

ICS 号

CCS 号

# 团体标准

T/CHTS XXXXX-202X

## 公路隧道竖井施工技术规范

Technical specification for highway shaft construction

(征求意见稿)

202X-xx-xx 发布

202X-xx-xx 实施

中国公路学会 发布

作为国家标准委、中国科学技术协会团体标准双试点单位，中国公路学会积极贯彻国务院《深化标准化工作改革方案》（国发〔2015〕13号）的要求，立足交通运输行业公路交通领域，于2015年6月份正式启动团体标准工作。同时，中国公路学会标准工作得到了交通运输部的大力支持，并正式写入交通运输部《交通运输标准化“十三五”发展规划》。

中国公路学会严格按照学会标准管理办法及团体标准良好行为指南要求对标准化工作进行管理，遵循开放、公平、透明、协商一致的原则，突出团体标准贴近实际、注重实用的特点，充分发挥密切跟踪行业科技创新进程、及时了解市场技术发展需求的优势，为交通运输行业公路交通领域提供优质的标准，促进行业技术进步，并打造中国公路学会标准品牌。

获取更多学会标准资讯请关注“中国公路学会标准”微信公众号（微信号：CHTS-standard）。

本标准版权为中国公路学会所有。除用于国家法律法规规定用途，或事先得到中国公路学会文字上的许可，不得以任何形式擅自复制、改编、汇编、翻译、发行或传播本标准。

中国公路学会地址：北京市朝阳区安华路17号

电话：010-64288712

网址：<http://www.chts.cn/>

电子信箱：[CHTS-S@qq.com](mailto:CHTS-S@qq.com)

团体标准

公路隧道竖井施工技术规范

Technical specification for highway shaft construction

T/CHTS XXXXX-2022

主编单位：中交一公局集团有限公司

发布单位：中国公路学会

实施日期：2022年××月××日

×××××× (出版单位)

# 前 言

本规程是在系统总结国内公路隧道竖井施工研究成果和工程经验的基础上编制而成。

本规程按照《中国公路学会标准编写规则》(T/CHTS 10001)编写。共分为 11 章、1 个附录，主要内容包括：总则、术语、施工准备、施工测量、正井钻爆法开挖支护、钻井法开挖支护、反井法开挖支护、掘进机法开挖支护、不良地质和特殊性岩土地段开挖支护、监控量测、附属工程等。

本规程由中交一公局集团有限公司提出，受中国公路学会委托，负责具体解释工作。请有关单位将实施中发现的问题和建议反馈至中交一公局集团有限公司(地址：北京市朝阳区管庄周家井世通国际大厦 A 座，联系电话：010-65894613，电子邮箱：304173986@qq.com)，供修订时参考。

主编单位：中交一公局集团有限公司

参编单位：中交隧道工程局有限公司、中交一公局桥隧工程有限公司

主要起草人：赵宗智、孙建平、朱荣辉、彭国才、王传奇、乔浩利、周思峰、王贺起、鞠加元、裴宏宇、王知远、荆敏、于方正、余昌平、黄登侠、蒯振东、于瑞斌、李坤

主要审查人：×××、×××、×××

# 目次

1 总则.....	1
2 术语.....	2
3 施工准备.....	4
3.1 一般规定.....	4
3.2 施工准备的技术原则.....	6
3.3 地质核查.....	7
3.4 通信.....	9
3.5 供电.....	10
3.6 井下照明.....	10
4 施工测量.....	11
4.1 一般规定.....	11
4.2 竖井外控制测量.....	11
4.3 竖井内控制测量.....	14
4.4 联系测量.....	15
4.5 竖井施工测量.....	16
4.6 竖井贯通测量.....	16
4.7 竣工测量.....	16
5 正井钻爆法开挖支护.....	18
5.1 一般规定.....	18
5.2 筹建期施工（地面提升系统）.....	18
5.3 井身开挖.....	23
5.4 喷射混凝土、一次衬砌.....	25
5.6 防排水系统.....	27
5.7 施工通风.....	29
5.8 二次衬砌.....	29
6 钻井法开挖支护.....	32
6.1 一般规定.....	32
6.2 钻机法施工准备.....	33

6.3	钻进	45
6.4	清孔	48
6.5	预制块安装	50
6.6	注浆	54
6.7	抽排泥浆	56
7	反井法开挖支护	57
7.1	一般规定	57
7.2	锁口施工	58
7.3	钻机就位及井架布置	59
7.4	导孔	60
7.5	导井扩孔	60
7.6	二次扩孔	61
7.7	反井钻机弃渣、弃水	61
7.8	二次衬砌	61
8	掘进机法开挖支护	62
8.1	一般规定	62
8.2	锁口施工	63
8.3	设备组装与调试	63
8.4	竖向掘进机设备现场验收	65
8.5	竖向掘进机始发	66
8.6	竖向掘进机掘进	66
8.7	出渣	67
8.8	初期支护	67
8.9	竖向掘进机拆机	67
9	不良地质和特殊性岩土地段开挖支护	68
9.1	一般规定	68
9.2	冻结法施工	68
9.3	井筒注浆	71
10	监控量测	74

10.1 一般规定.....	74
10.2 监控量测项目和技术要求.....	74
10.3 变形控制基准和管理等级.....	76
10.4 资料整理和信息反馈.....	77
11 附属工程.....	80
11.1 马头门.....	80
11.2 风塔.....	80
11.3 凿井井架及悬吊设施.....	80
11.4 通风.....	80
附录.....	81
附录 A 强度评定.....	81

中国公路学会标准征求意见稿

# 1 总则

**1.0.1** 为规范公路隧道竖井（以下简称“竖井”）工程施工，使之符合安全环保、经济合理、技术先进的要求，保证工程质量和安全，制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于以钻爆法、反井法、竖向掘进机法为主要开挖手段的竖井施工。

**1.0.3** 竖井施工必须遵守国家 and 行业的质量验收标准，建立完善的质量保证体系，制定切实可行的质量管理制度，采取质量保证措施。

**1.0.4** 竖井施工必须遵守国家 and 行业的安全生产法律法规，制定切实可行的安全制度，采取防火、照明、通信等安全保证措施。

**1.0.5** 竖井施工必须遵守国家的劳动保护法律法规。施工条件应符合职业健康要求。应采取烟尘、有害气体、噪声、高温、低温、低氧、辐射等防护措施。

**1.0.6** 竖井施工必须遵守国家关于生态保护、环境保护、水资源保护的法律法规，采取防止噪声、粉尘、废水等污染环境的措施。

**1.0.7** 竖井施工必须遵守国家土地管理法律法规，节约用地。

**1.0.8** 竖井施工必须遵守国家文物管理法律法规。遇有文物时，应停止施工，保护现场，妥善处理，方可继续施工。

**1.0.9** 竖井施工除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准自规定。

## 2 术语

### 2.0.1 监控量测 **Monitoring Measurement**

通过使用各种量测仪器和工具，在竖井内或地表，对围岩地层的变形和支护结构的变形和支护结构的变形与受力进行观察、量测、分析与评价活动。

### 2.0.2 光面爆破 **Smooth blasting**

由开挖面中部向轮廓面顺序依次起爆；设计轮廓面周边布置密集炮孔，采用不耦合装药或装填低威力炸药，最后同时起爆，震动小并形成平整的轮廓面的爆破。

### 2.0.3 提升机 **well elevating conveyor/Elevator**

提升机是通过改变势能进行运输的大型机械设备，包括绞车、稳车。

### 2.0.4 井架 **Derricks**

凿井时用于承载提升物料、悬吊吊盘等辅助设施的荷载，同时作为天轮布置、翻渣仓安装平台的构筑物。

### 2.0.5 伞钻 **Umbrella frame**

伞钻是钻爆法掘进中利用液压系统进行竖井钻孔的高效设备。

### 2.0.6 钻爆法 **Drill-blast method**

竖井采用至上而下全断面开挖支护至井底，而后至下而上进行衬砌施工的方法。

### 2.0.7 竖向掘进机法 **Vertical roadheader method**

竖井利用正井法优先施工先行井，在满足 TBM 安装要求后，安装 TBM 并进行掘进、支护，采用水泵与吊桶相结合的方式出渣，待开挖完成后至下而上施工二次衬砌。。

### 2.0.8 反井法 **Inverted well method**

竖井采用反井钻机至上而下施工导孔，通过正洞在井底安装扩挖钻头，至下而上进行扩挖形成导井，最后采用正井法对井身进行开挖、支护、衬砌施工，出渣通过导井进行出渣。

### 2.0.9 不良地质 **Bad Geology**

不良地质现象泛指由地球外动力作用引起的，对工程建设不利的各种地质现象。它们分布于场地内及其附近地段，主要影响场地稳定性，也对地基基础，边

坡和地下洞室等其砌体体的岩土工程有不利影响。

#### **2.0.10 锁口圈 Locking collar**

为防止井口塌方，保护后续开挖人员的施工安全，在井口施作的钢筋混凝土结构。

#### **2.0.11 井壁座 Sidewall seat**

井筒壁座是控制地层压力，维护井筒围岩稳定，防止井筒开裂漏水，沿立井井帮构筑的地下结构物。

#### **2.0.12 中隔板 Middle Partition**

用于将井筒内通风进行分流的构造物，通常设置一字隔墙和十字隔墙。

#### **2.0.13 混凝土衬砌 Concrete lining**

为防止围岩变形或坍塌，沿井身周边用钢筋混凝土等材料修建的永久性支护结构。

#### **2.0.14 喷锚支护 shotcrete and Bolt support**

喷射混凝土、锚杆、钢筋网、钢架等单独或组合使用的围岩支护结构。

#### **2.0.15 湿喷 wet-mix method**

将混凝土集料、水泥和水按施工配合比用混凝土拌和机拌和均匀后投入喷射机，在喷射机喷头处加速凝剂后喷出。

#### **2.0.16 初喷 application of first shotcrete**

隧道开挖后立即施作的第一层喷射混凝土作业。

#### **2.0.17 复喷 application of subsequent shotcrete**

初喷以后的喷射混凝土作业。

#### **2.0.18 岩爆 Rock burst**

岩爆是一种岩体中聚积的弹性变形势能在一定条件下的突然猛烈释放，导致岩石爆裂并弹射出来的现象。

#### **2.0.19 瓦斯浓度 Gas Concentration**

瓦斯在空气中所占体积的百分比。

#### **2.0.20 马头门 Horse head gate**

在立井井筒与联络通道的连接处，是竖井的咽喉部位，剖面形似马头的巷道。

## 3 施工准备

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 竖井施工前应熟悉设计文件和地质勘察报告，领会设计意图，做好现场调查和图纸核对工作。

**3.1.2** 竖井施工前，应编制施工组织设计，并做好施工准备工作和组织落实工作。

**3.1.3** 竖井施工应具备满足施工需要和质量控制要求的试验检测能力。

**3.1.4** 竖井开工前，应完成分部分项工程划分、先期工程施工方案及配合比设计等技术准备工作。

**3.1.5** 竖井施工前应结合项目特点做好工艺选择、设备选型和电力配置工作。

**3.1.6** 施工准备不限于便道、电力、施工用水、生活区、稳绞基础及设备安装、空压机、监控室、风机、信号，其他可根据项目整体规划选择布置，例如拌和站、钢筋场、值班室、炸药库、弃渣场等。

**3.1.7** 结合设计文件和地质勘察报告对竖井施工工法的适用性进行分析，在长大隧道施工阶段竖井需要提前具备通风条件时，优先选用钻爆法、钻机法、竖向掘进机法；在工期不受影响且无需提前具备通风条件时，可采用反井法进行施工。

**3.1.8** 设备选型应结合当地气候环境、井净和进度要求进行选择：

1 竖井净直径小于 5.5m 的井筒施工配套方式，当采用正井钻爆法施工时：

1) 凿井井架宜选用IV<sub>G</sub>型或IV型；

2) 布置 1 套单钩提升，提升机宜选用 JK-2.5、JK-2.8、2JK-3.0 或 2JK-3.5 型；

3) 选用 5m<sup>3</sup>/4m<sup>3</sup>/3m<sup>3</sup> 吊桶，3m<sup>3</sup>/2m<sup>3</sup> 底卸式吊桶及 9T/11T II型提升钩头；

4) 安全梯宜选用 JZA-5/800 型凿井绞车悬吊，其它设施宜选用 JZ-10/600 或 2JZ-10/600 型凿井绞车悬吊；

5) 选用 FJD-6A 或 SJZ5.5 型伞钻配 YGZ-70 型凿岩机凿岩；

6) 选用 1 台 HZ-6 或 HZ-4 型中心回转抓岩机装岩，矿用挖掘机清底；

7) 选用 DC50-80 型卧泵或 600m 以上扬程的潜水泵排水；

- 8) 选用 2 台  $40\text{m}^3$  和 1 台  $28\text{m}^3$  螺杆式空压机供压气;
- 9) 冻结段外壁或单层井壁段宜选用整体金属模板浇筑混凝土, 冻结段内壁宜选用装配式金属模板或滑升金属模板浇筑混凝土;
- 10) 选用 1 台装载机装碴或上料、自卸车根据运距、出渣量进行相应配置。  
2 井深小于  $600\text{m}$ 、净直径  $5.5\text{--}9.0\text{m}$  的井筒施工配套方式宜采用以下方式:
  - 1) 凿井井架选用 IV 型或 V 型;
  - 2) 选用 2 台提升机提升, 宜选用 JK-2.8、JK-3.0、2JK-3.0 或 2JK-3.5 型;
  - 3) 选用  $5\text{m}^3/4\text{m}^3/3\text{m}^3$  吊桶,  $3\text{m}^3/2\text{m}^3$  底卸式吊桶及 9T/11T II 型提升钩头;
  - 4) 安全梯宜选用 JZA-5/800 型凿井绞车悬吊, 吊盘宜选用 JZ-16/800 型凿井绞车悬吊, 其它设施宜选用 JZ-10/600 或 2JZ-10/600 型凿井绞车悬吊;
  - 5) 选用 FJD-6A 型伞钻配 YGZ-70 型凿岩机凿岩;
  - 6) 选用 1-2 台 HZ-6 或 HZ-4 型中心回转抓岩机装岩, 矿用挖掘机清底;
  - 7) 选用 DC50-80 型卧泵或  $600\text{m}$  以上扬程的潜水泵排水;
  - 8) 选用 2 台  $40\text{m}^3$  和 1 台  $28\text{m}^3$  螺杆式空压机供风;
  - 9) 冻结段外壁或单层井壁段宜选用整体金属模板浇筑混凝土, 冻结段内壁宜选用装配式金属模板或滑升金属模板浇筑混凝土;
  - 10) 选用 1 台装载机装碴或上料、自卸车根据运距、出渣量进行相应配置。  
3 井深小于  $600\text{m}$ 、净直径大于  $9.0\text{m}$  的井筒施工配套方式宜采用以下方式:
    - 1) 凿井井架选用 V 型或 VI 型;
    - 2) 选用 2 台提升机提升, 宜选用 JK-2.8、2K-3.5、JKZ-3.0 或 JZ32 型;
    - 3) 选用  $5\text{m}^3/4\text{m}^3$  吊桶,  $3\text{m}^3$  底卸式吊桶及 11T II 型提升钩头;
    - 4) 安全梯宜选用 JZA-5/800 型凿井绞车悬吊, 吊盘宜选用 TZ-16/800 型凿井绞车悬吊, 其它设施宜选用 JZ-10/600 或 2JZ-10/600 型凿井绞车悬吊;
    - 5) 选用 FJD-6A 或 SJZ8A 型伞钻配 YGZ-70 凿岩机凿岩;
    - 6) 选用 2 台 HZ-6 型中心回转抓岩机装岩, 矿用挖掘机清底;
    - 7) 选用 DC50-80 $\times$ 8 型卧泵或  $600\text{m}$  以上扬程的潜水泵排水;
    - 8) 选用 2 台  $40\text{m}^3$  和 1-2 台  $20\text{m}^3$  螺杆式空压机供压气;
    - 9) 冻结段外壁或单层井壁段宜选用整体金属模板浇筑混凝土, 冻结段内壁宜选用装配式金属模板或滑升金属模板浇筑混凝土;

10) 选用 1 台装载机装碴或上料、自卸车根据运距、出渣量进行相应配置。

### 3.2 施工准备的技术原则

1 竖井施工前应编制专项施工方案和应急预案，并严格按照执行。

2 应坚持“先探后掘、有掘必探、一掘一探”的原则。

3 应明确通风、瓦斯检测、火源控制等的责任部门。

4 对进场所有人员进行安全培训。瓦检员、爆破员、电工、焊工、绞车工、信号工等特种工种应持证上岗。

5 应编制符合项目条件的施工作业规程和相关管理制度。

6 场地布置应遵循“因地制宜”的原则，避开风险地区，并应满足现场施工条件。

7 施工便道应满足进场设备、材料进场运输车辆最大转弯半径要求，便道宽度无法满足错车时，每 200m 应设置 1 处错车平台。

8 施工用水应经过试验检测合格后方能使用，施工用水选址宜与拌和站设置于一起。

9 临时用电应设置变电所并根据设备配置进行相应的配置。

10 现场监控点应覆盖场区和重要施工工点，包括场站四角、掌子面、吊盘、稳绞机房、井口、二平台等。

11 拌和站选型应满足竖井混凝土施工要求，并在井口或附近布置。

12 钢筋场、拼装场地布置应避开地质灾害区域，并应满足符合施工进度要求的产能并应满足当地标准化建设要求。

13 弃渣应满足当地环保要求。

14 公路竖井工程地质勘察应纳入公路主体工程勘察大纲中，统筹实施，其勘察阶段、方法与内容等应遵循，JTG C20《公路工程地质勘察规范》的规范。

#### 条文说明

专项施工方案和应急预案应结合项目特点进行全方面考虑，不限于井口管理措施、钢丝绳防护措施、防火措施、防坠落措施、防触电措施、防机械伤害、防物体打击措施以及井内两盘设置、运行、维护、保养措施等，若出现瓦斯、软岩大变形、岩爆、突水涌水等不良地质时，应单独编制专项方案。

场站布置应超前规划和专项设计，包含稳绞机房及其配电房、空压机房、变

电站、井架基础及井架安装、两盘或多盘设计、天轮平台设计、监控室、信号房、风机等，并应避免各结构或设备之间的干扰，同时做到文明施工要求。

### 3.3 地质核查

**3.3.1** 竖井详细勘察应充分利用初步勘察及公路主体工程勘察成果，采用补充地质调绘、钻探及测试等综合勘察方法，查明竖井的水文地质及工程地质条件。

**3.3.2** 应对初勘调绘资料进行复核，并开展补充工程地质调绘，比例尺宜采用 1:500，范围为竖井井筒中心半径不小于 200m。

**3.3.3** 详勘阶段竖井井筒宜有完整的钻孔资料，应符合下列规定。

1 当竖井井筒穿过的地质条件复杂或不良地质强烈发育，利用隧道主体工程勘察成果尚不能查明竖井地质条件，应布设完整的钻孔勘探。钻孔勘探应取样，并开展瓦斯、地应力等测试及水文试验；

2 当竖井井筒不穿过含水表土层，并无煤层瓦斯及其它有害气体突出危险，且具备下列条件之一时，可不设完整的钻孔：

1) 已有勘探资料表明工程地质和水文地质条件简单，只需浅孔查明表土层厚度；

2) 前期勘察阶段，距设计竖井井筒中心 25m 范围内已实施过钻孔，其提供的地质、水文资料符合详勘要求；

3) 收集到竖井附近既有矿井或其它类似工程资料，可准确掌握竖井工程地质、水文地质及其它有害气体情况及其变化规律。

**3.3.4** 竖井井筒完整的钻孔布置应符合下列规定。

1 具备下列情况之一者，钻孔可布置在井筒范围内。

1) 地质构造和水文地质条件简单，且无煤层瓦斯及其它有害气体突出危险；

2) 专为探测溶洞或施工特殊需要的钻孔。

2 井底距离富水层较近和采用冻结法施工的井筒，钻孔不应布置在井筒范围内；

3 当地质构造复杂时，钻孔的数目和布置，应根据具体条件确定；

4 钻孔中心距井筒中心不应超过 25m；

5 钻孔终深宜大于井筒设计深度 10m。

**3.3.5** 钻孔钻进与取样应符合下列规定。

1 钻进过程中，每钻进 30~50m 应测定一次倾角和方位角，全孔偏斜率应控制在 1.0% 以内；

2 钻孔应全孔取芯，孔径不小于 75mm，黏土层和完整、较完整岩层中，取芯率不宜小于 75%；破碎带、软弱夹层和砂层中，取芯率不宜小于 60%，（岩）芯应编号装箱保存；

3 在岩层钻进中，每一层应采取一个样品进行物理力学试验，当岩性变化较大且层厚超过 5m 时，应适当增加采样数量；可采煤层的顶、底板应单独采样；

4 洗井应采用机械方法对抽水层段反复抽洗，可再用亚酸或二氧化碳洗井，应将岩粉和泥浆全部清除，直至孔内流出清水为止；

5 所穿过各主要含水层（组），应分层进行抽水试验。试验中水位降低不宜少于 3 次，每次降深应相等，其稳定时间不少于 8h。困难条件下，水位降低不应小于 1m。每层抽水的最后一次降水，应采取水样，测定水温和气温，并进行水质化验分析；

