

抽水蓄能电站斜井竖井施工规范

Construction specifications of inclined shaft and vertical shaft for pumped storage
power station

目次

1 总则..... 1

2 术语和定义..... 2

3 基本规定..... 4

4 施工准备..... 5

5 开挖..... 7

6 支护..... 18

7 衬砌..... 21

8 灌浆..... 24

9 施工安全..... 26

10 质量检查..... 28

11 新技术的应用..... 31

本规范用词说明..... 33

引用标准名录..... 34

条文说明..... 35

1 总则

1.0.1 为规范抽水蓄能电站斜井、竖井施工，确保施工质量与安全，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于抽水蓄能电站工程倾角为 $45^{\circ} < \alpha < 75^{\circ}$ 的斜井、倾角大于 75° 的竖井施工。对倾角 45° 及以下的斜井施工可参照执行，并应满足 DL/T 5099、DL/T 5407 的相关规定。

1.0.3 抽水蓄能电站工程斜井、竖井施工，除需满足本规范规定外，还应满足国家现行有关标准的规定。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本规范。

2.0.1 抽水蓄能电站 pumped storage power station

抽水蓄能电站是为了解决电网高峰、低谷之间供需矛盾而产生的，是间接储存电能的一种方式。它利用过剩的电力驱动水泵，将水从下水库抽到上水库储存起来，然后在用电高峰时将水放出发电，并流入下水库。

2.0.2 竖井 vertical shaft

倾斜角度超过 75° 的洞井式地下通道称为竖井。

2.0.3 斜井 inclined shaft

具有一定倾斜角度 α ($6^\circ < \alpha < 75^\circ$) 的洞井式地下通道称为斜井，斜井分为缓斜井和陡斜井。一般 $6^\circ < \alpha \leq 48^\circ$ 称为缓斜井， $48^\circ < \alpha < 75^\circ$ 称为陡斜井。

2.0.4 全断面法 full face excavation method

按照设计开挖断面一次开挖成形的施工方法。

2.0.5 竖井掘进机 shaft boring machine

竖井掘进机是专门用于竖井施工的设备，产品集掘进、支护、出渣、井壁拼装、渣土分离等功能于一体，可实现多工序同步施工；设备进行了模块化、短平化设计，易于拆装、方便运输；设备融合了动态感知技术，智能化、机械化程度高，可实现井下无人化作业。

2.0.6 伞钻法 hydraulic umbrella driller construction method

采用液压伞钻全断面自上而下一次成形的施工方法。

2.0.7 导井法 pilot shaft excavation method

先开挖较小断面导井，再自上而下进行全断面扩挖，利用导井溜渣的施工方法。

2.0.8 反井钻机法 raise boring machine excavation method

利用反井钻机（或定向钻机+反井钻机）自上而下先钻设导井的导孔，再利用反井钻机扩大刀盘自下而上钻扩成导井的施工方法。

2.0.9 深孔分段爆破法 deep-hole step blasting method

自上而下一次钻孔，自下而上依次爆破，井底集渣的开挖施工方法。

2.0.10 TBM tunnel boring machine

全断面硬岩隧道掘进机，通过旋转并推动刀盘，使安装于刀盘上的滚刀挤压并切割岩石而使隧洞一次成形的专用施工机械。

2.0.11 SBM shaft boring machine

竖井掘进机，集掘进、支护、出渣、井壁衬砌等功能于一体，可实现多工序同步施工，专门用于竖井施工的设备。

2.0.12 导孔 pilot hole

为反井钻机扩大刀盘钻设的通过钻杆的钻孔。

2.0.13 定向钻机 directional drilling machine

在导孔钻进过程中使用无线控向系统，通过方位角、磁偏角，实时控制钻具，保证导孔在预定范围穿出的钻机。

2.0.14 狗腿度 overall angle change rate

即全角变化率，指单位长度的井段内全角变化值。单位符号为 $^{\circ}/30\text{m}$ 。

2.0.15 无线随钻测量系统 measurement while drilling (MWD)

一种在钻进过程中实时监测导孔轨迹和工具面角等参数的测量装置，信息传送采用无线传输。

3 基本规定

- 3.0.1** 制定斜井、竖井施工方案时，应综合考虑安全、质量、进度和环保等因素。
- 3.0.2** 施工方案应包括（但不限于）下列内容：
- 1 工程概况。
 - 2 编制依据。
 - 3 施工布置及辅助设施。
 - 4 施工程序。
 - 5 施工方法。
 - 6 进度计划。
 - 7 劳动力、材料和设备等资源的配置计划。
 - 8 质量、安全、环保、职业健康等管理及保证措施。
 - 9 计算书等附件。
- 3.0.3** 应对施工人员进行安全技术交底和培训，严禁未进行安全交底组织施工。
- 3.0.4** 施工中应建立质量保证体系，对施工全过程的各个环节实施有效控制，确保工程质量。
- 3.0.5** 应积极采用新技术、新材料、新工艺、新设备，不断提高施工技术水平。反井钻机、TBM、SBM等设备的选型，应根据设备特性、工程特点和施工方法等进行综合分析后选定。

4 施工准备

4.0.1 施工前，应详细收集工程地质及水文地质资料，主要包括：

1 地层岩性及产状，特别是松散、软弱、崩解、膨胀和易溶岩层的分布及其物理力学性质，岩石等级划分和围岩工程地质分类按DL/T5099的规定执行。

2 斜井、竖井、井口处边坡的稳定条件以及浅埋、傍山、深沟壑及高水头地段山体稳定性。

3 地质构造条件，特别是断层、节理裂隙密集带及破碎带的位置、产状、规模、性状及组合关系等。

4 水文地质条件，含水层分布、水位、水质、水温、涌水量，特别是储水量丰富的含水层，强透水带的位置和补给水源及动态规律。

5 岩溶区的岩溶洞穴发育层位、规模、充填情况。

6 岩体初始地应力及地温资料，高地应力区还应收集可能发生的岩爆资料。

7 有害气体或放射性元素的性质、含量及其分布范围。

8 岩石的可钻性、岩石的研磨性等。

4.0.2 施工过程中，应做好以下地质工作：

1 应做好地质预报和地质素描工作，对于不良地质地段进行超前探测。

2 施工中应根据开挖的实际地质情况及设计要求，及时调整开挖和支护方案。

3 在开挖过程中，施工单位应及时掌握地质条件变化情况。当发现实际地质情况与已有的地质资料有较大差异时，应做好记录，并及时提交相关单位，确定处理措施。

4 对处不良地质条件下的或直径较大及井深较深的斜井、竖井，应对围岩稳定进行安全监测，及时反馈监测信息，进行围岩稳定性预报。

4.0.3 现场施工结束后，应及时整理地质编录及素描等资料。

4.0.4 施工测量应包括洞外控制测量、洞内控制测量、贯通测量设计、洞口放样、开挖放样、设备定位、轨道放样、贯通误差测量、中间验收测量、衬砌放样、安装放样、竣工验收测量等工作。施工测量及资料整理应执行DL/T5173、DL/T5099、DL/T5144、DL/T5169、DL/T5110和GB 50766等测量相关规范的有关规定。

4.0.5 施工前应根据斜井、竖井的设计中心线，拟定平面和高程控制略图，并进行预期误差估算，以便确定洞外和洞内控制测量的等级和方法。洞外、洞内平面控制导线测量技术要求见表4.0.2-1，洞外、洞内高程控制技术要求见表4.0.2-2。

表4.0.2-1 洞外、洞内平面控制导线测量技术要求

部位	控制网等级	导线测量测角中误差 (″)	洞室相向开挖长度 (km)
洞外	二等	±1.0	3~6
	三等	±1.8	<2
洞内	二等	±1.8	2~4
	三等	±2.5	<2

