

ICS 27.140

P 59

备案号: J907—2009

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL / T 5407 — 2009

水电水利工程斜井竖井施工规范

Construction specification of inclined shaft and vertical shaft for hydropower and water resources engineering



2009-07-22 发布

2009-12-01 实施

中华人民共和国国家能源局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	2
3 总则	3
4 地质	5
5 测量	6
6 斜井开挖及支护	8
7 竖井开挖及支护	13
8 斜井衬砌	17
9 竖井衬砌	20
10 固结灌浆	23
11 质量控制	24
12 施工安全	26
条文说明	29

前 言

本标准是根据《国家发展改革委办公厅关于下达 2004 年行业标准项目计划的通知》（发改办工业〔2004〕872 号）的要求进行制定的。

斜井、竖井是水电水利工程中的重要建筑物，施工难度大，有明显的特殊性。为了规范水电水利工程斜井、竖井施工，以利于保证工程质量、施工安全和施工进度，提高经济效益和社会效益，特制订本标准。

本标准包括斜井开挖及支护、竖井开挖及支护、斜井衬砌、竖井衬砌、固结灌浆、质量控制、施工安全等内容。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业水电施工标准化技术委员会归口并负责解释。

本标准负责起草单位：中国水利水电第一工程局有限公司。

本标准主要起草人：常焕生、茹彩江、冯兆彤、王振军、曲秀利、常鑫、李国全等。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化中心（北京市白广路二条一号，100761）。

1 范 围

本标准规定了水电水利工程斜井、竖井施工的技术要求和施工质量检查的内容及合格标准以及施工安全技术要求。

本标准适用于大中型水电水利工程斜井、竖井施工，小型水电水利工程斜井、竖井施工可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

- DL/T 5017 水电水利工程压力钢管制造安装及验收规范
- DL/T 5099 水工建筑物地下开挖工程施工技术规范
- DL/T 5110 水电水利工程模板施工规范
- DL/T 5135 水电水利工程爆破施工技术规范
- DL/T 5144 水工混凝土施工规范
- DL/T 5148 水工建筑物水泥灌浆施工技术规范
- DL/T 5162 水电水利工程施工安全防护设施技术规范
- DL/T 5169 水工混凝土钢筋施工规范
- DL/T 5173 水电水利工程施工测量规范
- DL/T 5181 水电水利工程锚喷支护施工规范
- DL/T 5370 水电水利工程施工通用安全技术规程
- DL/T 5371 水电水利工程土建施工安全技术规程
- DL/T 5373 水电水利工程施工作业人员安全技术操作规程
- DL/T 5400 水工建筑物滑动模板施工技术规范

3 总 则

3.0.1 制定斜井、竖井施工方案时，应综合考虑安全、质量、进度等因素。

3.0.2 斜井、竖井工程施工组织设计，应包括（但不限于）下列内容：

- 1 工程概况。
- 2 施工布置及辅助设施。
- 3 施工方法。
- 4 进度计划。
- 5 劳动力、材料和设备等资源的配置。
- 6 安全和质量技术措施。

3.0.3 应对施工人员进行安全教育，认真执行安全操作规程，严格遵守劳动保护法令和卫生标准，不断改善劳动条件，做好职业病的预防，防止发生伤亡事故。

3.0.4 在施工过程中，应对围岩稳定进行监测，并及时反馈监测信息指导设计和施工。

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。

3.0.6 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。

3.0.7 施工中应遵守国家有关环境保护法令。对合同规定的施工区域，应制定专项环保措施，在施工中认真贯彻执行。

3.0.8 井下爆破宜采用防水炸药。起爆雷管应采用非电雷管。

3.0.9 寒冷及高寒缺氧地区斜井、竖井开挖应选择适宜的施工方法和施工机械，采取保温防冻措施；应加强通风，必要时应有补氧措施。

3.0.10 斜井、竖井开挖、支护施工（包括不良地质段施工）除遵守本标准的规定外，还应遵守 DL/T 5099、DL/T 5181 的有关规定。

3.0.11 对于开挖直径超过 10m、长度（深度）超过 100m 或处于不良地质条件的斜井、竖井，施工过程中应进行安全监测。斜井、竖井施工监测按 DL/T 5099 的规定执行。

3.0.12 斜井、竖井混凝土衬砌施工除遵守本标准的规定外，还应遵守 DL/T 5110、DL/T 5144、DL/T 5169 和 DL/T 5400 的有关规定。

3.0.13 斜井、竖井固结灌浆施工除遵守本标准的规定外，还应遵守 DL/T 5148 的有关规定。

4 地 质

4.0.1 施工前,应收集工程地质及水文地质资料,主要包括:

- 1 地层岩性,特别是松散、软弱、崩解、膨胀和易溶岩层的分布。
- 2 地质构造条件,特别是断层、节理裂隙密集带、破碎带等的位置、产状和规模等。
- 3 水文地质条件,含水层的分布、水位、水温、水质、涌水量,特别是涌水量丰富的含水层、强透水带和补给水源的情况。
- 4 易溶岩区,岩溶洞穴的发育层位、规模和充填情况。
- 5 岩体应力状况,地温情况。
- 6 有害气体或放射性元素的性质、含量及其分布范围。
- 7 井口处边坡的稳定条件,浅埋、傍山及高水头斜井、竖井地段山体的稳定性。
- 8 岩石分级和围岩工程地质分类按 DL/T 5099 的规定执行。

4.0.2 在开挖过程中,应及时掌握地质条件变化情况。当发现与已有的地质资料有较大差异时,应做好记录,并及时提交有关单位,研究采取相应的处理措施。

4.0.3 施工中应根据地质条件和设计要求制定开挖和支护方案,并根据开挖的实际地质情况,及时进行调整。对于不良地质地段,应进行超前探测。

5 测 量

5.0.1 斜井、竖井施工测量的基本任务，除 DL/T 5099 要求的以外，还应包括以下工作：

- 1 进行斜井、竖井内测量控制点（线）的布置、测设和检测。
- 2 对斜井、竖井的轴线、重要参照线、高程和开挖断面进行放样。
- 3 实测贯通误差，根据情况进行调整。
- 4 对斜井、竖井混凝土施工设备定位、轨道安装进行放样，并在运行中进行检测；采用钢管衬砌的，对钢管安装轴线进行放样及检测。

5.0.2 贯通测量技术设计应在开工前进行，贯通测量极限误差、中误差及分配原则执行 DL/T 5173 的规定，相向开挖长度应包括支洞以及传递到斜井、竖井的各种平洞长度在内；实际贯通面宜布置在斜井、竖井及其可以延伸的范围内。

5.0.3 工程开工之前，应根据斜井、竖井的设计轴线，拟定平面和高程控制略图，按 DL/T 5173 的规定，进行预期误差的估算，以便确定洞外和洞内的控制等级和作业方法。

5.0.4 洞外、洞内平面及高程控制测量的各项技术要求，除按 DL/T 5173 的规定执行外，还应遵守下列规定：

- 1 进洞加密控制点的布设应有足够的稳定性。
- 2 应在斜井、竖井开始施工前设置近井控制点，并以基本导线的精度进行施测；其成果应及时换算为斜井、竖井相对施工坐标系统成果，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。

- 4 基本导线可采用全圆方向法进行观测，也可采用左右角观

测法。

5 洞内的高程控制，必要时可通过精度估算确定等级。

6 在斜井、竖井内使用全站仪进行测量时，应保证仪器架设稳固，保证仪器的整平和对中精度。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。

5.0.5 斜井、竖井施工放样按下列要求进行：

1 开挖轮廓点、混凝土衬砌轮廓点的放样误差及竣工断面点测量误差按 DL/T 5173 的有关规定执行；钢管衬砌的放样误差按 DL/T 5017 的有关规定执行。

2 竖井的开挖与衬砌测量放样可采用重锤（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光电测距极坐标法、全站仪坐标法等进行。

3 斜井的开挖和衬砌测量放样可用经纬仪、全站仪、激光定向仪等进行，宜根据实际情况应用 TAPS-非接触自动极坐标测量系统、光电测距极坐标法、全站仪坐标法、激光定向技术和放样仪等。

采用激光定向技术时，应加强对激光束位置的检测，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），以便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。

采用经纬仪真伪倾角法放样时，有关垂直角的计算方法见 DL/T 5173。

4 断面测量的间距一般为 5m，对断面变化较大的部位，可适当加测断面。斜井断面根据不同情况可以测设水平、铅垂或径向断面，断面间距可通过斜长换算。

5 宜选用无需反射棱镜的光电测距仪进行测量。

5.0.6 测量资料整理按 DL/T 5173 的有关规定执行。

6 斜井开挖及支护

6.1 一般规定

6.1.1 斜井与平洞连接处,应对连接段进行加强支护或必要的加固后再开挖。

6.1.2 斜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选择。

6.1.3 当斜井长度超过 450m,有条件时应设施工支洞。当斜井分为上、下两段同时施工时,上、下两段之间应保留岩塞,岩塞长度应不小于 2 倍斜井直径并不小于 10m。施工支洞与斜井相交部位,至少应有 25m 长平段,平段宜与斜井在同一个铅垂面内。

6.1.4 斜井出渣采用卷扬机运输时,应符合下列条件:

