

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50424 – 2015

油气输送管道穿越工程施工规范

Code for construction of oil and gas transmission
pipeline crossing engineering

2015 – 06 – 26 发布

2016 – 03 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

油气输送管道穿越工程施工规范

Code for construction of oil and gas transmission
pipeline crossing engineering

GB 50424-2015

主编部门:中国石油天然气集团公司

批准部门:中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期:2 0 1 6 年 3 月 1 日

中国计划出版社

2015 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 861 号

住房和城乡建设部关于发布国家标准 《油气输送管道穿越工程施工规范》的公告

现批准《油气输送管道穿越工程施工规范》为国家标准，编号为GB 50424—2015，自 2016 年 3 月 1 日起实施。其中，第 5.2.1、13.0.6 条为强制性条文，必须严格执行。原国家标准《油气输送管道穿越工程施工规范》GB 50424—2007 同时废止。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2015 年 6 月 26 日

前 言

本规范是根据住房和城乡建设部《关于印发 2013 年工程建设标准规范制订修订计划的通知》(建标〔2013〕6 号)的要求,由中国石油天然气管道局会同有关单位在原国家标准《油气输送管道穿越工程施工规范》GB 50424—2007 的基础上修订而成。

本规范在修订过程中,规范编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国内标准和国外先进标准,并广泛征求意见,最后经审查定稿。

本规范共分 14 章和 1 个附录,主要技术内容包括总则,术语,施工准备,材料,管道安装,定向钻法穿越施工,竖井施工,顶管法穿越施工,盾构法穿越施工,开挖法穿越施工,矿山法隧道穿越施工,管道清管、试压,健康、安全与环境,工程交工验收等。

本规范修订的主要技术内容是:

- 1 总则:删除验收内容符合本规范的表述;
- 2 取消了原规范第三章基本规定;
- 3 施工准备:细化了开工准备内容,并增加了施工企业在技术交底后应该做好的工作,包括进行施工组织设计等内容;
- 4 材料:删除了具体所用的材料;
- 5 管道安装:对施工流程进行了简要概述,删除了一般管道安装的技术要求;增加了穿越管道安装的相关技术要求;
- 6 定向钻法穿越施工:增加了不良地质的处理、对穿工艺、泥浆处理、管道外护层施工和馈电法检验的相关技术要求;
- 7 竖井施工:本章为新增内容,内容包括沉井和地下连续墙施工等相关要求;
- 8 顶管法穿越施工:增加了顶管力计算、中继间及岩石微爆

施工等相关技术要求,修订了竖井施工的相关要求;

9 盾构法穿越施工:增加了不良地质的处理、背填注浆、进出洞密封和开舱处理的技术要求;

10 开挖法穿越施工:增加了预制配重层管中漂管牵引的技术要求;

11 管道清管、试压;增加了单独试压的选取原则;

12 工程交工验收:修订了相应验收内容。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由石油工程建设专业标准化委员会负责日常管理,由中国石油天然气管道局负责具体技术内容的解释。本规范在执行过程中如有意见或建议,请寄送至中国石油天然气管道局(地址:河北廊坊市广阳道87号,邮政编码:065000),以便今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主编单位:中国石油天然气管道局

参编单位:中国石油天然气管道科学研究院

中国石油天然气管道工程有限公司

中国石油天然气管道局第四工程分公司

中国石油天然气管道局穿越分公司

中国石油天然气管道局第三工程公司

主要起草人:续理 焦如义 李胜新 刘厚平 魏国昌

郭泽浩 赵忠刚 曹云清 詹胜文 李建忠

曹晓燕 古楨 石忠 郑玉刚 常亮

吴江桥 贾承 唐昊 田凤霞

主要审查人:李献军 马骅 王劲 周剑琴 马保松

刘嵬辉 史航 高剑峰 宋华奇 尹刚乾

梁桂海 严红江 姜俊荣 关利章 王平国

李艳华

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(2)
3	施工准备	(7)
4	材 料	(9)
5	管道安装	(10)
5.1	管道主体安装	(10)
5.2	焊缝的无损检测	(10)
5.3	管道外涂层、补口	(10)
6	定向钻法穿越施工	(11)
6.1	一般规定	(11)
6.2	施工测量	(16)
6.3	穿越施工	(16)
7	竖井施工	(22)
7.1	一般规定	(22)
7.2	施工测量	(23)
7.3	沉井法施工	(24)
7.4	地下连续墙法施工	(27)
8	顶管法穿越施工	(34)
8.1	一般规定	(34)
8.2	施工准备	(34)
8.3	螺旋钻机顶管穿越施工	(35)
8.4	千斤顶顶管穿越施工	(37)
8.5	岩石爆破施工	(38)
8.6	平衡法顶管穿越施工	(40)

9	盾构法穿越施工	(44)
9.1	一般规定	(44)
9.2	施工准备	(44)
9.3	施工测量	(45)
9.4	出、进洞密封	(46)
9.5	管片制作	(47)
9.6	隧道掘进	(49)
9.7	不良地质段施工	(52)
9.8	壁后注浆	(55)
9.9	隧道防水	(56)
9.10	带压进舱作业	(56)
10	开挖法穿越施工	(59)
10.1	一般规定	(59)
10.2	不带水开挖穿越施工	(59)
10.3	带水开挖穿越施工	(61)
10.4	爆破成沟	(65)
10.5	道路开挖穿越施工	(69)
11	矿山法隧道穿越施工	(71)
11.1	一般规定	(71)
11.2	施工测量	(71)
11.3	洞口施工	(72)
11.4	明洞施工	(73)
11.5	隧道掘进	(74)
11.6	支护	(78)
11.7	斜巷施工	(82)
11.8	监控量测	(83)
11.9	衬砌	(88)
11.10	防水与排水施工	(92)
11.11	隧道内运输、通风、照明	(92)

12	管道清管、试压	(94)
13	健康、安全与环境	(95)
14	工程交工验收	(97)
附录 A	防腐层电导率测试方法	(99)
	本规范用词说明	(109)
	引用标准名录	(110)
	附:条文说明	(111)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Construction preparation	(7)
4	Materials	(9)
5	Pipeline installation	(10)
5.1	Installation for major pipeline	(10)
5.2	NDT for welding	(10)
5.3	External coating and repairing of pipeline	(10)
6	Directional drilling for pipeline crossing	(11)
6.1	General requirement	(11)
6.2	Surveying and setting out	(16)
6.3	Crossing construction	(16)
7	Shaft construction	(22)
7.1	General requirement	(22)
7.2	Construction survey	(23)
7.3	Open caisson construction	(24)
7.4	Diaphragm wall construction	(27)
8	Pipe jacking in crossing construction	(34)
8.1	General requirement	(34)
8.2	Construction preparation	(34)
8.3	Spiral drill through the pipe jacking construction	(35)
8.4	Jack for pipe jacking in crossing construction	(37)
8.5	Blasting construction for rock	(38)
8.6	Balance method for pipe jacking in crossing construction	(40)

9	Shield method in crossing construction	(44)
9.1	General requirement	(44)
9.2	Construction preparation	(44)
9.3	Construction survey	(45)
9.4	Out/in the hole sealing	(46)
9.5	Segments fabrication	(47)
9.6	Tunnel driving	(49)
9.7	Construction for poor geologic section	(52)
9.8	Backwall grouting	(55)
9.9	Tunnel waterproofing	(56)
9.10	Online Leak Sealing operator for pressure pipe	(56)
10	Excavation method in crossing construction	(59)
10.1	General requirement	(59)
10.2	Non-underwater open-cut in crossing construction	(59)
10.3	Underwater open-cut in crossing construction	(61)
10.4	Explosive trenching method	(65)
10.5	Road excavation in crossing construction	(69)
11	Tunnel by digging	(71)
11.1	General requirement	(71)
11.2	Construction survey	(71)
11.3	Entrance construction	(72)
11.4	Open cut tunnel	(73)
11.5	Tunnel driving	(74)
11.6	Support	(78)
11.7	Inclined drift construction	(82)
11.8	Monitoring measurement	(83)
11.9	Linging	(88)
11.10	Waterproof and drainage construction	(92)
11.11	Tunnel transport, ventilation, lighting	(92)

12	Pipeline pigging and hydrostatic testing	(94)
13	Healthy safety and environment	(95)
14	Project acceptance	(97)
	Appendix A Test method for coating conductivity	(99)
	Explanation of wording in this code	(109)
	List of quoted standards	(110)
	Addition;Explanation of provisions	(111)

1 总 则

1.0.1 为有效控制油气输送管道穿越工程(以下简称穿越工程)施工质量,做到安全、环保、适用,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建或改、扩建的输送原油、天然气、煤气、成品油等管道穿越障碍物工程的施工。

1.0.3 穿越工程施工方法宜采用定向钻法穿越施工、顶管法穿越施工、盾构法穿越施工、开挖穿越施工、矿山法隧道穿越施工。

1.0.4 油气输送管道穿越工程施工除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

- 2.0.1 油气输送管道** oil and gas transmission pipeline
用于输送油气介质的管道。
- 2.0.2 障碍物** obstructions
管道敷设时所遇到的天然或人工障碍。
- 2.0.3 定向钻法穿越** crossing by horizontal directional drilling
采用水平定向钻机将穿越管段按照设计轨迹通过障碍物的一种非开挖管道安装施工方法。
- 2.0.4 套管** casings
水平定向钻穿越过程中出、入土点两侧采用夯进、顶进或开挖方式隔离不良地层而设置的隔离管。
- 2.0.5 地质改良** geological treatment
通过换填、深层搅拌、高压旋喷、冷冻等方法改善地层条件的施工措施。
- 2.0.6 钻机地锚** rig anchor
埋于地下用以固定定向钻钻机,提供钻机反作用力的锚固设施。
- 2.0.7 泥浆** slurry
由膨润土、水和少量添加剂组成的混合物。
- 2.0.8 马氏漏斗黏度** funnel viscosity
946mL 的泥浆从马氏漏斗黏度计中流出所需时间(s)。
- 2.0.9 导向孔** pilot hole
利用水平定向钻机,沿设计曲线完成的初始钻孔。
- 2.0.10 控向系统** direction control system

提供方位角、倾斜角及其工作状态等参数的系统。

2.0.11 入土角、出土角 entry/exit angle

水平定向钻施工时,钻杆入土时钻杆中心线与水平面的夹角称入土角;钻杆出土时,钻杆中心线与水平面的夹角称出土角。

2.0.12 对穿工艺 intersection technology

采用两台定向钻钻机分别从障碍物两侧对钻导向孔,通过对接钻孔完成导向孔施工过程的一种水平定向钻施工方法。

2.0.13 扩孔 reaming hole

为达到与穿越管段相适应的孔径,用扩孔器扩大导向孔孔径的施工过程。

2.0.14 防护层 armoring coating

包覆在定向钻穿越管段防腐层外表面的保护性材料或强度较高的涂层。

2.0.15 回拖 back pulling

将穿越管段从钻杆出土点一侧,沿扩孔后的孔洞,拖至钻杆入土点一侧的施工过程。

2.0.16 浮力控制 buoyancy control

在大直径管道回拖过程中,改变穿越管道单位重量以获得所需浮力的方法。

2.0.17 竖井 shaft

施工时,为满足隧道设备组装解体、材料运输、人员进出、供电、通风、给排水等作业,管道安装、运行而修建的临时的或永久的竖向构筑物。根据其作用和目的,竖井可分为出发井(中间井、转向井)和接收井。

2.0.18 地下连续墙 diaphragm wall

用机械方法成槽或成孔后浇灌钢筋混凝土或插入混凝土构件支撑的地下连续钢筋混凝土结构。

2.0.19 顶管作业坑 working pit of pipe jacking

顶管穿越施工时,安放顶管设备或接收穿越管段的作业坑。

2.0.20 顶管靠背墙 reaction wall of pipe jacking

顶管作业坑内、承受顶管设备反作用力的墙体。

2.0.21 盾构法隧道穿越 crossing by shield tunneling

采用盾构法建造隧道,并在隧道内敷设穿越管道的一种非开挖穿越方式,简称“盾构穿越”。

2.0.22 盾构机 shield tunneling machine

盾构掘进机的简称,是在钢壳体保护下完成隧道掘进、拼装成型隧道施工机械,由主机和后配套组成的机电一体化设备。

2.0.23 泥水平衡式施工法 slurry shield tunneling method

通过直接或间接地对泥水舱压力进行控制,达到与掘进面土压、水压的平衡,以保持掘削面稳定的一种施工方法。

2.0.24 土压平衡式施工法 earth pressure balance shield method

通过控制使掘进面土层的地下水压力和土压力处于一种平衡状态,掘进机的推进与排土量所占的体积平衡,以保持掘削面稳定的一种施工方法。

2.0.25 管片 segment

用于盾构隧道拼装成型钢筋混凝土环的基本单元。

2.0.26 壁后注浆 wall grouting

用浆液填充隧道衬砌环与地层之间空隙的同步注浆、二次注浆或多次注浆的施工工艺。

2.0.27 负环管片 temporary segment

为盾构始发掘进传递推力的临时管片。

2.0.28 防水密封条 sealing gasket

用于管片接缝处的防水材料。

2.0.29 带压进仓作业 operating under air pressure

特指在泥水平衡的盾构、顶管施工中,采用增加刀盘仓的气体压力平衡操作面的压力,使工作人员能进入刀盘舱内更换刀具、清理掘进面障碍物或检查工作。

2.0.30 双液浆(AB双组份浆) dual-elements slurry

为了缩短壁后注浆或止水注浆的初凝时间提高止水效果,在普通注入浆液中添加水玻璃,又称泡花碱(sodium silicate)。

2.0.31 开挖穿越 open-cut crossing

将公路或河渠的管道穿越段等全部挖开,待将穿越管段敷设完成后,再恢复原地貌的一种施工方法。

2.0.32 围岩 surrounding rock

隧道工程影响范围内的岩土体。

2.0.33 微差爆破 short-delay blasting

在爆破施工中采用一种特制的毫秒延期雷管,以毫秒级时差顺序起爆各个(组)药包的爆破技术。其原理是把普通齐发爆破的总炸药能量分割为多数较小的能量,采取合理的装药结构,最佳的微差间隔时间和起爆顺序,为每个药包创造多面临空条件,将齐发大量药包产生的地震波变成一长串小幅值的地震波,同时各药包产生的地震波相互干涉,从而降低地震效应,把爆破振动幅度控制在给定水平之下,也称微差控制爆破。

2.0.34 光面爆破(预裂爆破) presplitting blasting

光面爆破是在开挖轮廓线上布设比普通爆破较为密集的炮眼,并采用装少量炸药的特殊装药结构,使周边眼在主体爆破后最后同时起爆。与光面爆破相比,预裂爆破的炮眼要更密,装药量也更多,使爆破从开挖断面轮廓线开始,其起爆顺序正好和光面爆破相反。

2.0.35 锚喷支护 shotcrete, anchor rod and mesh reinforcement support

由喷射混凝土、锚杆和(或)钢筋网等组合而成的支护结构。

2.0.36 钢架支护 steel frame or beam support

用钢筋或型钢、钢管、钢轨、钢板等制成的钢骨架支护结构。

2.0.37 超前支护 pre-supporting

在钻爆隧道开挖前,对开挖工作面前方的围岩进行预加固的

支护方法。

2.0.38 管棚支护 pipe-roof protection

在隧道开挖前,沿开挖工作面的拱部外周插入钢管,压注砂浆,开挖时用钢架支承此种钢管所进行的支护方法。

2.0.39 超前锚杆 advance roofbolt

在隧道开挖前,沿隧道拱部按一定角度设置的起着预加固围岩作用的锚杆。

2.0.40 预注浆 pregrouting

在隧道开挖前,为固结围岩、填充空隙或堵水而沿着开挖面或拱部进行注浆的施工方法。

2.0.41 回填注浆 back-filling grouting

在衬砌完成后,为填充衬砌与围岩之间的空隙而进行注浆的施工方法。

3 施工准备

3.0.1 开工前应进行现场调查,编制并报批施工组织设计、施工方案或作业规程,并应配备施工装备。

3.0.2 开工前应做好下列工作:

1 预测地表和地下障碍物对穿越施工的影响,当勘探结果不满足施工需要时,应加密勘探;

2 确定交通运输方案;

3 了解施工场地与相邻工程、农田水利等的关系;

4 了解建筑物、构筑物、道路、水利、电讯和电力线等设施的拆迁情况和数量;

5 调查水源、检测水质,拟定施工供水方案;

6 调查可利用的电源、动力、通信、消防、劳动力、生活供应及医疗卫生条件;

7 调查施工中对自然环境、生活环境的影响及需要采取的措施。

3.0.3 施工前,设计单位应进行现场交底,施工单位应全面熟悉设计文件,并应做好下列工作:

1 掌握工程的重点和难点,了解穿越方案;

2 复查对穿越施工和环境保护影响较大的地形、工程地质、水文地质和气象条件,以及其他限制条件和要求,制定相应的技术和保护措施;

3 核对设计文件;

4 会同设计单位现场交接和复查测量控制点、施工测量用的基准点及水准点,按施工方法的要求进行复查。

3.0.4 施工组织设计至少应包括施工方法、场地布置、进度计划、

质量计划、工程数量、人员配备、主要材料、机械设备、电力、运输、健康安全环保和社会影响等主要措施内容。

3.0.5 施工单位应根据地质条件,结合穿越长度、结构类型、工期要求、交通条件、施工技术力量、安全生产、机械设备、材料、劳动力组合等情况确定施工方法。

3.0.6 施工前应结合工程特点,对员工进行质量、健康、安全和环保教育及技术交底和培训。

4 材 料

4.0.1 工程材料、管道附件的材质、规格和型号必须符合设计要求,其质量应符合国家或行业有关标准的规定,并应具有出厂合格证、质量证明文件以及材质证明书或使用说明书。

4.0.2 施工单位应按工程设计要求和施工技术标准对工程材料、管道附件的出厂合格证、质量证明文件以及材质证明书进行检查,当对其质量(或性能)有疑问时应进行复验,不合格者严禁使用。材料有抽检规定的,应按要求进行抽样检验。

5 管道安装

5.1 管道主体安装

5.1.1 穿越管道安装的类型可分为竖井管道安装、套管内管道安装、隧道内管道安装、开挖法的管道安装。

5.1.2 应依据不同的穿越型式采用适用的管道组装方法。

5.1.3 穿越管道的组对焊接应符合现行国家标准《油气长输管道工程施工规范》GB 50369 的有关规定。

5.1.4 应依据不同的穿越方法采取适用的设备,除采用常规的施工机械及安装设备外,还应采用卷扬机、辘道、轨道小车、龙门架、穿心千斤顶等相应的辅助机械。

5.2 焊缝的无损检测

5.2.1 穿越管段无损检测除穿越三级及三级以下公路外,应符合下列规定:

- 1 应进行 100%超声波检测、100%射线检测;
- 2 焊缝合格级别均应为Ⅱ级及以上。

5.2.2 从事无损检测工作的技术人员应具备相应的资格。

5.3 管道外涂层、补口

5.3.1 管道现场防腐补口、补伤施工应符合设计要求和国家现行有关标准的规定。

5.3.2 防腐层的外表面应平整,无漏涂、褶皱、流淌、气泡和针孔等缺陷;防腐层应有效地附着在金属表面;聚乙烯热收缩套(带)、聚乙烯冷缠粘胶带,以及双组分环氧粉末补伤液、补伤热熔棒等补口、补伤材料应按其生产厂家使用说明进行施工。

6 定向钻法穿越施工

6.1 一般规定

6.1.1 穿越深度应符合下列规定：

1 穿越河流等水域时，穿越管段管顶最小埋深不宜小于设计洪水冲刷线和规划疏浚线以下 6m，管顶距河床底部的最小距离不宜小于穿越管径的 10 倍；

2 穿越铁路、公路、堤防建(构)筑物时，穿越管段管顶埋深应符合铁路、公路、水利等相关部门的规定。

6.1.2 穿越施工时入土角、出土角，应根据地质、地形条件和穿越管段材质、管径来确定。入土角宜为 $6^{\circ}\sim 20^{\circ}$ ，出土角宜为 $4^{\circ}\sim 12^{\circ}$ 。

6.1.3 定向钻穿越的曲率半径应符合设计要求。曲率半径不宜小于 $1500D$ ，且不应小于 $1200D$ 。

6.1.4 在管道入土端和出土端外侧各预留不宜少于 10m 的直管段。

6.1.5 地质材料准备应符合下列规定：

1 施工前，建设方应向施工单位提供穿越工程的岩土工程详细勘察报告。报告内容应符合现行国家标准《油气田及管道岩土工程勘察规范》GB 50568 的有关规定，且应包括下列内容：

1)文字部分包括：工程概况，勘察方法和勘察工作布置，场地地形地貌、地层、地质构造、岩土性质及其均匀性，各项岩土性质指标，岩土的强度参数、变形参数、地基承载力的建议，地下水埋藏情况、类型、水位及其变化，土和水对建筑材料的腐蚀，可能影响施工的不良地质作用以及地

下建(构)筑物对工程影响程度的评价,穿越场地稳定性和适宜性的评价;

2) 图表部分包括:勘探点平面布置图、工程地质柱状图、工程地质剖面图、原位测试成果图表和室内土工试验成果图表等。

2 施工方应复核详勘报告内容,当不满足施工需要时,可向建设方提出补充勘察或施工勘察申请。

6.1.6 对出土点或入土点侧含有卵砾石等不适合水平定向钻施工的地质条件时,宜采取套管隔离、注浆加固或开挖换填等措施进行地质改良,并应符合下列规定:

1 采用套管隔离不利地层时,钢套管内径宜大于最后一级扩孔直径 300mm,壁厚选取宜按下式进行初选,并应根据强度要求进一步确定壁厚。套管切削刃应加强;

$$t_{ca} = \frac{F_0}{\phi_1 \pi D_{ca} \sigma_s} \quad (6.1.6)$$

式中: t_{ca} ——套管初选壁厚(m);

F_0 ——夯管锤能够提供的最大夯进力(N);

ϕ_1 ——套管稳定系数,宜取 0.36,当套管经过地层均匀时,可取 0.45;

D_{ca} ——套管直径(m)。

σ_s ——套管规定屈服强度(Pa);

2 采用开挖方法处理不利地层时,开挖完成后宜换填或设置隔离套管,设置隔离套管应符合钻进轨迹曲线要求;

3 采用注浆加固处理不利地层时,加固应沿设计轨迹曲线进行,加固断面不宜小于 7m×7m,轴向加固长度宜伸入较好地层。

6.1.7 管道穿越曲线(图 6.1.7),导向孔穿越长度应按下列公式计算:

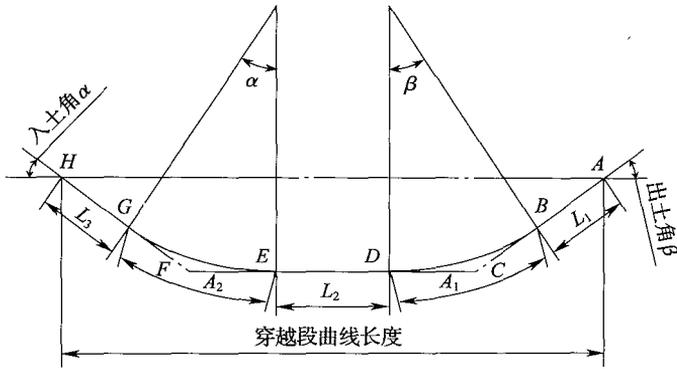


图 6.1.7 管道穿越段曲线示意图

A、B、D、E、G、H—各节点；C、F—曲线段两端切线交点。

$$L = L_1 + A_1 + L_2 + A_2 + L_3 \quad (6.1.7-1)$$

$$A_1 = \pi \times R \times \beta / 180 \quad (6.1.7-2)$$

$$A_2 = \pi \times R \times \alpha / 180 \quad (6.1.7-3)$$

式中： L ——穿越管段曲线长度(m)；

L_1 ——出土端直线段长度(m)；

R ——曲率半径(m)；

β ——出土角(°)；

A_1 ——出土端曲线段长度(m)；

L_2 ——底部直线段的长度(m)；

α ——入土角(°)；

A_2 ——入土端曲线段的长度(m)；

L_3 ——入土端直线段的长度(m)。

6.1.8 穿越管段回拖力的计算和钻机的选择应符合下列规定：

1 穿越管段回拖时的拉力宜按下式计算：

$$F_p = L \cdot f \cdot \left| \pi \frac{D^2}{4} \gamma_m - \pi \frac{\delta_1}{4} \cdot (2D - \delta_1) \lambda_s - W_b \right| + k_v \cdot \pi \cdot D \cdot L \quad (6.1.8)$$

式中： F_p ——计算拉力(kN)；

- L ——穿越管段曲线长度(m);
- f ——摩擦系数,取 0.3;
- D ——管子直径(m);
- γ_m ——泥浆重度,取 $11.5(\text{kN}/\text{m}^3)$;
- δ_1 ——管子壁厚(m);
- γ_s ——钢材重度,取 $78.5(\text{kN}/\text{m}^3)$;
- W_b ——定向钻回拖过程中单位长度配重(kN/m);
- k_v ——粘滞系数,取 $0.175(\text{kN} \cdot \text{s}/\text{m}^2)$ 。

2 水平定向钻机回拖力宜按式 6.1.8 计算值的 1.5 倍~3 倍选择。

6.1.9 应根据泥浆泵排量确定切割刀、扩孔器的泥浆喷射孔的个数,其中泥浆喷射孔的个数应按下式计算:

$$N = \frac{Q}{\pi r^2 V} \quad (6.1.9)$$

- 式中: N ——泥浆喷射孔的个数(个);
- V ——要求泥浆的喷射速度(m/min);
- Q ——泥浆泵的正常排量(m^3/min);
- r ——喷射孔的半径(m)。

6.1.10 水平定向钻穿越施工前,建设单位应提供完整的施工图,且施工图应包括下列内容:

- 1 设计说明书、管道穿越施工平面图、管道穿越断面图;
- 2 出、入土角度,出、入土点的位置;
- 3 在穿越区域内有地下建(构)筑物时,应在施工图上标注位置、埋深。

6.1.11 施工便道及场地应符合下列规定:

- 1 施工便道应具有足够的承载能力,宽度应大于 4m,弯道的转弯半径应大于 18m,并应与公路平缓接通;
- 2 施工用水应符合配制泥浆的要求;
- 3 施工场地应能满足施工作业的要求。

6.1.12 穿越管段的预制、补口和试压应在最后一级扩孔前完成。

6.1.13 钻机安装调试应符合下列规定：

1 应根据施工场地规划，设备依次进场就位；

2 钻机宜安装在穿越中心线上。锚固件应安装牢固，地锚抗拉能力应满足钻机最大拉力要求；

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；

5 在条件具备的情况下，应使用人工磁场。

6.1.14 钻机场地应符合下列规定：

1 小型水平定向钻机的安装场地可为 $40\text{m} \times 40\text{m}$ ，大型水平定向钻机的安装场地可为 $60\text{m} \times 60\text{m}$ 。安装场地应根据钻机及附属设备的要求，并结合现场条件进行布置；

2 钻机场地内应设泥浆池，其大小应根据泥浆用量确定。泥浆池不宜放在穿越中心线上。

6.1.15 管段预制场地应符合下列规定：

1 穿越管段预制场地宜设在出土点附近，在出土点宜设一个 $30\text{m} \times 30\text{m}$ 的钻具操作场地；

2 管段预制场地宜与入土点、出土点成一直线。穿越管段的预制场地的长度宜为设计水平长度加 20m ，宽度应符合现行国家标准《油气长输管道工程施工规范》GB 50369 有关规定；

3 若因场地限制预制管段不能直线布置，应在出土点保持不少于 100m 的直管段，方可采取弹性敷设。

6.1.16 定向钻穿越段施工过程中应采取试回拖、洗孔、浮力控制等适当措施避免外涂层的损伤。

6.1.17 定向钻穿越段应根据下列地质条件确定外涂层的类型：

1 除碎石土层、砾砂层外的土层或饱和单轴抗压强度小于或等于 15MPa 软岩层穿越时，宜与线路管道主体防腐层类型保持一

致,并宜采用相应的加强级防腐层;

2 碎石土层、砾砂层、破碎岩层、砾岩层、饱和单轴抗压强度大于 15MPa 岩层以及其他易于磨损和刮伤防腐层的地层穿越时,宜采取耐磨、耐划伤涂层或增加防护层。

6.1.18 定向钻穿越段管道应实施阴极保护并在两端应设置必要的阴极保护检测设施。阴极保护宜纳入干线阴极保护系统中。定向钻穿越管段在纳入永久阴极保护系统之前应采取临时阴极保护措施。

6.2 施工测量

6.2.1 测量放线前,应根据设计给出的控制桩位、设备情况、工程情况、地形地貌等编制施工场地平面布置图。

6.2.2 应用测量仪器放出穿越中心线,并应确定穿越入土点、出土点。

6.2.3 应根据穿越入土点、出土点及穿越中心线,确定钻机安装场地、管线侧施工场地、泥浆池以及穿越管段预制场地的边界线,并应撒上灰线。

6.3 穿越施工

6.3.1 钻导向孔应符合下列规定:

1 控向操作应由经过培训合格的人员操作,控向系统的功能应满足工程的需要;

2 导向孔应根据设计曲线钻进,钻杆折角宜符合表 6.3.1-1 的规定;

3 每钻进一根钻杆宜至少采集一次控向数据,并应根据采集的控向数据及时调整;

4 穿越长度大于 2000m 时,宜采用对穿工艺钻导向孔;穿越两端使用套管隔离,应采用对穿工艺钻导向孔;

表 6.3.1-1 钻杆折角

穿越管径 (mm)	每根钻杆最大折角(°)	4 根钻杆累加折角(°)
φ325 以下	2.1	6.0
φ377	1.7	5.7
φ406	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

5 导向孔实际曲线与设计穿越曲线的偏差不应大于 1%，且偏差应符合表 6.3.1-2 的规定。

表 6.3.1-2 导向孔允许偏差 (m)

导向孔曲线		出 土 点	
横向偏差	上下偏差	横向误差	纵向偏差
±3	+1 -2	±3	+9 -3

6.3.2 定向钻导向孔对接穿越施工应符合下列规定：

- 1 对接穿越施工准备应符合下列规定：
 - 1) 施工前应进行现场调查，了解穿越段的地质资料及地下构筑物情况；
 - 2) 施工前应详细了解穿越段施工的技术要求与所执行的规范及质量标准；
 - 3) 施工钻机及配套设备宜提前进行维修保养，施工机具配置应齐全；
 - 4) 测量放线应根据设计交底(桩)与施工图纸放出钻机场地控制线及设备摆放位置线，并确保钻机钻杆中心线与入土点、出土点成一条直线；

5) 施工场地应进行平整铺垫, 主钻机施工场地面积宜为 3600m^2 , 辅助钻机施工场地面积宜为 1600m^2 。

2 安装主施工钻机应符合下列规定:

- 1) 应将钻机及配套设备就位。将施工钻机就位在穿越中心线位置上, 主钻机应就位于设计入土侧, 钻机就位完成后, 应进行系统连接、试运转;
- 2) 应按操作规程标定控向参数, 宜在穿越轴线的不同位置测取, 且每个位置应至少测四次, 取其有效值的平均值作为控向基准方位角值;
- 3) 开钻前应做好钻机的安装和调试等准备工作, 应试钻 1 根~2 根钻杆, 确定系统运转正常方可正常钻进。

3 安装人工交流磁场应在穿越中心线上布置交流线圈, 线圈宽度宜大于 3 倍穿越深度;

4 主钻机可先进行导向孔钻进, 辅助钻机可推迟时间开钻, 但应保证两台钻机同时到达对接区域;

5 两台钻机应分别就位于导向孔的入土点和出土点位置, 进行导向孔穿越施工。如使用轴向磁铁, 两钻头相交时两侧钻头的横向偏差和上下偏差均应小于 2m ; 如使用旋转磁铁, 两钻头相交时两侧钻头的横向偏差和上下偏差均应小于 5m (图 6.3.2-1);

