.4.6.6 导轨具有足够的强度和刚度。导轨应固定在工作井的底板上。需要注意的是,在顶进过程中需要对轨道的变形情况进行测量复核。

7.4.6.7 精密导线测量的主要技术要求应符合表 7.4-1 的规定。

表 7.4-1 精密导线测量的主要技术要求

平均边长 (m)	导线总长度 (km)	每边测距中误差 (mm)	测距相对中误差	测角中误差 (")	全长相对闭合差	方位角闭合差 (")	相邻点的相对点位中误差 (mm)
350	3~5	±3	1/60000	±2.5"	1/35000	$5\sqrt{n}$	±8

注：n 为导线的角度个数。

7.4.6.8 首级精密地面平面控制点不应少于 3 个，高程控制点不应少于 2 个，以便相互检核，保证地面控制网的精度。

7.4.6.9 联系测量方法及要求如下：

1 定向测量宜采用下列方法：

1) 采用全站仪直接传递定向时，全站仪传递采用 I 级全站仪且传递倾角不应大于 30°；

2) 采用联系三角形定向时，联系三角形的图形应符合相关要求；

3) 采用铅垂仪投点定向时，铅垂仪的投点精度应得到保证。

2 高程传递宜采用下列方法：

1) 工作井为斜井或通道时可采用水准测量的方法传递高程；

2) 工作井为竖井时可采用水准仪配合吊钢尺的方法传递高程；

3) 工作井为竖井、斜井或通道均可采用三角高程测量方法传递高程。固定观测墩比较稳定，易于观测，有利于提高导线的测量精度。每 100m 从首级控制点检查井下的起始定向边和高程控制点直至控制顶进的导线点和高程点，在距贯通面 50m 时应从首级控制点开始至少测量 3 次，分析数据，决定是否加测。应用 2 个首级平面控制点作为平面贯通的依据，用 1 个高程控制点作为高程贯通的依据。竣工图应正确反映管道的平面位置及高程，并能作为工程验收的重要技术资料。

7.4.7 顶管施工流程如图 7.4-1 所示。

7.4.8.1 对顶进距离小于 500m，建议采用 1 根总管，对大于 500m 的顶进距离，建议采用 2 根总管和 2 种不同配方的浆液，分别满足同步注浆和沿线补浆的要求。严格来讲，一般的长距离顶管都应该采用 2 根总管和 2 种不同配方的泥浆。以上是考虑简化管路系统的布置，实际施工反映这种布置还是能够满足要求的。触变泥浆材料如果选择钙基膨润土，应在拌制泥浆时添加一定剂量的纯碱进行钙离子和钠离子的置换。

7.4.8.2 本条是指同步注浆、补浆量的控制和注浆压力的控制。一般情况下，是以注浆量为控制目标。在注浆过程中，应该注意注浆孔堵塞与否，要使得管外壁形成完整的触变泥浆润滑套，防止单侧有泥浆，形成制动效应。注浆量主要取决于管道周围空隙的大小及周围土层的特性，由于泥浆的流失及地下水等的作用，泥浆的实际用量要比理论用量大得多，一般可达