1 铺设斜坡轨道时,应有防止轨道下滑措施。

2 轨道斜坡段与平段应以竖曲线连接,并在适当位置上设置能够控制的挡车装置。

3 牵引绳应与斜坡段轨道中心线一致,并设地滑轮承托。

4 车辆运行速度,不宜超过 1m/s。

5 斜坡段应设置人行道与安全扶手,人行道边缘与车辆外缘的距离不宜小于 30cm。

6 斜井内宜每隔 100m 左右设一个避车洞。

6.1.5 斜井采用泄槽溜渣时,应根据斜井倾角确定泄槽形式,并设置可靠的安全保护设施。

6.1.6 开挖导井和扩挖时,应及时出渣,不应使石渣堆积致使下井口被堵塞。

6.1.7 斜井采用自上而下全断面开挖方法时,应遵守下列规定:

1 必须做好井口支护, 确保井口稳定, 采取措施, 防止井台上杂物坠入井内; 对于露天斜井, 应预留 3m~5m 宽的井台, 边坡与井台交接处挖排水沟; 对于埋藏式斜井, 应根据围岩条件, 做好支护, 必要时, 应先衬好顶拱。

2 提升设备应有专门设计。

3 涌水和淋水地段, 应有防水、排水措施。

4 井壁有不利的节理裂隙组合时, 应及时加强支护。

6.2 导 井 开 挖

6.2.1 断面面积大于 18m^2 的斜井, 宜先开挖导井, 再扩挖到设计开挖边线。

6.2.2 导井位置应视斜井断面面积和导井施工方法、钻进精度等因素综合确定。采用爬罐或人工开挖的导井宜布置在斜井断面的下部, 距斜井设计开挖底边线 70cm~100cm。采用反井钻机施工的导井, 宜布置在斜井断面的中心。

6.2.3 长度小于 250m、倾角大于 45° 的斜井, 导井开挖宜采用反井钻机, 也可采用爬罐; 长度大于 250m 的斜井, 宜采用爬罐开挖反导井, 必要时人工开挖正导井相配合, 正导井的长度不宜超过 150m。

6.2.4 采用反井钻机开挖导井应遵守下列规定:

1 上弯段为满足反井钻机的安装及运行, 下弯段为满足扩孔钻头安装及出渣的需要, 均需进行局部扩挖。

2 导孔钻进宜优先采用清水钻进方式, 并应选择适用于岩石硬度的导孔钻头。

3 为保证导孔精度, 开孔时应采用开孔钻杆和扶正器, 慢速、均匀推进。

4 导孔钻进过程中, 应随时观测、分析钻进情况及返出岩屑性状, 为扩孔钻进、孔壁维护提供参考。

5 导孔钻进遇不良地质条件时, 应采用优质膨润土配制泥浆

进行护壁，并加大循环量，必要时先灌注混凝土或进行灌浆处理，再钻孔。

6 钻孔偏斜率应不大于 1.0%。

7 应根据岩石的硬度、磨蚀性确定扩孔滚刀的齿形和布置，一般采用镶齿结构。

8 严格控制扩孔钻头上提速度，应由慢速逐渐转入正常速度。

9 钻机系统压力应依据岩石硬度大小进行调整。

10 钻头距斜井上口 2.5m 时，应降低钻压，慢速上提，直至终孔。

11 反井钻机开挖的斜井导井断面不能满足溜渣需要时，应自下而上先将导井扩挖至直径 3m 左右，再自上而下进行扩挖。

6.2.5 采用爬罐开挖反导井应遵守下列规定：

1 爬罐轨道安装前，先在反导井下井口开挖领先导井，开挖深度约为 5m，断面尺寸同反导井。反导井井脚开挖深度不小于 4.5m，圆弧半径应满足爬罐轨道安装要求。

2 应在下平段搭设安装、检修平台，平台以下应留有出渣通道。宜采用钢结构悬挂平台。平台长度宜不小于 16 m，宽度宜不小于 4m。

3 导井开挖断面宜为 2.5m×2.5m（宽×高）。

4 爆破后应进行导井内的通风排尘。同时，在下平段采用混合通风方式进行通风。在爬罐吊笼内应备有氧气袋作为应急之用。

5 爬罐与下平段安装、检修平台之间应有可靠的通信联络系统。

6 在不良地质段开挖反导井，应采取短进尺、弱爆破的措施，及时进行支护和排水，必要时进行超前勘探。应适当加长爬罐轨道锚杆。

6.2.6 人工开挖正导井应遵守下列规定：

1 导井开挖断面宜为 2.5m×2.5m（宽×高）。

2 一般采用人工装渣,由提升系统将石渣提升到上弯段,通过自动翻车装置卸渣。渣斗容积不宜超过 1m^3 ,最大装渣量不宜超过渣斗容积的 $2/3$ 。提升系统的布置、安全系数等应符合 DL/T 5370 的有关规定。

3 在斜井导井内每进尺 15m 左右,打一避车洞,出渣小车运行时,施工人员应到避车洞躲避。

4 开挖工作面应配备有效的排水设备,及时排除积水。

5 爆破后,应排净炮烟后人员方可下至工作面。

6.2.7 正、反导井贯通,必须制定专项施工技术措施和安全措施。当岩塞厚度 $\leq 15\text{m}$ 时,应采用反导井单向开挖方式,每次爆破后应准确测量正、反导井之间的岩塞厚度;当岩塞厚度 $\leq 5\text{m}$ 时,应在正导井中心线附近钻设 2 个~3 个超前探孔,连通正、反导井,以验证岩塞厚度和贯通偏差,并据此确定最后两个开挖循环的爆破参数。

6.3 扩大开挖

6.3.1 斜井导井形成后扩挖应自上而下进行,一次扩挖至设计开挖边线。扩挖施工掌子面宜大致垂直于斜井轴线。应严格控制钻孔深度、角度和孔位偏差,周边孔应进行光面爆破。每次下挖前,应将前次开挖出的井壁欠挖处理完。

6.3.2 自上而下扩大开挖,应制定防止导井堵塞和人员坠落的措施。井内人员上下、器材吊运的运输工具应进行专门设计。

6.3.3 扩挖爆破参数应经过试验确定。扩挖过程中,应根据岩石地质条件的变化随时调整开挖爆破参数,避免堵井。

6.3.4 一旦发生堵井,首先应查清堵塞段的位置,采取安全可靠的措施进行疏通。施工人员不得从斜井下部进入堵塞段工作面处理堵井。

6.3.5 断面较大的斜井扩挖施工应配备作业台车。扩挖作业台车宜由一台双筒慢速卷扬机牵引,或由两台同型号慢速卷扬机同时

牵引, 两台卷扬机应调整到尽量同步。宜采用一根钢丝绳绕过安装在作业台车上的平衡轮与两台卷扬机相连接, 并在钢丝绳与台车相连处设置保护绳。

6.3.6 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, 爬梯两侧应设护栏。长度超过 100m 的斜井, 扩挖施工人员上下交通及材料、机具运输应采用运输台车, 其提升卷扬机宜采用无级变速卷扬机, 最大提升速度可为 30m/min。同时, 设置爬梯, 以作备用。

6.3.7 扩挖台车和运输台车的牵引钢丝绳下方应每隔 10m 左右设置一托辊, 支托钢丝绳。

6.3.8 提升扩挖台车和运输台车的卷扬机的提升能力, 应为计算最大提升力的 1.5 倍~2.0 倍。扩挖台车和运输台车牵引系统的布置和安全系数, 应符合 DL/T 5370 的有关规定。

6.4 支 护

6.4.1 导井临时支护结构应容易拆除, 不应影响斜井扩挖施工。

6.4.2 扩挖时应对井壁(包括底拱)进行系统锚喷支护, 支护应紧跟扩挖工作面。支护作业应在作业台车上进行。

6.4.3 斜井内喷射混凝土宜采用湿喷工艺。混凝土喷机宜设置在井口上或扩挖平台车上, 输料管除喷头部位采用一定长度的软管外, 其余部分宜采用钢管。

7 竖井开挖及支护

7.1 一般规定

7.1.1 竖井井口岩石应可靠锚固。井口应设置高出周围地面 50cm 的安全挡墙，并在其上按规定高度设置安全围栏。井口应采用钢木结构进行覆盖，但需预留爆破冲击波释放通道。吊笼穿过覆盖结构处应设活门，吊笼穿过时打开，吊笼穿过后盖上。

7.1.2 竖井内上下运输人员的设备宜采用建筑施工升降机，靠井壁布置。当采用吊笼时，宜靠井壁布置，采用固定在井壁上的型钢作导轨。如果在竖井中心布置吊笼，应该设柔性导绳。提升吊笼的卷扬机的提升能力，应为计算最大提升力的 1.5 倍~2.0 倍。宜采用无级变速卷扬机，最大提升速度宜为 40m/min~50m/min。

7.1.3 乘人吊笼必须设置完善的安全保护装置。宜采用双筒卷扬机或两台同型号卷扬机提升一个吊笼，两台卷扬机应调整到尽量同步，并应采取措施保证钢丝绳受力均衡。

7.1.4 竖井内应设两层悬吊平台，下层平台用来覆盖导井井口，上层平台作为支护工作平台并在放炮时存放材料和工器具。

7.1.5 竖井的开挖方法可根据其断面尺寸、深度、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选择。

7.1.6 当竖井深度超过 400m 时，应设施工支洞。当竖井分为上、下两段同时施工时，上、下两段之间应保留厚度不小于 2 倍竖井直径并不小于 15m 的岩塞。

7.1.7 开挖导井和扩挖时，应及时出渣，不应使石渣堆积致使下井口被堵塞。

7.1.8 竖井采用自上而下全断面开挖方法时，应遵守下列规定：

1 应做好井口支护,确保井口稳定,采取措施,防止井台上杂物坠入井内。对于露天竖井,应预留 3m~5m 宽的井台,边坡与井台交接处挖排水沟;对于埋藏式竖井,应根据围岩条件,做好支护。