6 钻孔取样测试应符合下列规定。

1) 黏土层：矿物成分分析、液限、塑限、天然含水量、天然密度、比重、孔隙率、内摩擦角、粘聚力、膨胀力、膨胀量和自由膨胀率；

2) 粉土层：颗粒级配、液限、塑限、天然含水量、密度、比重、孔隙率、渗透系数、内摩擦角和 c 粘聚力；

3) 砂土和碎石土层：颗粒级配、天然含水量、密度、比重、孔隙率、渗透系数、内摩擦角和粘聚力；

4) 岩层：密度、孔隙率、吸水率、含水率、天然状态抗压强度、饱和状态抗压强度、内摩擦角、粘聚力、弹性模量和泊松比。

**3.3.6** 当采用冻结法凿井时，应选择冻结范围内有代表性的地层进行下列试验，并提交专项试验报告：

1 土层与岩层的冻结温度；

2 土层与岩层在 10°C~25°C 和 -10 °C 状态下的比热容和导热系数；

3 黏土层在 -5°C~10°C 和 -15°C 状态下的冻胀力和冻胀量；冻土单轴压缩应力应变曲线、单轴抗压强度、弹性模量和泊松比；

4 冻土三轴压缩应力应变曲线、三轴抗压强度、内摩擦角和粘聚力；

5 冻土单轴压缩蠕变性能；

6 冻土三轴压缩蠕变性能。

**3.3.7** 提交的竖井详勘资料应包括下列主要内容：

1 井筒钻孔柱状图（含测井曲线）及沿井筒中心线的预测地质剖面图；

2 井筒的水文地质条件，包括含水层（组）数量、埋藏条件、静水位与水头压力、涌水量、渗透系数、水质、水温，含水层之间及与地表水的水力联系，地下水的流向与流速，抽水试验图、含水层特别是主要含水层的裂隙特征、裂隙率和预测井筒涌水量等；

3 井筒通过的土（岩）层的物理力学性质、埋藏条件和断层破碎带、溶洞、裂隙、老空区等的特征；

4 井筒测温资料及温度预报曲线；

5 对膨胀性粘土、流砂、基岩风化带和软岩等进行分析；

6 瓦斯及其它有害气体涌出资料；

7 钻孔测斜资料（含测斜图）；

8 含水层段抽水试验成果图；

9 测井综合成果图；

10 钻孔实测图和封孔资料，包括封孔设计、封孔报告（含封孔检查情况、试验资料等）。

## 3.4 通信

**3.4.1** 信号应符合下列规定：

1 开挖工作面与吊盘、吊盘与井口、翻碴平台与提升机房、井口与提升机房必须设置独立的信号装置；

2 井口与提升机房之间，应采用数码显示声光兼备的信号装置，信号装置必须与提升机的控制回路闭锁，并应设置直通电话；

3 每一台提升机，应有独立的信号系统，装备一套提升系统的井筒，必须有备用信号装置；

4 设置井盖门安全信号，当吊桶上升距井盖门 40m~50m 时，信号铃应自动发出有声信号；

5 信号系统应简单、可靠，信号应清楚易辨，系统上应做到联锁严密；

- 6 井下发出的提升信号的接收和转发,应符合《煤矿安全规程》的有关规定;
- 7 信号电源应独立可靠,并应有电源指示灯。

#### **3.4.2 通讯及视频监控应符合下列规定:**

- 1 开挖工作面、吊盘、井筒中间转水站、井口信号房、提升机房及调度室等重要工作和指挥场所,必须安装本安型通信设备;
- 2 开挖工作面、吊盘、转水站、井盖门、井口信号房、翻碴台、提升机房及调度室等重要场所应安装视频监控系统,其图像记录保留时间不低于 7 天。

### **3.5 供电**

- 1 变电站设置于井口附近 100m 范围内。
- 2 根据用电负荷进行用电设计,同时设置专线进行接入。
- 3 主变容量应按照需用系数、功率总和选择,宜选用移动变电站;
- 4 根据负荷统计计算,总功率因数低于 0.9 时,必须进行功率补偿,宜选用电容器补偿,补偿容量随负荷变化自动调整;
- 5 按经济电流密度选择电缆截面,并校验电压损失;
- 6 单回路供电时,应设临时备用电源。
- 7 变电站四周设置砖砌围墙,在变压器围墙醒目的位置设置标识标牌,提醒工人切勿靠近,并派专人管理。

### **3.6 井下照明**

- 1 井下照明应能满足施工需要,并应具有良好的显色性和稳定性;
- 2 井下的照明装置应符合安全要求,控制方式应简单可靠;
- 3 开挖工作面照明应满足施工需要,井下吊盘不少于 2 盏,工作面不少于 4 盏;井筒内单独作业人员必须携带矿灯;
- 4 夜间施工翻碴台工作人员必须携带矿灯。
- 5 井下照明应采用防爆设施。
- 6 井下线路应安装规范,并采用钢丝绳进行悬吊,固定点间距不大于 6m。

## 4 施工测量

### 4.1 一般规定

4.1.1 公路隧道竖井施工前应根据结构形式、深度及精度要求等编制施工测量方案，确定控制测量等级和测量方法。

4.1.2 竖井的平面坐标系和高程系统宜与定测隧道控制网坐标系和高程系统一致。

4.1.3 施工测量所用的仪器、设备等应经法定计量机构检定和校验，合格后方可使用。

4.1.4 各等级平面控制测量，其最弱点点位中误差均不得大于 $\pm 50\text{mm}$ ，最弱相邻点相对点位中误差均不得大于 $\pm 30\text{mm}$ ，最弱相邻点边长相对中误差应不大于表 4.1.4-1 的规定。

表 4.1.4-1 平面控制测量精度要求

测量等级	最弱相邻点边长相对中误差
二等	1/100000
三等	1/70000
四等	1/35000
一级	1/20000

4.1.5 角度、长度和坐标的数字取位应符合表 4.1.5-1 的规定。

表 4.1.5-1 角度、长度和坐标的数字取位要求

测量等级	角度 (")	长度 (m)	坐标 (m)
二等	0.01	0.0001	0.0001
三、四等	0.1	0.001	0.001
一级	1	0.001	0.001

4.1.6 公路隧道竖井施工测量除应符合本技术规范的规定外，尚应符合现行《工程测量规范》(GB 50026)和《公路勘测规范》(JTG C10)的规定。

### 4.2 竖井外控制测量

4.2.1 竖井井口平面控制测量点应不少于 3 个，高程控制测量点应不少于 2 个。

#### 4.2.2 平面控制测量技术要求

1 平面控制测量应采用卫星定位测量、导线测量、三角测量或三边测量等方法进行。

2 卫星定位基线测量的中误差应小于按(4.2.2)式计算的标准差,固定差 a、比例误差系数 b 的取值应符合表 4.2.2-1 的规定。

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (b \cdot d)^2} \quad (4.2.2)$$

式中:  $\sigma$ —标准差 (mm);  
a—固定误差 (mm);  
b—比例误差系数 (mm/km);  
d—基线长度 (km)。

表 4.2.2-1 卫星定位测量主要技术要求

测量等级	固定误差 a (mm)	比例误差系数 b (mm/km)	合环或附和线路边数
二等	≤ 5	≤ 1	≤ 6
三等	≤ 5	≤ 2	≤ 8
四等	≤ 5	≤ 3	≤ 10
一级	≤ 10	≤ 3	≤ 10

3 导线测量的主要技术要求应符合表 4.2.2-2 的规定。

表 4.2.2-2 导线测量的主要技术要求

测量等级	附(闭)合导线长度 (km)	边数	每边测距中误差 (mm)	单位权中误差 (")	导线全长相对闭合差	方位角闭合差 (")
三等	≤ 18	≤ 9	≤ ± 14	≤ ± 1.8	≤ 1/52000	≤ 3.6√n
四等	≤ 12	≤ 12	≤ ± 10	≤ ± 2.5	≤ 1/35000	≤ 5√n
一级	≤ 6	≤ 12	≤ ± 14	≤ ± 5.0	≤ 1/17000	≤ 10√n

注: 1.表中 n 为测站数。

2.以测角中误差为单位权中误差。

3.导线网节点间长度不得大于表中长度的 0.7 倍。

4 三角测量的主要技术要求应符合表 4.2.2-3 的规定。

表 4.2.2-3 三角测量主要技术要求

测量等级	测角中误差 (")	起始边边长相对中误差	三角形闭合差 (")	测回数		
				DJ1	DJ2	DJ6
二等	≤ ± 1.0	≤ 1/250000	≤ 3.5	≥ 12	—	—

四等	$\leq \pm 2.5$	$\leq 1/100000$	$\leq 9.0$	$\geq 4$	$\geq 6$	—
一级	$\leq \pm 5.0$	$\leq 1/40000$	$\leq 15.0$	—	$\geq 3$	$\geq 4$

5 三边测量的主要技术要求应符合表 4.2.2-4、表 4.2.2-5 的规定。

表 4.2.2-4 三边测量主要技术要求

测量等级	测距中误差 (mm)	测距相对中误差
二等	$\leq \pm 9.0$	$\leq 1/330000$
三等	$\leq \pm 14.0$	$\leq 1/140000$
四等	$\leq \pm 10.0$	$\leq 1/100000$
一级	$\leq \pm 14.0$	$\leq 1/35000$

表 4.2.2-5 光电测距的主要技术要求

平面控制网等级	观测次数		每边测回数		一测回读数间较差 (mm)	单程各测回较差 (mm)	往返较差
	往	返	往	返			
二等	$\geq 1$	$\geq 1$	$\geq 4$	$\geq 4$	$\leq 5$	$\leq 7$	$\leq \sqrt{2}$ ( $a+b \cdot D$ )
三等	$\geq 1$	$\geq 1$	$\geq 3$	$\geq 3$	$\leq 5$	$\leq 7$	
四等	$\geq 1$	$\geq 1$	$\geq 2$	$\geq 2$	$\leq 7$	$\leq 10$	
一级	$\geq 1$	—	$\geq 2$	—	$\leq 7$	$\leq 10$	

注：1.测回是指照准目标 1 次，读数 4 次的过程。

2.特殊情况下，边长测距可采用不同时间段测量代替往返观测。

3.表中 a 为固定误差 (mm)，b 为比例误差系数 (mm/km)，D 为水平距离 (km)。

#### 4.2.3 高程控制测量技术要求

1 竖井外高程控制测量各等级每公里观测高差中误差和附和（环线）水准路线长度应符合表 4.2.3-1 的规定。

表 4.2.3-1 竖井高程控制测量的技术要求

测量等级	每公里高差中数中误差 (mm)		附和或环线水准线路最大长度 (km)
	偶然中误差 $M\Delta$	全中误差 $M\Delta$	
二等	$\pm 1$	$\pm 2$	600
三等	$\pm 3$	$\pm 6$	60
四等	$\pm 5$	$\pm 10$	25

注：控制网节点间的长度不得大于表中长度的 0.7 倍。

2 当竖井有特殊要求，对测量精度要求较高时，应根据具体要求确定高程控制测量的精度。

3 水准测量的主要技术要求应符合表 4.2.3-2、表 4.2.3-3 的规定。

表 4.2.3-2 水准测量的主要技术要求

测量等级	往返较差、附和或环线闭合差 (mm)		检测已测测段高差之差 (mm)
	平原、微丘	山岭、重丘	
二等	$\leq 4\sqrt{l}$	$\leq 4\sqrt{l}$	$\leq 6\sqrt{l_i}$
三等	$\leq 12\sqrt{l}$	$\leq 3.5\sqrt{n}$ 或 $\leq 15\sqrt{l}$	$\leq 20\sqrt{l_i}$
四等	$\leq 20\sqrt{l}$	$\leq 6.0\sqrt{n}$ 或 $\leq 25\sqrt{l}$	$\leq 30\sqrt{l_i}$

注：计算往返较差时， $l$  为水准点间的路线长度 (km)；计算附和或环线闭合差时， $l$  为附和或环线的路线长度 (km)； $n$  为测站数。 $l_i$  为检测测段长度 (km)，小于 1km 时按 1km 计算。

表 4.2.3-3 水准测量观测的主要技术要求

测量等级	仪器类型	水准尺类型	观测方法	视线长 (m)	前后视较差 (m)	前后视累积差 (m)	视线离地面最低高度 (m)	基辅 (黑红) 面读数差 (mm)	基辅 (黑红) 面高差较差 (mm)
二等	DS05	钢瓦	往返	$\leq 50$	$\leq 1$	$\leq 3$	$\geq 0.3$	$\leq 0.4$	$\leq 0.6$
三等	DS1	钢瓦	往返	$\leq 100$	$\leq 3$	$\leq 6$	$\geq 0.3$	$\leq 1.0$	$\leq 1.5$
	DS2	双面	往返	$\leq 75$				$\leq 2.0$	$\leq 3.0$
四等	DS3	双面	往返	$\leq 100$	$\leq 5$	$\leq 10$	$\geq 0.2$	$\leq 3.0$	$\leq 5.0$

**4.2.4** 竖井外平面控制网和高程控制网应不定期复测，复测周期宜不大于 6 个月，复测精度应与建网精度相同。当竖井外控制点周边出现地面沉降等异常情况时，宜适时缩短复测周期，或临时增加复测。

### 4.3 竖井内控制测量

**4.3.1** 竖井井口应布设两组轴线控制点，且牢固可靠，利于复测和向竖井内引测。

**4.3.2** 根据实际情况，应及时将竖井控制轴线向下引测，并不定期对控制轴线进行复核。

**4.3.2** 竖井内的轴线控制点应设在不易被破坏且便于观测的位置；当因特殊

原因造成轴线控制点破坏时，应及时恢复并重新复测，检查其准确性。

#### 4.4 联系测量

**4.4.1** 竖井平面控制联系测量可采用一井定向、光学垂准仪投点、陀螺仪辅助定向。同时应根据竖井长度和贯通精度要求选择测量仪器和测量方法，估算贯通误差，确定测量方案。

**4.4.2** 采用一井定向测量时，应符合下列规定：

- 1 布设井上、井下联系三角形时，竖井中悬挂钢丝间的距离  $c$  应尽可能长。
- 2 联系三角形的连接角  $\gamma$  和  $\alpha$  及  $\gamma'$  和  $\beta'$  均宜小于  $1^\circ$ ，呈直伸三角形。
- 3  $a/c$  及  $a'/c$  宜小于 1.5， $a$ 、 $a'$  为近井点至悬挂钢丝最短距离。
- 4 联系三角形边长测量可采用电磁波测距，每次应独立测量三测回，每测回三次读数，各测回较差应小于 1mm。
- 5 井上与井下丈量的钢丝间距较差应小于 1mm。

**4.4.3** 高程传递测量可采用悬挂钢尺法、电磁波测距三角高程法、水准测量法和电磁波测距法。

**4.4.4** 竖井内悬挂钢尺进行高程传递测量时，应符合下列规定：

- 1 井上和井下安置的两台水准仪应同时读数，并应在钢尺上悬挂与钢尺检定时相同质量的重锤。
- 2 应采取重锤浸没在阻尼液中等稳定措施。
- 3 传递高程时，每次应独立观测三测回，测回间应变动仪器高，三测回测得地上、地下水准点间的高差较差应小于 3mm。
- 4 高差应进行温度、尺长改正和钢尺自重张力改正。

**4.4.5** 当竖井较深采用电磁波测距法传递高程时，作业步骤应符合下列规定：

- 1 在井上设置的托架上放置棱镜，使棱镜反射面向下。
- 2 利用水准仪或全站仪测量棱镜中心与地面近井水准点的高差。
- 3 托架下方安置全站仪，使全站仪望远镜垂直向上，瞄准棱镜进行测距。
- 4 全站仪与棱镜垂直偏差应不小于 10mm。
- 5 测量全站仪中心与地下近井水准点的高差。

**4.4.6** 进行竖井外与竖井内联系测量，宜选在竖井外和竖井内观测条件接近的时段进行观测。

## 4.5 竖井施工测量

4.5.1 开挖前应先校核施工控制轴线，并在开挖断面上标出设计断面轮廓线。

4.5.2 开挖工作完成后，应及时测量超欠挖并绘制出断面图，并根据测量数据修正开挖参数，控制超欠挖。

4.5.3 竖井内施工用的水准点应根据需要加设，并定期进行复核。

## 4.6 竖井贯通测量

4.6.1 竖井和隧道结构贯通后应进行贯通误差测量，贯通误差测量包括平面贯通误差测量和高程贯通误差。

4.6.2 平面贯通误差测量应符合下列规定：

1 平面贯通误差测量应测定竖井和隧道贯通面上的纵向、横向的贯通测量误差。

2 进行平面贯通误差测量时，应利用贯通面两侧的平面测量控制点分别测量贯通面上设置的同一个临时点的坐标不符值，并由此计算出竖井与隧道的纵向、横向贯通测量误差。

3 计算贯通测量误差时，应将坐标不符值分别投影到隧道中线或法线方向上确定纵向、横向贯通测量误差。

4.6.3 高程贯通误差测量应符合下列规定：

1 高程贯通误差测量应测定竖井和隧道贯通面上同一临时点的高程较差。

2 进行高程贯通误差测量时，应利用贯通面两侧的高程测量控制点，分别测定贯通面上同一个临时点的高程，并计算出高程较差。

## 4.7 竣工测量

4.7.1 竣工测量采用的坐标系统、高程系统等应与原施工测量一致。

4.7.2 竣工测量前应对竖井外控制网、竖井内控制网进行检测。

4.7.3 当需对已经毁坏、丢失的控制点恢复时，应在检测控制网的同时以不低于原测精度进行控制点恢复。

4.7.4 竣工测量时，应收集已有的测量资料并进行实地检测；对符合要求的测量资料应予以利用，对已经变更的测量资料应重新测量。

4.7.5 重新测量的方法和精度要求应与原施工测量相同，并按实测的资料

编绘竣工测量成果。

中国公路学会标准征求意见稿

## 5 正井钻爆法开挖支护

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 应合理安排竖井施工时间，充分发挥竖井在施工期的运用，合理组织同时减少竖井与正洞之间的施工干扰。

**5.1.2** 设备选型与地理环境、施工组织应相匹配，并应经过严格的受力验算。

**5.1.3** 各机房布置前应经过严格的验算，以避免设备的干扰。

**5.1.4** 合理组织现场施工，避免筹备期间的工期滞后而影响整体工期。

**5.1.5** 设备选型与地理环境、施工组织应相匹配。

**5.1.6** 设备安装完成后要进行试运行以及相关第三方检测。

#### 条文说明

正井钻爆法是指采用钻爆方式（井口段采用机械开挖）至上而下进行开挖支护，待开挖支护完成后至下而上进行二次衬砌和中隔板（若有）的施工。

井壁座设置通常设置 2 处，一处位于井口以下基岩处，一处位于马头门上方稳定基岩处，若地层影响可适当增加井壁座。

正井钻爆法初期支护可根据设计图纸要求组织施工，通常包括喷射混凝土和混凝土衬砌两种施工方式。

正井法施工工期于筹建期结束为标准开始计算，且应小于正洞施工至竖井的施工时间，筹建期结束标准为两盘吊挂完成为节点。

### 5.2 筹建期施工（地面提升系统）

#### 5.2.1 筹建期施工检查内容

- 1 稳车群、绞车基础的位置、尺寸、偏位以及地基承载力应满足规划需求；
- 2 井架施工检查内容包括井架基础、井架安装、天轮平台、井架雨棚、翻矸仓等辅助设施安装。

#### 5.2.2 稳绞基础施工及设备安装

1 基础施工前对地基承载力进行检测，地基承载力小于 250Kpa 时根据当地实时情况进行相应的地基处理。

2 稳绞基础的设置应经过严格的验算，以确保钢丝绳与天轮平台梁互不干扰。

3 绞车基础上的预埋孔应根据设备布置进行准确的放样,并根据螺栓安装深度预埋孔洞。

4 基础深度应满足螺栓安装要求,且顶面标高不得低于场坪标高。

5 稳车基础上的预留孔可根据设备型号滞后钻孔,绞车基础上的预埋孔需提前进行预埋。

6 基础检验:对提升绞车、稳车基础进行检查验收。

检查内容包括:基础强度;基础坐标位置;地脚螺栓孔与各中心线的相对位置;地脚螺栓孔之间的相对位置;地脚螺栓孔的截面尺寸和深度;基础外型尺寸及基础外表面是否有蜂窝麻面现象。

### 5.2.3 设备安装

1 安装标定的井筒十字中心到主轴中心线的精度必须与设备安装要求的限差相适应,轴中心线标定限差不得超过 10"。

2 绞车、稳车安装严格按安装图纸位置、尺寸、标高进行找平找正,各构件(滚筒、减速器、电机、盘形闸等)安装必须符合规范要求,提升机安装顺序为:轴承座就位→滚筒就位→滚筒找平找正→盘形制动器安装→减速机安装→电机安装→液压站、润滑站、管路敷设,电气设备安装与机械安装同时进行。

3 滚筒中心线与提升中心线的偏差 $\leq 5\text{mm}$ ,主轴的水平度 $\leq 0.1/1000$ ,盘型制动器制动盘的端面跳动 $\leq 0.5\text{mm}$ 。减速机输出轴的水平度严禁超过  $0.15/1000$ ,同一副闸瓦与制动盘两侧的间隙应一致,其偏差 $\leq 0.1\text{mm}$ 。液压站外部油管的安装应排列整齐、不漏油,美观不渗油。