到理论值的 6 倍~10 倍，但施工中还需根据土质情况、顶进状况及地面沉降的要求等作适当的调整。

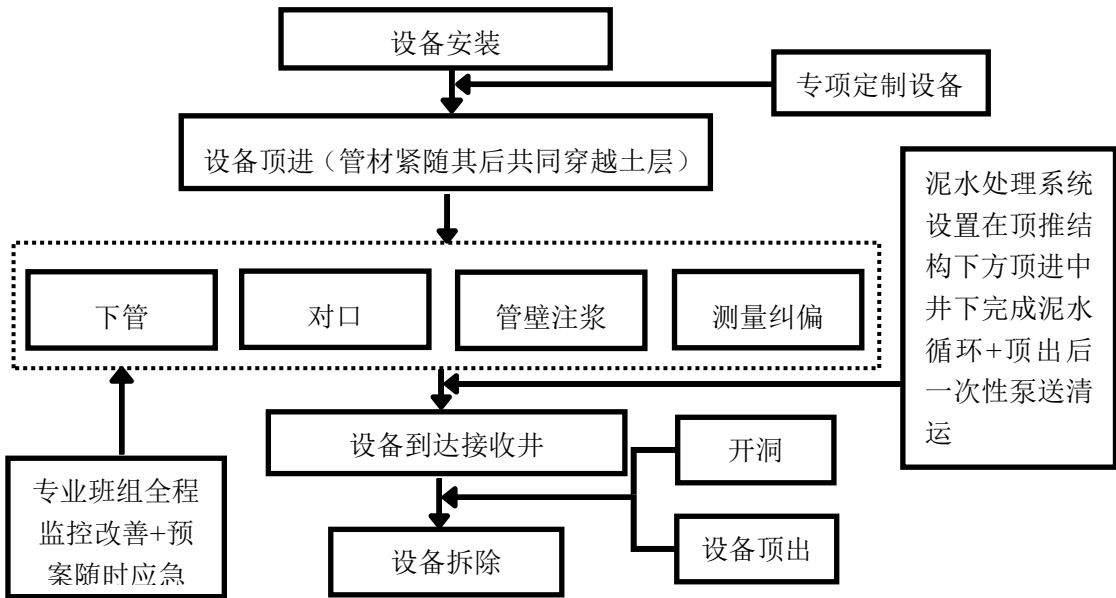


图 7.4-1 顶管施工流程

7.4.8.4 本条规定了注浆泵的选型和管路系统的布置要求，这些要求并不是一成不变的，随着新型注浆泵的产生，管路系统的布置将得到改进。施工中，在机尾和管路等处均装有压力表，便于观察，从而控制和调整压浆的压力。

7.4.12.1 管道顶进时的说明：

- 1 管道初始顶进时应控制推进速度，不宜过快，在此过程中应探索和收集推进的相关数据，为正常顶进提供依据。
- 2 顶管正常顶进时应控制开挖量与出土量的平衡。
- 3 土压力值的确定应根据土的性质和出土量的多少而确定。

7.4.12.2 由于沉井下沉时周围土体被扰动，顶管机出洞时，洞外土体泥水易流失，同时顶管机自重太重，所以要采取防磕头措施。

7.4.12.3 顶进过程中，由于顶进力、切削力所形成的作用力和反作用力的效应，造成管道推进时发生机体不同程度的扭转，所以要采取防扭措施。

7.4.12.4 管道纠偏的测量依据应该是顶管机端面的中心偏差，但由于测点无法进入顶管机头部，因此对于管端的偏差无法测量，从而应从测点推算顶管机管端的偏差，以此作为纠偏的依据。管道顶进出现偏差是正常的，在允许偏差内注意观察，当偏差大于允许偏差时才考虑纠偏。纠偏过程不能大起大落，不追求零偏差，要保持管道轴线以适当的曲率半径逐步回到轴线上来。

7.4.12.5 由于在初始顶进阶段正面水土压力远大于管外壁的摩阻力，因此在千斤顶回缩时，管道也跟随后退，导致洞口止水装置受损，为此需将初始顶进的管道与井壁相连，防止管道退缩，直至管道外壁摩阻力大于顶管机正面水土压力为止。

7.4.12.6 条文中对环境保护要求高的区域，一般指的是需穿越二级以上的公路、重要管线、建筑物或重要构筑物的地段，具体以设计及相关权属单位的要求为准。

8 施工监测与环境保护

8.1 一般规定

8.1.1 顶管顶进过程中易造成地面不均匀沉降，可能造成管线损坏、地面建（构）筑物出现开裂等不安定状态的发生。因此，应对顶管周围环境详细摸底，杜绝此类事情的发生。

8.1.2 监测过程信息化可以使监测数据准确，也便于施工各方及时了解监测数据反映的情况。

8.2 施工监测

8.2.1 当监测值趋于正常并稳定时，可减少监测频率，当监测值变化较大时，应适当加密监测，当出现异常现象和数据，或临近报警状态时，应提高监测频率甚至连续监测。

8.2.2 该规定与相关基坑工程施工规程相同，监测开挖或顶管深度范围内的地下管线和建（构）筑物的变形及沉降情况基本可以满足施工监测要求。

8.2.4 监测施工前的原始数据是为了提供一个初始参考值。

8.2.6 因为施工过程中对土体的扰动及空隙的存在，顶管贯通后仍需进行监测，直到满足停止监测要求为止。

9 质量检验与验收

9.1 一般规定

9.1.1 本条规定工程所用的管材、管件、构（配）件和主要原材料等产品应执行进场验收制和复验制，验收合格后方可使用。

9.1.3~9.1.4 验收批及分项工程应由专业监理工程师组织施工项目的技术负责人（专业质量检查员）等进行验收。

分部工程应由总监理工程师组织施工项目质量负责人等进行验收。对于涉及重要部位的分部工程，设计和勘察单位工程项目负责人、施工单位技术质量部门负责人应参加验收。单位工程经施工单位自行检验合格后，应由施工单位向建设单位提出验收申请。单位工程有分包单位施工时，分包单位对所承包的工程应按本规程的规定进行验收，验收时总承包单位应派人参加；分包工程完成后，应及时地将有关资料移交总承包单位。