2 提升设备应有专门设计,采用卷扬机作为提升设备时,必须设置防断绳保护装置。

3 竖井深度超过 15m 时,人员上下宜采用“之”字形楼梯,并设护栏;竖井深度超过 30m 时,宜采用提升设备。

4 涌水和淋水地段,应有防水、排水措施。

7.1.9 采用贯通导井后自上而下进行扩大开挖的方法时,应遵守下列规定:

1 竖井直径大于 10m 时宜采用机械扒渣。若人工扒渣时,由井周边到导井口,应有适当的坡度。

2 采取有效措施,防止石渣堵塞导井和发生人员坠落事故。

7.1.10 在 I、II 类围岩中开挖断面面积小于 18m^2 的竖井时,宜采用爬罐法自下而上全断面开挖。

7.1.11 在钻孔精度能满足要求的情况下,可采用一次钻孔、自下而上分段爆破成井的方法。

7.2 导 井 开 挖

7.2.1 在 I、II 类围岩中开挖断面大于 18m^2 的竖井时,应采用先挖导井再自上而下扩挖的方法。导井断面宜为 $4\text{m}^2\sim 6\text{m}^2$,可选择下列方法开挖:

- 1 正井法。
- 2 正、反井相结合开挖。
- 3 深孔爆破法。
- 4 吊罐法。
- 5 爬罐法。
- 6 反井钻机法。

7.2.2 采用反井钻机开挖导井应遵守下列规定：

1 当竖井有上、下弯段时，上弯段为满足反井钻机的安装及运行，下弯段为满足扩孔钻头安装及出渣的需要，均需进行局部扩挖。

竖井上口露天时，明挖施工应保证钻机基础、循环池和竖井井口围岩稳定。

2 导孔钻设，按 6.2.4 的规定执行。

3 扩孔，按 6.2.4 的规定执行。

4 反井钻机开挖的竖井导井断面不能满足溜渣需要时，应自下而上先将导井扩挖至直径 3m 左右，再自上而下进行扩挖。特大断面或断面形状不规则的竖井，宜布置至少 2 个溜渣导井。

7.2.3 采用爬罐开挖反导井应遵守 6.2.5 的有关规定。

7.2.4 采用钻孔爆破法开挖导井应遵守下列规定：

1 不良地质部位不宜采用由下而上搭设排架或利用井壁锚杆爬梯进行反井开挖。

2 导井贯通应采取正向贯通方式，贯通部位应平顺无台坎，不出现颈缩现象。

3 正、反导井贯通，按 6.2.7 的规定执行。

7.3 扩 大 开 挖

7.3.1 竖井导井形成后扩挖应自上而下进行，一次扩挖至设计开挖边线。

7.3.2 竖井自上而下扩大开挖，应制定防止导井堵塞和人员坠落的措施。井内人员上下、器材吊运的运输工具应进行专门设计。

7.3.3 扩挖施工时，爆破后应及时撬除危石，并进行支护。

7.3.4 应严格控制钻孔深度、角度和孔位偏差，周边孔应进行光面爆破。每次下挖前，应将前次开挖出的井壁欠挖处理完。

7.3.5 扩挖爆破参数应经过试验确定，并应根据岩石地质条件及时调整。扩挖钻孔时要严格控制炮孔间距、排距，防止石渣出大

块,石渣最大块径应不大于导井尺寸的 1/3。导井支护部位扩挖时,应先拆除支护设施再开挖。

7.3.6 扩挖施工掌子面宜为坡度 20%~30%的漏斗状,以便人工扒渣。断面较大的竖井,有条件时可采用小型设备向导井内倒渣。

7.3.7 竖井扩挖钻孔作业时,导井井口应该用钢结构吊盘覆盖。

7.3.8 一旦发生堵井,首先应查清堵塞段距下井口的高度,采取安全可靠的措施进行疏通。施工人员不得从竖井下部进入堵塞段工作面处理堵井。

7.4 支 护

7.4.1 导井临时支护结构应容易拆除,不应影响竖井扩挖施工。

7.4.2 扩挖时应对全部井壁进行锚喷支护,并且支护应紧跟扩挖工作面。

7.4.3 竖井内喷射混凝土宜采用湿喷工艺。混凝土喷机宜设置在井口上,输料管除喷头部位采用一定长度的软管外,其余部分宜采用钢管。中小型竖井可布置环形升降平台进行支护作业。

7.4.4 井壁有不利的节理裂隙组合时,应加强支护。

7.4.5 当围岩稳定性特别差、锚喷联合支护尚不能保证开挖施工期间围岩稳定时,可边开挖边对井壁进行混凝土衬砌,暂时不衬砌的井壁高度不宜超过 3m。

8 斜 井 衬 砌

8.1 钢筋混凝土衬砌

8.1.1 倾角不小于 45° 的斜井钢筋混凝土衬砌施工应优先采用滑模施工方式。倾角小于 45° 的斜井钢筋混凝土衬砌施工可采用模板台车，也可采用滑模施工方式。

8.1.2 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。

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

8.1.4 滑模施工过程中的混凝土浇筑层面宜大致水平。

8.1.5 滑模装置应具有模体系统、轨道系统、牵引系统及混凝土下料系统等部分。

8.1.6 滑模模体的结构型式应按下列规定设计：

1 应将模板设计成上口大、下口小的锥体，模板锥度宜为 $0.4\% \sim 0.6\%$ 。

2 模体应由中梁、上平台、浇筑平台、主平台及模板、悬挂平台等组成，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 $4\text{mm} \sim 10\text{mm}$ 厚的钢板制作。要求按檩条的最大变形量 $f_{\max} \leq \frac{1}{1000}$ 计算跨度。支撑桁架节点变形应小于 3mm 。

3 模板长度：底拱宜为 1.2m ，顶拱宜为 1.5m 。

8.1.7 滑模混凝土的脱模强度应为 $0.3\text{MPa} \sim 0.6\text{MPa}$ 。

8.1.8 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。

8.1.9 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。
- 2 牵引钢丝绳的承载能力应为总牵引力的 5.0 倍~8.0 倍。钢绞线的承载能力应为总牵引力的 4.0 倍~6.0 倍。
- 3 连续拉伸式液压千斤顶、液压爬钳和卷扬机的牵引能力应不小于总牵引力的 2.0 倍。
- 4 牵引力的合力与滑升阻力的合力应在一条直线上。

8.1.10 初滑启动时可采取辅助牵引措施, 辅助牵引力宜为设计牵引力的 1.0 倍~1.2 倍。

8.1.11 模体牵引点应为两个, 且以斜井轴线铅垂面为中心对称布置。

8.1.12 模体前方导向机构应与模体连接牢固, 支承构架应具有足够的刚度, 导向轮应运转灵活。

8.1.13 轨道的布置应保证模体滑移平稳和便于安装及拆除, 应将两条轨道平行对称地布置在斜井底板中心线的两侧, 轨道位置对应的圆心角宜为 60° 。轨道基础可采用立模喷射混凝土的条形基础, 轨道基础混凝土标号应不小于混凝土衬砌设计标号。

8.1.14 混凝土下料系统的设计应保证混凝土不离析及施工安全。

8.1.15 斜井上下交通运输系统必须安全可靠、方便施工。

8.1.16 混凝土浇筑前, 应根据设计对滑模装置安装的质量标准进行全面检查验收。

- 8.1.17 模板上、下口尺寸允许偏差均为 $-5\text{mm}\sim+5\text{mm}$ 。
- 8.1.18 每滑升 $1\text{m}\sim3\text{m}$ ，应对斜井的轴线、体形尺寸及标高进行测量检查，并做好记录。
- 8.1.19 滑模施工过程中检查发现的质量问题，应及时予以纠正和处理，并做好施工记录。
- 8.1.20 每次因故停滑后，再次启滑前，均需按上述要求复检验收。
- 8.1.21 滑动模板拆除场地应设模体拖出支承架、托辊、轨道及操作平台等设施。

8.2 钢 管 衬 砌

8.2.1 一般规定：

- 1 斜井钢管安装应遵守 DL/T 5017 的有关规定。
- 2 斜井内钢管运输方案应有专项设计。
- 3 钢管安装应自下而上并与混凝土施工交替进行。
- 4 钢管运输用卷扬机、吊装工具、锚点等在使用前应通过安全验收。

8.2.2 混凝土运输设施不应影响钢管运输。如采用溜管输送混凝土，应有缓降措施，保证混凝土不离析。

8.2.3 在定位节混凝土强度达到设计强度的 75% 后，方可进行相邻管节的安装。钢管安装与混凝土浇筑宜分段交替进行，一次浇筑长度宜为 $20\text{m}\sim30\text{m}$ 。