表4.0.2-2 洞外、洞内高程控制导线测量技术要求

部位	控制网等级	每公里水准测量偶然中误差 (mm)	每公里水准测量全中误差 (mm)	洞室相向开挖长度 (km)
洞外	三等	±3	±6	2~8
	四等	±5	±10	<2

洞内	三等	± 3	± 6	2~4
	四等	± 5	± 10	<2

4.0.6 施工前应进行贯通测量设计，贯通测量极限误差、中误差及分配原则执行DL/T5173、DL/T5099、DL/T5144、DL/T5169、DL/T5110和GB50766的相关规定，其相向开挖长度应包括支洞长度，以及传递到斜井、竖井各种平洞的长度。实际贯通面宜布置在斜井、竖井及其可延伸的范围内。

4.0.7 洞外、洞内控制测量应按照如下要求执行：

1 施工前应设置近井控制点，以基本导线的精度进行施测，基本导线边长宜近似相等，直线段不宜短于200m，曲线段不宜短于50m，导线边距设施不宜小于0.2m；施工导线宜50m布设一点，每200m应与基本导线附和。

2 测量成果应及时换算为斜井、竖井相对施工坐标系统，以方便施工放样。

3 对于弯度较大的特殊部位，可根据实际情况对基本导线的边长进行适当调整，必要时可增加观测的测回数，确保测量成果的精度。

4 反井测量时应配备拐弯目镜。采用电子照准时宜同时通过望远镜进行观测、校核。

4.0.8 施工放样按下列要求进行：

1 导孔钻进过程中宜每30m停钻采用有线测斜仪复核一次。

2 开挖轮廓点放样时相对于邻近控制点的测量中误差限差平面、高程均为 $\pm 50\text{mm}$ ；混凝土衬砌轮廓点放样时相对于邻近控制点的测量中误差限差平面、高程均为 $\pm 20\text{mm}$ ；轨道线路中心点相对于邻近控制点的测量中误差限差平面、高程为 $\pm 10\text{mm}$ ，轨道中心线相对于线路中心线平面限差为 $\pm 2\text{mm}$ ，同里程轨道顶部高程限差为 $\pm 2\text{mm}$ ；模板台车或滑模两端中心点与中线平面限差为 $\pm 5\text{mm}$ ，台车或滑模两端隧洞结构断面中心点高程限差 $\pm 3\text{mm}$ ，曲线段台车长度与其相应曲线的矢距限差 $\pm 5\text{mm}$ 。

3 竖井开挖、衬砌和钢管安装的施工放样，可采用重锤（重锤接力）、激光投点仪或光学投点仪等进行，大断面竖井还可采用全站仪坐标法等。

4 斜井开挖、衬砌和钢管安装的施工放样宜选用无需反射棱镜的光电测距仪进行测量，可采用全站仪、激光定向仪等进行，并根据实际情况应用TAPS非接触自动极坐标测量系统、全站仪坐标法、激光定向技术等。

5 斜井扩挖宜采用激光定向技术，应定期检测激光束位置，保证定向距离的长度，应在岩壁上合理设置点位或标志（光靶），对激光束进行校核和复位；激光束的实测方向、倾角与设计值之差宜控制在 $2'$ 以内，必要时应根据斜井长度进行误差估算。

6 开挖完成后断面复核测量的间距宜为5m，断面变化较大的部位可适当加测。斜井断面宜根据不同情况测设水平、铅垂或径向断面，断面间距可通过斜长换算。

7 有压力钢管安装需求的斜井在贯通后，宜采用金属结构净空界限断面尺寸样架进行通过性检查，避免局部欠挖造成钢管溜放和安装卡管。

5 开挖

5.1 一般规定

5.1.1 制定斜井、竖井开挖专项施工方案时，应综合考虑安全、质量、进度和环保等因素。

5.1.2 井口应锁口并牢固可靠，锁口应进行专项设计。露天斜井、竖井井口应设置高出周围地面50cm的安全挡墙，并在其上设置安全围栏，边坡与井台交接处设置排水沟。埋藏式斜井、竖井应根据围岩条件，做好支护，为满足施工需要允许技术性超挖或采取其他技术措施。

5.1.3 斜井、竖井与平洞的连接段应先加强支护再进行开挖。

5.1.4 斜井、竖井的开挖方法可根据其断面尺寸、长度、倾角、围岩特性、工期要求、施工设备、地形条件、交通条件和施工技术水平等因素进行技术经济比较后选择。

1 当竖井长度超过400m，斜井长度超过450m，宜结合围岩开挖、混凝土衬砌、钢管安装等要求，对是否设置中部施工支洞加以论证。施工支洞与竖井、斜井相交部位，至少应有25m长平段，平段宜与斜井、竖井在同一个铅垂面内。

2 埋藏式斜井、竖井导井开挖宜优先选择反井钻机法、定向钻机+反井钻机法开挖；露天斜井、竖井或埋深较浅斜井、竖井，如深度较大，且露天能够形成施工平台，开挖宜优先选择竖井掘进机开挖。

3 相邻斜井开挖掌子面应至少错开30m距离。

4 井下爆破宜采用防水炸药，起爆雷管宜采用电子数码雷管。

5 高海拔及寒冷地区斜井、竖井开挖应做好洞室保温及必要的通风、补氧措施。

5.1.5 当开挖断面大于18m²时，宜先开挖导井，然后扩挖成型。断面小于18m²时可采用一次开挖成型。

5.1.6 导孔宜采用定向钻钻进，其孔斜偏差应控制在5‰以内。

5.1.7 导井直径不宜小于2.0m，以确保溜渣顺利。

5.1.8 自上而下扩挖宜采用机械扒渣，并应采取有效措施，防止石渣堵塞导井。

1 竖井、斜井采用导井溜渣的，应定期检查导井底部堆渣量。

2 如采用人工扒渣时，爆破控制使掌子面呈漏斗状，以利溜渣。

5.1.9 斜井、竖井全断面开挖时应设置爬梯或人行通道，并在适当位置设置休息平台。

5.1.10 施工进行3个月或进尺50m时，应复核测量导线基点。

5.1.11 开挖过程中应对围岩变形进行监测，必要时应进行超前地质预报。根据监测结果，及时调整开挖方法及支护参数。

5.1.12 不良地质段，开挖前可采用预加固措施，形成的导井应防止溜渣冲击塌孔，扩挖完成后应及时支护。必要时掌子面单循环内采取分区扩挖，预先消除和解爆不利块体，避免全断面扩挖产生的较大块体堵塞导井。

5.1.13 开挖不应欠挖，应尽量减少超挖，平均径向超挖不宜大于15cm。

5.1.14 支护前应及时撬除危石并处理井壁欠挖，支护应紧跟开挖工作面进行。井壁有不利的节理裂隙组合时应加强支护。

5.1.15 施工应进行通风设计，通风量应进行计算，应保证工作面附近最小风速不得低于0.15m/s，最大风速不超过4m/s，并根据海拔高程和井内温度进行修正。反导井和超过一定深度的正导井施工应保证作业面每人每分钟3m³新鲜空气。

5.1.16 工作面渗水及施工废水宜通过集水井集中抽排，井壁渗水可引排至集水井后集中抽排。涌水和淋水段，应有防水、排水措施。

5.1.17 施工供电系统宜形成两回路供电。任一回路断电时，另一回路宜能担负施工区

全部用电负荷。不能形成两回路供电的，应有备用电源，其容量应当满足通风、排水和撤出人员的需要。

5.1.18 井洞内供配电设施、设备应具备防水功能。照明应采用安全电压，照度符合要求。

5.1.19 井上井下应有可靠的通信联络，有条件时宜采用相关信息化监控手段。

5.1.20 定向钻机、反井钻机、竖井掘进机、TBM、扒渣机、牵引设备、起重设备等的选型，应根据设备特性、设备参数、工程特点和施工方法等进行综合分析后选定。

5.1.21 施工所用的提升系统、模板系统、作业平台等设计时，应对其平面布置、基础处理、结构形式、动力设备、临时用电及通行要求等进行综合安全经济分析，然后选定方案进行详细设计，并严格按照NB/T10096 相关要求制定专项安全技术方案，并按要求完成审批、专家论证等工作。