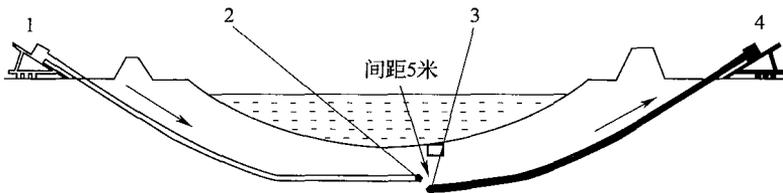
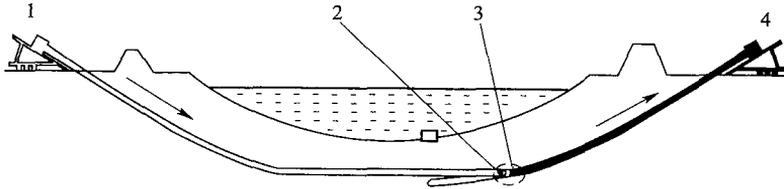


图 6.3.2-1 初控示意图

1—主施工钻机; 2—安装探头; 3—安装目标磁铁; 4—辅助施工钻机

6 主、辅钻机钻头相距在 5m 内后, 主钻机应根据计算机显示探头与旋转磁铁的相对位置调整钻头方向, 并应控制主钻机钻

头进入辅助钻机钻头的孔内,同时应完成辅助钻机回抽钻杆、主钻机钻头跟进至完成导向孔施工(图 6. 3. 2-2);



6. 3. 2-2 精控示意图

1—主施工钻机;2—安装探头;3—安装磁铁;4—辅助施工钻机

7 每根钻杆的折角应符合本规范表 6. 3. 1-1 的规定;

8 对接作业完成后,辅助钻机应继续后退钻头,主钻机钻头应随后钻进,直至主钻机钻头从出土侧出土。

6. 3. 3 扩孔应符合下列规定:

1 最终扩孔直径应根据管径、穿越长度、地质条件和钻机能力确定。一般情况下,最小扩孔直径与穿越管径的关系应符合表 6. 3. 3 的规定;

表 6. 3. 3 最小扩孔直径与穿越管径关系表

穿越管段的直径(mm)	最小扩孔直径
<219	管径+100mm
219~610	1.5 倍管径
>610	管径+300mm

注:管径小于 400mm 的管线,在钻机能力许可的情况下,可直接扩孔回拖。

2 扩孔宜采取分级、多次扩孔的方式进行;在地层条件及辅助设备允许的情况下,可减少扩孔级次;

3 扩孔过程中,如发现扭矩、拉力较大,可采取洗孔作业;应在洗孔结束后,再继续进行扩孔;扩孔结束后,如发现扭矩、拉力仍较大,可再进行洗孔作业。

6. 3. 4 回拖应符合下列规定:

1 回拖前应符合下列规定:

- 1) 连接前应用泥浆冲洗钻杆,确保钻杆内无异物;
- 2) 连接后应进行试喷,确保水嘴畅通无阻;
- 3) 旋转接头内应注满油,旋转应良好;
- 4) 回拖前应对钻机、泥浆泵等设备进行保养和小修;
- 5) 应进行防腐层外观及漏点检测。

2 管段回拖时,如管径大于 1016mm 宜采用浮力控制措施。

3 回拖应符合下列规定:

- 1) 当采用发送沟方式时,在回拖前应将穿越管段放入发送沟。发送沟应根据地形、出土角确定开挖深度和宽度。一般情况下,发送沟的下底宽度宜比穿越管径大 500mm;管道发送沟内应注水,管沟内最小注水深度宜超过穿越管径的 1/3;应采取支架或吊起等措施,使管道出土角与实际钻杆出土角一致;
- 2) 当采用发送道或托管架方式时,应根据穿越管段的长度和重量确定托管架的跨度和数目;托管架的高度、强度、刚度和稳定性应满足要求。

4 回拖钻具连接的顺序宜为:

钻机→钻杆→扩孔器→旋转接头→U 型环→拖拉头→穿越管段。

5 回拖时宜连续作业。特殊情况下,停止回拖时间不宜超过 4h。

6.3.5 定向钻穿越施工完毕后应符合本规范附录 A 的规定,并应对穿越段外涂层电导率进行测试;测试宜在穿越完成 15d 后且穿越段管线与主管线连接前进行。

6.3.6 定向钻穿越段外涂层电导率检测结果应按表 6.3.6 的规定进行评价。新建管线穿越段防腐层标称电导率 λ (即土壤电阻率为 $1000\Omega \cdot \text{cm}$ 时的防腐层电导率)不应大于 $200\mu\text{S}/\text{m}^2$ 或防腐层绝缘电阻 R 不应小于 $5000\Omega \cdot \text{m}^2$,当测试结果 λ 大于 $200\mu\text{S}/\text{m}^2$ 或 R 小于 $5000\Omega \cdot \text{m}^2$ 时,应对穿越段管道附加阴极保护措施。

表 6.3.6 防腐层标称电导率 λ 与防腐层质量比照表

标称电导率($\mu\text{S}/\text{m}^2$)	防腐层绝缘电阻 $R(\Omega \cdot \text{m}^2)$	防腐层质量评价
$\lambda \leq 100$	$R \geq 10000$	优
$100 < \lambda \leq 200$	$10000 > R \geq 5000$	良
$200 < \lambda \leq 1000$	$5000 > R \geq 1000$	一般
$\lambda > 1000$	$R < 1000$	差

6.3.7 施工完毕后,应清理场地,并应恢复地貌。

6.3.8 泥浆应符合下列规定:

- 1 泥浆配方应根据地质条件,在泥浆实验室试配并确定;
- 2 应根据地质情况和钻进工艺,调整泥浆配方和泥浆性能;
- 3 在整个施工过程中,泥浆宜回收、处理和循环使用;
- 4 泥浆性能可按表 6.3.8 的规定选择。

表 6.3.8 泥浆性能

泥浆性能	地层类型				
	松散粉砂、 细砂及 粉土层	密实粉砂、 细砂层和砂岩、 泥页岩层	花岗岩等 坚硬岩石层	中砂、粗砂、 卵砾石及砾岩、 破碎岩层	黏性土 和活性软泥 岩层
马氏漏斗 黏度(s)	60~90	40~60	40~80	80~120	35~50
塑性黏度 PV(MPa·s)	12~15	8~12	8~12	15~25	6~12
动切力 YP(Pa)	>10	5~10	5~8	>10	3~6
表观黏度 AV(MPa·s)	15~25	12~20	8~25	20~40	6~12
静切力 G_{10s}/G_{10min} (Pa)	5~10/ 15~20	3~8/6~12	2~6/5~10	5~10/15~20	2~5/3~8
滤失量(mL)	8~12	8~12	10~20	8~12	8~12
pH	9.5~11.5	9.5~11.5	9~11	9.5~11.5	9~11

7 竖井施工

7.1 一般规定

7.1.1 竖井施工可分为沉井法、钻爆法、沉井法与钻爆法相结合以及利用地下连续墙加支护结构等。

7.1.2 竖井施工前应具备地质勘察资料、水文资料,并应根据设计文件和现场情况对竖井进行施工计算。

7.1.3 竖井防洪井圈应满足防洪与设计规定及施工安全的要求,并应高出地面 1.2m 以上,同时应采用钢筋混凝土梁、盖板和防水层封闭井口。

7.1.4 施工前应完成下列准备工作:

1 已复核测量基准线、水位基点、周围建筑物和地下管线、光电缆等采取的有效保护措施;

2 “三通一平”工作已完毕并满足施工要求,供水、排水、泥浆循环等设施已安装完毕;

3 排渣场地已落实;

4 专项施工方案已获得批复并向施工人员进行交底;

5 施工设备及吊具已按有关规定检查合格;

6 施工道路已满足施工设备对承载力的要求;

7 地下连续墙施工前的不良地质已完成地质改良;

8 临近水边的地下连续墙已考虑地下水位变化对槽壁稳定性的影响;

9 已根据地下连续墙的厚度、深度、成槽宽度和地质条件选择适宜的成槽设备。

7.1.5 竖井施工应符合下列规定:

1 井壁预留洞门直径应符合下列规定:

- 1) 始发井预留洞门直径与盾构机外径之间的半径差不宜大于 100mm;
- 2) 接收井预留洞门直径与盾构机外径之间的半径差不宜大于 150mm;
- 3) 始发和接收洞门在井壁浇筑过程前宜采用预埋钢筒结构,钢筒长度不宜小于 500mm,钢筒应与井壁内钢筋焊接固定并与井壁洞门平齐,且应与隧道轴线同心;
- 2 竖井应设置积水坑满足隧道施工排水的要求;
- 3 始发井壁应设置盾构机和顶管机始发反力墙,可采取二次浇筑施工,反力墙应与隧道轴线垂直,并应承受推进顶力;
- 4 竖井施工中应按设计要求、使用功能和施工要求设置预埋件;
- 5 盾构、顶管机出、进洞前,应根据洞门周围地层、水土压力情况,在出、进洞门隧道中心线适当范围内对地层进行地质改良,并应对出、进洞门进行探水检查;
- 6 竖井的混凝土强度、抗渗、施工技术、质量控制等,除应满足设计与本规定的要求外,还应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 的有关规定。

7.2 施工测量

7.2.1 施工测量应按设计施工图提供的坐标与隧道穿越轴线测量定位,并应依据勘测成果控制网坐标和高程系统和精度等状况,制定竖井的施工控制测量方案。

7.2.2 平面控制网宜分为 2 个等级,一等控制网宜采用 GPS 网,二等控制网宜采用导线网,在满足精度要求的情况下可采用其他布网方法。高程控制网可采用水准测量方法一次布网。

7.2.3 在盾构与顶管的始发和接收井之间应建立统一的施工控制测量系统,每个井口布设不应少于 3 个控制点。

7.2.4 当穿越轴线穿越水域时,应进行跨水域水准测量。跨水域

水准测量可采用光学测微法、倾斜螺旋法、经纬仪倾角法和测距三角高程法等,并应符合现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB 12897 的有关规定。当视线距离小于 100m 时,可采用一般方法进行水准测量。

7.2.5 施工测量应包括下列内容:

- 1 建立地面上平面控制网和高程控制网;
- 2 地面沉降测量;
- 3 竣工测量。

7.2.6 地面控制网建立应符合下列规定:

1 按照国家四等水准要求,应用管道线路上控制点或设计坐标点建立首级控制网,并应用该区域内相应等级的国家点进行测量复核;

2 当采用三角网作为场区控制网时,边长宜为 0.2km~0.4km;测角中误差不应超过 8";最弱边边长相对中误差不应大于 1/20000;

3 当采用小三边网作为场区控制网时,边长宜为 0.2km~0.6km;测边相对中误差不应大于 1/40000;

4 纵横坐标闭合差不应大于 35mm。

5 施工过程中应对测量基准线、水位基点、周围建筑物和地下管线、光电缆等进行监测。

7.3 沉井法施工

7.3.1 沉井施工的地基处理应符合下列规定:

1 承载力较低的地层宜采取砂换填表层土,并应分层洒水压实提高承载力,同时宜采用挖掘机和平板振动器进行分层碾压夯实,且应符合下列规定:

1) 采用环刀法进行干容重测定,不应小于 15.5kN/m³;

2) 采用钎探法,应选用长度为 1960mm、直径为 16mm 的圆钢在距砂面 500mm 的垂直高度上自由下落,钢钎头部

沉入砂垫层深度不应大于 70mm；

2 松散、软弱表土层换填前，应先开挖排水沟，并应与基坑外侧积水坑联通，沟内回填可采用碎石压实；

3 宜在砂垫层上浇筑 C20 素混凝土垫层，垫层的厚度和宽度应满足地基承载力的要求；

4 竖井刃脚内侧斜面可采用砖胎模或钢结构方法进行支撑。

7.3.2 采用人工筑岛法进行沉井施工时，人工筑岛的基本构造应符合下列规定：

1 岛面标高应比施工期最高水位高 500mm 以上；

2 岛面的平面尺寸应等于沉井平面尺寸加施工护道宽度，护道宽度不宜小于 2m；

3 筑岛材料宜为当地的沙质土或黏性土。

7.3.3 沉井刃脚可用混凝土和钢板制作，其制作与施工应符合下列规定：

1 刃脚的锋角及台阶的高度、宽度与结构强度应符合设计要求。刃脚的中心线应与其刃尖平面垂直，底面应平整，其误差不应大于 5mm；

2 刃脚的高度不应小于 500mm，钢靴应设加强部件；

3 刃脚在固定时其中心线与沉井井筒设计中心线偏差不应大于 10mm，刃脚尖的平面应垂直于井筒设计中心线。

7.3.4 井筒制作应符合下列规定：

1 沉井制作应采取分段整体浇筑，节高不宜大于沉井直径或方形竖井宽度，其重量应小于基础承载力的 80%，并应对下卧层作稳定复核计算；井壁表面应平整光滑，内外圆的半径不应大于设计规定 30mm，且不应小于设计规定；

2 管道预留洞和预埋件的位置应符合本规范第 7.1.4 条的规定；

3 模板安装固定应采用对拉螺栓，两端应加扣件使内外模板的外侧横、立杆构件连成整体。对拉螺栓安装时应采取防渗漏措

施,模板安装完成后应检查相对位置尺寸、标高、垂直度等指标。

7.3.5 护壁泥浆应符合下列规定:

- 1 护壁泥浆的配制应按本规范第 7.4.2 条的规定执行;
- 2 壁后环形空间的泥浆面应高于地下最高静水位 1m~2m。

7.3.6 下沉应符合下列规定:

1 当刃脚处的混凝土强度达到设计强度的 100%、上部混凝土强度达到 70%时,可开始沉井作业。第一节井壁下沉启动时应按十字对称法清除刃脚砖砌模和钢结构,并应在连续测量的过程中进行。当发现偏沉时应及时采取纠偏措施,并应达到初始起沉的垂直度。

2 沉井施工当穿过流砂、淤泥和卵砾石等松软不稳定地层时,宜采用不排水沉井法。

3 施工前应进行沉井的抗浮稳定验算,并根据可能出现的最高水位进行计算,其抗浮安全系数宜为 1.10~1.25。

4 当地层为淤泥质黏土、黏土、粉质黏土、黏质粉土时宜选用排水沉井法。

5 施工前应验算预期的下沉深度。沉井下沉时,由沉井自重和壁厚环形空间泥浆重量所组成的主要下沉力应大于侧面阻力、正面阻力与水的浮力总和。沉井的下沉系数宜为 1.05~1.15。

6 沉井下沉前,刃脚内侧、凹槽及地梁和隔墙两侧均应打毛,打毛范围不应小于封底混凝土和底板混凝土的接触面。

7 采用不排水沉井时井筒内的水位应高于井外地下水位 1m~2m。

8 当排水下沉时,井内可采用挖掘机或人工方式开挖,每次取土深度宜为 300mm~400mm,应自井中部向四边对称取土,刃脚前的超挖距离不应大于 2m;当不排水下沉时,可采用抓斗或吸泥机取土,并应配合潜水员水下冲泥、清基,配合下沉。

9 沉井下沉时纠偏应符合下列规定:

- 1) 沉井井壁内侧四周应设测点,及时监测沉井偏斜;

2)沉井周围应设永久水准点,距井口中心不应小于 50m,并应进行保护;

3)沉井下沉前在套井内应设导向装置和纠偏设施,沉井的允许偏斜率不应大于 5‰。

10 当设计有地质改良时,应在完成沉井施工后再进行地质改良。

7.3.7 封底应符合下列规定:

1 沉井下沉到设计深度后,应先封底、固井;

2 当沉井采用排水封底时,终沉后,井内不应发生管涌、涌土现象;如不能保证应采用终沉后的水下封底。水下封底前沉井沉降速度不应大于 10mm/8h;

3 当采用不排水沉井封底时,井内水位应高于地下水位,封底施工完成后,应先采取排水试验;当采取降水干封底时,应待封底混凝土强度达到设计要求后方可停止降水;

4 沉井井壁和底板钢筋连接,宜选用锥螺纹或直螺纹的螺栓接驳器,接驳器的力学性能应进行检测并符合设计要求。

7.3.8 壁后的填充、固井应符合下列规定:

1 井壁后的注浆应由下至上进行,再由上至下的复注,水泥浆的水灰比不应大于 0.8;

2 套井与沉井之间应灌注混凝土。

7.4 地下连续墙法施工

7.4.1 导墙施工应符合下列规定:

1 槽段放线后,应沿地下连续墙轴线或水平中心线两侧构筑导墙,其结构形式应根据地质条件和施工荷载情况确定,宜为“L”型和“I”型。导墙宜由钢筋混凝土现浇而成;

2 导墙顶宜高出地面 100mm,且应高于地下水位 0.5m 以上;

3 导墙应设置在较密实的土层上,其墙底应进入原土 200mm 以上,导墙外侧应用黏性土填实。导墙混凝土应对称浇筑。强度达

到 70%后方可拆模,拆模后的导墙应立即在墙间每隔 1.0m~1.5m 加设临时内支撑,并应避免重型设备在导墙附近行驶;

4 当遇有杂填土等不良地质条件时,可进行土体加固或采用深导墙;

5 导墙的允许偏差应符合表 7.4.1 的规定;

表 7.4.1 导墙的允许偏差(mm)

项 目	允 许 偏 差
顶面高程	±10
导墙面与纵轴线距离	±10
两导墙墙面的净距	±10
导墙面的平整度	10
导墙面的垂直度	<H/50

6 导墙内墙面间的净距离应根据地下连续墙墙体设计厚度确定,并宜留有 40mm~60mm 的余量。

7.4.2 泥浆使用应符合下列规定:

1 泥浆宜用膨润土或高分子聚合物配制,现场应设置泥浆池或泥浆箱;

2 泥浆的储存量宜为日计划最大成槽量的 2 倍以上;

3 新配制的泥浆应贮存 24h 以上,充分水化后方可使用;

4 在泥浆容易渗漏的土中成槽时,应提高泥浆的黏度并增加泥浆的储备量;

5 泥浆配合比应按土层情况试配确定,泥浆配合比可按表 7.4.2-1 的规定选用,遇土层极松散颗粒粒径较大时,含盐或受化学污染时应配置专用泥浆;

表 7.4.2-1 泥浆配合比

土层类型	膨润土(%)	增黏剂 cm(%)	纯碱 Na ₂ CO ₃ (%)
黏性土	8~10	0~0.02	0~0.5
砂性土	10~12	0~0.05	0~0.5

- 6 施工中,循环泥浆应进行沉淀或除砂处理符合要求后方可使用;
- 7 废弃的泥浆和渣土处理应符合环保要求;
- 8 在软土中成槽时,泥浆的性能指标应符合表 7.4.2-2 的规定;

表 7.4.2-2 泥浆性能指标

序 号	项 目	指 标
1	重度(kN/m ³)	10.5~12.0
2	黏度(S)	18~25
3	失水量(mg/30min)	<30
4	泥度厚度(mm/30min)	1~3
5	稳定值(g/m ³)	<0.02
6	pH 值	7~9

- 9 在软土中成槽,循环泥浆的指标应符合表 7.4.2-3 的规定;

表 7.4.2-3 循环泥浆指标

序 号	项 目	指 标
1	重度(kN/m ³)	<12.5
2	黏度(S)	19~25
3	失水量(mg/30min)	<20
4	pH 值	<11

10 当施工过程中出现漏浆或泥浆性能下降时,应及时补充或更换,并应根据泥浆的使用状态及时进行泥浆指标的检验。在施工期间槽内泥浆面应高于地下水位,不宜低于导墙面 0.5m。

7.4.3 地下连续墙成槽应符合下列规定:

- 1 成槽机械应根据地质条件、墙体尺寸和施工环境等选用;
- 2 成槽时宜按单元槽段逐段开挖,单元槽段的长度应按设计要求划分。当设计无要求时,单元槽段的划分应根据现场地质条

件、地面荷载、混凝土的供应能力、吊机的起重能力、作业场地和道路交通等因素确定,单元槽段长度宜为 4m~8m;

3 地下连续墙施工前宜选一槽段进行试挖槽,并应对地质资料复核;

4 槽段开挖过程中应观测地面沉降、槽壁变形、垂直度、泥浆液面高度,并应控制抓斗与冲击钻上下运行速度与切入深度,同时应防止快速下放与冲击切入土体;

5 清底后的槽底泥浆比重不应大于 1.15,沉淀物淤积厚度不应大于 100mm;

6 成槽完成后应采用抽吸法及时清槽和泥浆置换,并应符合下列规定:

1)槽底沉积物厚度不应大于 200mm;

2)泥浆置换结束 1h 后槽底以上 200mm 处泥浆重度不应大于 12kN/m^3 。

7 成槽完成后应对槽段进行测量,测量内容应包括垂直度、沉渣厚度、槽壁坍塌、二期槽段接头状况等指标,开挖成槽允许偏差应符合表 7.4.3 的规定。

表 7.4.3 开挖成槽允许偏差

序号	项目	允许偏差(mm)
1	辅线位置	± 50
2	深度	+200 -0
3	宽(厚)度	+50 -0
4	相邻槽段错位	30
5	垂直度	1/150

7.4.4 连续墙接头施工应符合下列规定:

1 接头不应妨碍已完成的槽段和影响后期槽段的施工;

2 连续墙接头,宜选用焊接工字钢接头、锁口管接头、V 型钢

板接头,接头安装应符合下列规定:

- 1) 当采用锁口管接头时,应在浇筑混凝土进入初凝期进行松动起拔 150mm~300mm,初期开始应每间隔 20min 起拔一次,每次起拔 150mm~300mm,以后拔管可根据起拔力与混凝土凝结情况提高拔管速度;
- 2) 当采用工字钢、V 型钢板接头时,可采用柔性管或由 PVC、纤维面料缝制的直桶管安装固定在工字钢、V 型钢板的外侧,钢筋笼入槽到位后应向软管内充填米石子、砂或黏土团,并应计算充填体积。

3 连续墙接头清理应根据冲击下冲受力、钢丝绳偏摆情况,及时调整冲击速度或检查冲击钻头磨损情况。

7.4.5 钢筋笼的制作与吊放应符合下列规定:

1 钢筋笼尺寸应依据施工图纸、单元槽长度、接头形式及现场起重能力确定,其制作应在平台上进行,并应预留插放导管的位置;

2 在内外纵向配筋之间应设置 W 结构加固筋;

3 钢筋笼水平筋与桁架筋交叉点、吊点 2m 范围、钢筋笼口处应 100% 焊接;

4 钢筋笼应做成整体,如需分节制作,应将第一节钢筋笼入槽固定并保持其垂直度,第二节钢筋笼对接时应保持其垂直和平面对齐,纵向搭接长度与焊接应符合设计规定;

5 钢筋笼的起吊桁架应依据钢筋笼起吊过程中刚度和整体稳定性的计算结果确定;

6 钢筋笼吊放应在清底合格后进行,吊放时应对准槽段中心线缓放入,不应强行入槽,吊放过程中不应使钢筋笼产生不可恢复的变形;

7 起吊时应采用主辅双机吊装(图 7.4.5),当钢筋笼平行吊起离地面 0.5m~1.0m 时,主吊应缓慢提升,副吊应缓慢下放,并应在钢筋笼转动至垂直时解除副吊绳索;

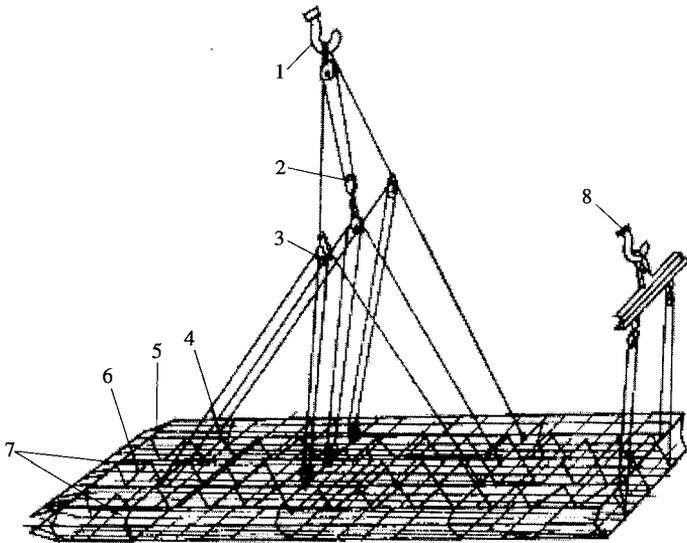


图 7.4.5 双机抬吊钢筋笼图

1—吊钩 A;2—单门葫芦;3—双门葫芦;4—卸甲;5—端部倒角;
6—抗弯 W 型钢筋片;7—横向架立筋片;8—吊钩 B

8 钢筋笼入槽后,应固定在导墙上,并使钢筋笼顶端高程符合设计要求,在混凝土灌注过程中钢筋笼不应上浮。

7.4.6 混凝土灌注应符合下列规定:

1 混凝土配比应按设计要求通过实验确定,并应具有良好的和易性,初凝时间应满足灌注要求;

2 混凝土的灌注宜采用导管法,导管直径宜为 200mm~300mm 的多节钢管,管节连接应密封牢固;

3 导管的水平距离不应大于 3m,距槽段两侧端部不应大于 1.5m,导管下端距槽底宜为 300mm~500mm,导管内应放置隔水栓;

4 混凝土灌注宜在钢筋笼吊放就位后 4h 内进行,同一槽段的混凝土应连续浇筑,间隔时间不宜超过 30min,首批灌入的混凝土数量应满足导管埋入深度和填充导管底部的需要;

5 灌注过程中导管理入混凝土中的深度宜为 2m~4m,混凝土顶面的上升速度不应小于 2m/h;

6 灌注过程中应随时检查混凝土的灌注量上升高度和导管下口埋入混凝土中的深度;

7 混凝土灌注高度宜高出设计高度 0.5m~0.8m,凿出浮浆后的墙顶标高和墙体混凝土的强度应满足设计要求;

8 地下连续墙应留抗压强度标准试件,试件留置数量每 100m³不应少于 1 组,每一槽段不应少于 1 组。

8 顶管法穿越施工

8.1 一般规定

- 8.1.1 带套管穿越公路时,套管长度伸出路基坡脚外宜大于2m。
- 8.1.2 顶管距离大于150m的顶管宜增设中继站助推。
- 8.1.3 穿越管段穿入套管前,套管内不应有污物,穿越管段应在防腐层检漏合格后穿入套管内,输送管段应与套管保持良好的支撑及绝缘条件,穿入后用500V兆欧表检测套管与穿越管段之间的绝缘电阻,其值应大于 $2M\Omega$,检测合格后应按设计要求封堵套管的两端口。
- 8.1.4 穿越管段与套管端部的环形空间应按设计要求进行封堵,其长度应大于200mm。

8.2 施工准备

- 8.2.1 测量放线应符合下列规定:

- 1 应根据设计给定的控制桩位放出穿越中心线,并应设置穿越中心桩、施工带边线桩,且应做出明显标志;
- 2 放线时应同时放出工作坑与接收坑的位置与尺寸;
- 3 后背墙的结构、材料及尺寸应在顶力计算后确定。

- 8.2.2 后背墙的结构、材料及尺寸应满足顶进力的要求,顶进力应按下式计算:

$$F = \pi D_0 L f_k + N_F \quad (8.2.2)$$

式中: F ——总顶进力(kN);

D_0 ——管道外径(m);

L ——管道设计顶进长度(m);

f_k ——管道外壁与土的单位面积平均摩阻力(kN/m^2),采用

触变泥浆减阻技术时,管外壁单位面积平均摩阻力可按表 8.2.2-1 的规定选取;

N_F ——顶管机的迎面阻力(kN),不同类型的顶管机迎面阻力宜按表 8.2.2-2 的规定选择计算。

表 8.2.2-1 采用触变泥浆减阻技术时的管外壁单位面积平均摩阻力 f_k (kN/m²)

土类 管材	黏性土	粉土	粉、细砂土	中、粗砂土
钢筋混凝土管	3.0~5.0	5.0~8.0	8.0~11.0	11.0~16.0
钢管	3.0~4.0	4.0~7.0	7.0~10.0	10.0~13.0

注:当采用成熟可靠的触变泥浆技术时,管外壁能够形成和保持稳定、连续的泥浆套, f_k 可直接取 3.0kN/m²~5.0kN/m²。

表 8.2.2-2 顶管机的迎面阻力 N_F 的计算公式

顶进方式	迎面阻力(kN)	式中符号
敞开式	$N_F = \pi(D-t)tR$	t ——工具管刃脚厚度(m)
挤压式	$N_F = \frac{\pi}{4}D^2(1-e)R$	e ——开口率
网格挤压	$N_F = \frac{\pi}{4}D^2\alpha R$	α ——网格截面参数,取 $\alpha=0.6\sim 1.0$
气压平衡式	$N_F = \frac{\pi}{4}D^2(\alpha R + P_n)$	P_n ——气压(kN/m ²)
土压平衡式 泥水平衡式	$N_F = \frac{\pi}{4}D^2P$	P ——控制土压力

注: D —顶管机外径(m); R —挤压阻力(kN/m²),取 $R=300\text{kN/m}^2\sim 500\text{kN/m}^2$ 。

8.3 螺旋钻机顶管穿越施工

8.3.1 作业坑的开挖应符合下列规定:

1 作业坑尺寸和坑深应根据施工机具、施工方法和管道埋深确定。作业坑开挖应根据土壤性质设边坡,当开挖深度超过 5m

时,开挖应采取复式断面,中间应设 0.5m~1.0m 宽平台;

2 作业坑坑底应平整夯实。坑底基面应采取垫枕木、做混凝土基面等处理方式。用仪器测量中心线及基底高程,其允许偏差均不应大于 20mm;

3 作业坑开挖时应同时挖安全通道,通道坡比不应大于 1:1;

4 当地下水位高的地段开挖作业坑时,应采用降、排水措施;

5 作业坑的开挖和支撑设置应按设计要求执行。

8.3.2 钻机的安装应符合下列规定:

1 承受顶进反作用力的作业坑靠背墙应与水平面垂直,其允许偏差应为 $\pm 5^\circ$;承力板面积不应小于 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$;

2 当作业坑靠背墙土壤性能较差时,应采取适当的加固措施;

3 基坑底面上应铺设导轨,地下水位高的地段应采用相应的排水设施;

4 钻机中心线允许偏差应为 $\pm 10\text{mm}$;

5 安装钻机时,钻头、钻杆与套管中心线允许偏差应为 $\pm 5\text{mm}$ 。

8.3.3 钻进施工应符合下列规定:

1 穿越钻孔时,应依据土壤情况选择钻头直径,其直径应比管外径大,但不宜超过 50mm;

2 钻孔顶进的套管每根长度应与每节钻杆的长度一致。第一节套管的入土点和安装角度应准确。钻进 2m 后应检查钻进角度,当发生偏钻时,应重新调整钻机;第一节套管钻完时应进行测量,钻杆位置允许偏差应为 $\pm 30\text{mm}$;

3 钻进过程中,应随时观察分析返出钻屑的硬度、塑性、含水量等,并应根据返出钻屑的情况及时调整钻速;

4 顶管钻进前,钻机推盘应垂直、平整;

5 在软地层区域施工,当安装第一根钻杆时,套管头部可抬高 $1\text{mm} \sim 5\text{mm}$;当钻第一根套管时,应用支撑架支撑套管头部,套

管入土 2m~3m 后,方可拆除支撑架;

6 当在硬地层钻孔时,钻头可伸出套管 200mm~500mm;当在松软地层时,钻头可缩至套管内 200mm~400mm;

7 每顶进一根套管应测量中心线方向偏移。当方向发生偏斜时,应纠偏;

8 施工作业开始后应连续作业;

9 在施工过程中,应实时检查坑壁。

8.3.4 套管安装质量应符合下列规定:

1 套管安装完毕后,应对入土点、出土点、标高、顶进中心线和套管长度进行测量,并应填写记录;

2 套管钻进允许偏差应符合下列规定:

1) 顶进长度在 30m 以内的套管,上下偏差不宜大于 100mm;顶进长度在 30m~42m 的套管,上下偏差不宜大于 150mm;顶进长度在 42m 以上的套管,上下偏差不宜大于 200mm;

2) 水平偏差不宜大于套管长度的 1%。

8.3.5 穿越管段的安装应符合下列规定:

1 预制穿越管段长度应大于套管长度 4m 以上;

2 穿越管段的组对、焊接、补口及检验应符合本规范第 6 章的规定;