9.2 管节检验与验收

9.2.1~9.2.7 这几条规定了管节在出厂前验收的有关程序上的要求，明确了管节在出厂前验收所应提供的资料以及验收的组织流程。9.2.5 为强制性条文。

对于管节外压荷载和内水压检验指标，可根据设计条件和及结构计算分析情况由设计单位在设计文件中予以明确，或由具有相关资质的第三方单位根据实际情况会同建设单位、设计单位进行协商确定。对圆形截面管廊，可结合表 9.2-1 经验数据确定钢筋混凝土管规格、外压荷载和内水压检验指标。

表 9.2-1 钢筋混凝土管规格、外压荷载和内水压检验指标

公称内径 D ₀ / mm	有效 长度 L/mm ≥	I 级管				II 级管				III 级管			
		壁厚 t/mm ≥	裂缝 荷载/ (kN/m)	破坏 荷载/ (kN/m)	内水 压力/ MPa	壁厚 t/mm ≥	裂缝 荷载/ (kN/m)	破坏 荷载/ (kN/m)	内水 压力/ MPa	壁厚 t/mm ≥	裂缝 荷载/ (kN/m)	破坏 荷载/ (kN/m)	内水 压力/ MPa
2000	2000	170	80	120	0.06	200	134	200	0.10	200	181	272	0.10
2200		185	84	130		220	145	220		220	199	299	
2400		200	90	140		230	152	230		230	217	326	
2600		220	104	156		235	172	260		235	235	353	
2800		235	112	168		255	185	280		255	254	381	
3000		250	120	180		275	198	300		275	273	410	
3200		265	128	192		290	211	317		290	292	438	
3500		290	140	210		320	231	347		320	321	482	
3800		315	150	220		350	246	367		350	349	510	
4000		330	158	228		365	258	380		365	370	540	
4500		370	165	240		410	288	410		410	405	590	

9.4 管廊功能性检验

9.4.2 管节在由生产厂运输至施工现场的过程中易受损伤，需对照设计文件检查产品每批出厂质量保证资料、力学性能检验报告，检查成品管进场验收记录。此外，顶管的承插口部位更易受压变形，而对于设置双道止水橡胶密封圈的超大型顶管，其承插口的精度要求应更为严格，故要求对运送至施工现场的顶管管节在顶进前对其端口、钢套环进行逐节检查，对橡胶圈的材质、外形、安装等也提出了明确的检测方法和要求。

9.4.3 本条规定了密封胶施工前的准备工作，并简要介绍了施工过程的技术要点，密封胶的施工质量关系顶管工程的整体防水性能，应格外注意。

9.4.4 常规的管道功能性试验是采用满管水压试验。但对于大型的顶管工程，由于管径大、井与井之间的管道区距离长，若采用满管水压试验，往往需要很大的注水量，且加压难度大，试压效果也不明显。考虑到顶管工程一般钢筋混凝土管节自身质量基本能确保，仅是在管道接口处易产生渗漏，故对设置双道止水橡胶密封圈的大型管道可采用单口水压试验来代替管道的功能性试验。

9.4.4~9.4.6 本条规定混凝土管道接口在工作井内连接完毕、管道顶进以前应进行单口水压的抽检试验，主要为了确保管节接口的安装质量。考虑到顶管施工进度等因素，此阶段检验数量定为管道接口数量的 30%，试验压力按管道的设计压力。待混凝土管道顶进完成后再对余下的约 70%管道接口进行单口水压试验，此时的管道处于外水土作用的工况下，其检验压力定为管道设计压力的 1.5 倍，且不得小于 0.2MPa。这样顶管管道的每个接口都进行了水压试验，再结合常规的外观、渗漏水调查检验，可基本保证工程达到零渗漏的要求。