5.1.22 斜井、竖井施工用绞车提升、钢绞线爬升、运人电梯、滑升模板、升降吊笼等设施应有过载、过流、限位、限速、自动平衡、自动防坠、牵引失效保护等装置，以及视频辅助监控。

5.1.23 瓦斯洞井及高地热、高地应力、涌水及有害气体等环境下的施工机械、电器设备等，应进行专用设备选型或普通设备改装，改装应符合安全管理的相关规定。

5.1.24 竖井施工起吊系统设计应满足扩挖机械、支护设备、衬砌台车、灌浆平台等最大荷重要求；斜井施工宜考虑扩挖、衬砌、灌浆及钢管运输等台车共轨运行的要求。

5.1.25 提升系统、模板系统、作业平台等的钢结构构件应按临时钢结构进行设计，并符合GB50017要求。

5.1.26 运输提升系统应符合GB/T3811、GB/T29086和DL 5162等规定，且满足下列要求：

- 1 采用绞车提升时，其功率和牵引力富余系数均应大于1.1。
- 2 斜井轨道提升的牵引力应考虑罐车与载荷的斜坡方向的分力，以及罐车与轨道、钢丝绳与地面的摩擦力。
- 3 竖直提升应采用阻旋转钢丝绳，吊桶应沿钢丝绳导绳升降，无导绳段吊桶升降距离不得超过40m。斜坡轨道应有防止台车下滑的措施。
- 4 采用绞车提升轨道运输的扩挖台车和运输斗车的牵引钢丝绳下方，应每隔10m设置转动灵活的托绳棍，支托钢丝绳。
- 5 过卷距离应当根据斜井、竖井倾角、设计载荷、最大提升速度和实际制动力等参量计算确定，并有1.5倍的备用系数。
- 6 钢丝绳安全系数应满足表5.1.26要求。

表5.1.26 运输提升系统钢丝绳安全系数表

用途	绞车方式	安全系数
物料专用	单绳缠绕式	≥ 6.5
	多绳摩擦式	$\geq 7.2-0.0005H$
人员专用	单绳缠绕式	≥ 9.0
	多绳摩擦式	$\geq 9.2-0.0005H$
人员和物料共用	单绳缠绕式	≥ 9.0 （混合使用） ≥ 7.5 （物料升降）
	多绳摩擦式	$\geq 9.2-0.0005H$ （混合使用） $\geq 8.2-0.0005H$ （物料升降）
注：1 同一层罐笼不得同时升降人员和物料。 2 H为钢丝绳悬挂长度（m）。		

5.1.28 人员升降宜采用沿井壁布置的施工电梯或罐笼，也可采用竖井中心布置的施工吊笼。采用施工吊笼时应符合下列要求：

1 宜沿井壁布置，采用固定在井壁上的型钢作导轨；当采用在竖井中心布置吊笼时，应设柔性导绳导向。

2 宜采用双筒绞车或同型号两台绞车提升一个吊笼，两台绞车应同步并使钢丝绳受力均衡。宜采用无级变速绞车，最大提升速度宜为40m/min。

3 应设置完善的安全保护装置。

5.1.29 竖井升降人员采用的罐笼应符合《罐笼安全技术要求》GB16542。

5.1.30 竖井升降人员采用的吊笼应符合《吊笼有垂直导向的人货两用施工升降机》GB 26557、《货用施工升降机第1部分：运载装置可进入的升降机》GB/T 100541 的规定。

5.1.31 悬挂抓岩机、吊盘、安全梯、水泵、排水管等用的钢丝绳。以及导绳、防撞绳、起重绳等应符合《钢丝绳安全使用和维护》GB/T 29086 要求。

5.1.32 竖井运输设备应设导向装置，钢丝绳作为导向装置时，丝绳宜采用金属芯钢丝绳，并设置张紧力测量装置，导绳张紧力应均衡，其直径、张紧力大小应执行有关行业规定。

5.2 竖井开挖

5.2.1 露天竖井或埋深较浅竖井，底部不具备出渣通道的，且露天能够形成施工平台，开挖宜采用自上而下全断面开挖的方法，全断面开挖宜选择下列方法：

1 竖井掘进机法SBM。

2 伞钻法。

3 人工正钻法。

5.2.2 采用竖井掘进机法全断面施工时，应遵循以下规定：

1 始发工作井施工

1) 井口需提前进行锁口施工，始发井深度应超过设备撑靴高度。

2) 始发井井壁采用立模、现浇模式进行井壁支护，支护强度应满足设备撑靴荷载要求。

3) 始发井衬后半径一般大于整体刀盘半径10cm，满足主机组装条件。

2 SBM 组装

SBM组装主要分为主机段组装、吊盘平台组装和提升系统组装3个部分，先组装主机段，然后一次始发，再安装吊盘平台、提升系统，最后二次始发。

1) 主机段采用由下至上的组装顺序，各独立部件分批入井，在井下完成组装工作。主机段完成组装后进行管线连接，进入设备调试阶段。

2) 调试阶段主机段一次始发掘进，直至掘进深度满足吊盘平台入井条件。

3) 吊盘平台采用分层法在井上安装，逐步安装每一层平台，同时布置该层设备。组装完成后，整体入井，连接电缆、稳绳、风水管线等。

4) 提升系统安装包括支撑井架、稳车系统、绞车系统安装，主要进行出渣和物料运输。

5) 整个提升系统全部安装完成并调试正常后，SBM整体开始二次始发，正常掘进。

3 SBM 调试

SBM调试主要分为组装确认、供电调试、控制调试、液压调试、功能调试5大步骤，以保证设备运行正常，状态良好。

1) 组装确认。主要检查设计组装是否正确，确认供电线路、液压管路是否连接正确、可靠。

- 2) 供电调试。主要确认各供电系统是否正常, 是否满足供电要求。
- 3) 控制调试。主要确认各供电开关、保护装置是否运行正常、可靠。
- 4) 液压调试。主要确认液压泵站是否运行正常。
- 5) 功能调试。主要确认设备开挖、出渣、推进等各个系统动作是否正常。

4 SBM 井身段施工

设备调试完成后, 复测井筒中心及设备中心, 进行始发掘进。由于井筒直径大于刀盘开挖直径, 在掘进前期, 适当加大撑靴及稳定器撑紧力, 保证刀盘开挖过程不发生偏斜。进行始发掘进时采用小贯入度、小推进速度缓慢掘进, 待设备撑靴进入井筒稳定地层后, 及时调整掘进参数, 恢复正常掘进。

1) 掘进出渣。该工序操作位于地面主控室内, 掘进时, 撑紧撑靴、稳定器, 启动斗式提升机、刮板输送机, 之后启动刀盘, 准备掘进施工。掘进施工需要根据地层寻找匹配的转速及贯入度, 根据设备设计刀盘额定转速, 设备最大掘进换步行程, 吊盘支护平台距主机设备最大间隔距离, 综合确定设备换步行程、支护段高和水管、风管等延伸长度。

2) 换步作业。换步时需要增加稳定器的撑紧力, 同时刀盘停转, 待设备停止运行后, 收回撑靴撑紧油缸, 之后收回推进缸, 将撑靴下移, 完成换步, 重新撑紧撑靴, 确认撑紧后, 降低稳定器撑紧力, 检测设备姿态后重新启动刀盘, 进行下一循环掘进。