3 穿越管段穿越前应安装绝缘支撑和牺牲阳极。

8.3.6 应将发送坑和接收坑内穿越管段下部的回填土回填并夯实。管周围 300mm 内应回填细土保护,作业坑应回填并夯实。

8.4 千斤顶顶管穿越施工

8.4.1 顶管作业坑应选在地面高程较低的一侧,作业坑应有足够的长度和宽度,其深度应根据穿越管段埋设深度确定。作业坑底部应铺设枕木和导轨。承受顶进反力的作业坑后背墙的结构、材料及尺寸应在顶力计算后确定。

- 8.4.2 在地下水位高的地段,应采取降、排水措施。
- 8.4.3 在地质情况复杂、易塌方的地段,开挖作业坑应采取开挖梯台、板桩等措施,并应设置安全通道。
- 8.4.4 顶管作业坑的开挖不应影响路基稳定,作业坑的底部应平整、结实。
- 8.4.5 顶管用千斤顶应根据计算顶力选择,不宜小于计算顶力的2.0倍。
- 8.4.6 应用仪器对中心线方向进行测量控制。
- 8.4.7 顶管前,应将顶管设备就位且试运行良好,其穿越中心线与管道设计中心线应一致。顶管时,顶铁中心线应与穿越中心线平行、对称。套管进入土层后,应采用人工自上而下开挖取土。在管道下时钟的4点~8点位置不宜超挖,管顶部超挖量不应大于15mm。顶进作业时,宜在套管外壁涂润滑剂。
- 8.4.8 顶管时,应采用测量仪器控制中心线和高程,且应以施工放线时布置的中心桩为基准导向监控。第一根套管顶进中心线偏差不应超过管长的3%。初始顶进中,每顶进300mm应检查一次;正常顶进后,每顶进1m应至少检查一次。
- 8.4.9 当顶进纠偏时,每次纠偏角度不宜过大,可根据管径、顶进长度和土质情况确定,宜为 $5' \sim 20'$ 。
- 8.4.10 采用轴向液压千斤顶配以液压站法施工时,应严格控制油泵的压力,使油泵压力平稳上升。
- 8.4.11 顶管作业宜连续进行,不宜中途停止,套管全部顶进以后,可将套管内用砂浆适当找平。

8.5 岩石爆破施工

8.5.1 岩石地段顶管施工宜采用微差爆破技术,主要作业内容应包括钻孔、装药、爆破、碎石运输、测量纠偏及修整等。

8.5.2 钻孔作业应符合下列规定:

- 1 应根据顶管隧道穿越的纵断面尺寸、围岩级别和一次爆破

的岩石量确定设计炸药的消耗量,并应针对性选择钻机、钎子、钻头
等钻孔机具进行钻孔;

2 宜采用中间掏槽、周边光面爆破的方案,并应采用毫秒差雷管
爆破技术。中间掏槽宜为正三角形垂直钻孔或以三角锥形式,底部
不应连通,钻孔间距宜为 400mm~500mm。掏槽深度宜为 1.65m~
1.70m。周边孔的每个炮眼孔深度宜为 1.2m~1.5m,孔径宜为
38mm~42mm,孔宜外斜,角度宜为 8°,分布应均匀,并应保证炮
眼孔底落在同一平面上。

8.5.3 孔数、药量计算应符合下列规定:

1 炮眼孔的孔数应按下式计算:

$$N=qs/\alpha\gamma \quad (8.5.3-1)$$

式中: N ——炮眼数量(个);

q ——单位炸药消耗量(kg/m^3),宜取 $1.2\text{kg}/\text{m}^3\sim 2.4\text{kg}/\text{m}^3$;

S ——隧道断面积(m^2);

α ——装药长度与炮眼孔全长的比值,掏槽眼为 0.7,周边眼为 0.5;

γ ——药卷重量,取药卷直径 35mm,重量为 0.96kg/m。

2 装药量应按下式计算:

$$Q=qV \quad (8.5.3-2)$$

式中: Q ——装药量(kg);

V ——被爆破石方体积(m^3)。

8.5.4 爆破作业宜采用微差起爆方式,每次爆破完成后,应利用
鼓风机对爆破处进行通风,1h~2h 后爆破专业人员应进入隧道检
查是否有未起爆雷管、盲炮等现象,并应在确定所填炸药均已爆炸
后,再应进行下一道工序。

8.5.5 每次爆破完成并确认无危险后,施工人员应对爆破碎石进
行清理运输。

8.5.6 套管顶进中心线偏差不应大于套管长度的 5%。

8.5.7 作业坑回填应按本规范第 8.3.6 条的规定执行。

8.6 平衡法顶管穿越施工

8.6.1 施工准备应符合下列规定：

1 当采用平衡法顶管穿越时，可选择泥水平衡或土压平衡顶管机。当遇有地下水比较丰富、地层松软等宜坍塌地段时，宜选择泥水平衡顶管，其他水文地质条件宜选择土压平衡顶管。应根据顶管管段的直径选择合适外径的顶管机械。刀头直径宜比套管外径大 40mm~60mm；

2 应对竖井的几何尺寸、强度、洞口中心线进行交接验收，合格后，应办理交接手续；

3 在工作井内安装顶管机轨道、后座顶板、后座千斤顶、顶管机及配套设施，应牢固稳定，且应进行顶管机试运行。

8.6.2 测量放样应符合下列规定：

1 根据设计给定的测量成果书，应将地面坐标高程及方向传递到工作井中；

2 应用测量仪器测出顶管设计中心线，并应进行顶管轨道的调整和固定。调整时应使顶管设备中心线与顶管设计中心线保持一致。

8.6.3 顶管始发应符合下列规定：

1 始发时，可采取橡胶法兰止水。当土质较软或有流沙时，应在管子顶进方向距离工作井边一定范围内，对土体进行改良或加固，且地下水和泥砂不应流入井内；

2 当顶管机准备始发时，应先破除封门并将杂物清理干净后将顶管机刃进工作井井壁中；

3 当机头始发推进时，应调整主顶油缸编组，不应使机头始发入土后下沉；

4 第一节顶管的中心线偏差值应控制在 5mm 以内。

8.6.4 管道顶进应符合下列规定：

1 顶进控制应符合下列规定：

- 1) 应选用适宜的注浆润滑材料、制浆工艺、压注方法等降低顶进滞阻力；
 - 2) 注浆润滑材料宜由膨润土、羧甲基纤维素、烧碱、纯碱和水按一定比例组成。不同的土质，应采用不同的配方。
- 2 顶管方向控制应符合下列规定：
- 1) 顶管过程中应及时纠偏；
 - 2) 应根据机头的折角、倾斜仪基数和走动趋势、前后尺读数比较等进行方向纠偏。不宜采用大于 30' 的折角纠偏，必要时，应在土壤条件适宜的地段进行纠偏作业；
 - 3) 纠偏动作无效时，应立即停顶，并应检查和排除故障。
- 3 顶管施工应选用合适的密封材料和密封结构进行顶管过程中密封；
- 4 顶管穿越的沉降控制应符合下列规定：
- 1) 应进行地面检测，优化顶管机参数；
 - 2) 应将泥浆套随机头向前移动，形成连续的环状浆套；
 - 3) 应控制纠偏角度；
 - 4) 必要时，施工完毕后可对套管外环形空间加注水泥砂浆。
- 5 顶管质量应符合表 8.6.4 的规定。

表 8.6.4 顶管质量

序 号	项 目	允许偏差(mm)
1	横向贯通偏差	±100
2	高程贯通偏差	±50
3	地面隆起最大极限	+30
4	地面沉降最大极限	-30

8.6.5 顶管进洞前，应做好各项准备工作。进洞后应将机头连接的管子分离，且应将机头吊离井外后，方可对井内泥浆进行处理和进行洞口封门止水。

8.6.6 顶管施工测量应符合下列规定：

- 1 顶管施工控制测量应符合下列规定：

- 1) 顶管施工测量应确定顶管方位与高程, 并应正确标定顶管中心线;
 - 2) 应建立地面平面控制网和高程控制网, 并应将地面坐标、方位和高程准确传递到地下;
 - 3) 顶进施工中应针对管道不断运动的特点, 合理进行误差分配。
- 2 竖井联系测量应符合下列规定:
- 1) 联系测量工作应包括方向传递、坐标传递及高程传递。应通过竖井将方位、坐标及高程从地面上的控制点传递到地下导线点和地下水准点, 并应以此作为地下控制测量的起始点;
 - 2) 地面坐标及方向传递应用仪器配合, 可采用极坐标法, 将地面坐标及方向传递到出发井中; 并应采用仪器测出井下三角形边角并应与理论值计算比较后, 方可确定顶管设计中心线;
 - 3) 高程传递应采用检定合格后的钢尺、持重锤, 应用两台水准仪在井上下同步观测, 并应将高程传至井下固定点。高差中误差限差应小于 $\pm 1\text{mm}$; 顶管过程中, 高程传递应至少进行 3 次。
- 3 井下控制测量应符合下列规定:
- 1) 方位测量应以竖井联系测量的井下起始边为支导线的起始边, 并应沿顶管设计方向布设控制中线, 每 9m 应做 1 个标志点, 顶管每顶进 100m 时, 应用陀螺仪定向校核 1 次中线定向精度; 当顶管顶进时, 应随时调整钢管周边压浆压力和压浆量;
 - 2) 高程控制测量应以竖井传递的水准点为基点, 每 100m 应设 1 个固定水准点, 每次停止顶进后应沿顶管直线往返测量标高; 测量精度应满足国家三等水准测量规范施测要求。

4 顶管顶进测量应符合下列规定：

- 1) 顶管姿态测量应包括仰角、滚动角、水平角和高程偏差值；
- 2) 应采用姿态测量仪器进行姿态测量；
- 3) 在顶管内应按可接受激光束的光靶传感器校正顶进姿态；
- 4) 根据顶进姿态测量数据，应及时调整顶管机顶进方向。

8.6.7 套管安装应符合下列规定：

1 混凝土套管安装应符合下列规定：

- 1) 混凝土管安装时，凹凸口应对中，环向间隙应均匀；
- 2) 插入安装前，管头部位应均匀涂刷润滑材料；
- 3) 承插时外力应均匀，橡胶圈应固定、不翻转、不露出管外；
- 4) 相邻管节错口应小于 15mm，且应无碎裂，接口抗渗试验应符合设计要求。

2 钢套管安装应符合设计要求。

9 盾构法穿越施工

9.1 一般规定

9.1.1 采用盾构法隧道穿越水域时,宜使用泥水平衡式盾构掘进机。

9.1.2 盾构始发井施工场地应能满足竖井施工、吊装作业、管片存放、泥水处理、渣土临时堆放场地、材料加工与存放、充电间、供电站等施工作业与办公、生活设施临时用地面积的要求。

9.2 施工准备

9.2.1 始发和接收井场地应符合下列规定:

1 应根据隧道长度确定施工场地面积,当隧道长度小于1500m时,始发井施工场地面积不宜小于 8000m^2 ;当隧道长度大于1500m时,始发井施工场地面积不宜小于 10000m^2 。接收井施工场地面积不宜小于 4000m^2 。始发与接收井应设置永久弃渣场,面积应满足项目建设全部渣土存放的要求;

2 始发与接收井场地应能满足盾构设备组装、拆除、吊装入井和出井的要求;

3 进出场道路应满足盾构机设备和材料进出场运输的要求;

4 生活和机械用水应符合健康和设备冷却规定的要求;

5 通信应满足施工联络与文件传送的要求;

6 施工用电应满足施工所需的用电量、用电等级的要求;

7 竖井中心40m范围内不应有永久架空高压线路。

9.2.2 盾构机选型及配套设备准备应符合下列规定:

1 应根据隧道功能、外径、长度、埋深等参数,工程地质和水文地质条件、沿线地形、建(构)筑物、地下管线等环境条件以及对

地层变形的控制要求,结合开挖、衬砌、施工安全、经济和工期等因素综合分析确定;

2 穿越水域盾构隧道,盾构设备应满足设计规定隧道尺寸的要求。当水压小于 0.2MPa 时,可选用泥水加压平衡式盾构掘进机对砂层、卵砾石、砾石、软硬交错复合等地层进行穿越;当水压大于或等于 0.2MPa 时,宜选用泥水加压气压平衡式盾构掘进机,并应具备气压作业工作舱室,且应配备用于安装超前钻孔与超前注浆设备的功能与装置;

3 盾构机及其配套设备,在使用前应进行单机、联机总装调试,检测试验性能、安全保护、润滑、刀具配置等应能满足完成盾构隧道掘进施工的要求;

4 配备的备用发电机、空气压缩机和照明设备的功率及水泵的总排量均应满足施工要求;

5 应配备泥浆(水)分离、脱水处理设备和单、双液移动式注浆泵,并应符合环境保护要求;

6 应选用安全可靠的吊装与隧道内运输设备;

7 泥水处理装置处理能力应满足渣土与泥浆(水)分离和脱水处理要求,且不应小于 $350\text{m}^3/\text{h}$;

8 盾构法隧道应优选采用通用型管片结构,不宜采用标准环、异型环管片和调整垫,并应保证管片拼装防水效果符合设计规定。

9.3 施工测量

9.3.1 隧道施工测量应按设计施工图提供的坐标与穿越轴线测量定位,并应依据勘测成果控制网坐标和高程系统和精度等状况,制定盾构施工控制测量方案。

9.3.2 在盾构始发和接收井之间应建立统一的施工控制测量系统,每个井口布设不应少于 3 个控制点。

9.3.3 地面控制网的建立应符合本规范第 7.2.6 条的规定。

9.3.4 盾构法隧道施工测量应包括下列内容：

- 1 将地面上的坐标、高程准确地传到地下合适的位置；
- 2 在地下进行平面控制测量和高程控制测量；
- 3 地面沉降测量；
- 4 隧道贯通测量；
- 5 竣工测量。

9.3.5 隧道工程贯通前应根据设计轴线复核测量。

9.3.6 竣工测量应符合下列规定：

- 1 隧道竣工测量主要内容应包括竖井中心坐标、隧道轴线平面偏差、高程偏差、衬砌环椭圆度以及隧道纵、横断面测量等；
- 2 当进行隧道竣工测量时，直线段每 30m、曲线段每 10m 应测量 1 处横断面，断面上的测点位置应包括高程和横断面各一点；
- 3 横断面测量宜采用全站仪极坐标法，测量误差应为 $\pm 10\text{mm}$ ；
- 4 竣工测量成果应按建设单位规定要求进行归档。

9.4 出、进洞密封

9.4.1 出进洞位置防水密封装置应根据地质条件、设备规格、施工情况、环境条件等确定。

9.4.2 出进洞密封安装应符合下列规定：

- 1 在盾构出洞和进洞之前，应预先安装出进洞密封；
- 2 出进洞密封中心应与盾构隧道中心线一致，误差不应大于 10mm；
- 3 安装出进洞密封应进行技术交底；
- 4 出洞密封选用与安装，应根据盾构机进入密封圈内相对位置与角度，对翻板进行调整并应扭紧螺栓。

9.4.3 当砂土、卵砾石地层盾构始发段地下水压力小于 0.2MPa

时,可采用单层橡胶袜套密封;当地下水压力大于 0.2MPa 时,应采用钢筒复合防水密封圈,注水加压不应小于井筒外侧地下水压力;当加压时,应检查各部密封效果和盾构机支撑、推垫的稳固状况。

9.4.4 当在砂层与卵砾石地层地段施工,盾构贯通接收段地下水压力大于 0.1MPa 时,宜采用水下贯通法,盾构机贯通进洞后,应通过管片与井壁预埋注浆孔进行反复交替压注双液浆,并应通过预留注浆孔进行探水检查,止水后应排除井内泥水。

9.4.5 出进洞密封拆除应符合下列规定:

1 出洞密封的拆除应在盾构法隧道掘进 80m 后,并应在洞门管片隧道与井壁空隙间进行注浆止水工作后,同时应使盾构掘进推力的承载能力满足隧道稳定的条件下,方可进行出洞门密封的拆除。洞门拆除后应按设计规定完成结构处理;

2 进洞密封拆除前应对洞门管片隧道与井壁空隙注浆的止水效果进行评估,合格后方可拆除。洞门拆除后应按设计要求完成结构处理并应支模浇筑混凝土。

9.5 管片制作

9.5.1 混凝土管片的混凝土强度等级不宜低于 C50,受力钢筋的混凝土保护层厚度不应小于 30mm。

9.5.2 管片拼装应使用质量合格的管片、螺栓和防水密封材料,施工时管片及防水密封材料不应损坏。

9.5.3 每块管片中心部位应设置 1 个注浆孔,注浆孔内径宜为 50mm,注浆孔中宜设置逆止阀。

9.5.4 管片的质量应符合下列规定:

1 应按设计要求进行结构性能检验,检验结果应符合设计要求;

2 管片强度和抗渗等级应符合设计要求;

3 吊装预埋件首次使用前应进行抗拉拔试验,试验结果应符合

合设计要求；

4 混凝土管片外观质量应符合表 9.5.4-1 的规定：

表 9.5.4-1 混凝土管片外观质量要求

序号	项 目	质 量 要 求
1	贯穿裂缝	不允许
2	非贯穿裂缝	内表面不允许，外表面裂缝宽度不大于 0.20mm
3	拼接面裂缝	拼接面方向长度不超过密封槽，裂缝宽度不大于 0.20mm
4	内、外表面露筋	不允许
5	疏松、夹渣	不允许
6	麻面、粘皮	表面麻面、粘皮总面积不大于表面积 的 5%，允许修补
7	缺棱掉角、飞边	允许修补
8	环、纵向螺栓孔	畅通、内圆面平整，不应有塌孔

5 每天或每 15 环应随机抽取 1 块管片进行检验，允许偏差和检验方法应符合表 9.5.4-2 的规定。首次试使用的模具检测，应检测合格后投入生产作用，并应对首次生产管片进行 100% 检验。

表 9.5.4-2 管片允许偏差和检验方法

项目	允许偏差(mm)	检验工具	检验数量
宽度	±1	卡尺	3 点
弧、弦长	±1	样板、塞尺	3 点
厚度	+3 -1	钢卷尺	3 点

9.5.5 试生产前 3 环应进行水平拼装检验，正常生产过程中每生产 300 环管片应进行水平拼装检验 1 次，水平拼装允许偏差和检验方法应符合表 9.5.5 的规定。

表 9.5.5 混凝土管片制作、拼装允许偏差和检验方法

序号	项 目	允许偏差(mm)	检验方法
1	水平拼装	环向缝间距	≤3 塞尺
2		纵向缝间距	≤3 塞尺
3		成环后内径	±5 钢卷尺
4		成环后外径	+6 -2 钢卷尺

9.5.6 管片生产标识应包括管片型号、管片编号、模具编号、生产日期等。

9.5.7 管片贮存与运输应符合下列规定：

- 1 管片贮存场地应满足管片存贮与装卸的作用要求；
- 2 管片宜采用内弧面向上或单片侧立的方式码放，每层管片之间应设置垫木，场地内码放不宜超过一环高度；
- 3 管片运输应采取适当的防护措施。

9.6 隧道掘进

9.6.1 盾构机始发准备应符合下列规定：

- 1 施工配套设备应能满足施工进度要求，应与工程规模和施工方法相适应，运行安全应可靠，并应符合环境和保护的要求；
- 2 盾构法施工宜采用独立专线(用)电源，供电质量应达到国家二级供电网标准；配备的自备发电机功率应满足通风、排水、照明、通信、办公与生活保障等要求；外供与自备应急两路电源应能自动或手动切换；
- 3 应在作业场所和通道安装照明设备，隧道、地面应安装防雨型照明灯具；
- 4 施工主要岗位应配备内部通信设备；
- 5 给、排水设备应能保障充足的供水和排水能力，在施工期间应定期保养维修并应保证设备完好，对意外的涌水应有备用设备；

6 盾构机吊装下井应编制专项施工方案,并应包括地面承载能力、吊装机械选择、吊索具、吊装前的安全检测等,同时应由持有特种作业证的专业起重工指挥,并采取相应的防护措施。

9.6.2 盾构机下井前应符合下列规定:

1 应进行地面控制、联系、地下控制测量,测量结果应符合设计规定,并应满足施工要求;

2 检测始发轨道、洞门与隧道中心线应一致,并应满足设计要求;

3 检查各电线(缆)、配电柜、排水泵、照明等用电设备应满足建筑施工企业安全用电管理制度规定的要求;

4 测量始发轨道、洞门密封安装、井壁洞门中心线应一致,并应满足设计要求;

5 完成盾构机组装后,对盾构机体姿态与隧道设计穿越始发轴线应复核测量,并应完成对盾构掘进测量系统参数的修正与设置。

9.6.3 盾构机始发符合下列规定:

1 盾构机组装、调试应按设备组装先后顺序、次数进行,应采取单机、系统、联机的方式分步、分项进行试运;

2 盾构机头推入井壁洞门密封过程,应将盾构机刀盘边延突出的刀具采取防护措施或拆除;

3 应根据始发掘进出洞段周围地层情况合理设置泥水压力;

4 井壁洞门破除宜采取较低的推力与低转速掘进,洞门井壁破除过程应随时观测泥水压力变化情况,并应及时调整供排泥水流量。

9.6.4 盾构掘进应符合下列规定:

1 盾构起始段施工应根据隧道穿越的地质条件、地表环境情况,通过试掘进确定合理的掘进参数和背注浆量,并保持掘进面土体稳定。应控制掘进方向沿着隧道设定轴线掘进,并应符合设计和本规范要求;

2 盾构掘进速度应与进排浆流量、开挖面泥水压力、进排泥水、出土量保持平衡, 应与同步注浆速度相协调;

3 盾构掘进中应严格控制隧道轴线偏差, 根据盾构姿态与偏离方向应逐步纠正, 使偏离量控制在允许值范围内。隧道中心线平面位置允许偏差应为 $\pm 150\text{mm}$, 隧道中心线高程允许偏差应为 $\pm 150\text{mm}$, 并应满足管道安装弹性敷设的要求;

4 在岩石层掘进时应全面了解岩石层特性, 遇有岩爆、岩胀、断裂破碎带岩层时, 应保持均衡掘进减少停机时间, 并应严格控制纠偏调整量, 且应经常检查径向刀具的磨损量并及时更换;

5 盾构掘进期间遇有设备故障、意外的地质变化、掘进面发生坍塌或遇有障碍、盾构自转角度过大、盾构位置偏离过大、盾构机刀盘掘进扭矩发生较大波动时, 应立即暂停掘进, 查明原因经处理后方可继续施工;

6 在松散软弱地层掘进时, 宜启用盾构机的辅助气压平衡功能, 应实时监控开挖面泥水压力与供排泥水、开挖出渣量, 并保持开挖面稳定;

7 当盾构掘进至距离接收洞门 $80\text{m}\sim 100\text{m}$ 时, 应进行隧道轴线贯通前的方向传递测量; 当掘进至距离接收洞口 $5\text{m}\sim 8\text{m}$ 时, 应减小盾构推进速度、推力; 当破除洞门井壁时, 应将盾构掘进速度与推力调整最低;

8 在盾构掘进过程中, 应对空气质量、可燃气体、有害气体进行检测。当不满足下列指标之一时, 应采取通风措施处理:

- 1) 空气中氧气含量应大于 20% ;
- 2) 瓦斯浓度应小于 0.75% ;
- 3) 一氧化碳应小于 $30\text{mg}/\text{m}^3$;
- 4) 二氧化碳应小于 0.5% (按体积计);
- 5) 氮氧化物换算成二氧化氮不应超过 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

9.6.5 管片拼装应符合下列规定:

- 1 盾构机推进后的姿态应符合隧道轴线控制的要求, 管片拼

装前应对前一环管片端面进行清理,并应在拼装前确认管片、防水密封性能完好,如存在损坏应采取修补或更换措施;

2 管片拼装作业人员,应经过操作培训并考核合格,拼装机作业应由专人负责操作指挥;

3 管片拼装区域,在拼装机抓举、水平、旋转运动未到时,拼装机下方不得有人员进入;

4 管片拼装应按设计轴线选用管片;

5 在拼装中应随时观察液压推进油缸与顶块位置,出现管片位置偏离应及时修正;

6 每环完成封顶块管片拼装后,应检测其各项指标,按测得指标值应作圆环校正,并应拧紧所有纵向、环向连接固定螺栓。

9.6.6 管片拼装偏差应符合表 9.6.6 的规定:

表 9.6.6 管片拼装偏差

序号	项 目	允许偏差
1	环向相邻管片平整度错台	$\leq 8\text{mm}$
2	纵向相邻管片错台	$\leq 9\text{mm}$
3	衬砌圆环直径椭圆度允许偏差	$\leq \pm 8\% D$
4	管片拼装缝间隙允许偏差	$\pm 2\text{mm}$

注: D 为隧道外直径(mm)。

9.6.7 管片拼装检查时,其密封材料应无损伤。

9.7 不良地质段施工

9.7.1 盾构不良地质段分类应包括富含水、软弱松散地层、砂土、卵砾石地段、断裂带、岩胀地段、溶洞地段、软硬不均交互地段、可燃气体和有害气体地段。

9.7.2 不良地质段施工应符合下列规定:

1 富含水、软弱松散地层施工应符合下列规定:

1) 应选用带有辅助气压平衡功能的泥水平衡盾构掘进机,盾构掘进机应配置气压工作舱并应满足人员带压更换刀

具与清障的要求；

- 2) 应根据地层特征、地质变化、水土压力、建(构)筑物,合理设定掘进控制参数；
 - 3) 应优化调整循环泥浆比重、黏度、供排泥水压力与流量等主要参数,并应保持掘进面稳定；
 - 4) 应根据地层变化及时调整同步注浆量、注压力、浆液性能参数、必要时应进行多次补注浆；
 - 5) 应根据盾构掘进里程、地质条件计算盾尾密封刷的磨损,并应制定更换密封专项方案；
 - 6) 应加强对隧道轴线两侧 30m 范围内水利设施、堤防、地上与地下建(构)筑物、管道的地表沉降观测,并应根据观测结果及时调整掘进参数与注浆量。
- 2 砂土、卵砾石层地质段施工应符合下列规定：
- 1) 应选用带有辅助气压平衡功能的泥水平衡盾构掘进机,盾构掘进机应配置气压工作舱满足人员带压更换刀具与清障的要求；
 - 2) 应合理配置选用刀具、数量、分布,选择适宜的刀盘开孔率；
 - 3) 应配备具有满足卵砾石和掘进速度相适应的破碎结构；
 - 4) 应优化调整循环泥浆比重、黏度、供排泥水压力与流量等主要参数,并应保持掘进面稳定；
 - 5) 应加强地表沉降观测,并应根据观测结果调整掘进参数,同时应加强同步注浆和多次补注浆控制；
 - 6) 应选择适宜的地点及时更换刀具。
- 3 断裂带、岩胀地段施工应符合下列规定：
- 1) 根据岩石抗压强度、岩爆、岩胀的情况,应合理设定刀盘转速、推力、掘进贯入量、纠偏调整量的参数；
 - 2) 应加强同步注浆和多次补注浆；
 - 3) 根据泥水含渣量与比重,应采用清水掘进及时调整或更

换循环水。

4 溶洞地段施工应符合下列规定：

- 1) 盾构掘进机内应具备安装超前钻机的结构、超前水平钻探与注浆的功能，并应配置气压工作舱；
- 2) 应详细查明溶洞分布、数量、大小，并应采取注浆充填措施；
- 3) 应根据溶洞的具体情况采取合理、有效的预处理措施。

5 软硬不均交互地段施工应符合下列规定：

- 1) 应配置气压工作舱满足人员带压更换刀具与清障的要求；
- 2) 应根据岩石层的性能，配置刀盘刀具性能、种类、数量和分布；
- 3) 应合理设定刀盘转速、推力；
- 4) 应加强导向测量人工复测。

6 可燃气体和有害气体地段施工应符合下列规定：

- 1) 在隧道和盾构机内部，应安装气体检测仪，对隧道和盾构机内部空气状况应实时不间断监测。当有害气体含量超标时，应采取有效措施处置合格后方可继续掘进；
- 2) 应加强隧道和盾构机内部通风；
- 3) 应配置开挖面和舱内的可燃、有害气体有效排放转换管道。

9.7.3 出进洞地段不良地质段施工应符合下列规定：

1 宜根据地层状况、隧道上方土层厚度、水土压力、环境条件等合理选择地质改良和井点降水施工工艺和方法；

2 在砂土层、淤泥地层始发段，宜根据地下水压力、周围环境等影响因素，采取井点降水或深层搅拌桩或高压旋喷桩或多种工法组合进行地质改良；

3 卵砾石层、中粗砂层、地质改良宜选用高压旋喷桩；

4 深度小于 20m 的砂土层、地质改良宜选用搅拌桩或高压旋喷桩；地质改良深度超过 20m，宜选用高压旋喷桩；

- 5 淤泥层地质改良宜选用搅拌桩或高压旋喷桩；
- 6 砂土与卵砾石地层盾构出洞始发段地质改良范围不应小于 5m 长，横向截面不宜小于盾构机外径 3D；
- 7 砂土与卵砾石地层盾构进洞接收段地层，地质改良范围不应小于盾构机体长度的 1.2 倍；
- 8 地质改良完成后，应进行钻孔取芯试验。

9.8 壁后注浆

9.8.1 壁后注浆应符合下列规定：

1 注浆准备应符合下列规定：

- 1) 应根据工程地质条件、设备状况、施工情况等条件选择注浆材料，注浆前应进行注浆材料的试验；
- 2) 应根据工程地质条件、隧道状况、环境要求等合理选用单液注浆或双液注浆材料；
- 3) 注浆前应按施工要求准备制浆、储浆、注浆设备，并进行设备试运转。

2 应根据工程地质、隧道沉降及地表沉降的控制要求进行同步注浆和二次注浆，二次注浆应一次或多次注入，注浆充填系数宜按 1.3~2.5 选择；

3 注浆压力与速度应根据掘进面地质、水土压力的变化，及时调整修正注浆压力。注浆压力不宜超过被注浆部位水土压力 0.15MPa，并确保隧道管片不产生位移和损坏；

4 注浆量应按下式计算：

$$V = k\pi L(D^2 - d^2)/4 \quad (9.8.1)$$

式中：V——每环的注浆量(m³)；

D——盾构机掘进切削外径(m)；

d——管片拼装成型外径(m)；

L——推进一环的距离(m)；

k——注浆量调整系数，应按地质、水土压力变化和沉降控

制要求确定,系数宜为 1.3~2.5。

5 应按制定的配比拌制注浆用浆液。注浆设备及注浆器具应满足持续泵送浆液作业的能力要求;

6 注浆设备及管路,应在停注后立即用清水冲洗干净,注浆设备应配备有压力自动控制或压力控制调节溢流阀;

7 注浆作业应与盾构掘进施工同步,单位时间注入量应与掘进速度相匹配,并应记录注浆施工情况;

8 壁后注浆材料应满足强度、流动性、可填充性、凝结时间、收缩率、环保等要求,并宜按地质特征合理选用,壁后注浆抗压强度宜为 1MPa~5MPa,松散软弱地层宜为 1MPa~2MPa,岩石层不宜超过 5MPa。

9.8.2 地面沉降控制应符合下列规定:

- 1 公路、大堤的沉降量应控制在-30mm~10mm;
- 2 其他地段地表沉降量应控制在-50mm 以内;
- 3 应符合地方相关规定。

9.9 隧道防水

9.9.1 隧道防水应符合下列规定:

1 盾构隧道防水、接缝防水密封橡胶条的构造形式、密封材料的性能与截面尺寸应符合设计要求;

2 拼装前发现防水密封损坏,应进行修补或更换;