8.2.4 振捣混凝土时，振捣器不得直接接触钢管及其定位构件。钢管支腿、阻水环、加劲环、止推环附近应仔细振捣密实。

8.2.5 应根据钢管的承载能力控制混凝土浇筑速度。应分层、平起、对称、均匀地浇筑混凝土，各层浇筑的间隔时间，不应超过允许间歇时间。

8.2.6 混凝土施工缝可为水平缝。

8.2.7 钢管外新浇筑的混凝土抗压强度达到 5MPa 以上，方可继续安装钢管。

9 竖 井 衬 砌

9.1 钢筋混凝土衬砌

9.1.1 竖井钢筋混凝土衬砌应优先采用滑动模板或滑框倒模工艺。特大断面或断面形状不规则的竖井衬砌可采用悬臂模板或小模板拼装。

9.1.2 在竖井衬砌起始位置以下适当高程，宜设置封闭良好的安全防护平台。

9.1.3 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。

9.1.4 混凝土垂直运输系统应保证混凝土不离析。如采用溜管进行井内混凝土垂直运输，应设置缓降设施及堵管时的处理接头。各种缓降器的安装间距应经过试验确定，一般为 15m 左右。

9.1.5 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。

9.1.6 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。

滑模装置安装的允许偏差见 DL/T 5400 的有关规定。

9.1.7 钢筋安装应遵守下列规定：

1 钢筋安装的进度应与滑升速度相适应，确保顺利滑升。

2 所有钢筋弯钩应一律背向模板。

3 当采用圆钢作支承杆时，可用支承杆等强度替代部分结构竖向钢筋；千斤顶通过支承杆接头后，应立即对接头进行焊接。

9.1.8 第一批插入千斤顶的支承杆，应加工成 4 种长度，且应交错排列，使其在同一断面处的接头数不超过接头总数的 25%。当发生支承杆失稳或被千斤顶带起等异常情况时，应立即查明原因，及时处理。

9.1.9 浇筑混凝土应遵守下列规定：

1 宜对称交圈，均匀浇筑。

2 结构物边角、伸缩缝处的混凝土应适当浇高。浇筑预留孔、伸缩缝处的混凝土时，应对称均匀地布料。

9.1.10 滑模混凝土的脱模强度应控制在 $0.2\text{MPa} \sim 0.4\text{MPa}$ 。滑框倒模混凝土的脱模强度应不小于 0.4MPa 。

9.1.11 应按下列规定对滑模操作平台的偏移进行检查与调整：

1 每提升一个浇筑层，应全面检查平台偏移情况，作出记录并及时调整。

2 操作平台发生较小偏移时，应及时调平。

3 操作平台的累积偏移量超过 5cm 尚不能调平时，应停止滑升进行处理。

9.1.12 模板上、下口尺寸允许偏差均为 $-5\text{mm} \sim +5\text{mm}$ 。

9.2 钢 管 衬 砌

9.2.1 一般规定：

1 竖井钢管安装应遵守 DL/T 5017 的有关规定。

2 竖井内钢管运输方案应有专项设计。

3 钢管安装应自下而上并与混凝土施工交替进行。

4 钢管运输用卷扬机、吊装工具、锚点等在使用前必须通过安全验收。

9.2.2 混凝土运输设施不应影响钢管运输。井内混凝土垂直运输按 9.1.4 的规定执行。

9.2.3 在定位节混凝土强度达到设计强度的 75% 以上后,方可进行相邻管节的安装。钢管连续安装高度以 20m 左右为宜,验收合格后连续浇筑钢管外混凝土。

9.2.4 振捣混凝土时,振捣器不得直接接触钢管及其定位构件。钢管加劲环附近应仔细振捣密实。

9.2.5 应根据钢管的承载能力控制混凝土浇筑速度。应分层、平起、对称、均匀地浇筑混凝土,各层浇筑的间隔时间,不应超过允许间歇时间。

9.2.6 钢管外新浇筑的混凝土抗压强度达到 5MPa 以上,方可继续安装钢管。

10 固 结 灌 浆

10.0.1 固结灌浆在混凝土达到设计强度的 70% 后进行。固结灌浆前应设置钻孔灌浆台车(悬吊平台),做好灌浆施工设计和布置。固结灌浆的顺序宜从井的下部逐渐向上部推进,分段、分序进行。

10.0.2 必要时,应进行灌浆过程中的混凝土变形观测。

10.0.3 钻孔可采用风钻或其他轻型钻机,终孔直径不宜小于 38mm,孔位、孔向和孔深应满足设计要求。

10.0.4 结合工程进度要求情况,灌浆可采用“环间分序,环内加密”的原则进行。环间宜分两序。

10.0.5 灌浆施工宜采用单孔灌浆的方法。对于注入量较小地段,同一环上的灌浆孔可采用对称并灌方式,孔数宜为 2 个。灌浆中应注意控制灌浆压力和灌浆量,防止混凝土被抬动。

10.0.6 当灌浆孔围岩段长不大于 6m 时,可全孔一次灌浆;当地质条件不良或有特殊要求时,可分段灌浆。

10.0.7 开灌浆水灰比可采用 2:1、0.8:1、0.6:1 (或 0.5:1) 3 个比级。灌注细水泥浆液时,水灰比可采用 2:1、1:1、0.6:1 或 1:1、0.8:1、0.6:1 3 个比级。

10.0.8 灌注稳定浆液、混合浆液、膏状浆液时,比级宜少,其配比和变换方法应通过室内试验和现场工艺试验确定。

10.0.9 固结灌浆各灌浆段结束标准:最大设计压力下,注入率小于 1L/min 后,继续灌注 30min 可结束。高压灌浆的结束标准可通过试验确定。

10.0.10 高压固结灌浆应按由低压到高压、由浅入深的原则进行,低压灌浆和高压灌浆之间应至少待凝 4h。

10.0.11 灌浆孔灌浆结束后,排除孔内积水和污物,采用“全孔灌浆封孔法”或风动封孔器封孔。

11 质 量 控 制

11.0.1 施工单位质量检查工作，按本单位建立的检查制度逐级进行。施工单位自检合格后，报请监理工程师检查验收。

11.0.2 开挖过程中应定期检测斜井、竖井方向、中心线和高程。每次放炮后，均应进行规格检查，发现不符合质量要求时，应及时修正。

11.0.3 施工期间应做好下列各项原始记录：

- 1 循环时间、进尺、钻孔爆破效率。
- 2 施工方法、使用机具、劳动组合。
- 3 主要机械的生产效率、材料消耗量。
- 4 支护部位、型式和数量。
- 5 原型观测资料。
- 6 施工中发生的问题和处理措施。
- 7 质量检查情况和质量检查人员的意见等。

11.0.4 斜井、竖井开挖完成后（或在下道工序施工前），应进行验收，由监理单位组织设计、地质和施工单位参加验收工作。验收时，施工单位应提供下列资料：

- 1 施工详图及设计变更文件。
- 2 开挖竣工图，包括平面图和纵、横断面图。
- 3 施工记录资料。

11.0.5 斜井、竖井平均径向超挖值应不大于 25cm。因地质原因产生的额外超挖值，由监理工程师根据地质条件与施工单位商定。

11.0.6 滑模施工工程质量检查，应根据 DL/T 5400 和有关标准的规定跟班进行。

滑模施工质量检查的内容包括：混凝土、钢筋、止水、排水、伸缩缝、预埋件等。检查依据 DL/T 5144、DL/T 5110、DL/T 5169

等标准的有关规定进行。除此之外，尚应检查：

- 1 混凝土的分层浇筑厚度、模体的滑动速度等。
- 2 脱模后的混凝土有无塌落、拉裂和蜂窝麻面。
- 3 混凝土脱模强度（每班不少于两次）。
- 4 模体的轴线方向、平面位置和尺寸、模体偏扭状况等（每班不少于一次）。

11.0.7 斜井、竖井滑模的轴线允许偏差为斜井长度或竖井深度的 0.5‰。

11.0.8 竖井滑模模体扭转的允许偏差为 $\pm 0.5^\circ$ 。

11.0.9 固结灌浆主要质量控制项目及合格标准见表 11.0.9。

表 11.0.9 固结灌浆主要质量控制项目及合格标准

序号	检查项目		合格标准
1	钻孔	孔序	符合设计要求
2		孔位	允许偏差 $\pm 10\text{cm}$
3		孔径	符合设计要求
4		孔深	允许偏差 $\pm 20\text{cm}$
5	灌浆	灌浆分段及段长	符合设计要求
6		钻孔冲洗	符合设计要求
7		压水试验	符合规范或设计要求
8		灌浆压力	升幅和升速、压力表的摆幅应符合规范或设计要求
9		浆液变换	符合规范或设计要求
		结束标准	符合规范或设计要求
10		中断影响	无中断或虽中断未影响质量
11		封孔	平整、密实、不渗水
12		灌浆记录	齐全、清晰、准确

12 施 工 安 全

12.0.1 施工前应制定施工安全技术措施，对施工人员进行安全技术交底，并进行安全技术培训，按规定持证上岗。

12.0.2 项目施工期间，应严格执行“挂牌制”。

12.0.3 井口应设置阻车器、安全门、安全防护栏及醒目的警示标识牌。围栏应设置高度不低于 50cm 的护脚。

12.0.4 用于斜井、竖井施工的专用设施应有专项设计，包括结构设计、基础设计、电气设计、安装设计等，运行设施经过验收后方可使用。应对设备和锚固结构进行定期检查和经常性检查，并形成文字记录，查出隐患，及时整改。

12.0.5 提升用卷扬机及其配套的钢丝绳应有适宜的安全储备，其安全系数应符合 DL/T 5370、DL/T 5371 的规定。卷扬机提升系统应配置电磁抱闸，限位、过载保护，过电流保护，信号、紧急安全开关，牵引失效保护装置，触地缓冲器等保护装置。应制定卷扬机安全操作规程，并严格执行。