### 5.2.4 井架基础施工

1 井架基础施工前进行地基承载力检测,地基承载力应不小于 250kpa;

2 井架基础与锁口盘整体浇筑,使其成为一体,加强井架整体受力。

3 井架安装前检查螺栓预埋孔的眼位、倾斜度及螺栓孔两侧的基础平整度必须符合设计要求。控制好基础标高,基础顶面标高允许偏差为 $\pm 3\text{mm}$ ,水平度为  $L/1000\text{mm}$ ,地脚螺栓中心允许偏差为  $3\text{mm}$ ,露出长度偏差为 $\pm 20\text{mm}$ ,安装前如果超出允许偏差时必须进行有效处理。立柱基础采用 C30 砼,振捣密实,表面压光。

4 设置井架沉降观测点,以固定标高点为基准分别在井架基础设置沉降观测

线。

### 5.2.5 井架安装

1 为了便于制造和安装，在井架每一构件的明显部位上应做出构件编号标记。

2 井架主体结构所用材料应符合《钢结构工程施工及验收规范》的有关规定，其中：

- 1) 钢板、扁钢的局部挠曲矢高在 1m 范围内：
  - 2) 当钢板厚度 $\leq 14\text{mm}$  时，挠曲矢高 $\leq 1.5\text{mm}$ ；
  - 3) 当钢板厚度 $> 14\text{mm}$  时，挠曲矢高 $\leq 1.0\text{mm}$ ；
  - 4) 角钢、槽钢、工字钢的挠曲矢高为长度的 1/1000，但不大于 5.0mm。
  - 5) 角钢肢的不垂直度应小于或等于角钢肢宽度的 1/100。但双肢用螺栓连接的角钢角度，不得大于 90'。
  - 6) 槽钢、工字钢翼缘的倾斜度应小于槽钢和工字钢翼缘宽的 1/80；
- 3 焊接质量应符合《钢结构工程施工及验收规范》的规定。
- 4 井架各零件、构件的加工，以及每片组装误差不应大于下表所列数值。

表 5.2.5-1 井架制造允许误差

序号	名称	允许误差值 (mm)
1	主体桁架每侧四角对角线相互误差	$< 6$
2	由角柱底面至角柱顶面全长 L 误差	每一杆件小于 $0.001L$ ，但全长不得大于 10
3	整个角柱挠度	不得大于 10
4	角柱节点之间各段挠度	不得大于 5
5	其余杆件在节点之间各直线段挠度或整个直线段挠度	$0.001l$ ，但整个直线段不得大于 10
6	法兰盘与杆件的垂直度当 $D_g > 250$	$\pm 1.5$
7	法兰盘与杆件的垂直度当 $D_g < 250$	$\pm 1.0$
8	天轮平台主梁挠度 (当跨度 $L \leq 10\text{m}$ )	不得大于 6
9	天轮平台断面高度误差	$\pm 3$

5 井架各零件，构件的钻孔圆度应符合下表的规定，钻孔表面粗糙度的高度参数  $R_a$  为  $25\mu\text{m}$ 。

表 5.2.5-2 钻孔圆度允许误差

序号	螺栓的公称尺寸 (mm)	螺栓孔椭圆度 (量的最大和最小之差) (mm)
----	--------------	-------------------------

1	16	0.5
2	18	0.5
3	20	0.5
4	24	1
5	30 及 30 以上	1

6 井架各零件、构件上孔的位置和成孔后孔距允许偏差应符合下表的规定。

表 5.2.5-3 孔距允许偏差

序号	项目	允许偏差 (mm)			
		≤ 500	> 500 ~ 1200	> 1200 ~ 3000	> 3000
1	同一组内相邻两孔间	± 0.7			
2	同一组内任意两孔间	± 1.0	± 1.2		
3	相邻两组的端孔间	± 1.2	± 1.5	± 2.0	± 3.0

7 井架加工完毕后应进行防腐处理。选用防腐性能好的涂料，以防腐蝕。

8 对照设计图纸进行现场验收井架各个构件、各个钢梁并进行编号，以便于安装，对因加工运输造成变形的构件进行校正处理。

9 完成一层二层拼装后，即对井架进行初步校正。利用井架十字中心线将中点投放到井架管梁上，根据井架“十”字中线进行调正（要求：提升方向偏差在 10mm 以内，南北方向偏差在 20mm 以内）。

10 井架全部拼装完成后，以井架一角为基准，用水平管检测井架的水平度最大误差不超过 15mm（利用井架基础斜垫铁调整）。天轮平台对角线误差不超过 10mm，井架无变形，经过防腐处理，井架螺栓紧固到位，垫铁外露长度及接触面积符合设计要求。

### 5.2.6 井字架顶棚钢梁安装

电动葫芦井字架顶棚钢梁安装允许偏差。

1 跨中垂直度为  $h/250$ ，且不大于 15mm。

2 侧向弯曲矢高为  $1/1000$  且不大于 10mm。

### 5.2.7 试车

电源接通前，对电器设备进行绝缘测量。检查主回路、控制电路、所有电器设备的相间绝缘电阻和对地绝缘电阻，其值不得小于 1.5 兆欧姆。接通电源以后，先检查各电机的运转方向是否与控制按钮的方向一致，然后再按下列步骤试车：

1 空载试验：在空载情况下以工作速度上升、下降变速、制动等动作，在全行程范围内，反复试验，不得少于 3 次；在试验进行的同时，对各安全装置进行

灵敏度检验；

2 额定荷载试验。根据设计额定荷载，按有关标准规定方法（参见《轻小型起重设备型式试验细则》TSG Q7012-2008 及《钢丝绳电动葫芦 第2部分 试验方法》GB/T9008.2-2004）规定的方法，进行起升、运行、电压升降等动作的试验，至少重复三个循环，记录检查起升、下降、运行等各项参数是否符合要求；制动下滑量、噪声是否在容许范围内；电压升降试验是否符合设计要求；主要零部件无损坏。

3 静载试验：取额定荷载的 125%（按 5% 逐级加载），起升荷载离地 100~200mm，悬空 10cm。试验后主要受力构件、零部件不得出现永久变形、可见裂纹、油漆脱落以及连接损坏、松动等现象，无异常为合格。

4 动载试验：在静负荷试验结果良好的条件下，以 1.1 倍的额定荷载进行动载悬空试验，实验周期为 30s；升 6s，停 9s，降 6s，停 9s，如此进行 15 个周期，实验后目测各部分是否有裂纹、永久变形、油漆剥落、损伤、连接松动等，无异常为合格。

### 5.2.8 防雷

1 井架防雷措施采取如下方法：在井架顶部焊接  $\Phi 16$  圆钢，井架底部采用  $\Phi 16$  圆钢与接地扁钢焊接，接地电阻不得大于  $10\Omega$ 。

2 考虑到井架防雷，需进行井架避雷接地安装，自井架起重房架角钢斜撑处于先焊接的避雷针下端，至于架腿底部接地极，均采用扁钢焊接成一体，要求搭接部位焊接长度不小于两倍扁钢宽度，焊接高度不小于 5mm。接地极采用角铁，长度 2.2m 要求全部打入地下，并适当加灌盐水，以提高接地导电性能。

### 5.2.9 空压机房规定

- 1 空压机房占地面积应满足空压机布置需求；
- 2 空压机房地坪采用 20cm 厚 C30 混凝土进行硬化；
- 3 空压机房四周采用彩钢棚围护，屋顶以下 1m 范围采用镂空结构，供空压机散热。

### 5.2.10 通风、供水

- 1 风筒采用稳车进行悬挂，风筒型号选择应通过通风计算。
- 2 为确保施工过程中的安全，在井筒内安装一套氧气和有害气体监测探头，

由地面调度室监控分站对氧气和有害气体情况进行监测。

3 供水设施配置应急水泵。

#### 条文说明

寒冷地区风机房应设置活动板房,并采取相应的保温措施使满足风机正常运行和井下施工环境温度。

#### 5.2.11 施工用电应符合下列规定

- 1 临电布置应结合现场实际采用架空或预埋方式,确保现场的文明施工。
- 2 其他线路应统一规划。
- 3 施工现场配置应急发电机。

#### 条文说明

发电机配置应满足应急通风、照明以及安全梯运行需求。

采用架空方式进行用电布置时,立柱采用黑黄漆进行涂刷,高度以二平台高度为基准进行设置。

### 5.3 井身开挖

**5.3.1** 应根据地址条件、隧道开挖断面和围岩稳定情况确定开挖进尺和开挖方式。

**5.3.2** 竖井爆破应采用光面爆破。

**5.3.3** V、VI级围岩采用机械开挖或爆破开挖方式,每循环进尺控制在2m以内,I、II、III级围岩采用爆破开挖方式,每循环进尺控制在4m以内。

**5.3.4** 火工品材规格的选择应与钻具相匹配,高寒地区宜采用冷冻炸药。

**5.3.5** 竖井临近有需要保护的重要建筑物时,应严格控制爆破振动,或采用机械开挖方式。

**5.3.6** 爆破作业及爆破物品管理,必须符合现行《爆破安全规程》(GB 6722)的有关规定。爆炸物品装运应符合现行《民用爆炸物品安全管理条例》和《公路工程施工安全技术规范》(JTG F90)的相关规定。

**5.3.7** 采用伞钻进行钻孔时,应预留2m的坐底炮(预留2m的虚渣)待支护完成后进行出渣后钻孔。

**5.3.8** 爆破应满足《爆破操作规程》的相关规定。

**5.3.9** 结合不同施工阶段选择不同的开挖、出渣方式,开挖方式主要以机械

开挖和爆破开挖，出渣主要包括挖机出渣、吊车出渣、提升机出渣。

**5.3.10** 吊桶装渣不超过 0.9 容量。

**5.3.11** 出渣过程中应严格控制出渣标高，使满足模板安装与混凝土施工条件。

### 竖井开挖断面规格允许偏差

检查项目		允许偏差 (mm)	备注
竖井井筒掘进半径 (无支护和喷锚支护的掘进断面)	有提升运输设备	0 ~ +200	
	无提升运输设备	-50 ~ +200	
竖井井筒掘进半径 (现浇混凝土支护掘进断面)		-50 ~ +200	

5.3.12 根据现场施工需要，出渣主要分为三种形式：

1 挖机直接出渣：井口段施工时，采用挖掘机下井开挖作业，在出渣期间，当挖机位于井口可满足出渣时，采用挖掘机进行直接出渣。

2 挖机配合吊桶出渣：当挖掘机不满足井口出渣且提升系统未形成时时，采用挖掘机在井底装渣，利用吊车进行提升吊桶出渣。

3 抓岩机配合提升系统出渣：后期当提升系统形成后，采用 2 台抓岩机进行装渣，挖机进行清底，通过提升机、吊桶、翻矸仓进行出渣。

4 出渣分以下两个阶段进行：

1) 第一阶段 (集中阶段)：此阶段要充分发挥抓岩机抓岩能力和提升能力，尽快把堆积在井底的大量爆落渣石装运到地面，此阶段应做如下工作：

(1) 抓岩机司机要集中精力，听从指挥，并与其他辅助工种密切配合。

(2) 加强排水工作，为抓渣创造条件。

(3) 抓岩的同时，要指定专人检查井筒质量，处理危岩，为下阶段作业创造条件。

2) 第二阶段 (清底阶段)：由于岩石受爆破震动破裂，但与原岩还未完全分开，因此抓岩能力受到影响，清底工作组织的好坏，不但直接影响到装岩时间，而且直接影响钻爆工作的速度和效果，也是凿井循环作业中必须高度重视的一个重要环节，此阶段应做如下工作：

(1) 挖机为主，抓岩机配合，加快清底速度。

(2) 集中力量，采用多台风镐等工具清除井底活渣。

(3) 在清底工作的同时，应做好工序转换的工作。

## 5.4 喷射混凝土、一次衬砌

竖井初期支护主要包括一次衬砌和喷射混凝土两种方式,施工前应结合设计图纸组织施工。

### 5.4.1 喷射混凝土

喷射混凝土、支护要求除满足《公路隧道施工技术规范》(JTG/3660-2020)外还应符合以下规定:

- 1 应制定相应的防尘措施,预防职业病的产生。
- 2 钢架施工时,以锚杆支护为锁脚锚杆进行固定,若锚杆与钢架之间无有效连接且大于2倍锚杆间距时,应采取措施避免钢架局部下沉。
- 3 施工缝处施工时,应自下而上施工并预留空间优先进行止水带内侧(岩壁侧)施工,避免空洞的产生。

### 5.4.2 一次衬砌

- 1 钢筋安装时,钢筋的品种、级别、规格和数量必须符合设计要求。
- 2 优先采用机械连接,若条件不允许采用搭接方式,钢筋搭接长度、间距需满足规范要求,保护层垫块设置使需考虑模板安装对垫块的影响,同时不得使用钢筋头代替,以免模板损坏。
- 3 排水管材质应满足设计要求,排水管采用钢筋卡进行固定,固定点间距为1m,排水管的设置可根据出水点进行适当调整。
- 4 止水带安装位置应居中布置,止水带安装应顺直且固定牢靠,止水带后方空洞应有预防措施和检测成果,止水带与钩筋有干扰时,可对钢筋进行适当调整。
- 5 模板直径误差不得大于规定值 $\pm 10\text{mm}$ ,模板组装后外圆垂直度误差不得大于 $\pm 5\text{mm}$ 。悬吊销轴、悬吊耳板探伤检查按JB 4730-1994进行。主要受力构件焊缝探伤按GB/T 11345进行检验。

6 模板验收应符合以下规定:

序号	检验项目	检验要求	试验方法及要求
1	模板外径误差	$\pm 10\text{mm}$	尺量:以井筒中心线为准,测点不少于8点
2	刃脚平整度	$\pm 10\text{mm}$	激光水平仪测点:不得少于4点
3	外缘垂直度误差	5mm	全站仪:4处
4	模板重量	90%-110%	称重法
5	探伤	按JB4730-1994执行	

6	悬吊销轴安全系数	不小于 10	检查安全计算书
---	----------	--------	---------

1) 模板底脚要严, 刃脚处垫砂控制止水带高度。

2) 双排钢筋段, 刃脚与直模分开使用, 刃脚采用保险绳锁在模板下方, 并采用模板鸳鸯绳悬吊, 模板下设加强板防止模板变形。模板由地面稳车悬吊, 刃脚的高度与竖向钢筋的丝头长度一致。

7 刃脚模板组装应牢靠, 成型规格满足衬砌验收要求, 考虑钻孔与衬砌的影响, 刃脚固定应处于坚实的地层之上, 同时对地层进行整平处理, 以确保液压模板能够有效的安装, 刃脚处止水带安装时, 填补的细石顶标高控制在 2cm 以内。

8 模板安装前应对操作平台、液压系统等构件进行检查, 不得带病作业, 模板下方时应进行收拢, 避免模板对保护层垫块造成影响, 模板与上层衬砌有效搭接长度不小于 10cm, 模板安装后需对模板进行验收, 合格后方可进行下道工序。

9 严格按照混凝土施工工艺进行施工, 在浇注混凝土前, 必须把接茬处清理干净, 模板刃脚处渣石铺平塞严, 最后撒上一层砂以防跑浆, 浇注混凝土时采用分料器槽入模, 下料要均匀, 对称连续分层浇注, 振捣工作要定人、分区、分层振捣, 分层厚度不超过 300mm, 且均匀布置振点, 间距一般为 300~400mm。随浇注随振捣, 确保混凝土饱满密实, 浇注过程中, 加强混凝土振捣, 避免出现蜂窝、麻面, 拆除支撑和架杆, 对模板组件进行必要的清理和保护, 确保模板不变形弱化, 井身穿过软岩或稳定性较差的岩层时, 段高缩为 2.0m。

10 混凝土浇筑方式以施工阶段进行划分, 井口段(筹备期间)施工时采用串通进行施工, 井身段(正常施工阶段)施工采用溜灰管或分料器进行混凝土浇筑。混凝土浇筑宜优先选用吊桶配合分料器的方式进行, 若竖井深度 $\leq 300\text{m}$ 时, 可采用溜灰管进行混凝土浇筑, 竖井深度 $\geq 300\text{m}$ 时, 不得采用溜灰管进行施工。

11 模板体系转换过程中, 应加强组合模板验收尺寸控制, 半径控制在 $\pm 10\text{mm}$ 以内。

12 因模板体系转换导致的错台控制在 5mm 以内。

#### 条文说明

井口段可采用焊接方式进行钢筋连接, 待井身开挖 30m 后宜选用机械连接方式。

加强混凝土浇筑质量控制, 避免施工缝处形成不密实或空洞现象。

井口段可采用组合模板方式进行混凝土浇筑,井身段采用整体式悬吊模板进行混凝土浇筑。

井口段控制在 30m 左右,以两盘吊挂阶段为分界点。

## 5.6 防排水系统

### 5.6.1 一般规定

竖井防排水措施应遵循“防、排、堵、截相结合”和“因地制宜,综合治理”的原则,对地下水和地表水妥善处理,形成完整的防排水系统,应使防水可靠、排水通畅。

#### 条文说明

本条强调防、排、堵、截相结合的重要性的措施多样化,以达到防水可靠、排水通畅、经济合理的目的。

“防”:要求衬砌结构、防水层具有防水能力,防止地下水透过衬砌结构、防水层渗入井内,防水工程主要体现为止水带、水泥基等防水材料工程施工。

“排”:井外、井内要有畅通的排水设施,将衬砌背后的积水通过打孔波纹管等材料将衬砌背后的水源排入主洞排水系统、地表水通过排水横坡和排水沟排至竖井区域以外的排水沟。

“堵”:针对围岩裂隙水、断层等含水地层,采用地表注浆、工作面注浆、壁后注浆等封堵方法,将地下水堵在围岩体内,防止或减少地下水流失。

“截”:对可能渗漏到竖井的地表水,通过设置截(排)水沟等方式引排。

**5.6.2** 一次衬砌或喷射混凝土施工前,应严格按设计做好衬砌背后的排水措施,确保排水管路的通常,止水带的规范安装。

#### 条文说明

1 由于工艺限制,一次衬砌混凝土施工前后要做到止水带固定牢靠、虚渣清理干净,确保止水带的有效利用。

2 排水管路应竖向连接可靠、管路畅通、固定到位。

**5.6.3** 二次衬砌施工前,应严格按设计做好衬砌背后的防水措施,防水层涂刷均匀,厚度满足设计要求。

#### 条文说明

防水层一般设置于一次衬砌表面,二次衬砌施工前进行施工。

**5.6.4** 二次衬砌抗渗等级应符合设计规定。

#### 条文说明

二次衬砌为竖井防水体系的最后防水屏障，要求二次衬砌具有一定的自防水能力，混凝土抗渗等级不小于设计规定。

**5.6.5** 防排水材料应满足国家、行业标准和设计要求，有出厂合格证明，并按相关规范进行检验。不得使用有毒、污染环境材料。

#### 条文说明

排水盲管、土工布、防水板、止水带等所用材料，在长期使用中如有有毒物质释放，则不予采用；注浆堵水材料如果有毒或对环境有污染，则不予着。进入现场的这些材料需进行抽检。

**5.6.6** 竖井排水不得污染环境。环境敏感区、可能对饮用水源造成影响的隧道，应制订专项施工排水方案。

#### 条文说明

施工排水会对周围一定范围造成水体、土体污染等不利影响。施工废水、生活污水处理后排放的相关法律法规及标准有现行《中华人民共和国水法》《中华人民共和国水污染防治法》《中华人民共和国环境保护法》《污水综合排放标准》（GB 8978）、《地表水环境质量标准》（GB 3838）。

**5.6.7** 竖井施工期间排水设施宜与永久排水相结合，不得造成排水设施堵塞。

**5.6.8** 竖井施工排水应符合以下规定：

1 竖井施工前，应对排水设施进行相应的比选，包括扬程和排水能力，扬程结合设计图纸确定，水泵的排水能力应不小于 1.2 倍正常涌水量，并应配备备用水泵和发电机，井下备用水泵排水能力应不小于工作水泵排水能力的 70%。

2 水下隧道或通过承压水层等高冒水风险隧道宜设置两个独立的供电系统和排水管路。

3 排水泵站应高于临时水仓，并有人值守。

4 临时水仓应定期清理。

**5.6.9** 寒冷地区隧道施工排水，应将受冻区段的沟、管等埋设在冻结线以下或采取防冻保温措施，可结合永久性防冻保温排水工程进行施工排水。

**5.6.10** 防水板

1 排水系统选择应符合下列原则：，

井深在 1000m 以内时，应在吊盘上安装高扬程水泵及水箱排水，工作面涌水通过风动潜水泵或电动潜水泵排至吊盘水箱内；用电动潜水泵排水时，必须使用检漏保护装置；

井深超过 1000m 时，宜设中间转水站形成接力排水；根据井筒深度及涌水量选择排水水泵，水泵扬程应经过计算确定，排水管可采用井壁固定或钢丝绳悬吊，根据排水量和深度选择排水管规格型号，根据终端荷载选择凿井绞车。

2 深井井筒施工采用接力排水时，转水站可采用腰泵房或弓形盘形式。腰泵房转水，应符合下列规定：

腰泵房入口应靠近吊桶提升和排水管悬吊的位置，其高程应根据水泵的扬程和所处的围岩根据井筒施工供水及基岩段各含水层组的注浆压力，宜选 50mm 供水管（可兼注浆管），用压法兰联接（根据注浆压力确定法兰的承载能力），在上层吊盘设释压水箱，以适应凿岩等用水压力需要，管路可通过井壁固定或钢丝绳悬吊。