3 管片拼装缝渗漏水时,应采用二次注浆。

9.9.2 盾构隧道防水等级不应低于三级防水,充水隧道防水等级应为三级。

9.9.3 盾构隧道应在最低部位设置排水设施,且应满足施工与运行过程排水的要求。

9.10 带压进舱作业

9.10.1 带压进舱主要作业应包括刀具更换、清障等,进舱前准备

应符合下列规定：

1 进舱前应了解掌握掘进面地层条件、水土压力、可燃与有害气体、从事作业内容等情况，并应制定进舱作业专项方案；

2 进舱前应根据专项作业方案，完成各种资源准备，且应包括人员组织、材料、工夹具、机具设备等；

3 进舱前应制定应急预案；

4 进舱前应对操作内容、技术、风险与应急措施方案进行全面交底。

9.10.2 带压进舱前应完成检查和准备工作，并应符合下列规定：

1 人员进舱前应通过观测管口，检查掘进面泥渗漏水量与水土压力、可燃或有害气体情况；

2 应全面检查带压进舱作业设备与应急设备，并应进行试运；

3 应采用两套气压控制装置；

4 带压作业区域内严禁采用明火。当使用电焊、气割时，应对所用设备加强检查，并应加强通风置换和增加消防设备；

5 应对进舱作业人员进行身体检查，24h内应无饮用碳酸与酒精饮料。

9.10.3 进舱作业应符合下列规定：

1 作业全过程中应安排专人在舱外监管与值守；

2 应严格按照进舱作业专项方案和操作规程作业；

3 应连续不间断进行可燃气体和有害气体检测；

4 在不稳定地层进舱时，应采取地层加固或气体加压方法等措施；

5 应密切观测作业面地层渗水量与掘进面土体稳定情况，发现异常操作人员应立即撤离。

9.10.4 应根据作业前实测泥水压力与渗水量，并应通过计算和试验确定合理的气压，同时应保持开挖面稳定和防止地下水渗漏。

9.10.5 掘进面地层和气压舱应满足气密性要求。

- 9.10.6** 刀盘舱和气压舱内空气质量应满足作业人员安全要求。
- 9.10.7** 作业人员进舱工作 24h 内不应超过 1 次,进舱 1 次停留时间最长不应超过 6h,压力不宜超过 0.30MPa。当超过 0.30MPa 时,应采用相应的措施。
- 9.10.8** 应对进舱人员、携带品、工具、材料、机具、工作内容与时间、物料消耗、人员加压与减压时间和工作压力等做好完整详实记录。

10 开挖法穿越施工

10.1 一般规定

10.1.1 河流、冲沟开挖穿越施工宜选择在枯水季节。雨季施工时应采取相应的安全措施。

10.1.2 有航运的河流或水域应设标志牌,并应标明禁止抛锚、挖砂;无航运的水域也应设置标志牌,并应标明禁止挖砂。

10.1.3 应根据施工图测量管沟中心线、管沟底标高和管沟上口边线,测量结果应符合设计要求。

10.1.4 应确定导流沟、截水坝、发送道、牵引道的几何尺寸,并进行施工场地平面布置。

10.2 不带水开挖穿越施工

10.2.1 围堰和导流应符合下列规定:

1 导流沟底应低于入口处河流水面,且沟底沿水流方向应有一定的坡度。导流沟宽度应根据河水流量的大小确定;

2 河流上下游两截水坝之间的距离应能满足施工作业要求。坝顶应高出施工期水面 1.0m~1.5m,且不应超过河岸最低点;断面应为梯形,其边坡比宜为 1:1~1:2,坝顶的宽度应根据河水的深度确定,宜为 2m~5m;

3 当采用柔性止水帷幕技术时,宜将具有良好防渗性的彩条布以人工方式缝制在一起,沿基坑迎水面铺设止水帷幕,并宜抛洒中粗砂使止水帷幕与基坑迎水面紧密结合。

10.2.2 管沟开挖应符合下列规定:

1 采用围堰的方法开挖管沟,应根据穿越地段的岩土性质、施工方法、施工机具情况确定降水方法。当开挖地段为砂土、黏土

时,可采用明沟排水等方法;当为淤泥、流砂、粉砂和细砂时,可采用井点降水等方法;

2 堰内管沟开挖应采用机械、人工或爆破方法。爆破成沟应符合本规范第 10.4.1 条~第 10.4.6 条的规定。

10.2.3 河底管沟几何尺寸和质量应符合下列规定:

1 河底管沟的沟底宽度和边坡尺寸应根据土石性质、水流速度、开挖深度和施工方法或试挖资料确定。当无试验条件和资料时,可按表 10.2.3 确定沟底宽度和边坡数据;

表 10.2.3 不带水开发时沟底宽度和边坡数据

土石名称	沟底最小宽度(m)	管沟边坡	
		沟深 \leq 2.5m	沟深 $>$ 2.5m
淤泥、粉细砂	$D+4(8)$	1:3.5	1:5
中粗砂、卵砾	$D+3(6)$	1:3	1:4
砂土	$D+2(5)$	1:2.5	1:3
黏土	$D+2(5)$	1:2	1:2
岩土	$D+2(5)$	1:0.5	1:1

注:1 如遇流砂、沟底宽度和边坡数据,应根据施工方案另行确定;

2 当用围堰方法挖沟,在沟下焊接时,沟底宽度应为 8m~12m;

3 D 为管子外径(包括防腐层或保温层厚度);

4 ()内为采用沟下组焊规定值。

2 河底管沟应平直,不应有土坎,中心线偏移不应超过 200mm,管沟深度应符合设计要求,其允许偏差应为 \pm 200mm。

10.2.4 管道敷设除应符合现行国家标准《油气长输管道工程施工及验收规范》GB 50369 的有关规定外,还应符合下列规定:

1 管道敷设的任何工序均应对管道防腐层进行保护,不应损坏防腐层。管道下沟前应进行电火花检漏,发现漏点应及时补伤,合格后方可下沟;

2 管道就位前,应对管沟的标高、中心线位置和几何尺寸进

行复测,且应符合设计要求;

- 3 管道敷设宜在堰内进行管道安装、下沟、回填;
- 4 管道敷设宜采用底拖法、漂浮法施工。

10.2.5 管道压载及回填应符合下列规定:

- 1 应对下沟管道进行标高测量和管道中心线测量,合格后方可进行管沟压载和回填;
- 2 应按设计要求安装加重块、装配块、马鞍块、压载袋、地锚,并应对连续混凝土进行覆盖后实施回填;
- 3 回填后应对管道的中心线、标高进行复测并应符合设计要求。

10.2.6 地貌恢复应符合下列规定:

- 1 施工期间应保持施工现场周围的生态环境,工程完毕后,应立即拆除截水坝、导流沟等临时设施,并应恢复地貌;
- 2 应按设计要求及时完成护岸和护坡的砌筑工程。

10.3 带水开挖穿越施工

10.3.1 水下开挖管沟应符合下列规定:

- 1 对河床土层松软、水流速度小、回淤量小的河流,宜采用绞吸式或吸扬式挖泥船开挖管沟。当河床土层为硬土层或卵石层时,可采用抓斗挖泥船或轮斗挖泥船开挖管沟;
- 2 当河床地层为砂土、黏土或夹卵石时,可用拉铲配合其他方法开挖管沟;
- 3 当河床地层为岩石时,可采用爆破成沟,爆破成沟应符合本规范第 11.2 条的规定。

10.3.2 河底管沟几何尺寸和质量应符合下列规定:

- 1 河底管沟的沟底宽度和边坡尺寸应根据土壤性质、水流速度、开挖深度和施工方法或试挖资料确定。当无试验条件和资料的情况时,可按表 10.3.2 确定沟底宽度和边坡数据;

表 10.3.2 带水开挖时沟底宽度和边坡数据

土石名称	沟底最小宽度 (m)	管沟边坡	
		沟深<2.5m	沟深>2.5m
淤泥、粉细砂	D+5	1:4	1:6
中粗砂、卵砾石	D+4	1:3.5	1:5
砂土	D+3	1:2.5	1:4
黏土	D+3	1:2	1:3
岩石	D+2	1:0.5	1:1

注:当遇流砂时,沟底宽度和边坡数据应根据施工方案另行确定。

2 河底管沟应平直,不应有土坎,中心线偏移不应超过 500mm,管沟深度应符合设计要求,其允许偏差应为±300mm。

10.3.3 管道牵引就位应符合下列规定:

1 牵引前应将发送沟、发送架、牵引场地、牵引设备等准备完毕;

2 管道牵引就位前,应对管沟的沟底宽、标高、中心线位置和几何尺寸进行复测,确认符合设计和本规范规定后,方可牵引;

3 当穿越管道未采用预制配重层管时,可采用充水配重底拖法或漂管法。当采用预制配重层管时,宜采用漂管法牵引就位;

4 沿河底拖管就位应符合下列规定:

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

$$G=(G_1+G_2+G_3+G_4)L \quad (10.3.3-1)$$

$$F=(G-\gamma V)L \quad (10.3.3-2)$$

$$V=V_1+V_2+V_3 \quad (10.3.3-3)$$

式中: G ——待牵引管道的重量总和(kg);

G_1 ——每米管道的重量(kg);

G_2 ——每米管道上附加的橡胶板重量(kg);

G_3 ——每米管道上附加的混凝土压重块的重量(kg);

G_4 ——每米管道上的防腐层的重量(kg);

L ——管道长度(m);

F ——待牵引管道在全部入水中时的负浮力(kg);

V ——每米待牵引管道外廓的排水体积(m^3);

V_1 ——每米带防腐层管道排水体积(m^3);

V_2 ——每米橡胶板排水体积(m^3);

V_3 ——每米配重块排水体积(m^3);

γ ——穿越水域中水的密度(kg/m^3)。

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

$$N_1 = g(\alpha_1 G f_1 + T) \quad (10.3.3-4)$$

$$N_2 = g(\alpha_2 F f_2 + T) \quad (10.3.3-5)$$

式中: N_1 ——发送道起动时的牵引力(N);

N_2 ——沿河底拖管所需的牵引力(N);

α_1 ——起动系数, 宜取 2;

α_2 ——起动系数, 宜取 2, 当不存在停止再启动时, 可取 1;

f_1 ——管道与牵引道的摩擦系数;

f_2 ——管道与河底的摩擦系数;

T ——钢丝绳重量(kg);

g ——重力加速度(N/kg)。

2) 牵引设备的选用, 应根据最大牵引力的大小和施工单位现有装备情况确定, 牵引设备能力不应低于最大牵引力的 1.2 倍;

3) 钢丝绳的选用, 应按最大牵引力选择钢丝绳, 钢丝绳的安全系数应大于或等于 3.5; 管道牵引应使用预拉后的钢丝绳, 预拉力应为钢丝绳许用拉力的 15%~20%;

4) 拖管应采用发送装置。发送方式应根据穿越工程的具体

情况和施工单位现有的装备能力来确定；

5)大型河流穿越,应修筑牵引道。牵引道与管道施工作业带宽度相同,长度应满足牵引作业正常进行。

5 漂管过河应符合下列规定：

- 1)当管道穿越湖泊水库及水流速度在 0.2m/s 以下的河流时,可采用漂管过河；
- 2)漂管过河可根据施工现场条件选择直线漂管过河或旋转漂管过河的方式；
- 3)当管道重量等于或大于浮力时,可采用加浮筒的方法进行浮拖。

10.3.4 稳管应符合下列规定：

1 水下穿越管段应稳定在所要求的位置上,并按设计要求进行稳管；

2 当穿越管段安放配重块、石笼、浇筑混凝土连续覆盖层时,不应损坏管道的防腐层；

3 当采用加重层稳管方法时,稳管用材料、稳管结构应符合设计要求,加重层的厚度偏差、强度、外观质量应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。加重层管子的吊装应采用专用吊装设备,其吊装能力及方式应满足相应要求；

4 当采用复壁管稳管方法时,复壁管环行空间注水泥浆前,内管应充满水且保持一定的压力。注浆时应在排放口取样,测定水泥浆的相对密度,应达到设计相对密度时注浆。水泥浆性能应符合表 11.3.4 的规定。当凝结时间不满足要求时,可向水泥浆内加缓凝剂。当水泥浆密度较大时,可加重晶石粉。

表 10.3.4 水泥浆性能

项目 指标	流动度	初凝时间	终凝时间	密度
不低于	160mm	8h~10h	18h~24h	1800kg/m ³

10.3.5 地貌恢复和护岸应符合下列规定：

- 1 管道牵引就位后,应按设计要求回填；
- 2 施工期间应保持施工现场周围的生态环境,工程完毕后,应恢复地貌；
- 3 应按设计要求及时完成护岸和护坡的砌筑工程。

10.4 爆破成沟

10.4.1 应根据河床水文、地质条件和穿越工程的技术要求,选择植桩爆破法、埋入爆破法和裸露爆破法等爆破施工方法。

10.4.2 土石爆破炸药量的计算应符合下列规定：

- 1 当最小抵抗线 $h < 3\text{m}$ 时,集团装药量应按下式计算：

$$Q = Abh^3 \quad (10.4.2-1)$$

- 2 当最小抵抗线 $h \geq 3\text{m}$ 时,集团装药量应按下式计算：

$$Q = Kh^3(0.4 + 0.6n^3) \quad (10.4.2-2)$$

式中: Q ——集团装药量(中级炸药)(kg)；

A ——介质(土石)抗力系数,应符合表 10.4.2-1 的规定；

b ——爆破作用指数的系数,应符合表 10.4.2-2 的规定；

h ——最小抵抗线(h 等于穿越深度)(m)；

K ——爆破每立方米土石所需药量,应符合表 10.4.2-3 的规定；

n ——爆破作用指数,宜取 1.0~1.5。

表 10.4.2-1 介质(土石)抗力系数

土石名称	a
有砂和碎石的土壤	0.51
生长植物的土壤	0.57
湿砂	0.85
夹砂地	0.66
砂质黏土及坚硬表黏土	0.70
多石土壤	0.77
红黏土	0.98

续表 10.4.2-1

土石名称	a
石灰岩	1.11
花岗岩	1.34
新积土地带	0.26

- 注:1 使用低级炸药时,系数 A 值与中级炸药相同,爆破坚硬的岩石如用低级炸药,应比公式算出的炸药量增加 0.2~0.5 倍;
- 2 当土石为冻土时,系数应增加 0.5 倍;
- 3 当土石为分层土石时,A 值取最坚硬一层的数值;
- 4 当坚硬岩石有缝隙时,系数值应缩小 1/2;
- 5 当有条件时,应用标准装药实验验证系数 A。

表 10.4.2-2 爆破作用指数的系数

装药种类			爆破作用指数 $n=r/h$	爆破作用指数的系数 b	漏斗半径 (破坏半径) r	可见深度 (爆破深度) p	最小抵抗线 $h=r/n$	
压缩 爆破	减量	微量装药	—	0.35	$r=0.57h$	—	$h>r$	
		松散 爆破	漏斗	震荡装药	—	0.70		$r=0.7h$
飞散 爆破 过量 爆破 抛掷 爆破	标准 漏斗	寻常装药	1.00	1.70	$r=h$	$P=0.5h$	$h=r$	
		过量 爆破	1.25 倍 过量装药	1.25	3.12	$r=1.25h$	$P=0.75h$	$h<r$
			1.5 倍 过量装药	1.5	5.06	$r=1.5h$	$P=h$	
			1.75 倍 过量装药	1.75	8.29	$r=1.75h$	$P=1.25h$	
			2.0 倍 过量装药	2.00	13.2	$r=2.0h$	$P=1.4h$	

表 10.4.2-3 爆破每立方米土石所需药量(K 值)

土石名称	土石等级	K
密实砂或湿砂	1,2	1.4~2.0
砂黏土	3	1.2~1.35
坚实黏土	4	1.2~1.5
亚黏土(黄土)	4~5	1.1~1.5
白垩土	5	0.9~1.1
硬石膏、泥灰石、蛋白石	5~6	1.2~1.5
裂缝喷出岩、重负浮石	6	1.5~1.8
贝壳石灰岩	6~7	1.8~2.1
砾石和钙质砾石	6~7	1.35~1.65
砂石、层状砂岩、泥灰岩	7~8	1.35~1.65
钙质砂石、白云岩、镁质岩	8~10	1.5~1.95
砂岩、石灰岩	8~12	1.5~2.4
花岗岩	9~15	1.8~2.25
玄武岩、山岩	12~16	2.1~2.7
石英岩	14	1.6~2.1
斑岩	14~15	2.4~2.55

注:1 表中列 K 值均以硝酸炸药为准;

2 必要时可用标准岩药($K=Q/h$)试爆校正,但 h 不应小于 L (药桩长度)。

10.4.3 当采用植桩爆破施工时,应符合下列规定:

1 应根据穿越工程设计要求,确定钢管药桩规格;

2 药桩长度 L 、药桩入土深度 d 及爆破成沟深度 p 应按下列

公式计算:

$$L = H + H_{\pm} + H_{\pm} \quad (10.4.3-1)$$

$$d = p - p_{\text{下}} \quad (10.4.3-2)$$

$$p = F + S \quad (10.4.3-3)$$

式中: L ——药桩长度(m);

H ——水深(m);

- H_{\pm} ——水面以上药桩长度(m);
- H_{\pm} ——药桩入土深度(m);
- p ——爆破成沟深度(可见深度)(m);
- p_{\mp} ——爆破下座深度,取 0.3~0.5(m);
- F ——管线设计深度(m);
- S ——回淤深度,宜取 1~2(m)。

3 单个药桩炸药量应按下式计算:

$$Q = Ab(H^{0.3} + H_{\pm 0.7})^{2.2} \quad (10.4.3-4)$$

式中: Q ——单个药桩炸药量(kg);

A ——介质抗力系数,取 0.9;

b ——爆破作用指数的系数,取 14.9。

4 当制作钢管药桩时,应将钢管加工成一端为锥形、另一端为敞口的钢管桩;

5 当确定桩位时,应沿穿越中心线每隔 5m~6m 设一个药桩,药桩间距应与排距相等。应根据管沟深度确定植单排或双排药桩,当沟深小于或等于 5m 时,应植单排桩;当沟深大于 5m 时,应植双排桩;

6 应采用打桩机植桩。已植完的药桩在装药前应将药桩上口封口处理;

7 植桩完毕后应进行装药和联接起爆线路,装药完毕后药桩应用于土填好并夯实,桩口上端应密封,并应做好防水处理。

10.4.4 采用埋入爆破法施工,应按爆破施工方案确定炸药包埋放位置,并应将包扎好的炸药包植入药坑。当坑里有水时,应做好配重和防水处理,并应在确认后回填。

10.4.5 采用裸露爆破法施工,应做好炸药包配重和防水处理,联接起爆线后,应按设计规定的药包间距投在穿越河床中心线上,偏差不应超过 0.5m。

10.4.6 爆破器材性能和质量应符合现行国家标准《土方与爆破工程施工及验收规范》GB 50201 的有关规定。

10.5 道路开挖穿越施工

10.5.1 当管道穿越三级及以下公路、乡间土路以及其他不适宜用钻孔法、顶管法等施工公路时,可采用开挖法施工。

10.5.2 当采用开挖法施工时,可采用全开挖、半幅开挖等方法,当采用全开挖时,宜修建绕行道路。

10.5.3 采用开挖法穿越公路时,应根据安全规定设置路障、栅栏、警示标志,并应设专人指挥交通维护安全。

10.5.4 道路开挖应符合下列规定:

1 测量放线应标出管道中心线、开挖边线、施工作业边线。放线时应标出地下管道、电缆等构筑物的位置;

2 穿越地段有地下构筑物时应采用人工开挖;当地下无构筑物时,可用机械开挖,开挖深度应按线路纵断面图的要求,边坡不宜大于1:0.5。用机械开挖时沟底应留出0.2m用人工修整;

3 对岩石地层应采用分层松动爆破的办法施工,每层最大厚度不应超过0.5m,爆破时应在其表面铺设炮被。爆破后应立即清渣,并应在清渣后进行下层爆破直到规定深度。爆破宜在夜间进行,爆破期间禁止车辆通行,并应设置明显的夜间警示红灯;

4 管沟长度应为套管长度加4m~6m。管沟几何尺寸应经过测量核对;

5 开挖公路与管道组装宜连续施工。

10.5.5 套管与主管安装就位应符合下列规定:

1 当公路穿越采用钢套管时,可采用主管、套管穿在一起就位或先套管就位,回填后应穿越主管;当公路穿越采用混凝土套管时,应先套管就位,回填后应穿越主管;

2 主管与套管穿在一起时,宜用卡具固定之后一起吊装下沟;

3 套管封堵应在管道就位之后安装,其他附件安装宜在公路回填之后进行。

10.5.6 道路恢复应符合下列规定：

- 1 管道安装后,应立即进行穿越管段管沟回填；
- 2 路面回填恢复应符合原公路设计要求。新筑路面与原路面应有良好搭接,恢复路面长度应每侧宽于管沟 0.5m；
- 3 公路路基边坡应稳定,必要时可采用砌石护坡；
- 4 公路回填完毕应经公路主管部门认可；
- 5 施工完成后应撤掉标志,恢复路面交通。

11 矿山法隧道穿越施工

11.1 一般规定

11.1.1 隧道施工前,应核对隧道平面、纵断面设计图以及洞外排水系统和设施的布置是否与地形、地貌相适应。

11.1.2 隧道开工前应编制施工场地总平面布置图。

11.1.3 弃碴场应选在地质条件稳定,容量足够,且出碴运输方便的场地,且不应占用其他工程场地和影响附近各种设施的安全,同时应考虑弃碴的利用。弃碴场地应建立挡碴墙、排水设施,弃碴后应进行水土保持的治理。

11.1.4 临时设施不应布置在受泥石流、坍塌、滑坡、洪水等自然灾害威胁的地段。

11.1.5 涉及洞口安全并有可能发生滑坡、危石、崩塌和雪崩的区域,应先行处理。

11.1.6 隧道施工前,应完成洞口周围的排水系统。

11.1.7 运输便道应引至洞口,满足使用期运输量和行车安全要求。

11.1.8 风、水、电等临时设施的安装应满足施工和安全要求。

11.1.9 爆破材料储存使用、施工应符合现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722 的有关规定。

11.2 施工测量

11.2.1 隧道长度大于或等于 500m 或双向掘进的隧道,应按本规范第 7.2 条的规定设置精密的平面控制网和高程控制网,并应定期对其基准点进行校核。

11.2.2 洞外水准点和中线点应根据隧道平面图、纵断面图和隧

道长度等定期进行复核；洞内控制点应根据施工进度进行设定。

11.2.3 地面控制网应符合本规范第 7.2.6 条的规定。

11.2.4 隧道长度不小于 500m 及直线隧道宜用激光设备导向。

11.2.5 斜井中线的方向应由斜井口外直线引伸。斜井量距应丈量斜距，并应将斜距换算成水平距离。

11.2.6 隧道竣工后，应在直线地段每 50m、曲线地段每 10m 测绘以路线中线为准的隧道实际净空，并应在竣工资料上标出拱顶高程、起拱线宽度及底板水平宽度。

11.3 洞口施工

11.3.1 洞口工程施工应符合下列规定：

1 开挖土石方不应采用深眼大爆破开挖，并按设计要求进行洞口边坡、仰坡放线，应采用自上而下方式开挖；

2 洞口排水系统应在施工期的雨季前完成；

3 石质地层开挖后，应及时清除松动石块；土质地层开挖后应夯实整平边（仰）坡，做好洞口支护加固工程；

4 洞口施工宜避开降雨期和降雪期。严寒地区施工，应按冬季施工有关规定实施；

5 开挖的土石方不应弃在危害边坡及其他建筑物稳定的地点，并不应影响运输安全；

6 洞口掘进施工应根据洞口地质条件，采取支护措施。当洞口有可能出现地层滑坡、坍塌、偏压时，应采取预防措施。

11.3.2 洞门施工应符合下列规定：

1 基础应置于稳固的地基上，虚碴、杂物、积水等应清除干净；

2 洞门拱墙应与洞内相邻的拱墙同时施工，并应采用同等级混凝土；

3 洞门端墙的砌筑与回填应两侧对称进行，不对衬砌产生偏压；

4 洞口挡土墙、翼墙施工程序应符合设计要求；

5 洞门完成后，其上方仰坡坡脚受破坏时，应及时处理，加固时宜采用浆砌片石。

11.3.3 洞口段施工，应根据地质条件和保障施工安全等因素，选择开挖方法和支护方式，并应符合下列规定：

1 不良地质地段应在进洞前对地表、仰坡进行防护，并应采用超前支护；

2 洞口邻近建（构）筑物时，应采取微爆技术，并对建（构）筑物下沉、倾斜、裂缝以及振动等情况作监测；

3 洞口段开挖应加强支护，开挖后应及时安装锚杆、喷射混凝土、敷设钢筋网或钢支撑等，并应尽早施工衬砌；

4 应增加地表下沉、拱顶下沉的监控频率。

11.4 明洞施工

11.4.1 明洞施工根据地形、地质条件及其结构类型，应按下列规定采用施工方法：

1 当施工边坡能暂时稳定时，可采用先墙后拱法；

2 当施工边坡稳定性差，但拱脚承载力较好能保证拱圈稳定时，应采用先拱后墙法；

3 当采用半路堑式明洞施工时，应先施工外侧边墙，再施工拱圈，最后施工内侧边墙；

4 当采用路堑式明洞施工时，如拱脚地层松软，不能采用先拱后墙法施工时，可在起拱线以上部分开挖后，采用跳槽挖井法先灌筑两侧部分边墙，再施工拱圈，最后施工其余边墙。

11.4.2 明洞地段的土石方开挖应符合下列规定：

1 开挖方式、边坡和仰坡的坡度应根据地形、地质条件、边坡稳定程度和采用的施工方法确定；

2 石质地段开挖时，应防止爆破影响边坡和仰坡的稳定；

3 松软地层开挖时，宜边支护边开挖。

11.4.3 明洞衬砌应符合下列规定：

1 拱圈应按断面要求制作定型挡头板、外模和骨架，并应防止走模；

2 明洞衬砌浇筑混凝土前应复测中线和高程，衬砌不应侵入设计轮廓线；浇筑拱圈混凝土达到设计强度 70% 以上时，方可拆除内外支模骨架；

3 采用跳槽挖井法灌筑拱圈时，应保证拱脚稳定；

4 先做一侧边墙随即灌筑拱圈时，应防止另一侧拱脚沉落；

5 先拱后墙法施工的拱圈，在起拱线以上 1m 范围内应紧贴崖壁灌筑，并应同时做好纵向或竖向排水设施。

11.4.4 明洞衬砌完成后，应及时回填，并应符合下列规定：

1 当明洞墙背垂直开挖超挖数量较小时，应采用与边墙相同的材料同时灌筑，超挖数量较大时，应用浆砌片石回填；

2 明洞拱圈灌筑完成，在外模拆除后应做防水层和回填拱背；

3 拱圈混凝土达到设计强度 70% 且拱顶回填高度达到 0.7m 以上时，方可拆除拱架；

4 拱背回填应对称分层夯实，每层厚度不宜大于 0.3m，其两侧回填的土面高差不应大于 0.5m。回填至拱顶后应分层填筑。

11.5 隧道掘进

11.5.1 钻爆施工应符合下列规定：

1 隧道开挖前，应根据工程地质条件、开挖断面、开挖方法、掘进循环进尺、钻眼机具和爆破材料等进行钻爆设计，并应根据爆破效果及时修正有关参数；

2 隧道施工时，应先进行地质雷达、红外线探水、超前水平探孔等超前地质预报；

3 岩石隧道开挖应采用光面爆破或预裂爆破。光面爆破和预裂爆破参数应通过试验确定。当无试验条件时，有关参数可按表 11.5.1-1 及表 11.5.1-2 选用；

表 11.5.1-1 光面爆破参数

岩石类别	周边眼间距 $E(\text{mm})$	周边眼抵抗线 $W(\text{mm})$	相对距离 E/W	装药集中度 $q(\text{kg/m})$
极硬岩	550~700	600~800	0.7~1.0	0.30~0.35
硬岩	450~650	600~800	0.7~1.0	0.20~0.30
软质岩	350~500	450~600	0.5~0.8	0.07~0.12

- 注:1 当断面较小或围岩软弱、破碎或对曲线、折线开挖成形要求较高时,周边眼间距 E 应取较小值;
- 2 周边眼抵抗线 W 值在一般情况下均应大于周边眼间距 E 值。软岩在取较小 E 值时, W 值应适当增大;
- 3 E/W :软岩应取小值,硬岩及断面小时应取大值;
- 4 装药集中度 q 为 2 号岩石硝铵炸药,选用其他类型炸药时,应修正。

表 11.5.1-2 预裂爆破参数

岩石类别	周边眼间距 $E(\text{mm})$	至内排崩落眼间距 (mm)	装药集中度 $q(\text{kg/m})$
极硬岩	400~500	400	0.30~0.40
硬岩	400~450	400	0.20~0.25
软质岩	350~400	350	0.07~0.12

- 注:1 表 11.5.1-1~表 11.5.1-2 所列参数适用于炮眼深度 1.0m~3.5m,炮眼直径 40mm~50mm,药卷直径 20mm~25mm;
- 2 当断面较小或围岩软弱、破碎或对曲线、折线开挖成形要求较高时,周边眼间距 E 应取较小值;
- 3 周边眼抵抗线 W 值在一般情况下均应大于周边眼间距 E 值。软岩在取较小 E 值时, W 值应适当增大;
- 4 E/W :软岩应取小值,硬岩及断面小时应取大值;
- 5 表列装药集中度 q 为 2 号岩石硝铵炸药,选用其他类型炸药时,应修正。

4 隧道爆破应选用适当的炸药品种和型号,并应采用导爆管或电力起爆,不应采用火花起爆。

11.5.2 炮眼布置应符合下列规定:

- 1 钻爆作业应按钻爆设计进行钻眼、装药、接线和起爆;

2 钻眼前应画出开挖断面中线、水平和断面轮廓,并应根据钻爆设计图标出炮眼位置,经检查符合设计要求后方可钻眼;

3 炮眼深度和角度应符合设计,掏槽眼眼口间距误差和眼底间距误差不应大于 50mm;辅助眼眼口排距、行距误差均不应大于 100mm;周边眼眼口位置误差不应大于 50mm,眼底不应超过开挖轮廓线 150mm;

4 当开挖面凹凸较大时,应按实际情况调整炮眼深度;

5 钻眼完毕,应按炮眼布置图进行检查并做好记录,对不符合要求的炮眼应重钻,经检查合格后方可装药;

6 掏槽炮眼宜采用直眼掏槽或斜眼掏槽;

7 周边眼应沿隧道开挖轮廓线布置,并应保证开挖断面符合设计要求;

8 辅助炮眼应交错均匀布置在周边眼与掏槽眼之间;

9 周边炮眼与辅助炮眼的眼底应在同一垂直面上,掏槽炮眼应加深 100mm。

11.5.3 爆破施工应严格控制超欠挖,并应符合下列规定:

1 允许超挖值应符合表 11.5.3 的规定;

表 11.5.3 隧道开挖允许超挖值(mm)

项次	项 目	允许偏差	
1	拱部	I 级围岩	平均 100,最大 200
		II—IV 级围岩	平均 150,最大 250
		V—VI 级围岩	平均 100,最大 150
	边墙、仰拱、隧道底	平均 100	
2	土质和不需爆破岩层拱部、 边墙、仰拱、隧道底	平均 100,最大 150	

2 当超挖或小规模塌方处理时,应采用耐腐蚀材料回填,并应做好回填注浆;

3 开挖轮廓应圆顺,开挖面应平整;

4 爆破进尺应达到设计要求,爆破石块大小应满足装碴要求;

5 炮眼痕迹保存率应按下式计算,硬岩不应小于 80%,中硬岩不应小于 60%,并应在开挖轮廓面上均匀分布;

$$\text{炮眼痕迹保存率} = \frac{\text{残留有痕迹的炮眼数}}{\text{周边眼总数}} \times 100\% \quad (11.5.3)$$

6 两次爆破的衔接台阶尺寸不应大于 150mm。

11.5.4 岩爆防治应符合下列规定:

1 开挖面在施工过程中,应按设计要求加强超前地质勘探,可采用超前钻探、声反射和地温探测方法,对岩爆发生的可能性及地应力的状态进行预报。

2 当开挖面在爆破施工时,应采用“短进尺、多循环”的施工方法,并应用光面爆破技术控制装药量。在岩爆地段作业,进尺应控制在 2.5m 以内;

3 应用超前探孔和超前探孔内松动爆破的方法,使作业面的围岩应力降低,超前探孔的布置形式及参数应与地质探孔的形式一致,探孔深度宜为 15m~20m。也可采取在岩壁切槽的方法降低岩爆的强度;

4 对围岩进行加强支护和超前支护加固,可采用锚杆和超前锚杆支护、锚喷混凝土支护、钢纤维喷混凝土支护、钢支撑支护和二次衬砌等多种支护方法的组合;