12.0.6 井下作业应保证作业面充分通风，必要时为作业人员配备氧气袋，防止缺氧造成作业人员窒息。

12.0.7 斜井、竖井的人员交通应设置专门的升降系统和爬梯。

12.0.8 斜井、竖井施工作业前必须进行安全检查和处理，确认隐患排除并设置安全防护装置后方可作业。

12.0.9 爬罐运行过程中，应加强对爬罐轨道和井壁围岩稳定情况的检查。

12.0.10 斜井、竖井扩挖每次钻孔前，应在导井口搭设定型的钢木防护平台。进行扒渣作业时，作业人员必须戴安全带，安全带应可靠地固定在扩挖台车（悬吊平台）或锚杆上。

12.0.11 斜井扩挖台车、钻孔灌浆台车升降时，除指挥人员外，

不允许其他人员乘坐。台车就位锁定后，方可在台车上进行作业。各种台车严禁超载，材料必须捆绑牢固，禁止堆放多余材料和杂物。台车每层平台四周应设防护栏，防护栏高度和强度应满足安全要求。

12.0.12 斜井扩挖台车、运输台车、钻孔灌浆台车应设专人指挥，并保证通信联络畅通。在台车上应设卷扬机紧急制动按钮。

12.0.13 竖井上下运输设备应设导向装置（柔性导绳或刚性导轨）。采用柔性导绳时，宜采用金属芯钢丝绳，其直径宜为 19.5mm。柔性导绳应设张紧力测力装置，张紧力可按 $10\text{kN}/100\text{m} \sim 13\text{kN}/100\text{m}$ 控制，两根导绳的张紧力之差不应超过 20%。

12.0.14 运输台车、吊笼等运输设备不得同时载运人员和材料或工器具。

12.0.15 必要时，可在长斜井、深竖井内沿线隔一定距离安装摄像头，随时监控运输设备的运行情况，发现问题，及时采取措施。

12.0.16 扩挖施工时，爆破后应处理井壁危石、浮石，并由井壁边缘逐步下降扒渣。

12.0.17 井下堆渣应及时清除。井下出渣时，必须将导井井口封闭。

12.0.18 斜井、竖井滑模的钢筋、模板等材料和设备等的运输，应设置专门的运输工具或提升系统。在井内运输材料、设备时，应将材料、设备稳固地放置在运输设备上（内），避免在运输过程中掉落。

12.0.19 当斜井、竖井混凝土采用溜槽或溜管下料时，下料系统应有保护装置，溜管、溜槽应用钢丝绳串联，每节溜槽或溜管均与钢丝绳可靠连接，每隔 10m~15m 将钢丝绳与锚固物可靠固定。

12.0.20 爆破火工材料向井下运输时，禁止将雷管、炸药等同车运送。

12.0.21 井内风、水管路连接应牢靠。井内应选用承压水管，其承受压力应不小于最大水压力的 1.5 倍。

12.0.22 井下施工时，井口处应有专人监护。

12.0.23 井内施工用电，应采用电缆，在井壁上架空布设。电缆接头应做好防水处理。

12.0.24 井内施工照明度应符合 DL/T 5099 的要求，并应设置应急照明系统。

12.0.25 当同一个井内上、下两个开挖工作面距离 (L) $< 30\text{m}$ 时，一个工作面爆破时另一工作面人员应避炮；当 $L \leq 15\text{m}$ 时，两个工作面不能同时进行施工；当 $L \leq 5\text{m}$ 时，应自上而下贯通。

12.0.26 对于已经进行混凝土衬砌的斜井、竖井，相邻斜井、竖井或其他洞室进行开挖爆破时，应按 DL/T 5135 的有关规定对爆破进行控制。

12.0.27 斜井、竖井施工除执行本章各条规定外，还应执行 DL/T 5099、DL/T 5162、DL/T 5370、DL/T 5371、DL/T 5373 的有关规定。

水电水利工程斜井竖井 施 工 规 范

条 文 说 明

目 次

1	范围.....	31
3	总则.....	32
4	地质.....	33
5	测量.....	34
6	斜井开挖及支护.....	36
7	竖井开挖及支护.....	40
8	斜井衬砌.....	45
9	竖井衬砌.....	49
10	固结灌浆.....	52
11	质量控制.....	53
12	施工安全.....	54

1 范 围

现行《水电建筑工程预算定额》(2004 年版)中规定斜井倾角为 $25^{\circ} \sim 75^{\circ}$ ，竖井倾角为大于 75° 。在水电水利工程中，引水斜井采用最普遍，其倾角一般为 $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ； $25^{\circ} \sim 44^{\circ}$ 的斜井较少，一般用于出线井、施工支洞等； $61^{\circ} \sim 75^{\circ}$ 的斜井更少，偶尔见于通风井等。竖井在水电水利工程中采用比较普遍，包括引水竖井、闸门井、调压井、出线井、通风井等，绝大多数情况倾角都是 90° ；极个别情况像通风井等不是特别重要的竖井，可能由于布置原因采用小于 90° 但超过 75° 的倾角，其施工方法与 90° 的竖井基本相同。

3 总 则

3.0.2 应结合工程实际情况，有所侧重。如遇地质条件较差的工程，应突出制定不良地质条件下的施工方法和支护措施；如遇埋深较深的长斜井、深竖井，应重点进行通风设计、制定高应力区施工措施等。

3.0.3 地下工程施工工作面狭小，施工条件差，各种作业危险性大，环境污染严重，对人的安全 and 健康危害大。因此，开工前要制定安全技术措施，严格遵守安全操作规程，严格遵守国家劳动保护法令和卫生标准，不断改善劳动条件，以防止伤亡事故和职业病的发生，保障施工人员人身安全和身体健康。

3.0.4 施工中，对围岩变形进行监测是新奥法施工的原则之一。通过监测，控制围岩变形，发挥围岩的自承能力，调整施工程序，修正支护参数，达到安全施工的目的。

对围岩进行监控是地下工程开挖安全施工的重要手段。施工时，在监理单位组织下，设计、地质和施工单位要密切协作，做好围岩稳定的监测工作。有条件的施工单位可设专门机构和专业人员进行这一工作。

3.0.8 乳化炸药防水性能较好，爆破后有害气体少，在斜井竖井开挖施工中普遍采用。非电雷管不受杂散电流影响，在地下工程中使用比较安全。

3.0.9 寒冷及高寒缺氧地区地下工程开挖，洞外辅助工程应有防冻保温措施。高寒山区因海拔高，大气压力低，施工是在缺氧的环境下进行的，人员的劳动能力和机械效率都会降低。目前有效的措施是减少劳动时间、加强通风、必要时进行补氧、对施工设备应增大容量等。

4 地 质

4.0.1 工程地质及水文地质资料是制定开挖方法的依据，是保证安全施工的重要资料。实践证明，斜井、竖井工程在开挖中出现的最多问题都与地质因素有关。施工单位只有更多、更详细地了解和掌握地质资料，才能作出符合地质条件的开挖方案，保证顺利施工。因此，监理单位应向施工单位提供详细的地质资料。本条特别强调在提供的工程与水文地质资料中应着重阐明的几个方面的问题。

岩石等级的划分，仍采用 DL/T 5099 中的十六级分类。

围岩分类按《水利水电工程地质勘察规范》规定的分类，即以岩石强度、完整性系数、结构面性状、地下水、结构面产状与洞轴关系 5 项因素的和差总评分为基本依据，以围岩强度应力比为限定判据，将围岩分为 5 类。

4.0.2 开挖过程中，如发生塌方、围岩变形量大、涌水、岩爆等情况，应及时通报监理单位，对发生原因、发生时间、处理经过等作详细记录，这是重要的施工资料。

4.0.3 开挖中围岩失稳或造成塌方的主观原因之一是对地质条件掌握不够。施工单位应认真分析、研究地质资料，根据地质条件，作出正确的施工对策，制定切实可行的、有效的工程措施，避免事故发生。

5 测 量

5.0.1 明确了以斜井、竖井等为主的地下工程施工测量的基本任务。

5.0.2 根据 DL/T 5173 的规定, 鉴于水工建筑物长斜井、深竖井的特点, 一般并不需要通过竖井定向来传递方向, 而通过竖井定向对横向贯通误差影响较大; 根据实践, 斜井相向开挖施工, 可降低单向开挖的施工压力, 因此这里对实际贯通面位置提出了建议, 即应通过斜井、竖井贯通。

5.0.4

1 根据施工实际经验提出了点位布设的要求。

2 通过以基本导线精度施测的斜井、竖井近井控制点对斜井、竖井进行控制和检测, 是通过几个蓄能电站顺利贯通的实践证明了的、行之有效的方法。近井控制点换算为其所位于的斜井、竖井施工相对坐标系统, 具有简化计算以及相对关系明确、直观、方便的特点, 对现场施工放样、检查相当有利。

3 对弯段可能出现的特殊极短边情况作了补充规定。

4 通过实践, 导线采用全圆方向法观测, 增加一个归零, 工作量增加有限, 但对于水平方向具有加强校核和提高精度的意义, 这里建议采用。

5 在局部需要高精度高程控制时, 可根据估算或需要, 进行单独布设。

6 鉴于斜井、竖井复杂的观测环境, 尤其在大倾角条件下, 全站仪、电子经纬仪的补偿装置的自动补偿功能损失很大, 需要加强仪器的整平、对中精度。拐弯目镜是斜井、竖井测量时必备的配件。复杂环境下, 电子照准和光学照准互相校核可以减少错误的发生。