## 5.7 施工通风

单井通风：通过计算选用适当的通风机对竖井施工进行通风，风机宜 1 台运转、1 台备用，并实现自动切换，井筒根据计算需求及风机型号选用合适管径的通风管路。

## 5.8 二次衬砌

### 5.8.1 滑模施工

竖井液压滑模装置的安装按下列程序进行：

1 对井壁围岩进行安全处理和清洗。

2 安装主梁和起重、运输机具。

3 吊装操作平台（包括下料平台、旋转分料斗等），安装完毕后应起吊平台试运行。

4 安装千斤顶、液压设备，经空载试压后插入支承杆。

5 安装圈梁，绑扎环向钢筋。

6 安装提升架、围圈和模板。

7 安装精度控制系统。

8 滑升至一定高度后，安装吊脚手架及载人吊笼。9 安装养护水管，挂设安全网。

9 模板的倾斜度应有利于滑升，单侧模板的倾斜度宜为模板高度的 0.1%~0.3%。以模板 1/2 高度处的净距为结构截面设计宽度。对施工缝做出相关规定；

### 5.8.2 爬模施工

基础欠挖处理→锚杆造孔注浆→基础岩面清理→地质编录→基础、缝面验收→钢筋绑扎→模板安装就位→埋件安装→仓面清理、浇筑前准备→仓面验收→砼入仓→砼平仓振捣→砼缝面处理→脱模→升模→砼养护→下仓砼施工。

### 5.8.3 二次衬砌施工应做好下列工作

1 按照设计要求进行钢筋、防水层等施工，若出现渗漏水应采取相应的措施。

2 混凝土浇筑宜采用吊桶进行混凝土垂直运输至吊盘，通过二次搅拌经分料器进行混凝土的浇筑。

3 滑模施工的混凝土强度，除应满足正常设计强度外，其早期强度的增长速度必须满足模板滑升速度的要求。即浇筑好一层后，混凝土强度应达到 0.1MPa~0.3MPa 的出模强度。

4 当有一字隔墙或十字隔墙时，应严格控制混凝土浇筑工艺，分层、对称施工。

#### 条文说明

混凝土凝结时间控制在 8h 以内，同时每施工 16m 应检查原有混凝土的衬砌强度，不符合要求时，应停止滑模施工作业，以免混凝土承载力不足导致垮塌现象发生，并对做好相应的施工缝处理。

### 5.8.4 混凝土表面缺陷处治应符合以下规定：

#### 1 壁后注浆

深度小于 800m 的竖井井壁段的漏水量超过  $6\text{m}^3/\text{h}$ ，或深度大于 800m 的竖井漏水量超过  $10\text{m}^3/\text{h}$ ，或井壁有集中漏水超过  $0.5\text{m}^3/\text{h}$  的出水点，进行壁后注浆处理。注浆孔的数量，根据堵水需要选定，各孔注浆的有效扩散半径应相交。壁后注浆的压力须比静水压力大 0.5~1.5MPa；在岩石裂隙中的注浆压力可适当提高。壁后注浆结束需达到以下标准：各注浆孔的注浆压力达到设计压力，各钻注

孔的涌水已封堵、无喷水、涌水量小于施工设计规定。

## 2 裂缝预处理

如果模筑混凝土表面出现裂缝，对裂缝的整治应当进行分类处理，主要分为两类：①裂缝宽度 $<0.2\text{mm}$ ，可对裂缝进行修复的方法，将表面封闭工艺应用实际中；②裂缝宽度 $>0.22\text{mm}$ ，可将低压注浆工艺的整治方法来修复裂缝。

中国公路学会标准征求意见稿

## 6 钻井法开挖支护

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 钻井法可用于表土层、岩层。

**6.1.2** 钻井法施工应与后续工程转换协调。

**6.1.3** 立井钻井法施工应积极应用成熟的新工艺、新技术、新设备及新材料。

**6.1.4** 工程施工中应建立技术档案，并应做好各种测试记录、隐蔽工程记录、质量检查记录和竣工图纸等文件资料的收集和整理工作。竣工资料应真实、齐全、准确。

**6.1.5** 建设单位应组织设计单位、施工单位和监理单位会审设计图纸和技术交底。

**6.1.6** 施工单位应负责施工组织设计的编写并报监理单位和建设单位。

**6.1.7** 施工现场质量管理应具有有效的施工技术标准、健全的质量管理体系。

**6.1.8** 施工质量控制应符合下列规定：

1 工程的主要材料、半成品、成品、构件应进行现场验收，按有关规定复检，并应经监理工程师确认；

2 各工序质量控制应符合施工技术标准，每道工序完成后，应进行质量检查并形成验收记录。

**6.1.9** 施工质量验收应在施工单位自检基础上，按检验批、分项工程、分部（子分部）工程、单位（子单位）工程的顺序进行，并应符合下列规定：

1 施工质量应符合设计要求；

2 参加质量验收的各方人员应具备规定的资格；

3 施工质量的验收应在施工单位自检合格的基础上进行；

4 隐蔽工程在隐蔽前应由施工单位通知监理等单位验收，并形成验收文件；

5 试块、试件以及有关材料应按规定进行见证取样检测；

6 承担见证取样及安全检测的单位应具有相应的资质；

7 观感质量应由验收人员通过现场检查并共同确认；

8 检验批质量应按主控项目和一般项目验收，检查数量除本规范有明确规定外，应全数检查。

**6.1.10** 钻井井筒进入不透水稳定岩层深度不应小于 10m。

**6.1.11** 井筒检查孔应设在钻井断面外且与井筒中心距离不超过 25m。

## **6.2 钻机法施工准备**

**6.2.1** 临时锁口施工应符合下列规定：

1 锁口内直径应大于钻井直径 0.4m，深度不宜小于 4m，遇特殊情况应采取专门措施加固地层；

2 锁口承载能力应满足施工期间最大载荷要求，当锁口盘不与井架基础连接，计算锁口井壁厚度时，应进行井架基础引起的侧压力验算；

3 锁口应采用钢筋混凝土结构，混凝土强度等级不应低于 C30。

**6.2.2** 泥浆沉淀池及泥浆沟槽应符合下列规定：

1 泥浆沉淀池容积不宜小于 400m<sup>3</sup>；

2 泥浆沉淀池底面、挖掘机道、排矸场应采用毛石铺底，厚度不应小于 200mm，且宜采用强度等级为 C25 的混凝土灌实铺满；

3 泥浆沟槽坡度不应小于 1%。

**6.2.3** 龙门道施工应符合下列规定：

1 龙门道地基应满足承载要求，当不能满足承载要求时应加固处理；

2 龙门道的轨距允许偏差应为±20mm，两轨高度允许偏差应为±25mm，龙门道端头应设置阻挡装置。

**6.2.4** 钻机和龙门吊安装应编制专项安全施工方案。

**6.2.5** 钻机安装就位后，其中心与井筒中心允许偏差不宜大于 50mm。

**6.2.6** 龙门吊应设置过卷扬保护装置、过载保护装置及抗风防滑装置，应配备提吊重量指示装置和行走声光报警提示装置。

**6.2.7** 钻机和龙门吊安装完成后应试车并经验收合格后方可使用。

## **6.2.8 预制井壁**

1 一般规定

1) 钻井井壁结构形式宜包括钢筋混凝土井壁和钢板-混凝土复合井壁，钢板-混凝土复合井壁有单层钢板-钢筋混凝土复合井壁和双层钢板-混凝土复合井壁。

2) 井壁结构应考虑竖向附加力的影响，根据地质条件宜在井筒的适当位置设置可压缩井壁。

- 3) 井壁间应采用法兰盘连接，法兰盘宜采用单板式并应符合下列规定：
  - (1) 井壁下法兰盘应预设不多于四个节间注浆管孔；
  - (2) 井壁上下法兰盘内缘应预留偶数倍的螺栓孔；
  - (3) 井壁上法兰盘外缘的工艺螺栓孔应在井壁预制完成后及时焊接封堵。
- 4) 井壁吊环必须符合下列规定：
  - (1) 应采用热轧碳素圆钢制作，严禁冷弯加工；
  - (2) 超出井壁上法兰盘部分的高度不得大于 200mm，下部应采用托架与结构钢筋或钢板筒焊接固定；
  - (3) 埋设在混凝土中的深度应根据井壁重量计算确定。
- 5) 复合井壁的内钢板筒应设置锚卡和泄水孔。
- 6) 漂浮高度小于 1.5m 的井壁应预埋托梁。
- 7) 自井壁底或马头门顶向上 30m 内的井壁均应预埋壁后检查管，对于破底延伸的井筒，井壁底的壳体中间应预埋泄压管。
- 8) 井壁预制基础应布置于钻井龙门道中间，数量应根据井壁结构种类确定且不宜少于 6 个，基础外直径应大于井壁外直径 500mm，基础间距不应小于 2m，混凝土强度等级应大于 C30。
- 9) 井壁预制基础内应沿圆周径向均布不少于 30 根轻轨，单根轻轨长度宜大于井壁最大厚度 200mm，轻轨布置外直径应大于井壁外直径 200mm，轨面高差应小于 2mm。
- 10) 井壁堆放区地基承载力应满足堆放要求，堆放不得超过 4 层，应按下沉顺序堆放。

## 2 法兰盘制作安装

- 1) 法兰盘应按内圆线切割下料成弧板，对接面焊缝打 55° 双面坡口。
- 2) 法兰盘弧板对接组圆应在钢板平台上完成，以平台中心点为基准，按设计井壁直径划出基准圆作为法兰盘加工、放样的依据。
- 3) 法兰盘弧板对接组圆时，内圆弧面错边不得大于 2mm，表面平整度不得大于 2mm。
- 4) 上法兰盘应预留混凝土浇灌口和井壁吊环安装口，数量应按  $2^n$  均布设置 ( $2 \leq n \leq 5$ ,  $n$  为整数)。

5) 法兰盘焊缝不得有气孔、砂眼、夹渣等缺陷，焊后药皮应清理干净，上、下法兰盘隔水圈板和焊筋板与法兰盘的角焊缝高度不得小于设计要求，且分别不得小于 8mm 和 10mm。

6) 法兰盘应成对配钻和存放，螺栓孔位置偏差不得大于 2.5mm，并应与内圈焊筋板错开布置。

7) 法兰盘应做十字线标记点，每对法兰盘标记的偏差不得大于 2mm。

8) 焊接坡口加工尺寸的允许偏差应符合现行国家标准《气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口》GB/T 985.1 的规定。

9) 法兰盘组焊应符合下列规定：

(1) 环形底板组焊时，两板边缘的高差不得大于 1mm；隔水圈板和焊筋板的焊接应垂直于法兰盘面，垂直度偏差应为 4mm，圈径应符合设计尺寸，允许偏差应为  $\pm 5\text{mm}$ 。

(2) 法兰盘内直径不得小于设计尺寸，且不得大于设计尺寸 10mm，宽度允许偏差应为  $\pm 5\text{mm}$ 。

(3) 钢筋混凝土井壁的上法兰盘应将螺栓与吊帽连接固定后，安设于导向架上，上下法兰盘的同心度应采用测量仪器同时从两个不同方向定位，允许偏差应为 2mm，上法兰盘顶面平整度及井壁高度测点不应少于 4 个，允许偏差应为  $\pm 3\text{mm}$ 。

(4) 单层钢板混凝土复合井壁上、下法兰盘应在钢筒制作平台上与内钢筒组焊成整体，采用斜撑支撑于内钢筒筒体上。

(5) 钢筋混凝土井壁及单层钢板混凝土复合井壁下法兰盘应与井壁预制基础中预埋的轻轨点焊连接固定，下法兰盘底面与基础间的缝隙应塞实。

(6) 双层钢板混凝土复合井壁的法兰盘应直接焊接固定于钢板圆筒圈上下两端。

10) 安装井壁底上法兰盘时，应采用型钢将其与吊帽整体支撑固定于外模基础上，并使上法兰盘中心与井壁底中心重合，盘面标高应与设计相同。

11) 节间注浆管宜采用无缝钢管制作，预埋于井壁混凝土中，下管口应与井壁下法兰盘焊接固定，待节间注浆结束后，上管口应采用钢板焊接密封。

### 3 钢板筒制作安装

- 1) 钢板筒的制作工序宜包括组焊、整形、焊缝探伤及防腐等。
- 2) 卷好的钢板应切割出焊缝坡口，根据要求按顺序标出每段弧板的组对标记，并应在专用基础上铺设钢筒制作平台进行内、外筒体的组圆、焊接、锚卡安装等工序。
- 3) 钢板筒焊接宜采用自动埋弧焊或二氧化碳气体保护焊。
- 4) 内、外筒体的上、下半段拼接时，错边不得大于 2mm，组圆后的筒体不得出现锥状、梅花状，垂直度、圆度、端面平行度应符合设计要求。
- 5) 钢板筒体的拼接焊缝不得加塞边角料、钢筋。
- 6) 钢板筒焊缝应均匀、饱满，不得有裂纹、夹渣、焊瘤、烧穿、弧坑、气孔等缺陷。
- 7) 钢板筒焊缝检验时，焊缝尺寸和外观质量应符合设计要求和现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定，超声波检验应符合现行国家标准《焊缝无损检测超声检测技术、检测等级和评定》GB/T 11345 的规定。
- 8) 钢板筒的几何尺寸应符合下列规定：
  - (1) 内直径允许偏差应为 (0~10) mm；
  - (2) 垂直度不得大于 0.8%；
  - (3) 上下两端面平行度允许偏差应为 ±3mm。
- 9) 组焊好的钢板筒体内部应采用支撑架支撑固定。
- 10) 钢板混凝土复合井壁的混凝土浇筑完毕后，应对内钢板筒内侧进行除锈、喷涂防腐漆等防腐处理，除锈基层宜进行喷砂预处理，喷涂防腐漆前，当发现金属表面被污染或泛锈时，应重新进行处理，除锈、喷涂防腐漆等应符合设计要求及现行行业标准《煤矿井筒装备防腐蚀技术规范》MT/T 5017 的规定。
- 11) 喷砂的工作应在封闭的环境中进行，不得污染环境。
- 12) 经处理的基层应及时涂刷底层涂料，间隔时间不应超过 5h。
- 13) 涂刷防腐漆宜采用喷涂法，涂刷喷涂防腐漆应均匀、无流痕、无遗漏，底漆不宜少于 2 道，漆膜总厚度宜大于 50 $\mu$ m，面漆不宜少于 3 道，漆膜总厚度应大于 200 $\mu$ m，每道涂装必须在前一层涂膜干后进行。

14) 涂层外观应光滑平整、颜色均匀一致，无泛锈、无气泡、流挂及开裂、剥落等缺陷，涂层厚度均匀，附着力应符合设计要求。

15) 涂装时的环境温度和相对湿度应满足涂料产品说明书的要求，当产品说明书无要求时，环境温度宜为 $5^{\circ}\text{C}\sim 38^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不应大于85%，涂装时构件表面不应有结露，涂装后4h内应保护免受雨淋。

#### 4 钢筋工程

1) 钢筋表面应保持洁净，使用前应清除粘附着的油渍、漆污。

2) 钢筋应按下料长度切断，并根据不同长度进行长短搭配，切口不得有劈裂、缩头或严重的弯头。

3) 环向钢筋弯曲前应先制作样板，按设计要求弯曲成型，弯曲成型后的钢筋应分类堆放，防止变形。

4) 内、外层竖向钢筋应与上、下法兰盘上的焊筋板焊接固定。采用双面搭接电弧焊时，焊缝搭接长度不应小于 $5d$ （ $d$ 为钢筋直径），焊缝宽度不应小于 $0.5d$ ，焊缝高度不应小于 $0.35d$ ，焊缝应饱满、连续，不得烧伤钢筋。

5) 采用接头时，同一根竖向钢筋最多可设置1个。接头应相互错开，在同一连接区段内，竖向钢筋接头面积不应大于50%。

6) 环向钢筋与竖向钢筋应采用铁丝绑扎连接，钢筋级别、直径、根数和搭接长度应符合设计要求。钢筋的绑扎接头应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定。

7) 井壁底壳体部分径向钢筋应分别与底部壳体部分上下两层焊筋板焊接固定，底部泄压管也应与焊筋板焊接固定，两层焊筋板均应预留混凝土流动的通道。

8) 井壁底壳体部分外层径向钢筋应安装垫块或短钢筋保护。绑扎和焊接的钢筋骨架不得有松脱和开焊，钢筋间距的允许偏差应符合下表规定。

表 6.2.1 钢筋间距的允许偏差

项次	项目	允许偏差 (mm)
1	环向钢筋上下层间距	$\pm 10$
2	环向钢筋内外层间距	$\pm 10$
3	竖向钢筋	$\pm 10$
4	井壁底环向和径向钢筋	$\pm 10$
5	受力钢筋保护层厚度	$\pm 5$

9) 绑扎钢筋时, 应将节间注浆管、吊环、法兰盘螺栓盒、壁后充填检查管等预埋。

## 5 模板工程

1) 钢筋混凝土井壁内、外模板宜采用钢模板, 井壁底筒体部分外模宜采用钢模板, 壳体部分外模应采用地模, 壳体部分内模宜采用木模板, 复合井壁的钢板筒兼做模板作用。

2) 模板结构应承受井壁混凝土浇筑时的侧压力及施工荷载, 应选择最不利的荷载组合验算模板整体结构, 应保证模板支撑系统形成空间稳定的结构体系。

3) 外模上应预留可开闭的混凝土振捣口, 其数量应根据井壁外圈周长和高度确定。

4) 内模板下端应紧靠下法兰盘内缘安装, 相邻内模采用螺栓连接, 连接板间应密封, 并采用导向架支撑。

5) 外模安装前应清理干净下法兰盘上的杂物, 外模上、下两端应分别紧靠上、下法兰盘外缘, 相邻外模采用螺栓连接, 连接板间应密封, 外模高差应小于 10mm。

6) 模板工作表面应平整、密合、无台阶, 使用时应涂抹脱模剂, 相邻模板工作表面高差应小于 2mm, 垂直偏斜率应小于 1%, 拼装缝隙应小于 3mm, 内、外模板工作表面间距不得小于井壁设计厚度。

7) 井壁底地模应设置在井口附近的龙门道内, 砖标号不得低于 MU100, 砂浆标号不得低于 M7.5, 砂浆层厚度宜为 20mm。

8) 地模应设置井筒第一段高内注浆充填环形管, 环形管应与结构钢筋焊接连接, 高出井壁底外表面不应少于 30mm。

9) 井壁底壳体木内模应在地面组装实验, 应采用方木拉结加固, 安装时, 其底部与内侧均应支撑加固。

10) 井壁底上段筒体段外模应待壳体部分混凝土浇筑完成后立即安装。

11) 井壁模板拆除应符合先拆内模、后拆外模的规定, 根据气温的高低, 拆模时间宜控制在井壁浇筑后 6h~12h 进行。

12) 拆模操作不应应对井壁混凝土产生损坏, 井壁内外表面不得出现粘模和剥落现象。拆模时, 井壁混凝土抗压强度不应低于 10MPa。

13) 拆模后应立即清理井壁上法兰盘、螺栓盒、预埋件上的混凝土。

## 6 混凝土工程

1) 混凝土配合比设计应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定，高强混凝土配置应符合国家现行标准《高强混凝土结构技术规程》CECS 104 的规定，混凝土中采用外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的规定。

2) 混凝土用水、水泥、外加剂的计量允许偏差应为 $\pm 2\%$ ，石子、砂的计量允许偏差应为 $\pm 3\%$ ，搅拌时间宜大于 60s。

3) 当混凝土原材料变化时，应重新验证配合比，合格后才可使用。

4) 井壁混凝土应不易离析，入模坍落度应达到 140mm~220mm，扩展度应达到 450mm~600mm。混凝土的初凝时间和终凝时间应满足施工工艺要求。

5) 混凝土拌制时，应控制水灰比和坍落度，不得随意增减用水量。应经常测量砂石含水率，并应根据变化及时调整施工配合比。

6) 拌制的混凝土应尽快使用，自拌制完成至浇筑完毕，在高温季节不应超过 45min，在寒冷季节不应超过 1h。

7) 混凝土应采用泵送，混凝土输送管路应根据工程和现场特点、混凝土浇筑方案配置。

8) 井壁预制时应安装可旋转的混凝土分配器。

9) 混凝土泵送前，应先泵送  $0.5\text{m}^3 \sim 1\text{m}^2$  与泵送混凝土配合比成分相同（除粗骨料外）的水泥砂浆。入模后的水泥砂浆应分散布料，不得集中浇筑在井壁同一处。

10) 混凝土泵送中途停歇时间超过 20min 时，应每隔 5min 开泵一次。混凝土塞管时，应及时疏通防止井壁混凝土结层。

11) 混凝土浇筑停止时间较长，重新浇筑混凝土前，应在接触面处浇筑一层混凝土强度等级不低于原等级的膨胀性混凝土。

12) 浇筑井壁混凝土时，应分层连续浇筑，每层厚度不应大于 500mm 且不大于振动棒长度的 1.25 倍，并宜使各段混凝土面高度保持一致。

13) 在浇筑混凝土时，混凝土分配器的出口不得向模板内侧面和钢筋骨架直接冲料，不得在同一处连续浇注。

14) 井壁混凝土宜采用振动法成型, 自密实混凝土可采用免振捣工艺。

15) 井壁混凝土浇筑入模后, 应及时振捣。在同一位置振捣时间宜为 15s~20s, 不得过振和漏振, 不得将振动棒置于钢筋和预埋件上。

16) 井壁混凝土强度及其试验应符合下列规定:

(1) 每节井壁应抽取混凝土样品制作 3 组 150mm×150mm×150mm 的立方体抗压强度试件;

(2) 混凝土试件强度试验应按现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 执行;

(3) 试件采用标准养护, 试件上应标明井壁节号、制作日期和混凝土强度等级。

17) 混凝土终凝后井壁养护应符合下列规定:

(1) 自然养护时, 应在井壁脱模后覆盖保护材料, 养护时间宜为混凝土 28d 抗压强度的 60%;

(2) 采用洒水养护时, 应待井壁表面温度与周围环境温度接近时方可进行, 洒水养护时间不应少于 3d;

(3) 冬期施工应保证混凝土在正温下养护, 日平均气温低于 5℃时, 不得进行洒水养护, 采用保温养护时, 养护时间不应少于 48h, 采用蒸汽养护时, 养护设施内的最高升温速度不应大于 22℃/h。

18) 井壁吊运时的混凝土强度不应低于设计强度的 70%且不得小于 25MPa。

### 6.2.9 预制井壁质量验收

#### 主控项目

1 井壁法兰盘和钢板筒的制作钢材的品种、规格、性能等应符合现行产品标准和设计要求。检查数量: 全数检查。

检验方法: 检查质量合格证明文件、中文标志、出厂检验报告及进场复检报告等。

2 焊接材料的品种、规格、性能等应符合现行产品标准和设计要求。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 检查焊接材料的质量合格证明文件、中文标志及检验报告等。

3 首次采用的钢材、焊接材料、焊接方法、焊后热处理等，应进行焊接工艺评定，焊接工艺应根据评定报告确定。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查焊接工艺评定报告。

4 法兰盘封水圈板和焊筋板的焊接高度应符合设计要求。

检查数量：封水圈板焊缝全数检查，焊筋板焊缝抽检 20%。

检验方法：焊缝量规和钢尺检查。

5 设计要求全焊透二级焊缝内部缺陷检验应采用超声波探伤，超声波探伤不能对缺陷做出判断时，应采用射线探伤，其内部缺陷分级及探伤方法应符合现行国家标准《焊缝无损检测超声检测技术、检测等级和评定》GB/T 11345 的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查超声波或射线探伤记录。

6 焊缝表面不得有裂纹、焊瘤等缺陷。二级焊缝不得有表面气孔、夹渣、弧坑裂纹、电弧擦伤、咬边、未焊满、根部收缩等缺陷。

检查数量：每节钢板筒抽查 10%，每条焊缝至少检查 1 处，总抽查数不应少于 10 处。

检验方法：观察检查或使用放大镜、焊缝量规和钢尺检查，当存在疑义时，采用渗透或磁粉探伤检查。

7 钢板-混凝土复合并壁内侧钢材表面涂装前，除锈应符合设计要求。处理后的钢材表面不应有焊渣、焊疤、灰尘、油污、水和毛刺等，钢材表面除锈应达到 Sa2.5 级。

检查数量：每节井壁抽查 16 个点。

检验方法：用现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的目视评定第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1 规定的图片对照观察检查。

9 钢板-混凝土复合并壁内侧表面防腐的涂料、涂装遍数、涂层厚度均应符合设计要求，允许偏差应为 $-25\mu\text{m}$ 。

检查数量：每节井壁抽查 16 个点。

检验方法：用干漆膜测厚仪检查。

10 钢筋进场时应按规定抽取试件做力学性能和重量偏差检验，检验结果必须符合有关标准的规定。

检查数量：按进场的批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法：检查产品合格证、出厂检验报告和进场复检报告。

11 钢筋安装时，受力钢筋的品种、级别、规格和数量必须符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，钢尺检查。

12 钢筋与焊筋板的焊接连接，钢筋的机械连接、搭接、焊接应符合设计要求。

检查数量：每节井壁对各类型的接头抽取 8 个点检查。

检验方法：检查产品合格证、接头力学性能试验报告及钢尺检查。

13 模板结构和模板间连接螺栓应承受井壁混凝土浇筑时的侧压力及施工荷载。

检查数量：全数检查。

检验方法：对照模板设计文件和施工方案观察。

14 井壁内、外模板工作表面间距不得小于井壁设计厚度。

检查数量：每节井壁抽查 16 个点。

检验方法：钢尺检查。

15 水泥进场时应检查其品种、级别、包装或散装仓号、出厂日期等，并应对其强度、安定性等复验，其质量必须符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定，严禁使用含氯化物的水泥，使用出厂超过三个月的水泥时，应进行复检，并按复检结果使用。

检查数量：按同一生产厂家、同一等级、同一品种、同一批号且连续进场的水泥，袋装不超过 200t 为一批，散装不超过 500t 为一批，每批抽样不少于一次。

检验方法：检查产品合格证、出厂检验报告和进场复检报告。

16 混凝土中掺用外加剂的质量及应用技术应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076、《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 和有关环境保护的规定。当使用含氯化物的外加剂时，混凝土中氯化物的总含量应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定。

检查数量：按进场的批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法：检查产品合格证、出厂检验报告和进场复检报告。

17 混凝土配合比设计应根据混凝土强度等级、耐久性和工作性等，按现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 确定。

检查数量：各强度等级混凝土设计资料 1 份。

检验方法：检查配合比设计资料。

18 井壁混凝土的强度等级应符合设计要求，用于检查井壁混凝土强度的试件，应在混凝土的浇筑地点随机取样制作，标准养护。

检查数量：每节井壁 1 组试件。

检验方法：检查施工记录及试件强度试验报告。

### 一般项目

1 井壁法兰盘的内直径、外直径、封水圈板和焊筋板的布置圈径应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：钢尺检查。

2 井壁法兰盘焊缝外观质量标准应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

检查数量：每对井壁法兰盘抽查 10%。

检验方法：观察检查、焊缝量规和钢尺检查。

3 钢板厚度及允许偏差应符合产品标准的要求。

检查数量：每一品种、规格的钢板抽查 5 处。

检验方法：用游标卡尺量测。

4 钢材的表面外观质量除应符合国家现行有关标准的规定外，尚应符合下列规定：

当钢材的表面有锈蚀、麻点或划痕等缺陷时，其深度不得大于该钢材厚度负偏差值的 1/2；

钢材端边或断口处不应有分层、夹渣等缺陷。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

5 锚卡与钢筒的焊接高度应符合设计要求。

检查数量：每节井壁抽检 20%。

检验方法：焊缝量规和钢尺检查。

6 钢板筒的几何尺寸应符合本规范第 5.3.8 条的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：钢尺检查。

7 钢板-混凝土复合井壁防腐表面不应漏涂，涂层应均匀，无明显皱皮、流坠、针眼和气泡等。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

8 井壁防腐涂层附着力应达到合格质量标准的要求。

检查数量：每节井壁抽查 4 处。

检验方法：按照现行国家标准《色漆和清漆 漆膜的划格试验》GB/T 9286 执行。

9 模板脱模剂不得玷污井壁下法兰盘、钢筋和预埋件。

检查数量：全数检查。检验方法：观察。

10 拆除井壁模板时的混凝土强度应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查同条件养护试件强度试验报告。

11 井壁模板安装的允许偏差应符合本规范第 5.5.6 条的规定。

检查数量：每块模板抽查 2 个点。检验方法：钢尺检查。

12 井壁外观质量不应有严重缺陷。对已经出现的严重缺陷，应由施工单位提出技术处理方案，并经监理单位认可后进行处理，对经处理的部位，应重新检查验收。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查技术处理方案。

13 混凝土中掺用矿物掺合料的质量应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 的规定。矿物掺合料的掺量应通过试验确定。

检查数量：按进场的批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法：检查出厂合格证和进场复验报告。

14 混凝土粗、细骨料质量应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定。

检查数量：按进场的批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法：检查进场复验报告。

15 拌制混凝土的水质应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

检查数量：同一水源检查不应少于一次。

检验方法：检查水质试验报告。

16 混凝土拌制前，应测定砂、石含水率，并根据测试结果调整材料用量，提出施工配合比。

检查数量：每工作班检查一次。

检验方法：检查含水率测试结果和施工配合比通知单。

17 混凝土用水、水泥、外加剂的计量允许偏差应为 $\pm 2\%$ ，石子、砂的计量允许偏差应为 $\pm 3\%$ 。

检查数量：每工作班抽查不应少于一次。

检验方法：复秤。

18 井壁尺寸应符合设计要求，井壁尺寸允许偏差应符合下表的规定：

表 井壁尺寸允许偏差

序号	检查项目	允许偏差
1	节高	$\pm 10\text{mm}$
2	内直径	$\pm 20\text{mm}$
3	厚度	0~20mm
4	垂直度	$\leq 0.1\%$
5	上下端面平行度	$\pm 10\text{mm}$

检查数量：全数检查。

检验方法：按现行行业标准《预制混凝土井壁》C/T2091 的规定进行测定。

## 6.3 钻进

6.3.1 竖井钻机的选型应根据最大钻井直径、分级扩孔次数、钻井深度和地质情况确定。

**6.3.2** 钻压、转速、进给速度等钻进参数应根据钻机能力和地质情况确定并在钻进过程中优化调整。

**6.3.3** 钻进时钻机应配备钻进参数监控仪。

**6.3.4** 钻杆、中心管、连接盘等重要部件，在每完成一级钻进或使用超过半年时应进行探伤检查。

**6.3.5** 钻具的连接螺栓应按设计预紧力采用定扭矩扳手安装拧紧，并根据磨损情况定期更换。

**6.3.6** 除超前钻孔外，各级扩孔钻头的直径宜遵循等面积破岩原则进行分级。

**6.3.7** 采用减压钻进时，总钻压不宜超过钻头在泥浆中重量的 70%，在表土向岩层过渡段不宜大于 50%。

**6.3.8** 累计钻进 7d~10d 应起钻检查钻头、中心管、导向器、钻杆的状态及损耗程度。

**6.3.9** 下钻具时，各连接盘口应清理干净，确保连接可靠。

**6.3.10** 表土及软岩地层宜采用楔齿滚刀破岩，硬岩地层宜采用球齿滚刀破岩。

**6.3.11** 钻井泥浆面应高于地下静止水位 0.5m 以上，且不应低于临时锁口顶面 1m，井口应安装浆面高度报警装置。

**6.3.12** 各级钻进的最终深度不宜小于设计深度的 200mm。

**6.3.13** 钻进过程应做好钻机状态及钻进参数记录。

#### **6.3.14 测井**

1 钻进测井应采用超声波测井仪，测井次数应符合下列规定：

1) 超前钻孔钻进至风化带底层时应测井一次，岩石地层每隔 50m~80m 应测井一次，遇倾角大于 20°的岩层，应每隔 10m~20m 测井一次，钻进至设计深度后，应进行终孔测井；

2) 各级扩孔测井次数应根据前一级钻孔的偏斜情况确定，不得少于一次，最后一级扩孔的测井不得少于两次。

2 测井选点应沿井筒的纵、横断面均匀布置，每个水平不得少于 4 个测点。当偏斜值大于规定时，应在纠偏后方可继续钻进。

3 钻井偏斜应符合下列规定：

- 1) 钻进深度不大于 300m 时, 偏值不得大于 240mm;
- 2) 钻进深度大于 300m 时, 偏斜率不得大于 0.8‰;
- 3) 最后一级钻孔的有效断面应满足井壁下沉要求。

#### 6.3.15 纠偏

- 1 钻井偏斜值不符合本规范规定时, 应进行纠偏。
- 2 在冲积层或强风化岩层中, 可采用扫孔钻进纠偏。并应符合下列规定:  
应用原级钻头下放到开始偏斜点的上方 0.5m~1.5m 处, 小钻压、低进给速度进行扫孔纠偏, 反复多次直至符合要求为止;  
宜采用平底钻头等进行扫孔钻进。
- 3 扩孔纠偏应符合下列规定:  
当前一级钻孔偏斜时, 应在该偏斜区段采用小钻压、低进给方式实施后一级扩孔钻进, 以防后一级扩孔顺前孔偏斜;  
最后一级钻孔偏斜时, 应采用加大钻头直径方法纠偏。

#### 6.3.16 中间质量验收

##### 主控项目

- 1 临时锁口工程的主要原材料、混凝土质量应符合要求。  
检查数量: 全数检查。  
检验方法: 原材料产品合格证、进场检验报告、混凝土配比设计报告、计量措施。
- 2 钻进质量应符合本规范和施工组织设计要求, 不得发生塌孔埋钻事故, 钻井井筒的偏斜应符合本规范规定。  
检查数量: 每月一次。  
检验方法: 防范措施和预案、实际观察、超声波测井图。
- 3 钻进深度应符合本规范和施工组织设计要求。  
检查数量: 每级钻头钻进到最终深度后检查一次。  
检验方法: 按组合钻具长度计算深度。

##### 一般项目

- 1 临时锁口的标高、内直径、深度、中心坐标、预埋件位置应符合设计要求。  
检查数量: 全数检查。

检验方法：实地测量。

## 6.4 清孔

### 6.4.1 一般规定

1 钻井泥浆参数应根据钻进地层确定，在稳定岩层中可采用清水钻进，在其他地层钻进时，钻井泥浆参数可按下表选用。

表 6.4.1-1 钻井泥浆参数表

项目	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	黏度 (s)	(气压测量) (mL/30min)	泥皮厚 (mm)	pH 值	含砂量 (%)	稳定性
指标	1.15 ~ 1.30	18 ~ 30	≤ 30	1 ~ 2	7.5 ~ 8.5	≤ 3	≤ 0.003

2 钻进过程宜利用地层造浆满足钻井需求。

3 泥浆管理应设专人负责，泥浆参数应每 2h 检测一次。

4 钻进漏失地层前，应储备备用泥浆和堵漏剂。

5 废弃泥浆处理应符合下列环保规定：

1) 固化处理：化学脱稳机械强制固液分离，对泥浆进行无害化处理；

2) 再利用：用于岩层注浆封水或采空区灌浆；

3) 围堰排放：利用存放矸石的场地，深挖筑坝存放泥浆，后期倒入矸石填埋。

### 6.4.2 原材料

钻井施工泥浆应采用水基化学泥浆，调制材料应符合下列规定：

1 水宜就地取材，pH 值不宜小于 7；

2 黏土宜根据需要选用自然土和膨润土；

3 化学处理剂宜包括碳酸钠、氢氧化钠、三聚磷酸钠、氯化钙、氯化钠、羧甲基纤维素（CMC）、聚丙烯酰胺等。

### 6.4.3 泥浆的配制

1 泥浆配制宜采用专用搅拌机。

2 泥浆配合比应通过实验确定。

3 配制泥浆投料顺序宜为水、黏土或膨润土、碳酸钠，碳酸钠用量宜为黏土重量的 1%~2%。

4 羧甲基纤维素（CMC）和聚丙烯酰胺应配制成 1%~5% 的水溶液后使用。

#### 6.4.4 泥浆参数的调整

1 钻进过程中，泥浆失水量、泥皮厚度、黏度、含砂量、相对密度、pH 值、稳定性、胶体率等参数超出设计允许偏差时，应及时调整。

2 钻井期间的泥浆参数调整应通过实验确定，并应符合下列规定：

1) 降低失水量宜采用羧甲基纤维素（CMC）水溶液处理；

2) 减小泥皮厚度宜采用羧甲基纤维素（CMC）或聚丙烯酰胺水溶液等胶体保护剂处理；

3) 降低比重和黏度宜加水稀释处理；

4) 降低含砂量宜采用三聚磷酸钠处理；

5) 提高泥浆 pH 值宜采用碳酸钠或丹宁碱液处理；

6) 提高稳定性和胶体率宜采用纯碱或羧甲基纤维素（CMC）水溶液等处理；

6) 碳酸钠（ $\text{NaCO}_3$ ）、三聚磷酸钠（ $\text{NaPo}$ ）和羧甲基纤维素（CMC）使用量分别不宜超过  $1\text{kg/m}^2$ 、 $2\text{kg/m}^2$  和  $0.2\text{kg/m}^2$ 。

3 除有特别规定外，调整泥浆参数的化学药剂应通过泥浆沟槽直接加入泥浆中。

4 停钻时间较长时，应每隔 2d~3d 进行一次泥浆循环，以防止泥浆沉淀。

#### 6.4.5 洗井与净化

1 洗井方式可采用正循环和反循环，钻井直径超过 3m 宜采用反循环洗井。

2 反循环洗井宜选用压气反循环系统，压气反循环系统宜包括空气压缩机、配气水龙头（动力头）、供风管、混合器、排浆管。

3 正循环和反循环的泥浆流速应满足携带钻渣要求，反循环时最大钻渣粒径应小于排浆管过流断面的 3/4。

4 泥浆净化应采用重力、机械和化学方法。

5 沉淀池应及时清理。

#### 6.4.6 中间质量验收

##### 主控项目

1 配制泥浆的原材料进场时，应检查其品种、出厂日期和合格证，其性能应符合有关产品标准。

检查数量：每批抽样一次。

检验方法：检查产品合格证和性能试验报告。

### 一般项目

1 泥浆的黏度、密度、含砂量、失水量、泥皮厚度和 pH 值应符合设计要求。

检查数量：每天抽检一次。

检验方法：现场检测。

## 6.5 预制块安装

### 6.5.1 一般规定

1 下沉井壁前必须测井并绘制钻井井筒纵向剖面图和最大投影有效圆图，且终孔有效圆直径必须符合下式计算结果： $D \geq D_1 + 2d + K$

式中：D——终孔有效圆的直径（m）；

$D_1$ ——井壁的最大外直径（m）；

d——充填管的最大外直径（m）；

K——直径富余量（m）。

2 下沉井壁前泥浆参数应符合下表的规定。

表 6.5.1-1 井壁下沉泥浆参数表失水量

项目	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	黏度 (s)	(气压测量) (mL/30min)	泥皮厚 (mm)	pH 值	含砂 量 (%)	稳定 性	胶体 率 (%)
指标	1.20~1.22	21~ 22	≤16	≤1	≥7	≤1	≤ 0.002	99

3 下沉井壁前的各项施工准备工作应符合下列规定：

- 1) 所有井壁应经验收合格；
- 2) 泥浆固化处理设备安装应就位或泥浆存放池准备就绪；
- 3) 应准备充足的配重水；
- 4) 每节井壁的漂（悬）浮高度和配重水加注量应根据泥浆实际密度计算；
- 5) 应根据井壁下沉时的最大提升重量校核龙门吊及井壁吊环的荷载能力。

### 6.5.2 井壁吊运

1 龙门吊、龙门道、吊带、钢丝绳、卸扣等井壁吊运工具应经检验合格后方可使用。

- 2 井壁吊运工具应具有自平衡装置，确保每根吊索受力一致。
- 3 井壁吊运至井口应复检井壁外观质量和预埋件位置，并应及时清理井壁法兰盘和预埋件。

### 6.5.3 井壁连接与焊缝防腐

1 井壁对接前应对井壁的上、下法兰盘，节间注浆孔，井壁连接螺栓孔进行清理。

2 吊挂内吊盘的临时吊环应与上法兰盘内缘焊接固定。焊接时，吊环与井壁竖向夹角应小于  $45^\circ$ ，吊环不得高于井壁上法兰盘顶面。

3 井壁对接时下节井壁漂（悬）浮高度不得小于 1.5m。

4 法兰盘内外缘焊缝高度不应小于 10mm，焊缝应饱满，无砂眼、裂纹。

5 电焊机、电焊条应根据法兰盘材质选择。

6 法兰盘外缘工艺螺栓孔应焊接封堵。法兰盘内缘连接应采用 M16~M22 螺栓，连接螺栓在井壁找正后应拧紧焊实并进行防腐处理。

7 井壁测量找正时，应以上节井壁上法兰盘中心点与井壁底中心点的连线为基准，下节井壁上法兰盘中心点与该连线的垂直偏差不得大于 2mm，偏差应随机分布于各象限，并应做好原始记录。

8 井壁连接后应测量四个方位长度并计算累计长度，做好原始记录。

9 应做好防坠措施，防止物体坠落井筒内。

10 上下节井壁法兰盘连接焊缝及其上下各 100mm 宽度范围内的井壁外表、连接螺栓、节间注浆管上端面均应进行防腐防渗处理。

11 防腐防渗处理应在焊缝冷却后进行。

12 防腐防渗材料宜采用环氧树脂、固化剂与水泥调制而成，并宜涂刷两遍。

### 6.5.4 节间充填注浆

1 井壁的连接间隙不得大于 40mm，间隙应用楔铁垫实，楔铁相互净间距不应超过 200mm。

2 井壁节间应进行注浆充填，节间注浆充填应符合下列规定：

1) 节间注浆应在法兰盘连接焊接完成后进行；

2) 节间注浆浆液凝固后单轴抗压强度不应小于 25MPa，浆液的结石率应大于 95%；

3) 一孔注浆, 其他孔为观察孔, 观察孔均出浆后, 停止 3min 应再注浆一次方可封孔;

4) 注浆期间如有渗漏应及时处理;