5 衬砌作业应与开挖工序紧密衔接,并应均衡施工。在衬砌过程中应准备好临时钢木排架,当听到爆裂响声时,应进行支护;

6 岩爆地段应对设备和人员做好防护。

11.5.5 隧道开挖应符合下列规定:

1 隧道开挖宜采用全断面法施工,Ⅳ级及Ⅳ级以下的围岩宜采用台阶法施工。台阶长度宜为隧道开挖宽度的 1 倍~2 倍;

2 隧道在稳定岩体中宜先开挖后支护,初期支护结构距开挖面宜为 5m~10m;当开挖面稳定时间不满足初期支护施工时,应

采取超前支护或注浆加固措施；

3 隧道开挖循环进尺，在土层和不稳定岩体中宜为 0.5m~1.2m；在稳定岩体中宜为 1.0m~1.5m；

4 隧道应按设计要求严格控制开挖断面，不应欠挖，其允许超挖值应符合本规范表 11.5.3 的规定；

5 同一条隧道相对开挖，当两工作面相距 20m 时，应停挖一端，另一端继续开挖，并应做好测量工作，及时纠偏。线贯通平面位置允许偏差应为±50mm，高程允许偏差应为±30mm。

11.6 支 护

11.6.1 支护应符合下列规定：

1 隧道施工，应配合开挖及时支护；

2 隧道支护应采用喷锚支护，并应根据围岩特点、断面大小和使用条件等选择喷混凝土、锚杆、钢筋网和钢架等单一或组合的支护形式；

3 当开挖工作面不能自稳时，应根据具体地质条件进行超前支护和预加固处理；

4 喷锚支护施工中，应做好下列工作：

1) 填写喷锚支护施工记录；

2) 提供喷混凝土的强度、厚度、外观尺寸等项检查和试验报告；

3) 填写监控量测记录；

4) 在地质条件复杂地段，应提供地质素描资料。

11.6.2 喷射混凝土施工应符合下列规定：

1 喷射混凝土应在开挖后及时进行；

2 喷射混凝土宜采用湿喷工艺；

3 喷射混凝土的施工配合比应通过试验确定，并应满足混凝土强度和喷射工艺的要求；

4 喷射机应具有良好的密封性能，输料连续、均匀，附属机具

的技术条件应满足喷射作业需要；

5 喷射混凝土前应做好下列准备工作：

- 1) 检查开挖断面净空尺寸，清除松动岩块和拱、墙脚处的岩屑等杂物；
- 2) 用高压水冲洗受喷面，当受喷岩面遇水容易潮解、泥化时，采用高压风吹净岩面；
- 3) 设置控制喷射混凝土厚度的标志；
- 4) 检查机具通风设备和风、水、电等管线，并试运；
- 5) 当受喷面有滴水、淋水、集中出水点时，应进行处理。

6 喷射混凝土作业应符合下列规定：

- 1) 喷射作业应分段、分片、分层，由下至上顺序进行，当岩面有较大凹洼时，应先填平；
- 2) 当分层喷射时，一次喷射厚度可根据喷射部位和设计厚度确定；
- 3) 应紧跟开挖工作面及时喷射混凝土，在喷射结束后 4h 内不应进行下一循环的爆破作业；
- 4) 混合料应随拌随喷，不掺速凝剂的干混合料，存放时间不应大于 2h；掺有速凝剂的干混合料，存放时间不应大于 20min；
- 5) 速凝剂掺量应准确，并应添加均匀，不应随意增加或减少；
- 6) 外加剂的选用应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的有关规定，外加剂应对混凝土和钢材无腐蚀作用，且不应影响混凝土和钢材的使用性能；
- 7) 喷嘴应与岩面垂直，同时应保持适当的距离和喷射压力；
- 8) 喷射后应进行养护和保护。

11.6.3 锚杆施工应符合下列规定：

- 1 锚杆类型应根据地质条件、使用要求及锚固特性进行选择，可选用中空注浆锚杆、树脂锚杆、自钻式锚杆、砂浆锚杆和摩擦

型锚杆等；

2 锚杆安装前应进行抗拔力试验,锚杆杆体的抗拉力不应小于 150kN,锚杆直径宜为 20mm~22mm；

3 锚杆用的水泥砂浆,其强度不应低于 M20；

4 锚杆施工应及时进行；

5 锚杆钻孔应符合下列规定：

1) 钻孔机具应根据锚杆类型、规格及围岩情况选择；

2) 应按设计要求确定孔位,孔位允许偏差应为 $\pm 150\text{mm}$ ；

3) 应保护直线,并宜与其所在部位的岩层主要结构面垂直；

4) 深度及直径应与杆体相匹配。

6 锚杆安装应符合下列规定：

1) 杆体插入锚杆孔时,应保持位置居中,插入深度应满足设计要求,当插入困难时,可采用自钻式锚杆；

2) 有水地段应先引出孔内的水或在附近另行钻孔,再安装锚杆；

3) 砂浆锚杆孔内灌注砂浆应饱满密实；

4) 早强药包锚杆、树脂锚杆应先检查药包和树脂卷质量,受潮或变质者不应使用；

5) 锚杆应安装垫板,垫板应与喷混凝土面密贴。

11.6.4 钢筋网铺设应符合下列规定：

1 除在砂土地层中开挖隧道外,钢筋网宜在喷一层混凝土后铺挂；

2 砂层地段应先铺挂钢筋网,并应沿环向压紧后再喷混凝土；

3 采用双层钢筋网时,第二层钢筋网应在第一层钢筋网被混凝土覆盖后铺设,其覆盖厚度不应小于 30mm；

4 钢筋网应与锚杆或其他固定装置连接牢固；

5 开始喷射时,应减少喷头至受喷面的距离,并应调整喷射角度,钢筋保护层厚度不应小于 30mm；

6 喷射中如有脱落石块或混凝土块被钢筋网卡住时,应及时清除。

11.6.5 钢架施工应符合下列规定:

1 钢架宜选用钢筋、型钢等制成,格栅钢架的主筋直径不宜小于18mm;

2 钢架应在开挖或喷混凝土后及时架设;

3 钢架安装应符合下列规定:

1)安装前应清除底脚下的虚渣及杂物,钢架安装横向和高程允许偏差应为 $\pm 50\text{mm}$,垂直度允许偏差应为 $\pm 2^\circ$;

2)钢架安装可在开挖面以人工进行,各节钢架间宜以螺栓连接;

3)沿钢架外缘每隔2m应用钢楔或混凝土预制块楔紧。

4 钢架应与喷混凝土形成一体,钢架与围岩间的间隙应用喷混凝土充填密实;钢架应全部被喷射混凝土覆盖,保护层厚度不应小于40mm。

11.6.6 超前支护和预加固处理应符合下列规定:

1 隧道在开挖后自稳时间小于完成支护时间的地段,应根据围岩情况、开挖方式、进度要求、机械配套情况,选择下列一种或几种措施进行超前支护和预加固处理:

1)喷射混凝土封闭开挖工作面;

2)超前锚杆或超前小导管支护;

3)管棚超前支护;

4)设置临时仰拱;

5)地表锚杆或地表注浆加固;

6)小导管周边注浆和围岩深孔注浆。

2 喷射混凝土封闭开挖面时,应采用早强混凝土,喷射厚度宜为50mm~100mm;

3 超前锚杆、小导管支护应符合下列规定:

1)宜和格栅架配合使用;

- 2) 长度宜为 3.0m~3.5m, 并应大于循环进尺的 2 倍;
- 3) 超前锚杆外插角宜为 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$, 小导管外插角宜小于 10° 。
- 4 管棚超前支护应符合下列规定:
 - 1) 管棚用钢管直径宜为 76mm~127mm, 钢管中心间距宜为管径的 2 倍~3 倍;
 - 2) 管棚长度应根据地层情况选用, 不宜小于 10m;
 - 3) 纵向两组管棚的搭接长度应大于 3m。
- 5 临时仰拱应根据围岩情况及量测数据确定设置区段, 可采用型钢或喷射混凝土等修筑;
- 6 当在软弱围岩及富水地层中施工时, 可采用注浆法加固地层, 并应根据地质情况、隧道断面形状、施工机具等条件, 选用小导管周边预注浆、深孔注浆或地表注浆。

11.7 斜巷施工

11.7.1 斜巷的掘进与支护除应符合本规范第 11.5 条和第 11.6 条的规定外, 还应符合下列规定:

- 1 钻眼方向宜与斜巷的倾角一致, 眼底应比巷底高程略低;
- 2 每个循环进尺均应检测其高程并应控制巷身的斜度, 每隔 20m~30m 应测量中心线和高程;
- 3 斜巷施工需要支护的地段, 应采用喷锚支护。巷口和地质不良地段、巷底调车场和作业洞室应加强支护, 并应做二次衬砌。

11.7.2 斜巷运输装置应符合下列规定:

- 1 无轨运输不应大于 10° , 胶带运输机不应大于 15° , 串车提升不应大于 25° , 箕斗提升不应大于 35° ;
- 2 运输轨道与两侧管道、电力线之间的安全距离(有人行道者另计), 不应小于 200mm, 当采用胶带运输机时, 不应小于 400mm;
- 3 运输设备升降的最大速度除不应大于设计规定外, 还应符合下列规定:

- 1) 提升绞车应设置深度指示器自动示警, 并应有防过卷装置;
- 2) 钢丝绳应定期检查, 并应上油保养;
- 3) 运输斗车之间、斗车与钢丝绳之间应有可靠的连接装置, 并应加装保险绳;
- 4) 井口应设置挡车器并经常关闭, 放车时方可打开。车辆行驶时, 井内不应有人员通过;
- 5) 斜巷每隔 100m 应在轨道上设防跑车装置 1 处, 并应在接近井底时设 1 处;
- 6) 绞车和井口、井底均应有联系信号, 并应由专人值守;
- 7) 当运输钢轨和其他长杆件材料时, 应有长杆件材料装卸及进出斜井的安全措施。

11.7.3 人员不应乘坐斗车上下。

11.7.4 当斜巷斜度大于 15° 时, 应设置人行台阶, 并应增设扶手。每隔 20m~40m 应设 1 个躲避洞; 巷内运输轨道应有防爬措施, 每根钢轨应装两组防爬设备。

11.8 监控量测

11.8.1 监控量测工作应紧接开挖、支护作业, 应按设计要求进行布点和监测, 并根据现场情况及时进行调整或增加量测的项目和内容。量测数据应及时分析处理并反馈。

11.8.2 隧道监控量测项目可分为必测项目和选测项目两类, 必测项目在采用喷锚构筑法施工时应按表 11.8.2-1 的规定进行, 选测项目应按表 11.8.2-2 的规定选择进行。

表 11.8.2-1 监控量测必测项目

序号	监测项目	量测方式和工具	量测精度	备注
1	洞内、外观 察	现场观察、地质罗 盘	—	—

续表 11.8.2-1

序号	监测项目	量测方式和工具	量测精度	备注
2	净空变化	隧道净空变化测定仪(收敛计)	0.1mm	一般进行水平收敛量测
3	拱顶下沉	水准测量的方法,水准仪、钢尺	1mm	—
4	地表下沉	水准测量的方法,水准仪、双面水准尺	1mm	浅埋隧道必测($H_0 \leq 2b$)

注： H_0 —隧道埋深； b —隧道最大开挖宽度。

表 11.8.2-2 监控量测选测项目

序号	监测项目	测试方法和仪表	测试精度	备注
1	地表下沉	水准测量的方法、水准仪、塔尺	1mm	$H_0 > 2b$ 时
2	隧底隆起	水准测量的方法、水准仪、塔尺	1mm	—
3	围岩内部位移	多点位移计	0.1mm	—
4	围岩压力	压力盒	0.001MPa	—
5	二次衬砌接触压力	压力盒	0.001MPa	—
6	钢架受力	钢筋计	0.1MPa	—
7	喷混凝土受力	混凝土应变计	10 $\mu\epsilon$	—
8	锚杆杆体应力	钢筋计	0.1MPa	—
9	二次衬砌内应力	混凝土应变计	0.1MPa	—
10	爆破振动观察	爆破振动记录仪	—	临近建筑物
11	围岩弹性波速度	弹性波测试仪	—	—

注： H_0 —隧道埋深； b —隧道最大开挖宽度。

11.8.3 隧道施工过程中应进行洞内、外观察，洞内观察可分开挖工作面观察和已施工地段观察两部分。开挖工作面观察应在每天开挖后进行，已施工地段的观察每天应至少1次，应主要观察喷射混凝土、锚杆和钢架等的工作状态；洞外观察重点应在洞口段和洞身埋置深度较浅地段，其观察内容应包括地表开裂、地表沉陷、边坡、仰坡稳定状态、地表水渗透情况等。

11.8.4 净空变化、拱顶下沉和浅埋地段地表下沉等必测项目应设置在同一断面,其量测断面间距及测点数量应根据围岩级别、隧道埋深、开挖方法等按表 11.8.4 的规定执行。选测项目量测断面的数量,宜在每级围岩内选有代表性的 1 个~2 个。

表 11.8.4 必测项目量测断面间距和每断面测点数量

围岩级别	断面间距(m)	每断面测数量	
		净空变化	拱顶下沉
VI~V	5~10	1 条~2 条基线	1 点~3 点
IV	10~30	1 条基线	1 点
III	30~50	1 条基线	1 点

注:洞口及浅埋地段断面间距取小值。

11.8.5 净空变化、拱顶下沉量测宜在每次开挖后 12h 内取得初读数,最迟不应大于 24h,且应在下一循环开挖前完成,并应符合下列规定:

- 1 测点应牢固可靠,易于识别、保护;
- 2 拱顶下沉和地表下沉量测基点应与洞内、外水准基点建立联系。

11.8.6 隧道浅埋地段地表下沉的量测宜与洞内净空变化和拱顶下沉量测在同一横断面内。当地表有建筑物时,应在建筑物周围增设地表下沉观测点,其设置应符合下列规定:

- 1 横断面方向宜在隧道中心及两侧间距 2m~5m 处设地表下沉测点,每个断面应设 7 点~11 点,监测范围应在隧道开挖影响范围以外;
- 2 地表下沉量测应在开挖工作面前方,隧道埋深与隧道开挖高度之和处开始,直到衬砌结构封闭、下沉基本停止时为止;
- 3 地表下沉量测频率应与拱顶下沉和净空变化的量测频率相同。

11.8.7 量测项目量测频率应根据位移速度和量测断面距开挖面距离,并应分别按表 11.8.7-1 和表 11.8.7-2 的规定确定。当按

表 11.8.7-1 和表 11.8.7-2 选择量测频率出现较大差异时,宜取量测频率较高的作为实施的量测频率。

表 11.8.7-1 按位移速度的量测频率

位移速度(mm/d)	量测频率
0~1	2次/d
1~2	1次/d
2~5	1次/2~3d
1~5	1次/3d
<2	1次/7d

表 11.8.7-2 按距开挖面距离的量测频率

量测断面距开挖面距离(m)	量测频率
(0~1)b	2次/d
(1~2)b	1次/d
(2~5)b	1次/2~3d
>5b	1次/7d

注:b为隧道开挖宽度。

11.8.8 量测作业均应持续到变形基本稳定后 2 周~3 周结束。对于膨胀性和挤压性围岩,当位移长期没有减缓趋势时,应适当延长量测时间。

11.8.9 量测数据整理、分析与反馈应符合下列规定:

1 每次量测后应及时进行数据整理,并应绘制量测数据时态曲线和距开挖面关系图;

2 对初期的时态曲线应进行回归分析,预测可能出现的最大值和变化速度;

3 数据异常时,应根据具体情况及时采取加厚喷层、加密或加长锚杆、增加钢架等加固措施。

11.8.10 围岩稳定性的综合判别,应根据量测结果按下列规定指标进行:

1 隧道初期支护极限相对位移不应大于表 11.8.10-1 所列指标,变形管理等级应按表 11.8.10-2 的规定指导施工;

表 11.8.10-1 隧道初期支护极限相对位移 (%)

围岩级别	埋深(m)		
	<50	50~300	300~500
拱脚水平相对净空变化值			
V	0.30~1.00	0.80~3.50	3.00~5.00
IV	0.20~0.70	0.50~2.60	2.40~3.50
III	0.10~0.50	0.40~0.70	0.60~1.50
II	—	—	0.20~0.60
拱顶相对下沉			
V	0.06~0.12	0.10~0.60	0.50~1.20
IV	0.03~0.07	0.06~0.15	0.10~0.60
III	0.01~0.04	0.03~0.11	0.10~1.25
II	—	0.01~0.05	0.04~0.08

- 注:1 硬岩取下限,软岩取上限;
 2 拱脚水平相对净空变化指两测点间净空水平变化值与其距离之比;拱顶相对下沉指拱顶下沉值减去隧道下沉值后与原拱顶至隧底高度之比;
 3 墙腰水平相对净空变化极限可按拱脚水平相对净空变化值乘以 1.2~1.3 后采用。

表 11.8.10-2 变形管理等级

管理等级	管理位移(mm)	施工状态
III	$U < U_0/3$	可正常施工
II	$U_0/3 \leq U \leq 2U_0/3$	应加强支护
I	$U > (2U_0/3)$	应采取特殊措施

注:U 为实测位移值;U₀ 为最大允许位移值。

- 2 应根据下列规定判别位移变化速度:
- 1) 当净空变化速度持续大于 1.0mm/d 时,围岩处于急剧变形状态,应加强初期支护系统;
 - 2) 当净空变化速度小于 2.0mm/d 时,围岩应达到基本稳定;
 - 3) 在浅埋特别是特浅埋地段,以及膨胀性和挤压性围岩等

情况下,应采用其他指标判定。

3) 应根据下列规定判别位移时态曲线的形态:

- 1) 当围岩位移速率不断下降时($du^2/d^2t < 0$),围岩应趋于稳定状态;
- 2) 当围岩位移速率保持不变时($du^2/d^2t = 0$),围岩不稳定,应加强支护;
- 3) 当围岩位移速率不断上升时($du^2/d^2t > 0$),围岩进入危险状态,应立即停止掘进,加强支护。

注: u 为变形值(mm)。

11.9 衬 砌

11.9.1 衬砌应符合下列规定:

- 1 隧道衬砌施工时,其中线、水平、断面和净空尺寸应符合设计要求;
- 2 衬砌施工时,应与设计单位密切配合,对衬砌完成的地段,应继续观察和监测隧道的稳定状态,以及衬砌的变形、开裂、侵入净空等。

11.9.2 复合式衬砌应符合下列规定:

- 1 复合式衬砌采用仰拱超前时,应根据对围岩和支护量测的变形规律,确定二次衬砌的施工时间;
- 2 若采用防水层时,应采用无钉铺设,并应在二次衬砌灌筑前进行;
- 3 二次衬砌应在围岩和初期支护变形基本稳定后施工。拱脚水平相对净空变化速度应小于 0.2mm/d ,拱顶相对下沉速度应小于 0.15mm/d ;
- 4 在松散堆积体、浅埋地段等特殊条件下修建隧道,应及时施工二次衬砌;
- 5 二次衬砌宜采用全断面一次或先墙后拱法灌筑混凝土。施工时应符合下列规定:

- 1)应按封顶工艺施工,确保拱顶混凝土密实;
- 2)灌筑前,应除去喷层或防水层表面灰粉并应洒水润湿;
- 3)灌筑混凝土应振捣密实,振捣时不应破坏防水层;
- 4)二次衬砌拆模时,混凝土强度应达到 2.5MPa。

11.9.3 整体式衬砌应符合下列规定:

1 边墙施工应符合下列规定:

- 1)墙基虚碴、污泥、积水应清除干净;
- 2)灌筑中边墙应稳定,超挖部位的回填应符合设计规定;
- 3)边墙基础的扩大部分及仰拱的拱座应结合边墙施工一次完成。

2 拱部施工应符合下列规定:

- 1)拱圈环节长度应根据围岩稳定情况和施工方法确定;
- 2)灌筑顺序应从两侧拱脚向拱顶对称进行,间歇及封顶的层面应成辐射状;
- 3)分段施工的拱圈合龙宜选在围岩较好处;
- 4)拱部应预留灌浆孔,对空洞进行回填灌浆。

3 衬砌的拆模时间应符合下列规定:

- 1)不承受外荷载的拱墙,混凝土强度不应低于 2.5MPa;
- 2)承受围岩压力较大的拱墙,封顶和封口混凝土强度应达到设计强度 100%;
- 3)承受围岩压力较小的拱墙,封顶和封口混凝土强度应达到设计强度 70%。

4 在衬砌灌筑结束后应进行衬砌混凝土养护,养护时间宜为 7d~14d。

11.9.4 喷锚衬砌应符合下列规定:

1 喷锚衬砌施工前,应按下列规定做好准备工作:

- 1)开挖断面尺寸应符合设计规定;
- 2)应清除松动岩块,冲洗受喷面;
- 3)岩面如有渗漏水应予妥善处理;

4)应检查喷射混凝土设备,风、水、电等管线应完好,并应试运转。

2 锚杆施工应符合下列规定:

1)应按设计要求布置孔位,做出标记,并应垂直岩面钻孔。

孔位允许偏差应为 $\pm 150\text{mm}$;

2)灌浆前应将孔眼吹净,灌浆应饱满;

3)锚杆安装前应对锚杆除锈和矫直,锚杆插入深度不应小于设计长度的95%;

4)锚杆应安装垫板,垫板宜采用 $150\text{mm}\times 150\text{mm}\times 6\text{mm}$ 的钢板制作,安装应紧密、牢固。

3 钢筋网的铺设,应在岩面喷射一层混凝土后进行,铺设应符合下列规定:

1)钢筋网应随受喷面的起伏铺设,与受喷面间隙宜为 30mm ,钢筋网保护层厚度不应小于 20mm ;

2)钢筋网应固定并应连接牢固。

4 喷射混凝土施工应符合下列规定:

1)喷射混凝土作业应分段、分片、分层、由下而上交错进行;

2)喷射混凝土应采用湿喷工艺;

3)拱部一次喷射混凝土厚度不应大于 80mm ,墙部一次喷射混凝土厚度不应大于 100mm ,且后一层喷射应在前一层混凝土终凝后进行。

11.9.5 钢筋混凝土衬砌应符合下列规定:

1 钢筋在加工弯制前应调直,并应符合下列规定:

1)钢筋表面的油渍、水泥浆和浮皮铁锈等均应清除干净;

2)加工后的钢筋表面不应有削弱钢筋截面的伤痕;

3)当利用冷拉方法矫直钢筋时,I级钢筋矫直伸长率不应超过2%,II级钢筋矫直伸长率不应超过1%。

2 安装钢筋时,钢筋的位置和混凝土保护层厚度应符合设计要求。当设计未注明时,受力钢筋保护层厚度不应小于 30mm ;

3 灌筑混凝土时应分层进行,并应边灌筑边振捣。振捣时,不应碰撞模板、钢筋和预埋件;

4 混凝土灌筑后的养护和拆模应符合下列规定:

1)混凝土灌筑应根据气候条件,12h 内进行养护,养护时间应满足混凝土强度要求;当气温过低时不应进行洒水养护;

2)混凝土拆模的强度应符合设计要求。

5 仰拱施工应符合下列规定:

1)仰拱施工前应将隧底虚碴、杂物、积水等清理干净,超挖应采用同级混凝土回填;

2)仰拱宜超前拱墙二次衬砌,其超前距离宜保持 3 倍以上衬砌循环作业长度;

3)仰拱施工应优先选择各段一次成型;

4)仰拱施工缝和变形缝处应作防水处理。

6 底板施工应符合下列规定:

1)底板施工前应将隧底虚碴、杂物、积水等清理干净;

2)底板坡面应平顺。

11.9.6 隧道结构交工后混凝土抗压强度和抗渗等级应符合设计要求,且应无露筋、振漏、露石,隧道二次衬砌结构允许偏差应符合表 11.9.6 的规定。

表 11.9.6 隧道二次衬砌结构允许偏差

项目	允许偏差值				
	内墙	拱部	变形缝	预埋件	预留孔洞
平面位置(mm)	±10	—	±20	±20	±20
垂直度(%)	0.2	—	—	—	—
高程(mm)	—	+30 -10	—	—	—
直顺度(mm)	—	—	5	—	—
平整度(mm)	15	15	—	—	—

注:1 本表不包括特殊要求项目的偏差标准;

2 平面位置以隧道线路中线为准进行测量。

11.10 防水与排水施工

- 11.10.1 隧道施工防排水应与运营防排水工程相结合。
- 11.10.2 施工前应制定防排水方案；施工中应对洞内的出水部位、水量大小、涌水情况、变化规律、补给来源及水质成分等做好观察和记录，并应不断改善防排水措施。
- 11.10.3 隧道进洞前应先做好洞顶、洞口的地面排水系统。
- 11.10.4 隧道施工中排水应采取环境防治措施。
- 11.10.5 当防排水设计不符合实际情况或设计中有遗漏或施工中有增减时，施工单位应及时提请变更设计。
- 11.10.6 隧道覆盖层较薄和渗透性较强的地层，应及时对积水进行处理。
- 11.10.7 当在含水丰富的地层施工时，应进行超前探水。采用超前钻孔时，应对工程地质和水文地质作详细的调查分析，并应采取防止涌水的措施。
- 11.10.8 施工中，应根据工程地质、水文地质等地质资料，采取防水或加固等措施。隧道开挖后，如出现较大的渗水，应采取超前注浆堵水措施。

11.11 隧道内运输、通风、照明

- 11.11.1 隧道内运输方式应根据开挖断面、运量和挖运机械设备等确定。
- 11.11.2 无轨运输作业应符合下列规定：
- 1 运输道路应平整、坚实；
 - 2 柴油内燃机械宜采用尾气净化装置并加强通风，汽油机车不应进洞；
 - 3 施工作业地段的行车速度应小于 15km/h，其中施工作业面区应小于 10km/h；
 - 4 应在每间隔 300m~500m 处设一个会车点。

11.11.3 隧道内通风与照明应符合下列规定：

1 当隧道较长、自然通风不好或存在有害气体时，隧道施工应采取强制通风；

2 隧道内施工照明应采用 36V 电压等级的照明设备。

12 管道清管、试压

12.0.1 穿越大中型河流、铁路、二级及以上公路、高速公路、隧道的管段应单独进行试压,试验压力、稳压时间及试压程序应按设计文件执行,单独试压管段的选取,应便于和两侧线路管段连头,不应位于弯管连接处。

12.0.2 管道清管、测径、试压施工前,应编制施工方案,制定安全措施,并应充分考虑施工人员及附近公众与设施安全。清管、测径、试压作业应统一指挥,并应配备必要的交通工具、通信及医疗救护设备。

12.0.3 试压作业应符合现行国家标准《油气长输管道工程施工及验收规范》GB 50369 的有关规定。

12.0.4 定向钻法穿越施工的管段回拖前应进行清管、测径、试压,回拖后应进行测径及严密性试验。

12.0.5 水域的大、中型穿越采用开挖法施工的管段隐蔽前应进行清管、测径、试压,隐蔽后应进行测径及严密性试验。

13 健康、安全与环境

13.0.1 油气管道穿越工程施工应遵循国家和行业有关健康、安全与环境的法律、法规及相关规定。

13.0.2 管道穿越工程施工应制订可行的施工作业安全措施和应急预案,应配备足够的应急资源并进行应急演练。同时应确保通讯畅通、指挥到位、步调一致,并应重点做好受限空间紧急疏散、水上溺水救助、触电等应急管理工作。

13.0.3 施工中泥浆、水、气体的排放和弃渣应符合环保要求。施工中应采取措施,减少施工噪声、振动。

13.0.4 隧道及竖井施工中应设安全巡视员。竖井口应设置防洪墙和安全护栏。

13.0.5 隧道施工时,应设双回路电源,并应有可靠的切断装置,保证足够的照明。交通要道、工作面和设备集中处应设置安全照明。

13.0.6 隧道施工时,应配备通风设备,并应对气体进行安全监测,当可燃、有害气体浓度超过安全允许值时,严禁施工,应采取应急措施进行处理。

13.0.7 施工中配电箱应放置在避水、干燥的地方,且应接地良好,并应密封,同时应设专人管理并应定期检查、维修和保养,不应私自乱接电源。

13.0.8 当采用矿山法施工时,开挖面及其周边出现坍塌、滑坡、涌水趋势等异常情况,应立即停工,并应在采取相应安全措施后继续施工。有轨车辆严禁载人。

13.0.9 爆破器具、材料的运输、装卸、保管、领用等应符合相应国家法律、法规及标准的要求。起爆线路设计和施工,爆破安全措

施,应按国家现行标准《爆破作业人员安全技术考核标准》GA 53、《土方与爆破工程施工及验收规范》GB 50201、《爆破安全规程》GB 6722 的有关规定执行。

13.0.10 穿越施工作业区应设置安全警戒区。

14 工程交工验收

14.0.1 当施工单位按合同规定的范围完成穿越工程项目后,应及时办理交工手续。

14.0.2 工程交工验收前,施工单位应提交下列技术文件:

- 1 工程测量定位记录;
- 2 图纸会审记录、设计交底记录或洽商记录;
- 3 隐蔽工程验收记录;
- 4 冬季施工热工计算及施工记录;
- 5 基础、结构工程验收记录;
- 6 监控量测记录;
- 7 开、竣工报告;
- 8 竣工图;
- 9 设计变更通知单、材料代用单、施工联络单;
- 10 质量验收记录;
- 11 材料、管件、设备出厂质量证明书、合格证,以及设备(图纸)说明书;
- 12 管道焊接记录;
- 13 防腐保温工程检验报告;
- 14 无损检测报告;
- 15 管道清管测径报告;
- 16 管道试压报告;
- 17 阴极保护装置验收报告;
- 18 穿越工程验收报告;
- 19 三桩埋设统计表;
- 20 管道竣工测量表;

- 21 顶管工程还应提供下列资料：**
- 1) 钢筋接头试验报告；
 - 2) 混凝土配合比试验报告；
 - 3) 混凝土试块试验报告。
- 22 定向钻工程还应提供下列资料：**
- 1) 穿越控向测量记录；
 - 2) 实际穿越曲线图。
- 23 盾构穿越工程还应提供下列资料：**
- 1) 钢筋混凝土管片结构抗压强度、抗渗等级、试验报告；
 - 2) 隧道防水施工、防水效果报告；
 - 3) 竣工后隧道轴线测量成果。
- 24 矿山法穿越工程还应提供下列资料：**
- 1) 隧道防水施工、防水效果报告；
 - 2) 混凝土强度、抗渗等级、试验报告；
 - 3) 锚杆抗拔力试验报告；
 - 4) 竣工后隧道轴线测量成果。

附录 A 防腐层电导率测试方法

A.0.1 对防腐层电导率进行测试,应采用下列仪器设备:

- 1 万用表 3 块:直流电压量程为 $0\text{V}\sim 2\text{V}$,直流电流最小量程为 $0\mu\text{A}\sim 200\mu\text{A}$;
- 2 中断器 1 台:中断频率为 1s 断/3s 通或 3s 断/12s 通;
- 3 滑动变阻器: $0\Omega\sim 99999\Omega$;
- 4 便携式铜/硫酸铜参比电极 2 支;
- 5 连接导线和鳄鱼夹若干;
- 6 钢钎接地电极若干支;
- 7 ZC-8 土壤电阻率测量仪 1 套;
- 8 恒电位仪或 12V 铅酸蓄电池 2 块;
- 9 对讲机 2 台。

A.0.2 对防腐层电导率进行测试,应按下列步骤进行测量:

- 1 宜采用 ZC-8 土壤电阻率测量仪四电极法测量穿越段两端土壤电阻率;
- 2 应连接临时阴极保护装置(图 A.0.2),临时阳极地床距管道距离不应小于 100m,应使恒电位仪或蓄电池的正极接地床,负极接管道;当采用蓄电池时,应将滑动变阻器串联接入蓄电池正极与临时阳极地床电路中;
- 3 应将电流中断器和电流表分别串联接入恒电位或蓄电池负极与管道连接的电路中;
- 4 在穿越段两端应分别连接电压表正极,并使硫酸铜参比电极连接电压表负极和接地,同时应测量和记录两端的管地自然电位;