3) 井壁支护。井壁支护与掘进主机相互独立设计, 支护作业区域位于吊盘后配套上, 不受掘进主机的影响。根据地层情况可在吊盘支护平台上进行井壁的实时支护, 依据井筒设计, 可灵活采用锚网喷支护或模板浇筑支护。

4) 管线延伸。每掘进6m后, 对管线进行延伸, 需要延长的管线有软风筒、供水管、排水管、电缆、信号线等, 管线均采用稳车钢丝绳悬挂固定。

5) 姿态调控。采取掘进自动导向系统和人工测量相辅的方式进行竖井掘进机姿态监测。

5 SBM拆卸及提升出井。

1) SBM的拆卸及提升出井总体采用组装的反工序, 利用提升系统自上而下分层进行。

2) 因受井架空间限制, 拆卸部件只能进行竖直提升, 无法直接转运, 需制作平移小车将拆卸部件平移至井架外, 再进行起吊装车转运。

3) 根据设备在井内的上下顺序, 首先提升吊盘平台出井, 将吊盘平台同主机间的管线连接断开后, 利用稳车将吊盘平台整体吊出井外, 之后配合井口平移小车及吊点, 逐层完成吊盘平台拆解工作, 可保留最上层吊盘平台作为备用吊装方式。

4) 主机的拆机、出井同样利用稳车、平移小车, 将稳绳及上层吊盘平台下放至井下, 将拆解的结构通过钢丝绳吊挂在平台下方, 随平台提升出井。重复以上操作, 依次拆除立柱、斗式提升机、撑靴及主驱动等, 再拆除稳定器、集渣仓, 然后将刀盘提升出井, 完成井下拆机。

5) 最后拆除提升系统稳车、绞车及井架。

5.2.3 采用伞钻钻爆全断面正井法施工时应遵循以下规定:

1 采用液压伞钻法全断面开挖竖井时, 应先进行锁口和钻架基础混凝土施工, 安装钻架及伞形钻机。

2 伞钻下井安装前, 应进行地面组装试验。风水管路应通过压力试验, 压力满足设备使用要求。

3 竖井内管路、线路采用井内固定吊挂法, 利用井壁锚杆固定。

4 竖井井盖采用钢木结构制作, 并设有可开启的井盖门。竖井出渣时, 井盖上应

铺钢轨、罐笼运出渣。伞钻上、下井转换挂钩时，井盖门应关闭。伞钻支撑完成前不得脱开悬吊钢丝绳，使用期间应设置保险绳。

5 爆破前，应将伞形钻架提升至适当的安全高度固定，以防爆破飞石损坏设备。

6 作业面与伞形钻架间、伞形钻架与吊盘间设安全软梯，便于人员上下交通建立联络信号。

5.2.4 人工正井法开挖应遵守下列规定：

1 应配备上下交通、通风排烟、抽排水、通信等设备及设施，必要时应有供氧系统。

2 渣斗宜密封容积不宜超过 1m^3 ，最大装渣量不宜超过渣斗容积的 $2/3$ 。

3 开挖导井应遵守下列规定：

1) 导井直径宜为 2m 。

2) 应配备上下交通、通风排烟、抽排水、通信等设备及设施，必要时应有供氧系统。

3) 渣斗宜密封，容积不宜超过 1m^3 ，最大装渣量不宜超过渣斗容积的 $2/3$ 。

4) 导井应设置安全可靠并易拆除的临时支护结构。

5) 每 15m 左右设置一避险洞，出渣时，井下人员应进洞避险。

5.2.5 竖井底部具备出渣通道的，宜采用先开挖导井再自上而下扩挖的方法。导井开挖宜选择下列方法：

1 正井法（竖井掘进机法SBM、伞钻法、人工正井法）。

2 反井法（反井钻机法（含反井钻机法、定向钻机+反井钻机法）、爬罐法、深孔分段爆破法）。

5.2.6 导井宜布置在竖井的轴心。

5.2.7 埋藏式竖井长度小于 250m 时，导井开挖宜采用反井钻机法；长度大于 250m 时，宜先采用定向钻钻设导孔，再利用反井钻机沿导孔钻进或反拉形成导井，必要时可利用导孔进行孔内摄像，探明地质情况。

5.2.8 反井钻机开挖导井应遵守下列规定：

1 工作面应满足反井钻机布置及扩孔钻头安装要求。

2 钻机基础、循环池基础和井口围岩应稳定。

3 导孔钻进宜采用清水钻进方式，并选择适用于岩石硬度的钻头。导孔钻进遇不良地质时应采用膨润土泥浆进行护壁，并加大循环量，必要时进行灌浆固结处理。

4 开孔时应采用开孔钻杆和扶正器稳定钻杆，慢速、均匀推进。

5 导孔钻进过程中，应随时观测、分析返出岩屑性状及钻进情况，判断地质、地层状况。

6 导孔偏斜率应 $\leq 1.0\%$ 。

7 导井井壁不应超过竖井设计轮廓线。

8 扩孔钻头距上口 2.5m 时，应降低钻压，慢速上提，直至终孔。

5.2.9 采用定向钻机+反井钻机开挖导井时，应遵守下列规定：

1 应选择具有复合钻进和定向钻进两种工作方式的定向钻机。定向钻机进行先导孔施工时，宜采用泥浆钻进方式。

2 钻进过程中，宜采用无线随钻测斜仪、孔内电视、电子多点测斜仪、地磁导向等综合监测手段进行监测。

1) 定向钻开孔的前 18m 采用稳定钻杆。

2) 无线随钻测斜仪纠偏测斜应随钻随测，有线测斜仪定期校核。

3) 在竖井下部理论出钻点安装磁导向系统，最后 100m 以地磁导向纠偏。

3 确定合理的钻进参数，定向钻机转速宜控制在45r/min~120r/min，并严格控制狗腿度。定向孔纠偏宜符合以下要求：

- 1) 定向孔纠偏阈值宜设定为方位角偏差 $\leq 0.2^\circ / 30\text{m}$ ，磁偏角偏差 $\leq 0.2^\circ / 30\text{m}$ ，且偏心距 $\leq 100\text{mm}$ 。
- 2) 达到纠偏标准时，应及时采用钻具定向钻进纠偏，单根钻杆纠偏长度宜 $\leq 1.5\text{m}$ 。
- 4 定期采集、测定井内磁场强度。
- 5 定向钻导孔扩孔宜采用由下向上扩孔方式进行，严格控制扩孔钻头上提速度，应由慢速逐渐转入正常速度。

5.2.10 反井钻机安装和拆除作业应遵守以下规定：

- 1 安装与拆除应制定施工技术方案、安全保证措施和应急救援预案，并进行技术和安全交底工作。
- 2 安装和拆除施工时应设置警戒区域，必要时实行封闭管理。起重作业过程中，应设专人负责指挥。
- 3 安装和拆除作业人员应培训合格，特种作业人员应持证上岗。
- 4 反井钻机在装拆、转运过程中，应对关键部件进行有效防护。