5.0.5 根据施工实践经验总结, 结合 DL/T 5099 及 DL/T 5173 的规定, 对施工测量提出了技术要求:

1 虽然斜井、竖井施工难度相对较大, 但对于测量来讲, 应该可以满足这些规定要求。

2 在深竖井中, 重锤难以保证稳定, 可以采用接力的方法保证传递。

3 实践证明, 在斜井导井施工阶段, 较短距离采用 TAPS-非接触自动极坐标测量系统或光电测距极坐标法比较有效, 但是在反井架设仪器危险性较大; 对于长距离斜井导井采用激光定向、激光接力导向是行之有效的办法。依据施工实践经验, 提出了精度指标。在扩挖、正导井中采用交流电源、直流电源激光定向仪均可, 在反导井中应采用直流电源激光定向仪, 目前已有国产成品出售, 且穿透力较强, 缺点是功率较大, 在使用中要注意对人员眼睛的保护。激光定向仪使用时均应外设保护罩, 尤其反导井的保护罩要坚固、耐撞击。激光束定位及检测可以采用坐标测设法、平行线法、吊垂球随时随地检测法等。

斜井内环境恶劣, 气象条件复杂、多变, 因此实际施工中采用圆心放样仪也是可行的办法。

4 测量断面的间距是根据工程需要和实际应用经验确定的。

6 斜井开挖及支护

6.1 一般规定

6.1.1 斜井与平洞连接处，要求将连接段加固后再开挖，以保证围岩稳定。

6.1.2 斜井的开挖方法取决于其断面尺寸、深度、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，应根据上述条件，选择合适的开挖方法。斜井倾角小于 30° 时，可采用自上而下全断面开挖；倾角为 $30^\circ \sim 45^\circ$ 时，宜采用自上而下全断面开挖，若采用自下而上开挖，须有扒渣和溜渣措施；倾角大于 45° 时，应采用先挖导井、再自上而下扩挖或自下而上全断面开挖。

6.1.3 目前，施工斜井导井的设备能力：爬罐一般不超过 400m，反井钻机一般不超过 300m。所以，当斜井长度超过 450m 时，有条件时应设施工支洞。

当斜井分为上、下两段同时施工时，上、下两段之间保留适当长度的岩塞，以保证将上、下两段安全地隔离。

施工支洞与斜井相交部位设置至少 25m 长平段，并与斜井在同一个铅垂面内，是为了满足斜井内人员、物料运输的需要。

6.1.4、6.1.5 这两条的各项规定均为保证施工安全。

6.1.6 开挖导井和扩挖时，如不及时出渣，致使下井口被石渣堵塞，一是容易造成石渣堵井；二是造成井内空气不流通，使井内缺氧，威胁井内施工人员的生命安全。

6.1.7 自上而下全断面开挖时，无论是露天井口或埋藏式井口，都必须采取措施，确保井口稳定。

本条强调井壁有不利的节理裂隙组合时，应加强支护，防止

岩石坍塌，确保施工人员安全。对有水地段要做好防水排水。

6.2 导 井 开 挖

6.2.2 采用爬罐或人工开挖的导井布置在斜井断面的下部、距斜井设计开挖底边线 70cm~100cm，有利于爆破后向导井内扒渣，同时在开挖导井时底部留有保护层。

因反井钻机施工精度的限制，为避免导井的导孔偏出斜井断面以外，采用反井钻机施工的导井宜布置在斜井断面的中心。

6.2.3 本条根据目前反井钻机和爬罐的技术性能而定。当采用爬罐开挖较长（超过 300m）斜井的反导井时，同时采用人工自上而下开挖正导井相配合，是加快施工进度有效措施。

6.2.4 我国水电水利工程斜井导井施工最早引进反井钻机是在 20 世纪 90 年代初，应用于十三陵抽水蓄能电站斜井施工。此后，反井钻机在斜井施工中的应用越来越多。水电十四局购置的进口反井钻机施工斜井反导井的长度已成功突破 300m。本条规定就是根据多年来反井钻机应用的实际经验而提出的。

目前采用反井钻机开挖的导井直径一般为 1.4m，如果利用这样的导井直接进行全断面扩挖，因导井直径较小，溜渣时容易堵井。自下而上先将导井扩挖至直径 3m 左右，再进行扩挖，可以避免堵井。导井自下而上扩挖采用吊笼法，施工人员乘吊笼在导井内自下而上钻斜向下的辐射形炮孔，爆破自下而上进行，这种方法既安全，施工速度又快。

6.2.5 规定爬罐轨道安装前，先在反导井下井口开挖领先导井，是为了使爬罐能自下而上进入斜井段，进行反导井施工。领先导井采用搭脚手架的方式进行钻孔开挖。

要求反导井井脚开挖深度不小于 4.5m，是为了满足爬罐轨道安装的要求。

爆破后进行导井内的通风排尘，高压风、水沿轨道钢管直接喷射到开挖掌子面形成气/水雾，通风时间随反导井掘进长度而定。

爬罐和安装平台上的操作控制柜之间的通信联系，电话易出现故障，采用无线电对讲机比较可靠。

6.2.7 本条规定是根据施工实际经验提出的，为了保证安全和正、反导井贯通的精度。

6.3 扩 大 开 挖

6.3.1 扩挖施工掌子面大致垂直于斜井轴线，便于钻孔时控制方向，同时爆破后扒渣量较小。斜井开挖工程的超挖问题是一个十分令人关注的问题。超挖主要与排炮进尺、钻孔外插角、地质条件等因素有关。开挖中，应加强现场管理，确定合理的排炮进尺，认真按照爆破图进行钻爆作业，对周边孔应设控制方向的明显标志，认真控制钻孔外插角，并根据地质条件调整钻爆参数，以尽量控制和减少超挖量。

6.3.2 斜井自上而下扩挖时，无论用人或机械扒渣都存在着安全问题。一旦发生人员坠落或导井堵塞事故，后果都是很严重的。因此，必须制定专门措施，保证不出任何事故。

6.3.4 处理堵井危险性较大，必须制定稳妥可行的方案后再实施，防止盲目行动。如果堵塞段距导井下口较近，可用竹竿连接将炸药送至堵塞段下部引爆，利用爆炸的振动和冲击波使堵塞段松动、坠落。如果堵塞段距导井上口较近，可用人工系安全带将松渣清理至大石块露出后进行爆破处理。

6.3.5 扩挖台车的作用是为钻孔爆破、安全处理、锚喷支护作业和存放机具、材料提供一个移动式平台。斜井直径较小时，可以不专门设置扩挖台车，只设置运输台车（例如西龙池抽水蓄能电站斜井，开挖直径 5.9m）。采用一根钢丝绳绕过安装在作业台车上的平衡轮与两台卷扬机相连接，能够保证钢丝绳受力均衡，有利于安全。

6.3.7 设置托辊，支托钢丝绳，以防止钢丝绳在牵引过程中与斜井底板摩擦而破损。

6.3.8 提升扩挖台车和运输台车的卷扬机的提升能力如果过大，当台车在意外情况下卡住时，钢丝绳易被拉断，对安全反而不利。

6.4 支 护

6.4.2 扩挖时应对全部井壁（包括底拱）进行安全支护，以保证安全。斜井直径较小时，可以不专门设置扩挖台车，支护作业在运输台车上进行。

6.4.3 井下喷混凝土采用干喷时，喷机可设置在井口外的地面上，输料管（大部分采用钢管）接至井下工作面，湿喷机输料方式分为稀薄流和稠密流两种，前者与干喷机输料方式类似，混凝土混合料与压缩空气混合形成稀薄流，物料可以向下输送；而稠密流湿喷机输料管内的混凝土是紧密、连续的，向下输送会造成物料间断和压力不稳定，不能正常施工。井下湿喷混凝土如果采用稠密流湿喷机，必须将湿喷机吊放到井下，混凝土则需要通过溜管供给湿喷机，如此，需要另外设置吊湿喷机的提升系统，给施工布置带来困难，湿喷机需要频繁地吊入、吊出，对施工进度会有很大影响。

7 竖井开挖及支护

7.1 一般规定

7.1.1 为防止井口周围的石块或杂物掉落井内，须对井口岩石进行可靠锚固。井口设置的安全挡墙，其结构可以采用混凝土，也可以采用钢（木）结构，但要严密。井口采用钢木结构进行覆盖，以保证人员上、下吊笼的安全，同时防止杂物掉落井内。

7.1.2 建筑施工升降机是定型产品，安全可靠，应优先选用。刚性滑道或柔性导绳作导向装置可以防止吊笼或电梯摇摆、扭转，并且是安全保险装置的支承构件。如果在竖井中心布置吊笼，一般采用提升悬吊平台的两根钢丝绳作为吊笼的柔性滑道。提升吊笼的卷扬机提升能力如果过大，当吊笼意外卡住时，钢丝绳容易被拉断，反而不安全。

7.1.3 乘人吊笼安全保护装置包括限位装置、限载装置、提升系统失效保护装置等。限载装置建议采用限载滑轮。为解决提升系统失效保护问题，宜采用双筒卷扬机或两台同型号、同步卷扬机提升一个吊笼；可以采用两根钢丝绳，在吊笼上的吊点尽可能靠近，以避免当一台卷扬机起作用时吊笼偏心受力；每根钢丝绳的安全系数应不小于 10。也可以采用两端分别固定在两台卷扬机滚筒上的一根钢丝绳穿过吊笼上的平衡轮提升吊笼，钢丝绳的安全系数应不小于 8。在吊笼平衡轮两侧各设置一根保险短钢丝绳，长度可为 3m~4m，其上端用绳卡子固定在提升钢丝绳上，下端固定在吊笼顶部中心附近。