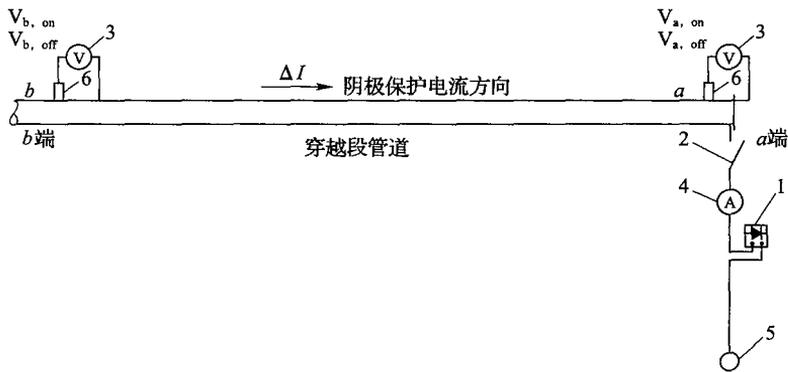


图 A.0.2 防腐层电导率测试接线图

1—恒电位仪；2—电流中断器；3—直流电压表；

4—直流电流表；5—临时阳极地床；6—硫酸铜参比电极

5 应接通临时阴极保护电源，并应测量和记录穿越段两端通路(U_{on})和断路(U_{off})电位，同时应调整电流输出，两端断路电位(U_{off})应控制为 $-850\text{mV} \sim -1050\text{mV}$ ，并应记录对应的输出电流；

6 应按本规范第 A.0.2 条第 5 款的方法重复测量 3 次。

A.0.3 防腐层电导率计算应按下列步骤进行：

1 测试点 a 和 b 的电位变化应按下列公式计算：

$$\Delta U_a = U_{a,on} - U_{a,off} \quad (\text{A.0.3-1})$$

$$\Delta U_b = U_{b,on} - U_{b,off} \quad (\text{A.0.3-2})$$

式中： ΔU_a ——a 点电位变化(V)；

ΔU_b ——b 点电位变化(V)；

$U_{a,on}$ ——a 点通路电位(V)；

$U_{b,on}$ ——b 点通路电位(V)；

$U_{a,off}$ ——a 点断路电位(V)；

$U_{b,off}$ ——b 点断路电位(V)。

2 电位变化比应按下式计算：

$$r = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_b} \quad (\text{A. 0. 3-3})$$

式中： r ——电位变化比。

1) 当电位变化比在 0.625~1.6 之间时，宜采用通用法进行计算评价。

可将两端电位变化的算术平均值认为是管道穿越段的平均电位变化，其平均电位应按下式计算：

$$\Delta U_{(\text{平均})} = \frac{\Delta U_a + \Delta U_b}{2} \quad (\text{A. 0. 3-4})$$

式中： $\Delta U_{(\text{平均})}$ —— a 、 b 点电位的平均值(V)。

管道穿越段的电导应按下式计算：

$$g = \frac{\Delta I}{\Delta U_{(\text{平均})}} \quad (\text{A. 0. 3-5})$$

式中： g ——电导(s)；

ΔI ——电流变化(A)。

2) 当电位变化比不在 0.625~1.6 之间时，可采用电位或者电流衰减方法评价，电位衰减法和电流衰减法应按下式计算：

$$\text{电位衰减法: } \alpha = \ln[\Delta U_a / \Delta U_b] / L \quad (\text{A. 0. 3-6})$$

$$\text{电流衰减法: } \alpha = \ln[\Delta I_a / \Delta I_b] / L \quad (\text{A. 0. 3-7})$$

式中： L ——测点 a 与 b 之间的距离(m)；

α ——所测管段的衰减系数。

3 管段电导应按下式计算：

$$g = \alpha^2 / r \quad (\text{A. 0. 3-8})$$

式中： r ——单位长度管段的纵向电阻(Ω)；

g ——所测管段漏失电导(s)；

α ——衰减系数。

4 平均电导应按下式计算：

$$G = \frac{g}{A} \quad (\text{A. 0. 3-9})$$

式中： G ——穿越段管道涂层的平均电导(s)；

A ——穿越段管道的表面积为 πdL ， d 为管道外径(m)， L 为管道穿越长度(m)。

5 穿越段管底深度的平均土壤电阻率应按下式计算：

$$\rho_{(\text{平均})} = \frac{\rho_a + \rho_b}{2} \quad (\text{A. 0. 3-10})$$

式中： ρ ——管底深度的平均土壤电阻率($\Omega \cdot \text{m}$)；

ρ_a ——管底深度 a 点的土壤电阻率($\Omega \cdot \text{m}$)；

ρ_b ——管底深度 b 点的土壤电阻率($\Omega \cdot \text{m}$)。

当计算 $1000\Omega \cdot \text{cm}$ 特定土壤电阻率中的涂层标称电导率时，应按下式进行：

$$G_n = \frac{G \times \rho_{(\text{平均})}}{1000\Omega \cdot \text{cm}} \quad (\text{A. 0. 3-11})$$

式中： G_n ——在电阻率为 $1000\Omega \cdot \text{cm}$ 土壤中，标称电导率；

G ——穿越段管道涂层的比平均电导($\Omega \cdot \text{m}$)。

A. 0. 4 标准管道数据表可按表 A. 0. 4 的规定确定。

表 A. 0. 4 标准管道数据表

管道外径		管道壁厚		重量		电阻率		电导率		单位表面积			
mm	in.	mm	in.	kg/m	lb/ft	$\mu\Omega/m$	$\mu\Omega/ft$	A/mv/m	A/mv/m	m ² /m	ft ² /ft	m ² /km	ft ² /mil
63.50	2.500	5.232	0.206	8.616	5.790	122.281	37.271	8.178	26.830	0.199	0.65	199.5	3.456
73.03	2.875	7.010	0.276	11.399	7.660	92.492	28.172	10.819	35.496	0.229	0.75	229.4	3.974
88.90	3.500	5.486	0.216	11.280	7.580	93.404	28.470	10.706	35.125	0.279	0.92	279.3	4.838
		6.020	0.237	16.057	10.790	65.617	20.000	15.240	50.000				
		8.560	0.337	22.293	14.980	47.263	14.406	21.158	69.416				
114.30	4.500	7.938	0.313	33.841	22.740	31.135	9.490	32.118	105.375	0.359	1.18	359.1	6.220
		8.179	0.322	42.487	28.560	24.799	7.559	40.325	132.298				
		9.525	0.375	19.169	33.040	21.429	6.531	46.666	153.105				
		5.563	0.219	22.278	14.970	47.295	14.415	21.144	69.370				
		7.112	0.280	28.230	18.970	37.332	11.376	26.794	87.905				
168.28	6.625	7.925	0.312	31.355	21.070	33.603	10.242	29.760	97.637	0.529	1.73	528.7	9.158
		9.525	0.375	37.249	25.030	28.286	8.622	35.353	115.987				
		10.973	0.432	42.532	28.580	24.773	7.551	40.367	132.437				
219.08	8.625	6.350	0.250	33.275	22.360	31.664	9.651	31.582	103.614	0.688	2.26	688.2	11.920
		7.938	0.313	33.841	22.740	31.135	9.490	32.118	105.375				

续表 A.0.4

管道外径		管道壁厚		重量		电阻率		电导率		单位表面积			
mm	in.	mm	in.	kg/m	lb/ft	$\mu\Omega/m$	$\mu\Omega/ft$	A/mv/m	A/mv/m	m ² /m	ft ² /ft	m ² /km	ft ² /mil
219.08	8.625	8.179	0.322	42.487	28.560	24.799	7.559	40.325	132.298	0.688	2.26	688.2	11.920
				9.525	19.169	21.429	6.531	46.666	153.105				
273.05	10.750	6.350	0.250	33.275	22.360	31.664	9.651	31.582	103.614	0.858	2.81	857.8	11920
				60.241	40.480	17.490	5.331	57.175	187.581				
				61.833	41.550	17.040	5.194	58.686	192.539				
				71.714	48.190	14.692	4.478	68.064	223.309				
323.85	12.750	12.700	0.500	81.462	54.740	12.934	3.942	77.316	253.661	1.017	3.34	1017	17620
				49.675	33.380	21.210	6.465	47.147	154.680				
				55.731	37.450	18.905	5.762	52.895	173.540				
				61.773	41.510	17.056	5.199	58.630	192.354				
355.60	14.000	12.700	0.500	97.355	65.420	10.822	3.299	92.400	303.151	1.117	3.67	1117	19350
				54.630	36.710	25.650	7.804	39.055	128.133				
				67.979	45.680	20.577	6.272	48.598	159.442				
				81.209	54.570	17.225	5.250	58.056	190.471				

续表 A. 0. 4

管道外径		管道壁厚		重度		电阻率		电导率		单位表面积			
mm	in.	mm	in.	kg/m	lb/ft	$\mu\Omega$ /m	$\mu\Omega$ /ft	A/mv/m	A/mv/m	m ² /m	ft ² /ft	m ² /km	ft ² /mil
406.40	16.000	6.350	0.250	62.577	42.050	22.353	6.813	44.736	146.771	1.277	4.19	1277	22120
		7.925	0.312	77.920	52.360	17.952	5.472	55.704	182.757				
		9.525	0.375	93.129	62.580	15.020	4.578	66.577	218.429				
		16.662	0.656	159.977	107.500	8.744	2.665	114.366	375.218				
457.20	18.000	6.350	0.250	70.524	47.390	19.835	6.046	50.417	165.410	1.436	4.71	1436	24880
		6.350	0.250	78.470	52.730	17.826	5.433	56.098	184.049				
		7.137	0.281	88.143	59.230	15.870	4.837	63.013	206.736				
		7.925	0.312	84.393	56.710	16.575	5.052	60.332	197.941				
508.00	20.000	9.525	0.375	116.969	78.600	11.959	3.645	83.621	274.346	1.596	5.24	1596	27650
		6.350	0.250	86.417	58.070	16.187	4.934	61.779	202.688				
		9.525	0.375	137.193	92.190	10.196	3.108	98.079	321.780				
		11.913	0.469	170.751	114.740	8.192	2.497	122.069	400.489				
558.80	22.000	7.137	0.281	106.031	71.250	13.192	4.021	75.801	248.691	1.865	6.12	1865	32310
		7.925	0.312	117.654	79.060	11.889	3.624	84.110	275.951				
		8.738	0.344	129.246	86.850	10.823	3.299	92.397	303.141				
		9.525	0.375	137.193	92.190	10.196	3.108	98.079	321.780				
593.73	23.375	7.137	0.281	106.031	71.250	13.192	4.021	75.801	248.691	1.915	6.28	1915	33180
		7.925	0.312	117.654	79.060	11.889	3.624	84.110	275.951				
		8.738	0.344	129.246	86.850	10.823	3.299	92.397	303.141				
		9.525	0.375	137.193	92.190	10.196	3.108	98.079	321.780				

续表 A. 0. 4

管道外径		管道壁厚		重度		电阻率		电导率		单位表面积			
mm	in.	mm	in.	kg/m	lb/ft	$\mu\Omega/m$	$\mu\Omega/ft$	A/mv/m	A/mv/m	m^2/m	ft^2/ft	m^2/km	ft^2/mil
609. 60	24. 000	10. 312	0. 406	152. 343	102. 370	9. 182	2. 799	108. 909	357. 312	1. 915	6. 28	1915	33180
		11. 913	0. 469	175. 320	117. 810	7. 979	2. 432	125. 335	411. 204				
		12. 700	0. 500	186. 749	125. 490	7. 490	2. 283	133. 506	438. 010				
		15. 875	0. 625	232. 227	156. 050	6. 023	1. 836	166. 081	544. 677				
660. 40	26. 000	7. 239	0. 285	116. 523	78. 300	12. 005	3. 659	83. 301	273. 298	2. 075	6. 81	2075	35940
		7. 925	0. 312	142. 461	95. 730	9. 819	2. 993	101. 845	334. 136				
		8. 255	0. 325	132. 624	89. 120	10. 547	3. 215	94. 812	311. 065				
		9. 525	0. 375	152. 729	102. 630	9. 159	2. 792	109. 185	358. 220				
762	30. 000	12. 700	0. 500	202. 642	136. 170	6. 903	2. 104	144. 868	475. 288	2. 394	7. 85	2394	41470
		7. 925	0. 312	147. 447	99. 080	9. 478	2. 892	105. 409	345. 829				
		8. 255	0. 325	153. 116	102. 809	9. 136	2. 785	109. 462	359. 127				
		8. 738	0. 344	162. 030	108. 880	8. 633	2. 631	115. 835	380. 035				
		9. 144	0. 360	169. 590	113. 960	8. 248	2. 514	121. 239	397. 766				
		9. 525	0. 375	176. 570	118. 650	7. 922	2. 415	126. 229	414. 136				

续表 A. 0.4

管道外径		管道壁厚		重量		电阻率		电导率		单位表面积			
mm	in.	mm	in.	kg/m	lb/ft	$\mu\Omega$ /m	$\mu\Omega$ /ft	A/mv/m	A/mv/m	m ² /m	ft ² /ft	m ² /km	ft ² /mil
762	30.000	10.312	0.406	191.079	128.400	7.321	2.231	136.601	448.168	2.394	7.85	2394	41470
		11.125	0.438	205.559	138.130	6.805	2.074	146.953	482.129				
		12.700	0.500	234.429	157.530	5.967	1.819	167.592	549.843				
914.4	36.000	8.738	0.344	194.800	130.900	7.181	2.189	139.261	456.894	2.873	9.42	2873	49760
		9.525	0.375	212.330	142.680	6.588	2.008	151.794	498.010				
		10.312	0.406	229.816	154.430	6.087	1.855	164.294	539.023				
		11.913	0.469	264.713	177.880	5.284	1.611	189.242	620.873				
		12.700	0.500	282.110	189.570	4.958	1.511	201.679	661.675				
		14.275	0.562	316.814	212.890	4.415	1.346	226.488	743.072				
		15.875	0.625	351.398	236.130	3.981	1.213	251.213	824.188				
		17.450	0.687	385.849	259.280	3.625	1.105	275.841	904.991				
		9.525	0.375	248.120	166.730	5.638	1.718	177.380	581.955				
		9.906	0.390	257.912	173.310	5.424	1.653	184.380	604.921				
1066.8	42.000	11.125	0.438	289.298	194.400	4.835	1.474	206.817	678.534	3.351	11.00	3352	58060

续表 A. 0. 4

管道外径		管道壁厚		重度		电阻率		电导率		单位表面积			
mm	in.	mm	in.	kg/m	lb/ft	$\mu\Omega/m$	$\mu\Omega/ft$	A/mv/m	A/mv/m	m ² /m	ft ² /ft	m ² /km	ft ² /mil
1066.8	42.000	12.700	0.500	329.835	221.640	4.241	1.293	235.797	773.613				
		14.275	0.562	370.104	248.700	3.779	1.152	264.586	868.063	3.351	11.00	3352	58060
		15.875	0.625	411.058	276.220	3.403	1.037	293.863	964.119				
1219.2	48.000	12.700	0.500	377.515	253.680	3.705	1.129	269.884	885.445				
		15.875	0.625	470.659	316.270	2.972	0.906	336.472	1103.909	3.830	12.57	3830	66350
		19.050	0.750	563.297	378.520	2.483	0.757	402.698	1321.187				

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

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

引用标准名录

- 《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119
- 《土方与爆破工程施工及验收规范》GB 50201
- 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202
- 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 《油气长输管道工程施工及验收规范》GB 50369
- 《油气田及管道岩土工程勘察规范》GB 50568
- 《爆破安全规程》GB 6722
- 《国家一、二等水准测量规范》GB 12897
- 《爆破作业人员安全技术考核标准》GA 53

中华人民共和国国家标准

油气输送管道穿越工程施工规范

GB 50424-2015

条文说明

修 订 说 明

《油气输送管道穿越工程施工规范》GB 50424—2015,经住房和城乡建设部 2015 年 6 月 26 日以第 861 号公告批准发布。

本规范是在原国家标准《油气输送管道穿越工程施工规范》GB 50424—2007 的基础上修订而成,上一版的主编单位是中国石油天然气管道局,参编单位是中国石油天然气管道局穿越分公司、中国石油天然气管道局第三工程分公司、中国石油天然气管道局第四工程分公司、中国石油天然气管道局海洋工程分公司、中国石油天然气管道工程有限公司,主要起草人员是续理、魏国昌、石忠、刘崑辉、王炜、郭泽浩、陈文备、董浩、郑玉刚、李丽君、高泽涛、马骅、李文东、苏士峰、葛业武、姚士洪、那晶、王卫国、靳红星、雷章彬、葛新东、陈辉。本次修订的主要技术内容见前言部分。

本规范修订过程中,修订工作小组进行了广泛、深入的调查研究,总结了我国油气输送管道穿越工程施工的实践经验,同时参考了国外先进技术法规、技术标准。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,本规范编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明,还对强制性条文的强制性理由做了解释。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目 次

1	总 则	(119)
3	施工准备	(120)
4	材 料	(121)
5	管道安装	(123)
5.1	管道主体安装	(123)
5.2	焊缝的无损检测	(125)
5.3	管道外涂层、补口	(126)
6	定向钻法穿越施工	(127)
6.1	一般规定	(127)
6.2	施工测量	(128)
6.3	穿越施工	(128)
7	竖井施工	(130)
7.1	一般规定	(130)
7.2	施工测量	(131)
7.3	沉井法施工	(131)
7.4	地下连续墙法施工	(132)
8	顶管法穿越施工	(137)
8.1	一般规定	(137)
8.2	施工准备	(137)
8.3	螺旋钻机顶管穿越施工	(138)
8.4	千斤顶顶管穿越施工	(138)
8.5	岩石爆破施工	(139)
8.6	平衡法顶管穿越施工	(140)

9	盾构法穿越施工	(142)
9.1	一般规定	(142)
9.2	施工准备	(142)
9.3	施工测量	(143)
9.4	出、进洞密封	(144)
9.5	管片制作	(144)
9.6	隧道掘进	(145)
9.7	不良地质段施工	(147)
9.8	壁后注浆	(147)
9.9	隧道防水	(148)
9.10	带压进舱作业	(149)
10	开挖法穿越施工	(151)
10.1	一般规定	(151)
10.2	不带水开挖穿越施工	(151)
10.3	带水开挖穿越施工	(152)
10.4	爆破成沟	(154)
10.5	道路开挖穿越施工	(155)
11	矿山法隧道穿越施工	(156)
11.1	一般规定	(156)
11.2	施工测量	(156)
11.3	洞口施工	(157)
11.4	明洞施工	(158)
11.5	隧道掘进	(158)
11.6	支护	(160)
11.7	斜巷施工	(161)
11.8	监控量测	(161)
11.9	衬砌	(163)
11.10	防水与排水施工	(164)

11.11	隧道内运输、通风、照明	(164)
12	管道清管、试压	(166)
13	健康、安全与环境	(167)
14	工程交工验收	(169)

1 总 则

- 1.0.1 本条说明了制定本规范的目的。
- 1.0.2 本条说明了本规范的适用范围。
- 1.0.3 本条介绍了本规范内容所涉及的几种主要穿越施工方法。
- 1.0.4 本条说明本规范与其他国家、行业现行有关标准的关系。

3 施 工 准 备

3.0.1 开工前的现场调查主要目的是为了熟悉现场情况,如穿越设备的进场道路是否具备,征地和气象水文条件对施工的影响,营地布置的条件等。核对设计文件主要是现场条件与设计的吻合性,根据现场调查和设计文件,编制合理的施工组织设计文件,根据现场条件细化施工方案,和根据施工方案的要求配备合理的施工装备,报监理批准后进行施工。

3.0.2 本条对开工前的前期工作的一般内容提出了要求,如施工当地条件有特殊性时或业主有其他的要求,应予以考虑。

3.0.3 为保证施工位置的准确性,合理解决施工难点和施工中可能出现的问题,做好现场的环境保护工作,施工单位与设计单位要做好沟通。

3.0.4 本条对施工组织设计的基本内容进行了规定。

3.0.5 本条要求施工应根据现场条件、施工单位的施工力量和装备水平、工期要求等合理确定和优化施工工艺。

3.0.6 本条规定了要结合施工对象,对施工人员进行专题的技术交底和培训,以保证安全和提高穿越施工的成功率。

4 材 料

4.0.1 所采购的工程材料、管道附件的材质、规格和型号必须符合设计要求,其质量应符合国家或行业现行有关标准的规定,并具备出厂合格证、质量证明书,以及材质证明书或使用说明书。有关标准如下:

(1)钢管标准:

GB/T 9711 石油天然气工业管线输送系统用钢管

GB/T 8163 输送流体用无缝钢管

API Spec 5L 管线管规范

(2)管件标准:

GB/T 13401 钢板制对焊管件

GB/T 13402 大直径钢管法兰

SY/T 0510 钢制对焊管件规范

SY/T 0516 绝缘接头与绝缘法兰技术规范

SY/T 5257 油气输送用钢制感应加热弯管

(3)线路截断阀门标准:

GB/T 12234 石油、天然气工业用螺柱连接阀盖的钢制闸阀

GB/T 12237 石油、石化及相关工业用的钢制球阀

SY/T 4102 阀门检验与安装规范

(4)焊接材料标准:

GB/T 5117 非合金钢及细晶粒钢焊条

GB/T 5118 热强钢焊条

GB/T 5293 埋弧焊用碳钢锡焊丝和焊剂

GB/T 8110 气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝

(5)防腐材料标准:

GB/T 23257 埋地钢质管道聚乙烯防腐层

4.0.2 对工程所用材料都应对出厂合格证、质量证明文件以及材质证明书进行检查。质量证明书中应有溯源文件。对管材、管件等非土建类材料,使用前应进行尺寸偏差和外观质量检查。焊接材料应按规定进行抽检,对土建材料如砂子、水泥、石子均应进行复验,其他材料当对其质量(或性能)有疑问时应进行复验。合格后才可以使用。

5 管道安装

5.1 管道主体安装

5.1.1 根据现有穿越方法及穿越施工工序将管道安装分为四类。

5.1.2 穿越施工方法有定向钻法、顶管法、盾构法、矿山法、开挖法穿越。根据穿越方式不同,定向钻穿越法与开挖法管道安装应该符合现行国家标准《油气长输管道工程施工规范》GB 50369 关于主体管线安装有关要求;其他穿越管道安装可参考下列执行方式选择:

(1)顶管法管道安装方式:

1)套管内管道安装可采用工作井(坑)内预制牵引就位或井内预制牵引助推就位法。管道长度小于 35m 时,可直接吊起一端借助滚轮推入;

2)套管内管道安装时需要对管道外防腐层实施有效的保护,且套管两端需要按设计要求进行封堵。可安装辊道支承,也可在管道上安装护管拖架、绝缘支撑、滚轮等用于管道的防护与推送;当出现管道卡住、管道刮蹭套管内壁时,拉出管道检查防腐层,然后重新穿越;

3)钢管吊装。将第一根钢管吊放到始发井(坑)底的临时管道支架上,在钢管牵引端焊上牵引头,钢丝绳连接好后,启动卷扬机将第一根钢管牵引到隧道内预定位置;

4)管道组装焊接。将第二根钢管吊到井下,与第一根钢管组对焊接,组对采用外对口器;

5)管道牵引就位。管道安装完成后,启动接收井内的卷扬机,将钢管牵引进顶管隧道内,当管道到达预定位置时,停止牵引,进行下一根钢管的组装焊接工作,依此循环作业,直到将管线全部牵

引到隧道内。

(2)盾构隧道内管道安装方式：

1)管道的组焊、运输作业根据竖井直径、隧道直径和长度、坡度、油气输送钢管管径大小和数量不同,选择隧道内安装和竖井内安装两种施工方法；

2)管道支墩施工符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。支架结构尺寸、规格、焊缝及防腐符合设计要求；

3)隧道内安装,在隧道内先安装轨道,轨道具有相应的强度与刚度,轨道安装时对每处轨道螺栓进行紧固,并有专人进行轨道巡检。轨道安装时充分考虑管道安装时的管道支座位置；

4)竖井内安装,在管道支墩上安装用于管道推送的辊道支承,在接收井内安装卷扬机用于管道的牵引；

5)管段垂直运输采用龙门吊或采用吊车进行。隧道内安装的水平运输采用轨道电瓶车。竖井内钢管吊装,每次将一根钢管要倾斜一定角度吊装,采用防滑方式。吊运时要保护防腐层不破损；

6)管道布管完成后,进行组对焊接。通过油压千斤顶将管道顶起,进行管口组对,安装好内对口器,并放置管道支座。管道焊接完成,撤走临时支座和千斤顶。

(3)矿山法隧道内管道安装方式：

1)平缓隧道内管道安装：

①管道可采用机械化流水法管道安装；

②安装前准备好隧道焊接小车、对口器、运管炮车和吊车等配合隧道管道安装的设备及机具；

③隧道内运布管可采用专用的隧道运管炮车,并使用龙门架卸车；

④将焊接设备、材料、施工机具放在滚轮小车上,每台焊接小车可放置四台焊接设备；

⑤在组对焊接第一道焊口前,在隧道内首先用袋装沙土打管墩,并用炮车装管倒退进入隧道,采用自行龙门架将管材卸车后,开始组对焊接;

⑥焊接小车随着焊接的进行由焊工推向下一道焊口。组对、焊接几根管后,将设备使用的电源接口转换到下一个配电箱,依次类推,形成隧道管道安装的机械化流水作业;

⑦在条件允许的情况下,也可隧道内部安装滚轮架,在隧道外部安装超过一根钢管的发送滚轮架,在隧道外组装焊接管道,并用牵引方法发送管道。

2)斜巷隧道内管道安装:

①管道可采用运送组对小车的安装施工方法;

②施工前首先进行卷扬机安装及轨道安装;

③首先将钢管吊到管道运送组对小车上,启动卷扬机在下滑力的作用下,通过在隧道内铺设的轨道,将运管车送入隧道内;

④在管道下设置枕木临时支墩,临时支墩的高度要高出管道混凝土支墩设计高度;

⑤用管道运送组对小车的液压顶升装置顶起钢管进行组对,并完成焊接;

⑥焊接完成后,启动地面上的卷扬机,将管道运送组对小车拉回地面,进行下一根钢管的运送、组对及焊接,依此类推。

5.2 焊缝的无损检测

5.2.1 本条为强制性条文,必须严格执行。考虑到油气输送管道穿越工程应提高对焊接质量的要求,因此规定所有的焊口均进行100%超声波检测和100%射线检测,并规定合格等级不分压力和地区,均要求达到国家现行标准《石油天然气钢质管道无损检测》SY/T 4109规定的Ⅱ级以上。

5.2.2 对无损检测人员的资格做出规定,是根据国家主管部门的强制要求提出的,也是目前国内的一致做法。焊缝的无损检测应

执行现行行业标准《石油天然气钢质管道无损检测》SY/T 4109。

5.3 管道外涂层、补口

5.3.1 对管道外涂层、补口施工提出整体要求。

5.3.2 对已经进行涂覆了的外防腐层要达到的效果进行说明,其指标依据来自于现行国家标准《埋地钢质管道聚乙烯防腐层》GB/T 23257 的有关规定。

6 定向钻法穿越施工

6.1 一般规定

- 6.1.1 根据河流等水域的冲(淤)特性及管线敷设的经济安全要求,为了既能够充分的考虑河流的冲刷深度,而且不会导致埋深过大,通过对多年定向钻河流穿越的实践经验,确定了该条河流穿越管道埋深的经验值。公路、铁路部门对在其地下敷设管道有专门的规定,按其规定执行穿越管道埋深。
- 6.1.2 一般的钻机安装好后,它的倾角是 12° ,所以入土角宜为 10° ,出土角与管径有关,管径越大,出土角越小。
- 6.1.3 穿越管段的曲率半径是定向钻法穿越中一个重要的参数,穿越中应满足管道弹性敷设的要求。穿越曲率半径在工艺允许情况下宜大些,特别是岩石穿越应超过 $1500D$ 。
- 6.1.4 本条要求是为了满足管道回拖要求。
- 6.1.5 根据施工需求,提出所需相关地质资料。
- 6.1.6 对不具备进行定向钻穿越地质条件的穿越段而必须进行定向钻穿越管道敷设,需根据工程需求,进行地质处理。通过对多条河流地质处理技术经验,提出地质处理的相关要求。
- 6.1.7 本条给出穿越段长度示意图,根据示意图和给出的公式可以准确计算穿越各控向点位置的坐标,指导穿越施工。
- 6.1.8 本条给出了管道回拖力的通常算法,结合工程,选取合适的安全系数来确定最终回拖力值,以此选择钻机型号。
- 6.1.10 本条规定了建设方需要提供的基础资料。
- 6.1.11 本条根据定向钻法穿越特征,提出了进场条件、施工用水及施工场地所需满足的条件。
- 6.1.12 定向钻法穿越管线敷设需要在作业过程中尽可能保持连

续性,需确定管段的预制与补口时间保证连续施工。

6.1.13 钻机在穿越中心线上安装可使得钻进轨迹尽可能地满足设计轨迹曲线要求;安装满足钻机最大拉力要求的地锚,可使钻机在应急抢险中保证最大能力发挥。

6.1.14 根据施工需求及场地条件,提出钻机场地要求。

6.1.15 便于管线回拖准备及定向钻穿越管线回拖过程顺利实施,提出管线预制应尽可能在出土点附近并且保持与出入土点成直线关系的要求。

6.1.17 不同地层条件对管道外涂层的破坏程度不同,所以根据地层条件进行设置外涂层材料及结构形式。

6.2 施工测量

6.2.1~6.2.3 定向钻法穿越施工需要有精准的方向控制,需要对控制穿越轨迹曲线的相关参考点进行准确测量;同时为了使得整个工程施工有序、高效实施,需要对相关场地设施进行准确定位。

6.3 穿越施工

6.3.1 本条是关于钻导向孔的规定:

1 控向操作是控制穿越曲线的重要操作过程,因此要求控向操作人员进行专业的培训,并经考核合格,以保证穿越曲线的准确性。

3 钻进一根钻杆至少进行一次控向数据采集,所采集的控向数据与设计轨迹曲线数据进行对比,可及时提醒司钻人员进行方向控制,确保穿越曲线与设计曲线尽量吻合,使穿越曲线的偏差能符合设计曲线的允许偏差范围。

4 穿越两端使用套管隔离法来处理不良地质情况时,单向穿越在套管位置无法实施,所以必须采用对穿工艺;同时根据施工经验,确定长度大于2000m时,宜使用对穿工艺。

5 导向孔实际曲线与设计穿越曲线的偏差不应大于1%,是

指根据穿越曲线长度计算允许偏差值,即穿越曲线横向偏差、上下偏差、出土点横向偏差、出土点纵向偏差。例:穿越长度为100m,那么按照“导向孔实际曲线与设计穿越曲线的偏差不应大于1%”计算,其横向、纵向偏差均为±1m。实际穿越中,允许偏差值取导向孔实际曲线与设计穿越曲线的偏差1%计算出的偏差值与表6.3.1-2中偏差值的较小值。

6.3.2 本条是关于定向钻导向孔对接穿越施工的规定:

1 根据对接穿越施工特征及人工磁场布设要求,需对穿越段的地上、地下构筑物,施工机具、设备,场地情况进行规定,以此满足对接穿越施工要求。

3 交流线圈布设宽度可确定磁场覆盖深度,为了满足磁场覆盖范围满足控向随钻测量系统深度要求,设置线圈宽度宜大于3倍穿越深度。

4 主钻机先钻是由于对接区域靠近与辅助钻机一侧,并且辅助钻机钻的距离短,所以可以选择这样的钻进方式;

5 轴向磁铁探测范围低于旋转磁铁范围,具体数值根据国外PHL公司推荐值。

6.3.4 本条是关于回拖的规定:

2 当穿越管段为大口径管道时,可能由于管段的体积较大,造成浮力过大的情况,宜采用适宜的措施来控制管段浮力。

3 托管架的强度、刚度和稳定性除在预制过程中满足设计要求外,还应该在现场安装过程中保证托管架的稳定性,在送管过程中,托管架不能倾倒,托管架倾倒致使回拖无法进行。

5 回拖时宜连续作业。停止回拖时间过长可能造成泥浆对管段造成握裹力,增大回拖力,造成回拖无法正常进行,因此停止回拖时间不宜超过4h。

6.3.5 该条款引用的附录A数据来源于NACE TM0102—2002《Measurement of Protective Coating Electrical Conductance on Underground Pipelines》。