5) 节间注浆孔的封堵应符合设计规定。

### 6.5.5 井壁下沉

1 不能安全漂(悬)浮的井壁均应设置托梁。下沉时, 应先割除托梁再由龙门吊提引下放。

2 井壁的重心高于井壁的浮力中心时, 应有防倾措施。

3 当井壁自重小于泥浆浮力时, 应根据计算向井壁内加配重。配重水加注量应计量并做好记录, 发现实际加水量与理论值差别较大时, 应停止加水, 查明原因。

4 井壁加水下沉时, 应有专人观察下沉情况, 发现加水量与下沉速度不同步时应停止加水, 查明原因。

5 井壁下沉期间应保持泥浆面高度稳定。

6 上下节井壁法兰盘连接焊缝沉入泥浆面以下 1m 时, 应停止下沉, 检查接缝处井壁筒内渗漏情况。

### 6.5.6 井筒扶正

1 井壁下沉即将触底时, 应及时扶正井筒方位。

2 井壁底触底后在井筒扶正前, 追加注水量不宜超过两节井壁自重。

3 井筒扶正应采用无水段悬挂垂线方式, 从垂线方位向井筒中心线方位扶正井筒, 井筒偏斜率应根据水面附近垂线到中心线距离计算。

4 井筒扶正后宜采用超声波测井仪测量有水段井筒偏斜率。

### 5.5.7 中间质量验收

#### 1 主控项目

1) 井壁下沉前钻井井筒的有效圆直径和深度应符合设计规定。

检查数量: 终孔检查 1 次。

检验方法: 终孔超声波测井图和组合钻具长度计算深度。

2) 井壁对接测量找正的中心线偏差应小于 2mm。

检查数量: 每节井壁测量一次。

检验方法：钢尺检查。

3) 井壁对接的法兰盘连接间隙不得大于 40mm。

检查数量：法兰盘连接间隙最大处测量 1 次。

检验方法：钢尺检查。

4) 井壁法兰盘对接的内外缘采用连续焊缝连接，焊缝高度不应小于 10mm，焊缝表面焊波应均匀，外观检查不得有裂纹、夹渣和针状气孔等缺陷。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查或使用放大镜、焊缝量规和钢尺检查。

5) 井壁节间充填应符合下列规定：

两节井壁之间的间隙应用铁楔垫实，铁楔净间距不应大于 200mm，井壁厚度大于 600mm 时，沿厚度方向宜采用 3 层~4 层垫铁；

节间注浆浆液应符合设计规定，浆液应充满节间间隙。

检查数量：全数检查。

检验方法：钢尺检查，浆液的配比试验、计量设施、浆液试验报告和实测比重。

## 2 一般项目

1) 井壁连接的四个方位累计长度偏差不应超出设计值。

检查数量：每节井壁测量四个方位。

检验方法：钢尺检查。

2) 井壁法兰盘的连接螺栓应进行螺栓实物最小拉力载荷复检，其结果应符合现行国家标准《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1 的规定。

检查数量：每一规格螺栓抽查 10 个。

检验方法：检查螺栓实物复验报告。

3) 井壁法兰盘连接焊缝经检查合格后，应在焊缝上下各 100mm 宽度内及法兰盘连接螺栓均匀涂抹防腐涂料两遍，涂层应均匀，不得漏涂。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查和钢尺检查。

4) 节间注浆孔的封堵质量应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查和实测检查。

## 6.6 注浆

### 6.6.1 一般规定

- 1 井筒壁后充填固井应采用水泥浆等胶结材料和碎石等非胶结材料交替进行。
- 2 充填用水泥浆的相对密度不得小于  $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ 。
- 3 碎石的最大粒径不宜超过  $60\text{mm}$ 。
- 4 注浆管宜选用内径  $\phi 50\text{mm}\sim\phi 80\text{mm}$ 、壁厚  $4\text{mm}\sim 6\text{mm}$  的无缝钢管。
- 5 充填前应在井筒对称的四个方位探测实际充填深度，以便修正充填方案。
- 6 外注浆充填管设置应符合下列规定：
  - 1) 沿井壁外缘均匀布置，最大间距应小于  $6\text{m}$ ；
  - 2) 底端应焊有  $1\text{m}$  长的 U 形钢筋撑；
  - 3) 下放过程应采用测力计监视提吊重量并做好记录。
- 7 内注浆充填管设置应符合下列规定：
  - 1) 单根内注浆充填管长度应与井壁节高相匹配，且随井壁漂（悬）浮下沉同时安装，固定在井壁法兰盘内缘上；
  - 2) 净直径大于  $5\text{m}$  的井筒，注浆管路数量不得小于 4，且应均匀布置；
  - 3) 井壁底环形管与内注浆充填管之间应设置单向阀，单向阀反向耐压强度不得小于井深的 1.6 倍静水压强；
  - 4) 分流管周圈应向外均匀设置排浆孔，孔径不应小于  $20\text{mm}$ ，排浆孔总面积应为注浆充填管净截面积的 1.3 倍~1.5 倍，每根内注浆充填管对应的排浆孔应均布且不得少于 6 个。
- 8 配重水加注量应进行专项设计，并应符合下列规定：
  - 1) 配重水加注量应大于第一段高充填时水泥浆置换泥浆所产生浮力差的 1.3 倍以上；
  - 2) 井壁的纵向稳定性应符合现行行业标准《钻井井筒永久支护通用技术条件》MT/T 518 的规定。
- 9 井筒第一段高实际充填量不应少于测算值的 90%，其他段高实际充填量不应少于测算值的 80%。

### 6.6.2 充填段高划分原则

- 1 充填段划分应根据井筒深度、地层条件、井壁结构形式和充填工艺确定。
- 2 井筒的下列充填段应采用水泥浆等胶结材料充填：
  - 1) 井筒底向上 50m 的第一段高；
  - 2) 马头门底以下 15m 到马头门顶以上 50m；
  - 3) 基岩段与表土段交界面上下各 15m；
  - 4) 断层构造带段；
  - 5) 采用有外钢板的复合并壁段。
- 3 采用水泥浆等胶结性材料充填时，充填段高不得小于 30m，宜选择不透水地层。
- 4 采用碎石等非胶结性材料充填时，每一次充填段高不得超过 100m。
- 5 井筒顶部 3m~5m 宜采用混凝土充填。

### 6.6.3 壁后水泥浆充填

- 1 壁后水泥浆充填应采用一管一泵工艺，且宜选用同型号注浆泵，充填过程应连续进行。
- 2 井筒第一段高的壁后充填宜采用内注浆管充填，充填应在井壁下沉到底后 7d 内进行，其他段高充填宜采用外注浆管充填。
- 3 井筒第一段高注浆充填后，养护时间不应少于 48h，其他段高的养护时间不应少于 36h。
- 4 第一段高充填前，应先采用泥浆循环冲洗充填管路 4h~ 6h 并立即开始充填。
- 5 外管充填时，充填过程中应确保充填管下口埋入胶结性材料内 5m 以上。

### 6.6.4 壁后碎石充填

- 1 壁后碎石充填应在前段充填养护结束后方可进行。
- 2 壁后碎石充填应对称均匀进行，并应及时测量充填高度，做好记录，核实充填量。
- 3 壁后碎石充填应动态监测井筒中心位置及井口标高变化情况。

### 6.6.5 壁后充填质量检查

- 1 壁后充填质量检查应在井筒排水、临时改绞完成后进行。

2 壁后充填质量检查孔（管）布置应符合下列规定：

1) 检查孔布置范围：应符合设计要求，且最上层位置距马头门顶不应小于30m；

2) 检查管应在预制井壁时预埋，采用丝堵封孔，其规格、间距和安装质量应符合设计规定。

3) 孔口管应串联安装一个闸阀和一个球阀，且应有压力指示装置。

3 壁后充填质量检查施工应符合下列规定：

1) 应自下往上逐层进行，以两个水平的检查孔为一组进行循环作业，检查完毕后，应自下往上再抽查一次；

2) 检查孔应钻至围岩内，钻孔施工时，应采用专用机架固定钻机，施工人员应戴防护头盔和护目镜；

3) 检查孔有出浆出水的，必须重新补注浆；

4) 补注浆压力宜控制在1.6倍静水压。

## 6.7 抽排泥浆

竖井采用反循环洗井，将出井泥浆排入清渣池，被泥浆携带的大粒径的岩块迅速沉淀，用挖掘机或抓斗及时把大粒径的岩块清除，较细的岩屑随着泥浆流经沉淀池缓流区慢慢沉淀。

### 条文说明

泥浆池沉淀净化系统，由清渣池、沉淀池、泥浆槽组成。

## 7 反井法开挖支护

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 在工期不受影响且无需作为施工通风条件时，可选用反井法进行施工，开挖断面小于 7m 时，可优先选用反井法进行施工。

**7.1.2** 设备选择应结合工程条件、地质水文条件、施工条件以及工程造价等方面进行反井钻机和配套实施选型。

**7.1.3** 反井法施工前应做好相应的测量准备，开孔平面偏差控制在 10mm 以内。

**7.1.4** 设备安装前应结合设计图纸和现场地理条件优先进行场地平整和锁口盘施工，并应严格控制锁口圈回填的平整度，以便设备安装，平整度控制在 5mm 以内。

**7.1.5** 反井法施工以地质钻机等设备进行导孔施工，在正洞联络通道贯通后在井底安装扩挖钻头采用反井钻机进行导井施工，若扩挖不满足设计断面要求时按照钻爆法至上而下进行二次扩挖、导井出渣施工。

#### 条文说明

1 工程条件：主要包括工程性质、用途、主要技术参数（井孔深度、终孔直径、井孔倾角度等）、相关工程状况。根据施工井筒的深度和倾角等要求，结合现有设备及市场情况确定钻机。

2 地质条件：包括岩石的物理力学性质、岩体产状、主要地质构造及参数、水文地质条件等。对于深孔、斜孔，应有钻孔位置的勘探孔资料和地质柱状图。根据施工井位的地质构造及岩性，确定冲洗液为泥浆或清水，从而选择用泥浆泵或水泵。

3 施工条件：运输条件，吊装条件以及供电、供水情况。根据井位供电、供水、运输及井位下水平巷道开通情况确定钻机的类型。一般在井位处应有供电、供水，具有钻机工作空间，在下水平巷道开通的情况下，选择上扩法施工，应选择上扩类全断面反井钻机。

#### 钻孔直径选择参考

序号	开挖直径 (m)	通风井等偏斜精度要求低的工程 (m)
----	----------	--------------------

1	<2	一次钻成
2	2-3	一次钻成、直导井直径 1m 后扩挖
3	3-5	导井直径 1m~1.5m 后扩挖
4	5-7	导井直径 1.5m~2m 后扩挖
5	>7	导井直径 2m 后扩挖

### 钻孔直径选择参考

序号	开挖直径 (m)	通风井等偏斜精度要求低的工程 (m)
1	<5	一次钻成
2	5-7	导井直径 1.5m~2m 后扩挖
3	>7	导井直径 2m~3.5m 后扩挖

4 反井钻机靠滚刀对岩石的挤压、刮削和剪切破碎岩石，根据岩石的矿物构成、硬度、磨蚀性以及抗压、抗拉、抗剪等力学指标来确定滚刀齿形类型，选择如下：

岩石的磨蚀性：低→中→高；

硬度：软→中硬→坚硬；

齿形：楔齿→锥形→复合型→球形；

滚刀结构：单刃盘形滚刀（无镶齿）→多刃盘形滚刀（刀刃上镶齿）→无刃滚刀（刀体锥面镶齿）。

5 反井钻机滚刀选择后，根据岩石条件在扩孔钻头合理布置滚刀。

6 钻杆包括普通钻杆、稳定钻杆、接头钻杆，选择钻杆时要满足拉力和扭矩共同作用下的强度、刚度要求，同时要达到一定的抗疲劳破坏能力，钻杆连接丝扣要有通用性和互换性。钻杆选择完成后，钻杆的重量是影响钻机选择的因素。稳定钻杆和接头钻杆外径，要与导孔钻头外径匹配。

7 根据钻孔深度、钻孔直径，初步选择相应的反井钻机，然后对钻机的主要技术参数进行验算：

实际工作拉力=动力头重量+扩孔钻头重量+钻杆重量+最大钻压实际工作扭矩=破岩阻力矩+摩擦阻力

一般要求实际工作拉力不超过钻机设计最大提升力的 60%，扭矩不超过设计最大扭矩的 60%。

## 7.2 锁口施工

### 7.2.1 井口基坑开挖

1 竖井井位周边一定范围外作环向截水沟，将地表水拦截并排入附近的沟中。

2 根据设计图纸由测量队进行放样，确定基坑开挖范围并撒布灰线；

3 采用机械进行基坑放坡开挖，开挖过程中安排专人进行现场指挥，并采用防护栏杆进行围挡，开挖土方转移至指定位置进行堆放，以备后期恢复使用，开挖石方作为拌和站基础回填、钢筋存放区场坪平整等使用。

4 边坡防护可采用喷射混凝土、锚杆支护、挂网等进行支护，以确保基坑的稳定性。

### **7.2.2 锁口盘施工及回填**

1 基坑开挖及支护完成后，施作混凝土垫层，绑扎锁口盘钢筋，采用定制组合钢模板支模，分层浇筑成型。

2 首先浇筑锁口盘基础及第一层锁口盘混凝土，进行锁口盘壁外片石混凝土回填施工；

3 在规划井架基础处浇筑混凝土垫层至井架基础底标高，安装井架基础模板，进行井架基础浇筑。

4 在井架基础施工完成后，进行分层锁口盘混凝土浇筑和片石混凝土回填施工，使井架基础与锁口盘形成整体。

## **7.3 钻机就位及井架布置**

**7.3.1** 反井钻机在开钻前，必须将其固定在基础上或钻进洞室中，以承受因钻进而产生的推力和扭矩，以防止机器偏移和振动。

**7.3.2** 选定钻孔地点后，按主机基础图进行基础施工。基础必须水平，而且要有足够的强度。

**7.3.3** 井字型框架在离扩孔直径的地基上用数根地脚螺栓紧固，螺栓紧固的形式可根据岩石情况而定，但每根螺栓的锚固力不得低于 4t，螺栓与井字框架以及井字框架与钻机底脚板的连接必须紧固，基础混凝土强度不得低于 25MPa 标准的强度。

### **条文说明**

1 在采用二次扩挖工艺时，井架与配套设施布置参考钻爆法执行。

2 安装钻机前的钻机基础准备工作，必须严格按照钻机基础设计施工，混凝

土质量符合技术要求，地脚螺栓质量、基础井字框架质量必须在基础施工前做认真的检查，发现损坏的应及时更换，决不能敷衍凑数。

3 安装时，要按规定将所有紧固件固紧，特别是基础底脚螺栓与基础井字框架及基础井字框架与钻机底脚板上螺栓、螺母，一定要逐一检查紧固。

4 钻进工作开始后，必须经常检查关键性紧固件，发现稍有松动，务必及时紧固处理。

5 对于井位是煤层或破碎地层及对井筒偏斜率要求较高的深井，应适当加大基础的面积和厚度，一般可将面积增至  $3.0\text{m} \times 3.0\text{m}$ ，混凝土基础厚度可增至  $0.8\text{m}$  以上。

## 7.4 导孔

7.4.1 导孔施工宜在通过正洞开辟的联络通道贯通前施工完成，且应避免两者交叉施工。

7.4.2 井口设置的泥浆池应能满足导孔施工需要。

7.4.3 导孔垂直度应控制在  $0.5\%$  以内，且井底平面偏差不得大于  $2\text{m}$ ，其中  $h$  为竖井深度。

## 7.5 导井扩孔

7.5.1 钻进应遵循“先开水、后开钻，先停钻、后停水”的原则。

7.5.2 导井垂直度应控制在  $0.5\%$  以内，且井底平面偏差不得大于  $2\text{m}$ ，其中  $h$  为竖井深度。

7.5.3 导井底部设置的泥浆池应避开导井正下方  $10\text{m}$  以上。

### 条文说明

开始扩孔时，采用小轴压、低转速、间断推进法，直至所有滚刀均接触岩面后，方可按正常拉力扩孔。

根据岩石的软硬变化和钻深来调整扩孔拉力，岩石越硬、扩孔越深，则拉力越大。

扩孔时采用低速钻进，严禁反转，以免发生重大安全事故。

卸钻杆前要超扩一定深度，确保换钻杆时扩孔刀具脱离岩面。

碰到岩石有裂隙、孔洞或软硬不均而造成卡钻时，推进要及时换向，解除卡

钻状态。再改用小轴压、间断推进的方式扩孔，直到扩孔刀具通过裂隙区（或孔洞区），冲击趋于平稳，再恢复按常压扩孔。

扩孔快通时，应采用小轴压、间断推进。避免贯通时产生很大的冲击，造成卡钻、主机移位或损坏机件。

## 7.6 二次扩孔

**7.6.1** 吊盘设置应具备导孔下放条件，且距离开挖面距离不得大于 15cm。

**7.6.2** 稳绞车、空压机房、封口盘等其他设施布置参照钻爆法执行。

**7.6.3** 严格控制炮眼之间的间距，尽量减小开挖石料尺寸，避免导井堵塞。

**7.6.4** 出渣时石渣不得堆积不得超过 3m。

**7.6.5** 二次扩孔支护参照钻爆法执行。

## 7.7 反井钻机弃渣、弃水

井口设置 1 处泥浆池和 1 处沉淀池，井底设置三级沉淀池，必要时设置污水处理设备，污水处理设备设置宜设置于洞外。

### 条文说明

在导孔钻进时根据正循环原理，由泥浆悬浮岩屑沿着钻杆与孔壁间的环形空间至钻孔外。在扩孔时岩屑靠自重直接落到联络通道内，采用装岩机及运输设备运出洞外。

## 7.8 二次衬砌

反井法二次衬砌施工同正井钻爆法。

## 8 掘进机法开挖支护

### 8.1 一般规定

#### 8.1.1 竖井掘进机适用条件

竖井掘进机适用于公路隧道工程、矿山工程、水利发电工程等，主要用于公路隧道工程的通风井筒。竖井掘进机施工要求井筒所穿过的地质条件稳定，涌水量小，当井筒穿过的岩层地质条件、水文条件复杂，如冲积层、软岩孔隙富水地层，对于这类工程，可以先对地层进行改性处理，再实施凿井。经过冻结和注浆改性处理，竖井掘进机也可以在任何地层条件下施工。

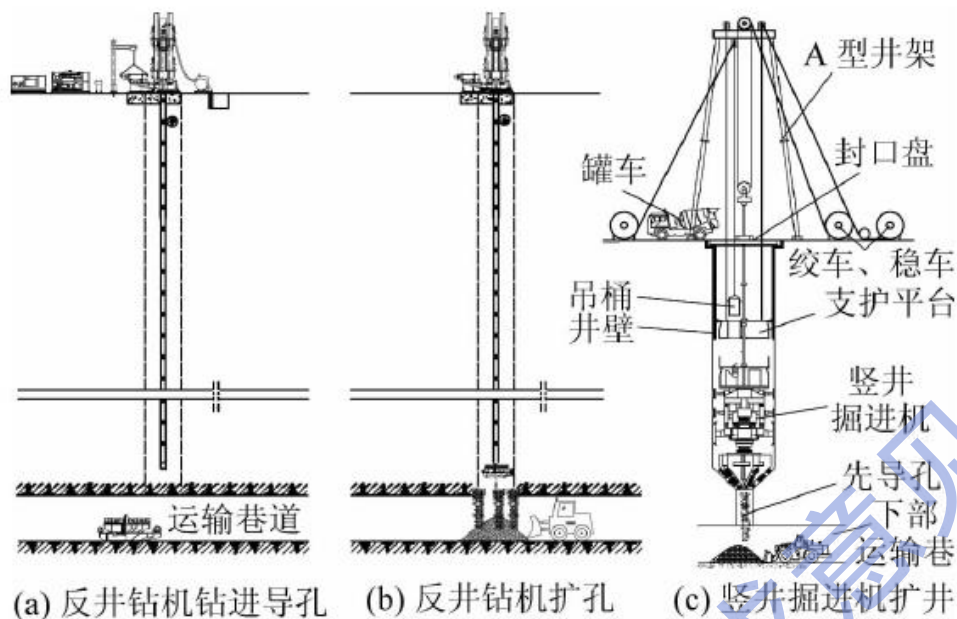
#### 8.1.2 竖井掘进机设备选型

从竖井掘进机凿井的排渣方式划分，可分为上排渣式竖井掘进机和下排渣式竖井掘进机。

上排渣是指竖井掘进机能够从上向下，不借助其他辅助工程条件，一次掘进成井，掘进过程中钻头破碎的岩石，通过液体、机械或真空泵从井底分离，排到竖井掘进机上部，分离后通过吊桶运输到地面，或者利用管道，将含有岩屑的流体物质输送到地面，再将岩屑从流体中分离出来；下排渣竖井掘进机需要具备井下巷道条件，利用反井钻机钻孔作为导井，从上向下掘进，钻头破碎的岩石通过导井溜到井筒下口排出。主要根据施工现场情况及施工需求确定采用上排渣或者下排渣方式进行竖井掘进机设备选型及改装。

#### 8.1.3 竖井掘进机大临设施

竖井掘进机凿井工艺下图所示，竖向掘进机施工过程的大临设施主要包括采用反井钻机钻进导井、竖井掘进机扩大成井、新型井架、专用吊盘支护辅助作业，实现凿井破岩、出渣、临时支护、永久支护及凿井辅助工作大临设施作业。