7.1.4 竖井施工设两层悬吊平台是成熟的经验，既安全，又方便施工。

7.1.6 目前，施工竖井导井的设备能力：反井钻机一般不超过

400m, 爬罐一般不超过 300m。所以, 当竖井深度超过 400m 时, 有条件时应设施工支洞。

当竖井分为上、下两段同时施工时, 上、下两段之间保留适当长度的岩塞, 以保证将上、下两段安全地隔离。

7.1.7 以免因空气不流通而造成施工人员缺氧, 同时避免导井被石渣堵死。

7.1.8 自上而下全断面开挖时, 无论是露天井口或埋藏式井口, 都必须采取措施, 确保井口稳定。

对有水地段要做好防水排水。

7.1.9 采用先开挖导井后自上而下扩大开挖时, 若竖井断面较大, 应优先考虑机械扒渣, 以提高开挖速度, 减轻劳动强度。导井堵塞处理极其困难, 安全威胁大, 因此, 强调要采取措施, 防止这类事故发生。导井口应有防护设施, 防止人员坠落。

7.1.10 在围岩地质条件较好、竖井开挖断面不大的情况下, 采用爬罐即可一次开挖至设计边线。如果仍先挖导井、再扩挖, 由于导井以外空间较小, 难以形成施工人员工作的岩台。

7.1.11 一次钻孔、分段爆破成井的方法, 开挖深度主要受钻孔精度的限制, 只要钻孔偏斜率在 1% 以内所产生的偏差不超过井的开挖范围, 均可采用此法开挖, 一般适用于深度小于 30m 的竖井开挖。此法具有成井速度快的特点。

7.2 导 井 开 挖

7.2.1 对该条说明如下:

1 正井法即自上而下开挖、卷扬机提升的方法, 适用于深度在 100m 以内的导井开挖, 亦可用于稳定性差的围岩开挖。

3 深孔爆破法即一次钻孔、分段爆破法, 一般适用于深度小于 30m 的导井开挖。

4 吊罐法适用于深度为 30m~100m 的竖井, 中心孔的偏斜率应不大于 1%。

5 爬罐法适用于深度为 100m~300m 的导井。

6 反井钻机法适用于中等强度岩石、深度在 400m 以内的导井。

7.2.2 反井钻机是 20 世纪 90 年代初从煤炭行业引进水电行业的。用反井钻机开挖竖井导井，具有速度快、安全性好等优点。目前国产反井钻机的性能参见表 1。

表 1 国产反井钻机性能参数表

机型	BMC100	BMC200	BMC300	BMC400	LM90	LM120	LM200
导孔直径 mm	216	216	244	270	190	216	216
扩孔直径 mm	1000~ 1200	1200~ 1400	1400~ 1520	1400~ 2000	900	1200	1400
井深 m	150~100	200~150	300~250	400~350	90	120	200
钻杆直径 mm	176	182	203	228	160	176	182
推力 kN	200	350	550	1650	200	250	350
拉力 kN	500	850	1250	2450	400	500	850
额定扭矩 kN·m	20	35	64	80	15	35	40
驱动方式	液 压						
输入功率 kW	62.5	86	128.5	128.5	52.5	62.5	82.5
主机工作 尺寸(长× 宽×高) m×m×m	2.4×1.27× 2.92	2.9×1.4× 3.25	3.53×1.75× 3.48	4.85×1.9× 5.25	2.9×1.2× 2.8	2.9×1.43× 3.2	3.4×1.7× 3.4
质量 t	3.5	7.9	8.7	12.5	3.2	7.7	8.3

反井钻机开挖的竖井导井直径一般为 1.4m，如果不先扩挖成直径 3m 左右的导井就进行全断面扩挖，很容易堵井。导井自下

而上扩挖采用吊笼法，施工人员乘吊笼在导井内自下而上钻斜向下的辐射形炮孔，爆破自下而上进行，这种方法既安全，施工速度又快。

7.3 扩大开挖

7.3.2 竖井自上而下扩挖时，无论用人或机械扒渣都存在着安全问题。一旦发生人员坠落或导井堵塞事故，后果都是很严重的。因此，必须制定专门措施，保证不出任何事故。

7.3.4 每次下挖前，应将前次开挖出的井壁欠挖处理完，以避免留下欠挖、增加后期处理难度。

7.3.5 采用合理的扩挖爆破参数，对于防止堵井很重要。一旦堵井，处理难度较大，很不安全，又影响进度。控制石渣最大块径不大于导井尺寸的 $1/3$ ，这是施工的实际经验。扩挖时，先拆除导井的支护结构，否则支护结构将影响扩挖效果，甚至造成堵井。

7.3.7 防止施工人员坠落。

7.3.8 处理堵井危险性较大，必须制定稳妥、可行的方案后再实施，防止盲目行动。如果堵塞段距导井下口较近，可用竹竿连接（或用气球）将炸药送至堵塞段下部引爆，利用爆炸的振动和冲击波使堵塞段松动、坠落。如果堵塞段距导井上口较近，可用人工系安全带将松渣清理至大石块露出后进行爆破处理。

7.4 支护

7.4.2 对全部井壁进行安全支护，以保证施工人员的安全。支护如不紧跟扩挖工作面，一是留下安全隐患，二是登高作业进行支护势必增加施工难度。

7.4.3 锚喷支护也是防止岩爆的最有效措施。其余参见 6.4.3 条文说明。

7.4.5 当锚喷联合支护尚不能保证开挖施工期间围岩稳定时，采用钢筋混凝土衬砌是比较可靠的措施。例如，福堂水电站调压井

DL / T 5407 — 2009

采用了边随着竖井向下扩挖边进行锚喷支护及钢筋混凝土衬砌的措施，暂时不衬砌的井壁高度按不超过 3m 控制。如果暂时不衬砌的井壁高度过大，井壁有可能失稳、坍塌，这样的事故在某工程发生过。

8 斜 井 衬 砌

8.1 钢筋混凝土衬砌

8.1.1 经过近 20 年的施工实践,滑模已经是斜井混凝土衬砌施工成熟的技术。

8.1.2 对地下水应采取堵、排结合的措施:在渗水点处钻排水孔,在排水孔周围一定范围内喷混凝土;从排水孔引出的地下水通过弹簧排水管引至主排水钢管,排至下弯段。主排水钢管埋入混凝土中,后期对其进行灌浆封堵。

8.1.3 1981 年,水电一局在白山水电站引水斜井混凝土衬砌施工中采用了卷扬机牵引模体滑模技术,获水电部科技进步一等奖。但因其施工布置复杂、卷扬机牵引力较小、容绳量有限等不足,没有得到比较广泛的应用,也不适用于长斜井施工。

1990 年前后施工的广州抽水蓄能电站引水斜井,混凝土衬砌采用国外 CSM 公司研制的间断式滑模系统,每次滑升 12.5m。其不足之处是不能连续滑升、效率较低。

20 世纪末施工的天荒坪抽水蓄能电站斜井,混凝土衬砌采用沿轨道爬升的液压爬钳牵引模体,连续滑升。该滑模系统 2000 年获国家科技进步二等奖。其主要不足之处是偏心受力,使模体有向后翻转的趋势,带来模体变形、底拱上抬、爬钳上拔轨道等一系列不良后果。

2004 年,水电一局在桐柏抽水蓄能电站两条斜井滑模施工中采用了自行研制的连续拉伸式液压千斤顶—钢绞线斜井滑模系统,取得圆满成功,2006 年获国家发明专利。该滑模系统与其他斜井滑模系统相比,具有结构简单、可靠、受力合理、无故障、施工效率高、质量好、造价低等一系列优点,适用于各种直径和

长度的陡倾角斜井滑模施工。该滑模系统已经推广应用于河南宝泉抽水蓄能电站、广东惠州抽水蓄能电站、广西龙滩水电站和湖南黑麋峰抽水蓄能电站斜井混凝土衬砌施工。

8.1.4 滑模施工过程中混凝土浇筑层面大致水平，可方便施工；由于混凝土是连续浇筑的，并不会形成水平浇筑缝。停滑后形成的水平浇筑缝，为避免底拱混凝土形成局部尖角，可按设计要求进行适当处理。

8.1.5 模体系统包括模板、导向机构和操作平台等。轨道系统包括轨道支承结构和轨道。

8.1.6 模板设计成上口大、下口小的锥体，主要是为了减少滑升时钢模与混凝土间的摩阻力。顶拱模板长度应视斜井倾角而定，倾角越陡，顶拱模板长度应越短，但最短不宜小于 1.3m。

8.1.7 是根据天荒坪斜井、桐柏斜井、宝泉斜井等工程滑模施工的成功经验确定的。

8.1.8 新浇筑混凝土的浮托力，与混凝土的坍落度、浇筑速度、浇筑温度、振捣方式及模板受浮面的埋深等因素有关，目前尚没有经验公式，应通过试验确定。当没有试验资料时，可采用模板受浮面水平投影面积每平方米承受浮托力 15kN 进行估算。