5.2.11 反井钻机安装前，应检查并确认设备安装作业环境、基础、电源、水源、洗井液池、冷却水池等满足设计及使用要求。严格按照设备的技术文件及安装技术方案执行。

5.2.12 反井钻机主机架设完成后，应对钻机中心线进行测量与校正，牢靠加固后，灌注地脚螺栓二期锚固混凝土，保证钻机可靠定位。

5.2.13 反井钻机安装完成后，应进行全面检查，根据设备的技术文件及安装技术方案进行调试和试运转。

5.2.14 反井钻机运行、维护和保养工作要求：

- 1 反井钻机运行作业场所应满足设备安全作业要求。应保证设备作业中供电、供水安全充足可靠。
- 2 作业人员进入施工现场，应按要求正确佩戴和使用安全防护装备与用品，遵守作业场所各项安全专门规定。
- 3 反井钻机应划定施工作业区域、设置警示标识，非工作人员未经批准不得入内。
- 4 反井钻机运行中，作业人员应对钻机的运转、润滑、连接、定位等工作情况进行检查，对设备的仪表参数与钻进、出渣的状态进行监控，发现问题及时处理。设备故障处理，须按规定停机后进行。
- 5 反井钻机在施工期间，各作业部位的通信联系应保持通畅。
- 6 反井钻机钻杆、钻具等入孔或入导井前必须经探伤检测合格。

5.2.15 反井钻机导孔钻进即将透孔或扩孔钻进时，井洞下口距离井中心30m范围之内严禁有人作业，并且应设置安全隔离、警示措施。井底出排渣应在反井钻机停止作业后进行。

5.2.16 深孔分段爆破施工反导井时，应遵守下列规定：

- 1 倾角 70° 以上，井深小于40m，下部有施工通道和堆渣空间。
- 2 采用钻机进行定位钻孔，钻孔精度小于1%。
- 3 进行专项爆破设计，采用可靠的爆破器材，安全的复式网络，合理的延时分段。根据岩体特性由试验确定爆破参数。
- 4 宜自下而上孔内微差分段依次起爆。
- 5 孔口应封堵。
- 6 破顶厚度宜为2.5m。

5.2.17 导井断面不满足溜渣需要时，宜自下而上人工扩挖形成导井。扩挖时，应遵守下列规定：

- 1 利用吊笼作为扩挖工作平台。
- 2 吊笼设置有稳绳。
- 3 吊笼可分层，根据需要放置材料物品和施工平台。
- 4 扩挖后的导井井壁应平整，必要时应进行喷护和加固。

5.2.18 导井形成后，应采用光面爆破逐层自上而下一次扩挖至设计边线，扩挖掌子面宜为20%~30%坡度的漏斗状。在井下钻孔、支护、溜渣作业过程井口必须封盖。

5.2.19 当围岩软弱、地下水丰富，下部没有出渣通道时，也可采用沉井法施工，利用沉井起到保护作用。沉井施工时应均匀开挖下沉防止偏斜，开挖面设置集水井及时排水。

5.2.20 一旦发生堵井，首先应查清堵塞段的位置，编制专项施工措施，经审查批复后实施。严禁施工人员从竖井下部进入堵塞段工作面处理堵井。处理堵井还应符合下列要求：

- 1 立即停止爆破开挖和溜渣作业，及时观察和分析堵井原因及堵井严重程度。
- 2 及时撤离下井口平洞内的人员和设备。
- 3 因下井口集渣未能及时清除造成的堵塞，应立即清除下井口的积渣。
- 4 因围岩塌方造成的堵井，应立即停止下井口的出渣。
- 5 疏通堵塞段的过程中，禁止人员进入下井口区域。
- 6 采用爆破振动法处理时，应控制装药量。
- 7 严禁人员登渣作业。

5.2.21 围岩稳定性较差、锚喷支护不足以保证开挖施工安全时，可采用倒挂混凝土、间隔圈梁混凝土、型钢拱架、格栅拱架等方法进行初期支护，必要时可采取超前固结灌浆方式进行围岩加固。倒挂混凝土法衬砌与开挖掌面距离不宜超过3m。间隔圈梁混凝土间距不宜超过3m。型钢拱架或格栅拱架间距不宜超过1m。

5.2.22 竖井穿过冲积层、松软岩层或煤层时，应进行有效加固。采用井圈、桁架梁或其他临时支护时，应紧随开挖掌子面进行支护，具备条件尽早进行永久支护。

5.3 斜井开挖

5.3.1 斜井底部具备出渣通道的，宜采用先开挖导井再自上而下扩挖的方法。导井开挖宜选择下列方法：

- 1 反井钻机法（含定向钻机+反井钻机法）。
- 2 人工正井。
- 3 爬罐法。
- 4 深孔分段爆破法。
- 5 TBM法。

5.3.2 对于倾角小于52.5°的斜井，经技术经济比较后，宜采用TBM自下而上进行斜井施工。采用TBM施工时应遵循以下规定：

1 TBM始发洞和辅助洞室采用钻爆法开挖时，其开挖与支护方式应符合现行行业标准DL/T 5099的有关规定。

2 敞开式TBM施工应设置始发洞。始发洞应符合下列规定：

1) 始发洞的长度按TBM主机长度确定，保证TBM始发时有足够的支撑反力，断面按支撑结构确定。

2) 始发洞宜采用钢筋混凝土衬砌, 衬砌完成后应对所有错台进行处理, 错台不得大于3mm, 衬砌背后不得有空洞。

3 TBM安装、调试与步进、掘进。TBM设备的安装、调试、步进、掘进应编制专项施工方案, 按照能源局关于超危大工程的方案执行。

4 TBM步进。TBM步进宜采用远程控制的形式, 不能采用远程控制的, 应设置专人进行安全监护。步进期间, 无关人员不得入场。

5 TBM始发与试掘进。TBM始发与试掘进之前, 应设置明确可靠的设备运行规程。

6 TBM正常掘进前, 应对 TBM 设备进行系统检查, 确保各系统正常运行; 为 TBM 施工服务的辅助设备应具备高强度生产能力; 原材料准备充足; TBM 施工和管理人员全部到位; 安全设施齐备。

7 应每天检查自动导向系统精准度确保导向准确。应对已掘进洞段进行轴线检测, 及时进行轴线纠偏。

8 TBM一般具有自动扭矩控制、自动推力控制和手动控制三种控制模式, 应根据下列地质状况合理选择:

1) 在均质硬岩条件下, 宜选择自动推力控制模式。

2) 在节理发育或软弱围岩条件下, 宜选择自动扭矩控制模式。

3) 掌子面围岩软硬不均, 如果不能判定围岩状态, 应选择手动控制模式。

9 应做好掘进方向的控制, 确保隧洞轴线符合设计要求。

10 应根据隧洞的地质条件选择合理的掘进参数。根据隧洞的围岩条件, 选择合理的支护体系。

11 应加强对刀具的检测、检查并对刀具消耗量进行统计和分析。

12 采用 TBM 法施工的隧洞应动态监测掘进前方的地质情况, 地质条件复杂的隧洞段应辅以超前钻探或其他物探方法进行探测、验证, 持续进行超前地质预测预报工作。

13 应加强洞内有害气体监测工作, 确保监测设备完好, 实时分析有害气体监测结果, 及时预警。

14 TBM 在通过地质破碎带时, 应严格控制出渣量, 并采取综合措施及时支护。

15 应加强掘进过程中的测量工作, 通过TBM 自身的纠偏转机构控制或调整 TBM 姿态。

16 TBM 进行姿态调整时, 应平缓操作, 不得强行急促转弯。

17 贯通掘进前, 应制定TBM贯通施工方案, 做好技术交底, 施工人员应明确 TBM 掘进的实时桩号及刀盘距贯通面的距离, 并按制定的施工方案实施。

18 到达终点前应做好下列准备工作:

1) 检查洞内的测量导线。

2) 在洞内拆卸时, 应检查TBM拆卸段支护情况。

3) 准备贯通所需材料、工具。

4) 设置施工接收导台、铺设滑行轨道。

5) 增加监测的频次, 并及时反馈监测结果。

19 贯通掘进的最后100m掘进时宜采用低转速、低推力、小贯入度, 并及时跟进支护。

20 敞开式TBM在软弱破碎围岩掘进时应进行初期支护, 并按设计要求进行监控量测, 确保施工安全。

21 敞开式TBM施工初期支护包括喷混凝土、挂网、锚杆施工、钢环梁施工等。喷锚支护施工中, 应做好喷锚支护施工记录, 包括喷射混凝土的强度、厚度、外观尺寸

等项的检查记录和试验报告、监控测量记录。

5.3.3 导井开孔位置应根据斜井断面面积和导井施工方法、钻进精度等因素综合确定。采用反井钻机施工的导井，开孔位置宜布置在陡斜井断面的中心略偏下。斜井导井施工还应执行5.2的规定。