## 8.2 锁口施工

锁口施工与反井法相同，可参考 7.2 节。

## 8.3 设备组装与调试

### 8.3.1 设备组装

竖井掘进机具有设备体积庞大、结构复杂、系统高度集成、机电液一体的特点，组装的质量和速度决定了竖井掘进机后期施工能否顺利进行，因此经理部从组装的不同时期，提出不同的要求。

#### 1. 组装准备要求

- (1) 制定详细可行的竖井掘进机组装计划，使组装工作有序可控；
- (2) 提前做好技术培训，项目总工组织专家对现场组装技术人员进行详细的安全技术交底，使参与组装的人员了解整机结构及功能；
- (3) 制定合理的组装材料、配件、工具供应计划；
- (4) 组装零部件标识清楚、堆放整齐，并做好清洁工作；
- (5) 制定组装安全措施及应急预案。

#### 2. 组装实施要求

- (1) 制定技术交底，根据组装计划，做好每日工作计划清单；
- (2) 组装时与设备供货方技术人员积极配合；

- (3) 各作业组加强组装的过程控制；
- (4) 安排专门的安全员，确保组装安全。

### 3. 组装后的检验要求

- (1) 制定组装检查制度，对每工序进行检验，及时总结；
- (2) 独立设备组装完成后，对独立设备进行检查，及时发现问题；
- (3) 整机组装完成后，由机械设备制造公司将联合项目经理部共同检查。

### 8.3.2 设备调试

竖井掘进机组装完成后，需要对各个系统及整机进行调试，以确保整机在无负载情况下正常运行。调试过程可先分系统进行，再对整机运行进行调试，调试过程中详细记录各系统运行参数，对发现的问题及时分析解决。竖井掘进机系统可分为液压系统、电气系统及机械结构件等，调试流程见图 8.3.2-1 所示。

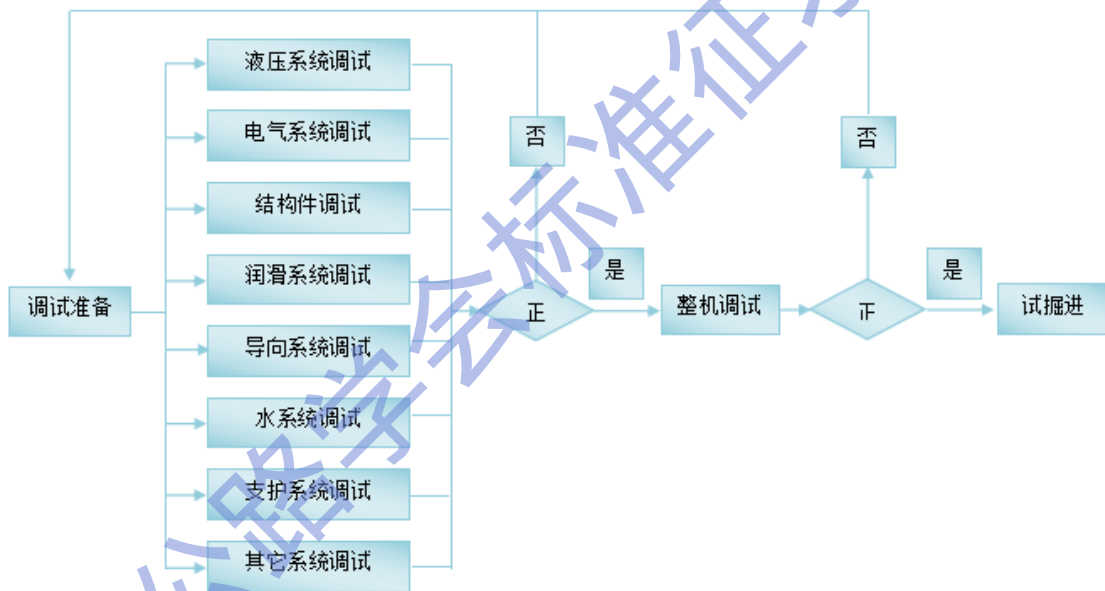


图 8.3.2-1 竖井掘进机调试流程图

**电气系统调试：**电路检查、分项用电设备空载检查、分项用电设备加载检查、各设备急停按钮检查、控制系统检查等。

**液压系统调试：**空载和加载时泵和液压管路的调试、加载时执行机构的运行情况。步进系统的调试在主机安装完成后就进行，主要分为液压泵站负载运行时的状态和步进机械结构运转情况。其余各分系统调试根据组装和步进程序组织实施。各系统运转情况正常后再进行整机的空载调试。

## 8.4 竖向掘进机设备现场验收

### 8.4.1 总体要求

1. 竖向掘进机合格证及技术资料完整、齐备。
2. 对土层的适应性能
  - 1) 刀盘结构合理，开挖效率高，便于出土。
  - 2) 刀具耐磨，能确保施工进度。
  - 3) 刀盘转速可调，且旋转方向可改变。
3. 竖向掘进机能适应控制推进方向、纠偏和曲线推进。
4. 具有保持开挖面稳定，减少对周边土体扰动，保护安全的性能。

### 8.4.2 竖向掘进机各系统验收标准

1. 掘进机外径、长度应符合设计要求。
2. 掘进机外围应为表面平整的正圆柱体。
3. 支撑推进系统
  - 1) 对支撑推进系统的上下圈梁、导向立柱、动力头等尺寸和误差进行测量检验。
  - 2) 对支撑油缸的运行状况进行检验。
4. 旋转驱动系统
  - 1) 对输出破岩钻进所需的扭矩和转速进行检验。
  - 2) 齿轮箱机械性能进行验收，包括屈服强度、抗拉强度、延伸率、冲击功等。
  - 3) 检测主轴的两推力轴承定位轴肩之间的实际距离、实际轴向尺寸。
  - 4) 对大小齿轮的尺寸、中心距以及滑动套和导向立柱滑动配合的精度进行检验。
5. 破岩系统
  - 1) 对破岩系统的钻头体及破岩滚刀尺寸进行检验。
  - 2) 对破岩滚刀的定位进行检验。
  - 3) 对破岩滚刀刀座的焊接强度进行检验。
6. 控制系统
  - 1) 对控制系统的工作状态、参数等进行检验。

2) 对液压系统的压力进行检验, 包括推进系统压力、支撑系统压力、冷却系统压力等。

3) 对液压泵站的性能以及尺寸进行检验, 包括液压油泵、驱动电机、液压油箱、控制阀件、蓄能器、滤油器、冷却器等。

4) 对电气控制系统的性能进行检验, 包括供电系统性能检验、电气控制柜外壳材料检验等。

## 8.5 竖向掘进机始发

8.5.1 始发前, 应对始发端头进行加固, 根据地层的地质条件、水文条件、环境要求等, 选择合适的地层加固处理工法。

8.5.2 竖井井位周边以一定范围内作环向截水沟, 将地表水拦截并排入附近的沟中。

8.5.3 基坑开挖及支护完成后进行锁口盘施工, 待锁口和基础施工完成并达到设计强度后进行竖向掘进机安装, 根据竖向掘进机具体参数配置相应吊装设备进行安装。

8.5.4 首先向下掘进一段长度的井筒, 并进行必要的临时支护, 以钻出的井筒井帮作为载体, 通过竖井掘进机的支撑推进框架系统, 实现对钻头的驱动, 并承受钻进过程的反扭矩和反推力。

8.5.5 通过油缸伸缩长度的变化, 进行竖向掘进机姿态的调整, 使井筒的轴线趋于设计轴线。

## 8.6 竖向掘进机掘进

8.6.1 竖向掘进机掘进时, 要根据地质预报及现场对围岩的观察, 确定掘进参数调整范围实时调整掘进推力、撑靴压力、稳定靴压力、刀盘转速和循环进尺, 在保护设备的前提下实现快速掘进。

8.6.2 在掘进过程中, 掘进机操作手应根据测量导向系统显示的竖向掘进机轴线偏差适当进行姿态调整。

8.6.3 撑靴上部设计有支护平台, 该平台上层可 360°旋转, 整体可上下移动, 平台上配备两台锚杆钻机, 钢筋网安装装置, 钢拱架拼装器。满足钢拱架+钢筋网+锚杆支护。循环进尺完成后, 及时进行支护, 围岩情况较差时应加强支护。

## 8.7 出渣

正常地段，即无涌水地段施工时，采用真空吸渣方式配合吊桶进行出渣：

1 驱动部中心位置布置有三个真空吸渣管，分别伸入刀盘背部的集渣仓内，真空吸渣设备放置在驱动平台上。通过连续的吸渣，然后真空泵送排渣至吊桶，达到出渣的效果。

### 2 泥浆排渣-吸渣泵

刀盘淹没在泥浆中，驱动部中心设有吸渣泵，将泥浆和石渣吸入，泵送到竖井 TBM 的渣水分离平台上，进行固液分离后，分离出的岩渣通过吊桶提升到地面排放，泥浆回到刀盘位置重复利用。

## 8.8 初期支护

8.8.1 在 TBM 施工过程中，若存在注浆预处理手段后仍破碎围岩，TBM 设备可以进行钢筋网、钢拱架、锚杆、喷射混凝土初期支护。施工用水可通过排水泵排到吊盘的污水箱，再通过高扬程排水泵排到地面。施工过程中，首先要保证施工人员的安全，竖井设置安全梯，以及人员吊笼，在应急的情况下，保证人员可以紧急撤离。

8.8.2 竖井掘进机在撑靴上部设计有支护平台，该平台可 360°旋转，上下移动。平台上配备两台锚杆钻机，钢筋网安装装置，钢拱架拼装器。

8.8.3 利用吊桶将喷射混凝土输送至 TBM 作业平台处，同时利用喷射混凝土支护设备进行喷射混凝土施工。

## 8.9 竖向掘进机拆机

8.9.1 竖井贯通后，在竖井底部拆机，再将拆解后的竖井掘进机进行分件吊出。

8.9.2 竖井贯通后，在竖井底部施作扩大洞室，方便拆机人员作业。

8.9.3 竖向掘进机拆机应编制技术方案和应急预案。

## 9 不良地质和特殊性岩土地段开挖支护

### 9.1 一般规定

对竖井井筒穿过流砂、淤泥、卵石、砂砾等含水不稳定冲积层及含水裂隙岩层时，采用的特殊工法的选择原则等做出规定。

### 9.2 冻结法施工

适用于冰点高于 $-2^{\circ}\text{C}$ 、地下水渗流速度小于 $5\text{m/d}$ 、地温低于 $28^{\circ}\text{C}$ 、冲积层厚度小于 $550\text{m}$ 的地层条件和冻结深度小于 $700\text{m}$ 的深度条件。当上述条件不满足时，参照本节增加相应的技术措施。

#### 9.2.1 竖井冻结工程施工质量控制

1 用于冻结工程的主要材料、半成品、成品、构配件应进行现场验收，并应经监理工程师确认。

2 每道工序完成后，应进行质量检查并形成验收记录。

#### 9.2.2 冻结孔布置设计

1 冻结孔布置、冻结孔偏斜控制指标及冻结管的管径、壁厚、材质等应满足冻结壁厚度和强度的需要；

2 冻结孔布置应考虑有利于冻结过程的控制和有利于井筒的掘砌；

3 多圈管冻结布置时，应采取有效地控制内部冻胀措施。

#### 9.2.3 冻结时间设计

地层冻结开始日期应符合下列条件：

1 制冷站氨、盐水、冷却水系统及供电系统能正常运转，达到设计要求；

2 制冷站试运转 $3\text{d}-5\text{d}$ 后，盐水去路温度正常地连续下降，降至 $0^{\circ}\text{C}$ 之日即为本井筒地层冻结开始日期；

3 各水平冻结壁交圈时间应根据地层条件、盐水温度、冻结管直径、主冻结孔相邻最大孔间距等因素进行估算；

4 设计合理的开挖前冻结时间、积极冻结时间和维护冻结时间；并对冻结壁发展情况进行预测，预测结果应能满足安全、连续掘砌的需要。

#### 9.2.4 水文观测孔布置

1 冻结段内的主要含水层组均应报导；

2 水文观测孔宜布置在井筒中心附近，应避开井筒中心点及凿井提升位置，且不得偏出井筒净断面；

3 各水文孔应分散布置，不宜太近；

4 水文孔应有有效的防管外串水的措施；

5 单孔多层报导时应保证套管和隔板的施工质量，不得串水；

6 水文孔内自然水位高于管口时，应接高水管、管口至静止水位的距离不应小于 2.0m，或装压力表封闭管口。

### 9.2.5 测温孔布置

1 测温孔应布置在相邻两个冻结孔孔间距最大的冻结壁界面上。冲积层小于 200m 时，每井不少于 2 个测温孔；冲积层大于 200m 时，不少于 3 个测温孔；

2 至少有一个测温孔布置在冻结孔布置圈与荒径之间；

3 测温孔宜布置在地下水流的上、下游方向；

4 测温孔偏斜与冻结孔偏斜要求一致，测温管焊接与冻结管焊接要求一致，测温管不得渗漏；

5 无法布置水文观测孔的井筒，应适当增加测温孔数量；

6 测温孔内宜每隔 20m 设置 1 个测温水平；水文孔报导层、膨胀性黏土层、冲积层与基岩交界面、煤层、地下水流速较大的层位等均应设置测点；

7 基岩冻结，测温孔穿越两个或以上含水层且水头高差较大时，应制定有效的管外防串水措施。

### 9.2.6 制冷站设计

1 制冷站制冷能力，应在设计规定的时间内，能满足形成冻结壁的冷量需要。

2 根据设计盐水温度和实际冷却水温度，合理选择单级或双级压缩制冷模式。

3 一个制冷站服务于 2 个或 3 个井筒时，氨及盐水循环系统应能分组运转。

4 冷却水水源为地下水时，水源井应布置在水流上方，水源井应在冻结壁的抽水影响半径以外。冻结壁的抽水影响半径之内有在用水源井时，则在冻结壁形成期间应停止使用；

5 配电室应单独设置在制冷站附近；供电设备应有继电保护装置和可靠的接地装置；

6 盐水管路、盐水箱及中低压氨管路、设备必须有保温层和防潮层，冷量损失控制在设计范围内；

7 盐水循环宜采用配、集液圈集中供、回液的封闭式系统。配、集液圈中的盐水流向应同向。

### 9.2.7 冻结法施工

1 钻机安装完毕，钻机底盘和基础间隙要垫实稳固。

2 开孔前，钻机找正，使转盘中心、钻孔中心和钻塔提升中心在一条垂线上。冻结钻孔应做好钻进施工记录。

3 加尺或更换钻头时，钻具应下到距孔底 0.3m-0.5m 处扫孔，不得将钻具停在一个深度长期冲孔。

4 停电时，应将钻具提至一定高度；停电超过 2 小时，应将钻具全部提出并向孔内注满泥浆。

5 不得使用弯钻杆和磨损过大的钻杆。

6 围岩变化时钻进宜减压、慢速钻进，入岩 8m~10m 后方可转入正常钻进。

### 9.2.8 冻结钻孔测斜、纠偏

1 测斜仪在开工前和施工过程中应进行检验校核。

2 钻进时，宜采取钻、测、纠相结合的钻进工艺，并应符合下列规定：

1) 在钻进中，宜每隔 30m 测斜一次，发现偏值超过设计值时，应进行纠偏。

2) 成孔后应进行成孔测斜、汇总资料，并绘制成孔偏斜平面投影图。

3 钻孔测斜及钻孔偏斜平面图应符合下列规定：

钻进 0m~100m 段，采用陀螺仪或灯光测斜；大于 100m 段宜采用陀螺仪测斜；在成孔测斜过程中，测斜资料应重复性好，即在同一孔内上行测和下行测资料保持一致，经纬仪灯光测斜最深点资料应与该点的陀螺测斜保持一致；

4 绘制钻孔偏斜平面图，并应符合下列规定：

采用钻孔最终测斜资料，绘制各水平偏斜平面图；宜每隔 30m~50m 绘制一个水平，并包括钻孔底部、冲积层与基岩界面处、冻结壁设计控制层、地下水流速大的含水层、水文孔报导层、煤层等主要水平。

5 钻孔纠偏宜采用井下动力钻具进行纠偏；0m~200m 段，宜可采用扫孔、扩孔、铲孔纠偏法及移位法进行纠偏。

### 9.2.9 立井冻结工程质量验收

- 1 冻结钻孔偏斜控制应符合冻结方案设计要求；
- 2 参加质量验收的各方人员应具备相应的专业知识及施工经验；
- 3 隐蔽工程在隐蔽前应由施工单位通知有关单位进行验收，并应形成验收文件；
- 4 试块、试件及有关材料，应按规定进行见证取样检测；
- 5 承担见证取样检测及有关立井井筒冻结工程安全检测的单位应具有相应资质。

## 9.3 井筒注浆

### 9.3.1 施工前应做好下列工作：

- 1 注浆前，应结合地质、水文、气候情况及设计图纸要求，进行专项注浆工程设计、施工组织设计与施工方案。
- 2 建立质量管理体系，落实质量管理，确保施工质量。
- 3 制订安全操作规程和劳动保护措施，文明施工。
- 4 对从事注浆施工的人员应进行技术培训，考核不合格者不得。

**9.3.2** 竖井穿过预测涌水量大于  $10\text{m}^3/\text{h}$  的含水岩层或者破碎带时，应当采用地面或者工作面预注浆法进行堵水或者加固，衬砌施工后，若存在渗漏水现象，应当采取壁后注浆。

### 9.3.3 采用地面注浆时，应当制定专项措施并遵守下列规定：

- 1 采用垂直注浆钻孔时，钻孔直径要求如下：
  - 1) 基岩注浆段，钻孔直径不宜小于 110mm，冲积层段的钻孔直径应大于基岩注浆段的钻孔直径 1 级~2 级。
  - 2) 开孔孔位偏差 0mm~100mm。
- 2 采用斜孔、弯曲、分枝注浆钻孔时，钻孔直径要求如下：
  - 1) 基岩注浆段，钻孔直径不宜小于 110mm，冲积层段的钻孔直径应大于基岩注浆段的钻孔直径 1 级~3 级。
  - 2) 开孔孔位偏差 0mm~100mm。进入注浆层位后，各注浆孔轨迹落点应在设计区域内或落点间距应符合设计交圈要求。

- 3 套管应符合以下规定：

1) 套管的连接方式可采用螺纹连接,也可采用焊接连接,焊接时应符合金属焊接的要求;

2) 固管后应进行静压密封试验,连续观测 2h,漏失量不大于 3L/min;

3) 下入孔内的套管应用水泥浆固结,固结长度应大于 150m,套管长度不足 150m 的应全管固管。

#### 4 岩芯采取

注浆钻孔一般可不取芯。特别需要时,每个井筒只选一个孔取芯,且宜按目的层段分段采取。

#### 5 冲洗液选择

注浆段、破碎带或煤层钻进时可选用不加泥浆处理剂的泥浆作冲洗液。经过注浆且合格后的孔段,重复钻进时可使用添加处理剂的泥浆。

#### 6 注浆孔深及直径的检验

孔深每 100m 检验一次。

检验方法:用皮(钢)尺丈量钻具。误差不大于 0.15%,若大于 0.15%时,在排除可能的错误后,测量两次,取其平均值,改正原孔深。

钻孔直径的检查方法:在下钻前用精度 0.1mm 的卡尺测量钻头直径。

7 所有注浆钻孔在注浆合格结束后按设计进行封闭。封闭方法可按注浆工艺中复注的方法进行;或用尾杆法。封闭材料可用粘土水泥浆或单液浆。

8 孔斜测量在冲积层段每隔 50m~60m 应测斜一次,基岩段每隔 20m~50m 应测斜一次。

### 9.3.4 采用工作面注浆时,应当制定专项措施并遵守下列规定:

1 注浆方式分为一段注浆和分段注浆两种,一段注浆:多个含水层段一次注浆完成。要求多个含水层段层间距较小,或无良好的隔水层。需用较大能力钻机。分段注浆:井筒分多段注浆完成,注一段掘一段,然后再注一段掘一段,循环。可用一般轻便型小钻机。

#### 2 布孔方式

布孔方式			注浆段高
类型	适用条件	优缺点	
直孔	裂隙发育、连通性好;水平或缓倾斜裂隙;孔壁稳定性较好;可用较	布孔、钻孔方便;钻孔工作量小;利于孔壁维护。	注浆段高按钻机钻孔能力确定;段高大于 70m 时,钻具应变

	大型钻机，加大孔径。		径一次。
径向斜孔	裂隙发育及连通性一般；径向垂直裂隙发育较差；可用轻型钻具。	注浆孔穿过裂隙多，利于提高注浆效果；钻孔工作量大；孔口管与钻机安装复杂；孔壁维护不利。	注浆段高 30~50m，一般常用此法。
径向、切向斜孔	裂隙发育不均、连通性差，有径向垂直裂隙；孔壁稳定、有适合钻机	提高注浆质量；钻孔工作量大；工艺复杂。	注浆段高 30~50m。

3 注浆孔钻进采用清水冲洗液，孔底岩粉沉淀不得超过 1m；注浆孔钻进根据要求采取无芯或取芯钻进；采用慢速钻进，以保证注浆孔的完整性；注浆孔偏斜率控制在 0.5% 以内。