7 竖井施工

7.1 一般规定

7.1.1 根据多年竖井施工经验,将竖井施工方法分为沉井法、钻爆法、沉井法与钻爆法结合以及利用地下连续墙加支护结构等。

7.1.2 根据竖井施工前准确了解的地质勘察成果、设计施工图相关参数进行验算,编写施工方案与难点专项方案和相关风险控制措施等提出了要求。

7.1.3 本条文明确了竖井防洪井圈在盾构施工、运行过程中,为满足防洪及施工安全规定要求的设置。

7.1.4 施工前应完成的准备工作,根据工程实际,结合现行国家标准《油气输送管道工程穿越设计规范》GB 50423 的有关规定。

7.1.5 竖井施工方法的选择主要是依据地质情况,通过各种施工工法适应性的比较,选择安全、经济、对周边影响小、工期短的施工方法。较大较深竖井常用的施工方法有:沉井法、矿山法、连续墙法或其他多工法组合施工,因此在工法设计选择方面还需要综合考虑地质状况、承包方经验与当地成熟的施工经验相结合,但也不限定其他成熟的施工工法或新技术的应用;在松散砂、卵砾石层、淤泥层可根据地层状况和施工实际情况采取相应的地质改良加固或止水措施;盾构、顶管机出、进洞门周围地质改良,应根据洞门周围地质、水土压力情况,在出、进洞门隧道中心线选用适合的地质改良或加固措施,并对加固体进行钻孔取芯检查;当地下水土压力较大且处于松散不稳定地层时,也可采用钢筒密封始发与水下贯通的方法,不论采取何种方法与地层加固措施,其目的是以保障风险可控为原则。

7.2 施工测量

7.2.1 本条规定了施工定位依据、做法和原则。施工测量是关系到隧道准确贯通的基本保障,需要选择适宜的坐标、高程起算控制点,同时还需要对设计、地方提供的测量坐标系(网)进行复合测量。

7.2.2、7.2.3 在盾构与顶管的始发和接收井之间,采用二等导线网建立施工控制测量系统,每个井口布设不少于3个控制点。所布设的测量控制点尽量避免选择在车辆、沉降等影响区域内。

7.2.4 当穿越轴线穿越水域时,需要考虑跨水域水准测量规避通视带来影响,如果受通视影响可通过建立大三角(0.4km~1.0km)或GPS测控网,但精度等级与效果需能保证隧道精确贯通。

7.3 沉井法施工

7.3.1 本条规定了沉井施工地基处理、施工、检测、试验的方法。

7.3.2 本条规定了采用人工筑岛基本要求。

7.3.3 本条规定了沉井刃脚制作方法、施工、检测指标。由于地质差异、施工方法与经验的不同,承包方应根据掌握的地质特征、现场环境、施工经验等,对刃脚设计结构与尺寸进行验算与修正。

7.3.4 井筒制作每节高度不应大于竖井直径或长方形竖井短边长度,并对制作施工、预留洞门、预埋件等作了规定。

7.3.5 护壁泥浆是为了降低井筒下沉过程中的磨阻力,及其充填井壁与地层之间空隙防止井筒周边地层的坍塌,减少沉降量的有效措施。

7.3.6 本条是关于下沉的规定:

1 沉井刃脚踏面宽度直接影响到竖井起始下沉与终沉施工,需要结合区域的施工经验与地层状况综合考虑计算,防止刃脚踏面宽度不合理,而导致起始突沉与终沉困难等问题;

2 采用不排水沉井法时,需要根据竖井自重、井壁体积浮力、土体摩擦阻力计算下沉系数;在沉井法施工中,当地层存在与卵砾石、岩石层接合过渡层时,对竖井周围地层进行必要的补充勘探,了解岩石层位水平变化均势情况。当发现岩石层存在较大的水平倾斜角时,应当提前采取地质改良措施或调整下沉井施工专项方案;

4 在排水沉井法施工中,需要根据地层状况的实际变化,采取泥浆护壁、黏土或淤泥护壁、卵石护壁。特别是在砂、卵石、卵砾石交错地层沉井施工时,需要依据地层的变化提前进行置换处理防止串浆而引起的危害。

7.3.7 本条是关于封底的规定:

1 井筒下沉至设计深度后,通过井筒预埋注浆管,采取压注水泥砂浆置换护壁泥浆换填固井,与封底工作;

2 在砂卵砾石地层学井施工中,井筒封底易发生涌水涌砂事件,除了采取地质改良并具有良好的止水效果外,应当采取不排水封底;

3 采用不排水沉井封底时,井内水位应高于地下水位,防止因地下水渗流形成而导致缺陷。水下封底混凝土待强度达到设计要求后,通过试排水,确认井筒的内外水力联系已隔断,方可井内排水;

4 采用沉井法时,井壁与井底板钢筋连接宜采用螺栓接驳器(锥螺纹或直螺纹),有利于井内机械开挖或水力出土施工。

7.3.8 采用壁后空隙压注水泥浆换填与固井,可以保证沉井的稳定性。

7.4 地下连续墙法施工

7.4.1 本条是关于导墙施工的规定:

1 本款基本依据 DG/TJ 08—2073—2010J 11658—2010 上海市工程建设规范《地下连续墙施工规程》第 4.0.1 条规定提出;

2 导墙顶高出施工场地地面 100mm 是为了防止地表雨水流入导槽。本款依据 JTJ303—2003《港口工程地下连续墙结构与施工规程》。高于地下水位 0.5m 以上可保持泥浆对槽壁的压力,起到护壁作用;

3 本款依据 DG/TJ08—2073—2010J 11658—2010 上海市工程建设规范《地下连续墙施工规程》第 4.0.6 条和天津市工程建设标准 GB 29—103—2004J 10470—2004《钢筋混凝土地下连续墙施工技术规范》第 4.0.5 条提出的;

4、5 依据 DG/TJ 08—2073—2010J 11658—2010 上海市工程建设规范《地下连续墙施工规程》第 4.0.7、4.0.6 条规定提出;

6 本款依据 JTJ 303—2003《港口工程地下连续墙结构与施工规程》第 5.2.2.6 条规定提出。

7.4.2 本条是关于泥浆使用的规定:

1~6 依据 DG/TJ 08—2073—2010J 11658—2010 上海市工程建设规范《地下连续墙施工规程》第 5.0.1 条规定提出;

7 依据 JTJ 303—2003《港口工程地下连续墙结构与施工规程》第 5.2.3.7 条提出;

8 合理使用泥浆可保持槽壁的稳定性 and 提高成槽效率,提出了一般软土中泥浆指标的一般要求,依据 JTJ 303—2003《港口工程地下连续墙结构与施工规程》制定,其他地质条件对基本参数进行适当调整;

9 循环使用泥浆的净化效果直接影响护壁泥浆重复使用的可能性,也影响施工成本和废弃泥浆量,故根据 JTJ 303—2003《港口工程地下连续墙结构与施工规程》第 5.2.3.2 和第 5.2.3.5 条规定对循环泥浆提出要求;

10 根据工程实践,出现漏浆或泥浆性能指标下降时,泥浆很快流失,导致泥浆液面下降,造成槽壁坍塌。

7.4.3 本条是关于地下连续墙成槽的规定:

1 连续墙成槽应根据地质条件、墙体尺寸、施工环境等选用

适合的方法和机械,特别是砂、卵砾石、淤泥质地层,应当制定详细的施工方法和控制工艺,防止槽段开挖过程中受机械强烈振动、交变载荷的影响,导致槽壁坍塌和地面沉降;

2 本款规定了单元槽段的划分原则,并根据国内实践经验和JTJ 303—2003《港口工程地下连续墙结构与施工规程》有关规定给出了单元槽的长度范围;

3 地下连续墙施工前可通过一个槽段进行试挖,以检验成槽机的性能,泥浆配合比,并对地质资料复核;

4 槽段开挖过程中观测地面沉降、槽壁变形、垂直度、泥浆液面高度,由于槽壁形状基本决定墙体外形,成槽的精度基本决定墙体制作精度,所以成槽过程中加强观测,并随时加以修正才能保证成槽质量。当偏移量过大时应立即停止施工。成槽过程中应控制抓斗或冲击钻速度,减少施工中对土的扰动。严格控制抓斗与冲击钻上下运行速度与切入深度,防止快速下放与冲击切入土体导致槽壁受强烈振动造成变形或坍塌;

5 槽段成形后,对清底后的泥浆性能和沉渣淤积厚度进行了规定,有利于成槽质量控制;

6 成槽完成后对相邻段的混凝土端面(接头)进行清刷,清刷的目的主要清除相邻段混凝土端面的泥土、混凝土结块、沉渣残余,此项目作业直接关系到槽段接头的混凝土浇筑与防水质量。槽底沉渣很难被混凝土置换出来,沉渣残留在槽底不仅会使地下连续墙承载力降低,沉降量加大,而且会影响墙底部截水防渗能力,成为产生管涌的隐患。沉渣混进浇注的混凝土内,降低其强度,如在浇注过程中,由于混凝土流动将沉渣带至单元槽段接头处,则将严重影响接头部位的抗渗性。沉渣会降低混凝土的流动性及浇注速度,还可能造成钢筋笼上浮或插不到位,以致使结构筋发生变化。沉渣会加速泥浆的变质,还会使浇注混凝土外表疏松,夹泥部分和上部浮浆增加,因此清渣是一项重要工作。接头处土渣一方面是由于混凝土流动挤到另一模段接头处。另一方面是先

施工的槽段接头面上有泥皮与土渣,因此为保证单元槽段接头部位的抗渗性能,在清槽过程中,要对先施工的墙体接头上面的土渣泥皮,用刷子刷或水枪喷高压水冲洗。本款规定的清槽泥浆置换标准,是依据 JTJ 303—2003《港口工程地下连续墙结构与施工规程》的有关规定制订。

7.4.4 本条是关于连续墙接头施工的规定:

2 常用的连续墙接头方式有:焊接工字钢接头、V 型钢板接头、锁口管接头等。采用焊接工字钢、V 型钢板接头时,由于接头空隙部位使用的充填材料与方法不当,极易造成空洞或充填物进入槽段内,导致水下浇筑混凝土串入接头空洞内或地下连续墙发生夹渣。因此,槽段接头不宜采用砂袋充填,可在工字钢外侧槽内充填绑扎泡沫块或采用柔性管(由 PVC、纤维面料缝制的直桶管)安装固定在工字钢、V 型钢板的**外侧,钢筋笼入槽到位后向柔性管内充填中粗砂或米石或黏土团。锁口管接头安装与拆除,在安装前应当检查锁口管无变形、弯曲,接口完好无变形,起拔设备完好无故障、液压管路无老化与渗漏油才能安装使用,存在以上缺陷的一律不准使用。锁口管安装应当保持自然垂直入槽,不得强行下冲或加压入槽。锁口管起拔应按照混凝土浇筑后的初凝时间严格控制起拔时间与速度,防止因提前起拔导致混凝土塌陷,延时起拔导致锁口管被固结而无法拔出;填充时需要计算填充体积以保证密封性;

3 连续墙接头清理可依据冲击力、钢丝绳受力与摆动情况,及时调整冲击速度、行程,经常检查冲击钻头磨损情况。当遇到混凝土结块应当采取缓慢冲击,防止冲击速度过快而导致偏斜。

7.4.5 钢筋笼的制作与吊放,依据天津市工程建设标准 GB 29—103—2004J 10470—2004《钢筋混凝土地下连续墙施工技术规范》的有关规定提出。

7.4.6 本条是关于混凝土灌注的规定:

1 地下连续墙混凝土浇筑采用导管法灌注,因此要求混凝土

有良好的和易性和缓凝性,和易性的好坏将直接影响到混凝土灌注时对沉渣的挤压排出效果,是导致地下连续墙体夹渣主要原因之一;

3 混凝土灌注导管间距过大,导管安装位置、间距不合理或灌注不同步,会导致混凝土表面高差增大,造成槽段端部和两根导管之间的混凝土面偏低,混凝土不能将沉渣挤出;

4~8 根据 DG/TJ 08—2073—2010J 11658—2010《上海市工程建筑规范》《地下连续墙施工规程》有关规定提出。

8 顶管法穿越施工

8.1 一般规定

8.1.1 本条带套管穿越时,套管长度伸出路基坡脚外宜大于2m,是综合《管道与铁路关系的规范》、《管道与公路关系的规定》和国家现行标准《钢质管道穿越铁路和公路推荐作法》SY/T 0325 制定的。

8.1.2 本条是根据液压站的一般工作能力制定的。

8.1.3 穿入后用500V兆欧表检测套管与穿越管段之间的绝缘电阻,其值应大于 $2M\Omega$,目的是使主管不与套管接触。

8.1.4 当套管或涵洞内充填细土将穿越管段埋入时,可不设排气管及两端的严密封堵。当套管或涵洞内输气穿越管段是裸露时,应设排气管且两端严密封堵。

8.2 施工准备

8.2.1 本条提出了据设计给定的控制桩位,放出穿越中心线、施工带边线坑,工作坑与接收坑的位置与尺寸,并给出了后背墙的结构、材料及尺寸确定要求,是经验做法。

8.2.2 本条给出了后背墙的顶力计算公式,本公式为确定结构、材料及尺寸提供依据。表8.2.2-2中 P (控制土压力)可按下式计算:

$$P = k_0 r H_0 \quad (1)$$

式中: k_0 ——静止土压力系数;

r ——土的重度, kN/m^3 ;

H_0 ——地面距顶管的中心高度,m。

8.3 螺旋钻机顶管穿越施工

8.3.1 本条是关于作业坑开挖的规定：

2 坑底基面的处理可采用垫枕木、做混凝土基面等；

4 在地下水位高的地段施工，作业坑和接收坑应根据具体情况采取有效的降水措施。降水措施可以是明沟排水，也可以是井点降水、管井降水等措施。

8.3.2 本条是关于钻机安装的规定：

2 当作业坑靠背墙土壤性能较差时，可采取打钢板桩、加枕木、做承力墙、原土夯实等加固措施。

8.3.3 本条是关于钻进施工的规定：

2 把第一节套管顶进方向的准确性作为整个顶管施工的关键要素，是由于螺旋钻孔距离较多，一般不超过 70m，套管刚度较大，在穿越过程中一旦出现偏差，很难调整过来。所以在施工中把第一节套管的顶进方向准确性作为穿越成败的重要点来控制；

6 在硬地层钻孔时，由于成孔较好，钻头伸出套管是为了减少顶进套管的阻力；在松软地层，钻头缩至套管内是由于套管可直接顶进，减少钻进面土体流失过多所造成的塌方或路面下陷。

8.3.4 本条是关于套管安装质量的规定：

2 本条所规定偏差要求是近几年来建设单位所接受的数据和钻机能力能够达到数据间的折中或平衡。顶进长度划分为 30m 以内、30m~42m、42m 以上是考虑到每根套管长度一般为 6m。

8.3.5 本条穿越管道安装指的是主管道，对于套管的组装焊接质量一般不作规定。

8.3.6 本条对发送坑和接收坑内穿越管段下部及作业坑的回填提出要求，是为了防止套管顶进中心线偏移及保证管道隐蔽后运行安全。

8.4 千斤顶顶管穿越施工

8.4.1 对顶管作业坑提出了具体的技术要求，应当强调的是承受

顶进反力的作业坑背面应采取加强措施。

8.4.2 为保证顶管作业正常进行,顶管作业坑的地下水应及时排出。

8.4.3 本条所提要求是一项重要的安全措施,主要包括黄土源地带、风化岩地带。

8.4.4 本条对顶管作业坑的开挖时的路基保护提出要求,是为了保证路基稳定,进而确保道路安全。

8.4.5 本条提出了顶管用千斤顶的顶力选择,确保顶进过程顺利进行。

8.4.6 本条对顶管中心线提出应用仪器测量控制要求,确保顶管中心线精度满足要求。

8.4.7 本条对顶管设备的性能及就位提出要求,对顶管中心线控制及顶管部位超挖提出要求,是为了避免顶管作业期间的设备故障及顶进中心线偏移等问题。

8.4.8 本条对千斤顶顶管测量做出规定,是由于类似工程中经常出现测量工作不到位、测量次数少,不能满足顶管精度的要求。

8.4.9 对纠偏角度所提要求,是因为如纠偏角度过大,混凝土套管连接部位易造成破损,且给主管就位造成困难。

8.4.10 本条提出采用轴向液压千斤顶配以液压站法施工时,应严格控制油泵的压力,使油泵压力平稳上升。

8.4.11 本条提出顶管作业宜连续进行,是为了防止中途停止而后继续顶进过程中出现的阻力过大问题出现。

8.5 岩石爆破施工

8.5.1 本条是基于提高施工功效提出的施工方法。

8.5.2 本条提出钻孔作业时根据顶管隧道穿越的岩石量确定设计炸药的消耗量,提出了采用中间掏槽周边光面爆破的方案时以毫秒差雷管爆破方式为宜。本条为炸药消耗量提出了依据,为确保安全爆破作业提出毫秒差雷管爆破方式。

8.5.3 本条为孔数、药量提供依据。

8.5.4 采用微差起爆方式时先对中心掏槽控孔分1段~2段进行起爆,再应对周边孔分4段~5段进行起爆,本条提出了对爆破处通风处理。本条为避免未起爆雷管、盲炮现象提出操作要求。

8.5.5 本条提出每次爆破完成并确认无危险后,施工人员应对爆破碎石进行清理运输。明确了安全施工要求。

8.5.6 本条提出套管顶进中心线偏差不应大于套管长度的5%。本条为套管中心线控制的通用做法,其目的在于确保出土端套管中心线与主管到中心线在同一直线上。

8.5.7 本条对发送坑和接收坑内穿越管段下部及作业坑的回填提出要求,是为了防止套管顶进中心线偏移及保证管道隐蔽后运行安全。

8.6 平衡法顶管穿越施工

8.6.1 本条是关于平衡法顶管穿越施工准备的规定:

1 顶管机的选择应充分考虑到地质条件:在黏性土层中必须控制地面隆陷时,宜采用土压平衡顶管法;在粉砂土层中且需要控制地面隆陷时,宜采用加泥式土压平衡或泥水平衡顶管法;

3 平衡法顶管对于轨道及后座顶板有很严格的要求,轨道宜选用可调式钢结构,后座墙宜采用混凝土结构,以确保基座的牢固。

8.6.3 本条提出了采用橡胶法兰止水法对顶管始发端止水,强调止水橡胶法兰与顶管机充分结合。其目的在于防止地下水位渗到操作坑影响顶管作业,确保了顶管作业安全及顶管工程质量。

8.6.4 为防止地下水涌入顶管作业空间,顶管施工应选用合适的密封材料和密封结构进行顶管过程中的密封。

8.6.6 本条依据现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 以及西

气东输黄河顶管的实践经验做出的规定；

8.6.7 本条规定了混凝土套管安装时,凹凸口应对中,承插时外力应均匀,接口抗渗试验应达到设计要求。该要求为确保主管道的安装质量。

9 盾构法穿越施工

9.1 一般规定

9.1.1 油气管道穿越江河、湖泊、水域采用盾构法隧道,具有地质复杂、软硬交错、松散、高水压等特点,定向钻、大开挖施工不能满足施工条件的项目,为降低施工风险在选用盾构法隧道施工时,优选泥水平衡式盾构。

9.2 施工准备

9.2.1 本条是关于始发和接收场地的规定:

1 本款对盾构始发、接收场地临时使用面积,渣土永久存在场地使用面积,提出了相应的要求;

2 对始发与接收场地需满足盾构设备现场组装调试、大型吊车与辅助车辆进出场调头、转弯、就位、吊装作业回转半径等有效作业场地和空间提出要求。对吊装作业区域内可能影响建筑物、高压线等需拆除或位移,满足盾构机装车及其外运的通道提出的要求;

3 为满足盾构施工设备材料运输,对进出场道路应满足运输基本的要求;

7 为保障盾构施工与吊装作业的安全,对竖井中心 40m 范围内的永久架空高压线路采取改线或临时位移提出的要求。

9.2.2 本条是关于盾构机选型及配套设备准备的规定:

1 在软硬不同的复杂地层是盾构掘进施工难点控制项,如遇到中高硬岩、黏性土、砾卵砾石层,对盾构机的掘进刀具和刀盘结构与配置是相互矛盾的,在选择盾构时采用具有掘进硬岩的盾构机,还应满足抵抗泥水压力、扭矩及其他动力性能的要求,具备刀

盘维修、刀具更换的功能的要求；

2 对砂砾、黏土地层且水压较小的情况下，采用泥水或土压盾构均能适用。在水压较高或砂卵石层的情况不宜采用土压盾构，由于土压盾构采用螺旋输送机出土，出土过程中防水控制过程易导致涌水涌砂等风险，在该地层中宜采用泥水盾构掘进施工，差别在于泥水盾构是通过密闭环流由泥水携带渣土至地面处理系统，规避了涌水涌砂的风险；

3 本款规定了盾构机与配套设备的功能和能力、性能与状况应满足盾构法隧道施工的要求，为保证盾构过程因设备故障中导致的盾构进程间断，需要在使用前就进行相应测试；

4 对盾构掘进施工可能发生的停电、突水应采取应急保障措施所必须的设备储备提出的要求；推荐备用发电机功率要大于200kW、燃油动力无油空气压缩机要大于 $6\text{m}^3/\text{min}$ ，总排量大于 $300\text{m}^3/\text{h}$ 各种水泵，且需配备盾构应急照明和单、双液移动式注浆泵等。

5~7 对盾构掘进施工中泥水处理设备配置、能力提出要求，以及渣土的处理需要满足环境保护的要求；

8 根据油气管道盾构法隧道穿越工程，管片结构形式提出了要求。由于地铁与油气管道隧道安装与设计功能和结构不同，地铁隧道在管片设计中已经包括了轨道垫层结构，所采用的管片多数为标准型，在隧道需要转弯时管片之间安装调整垫或安装异型管片；油气管道穿越隧道，采取盾构法隧道、混凝土垫层浇筑先后顺序施工，采用通用型管片施工可省略调整垫、异型管片，具有较好的减少管片拼装缝渗漏水的特点。

9.3 施工测量

9.3.1 本条规定了盾构法隧道施工前，对设计施工图提供的坐标、水准点、隧道轴线进行复合测量，需要选择适宜的坐标、高程起算控制点，平面和高程控制网应与当地控制网联测。这是对测量

控制网的建立提出的具体要求。

9.3.2 要求盾构法隧道始发、接收并设置测量控制网,每口井不少于3个测量控制点。

9.3.4 本条对盾构法隧道施工测量的内容作明确的规定。

9.3.5 隧道贯通测量,采取多组独立测量成果进行分析对比与平差处理,是确保盾构法隧道准确贯通重要过程。

9.3.6 对盾构法隧道竣工测量的内容、方法、要求和形成最终测量成果提出的要求,确保施工测量的准确性。

9.4 出、进洞密封

9.4.1 盾构始发与接收出、进洞门密封装置选用,受地质、水土压力、盾构机、环境等因素影响的实际状况,选择安全适用的防水密封装置。

9.4.3 对砂卵砾层特殊地质盾构贯通方法与防水处理方法提出的要求,不同的地下水压力,采用不同的密封方式。采用钢筒复合防水密封圈时,需要内置二道以上钢丝密封刷与内外各一道橡胶袜套密封组合使用,盾构机体头部进入钢筒密封圈之后压注密封油脂。

9.4.4 在砂卵砾石地层宜采用水下贯通法,盾尾壳体与洞门内井壁保持连接一定的距离,实现良好的注浆止水效果。

9.4.5 密封的拆除时间和方法,需要达到注浆止水效果后才能进行,同时结构处理后才能进行二次洞门的浇筑。

9.5 管片制作

9.5.1 本条规定了钢筋混凝土管片的强度等级不宜低于C50,受力钢筋的混凝土保护层厚度不应小于30mm。原材料按国家现行标准《普通混凝土用砂、石质量标准及检验方法标准》JGJ 52—2006的有关规定执行。

9.5.4 本条规定了管片质量检测内容、外形尺寸偏差、表面质量、

检测方法 with 取样频次。

9.5.5 本条规定了试生产与正常生产管片水平拼装尺寸偏差、检验方法，试拼装有利于正常拼装的质量参数的调整和控制。

9.6 隧道掘进

9.6.1 良好的盾构机状态对盾构掘进过程的顺利进行起到保障作用。本条规定了盾构施工准备，对盾构施工配套设备应满足盾构掘进施工所必须的供电、备用电源、通风、照明、地上地下物料运输、内部施工通讯、供排水、泥水处理、施工进度计划的要求，还应满足健康、安全、环境管理与施工要求。

9.6.2 本条是关于盾构机下井前的规定：

2 对井壁洞门、始发轨道、洞门密封安装中心线均应与隧道中心线保持一致提出的要求，防止因偏斜导致洞门密封在始发时失效或严重漏水；

5 盾构机下井完成组装后，对盾构机体姿态、隧道设计轴线应进行复核测量，并完成对盾构机掘进测量系统参数的设置提出的要求。

9.6.3 本条是关于盾构机始发的规定：

1 盾构机组装、调试是一项全面而复杂的工作，只有盾构系统设备工作的正常运行才能保障隧道掘进的顺利完成；

2 为防止盾构机刀盘推入洞门时的密封不受损坏，应将刀盘边延突出的刀具拆除并涂抹油脂采取防护措施；

3 该款规定了盾构始发掘进前，应根据地质情况与地下水土压力，设置掘进泥水压力；在较稳定的地层始发时可选择较小的泥水压力，在松散的砂卵砾石层始发时掘进泥水压力应选择与地下水土压力一致。

9.6.4 本条是关于盾构掘进的规定：

1 在盾构始发段掘进时可依据施工经验，并结合地质勘探成果和竖井施工中对地层特征状况，作为预设掘进参数再依据盾构

掘进情况对预设参数、注浆量进行修正,以获得最佳掘进和注浆参数,保障项目的顺利进行;

2 对泥水盾构在掘进前,应首先建立供排泥水环流平衡保持掘进面的稳定,防止掘进面坍塌的重要环节;在掘进过程中控制盾构掘进速度与同步注浆保持一致是保持隧道结构稳定的重要过程;

3 在掘进过程中,盾构机掘进控向是保证隧道按设计轴线掘进,掘进控向操作不当导致盾构机体姿态出现“Z”犁地状态,造成推进困难;盾构机掘进控向不当经常出现“蛇”形,导致隧道产生不正常的曲线变化。盾构机掘进控向应紧密地沿着隧道轴线掘进,并满足盾构法隧道施工规范的要求;

4 在岩石层掘进前应详细了解岩石层特性与地质状况,但还存在着很多不可判明的影响因素,也就需要操作人员提前做好掘进纠偏调整量规划,严格控制纠偏调整量,经常检查径向刀具的磨损量并及时更换,防止盾构机体受挤压被卡;

5 在正常掘进状态下遇到突发不可处理或不能正常掘进时,应立即停机查明原因经处理后方可继续掘进;

6 在砂卵石松散地层掘进时,宜采用泥水加压平衡气压辅助平衡模式,保持掘进面的稳定,根据砂卵石含量与粒径级配状况缓慢调整掘进速度,使掘进速度与卵石厂破碎和渣土携带外排相一致;

7 该款规定了盾构掘进至距离接收洞门应进行贯通前的测量与贯通过程中必须注意的事项和操作要求,需要根据随时观测出渣、顶进推力的变化来进行措施调整。

9.6.5 本条是关于管片拼装的规定:

1 该款明确了管片拼装应注意检查盾尾的姿态,及其管片拼装前应对前一环管片端面必须进行检查的内容与处理方法。清理内容包括将管片端面与盾尾内杂物和泥水去除,是为了保证拼装后的密封效果。

9.7 不良地质段施工

9.7.1 本条是对盾构掘进施工可能遇到的不良地质,但不限于以上不良地质情况的描述。

9.7.2 不良地质段施工是盾构掘进施工难点问题,在盾构法隧道施工,穿越水域地段的特殊地质情况,地质呈多样性及其强渗透水与软硬交替,给施工增加了施工难度与潜在的风险,因此要求项目管理到操作人员,应当具有良好事前认知意识与提前预防规避的能力,不同的地层需要选择不同的掘进操作方式与工艺条件和应对措施,不同地质盾构掘进刀具与刀盘结构的选用也不同,选择经验丰富承包方是项目成功的关键。

9.7.3 本条是关于进出洞地段不良地质段施工的规定:

1 盾构法隧道进出洞施工,由于地质与地下水土压力的不同,在盾构进出洞过程是极易发生风险的过程,因此,为控制减少或降低施工风险,需要根据地层状况、隧道上方土层厚度、水土压力、环境条件等合理选择地质改良方法与规避措施提出的要求,同时也需要结合施工单位或当地施工成熟的经验;

2~5 根据不同的地质情况,采用不同的地质改良方法,对方法的选择进行了明确;

6、7 对于砂土与卵砾石地层,盾构出洞始发段地质改良与范围不应小于5m长,横向截面不宜小于盾构机外径3D,同时还需要结合盾构贯通方法选择风险可控的方案。不论采取何种地质改良的方法,其结果受施工操作等因素的影响,往往会出现效果不理想直接影响到盾贯通,需要进行反复渗漏水检测试验,直至达到设计规定的效果。

8 钻孔取芯试验是为了检验地质改良效果。

9.8 壁后注浆

9.8.1 关于壁后注浆的规定:

1 本款规定了注浆前,应对注浆材料进行试验,并根据地质状况、施工阶段与隧道情况,采取压注单液或双液浆(AB双组份);

2 根据地质状况、隧道沉降、地面沉降实际情况,采取同步注浆或二次补注浆,二次注浆可由多次进行,关键是要达到预期的注浆效果为目标。在控制地面沉降往往需要控制注浆压力的条件下连续反复注浆,直到地面沉降得到控制并处于稳定状态为止。在砂卵石层或隧道渗漏水注浆时,为了控制水泥浆液的流动扩散范围宜采用压注双液浆;

3 本款规定了注浆压力与速度需要根据掘进面地质、水土压力的变化,及时调整修正注浆压力。注浆压力不宜超过被注浆部位水土压力 $0.15\text{MPa}\sim 0.20\text{MPa}$,防止注浆过高导致隧道管片产生位移和损坏;

5 根据使用要求对浆液应进行配比试验,同时还应制浆能力与注浆需求做好控制。制浆能力需要能满足在泵送作业持续进行的状态下,具有可按各种不同速率配量、拌和及泵送浆液;

6 对拌制与注浆设备使用提出的要求,防止因清洁清洗不用时导致堵管,以保持清洁管路无堵塞;

7~8 对注浆时间与注入量应与掘进速度保持一致,同时还应根据不同地层特性、用途,选择不同的注浆配比。

9.8.2 本条款对地面沉降控制提出的要求,不同的地段需要满足不同的沉降控制要求。

9.9 隧道防水

9.9.1 本条是关于隧道防水的规定:

2 对防水密封损坏管片进行更换或修补,是为了保证环片接缝防水符合要求。

3 成型隧道片拼装缝、注浆孔渗漏水时,采取注浆止水或其他止水方法处理。

9.9.2 本条款对隧道防水等级作了规定。

9.9.3 对隧道施工、运行过程排水管理提出的要求,如何做好对水的防护,直接影响着工程施工安全、进度和质量。

9.10 带压进舱作业

9.10.1 本条是关于带压进舱作业进舱前准备的规定:

1 规定了带压进舱前应必须了解掌握掘进面地层状况、水土压力、可燃与有害气体、从事作业内容等情况,制定进舱作业专项方案。

3 制定应急预案,是为了确保遇到突发事件及时救援与应急资源保障措施准备就位。

9.10.2 本条是关于带压进舱前应完成检查和准备工作的规定:

1 本款规定了人员进舱前应通过观测管口,检查掘进面泥水渗漏量与水土压力、可燃或有害气体情况;

2、3 规定了带压进舱作业前,必须对气压控制设备与应急设备进行全面检查和试验,并确保完好;同时气压控制装置需要保证进舱作业时不间断供气与通风照明提出的要求;

4 对带压作业区域内严禁采用明火。在必须使用电焊、气割,应对设备加强检查,并加强对气压舱内通风置换和配备消防设备提出的要求;