5.3.4 斜井开挖尚应满足下列要求：

1 斜井上弯段工艺性扩挖应满足钻机及辅助系统的安装及运行，斜井下弯段工艺性扩挖应满足扩孔钻头安装及出渣需要。

2 主要设备选型：

1) 应根据斜井长度、倾角、地质条件确定导孔孔径，选择钻机类型。

2) 应根据岩石物理力学性质、可钻性、研磨性及地质构造等条件选择适宜的钻头。

3) 应根据岩石的密度、硬度、强度、脆性、塑性、腐蚀性、水理性质确定扩孔滚刀的齿形和布置，一般采用镶齿结构。

4) 钻机系统压力、钻速应依据岩石硬度、钻头类型及直径、滚刀结构确定。

5.3.5 斜井施工时，应有防止设备、轨道、管路等下滑的专项措施。

5.3.6 采用有轨出渣时应符合下列要求：

1 应选择与最大牵引力匹配的卷扬提升运输设备。

2 轨道在平段与斜坡连接处应以竖曲线平顺连接，并在平段的适当位置上设置可控制的挡车装置或限位装置。

3 牵引绳应与斜坡段轨道中心线一致，并设地滑轮、托辊承托。

4 斜井内宜每隔100m左右设置一个避险洞。

5.3.7 斜井开挖应遵守下列规定：

1 当围岩强度较低或遇不良地质状况时，斜井导井宜沿斜井轴线布置，以防止溜渣冲击导致断面体型变化或导井坍塌。

2 斜井扩挖施工掌子面宜近似水平布置，以便于人员钻孔。

5.3.8 导井形成后，斜井人工扩挖应自上而下进行，一次开挖至设计开挖边线，并应满足下列规定：

1 扩挖施工时，周边孔应进行光面爆破，扩挖爆破参数应经过试验确定，掌子面宜为水平面，当采用台车扩挖及支护时，也可采用与洞轴线垂直的掌子面进行施工，钻孔孔深宜为3m~4m，开挖面宜形成漏斗状。扩挖过程中，应根据岩石地质条件的变化及时调整开挖爆破参数，最大爆破粒径不应超过导井直径的1/3。

2 爆破后应及时处理井壁危石、浮石，并采取带压水冲渣。

3 每次下挖前，应将前次开挖出的井壁欠挖处理完。

4 应制定防止导井堵塞和人员坠落的措施，并满足下列要求：

1) 每循环爆破应及时出渣。井下出渣时，必须将导井井口封闭，且人员不得随意进入落渣区域。

2) 每次钻孔前应在导井口设置安全井盖，并采取井盖防滑措施。

3) 作业人员应按规定佩戴双保险，安全绳并配备防坠器。

5 斜井扩挖台车轨道可结合衬砌台车或钢管运输轨道一同设计和实施。

6 对于已经进行混凝土衬砌或固结灌浆的斜井，应按DL/T5135要求进行爆破质点振动速度监测。

7 扩挖贯通前15m，每次爆破后应检查剩余岩体完整性。当剩余长度<5m时，底部渣体作贯通安全预留不再出渣，并根据现场具体情况，确定最后两个开挖循环的爆破参数。

5.3.9 长度小于100m的斜井，扩挖施工人员上下交通可采用布置在斜井底板的爬梯，爬梯应该通过锚杆固定在底板岩石上。长度超过100m的斜井，扩挖施工人员上下交通及材料、机具运输应采用设置防坠落装置的运输台车，提升设备应采用两台同型号双卷扬机（或单筒双丝卷扬机、双桶单丝卷扬机）牵引，并配套卷扬同步变频柜保证卷扬同步，钢丝绳为阻旋钢丝绳以防止钢丝绳绞绕。同时设置应急爬梯以作备用，严禁使用淘汰的技术、工艺和设备。

5.4 爆破作业

5.4.1 爆破施工前应进行爆破试验，取得合理的爆破参数，并进行爆破设计，爆破设计的主要内容包括：

- 1 爆破区域地形、地质条件。
- 2 爆破区域周边环境、安全控制标准。
- 3 边坡轮廓、建基面、爆破区域附近建筑物及文物等防护要求。
- 4 爆破参数。
- 5 爆破器材品种。
- 6 装药方法与堵塞长度。
- 7 爆破方式与起爆方法。
- 8 总装药量与单耗。
- 9 爆破安全距离。
- 10 施工技术要求、质量、安全技术与防护措施。
- 11 地下洞室钻爆循环作业计划表。

12 绘制下列图表：钻孔平面布置图及剖面图、爆破装药结构图、装药参数明细表、起爆网络图、安全警戒范围及岗哨布置示意图。

5.4.2 在地下积水下方及复杂地质条件下实施地下爆破时，应作专项安全设计并应有切实可行的应急预案。

5.4.3 爆破前，应按照爆破设计确定的危险区域边界设置明显标志，规定爆破时间和信号，在爆破作业过程中应安排岗哨警戒，由爆破负责人统一指挥；几个临近工作面进行爆破作业时，应选择好起爆顺序，不得同时起爆。

5.4.4 爆破后人员进入工作面检查等待时间应按下列规定执行：

1 明挖爆破时，应在爆破后5min进入工作面；当不能确认有无盲炮时，应在爆破后15min进入工作面。

2 地下洞室爆破应在爆破后15min，并经检查确认洞室内空气合格后，方可准许人员进入工作面。

5.4.5 爆破施工应选择使用符合国家标准和行业标准的爆破器材。爆破器材的购买、运输、存储、收发、检验、加工和销毁等应按GB6722的规定执行。

5.4.6 地下爆破时，应明确划定警戒区，设立警戒人员和标识，并应采用适合井下的声音信号。发布的“预警信号”“起爆信号”“解除警报信号”，应确保受影响人员均能辨识。

5.4.7 在斜井、竖井运输爆破器材，应遵守下列规定：

- 1 事先通知卷扬工和信号工。
- 2 在上下班或人员集中的时间内，不应运输爆破器材，且炸药与雷管不得同罐运输。
- 3 除爆破人员和信号工外，其他人员不应与爆破器材同罐乘坐。
- 4 运送硝化甘油类炸药或雷管时，罐笼内只准放1层爆破器材箱，不得滑动；运送

其他类炸药时，炸药箱堆放的高度不得超过罐笼高度的2/3。

5 用罐笼运输硝化甘油类炸药或雷管时，升降速度不应超过2m/s；用吊桶或斜坡卷扬设备运输爆破器材时，速度不应超过1m/s；运输电雷管时应采取绝缘措施。

6 爆破器材不应在井口或井底区域停留。

5.4.8 装药完成后，应将剩余爆破器材及时撤出现场，退回爆破器材库。

5.4.9 采用电力起爆时，爆破主线、区域线、连接线，不应与金属物接触，不应靠近电缆、电线、信号线、轨道等；爆破导线应使用绝缘良好的柔性电线或电缆，起爆网络的所有接头都应用绝缘胶布严密包裹并高出水面。

5.4.10 地下爆破出现不良地质或渗水时，应及时采取相应的支护和防护措施；出现严重地压、岩爆、瓦斯突出、温度异常及炮孔喷水时，应立即停止爆破作业，制定安全方案和处理措施。