4 止浆岩帽：井巷工作面预注浆时，暂留在含水层上方或前方能够承受最大注浆压力（压强）并防止向掘进工作面漏浆、跑浆的岩柱。

5 混凝土止浆垫：井筒工作面预注浆时，预先在含水层上方构筑的，能够承受最大注浆压力（压强）并防止向掘进工作面漏跑浆的混凝土构筑物。

**9.3.5 采用壁后注浆时，应遵守下列规定：**

1 最大注浆压力必须小于井壁承载强度。

2 井筒采用双层井壁支护时，注浆孔应当穿过内壁进入外壁 100mm。当井壁破裂必须采用破壁注浆时，必须制定专门措施。

3 应做好注浆原始记录，尤其是对大于 0.5m<sup>3</sup>/h 的集中出水点，井下所有工作人员时刻观察井壁情况，发现问题应立即停止注浆。

## 10 监控量测

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 监控量测应纳入施工工序管理。监控量测应达到下列目的：

- 1 掌握围岩和支护动态，及时反馈信息，指导施工作业。
- 2 围岩和支护的变形、应力量测信息，可为修改设计提供依据。

#### 条文说明

监控量测的主要目的是掌握围岩和支护工作状态、判断围岩稳定性、支护结构的合理性和竖井整体安全性，为在施工中变更设计方案及参数、优化施工方案及为施工工艺提供依据，直接为设计和施工管理服务。

**10.1.2** 竖井开工前，应根据设计要求，结合竖井规模、地形地质条件、施工方法、支护类型和参数、工期安排等编制施工全过程监控量测方案。编制内容应包括：量测项目、量测仪器选择、测点布置、量测频率、数据处理、信息反馈、组织机构、管理体系等。量测计划应与施工进度计划相适应。

#### 条文说明

为使监控量测充分发挥更好作用，首先需要根据设计规定，并结合竖井的工程地质和水文地质条件、支护类型和参数、施工方法以及所确定的量测目的等编制切实可行的量测计划，并在施工中认真组织实施。

**10.1.3** 监控量测工作应结合开挖、支护作业的进程，按量测方案布点和监测，根据现场量测情况及时调整补充，量测数据应及时分析、处理和反馈。

#### 条文说明

为了掌握施工中围岩稳定程度与支护受力、变形的力学形态，以判断设计、施工的安全性与经济性。

### 10.2 监控量测项目和技术要求

**10.2.1** 根据《公路隧道施工技术规范》（JTG F60-2009）的有关规定，现场监控量测项目可分为必测项目和选测项目两大类。其中必测项目是为了在设计和施工中确保围岩稳定，并通过判断围岩的稳定性来指导设计、施工的经常性量测。根据竖井实际情况，确定其必测项目选取如下：

表 10.2.1-1 竖井施工监控量测必测项目

序号	项目名称	常用量测仪器	精度	布置
1	掌子面及初期支护观察	数码相机、地质罗盘	-	-
2	周边位移	收敛计	0.1mm	5m-50m 一个断面
3	井口地表下沉	水准仪、铟钢尺	0.5mm	

注：以上周边位移点位布置在围岩较差处可适当加密。

### 10.2.2 掌子面及支护状况观察

竖井开挖后，对掌子面的地质情况进行观察，采用数码摄像留存掌子面围岩影像资料，或对岩层进行地质素描。对掌子面后方的初期支护（初次模筑混凝土）状况进行观察，包括表面有无裂纹、有无渗水以及裂纹的数量、深度、延长等。

### 10.2.3 洞周位移

竖井净空收敛是指竖井周边相对方向两个固定点连线上的相对位移值，它是竖井开挖所引起围岩变形最直观的表现，采用收敛计进行量测。竖井开挖爆破后应尽可能早在竖井周边埋设测杆或球头测桩，埋设深度 20~30mm，钻孔直径 40~50mm，用快硬水泥固定，测桩球头必须设保护罩。

量测净空收敛位移可为判断竖井稳定性提供可靠的信息，并根据收敛速度判断围岩的稳定程度，为二次衬砌提供合理的支护时机。洞周收敛测点的布设见图 10.2.3-1。

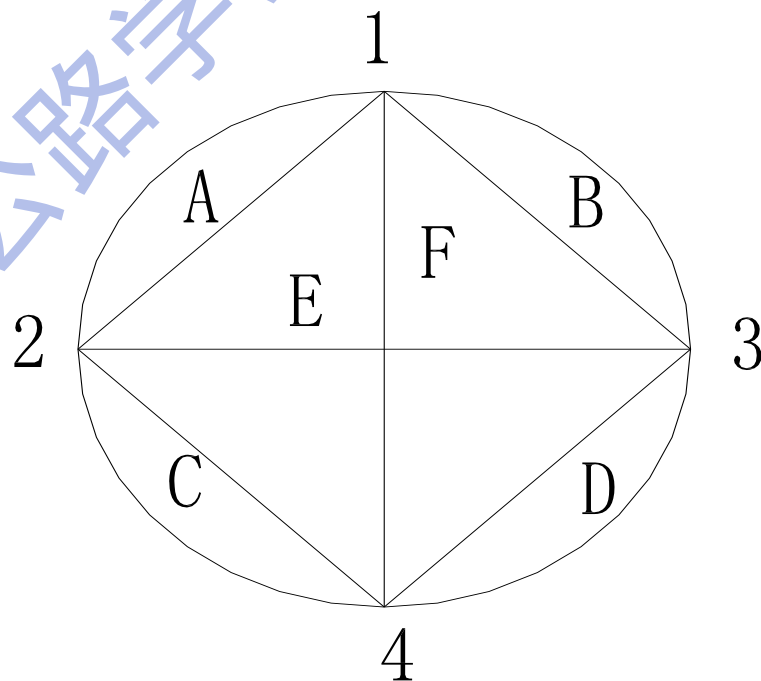


图 10.2.3-1 洞周收敛测点布置

### 10.2.4 井口地表下沉

地表下沉测点在井口周边布置。布点为 4 个点。如图 10.2.4-1 所示。

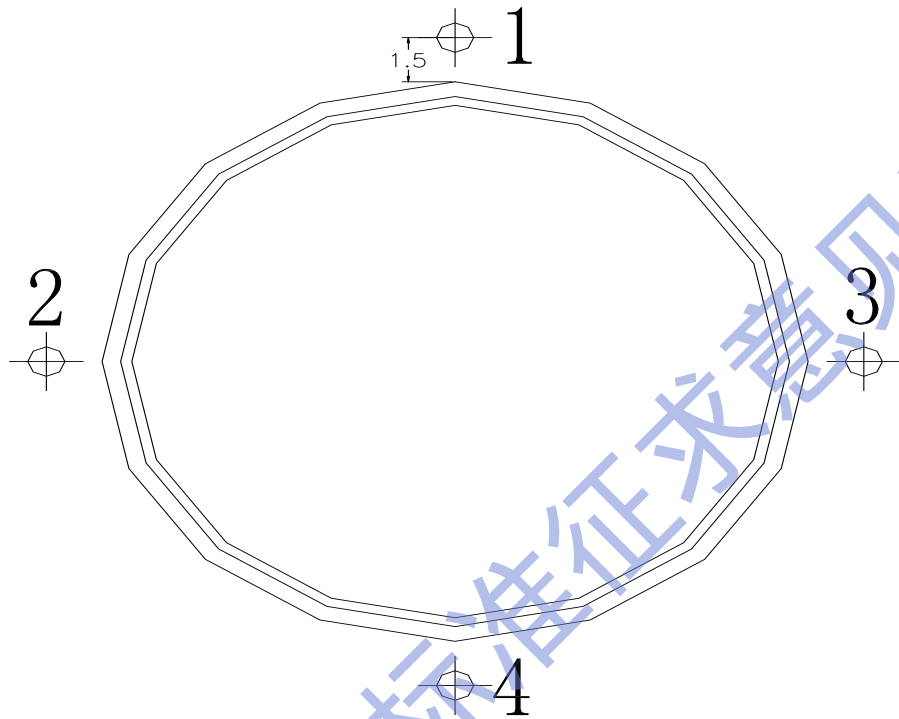


图 10.2.4-1 地表测点布置

### 10.3 变形控制基准和管理等级

在施工中，以表 10.3-1 三级管理制度作为监测管理方式进行动态管理。取监测控制标准的 2/3 作为警戒值，将允许位移值和警戒值之间称为警戒范围，实测值如果在此范围，则需商讨和采取施工对策，预防最终位移值超限；警戒值和基准值之前成为注意范围，当实测值在基准值以下时，说明围岩是稳定安全的。

当位移时间曲线出现反弯点，则表示围岩和支护已经呈不稳定状态，应该密切监视围岩动态，并加强支护，必要时停止施工，人员撤离。

表 10.3-1 监控量测警戒值

管理等级	管理位移	施工状态	预警信号	备注
I	$U_0 < U_n / 3$	正常施工	黄色预警	
II	$U_n / 3 \leq U_0 \leq 2U_n / 3$	加强支护	橙色预警	
III	$U_0 > 2U_n / 3$	采取特殊措施	红色预警	

注：U<sub>0</sub> 为实测变形值，U<sub>n</sub> 允许变形值，见表 4.12.6-2 “结构允许相对位移表”。U<sub>n</sub> 的确定：U<sub>n</sub> 的确定应考虑围岩类别等因素并结合现场条件选择。

表 10.3-2 结构允许相对位移表 (%)

围岩类别	埋深		
	<50m	50 ~ 300m	>300m
II、III	0.1 ~ 0.30	0.20 ~ 0.50	0.40 ~ 1.20
IV	0.15 ~ 0.50	0.40 ~ 1.20	0.80 ~ 2.00
V	0.20 ~ 0.80	0.60 ~ 1.60	1.00 ~ 3.00

注：相对位移指实测位移值与两点间距离之比。

根据位移速度变化判别：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；净空变化速度小于 0.2mm/d 时，围岩达到基本稳定。

## 10.4 资料整理和信息反馈

对监控量测数据采集、整理方法和分析内容提出要求。

### 10.4.1 监控量测数据采集

#### 1. 掌子面及支护状况观察记录表

表 10.4.1-1 掌子面及支护状况观察表

工程名称：

施工里程：

编号：

编号	项目名称	进口左线				状态描述：			
		开挖宽度 (m)	开挖高度 (m)	开挖面积 (m <sup>2</sup> )	开挖方式	其他：			
1	掌子面尺寸								
2	掌子面状态	稳定	正面掉块	正面挤压	正面不能稳	其他：			
3	毛开挖面状态	自稳	随时松弛、掉块	自稳困难要及时支护	要超前支护	其他：			
4	地层岩性								
5	风化程度	微风化	弱风化	强风化	全风化	其他：			
6	节理 (裂隙) 密度 (条/米)	1 ~ 2	2 ~ 3	3 ~ 5	> 5	其他：			
7	节理 (裂隙) 张开度 (mm)	< 1	1 ~ 3	3 ~ 5	> 5	其他：			
8	节理 (裂隙) 状态	紧闭	微张	张开	宽张	其他：			
10	涌水状态	无水	渗水	整体湿润	涌出或喷出	特别大			
11	支护渗水观察								

12	支护裂缝观察	
13	支护变形观察	
附图		

填表:

审核:

年 月 日

## 2.地表沉降量测记录

测试项目中,关于地表沉降的记录可参见表 10.4.1-2。

表 10.4.1-2 地表沉降测量记录表

桩号		施工方法		施工部位		埋设日期										
测线编号	量测时间				观测值				温度修正值 (m m)	修正后测点高程 (m)	相对初次下沉值 ( $\Delta u$ ) (mm)	相对上次下沉值 (mm)	时间间隔 d	下沉速率 mm/d	备注	
	年	月	日	时	温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	第一次 (m)	第二次 (m)	平均值 (m)								

测读者:

计算者:

复核者:

## 3.净空收敛量测记录

净空收敛量测记录可参见表 10.4.1-3。

表 10.4.1-3 竖井净空收敛测量记录表

桩号		施工方法		施工部位		埋设日期											
测线编号	量测时间				观测值				温度修正值 (m m)	修正后观测值 (m)	相对初次收敛值 ( $\Delta u$ ) (mm)	相对上次收敛值 (mm)	时间间隔 d	收敛速率 mm/d	备注		
	年	月	日	时	温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	第一次 (mm)	第二次 (mm)	平均值 (mm)									

测读者:

计算者:

复核者:

**10.4.2** 每次观测后应立即对原始观测数据进行校核和整理,包括与上一次检测数据的对比、原始观测值的检验、物理量的计算、填表制图,异常值的剔除、初步分析和整编等,并将检验过的数据输入数据库管理系统。

### 10.4.3 量测信息的反馈

#### 1 项目内部数据反馈

量测小组应在规定的时间内完成数据采集和分析,根据分析结果,对工程安全性提出评价意见,评价根据位移管理等级分三级进行,并按规定采取相应的工程对策。现场监控量测数据的反馈如下所述。

1) 当监控量测位移管理达到Ⅲ级时,由现场监控量测组长将量测原始资料和分析结果通报施工队负责人和现场监理工程师正常施工。

2) 当监控量测位移管理达到Ⅱ级时,由现场监控量测组长将量测原始资料和分析结果通报施工队负责人和现场监理工程师,同时于2小时内上报项目部总工程师。总工程师组织研究提出具体意见,项目部8小时内组织参建各方对设计施工措施进行综合评价。

3) 当监控量测位移管理达到Ⅰ级管理值以及井口地表下沉、水平收敛达5mm/d或位移累计达100mm时,由现场监控量测组长及时通知施工队负责人、现场监理工程师暂停施工,并将量测原始资料和分析结果于2小时内上报项目部项目经理、总工程师(可先传电子版,后报纸质文档)。项目经理组织研究提出具体意见,并组织参建各方研究相应工程措施。

#### 2 外部数据反馈

由第三方检测单位及项目部测量负责人根据不同的观测要求,绘制不同的数据曲线,并打印相应的表格,预测变形发展趋势,定期以简报(日报、周报、月报)的形式汇报,包括本次观测数据和上一次的观测成果。必须定时向项目部及监理单位提交书面报告,提供数据分析结果,必要时提供阶段性报告。与监理、项目部、设计及时沟通,相互配合,达到信息化施工的要求。

## 11 附属工程

### 11.1 马头门

11.1.1 马头门支护、衬砌形式、位置和尺寸应符合设计图纸要求。

11.1.2 钢筋焊接应按国家现行标准《钢筋焊接及验收规范》 JGJ18 的规定抽取焊接接头试件做力学性能检验，其质量应符合有关规程的规定。

11.1.3 喷射混凝土的强度等级必须符合设计要求。用于检验结构混凝土强度的试件，应在喷射地点随机取样。

11.1.4 马头门位置允许偏差为：横向 $\pm 30\text{mm}$ ，高程 $\pm 20\text{mm}$ ，垂直度 5%。马头门开挖轮廓应平直、圆顺。

11.1.5 格栅安装、喷射混凝土、二次衬砌的允许偏差，参照《公路工程隧道施工技术规范》 2020。

### 11.2 风塔

具体参照本规范第四章。

### 11.3 凿井井架及悬吊设施

井架及悬吊设施的选择与布置具体参照 5.2 章节

#### 条文说明

1 除钻爆法其他工法施工时，若需采用扩挖工艺时，参照 5.2 章节执行。

2 反井法施工时，出渣通过井底出渣，可适当优化提升设备。

### 11.4 通风

1 竖井施工前应经过专项通风设计。

2 按井下同时工作最多人数计算，每人每分钟供给风量不得少于 4m<sup>3</sup>。

3 按掘进及其他实际需要风量的总和进行计算。各地点的实际需要风量，必须使该地点风流中的瓦斯、二氧化碳、氢气和其它有害气体的浓度，风速以及温度，每人供风量符合《煤矿安全规程》的有关规定。

# 附录

## 附录 A 强度评定

对水泥混凝土抗压强度、水泥砂浆强度、喷射混凝土抗压强度、水泥浆强度评定方式做出规定。

### A.1 混凝土抗压强度评定

A.1.1 评定混凝土的抗压强度，应以标准养生 28d 龄期的试件为准。试件为边长 150mm 的立方体。试件 3 件为 1 组，制取组数应符合下列规定：

- 1 不同强度等级及不同配合比的混凝土应在浇筑地点或拌和地点分别随机制取试件。
- 2 一般体积的结构物，每一单元结构物应制取 2 组。
- 3 连续浇筑大体积结构时，每 80~200m<sup>3</sup> 或每一工作班应制取 2 组。
- 4 可根据施工需要，另制取与结构物同条件养生的试件，作为拆模的强度依据。

A.1.2 混凝土抗压强度的合格标准应按下列规定确定：

1 试件≥10 组时，应以数理统计方法按下述条件评定：

$$f_{cu, k} \geq f_{cu, k} + K_1 S_n$$

$$f_{cu, \min} \geq K_2 f_{cu, k}$$

式中：n——同批混凝土试件组数；

$f_{cu, k}$ ——同批 n 组试件强度的平均值(MPa)，精确到 0.1 MPa；

$S_n$ ——同批 n 组试件强度的标准差(MPa)，精确到 0.01MPa。当  $S_n < 2.5\text{MPa}$  时，取  $S_n = 2.5\text{MPa}$ ；

$f_{cu, k}$ ——混凝土设计强度等级(MPa)；

$f_{cu, \min}$ ——n 组试件中强度最低一组的值(MPa)，精确到 0.1 MPa；

$K_1$ 、 $K_2$ ——合格判定系数，见附表 A.1.2。

2 试件<10 组时，可用非统计方法按下述条件进行评定：

$$f_{cu, \min} \geq 1.1 f_{cu, k}$$

$$f_{cu, \min} \geq 0.9 f_{cu, k}$$

### A.2 水泥砂浆强度评定

A.2.1 评定水泥砂浆强度，应以标准养生 28d 龄期的试件为准。试件为边长 70.7mm 立方体。试件 6 件为 1 组，制取组数应符合下列规定：

1 不同强度等级及不同配合比的水泥砂浆应在浇筑地点或拌和地点分别随机制取试件。

2 每一工作班应制取 2 组。

A.2.2 水泥砂浆强度的合格标准应按下列规定确定：

1 同强度等级的平均强度应不低于设计强度等级的 1.1 倍。2 任意一组试件的强度最低值应不低于设计强度等级的 85%。

A.3 喷射混凝土抗压强度评定

A.3.1 喷射混凝土强度检查试件制作方法应符合下列规定：

1 喷大板切割法：在施工的同时，将混凝土喷射在  $450\text{mm} \times 350\text{mm} \times 120\text{mm}$  或  $450\text{mm} \times 200\text{mm} \times 120\text{mm}$  的模型内。混凝土达到一定强度后，加工成  $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 100\text{mm}$  的立方体试件。在标准条件下养护至 28d。用标准试验方法测得的极限抗压强度，乘以 0.95 的系数，精确到 0.1MPa。

2 凿方切割法：当采用喷大板切割法对强度有怀疑时，可用凿方切割法。凿方切割法应在具有一定强度的支护上，用凿岩机打密排钻孔，取出长 350mm、宽约 150mm 的混凝土块，加工成  $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 100\text{mm}$  的立方体试件。在标准条件下养护至 28d。用标准试验方法测得的极限抗压强度，乘以 0.95 的系数，精确到 0.1MPa。

3 钻孔取芯法：当采用喷大板切割法对强度有怀疑时，也可采用钻孔取芯法。钻孔取芯法应在具有 28d 强度的支护上，用钻孔取芯机钻取并加工成长 100mm、直径 100mm 的圆柱体。用标准试验方法测得的极限抗压强度，精确到 0.1MPa，其抗压强度换算系数，应通过试验确定。

A.3.2 双车道或三车道隧道每 10 延米，至少在拱部和边墙各取 1 组（3 个）试件。其他工程，每喷射  $50 \sim 100\text{m}^3$  混合料或小于  $50\text{m}^3$  混合料的独立工程，不得少于 1 组。材料或配合比变更时需新制取试件。

A.3.3 喷射混凝土强度的合格标准应符合下列规定：

1 试件组数不少于 10 组时，试件抗压强度平均值不低于设计值，且任一组试件抗压强度不低于 0.85 倍的设计值。

2 试件组数少于 10 组时，试件抗压强度平均值不低于 1.05 倍的设计值，且任一组试件抗压强度不低于 0.9 倍的设计值。

#### A.4 水泥浆强度评定

A.4.1 评定水泥基浆体的强度，除设计另有规定时按设计规定外，应以标准养生 28d 的试件为准。试件尺寸应是 40mm×40mm×160mm 的棱柱体。以 3 个试件为 1 组，制取组数应符合下列规定：

1 不同强度等级及不同配合比的水泥浆体应分别制取试件，试件应随机制取，不得挑选。

2 每一工作班取 1 组；如用量超过 10m<sup>3</sup>，则按每 10m<sup>3</sup> 取 1 组。

A.4.2 水泥浆强度的合格标准应按下列规定确定：

1 同强度等级试件强度测定值的算术平均强度应不低于设计强度等级。

2 任意一组中试件的强度最低值应不低于设计强度等级的 85%。

## 用词说明

1 本规程执行严格程度的用词，采用下列写法：

1) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词，正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

2) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词，正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

3) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

1) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准或行业标准时，应表述为“应符合《×××××》(×××)的有关规定”。

2) 当引用标准中的其他规定时，应表述为“应符合本规程第×章的有关规定”、“应符合本规程第×.×节的有关规定”、“应按本规程第×.×.×条的有关规定执行。”