5 规定了进舱作业人员进行身体检查,确认身体状况健康良好,无高血压、心脏病、关节炎、伤风感冒或其他疾病,带压进舱前24h内未饮用碳酸与酒精饮料。饮料碳酸与酒精的人员在气压作业环境下,会导致人体机能与新陈代谢受到严重影响。

9.10.3 本条是关于进舱作业的规定:

1 规定了在带压作业全过程中,安排专人在舱外监管与值守,随时了解作业人员的身体状况与作业情况;

2 对进舱作业人员严格遵守专项方案和操作规程作业提出的要求;

3 规定了带压进舱作业中,应连续不间断进行可燃气体和有害气体检测;

4 规定了在不稳定地层进舱作业时,应采取地层加固或气体加压方法等措施,确保开挖面稳定提出的要求;

5 规定了带压进舱作业期间,应随时观测作业面地层渗水量与土体稳定情况,发现异常操作人员应立即撤离。

9.10.4~9.10.8 根据施工经验规定了人员带压作业的压力设置、工作时间、加/减压时间,以及人员进舱作业过程中物料的管理工作。

10 开挖法穿越施工

10.1 一般规定

10.1.1 本条规定是为了确保河流、冲沟管沟开挖作业顺利进行。

10.1.2 本条规定是为了确保管道运行安全。

10.1.3 管沟在开挖前、开挖中、开挖完,都要按施工图上的要求测量放线。这是控制和检查开挖质量的手段。测量内容包括管沟中心位置和沟底的标高。管沟在开挖时设计的标桩要位移,所以开挖管沟之前应引相对坐标点和相对标高,作为测量基点。

10.1.4 采取导流围堰法开挖管沟时,导流沟、截水坝、发送道、牵引道的几何尺寸和位置,以及整个施工作业场地平面布置,应根据施工方案来确定并放线。

10.2 不带水开挖穿越施工

10.2.1 本条是关于围堰和导流的规定:

1 规定导流沟底的标高要比入口处河流水面低,沟底沿水流方向应有一定的坡度,导流沟的宽度视河水流量而定,是为了保证河水能很顺畅地导流;

2 上下游两截水坝之间的间距,应根据具体情况,以保证施工正常进行为标准来确定,坝顶标高应高出河流水面 1.0m~1.5m,坝顶宽度一般为 2m~5m。断面为梯形,边坡比为 1:1~1:2。

10.2.2 本条是关于管沟开挖的规定:

1 围堰法开挖管沟时,管沟中会有大量的地下水涌出。如不及时做好降水,施工作业就无法进行,因此必须有切实可行的降水措施,确保正常施工。例如在穿河中存在由于降水措施不佳导致

管线埋深不够,甚至穿越工程失败的事例,这种教训必须谨记。应根据穿越地段土壤性质、施工方法及施工机具的情况确定降水方案。一般来说,砾砂、砂卵石、黏土、砂土,可明沟排水;若为淤泥、粉砂、流砂,多采用井点降水。

10.2.3 本条是关于河底管沟几何尺寸和质量的规定:

1 本条规定根据河流的土石性质、水流速度、开挖深度和施工方法等诸因素综合考虑,以确定河底的宽度和边坡尺寸。如河床为流砂、粉砂、河水流速大,在挖沟时容易塌方和回淤,沟底应当加宽,边坡比应加大。如在黏土河床上开挖管沟正好与上面相反。开挖深度和施工方法与沟底宽和边坡比也有关系。管沟挖得越深,塌方和回淤量就越大。使用机械挖沟就比人工开挖搅动大,容易塌方。选择适宜的管沟底宽度和边坡数据;河底管沟应平直,不应有土坎,中心线偏移不应超过 200mm,管沟深度应符合设计要求。

10.2.6 穿越工程尽可能少占地,少毁树木、花草、保护好施工现场周围的生态环境,工程完毕应及时恢复地貌,做好护岸。

10.3 带水开挖穿越施工

10.3.1 本条是关于水下开挖管沟的规定:

1 水下河床管沟开挖,常用而且效果较好的方法是挖泥船开挖法。当河床土质松软、水流速度小、泥沙回淤量小,适宜用绞吸式或吸扬式挖泥船开挖;河床土质坚硬,如硬土层、卵石层,用抓斗或轮斗挖泥船比较适宜,总之应根据河床土质和机械设备情况来确定使用哪种型式挖泥船作业;河床地层为砂土、黏土或夹卵石,可用拉铲配合其他方法开挖管沟;河床地质为岩石时,可采用爆破成沟。

10.3.3 本条是关于管道牵引就位的规定:

4 本款是关于沿河底拖管就位的规定:

1)本条提出了沿河底拖管简称底拖法,它的优点是不受水流

速度和水深限制,不影响通航,管线的组装焊接在岸上进行;但是它比浮拖法需要的牵引力大,用的机械设备多;

3) 钢丝绳在发送前必须预拉,因为钢丝绳有很大的弹力,很容易扭在一起,过去曾发生过因钢丝绳扭在一起而影响正常牵引的问题。钢丝绳的预拉力为许用应力的 15%~20%;

4) 为减少管线牵引起步时的牵引力,应修牵引发送装置。发送装置主要有水力发送沟、钢轨小平车发送道和滚动管架发送道三种形式,具体选择哪种发送装置应根据施工现场情况确定;

5) 国内大型河流穿越工程,管线的牵引一般用多台拖拉机,因为国内目前无大功率的牵引设备。拖拉机在牵引行走时对地面产生很大的附着力,如地面耐压强度低,拖拉机履带打滑而不能前行,就会导致牵引受阻,所以应根据现场的实际情况修筑牵引道。牵引道的宽度与施工作业带相同,长度以保证牵引正常进行为准。

5 本款是关于漂管过河的规定:

1) 所谓漂管过江,也就是浮拖法,其方法是沿水面漂浮拖到对面,然后再沉到河底管沟中心线。它的优点是需要的牵引力小,缺点是适用范围小,管线的安全性和稳定性难以控制。管线穿越湖泊、水库、流速很小的河流(0.2m/s 以下),可采用浮拖法牵引;

3) 在浮拖前应计算穿河管段的浮力,管线重量必须小于浮力才能浮拖。如等于或大于浮力时,可采取加浮筒的方法增加浮力进行浮拖。

10.3.4 本条是关于稳管的规定:

1 本款对水下管线稳定性提出了要求。水下穿越管线的密度必须大于浮力(包括静水浮力和动水浮力)和水平推力,以免管线裸露后发生浮动和位移。因此,稳管施工质量不可忽视;

2 在管线上压配重块,压石笼、浇筑混凝土覆盖层时,容易损坏防腐层,施工中应有保护措施;

4 用泥浆泵向复壁管环形空间注水泥浆时,必然有一定的压力。如注浆前管内不充满水,在外压作用下内管可能发生变形,过

去发生过这类事故。因此,强调注浆前内管必须充满水并保持一定的压力。注浆口与排放口分设在穿越管段的两端,当测定排放口泥浆相对密度达到设计相对密度时停止注浆,但应保持泥浆在压力下凝固。

10.3.5 本条是关于地貌恢复和护岸的规定:

1 本款对地貌恢复和护岸施工提出采用带水作业穿越施工法作业,应根据工程具体情况,在管线牵引就位后,适当回填,主要是靠自然回淤将管沟填平。

10.4 爆破成沟

10.4.1 本条对爆破成沟提出规定是经过多年河床穿越工程实践的总结,目前比较成熟的爆破成沟的方法有:植桩爆破法、埋入爆破法和裸露爆破法。因此,应根据河床水文、地质条件和穿越工程的技术要求,选择相适应的爆破施工方法。遇河水浅、开挖炸药坑容易的河段,或在河流浅滩地段,适宜采用埋入爆破法。除上述两种情况外,常用植桩爆破法。

10.4.2 本条列出的土石方爆破炸药量计算公式即沃班公式和鲍列斯柯夫公式。集团装药又称集中装药法、药室法、药壶法,它是按照装药形状分类的一种爆破方法,其形状为长、宽、高尺寸大体相当,与其相对应的装药方法有直列装药法(习惯称为直列装药)。集团装药实施的施工机具比较简单,不受地理和气候条件的限制,工程数量越大越能显示出高工效。

10.4.3 本条是关于植桩爆破施工的规定:

1 采用植桩爆破施工时,应根据管沟深度和开挖土方量大小,确定钢管药桩直径,如果管沟深,土石方量大,需要的炸药量大,可用 $\Phi 377 \times 7$ 钢管制作药桩;如管沟浅、土石方量小,需要的炸药量少,可用 $\Phi 273 \times 3$ 钢管制作药桩;

4 钢管药桩的制作:按确定的直径和长度,将钢管做成一端锥形并封闭、另一端敞口的药桩;

5 确定钢管药桩的埋设位置:药桩间距 5m~6m;植双排药桩时,两排药桩之间距离为 5m~6m,即与药桩间距相同;沟深小于或等于 5m 时,植单排药桩;沟深大于 5m 时,植双排药桩。

10.4.4 埋入爆破法的施工程序:测量放线确定炸药包位置—开挖药坑—制作并埋设药包—连接起爆线路—施爆。药包必须做好防水处理和配重。

10.4.5 裸露爆破施工时,应做好炸药包的配重和防水处理,应将药包投放在河床中心线上且稳固可靠;本条依据现行国家标准《土方与爆破工程施工及验收规范》GB 50201 对爆破器材性能和质量做出的规定。

10.5 道路开挖穿越施工

10.5.1、10.5.2 这两条为经验做法。

10.5.3 采用开挖法穿公路,必须中断交通,因此要有可靠的安全措施,设路障、栅栏、警示标志,必要时开通旁路或修筑绕行便道。

10.5.4 本条中的人工开挖是为了保护地下构筑物,条件具备时采用机械开挖及分层爆破施工是为了提高施工工效。

10.5.5 本条总结了近几年公路穿越套管及主管道就位方法,同时为了提高施工工效,确保管道就位一次成功而制定的。

11 矿山法隧道穿越施工

11.1 一般规定

11.1.1 隧道施工前,先对地质地貌进行核对,是否与图纸相符,特别是洞外的排水系统是否可靠,防止水流的冲刷,造成滑坡崩塌等事故。

11.1.2 根据隧道的长度、断面面积、施工方法、隧道入口处的地貌特点,进行施工暂设的布置,以方便管理和施工。

11.1.3 弃碴场的设置要考虑选在地质条件稳定的场所,防止塌陷和滑坡,其占地要进行计算,以保证容量足够,且出碴运输方便。考虑到环保的要求,设置适宜的挡碴墙,并考虑施工后期的造林与造地。

11.1.4~11.1.6 矿山法此三条主要考虑隧道施工时的人员及隧道的安全,当发现隐患时要提前治理,特别是排水设施的施工是保证洞口安全的必要措施,应尽早完成。

11.1.7、11.1.8 隧道开挖时要考虑掘进量的要求,合理安排运输设备,并设置相应的躲避洞等安全设施。对风循环、供电和排水要根据施工要求、安全要求合理设置。

11.1.9 爆破材料储存使用要严格按照现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722 的有关规定执行,以确保施工及储存过程的安全。

11.2 施工测量

11.2.1~11.2.6 隧道施工测量的地面联系测量应按本规范第7.2节的要求执行,建立地面平面控制网和高程控制网,在洞口布设水准点和中线控制点。定期对基准点进行校核。以保证隧道施工的精度。导向设备用激光设备方便适用,上述各条的要求以保

证隧道是隧道施工不可缺少的一项工作。它是保证隧道开挖按设计要求正确贯通,使衬砌结构符合设计要求。施工单位必须认真复核设计单位提交的控制桩点、基准点和水准点。隧道竣工后的测量,是为后续管道敷设提供相应的技术支持和竣工资料的上报。

11.3 洞口施工

11.3.1 洞口施工是整个隧道施工的关键,必须保证洞口施工后的稳定性。开挖土石方时要采用岩石微爆或延时爆破技术,防止洞口的松动。排水系统要保证水不渗入洞口的地层,防止洞口的滑坡和崩塌。若洞口可能出现地层滑坡时,应采取相应的措施。如:滑坡可采取地表锚杆、挡墙、土袋或石笼等措施;坍塌可采用喷射混凝土(或加挂钢筋网)、地表锚杆、防落石棚等措施;偏压可采取平衡压重填土、护坡挡墙或对偏压上方地层挖切等措施。

11.3.2 洞口工程是隧道进洞前重要的一项工程,如洞口工程不能顺利完成,将影响整个隧道的掘进施工。洞口开挖施工应根据现场的实际地形地貌以及地质条件,按照“早进洞、晚出洞”的原则,采取合理的开挖方案。洞门施工时,一是要保证基础的稳定性,对基础的承载力要进行相应的试验,以防止地基在洞门砌筑完成后产生不稳定的下沉。二是洞门拱墙与洞内拱墙要同时施工,并采用同等级的混凝土,防止洞门与洞内的拱墙开裂。三是在施工时注意两侧的对称施工,并及时做好两侧挡土墙或翼墙的施工,以形成洞口面的整体。四是洞门上方的仰坡坡脚要及时加固处理,防止仰坡的滑坡。

11.3.3 洞口段的施工要注重支护,如地质条件不好,要进行超前支护,爆破要采用岩石微爆或延时爆破技术,以保证洞口的修筑质量。在洞口施工时,应加强对地表下沉、拱顶下沉的监控量测,以防止周边建筑物的破坏,确保隧道施工和建(构)筑物的安全。

11.4 明洞施工

11.4.1 隧道施工时可能涉及到明洞施工,本条就施工边坡条件是否稳定,提供了多项施工方法,在施工时要按照标准提出的施工方法和措施进行施工,以确保明洞施工时的安全和明洞的稳定。

11.4.2 当松软地段开挖时,为防止滑坡,要采取一边支护一边开挖的方式,石质地段开挖时,为防止地层地松动,要采用岩石微爆或延时爆破技术。

11.4.3 明洞衬砌时,混凝土模板要按要求制作,注意支护,防止在浇筑混凝土时走模,在模板支护完成后,要重新对隧道的中线和高程进行测量,以防止衬砌侵入设计轮廓线。当混凝土强度达到设计强度的70%后,方可拆除模板,以保证明洞衬砌尺寸的精度。

11.4.4 明洞衬砌完成后,在外模拆除后及时进行防水层的施工,如回填较多时,拱圈内支架先不拆除,待回填完成后再实施拱架的拆除,以防止坍塌。回填时两侧均匀填土,并分层夯实,以保证受力的均衡。

11.5 隧道掘进

11.5.1 本条是关于钻爆施工的规定:

1 进行钻爆施工设计是为减少隧道超欠挖和达到预期的循环进尺。隧道开挖应有完整的钻爆设计文件,以便在开挖过程中对爆破效果进行分析,并及时修正参数,以获得更好的爆破效果;

2 对地质情况做超前预报,是为了预防隧道掘进时对地质情况有充分了解,有效预防安全事故的发生;

3 采用光面或预裂爆破都是为了使隧道开挖断面尽可能地接近设计轮廓线,减轻对隧道围岩的扰动,减少超挖量;

4 隧道起爆的方式选择应根据钻爆设计所需的段位数和便于操作确定。

11.5.2 炮眼布置是依据钻爆设计进行的,操作程序为先将断面的中线、水平线和轮廓线进行标记,再进行炮眼位置的标记,误差应满足本标准的要求。当断面凸凹不平时,减少炮眼的深度,并将周边眼和辅助眼的眼底处于同平面上,可解决断面凸凹不平的问题,为下一次钻爆顺利进行提供条件。辅助炮眼的设置要求,也便于使爆破出的石块大小适合装碴的需要。

11.5.3 表 11.5.3 中拱部允许超挖值大于边墙、仰拱、隧道底是考虑拱部的钻眼方向较难控制。另外,不同的围岩级别开挖轮廓的掌握难易程度也不一样,I、II级围岩易于掌握,III、IV级围岩完整性较差,爆破后易破碎,而V、VI虽然完整性较差,但一般无须爆破,只要精心组织施工,超挖值是容易控制的。

11.5.4 岩爆是岩石工程中围岩体的突然破坏,并伴随着岩体中应变能的突然释放,是一种岩石破裂过程失稳现象。岩爆往往造成开挖工作面的严重破坏、设备损坏和人员伤亡。因此要重视加强超前地质勘探,以及时准确地确定岩爆可能发生的地段,解决岩爆的方法通常是应力解除法、注水软化法和使用锚栓—钢丝网—混凝土支护。在岩爆区域施工时,要重点做好设备人员的防护工作。

11.5.5 本条是关于隧道开挖的规定:

1 由于管道用隧道断面较小,一般可采用全断面法施工,当围岩较为破碎时,可采用台阶法施工,以减少开挖的断面尺寸。为防止坍塌,要注重按照岩体的条件进行支护;

2 在稳定围岩中开挖,其支护结构距开挖面 5m~10m 要求,主要是指在中等稳定岩体中。在土层或不稳定岩体中,为保护围岩自承能力,争取时间约束围岩的变形,使围岩初期支护结构尽快形成共同受力结构,保证安全,所以开挖、钢拱架和喷射混凝土三环节需要连续作业;

3 本款是根据施工经验确定的。在施工过程中,应根据实际开挖的地质条件,采用合理的循环进尺。

11.6 支 护

11.6.1 在隧道施工中,支护工作量占有很大比重,其工作进度直接影响着地下工程的施工速度,施工质量决定着地下工程的稳定。因此要重视支护工作。配合开挖及时支护。一般条件下可采用喷锚支护,当喷锚支护时,可根据围岩特点,断面大小使用锚杆挂钢筋网喷混凝土。当围岩破碎时,可采用钢架组合支护后,进行喷锚支护作业。当工作面不能自稳时,可采用超前支护的方式。

11.6.2 本条对支护作业的操作方法及工序进行了规定,同时对喷射机性能、混凝土的施工配合比进行了要求。施工时应当严格执行,以保证隧道的安全和质量。

11.6.3 锚杆是根据地质特点进行选用。可选用中空注浆锚杆、树脂锚杆、自钻式锚杆、砂浆锚杆和摩擦型锚杆等,锚杆的准备是保证施工质量的重要环节,应按设计的要求对锚杆原材料和规格进行核实,并逐批进行检验。锚杆杆体应调平整,除锈和除油。

钻锚杆孔位置应根据设计图纸和现场的岩石具体情况确定,定出孔位,其偏差应符合本条的要求。钻孔时,孔轴方向、孔径大小等应该满足图纸和设计要求。

11.6.4 保证开挖安全的重要手段是及时、正确地支护,除完整且稳定的围岩外,及时支护是隧道施工成败的关键所在。锚喷支护适应性广,选择支护方式应优先考虑采用锚、喷或锚喷联合作为临时支护。隧道初期支护地钢筋网根据围岩的级别不同,钢筋网的布置,型号也不同。为确保施工安全,应根据围岩稳定性情况,先设计后施工,并考虑结合辅助施工方法综合处置。

11.6.5 钢架支撑一般是与喷射混凝土、锚杆或加强钢筋等共同保持隧道稳定的支护构件之一,所以在决定使用钢架的同时,应与其他支护构件,尤其是与喷射混凝土成为一体来有效地发挥支护功能。钢架在隧道外按设计加工成形,并进行试拼装,允许误差在规定范围内。钢架支撑在承担初期荷载方面起相当大的作用,钢

架拱脚安放在牢固的基础。

11.6.6 超前支护是隧道开挖施工中用以防止掌子面坍塌并限制围岩变形的一种预支护手段。意思就是做的位置在初期支护的前方,为初期支护提供服务的。超前支护是为了初期支护时能有个稳定的支护环境。可采用喷射混凝土封闭开挖工作面、超前锚杆或超前小导管支护、管棚超前支护、设置临时仰拱、地表锚杆或地表注浆加固及小导管周边注浆和围岩深孔注浆方法。其中管棚法是采用专用钻机将钢管沿隧道开挖轮廓线外一节一节打入需支护的地层中预定位置,然后进行注浆,通过浆液在围岩中的扩散形成一个类似混凝土的拱形帷幕。

11.7 斜巷施工

11.7.1 为了避免产生台阶及位置正确,规定了钻眼与斜巷的倾角一致,眼底与巷底高程关系以及高程控制。

11.7.2 本条规定了斜巷开挖后的石碴或渣土的合理运输方式,规定了运输方式与斜巷掘进附属的管道及电力线的安全距离,并且出于安全的考虑,提出了运输设备相关的安全要求。

11.7.3、11.7.4 此两条主要考虑了人员上下行走的方便和人员的安全。

11.8 监控量测

11.8.1 监控量测主要是针对初期支护,因为隧道开挖完成后,围岩本身应力的释放是一个缓慢的过程,隧道二次衬砌是需要初期支护沉降、变形完全稳定之后才开始施做。监控量测的主要作用是为围岩稳定性和支护、衬砌可靠性提供信息、提供二次衬砌合理的施作时间和为施工中调整围岩级别、修改支护系统设计和变更施工方法提供依据。地表沉降观测开始于洞口段开挖前,在洞顶浅埋地段纵向沿隧道走向埋设混凝土桩及水平基准点,其断面布置与洞内拱顶下沉、净空水平收敛断面布置一致,每个地表下沉量

测断面上测点横向间距为 2m~5m。横向布点埋设混凝土桩。横断面点应充分结合实地地形。隧道开挖时及时根据量测数据绘制地表下沉位移—时间的关系曲线,绘制地表下沉位移值—距开挖面距离的关系曲线,地表沉降量测用精密水准仪观测。拱顶下沉测点和净空变化测点应布置在同一断面,拱顶下沉测点原则上布置在拱顶轴线附近。

11.8.2 本条两个表中给出了监控量测的项目,可根据隧道的地质、水文条件,确定需要选测的项目。

11.8.3 洞内观察包括开挖工作面观察和已施工段观察,内容包括围岩岩性、断层破碎带、节理裂隙发育程度和方向,有无松散坍塌、有无剥落掉块现象、有无渗漏水、工作面稳定状态等。

11.8.4 拱顶下沉监测,是指对隧道拱顶的实际下沉位移值进行监测,是相对于不动点的绝对位移。监测的目的一是通过拱顶位移监测,了解断面的变形状态,判断隧道拱顶的稳定性,二是根据变形位移速度判断隧道围岩的稳定程度,为二次衬砌提供合理的支护时机。

11.8.5、11.8.6 在隧道中心线拱顶处埋设带挂钩的预埋件作为拱顶下沉监测点,监测点采用长 350mm, $\phi 25$ 的钢筋,钢筋顶端焊接钢筋圆环,监测点在钢拱架上焊接牢固,初喷完混凝土后,对附着在监测点上的混凝土进行清除,在面向进洞方向粘贴反射片。为防止机械碰测试桩,测桩外露约 50mm,测桩设保护罩,拱顶下沉及水平收敛位移量测布置在同一个断面。

11.8.7 监测频率应根据测点距开挖面的距离及位移速度按表 11.8.7-1 和表 11.8.7-2 确定。由位移速度决定的监控量测频率和由开挖面的距离决定的监控量测频率之中,采用较高的频率值,当出现异常情况和不良地质时,增大监控量测频率。

11.8.8 监控量测的结束标准是根据收敛速度进行判别的,经验值为一般地段收敛速度 $> 5\text{mm/d}$ 时,围岩处于急剧变化状态,此时应加强初期支护;收敛速度 $< 0.2\text{mm/d}$ 时,拱顶下沉速度

<0.15mm/d,围岩基本达到稳定。各量测项目持续至变形基本稳定后的2周后结束,如断层破碎带地段位移长时间不能稳定时,要延长量测时间并采取加强措施。

11.8.9 每次观测后应立即对量测数据进行校核,如有异常时应及时补测,并对量测数据进行整理,包括量测数据计算、填表制图和误差分析等。当位移时间曲线趋于平缓时,应进行数据处理,根据现场量测的位移——时间曲线对围岩稳定性按本条第3款的要求进行判定和处理,当围岩呈不稳定状态时,暂停开挖,加强支护。

11.9 衬 砌

11.9.1 隧道衬砌是指为防止围岩变形和坍塌,沿隧道洞身周边用钢筋混凝土等材料修建的永久性支护结构。二次衬砌是和初期支护相对而言的,指在隧道已经进行了初期支护的条件下,用混凝土材料修建的内层衬砌。衬砌在围岩及初期支护变形基本稳定后进行,适度紧跟开挖。

11.9.2 复合式衬砌是指分内外两层先后施作的隧道衬砌结构。即在隧道开挖后立即施作网喷混凝土作为初期支护,经监控量测确认围岩及初期支护基本稳定后再敷设防水层,最后浇筑二次衬砌混凝土。由于此时隧道已成型,二次衬砌多采用顺作法,即由下至上,先墙后拱顺序连续浇筑。在施作时,须配有足够的混凝土连续浇筑能力,便于组装就位的模板,使衬砌的整体性和受力条件较好。

11.9.3 整体式衬砌是指隧道进行一次全断面衬砌结构。可采用整体移动式模板台车、穿越式分体移动模板台车和拼装式拱架模板进行。拼装式拱架模板的灵活性大,适应性强,尤其适用于曲线地段,但由于安装架设费时费力,生产能力较模板台车低,在小型隧道及分部开挖使用较多。上述两项衬砌,都宜采用先墙后拱法,不宜采用先拱后墙法,主要是边墙与拱脚的质量控制容易出问题,如拱部悬臂过长引起的纵向下沉,边墙施工时引起的拱脚下沉而

造成的衬砌开裂。在二次衬砌施作时,须配有足够的混凝土连续浇筑能力,便于组装就位的模板,使衬砌的整体性和受力条件较好。

11.9.4 喷锚衬砌是指在隧道开挖后,采用喷混凝土+锚杆+钢筋网组合衬砌结构。钢筋网锚杆宜焊接固定,网格交叉点应绑扎牢固,最好采用隔点相焊、隔点相绑的形式。钢筋网按设计要求处理,如设计无要求时,一般钢筋网的纵向钢筋直径为6mm~10mm,环向钢筋之间为6mm~12mm,网格间距为200mm~300mm,钢筋网上混凝土厚度按本条第4款的要求执行。

11.10 防水与排水施工

11.10.1 施工防排水与结构防排水相结合,不仅能改善施工中的劳动条件,加快施工进度,还能防止运营中发生混凝土侵蚀、衬砌渗漏水、道路翻浆等后患。

11.10.2 隧道施工前应根据设计文件和调查资料预计可出现地下水情况,估计水量,制定合理的防排水方案;应随时根据观测数据改善防排水措施。

11.10.3 由于隧道覆盖层较薄和渗透性较强的地层,地表积水非常容易渗入和冲刷隧道,影响隧道内施工作业,故对地表积水应及时处理。

11.10.7 在隧道超前钻孔中,当地下水位较高时,如不谨慎处理,容易产生高压涌水事故。

11.11 隧道内运输、通风、照明

11.11.1 隧道内的运输方式可以根据隧道断面尺寸,长度,采用有轨和无轨的运输车辆,运输能力主要根据开挖能力确定。

11.11.2 当采用无轨运输方式时,应当考虑采用尾气净化的柴油机车,道路上应设人行道,如断面较小的隧道,还应考虑设立躲避洞、会车处。为保证安全,行车速度应予以控制,行车速度按本条

的要求执行。隧道内噪声不得大于 90dB。

11. 11. 3 本条是关于隧道内通风与照明的规定：

1 通风目的是保证施工生产正常安全和施工人员的身体健康。必须采用机械通风。一般选用压入式通风。选择合适的通风设备、通风方式、通风风量，做好隧道通风，将可燃性气体和有害气体控制在容许值以内；对存在燃烧和缺氧危险时，应禁止明火火源，防止火灾；当发生可燃气体和有害气体浓度超过容许值时，应立即撤出作业人员，加强通风、排气，只有当可燃气体、有害气体得到控制时，才能继续施工；

2 照明应采用 36V 电压等级的照明设备，以防止触电事故的发生。

12 管道清管、试压

12.0.1 本条依据现行国家标准《输气管道工程设计规范》GB 50251—2003 中第 10.2.2 条编制。

12.0.3 本条依据现行国家标准《油气长输管道工程施工及验收规范》GB 50369—2006 中第 14.1.3 条编制。

12.0.4 本条是对定向穿越管道试压、测径的要求,主要目的—是保证试压与测径合格的管道才能实施回拖作业,二是防止回拖后的管段变形或泄漏。

12.0.5 本条是对水域穿越管道试压、测径的要求,主要目的—是保证隐蔽前的管道试压与测径合格,同时保证隐蔽后的管道质量合格。

13 健康、安全与环境

本章实施时应参考《中华人民共和国安全生产法》、国家经贸委《石油天然气管道安全监督与管理规定》、劳动部《压力管道安全管理与监察规定》、《建设项目(工程)劳动安全卫生监察规定》及国家现行标准《职业健康安全管理体系 要求》GB/T 28001、《石油天然气工业健康、安全与环境管理体系》SY/T 6276 等健康、安全方面的相关规定和《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国水土保持法》、《中华人民共和国污染防治法》、《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》、《建设项目环境保护管理办法的规定》及国家现行标准《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523、《污水综合排放标准》GB 8978、《土壤环境质量标准》GB 15618、《环境管理体系 要求及使用指南》GB/T 24001 等环境保护方面的相关规定。

13.0.2 隧道施工时,应针对穿越施工在特定的地质条件和作业条件下可能遇到的风险,在施工前必须仔细研究并切实采取防止意外的技术措施,必须特别注意防止瓦斯爆炸、火灾、缺氧、其他有害气体中毒和涌水情况等,必须预先制定应急救援预案和落实发生紧急情况时的对策和措施,准备好应急及备用设备。

13.0.4 安全员负责是施工中的安全管理,监控施工中可能出现的影响施工安全的人文、环境因素,保证施工作业的安全运行。

13.0.6 本条为强制性条文,必须严格执行。

(1)通风的目的都是保证施工生产正常安全和施工人员的身体健康;

(2)必须机械通风。一般选用压入式通风。按隧道计划同时工作的最多人数需要的新鲜空气计算需要的风量。按照国家现行标

准《铁路隧道工程施工技术指南》TZ204—2008 规定,每人每分钟需供应新鲜空气 3m^3 ,采用内燃机作业时,不应小于 $3\text{m}^3/(\text{min} \cdot \text{kW})$;

(3)参照现行行业标准《铁路隧道工程施工技术指南》TZ 204—2008 第15.1.1 规定,其作业环境符合下列卫生及安全标准;

1)空气中氧含量,按体积计算不得小于 20%;

2)粉尘容许浓度,每立方米空气中含有 10%以上的游离二氧化硅的粉尘不得大于 2mg ;每立方米空气中含有 10%以下的游离二氧化硅的矿物性粉尘不得大于 4mg ;

3)总回风道风流中瓦斯浓度应小于 0.75%;

4)有害气体最高容许浓度:一氧化碳最高容许浓度 $30\text{mg}/\text{m}^3$;二氧化碳按体积计不得大于 0.5%;氮氧化物(换算成 NO_2)为 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 以下;

5)隧道内气温不得高于 28°C ;

6)隧道内噪声不得大于 90Db。

对于预计将通过存在可燃性、爆炸性气体、有害性气体的盾构隧道地段,必须事先对这些地段及周围的底层、水文等采用钻探或气体方法进行详细调查,查明这些气体的存在范围和状态。

应该清楚目前尚无专门对付可燃性、爆炸性气体,有害气体的特种盾构,只能在施工中由地面或洞内采取措施加以稀释和排出这些气体。洞内施工,必须采用专门仪器、仪表测量可燃性气体、有害气体和氧含量并做好记录,必须选择合适的通风设备、通风方式、通风风量,做好隧道通风,将可燃性气体和有害气体控制在容许值之内;对存在燃烧和缺氧危险时,应禁止明火火源,防止水灾;当发生可燃气体和有害气体浓度超过容许值时,应立即撤出作业人员,加强通风、排气,只有当可燃气体、有害气体得到控制时,才能继续施工。

14 工程交工验收

14.0.2 本条提出了工程交工时,施工企业应向建设单位提交的主要技术资料类别,其中不包括过程控制资料。无损检测资料有时由检测单位整理提交,这种情况下施工单位不再整理该类资料提交。此外未包括专用的监理资料,监理单位可参照本章并按照建设单位要求进行补充。