5.4.11 斜井、竖井开挖爆破，起爆时井内不应有人；井内的施工提升悬吊设备、井盖等，应提前提升到爆破设计规定的爆破安全范围之外。

5.4.12 爆破后，应进行充分通风，检查处理边、顶拱安全，做好支护，确认爆破作业场所空气质量合格、通风良好、环境安全后方可进行下一循环作业。

5.4.13 斜井、竖井爆破作业除遵守上述规定外，还应严格遵守GB6722、DL/T5135要求。

6 支护

6.1 一般规定

6.1.1 锚杆、锚桩、锚索工程施工前，应根据设计要求、现场地质条件和环境条件编制专项施工组织设计、施工工艺试验大纲，进行必要的现场工艺试验。应包括（但不限于）下列内容：

- 1 工程概述。
- 2 施工布置。
- 3 施工程序。
- 4 岩石锚杆施工。
- 5 喷射混凝土施工。
- 6 钢支撑制作与安装。
- 7 进度计划。
- 8 劳动力、材料和设备等资源的配置计划。
- 9 质量、安全、环保、职业健康等管理及保证措施。

6.1.2 每批水泥、锚杆原材料均应附有生产厂的质量证明书。

6.1.3 注浆锚杆的水泥砂浆必须在试验室进行配合比试验。

6.1.4 水泥砂浆中含有速凝剂应保证24h以内达到设计抗拔强度。

6.1.5 当遇岩溶、断层、破碎带或不稳定块体等特殊地质条件时，应及时进行处理或局部加固。对可能发生大体积围岩失稳现象时，宜采取超前支护或预应力锚杆加固等措施。

6.1.6 斜井、竖井开挖后，围岩呈现明显塑性流变或高应力易发生岩爆的岩体，应及时采取钻设应力释放孔、注水降低围岩表面张力等措施降低岩爆强度。

6.1.7 对下列特殊地质条件的锚喷支护结构，应通过试验或专门研究后确定：

- 1 断层或地质破碎带。
- 2 未胶结的松散岩体。
- 3 大面积渗水地段。
- 4 能引起严重腐蚀的地段。

6.2 喷锚支护

6.2.1 导井临时支护结构应容易拆除，不应影响竖井、斜井扩挖施工。

6.2.2 扩挖时井壁岩石应按设计要求紧跟扩挖工作面锚喷支护。支护作业应在作业台上进行。

6.2.3 井内喷射混凝土宜采用潮喷工艺。混凝土喷射机宜设置在井口上或扩挖台车上，输料管除喷头部位采用一定长度的软管。

6.2.4 初期支护其它应执行GB50086、DL/T5181的要求。

6.2.5 锚杆钻孔施工：

- 1 根据设计要求和围岩情况确定孔位，做出标记，开孔位置允许偏差为10cm。
- 2 系统锚杆孔轴方向一般应垂直于开挖轮廓线；当设计有特殊要求时，按设计要求的方向钻孔。局部加固锚杆的孔轴方向一般与可能滑动方向相反并与可能滑动面的倾向成约45°的交角。各种锚杆的角度偏差应符合设计要求。
- 3 钻孔前须选好钻头尺寸。若采用“先注浆后插杆”的程序，钻头直径应比锚杆直径大15mm以上。若采用“先插杆后注浆”的程序，孔口注浆时，钻头直径应比锚杆直径大25mm以上；孔底注浆时，钻头直径应比锚杆直径大40mm以上。

- 4 孔深允许偏差为 $\pm 50\text{mm}$ 。
- 5 孔内的岩粉和积水必须清除干净。

6.2.6 锚杆安装施工规定：

1 安装锚杆前，应做好检查工作，锚杆原材料型号、规格、品种、锚杆各部件质量及技术性能应符合设计要求。

2 在Ⅳ类、Ⅴ类围岩及特殊地质围岩中开挖的斜井竖井，应根据现场具体情况先喷混凝土或挂网喷混凝土，再安装锚杆。为防止塌孔，应在锚杆孔钻完后及时安装锚杆杆体。当成孔困难时，可采用自钻式注浆锚杆或管式锚杆。

3 锚杆造孔可与开挖平行作业，但锚杆注浆后周围洞室的爆破必须控制在允许爆破振动质点速度以内。

4 锚杆注浆规定：可根据实际工况选用“先注浆，后插杆”或“先插杆，后注浆”的方式施工。

1) 采用先注浆后插杆方式，注浆管应插入孔底，然后拔出 $50\text{mm}\sim 100\text{mm}$ 开始注浆，注浆管随浆液的注入缓慢匀速拔出，使孔内填满浆体；对仰斜孔先插杆后注浆时，应在孔口设置止浆器及排气管，待排气管或中空锚杆空腔出浆时方可停止注浆；当遇塌孔或孔壁变形，注浆管插不到孔底时，应对锚杆孔进行处理或择位补打锚杆孔。

2) 采用先插杆后注浆方式，应根据孔口注浆或孔底注浆的不同，设置进浆管和回浆管，并与锚杆同时安装完成后进行注浆，钻孔应满足6.2.5之规定。

5 锚杆砂浆稠度必须适宜，以保证浆液饱满。

6 非预应力锚杆杆体应全长采用注浆料固结，预应力锚杆应按设计的锚固段和张拉段分别采用注浆料固结，其中锚固段，锚杆注浆均应采取措施保证注浆饱满密实，锚杆的杆体长度和浆体的饱满密实度应采用无损检测方法检验。

7 锚杆安装后，在注浆体强度达到70%设计强度前，不得敲击、碰撞和牵拉。

6.2.7 喷混凝土施工规定：

1 原材料与混合料应按照设计要求进行质量检测，检查合格后方可使用。

2 喷射混凝土的设计强度不应低于C25。

3 喷射混凝土厚度不宜小于 50mm ，挂网喷混凝土的厚度不宜小于 100mm 。

4 一次喷射厚度不能太厚，一般控制在 50mm 以内。第二次喷混凝土应在第一层混凝土终凝1小时后进行。

5 喷射混凝土冬期施工喷射作业区的气温不应低于 5°C ；混合料进入喷射机的温度不应低于 5°C ；普通硅酸盐水泥配制的喷射混凝土低于设计强度的30%时，以及矿渣水泥配制的喷射混凝土低于设计强度的40%时，喷射混凝土不得受冻。

6 喷射混凝土终凝2小时后应进行喷水养护，养护时间不少于7天。

7 喷射混凝土厚度监测宜采用钻孔取芯方式进行。

6.2.8 钢筋网喷射混凝土施工规定：

1 锚喷联合支护中的钢筋网的钢筋规格、钢材质量、网格尺寸，应满足设计要求。钢筋使用前应做除锈、除污处理。

2 钢筋网宜紧贴开挖面，并应与锚杆（或插筋）连接牢固。

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。

4 喷射混凝土作业除应遵守6.2.7的有关规定外，还应遵守下列规定：

1) 应适当减小喷头与受喷面的距离，并调节喷射角度，避免喷头正对钢筋。

2) 如发现脱落的混凝土或大量回弹物被钢筋网架住，应及时清除，清理完后及时补喷混凝土。

5 喷射混凝土应填满钢筋与岩面之间的空隙，并与钢筋黏结良好。钢筋网的混凝土

土保护层厚度应符合设计要求。

6.3 钢拱架、钢筋网联合支护施工规定

6.3.1 钢拱架可采用型钢、钢筋进行制作，制作及安装应满足设计要求。

6.3.2 架设钢拱架应符合下列要求：

- 1 钢拱架安装允许偏差：横向间距和高程均为 $\pm 50\text{mm}$ ，垂直度为 $\pm 2^\circ$ 。
- 2 钢拱架立柱应支立于可靠的基础上。
- 3 钢拱架与岩面之间应楔紧。相邻钢拱架之间应连接牢靠。

4 全断面开挖时每榀钢拱架至少应与3根~5根锚杆相连接；分层开挖时，上层钢拱架每榀至少有5根~7根锚杆与之相连焊接牢固，并设置锁脚锚杆，锁脚锚杆打设角度为 45° 左右。

6.3.3 钢筋网宜连续铺设。采用双层钢筋网，第二层钢筋网应焊接固定在钢拱架上。

6.3.4 喷射混凝土作业应保证钢拱架与岩面之间的空隙充填密实。除可缩型钢拱架的可缩节点部位外，钢拱架应被喷射混凝土覆盖。

7 衬砌

7.1 一般规定

- 7.1.1 斜井、竖井衬砌前应对开挖断面进行测量复核，对欠挖、侵界等进行处理，并应对基岩面进行清理、验收。
- 7.1.2 地下水发育地段，应采取有效措施封闭出水点或将水引至混凝土浇筑仓外。
- 7.1.3 衬砌前应根据设计要求、工程施工条件、结构物特征、工程总进度等编制施工方案，确定模板类型、钢筋连接形式、混凝土运输方式、浇筑及养护方法等。
- 7.1.4 混凝土下料系统的设计应保证混凝土不离析及施工安全，混凝土水平运输宜采取混凝土搅拌车，混凝土垂直运输可采泵送、溜槽、溜管（常压、负压）、斜坡胶带机等入仓方式，有条件时也可采用吊罐入仓。
- 7.1.5 斜井、竖井混凝土溜送系统应加配缓降装置，缓降装置的安装间距和型式应经试验确定，间距不宜超过30m。溜送系统应可靠固定，并方便检修及更换。
- 7.1.6 斜井、竖井与其他洞室连接部位不规则断面的混凝土衬砌宜采用拼装模板。
- 7.1.7 模板台车及滑模应有足够的强度、刚度和稳定性，钢板厚度不宜小于10mm。
- 7.1.8 滑模支撑构件及提升（拖动）设备应保证模板均衡滑动，导向构件应保证滑动方向准确。
- 7.1.9 采用滑模衬砌时应根据混凝土初凝时间、滑升速度，合理安排钢筋安装、爬杆接长、混凝土浇筑等工序循环作业时间，保证连续施工。
- 7.1.10 脱模时间应根据混凝土性能、井内温度、断面形状等因素确定。混凝土衬砌时应按以下要求控制混凝土脱模强度：滑模不小于0.3MPa、滑框倒模不小于0.4MPa、钢模台车不小于0.5MPa。
- 7.1.11 寒冷、高温季节进行混凝土衬砌及钢管焊接时，应制定保温或降温措施。
- 7.1.12 斜井、竖井采用钢管衬砌时，应按下列规定执行：
- 1 钢管安装应自下而上并与混凝土浇筑施工分段、交替进行。
 - 2 定位节相邻管节安装应在其混凝土达到设计强度的75%（或5MPa以上）后进行。
 - 3 混凝土运输设施不应影响钢管运输。
 - 4 钢管端头应设置堵头模板。
- 7.1.13 钢管制作安装应按DL/T5017执行。

7.2 竖井衬砌

- 7.2.1 竖井混凝土衬砌宜采用滑模施工，也可采用滑框倒模，长度短时亦可采用定型模板或组合模板，断面较小时也可采用筒形模板。
- 7.2.2 采用定型模板或者组合模板施工时，模板及其支撑体系应进行详细设计，并附计算书。
- 7.2.3 滑模模板高度宜控制在120cm~150cm，滑模及滑框倒模应设计成上大下小、锥度宜为0.1%~0.3%，以利于滑升，模板1/2高度处的断面尺寸应与设计结构截面相同，模板上、下口尺寸允许偏差值均为±5mm。
- 7.2.4 滑模及滑框倒模衬砌时，钢筋安装应按下列规定执行：
- 1 钢筋安装的位置应准确，符合设计要求，且其安装的进度应与模板滑升速度相适应，确保模板顺利滑升。
 - 2 应保证竖向钢筋下端位置准确，上端用限位支架固定，双层钢筋结构应采用拉筋定位。
 - 3 采用圆钢、钢管作支承杆时，可等强度替代部分结构钢筋。

7.2.5 滑模模体的结构型式应按下列规定设计，专业厂家生产设计的应附出厂合格证等相关资料：

- 1 混凝土摊铺层厚度应与混凝土的施工工艺和振捣器的性能相适应，宜为0.2m~0.4m。
- 2 浇筑宜对称交圈、均匀布料，预留孔洞周边应对称平齐。
- 3 滑模的偏斜度应控制在1%以内。
- 4 每提升一个浇筑层，应全面检查偏移情况，做出记录，及时调整。操作平台较小偏移时应及时调平，操作平台累积偏移量超过5cm时应停止滑升进行处理。

7.2.6 滑框倒模宜采用轻质面板，面板沿滑动方向的长度宜大于1500mm，单块面板宽度宜为300mm。脱模操作架应安全可靠、便于倒模。模板应及时清理，涂刷脱模剂。变形、损坏的模板应更换。

7.2.7 较小断面的竖井宜采用筒形模板浇筑，模板与芯架宜采用绞轴式连接，模板高度宜控制在3m以内。

7.2.8 竖井钢管混凝土衬砌应符合以下要求：

- 1 钢管安装应采取垂直吊运。焊接工作平台可悬挂固定于已安装的钢管上，随钢管安装而上升。连续安装高度宜为20m~30m，验收合格后分仓连续浇筑至离钢管管口最低点约50cm。
- 2 钢管混凝土上升速度应与钢管承载能力相匹配，混凝土应分层、平起、对称、均匀浇筑。

7.3 斜井衬砌

7.3.1 倾角 $>48^\circ$ 的斜井钢筋混凝土衬砌施工应优先采用滑模施工方式。

7.3.2 斜井宜先进行下弯段钢筋混凝土衬砌。弯段钢筋混凝土衬砌宜采用定型钢模板，也可采用木模板。斜井直线段钢筋混凝土衬砌宜优先采用滑模施工方式，滑模施工应遵守DL/T5400的有关规定。

7.3.3 滑模牵引方式宜采用连续拉伸式液压千斤顶抽拔钢绞线，也可以采用穿心式液压千斤顶、卷扬机、爬轨器等方式。

7.3.4 滑模模体的结构型式应按下列规定设计（专业厂家生产设计的应附出厂合格证等相关资料）：

- 1 应将模板设计成上口大、下口小的锥体，模板锥度宜为0.4%~0.6%。
- 2 模体应包括模板系统、牵引系统、轨道系统、送料系统、通信信号系统等部分，模板应由面板、加劲肋、纵向檩条和支撑桁架等组成，宜设计成组合结构。模板面板宜采用4mm~10mm厚的钢板制作。要求按檩条的最大变形量 $f_{\max} \leq 1\%$ 计算跨度。支撑桁架节点变形应小于3mm。

7.3.5 滑模模体的设计荷载应包括下列内容：

- 1 模体自重，按实际质量计算。
- 2 施工荷载，包括操作人员、材料和机具设备质量。
- 3 顶拱新浇混凝土（包括超挖部分）及钢筋自重，按实际质量计算。
- 4 混凝土对模体的侧压力及倾倒混凝土时的冲击力，按DL/T 5400的规定计算。
- 5 新浇混凝土对模体的浮托力。
- 6 模体与混凝土之间的摩阻力。
- 7 模体前、后轮与轨道及垫板之间的滚动摩擦力。

7.3.6 滑模牵引系统的设计应遵守下列规定：

- 1 地锚、岩石锚固点和锁定装置的设计承载能力，应不小于总牵引力的3.0倍，且

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/598131053064006073>