滑模模体与混凝土之间的黏结力和摩擦力同时存在，表现为摩阻力，难以分别计算黏结力和摩擦力。也不必分别计算，只计算摩阻力是合理的。

模体前、后轮与轨道及垫板之间的滚动摩擦系数可取 0.05。

8.1.9 规定钢绞线的承载能力应为总牵引力的 4~6 倍、牵引设备的牵引能力不小于总牵引力的 2 倍，是根据天荒坪、桐柏、宝泉等很多工程实际经验确定的。钢绞线承载能力的安全储备为 4~6 倍比较合适，安全储备太大会使钢绞线应力太小、垂度太大而拖地。牵引设备的牵引能力的安全储备如果较小，当滑升阻力较大时，尤其是启滑时，可能滑升困难；牵引设备的受磨损部件也磨损较快。

规定牵引力的合力与滑升阻力的合力应在一条直线上，是为避免模体偏心受力、牵引力与滑动模板阻力的合力形成力矩，致使模体偏转。

8.1.10 按照斜井滑动模板的新技术，只要牵引设备的牵引能力达到总牵引力的 1.5 倍~2.5 倍，启滑时严格按照启滑措施执行，完全可以不需要辅助牵引措施。

8.1.11 模体设置两个牵引点，结构简单，受力明确。两个牵引点以斜井轴线为中心对称布置，目的是使牵引力合力的方向与斜井轴线相重合，避免模体偏心受力。

8.1.13 轨道基础混凝土不拆除。为便于施工，可采用模喷混凝土。轨道基础不应过多侵入设计衬砌厚度，避免对衬砌结构造成不利影响。

8.1.14 施工实际经验表明，长斜井采用混凝土运输车运输混凝土是较好的措施。

8.1.17 是根据施工实际经验提出的。

8.1.20 因故停滑后，再次启滑时，可能间隔了较长时间，滑动模板系统以及钢筋、止水、排水、伸缩缝、预埋件等有可能发生了变化，所以再次启滑前需进行复检验收。

8.1.21 为了保证模体安全、顺利地脱空、拆除，在拆除场地应设置支承架、托辊、轨道及操作平台等设施。

8.2 钢 管 衬 砌

8.2.1 钢管安装与混凝土施工交替进行，有利于钢管的稳定，同时可减少浇筑混凝土的难度。一般安装 20m 左右钢管后，浇筑一次混凝土。

8.2.2 由于钢管安装与混凝土施工交替进行，所以要求混凝土运输设施不应影响钢管运输。采用溜管输送混凝土，常用 My-Box 缓降器。

8.2.3 钢管连续安装长度不宜太长，否则将增加混凝土浇筑施工

的难度，对钢管自身的稳定也不利。

8.2.4 振捣混凝土时，振捣器如果直接接触钢管及其定位构件，可能引起钢管位移。

8.2.5 混凝土浇筑速度过快，或者不是平起、对称、均匀地浇筑，可能引起钢管变形或位移。

8.2.6 钢管外混凝土的作用是充填钢管与围岩之间的空间，传递水压力。混凝土施工缝为水平缝，可方便施工，并不影响混凝土的结构性能。

9 竖 井 衬 砌

9.1 钢筋混凝土衬砌

9.1.1 除滑动模板和滑框倒模外,有些工程的竖井(如三峡永久船闸输水系统有竖井 36 个)混凝土衬砌施工还采用了悬臂模板、自升式模板和筒模,综合考虑进度、质量、安全和经济效益,还是以滑动模板和滑框倒模为佳。

9.1.3 对地下水应采取堵、排结合的措施;排水应排至混凝土仓面以外,否则会影响混凝土的质量。参见 8.1.2 条文说明。

9.1.4 采用溜管输送混凝土,常用 My-Box 缓降器。要求第一对 My-Box 安装位置距料斗不大于 6m,最后一对 My-Box 距溜槽不大于 6m,中间部位的 My-Box 根据各井的高度进行布置,间距控制在 10m~15m。

9.1.5 滑模装置应一次组装好,直到施工完毕。因此,其组装工作一定要认真、细致、严格地按照设计要求及有关规定进行。

因为模板的倾斜度是靠围圈的位置保证的,所以安装内、外围圈时,一定要调好其倾斜度。

9.1.6 为保证在操作平台发生倾斜或浇筑混凝土时围圈变形等情况下,模板不出现反倾斜度和拉裂混凝土,要求模板要有合适的倾斜度。模板的倾斜度如太小,不利于滑升;如太大,提升后模板与混凝土之间的缝隙则较大,水泥砂浆可沿缝隙流淌,使工程结构表面形成“鱼鳞状”,影响结构外观。根据施工经验,本标准建议单侧模板的倾斜度为模板高度的 0.1%~0.3%。

9.1.7 每个浇筑层面上,最少外露一道绑扎好的水平钢筋,以便根据它确定继续绑扎钢筋的位置。

所有钢筋弯钩背向模板,是为了防止模板向上滑升时被钢筋

弯钩勾住，使模板滑升受阻。

提升架横梁以上的竖向钢筋应有限位措施将其固定，否则钢筋将倾斜、歪倒，位置发生变动。

支承杆代替结构竖向钢筋后，其接头的连接则应满足钢筋安装的要求。

9.1.8 支承杆的接头是薄弱部位，同一截面支承杆的接头过多，会影响支承系统的承载能力。因此，规定第一批插入千斤顶的支承杆应加工成 4 种长度，且交错排列，以使接头错开，保证任一截面支承杆的接头数不超过接头总数的 25%。

9.1.9 本条规定是为了保证混凝土的施工质量、脱模混凝土的强度能大致相同、滑升时支承杆受力比较均衡，以防止操作平台产生定向位移时造成倾斜、扭转。根据竖井采用滑动模板施工的经验，分层浇筑厚度一般为 20cm~35cm，并应与一次滑升高度相适应。

9.1.10 关于竖井混凝土的脱模强度，在施工实践中发现：混凝土的脱模强度较低时，在其上部混凝土自重作用下，脱模后的混凝土会发生塑性变形，影响其后期强度。过低的脱模强度，会造成 28d 抗压强度降低，滑升速度越快，降低的比例愈大。当滑升速度为 10cm/h~20cm/h，脱模混凝土的最低强度控制在 0.2MPa 以上时，混凝土 28d 强度仅降低 2%~5%；脱模强度达到 0.4MPa 时，混凝土 28d 的强度基本不降低。所以，为了不过分影响混凝土的后期强度，适当提高混凝土的脱模强度是必要的。

根据已有的施工经验，规定滑框倒模混凝土脱模强度不低于 0.4MPa 是合适的，但也不宜太高，以免脱模困难。

9.1.11 在滑模施工中，对操作平台应做到“勤观察、勤调整”，避免偏差积累过大。纠偏调整应逐步、缓慢地进行，不能操之过急。

操作平台倾斜太大会导致支承杆承载能力降低，模板产生反倾斜度以及滑模装置部件出现较大的变形。有关研究结果证明：在标

准荷载 (15kN) 作用下, 当支承杆的脱空长度为 170cm~230cm 和操作平台倾斜 1% 时, 支承杆的承载力降低 22%~23.5%。故建议对操作平台的倾斜度控制在 1% 以内。

本条规定的操作平台偏移量 (5cm) 是极限值, 达到此值尚不能调平时, 应停止滑升, 采取有效措施进行处理。

当成型的结构垂直度产生较大偏差时, 纠偏工作应徐缓进行, 急速纠偏会使滑动模板结构产生较大的纠偏力, 使滑模装置产生较大的变形以及支承杆倾斜等情况。

9.2 钢 管 衬 砌

9.2.1 参见 8.2.1 条文说明。

9.2.2 参见 8.2.2 及 9.1.4 条文说明。

9.2.3 参见 8.2.3 条文说明。

9.2.4 参见 8.2.4 条文说明。

9.2.5 参见 8.2.5 条文说明。

10 固 结 灌 浆

10.0.1 斜井和竖井混凝土一般采用滑模施工，受重力影响井壁与岩壁之间不会出现大范围的脱空情况，因而只进行固结灌浆。

10.0.2 斜井、竖井的混凝土衬砌厚度一般都不超过 1m，高压灌浆时，易产生变形，因而有必要选取一典型的结构面进行混凝土抬动观测试验，取得数据，避免混凝土被破坏。

10.0.3 因斜井、竖井一般采用台车或吊笼作业，钻机越轻越好。在台车或吊笼上作业，个别孔的孔位、孔向受台车、吊笼的结构影响，可能要作适当调整。

10.0.4 斜井、竖井每一环孔高程接近，一般都为上层平台钻孔，下层平台灌浆，考虑安全因素，施工宜采用“环间分序，环内加密”的原则，由低向高进行。

10.0.5 斜井、竖井灌浆大多为高压灌浆，采用对称孔并联灌浆，混凝土受力情况好，不易发生抬动。

10.0.9 高压灌浆时，灌浆压力大，水泥浆液析水快，凝结时间短，若屏浆时间过长，将无法起塞，因而需通过试验确定。

10.0.10 为了保证孔口段灌注的水泥初凝，提高孔口段的承载力，不被高压灌浆所破坏。

10.0.11 风动封孔器封孔以风为动力，将掺有外加剂的干硬水泥砂浆喷射到孔内。此方法封孔速度快，强度高，宜用于斜井、竖井灌浆封孔，在天荒坪、沙河、桐柏等抽水蓄能电站斜井、竖井固结灌浆施工中均获得很好的效果。

11 质 量 控 制

11.0.1 施工单位应按 GB/T 19000 标准建立质量保证体系，分级设专职质检人员，并结合工程情况制定监督检查制度，逐级贯彻执行，进行质量跟踪管理。当今实行班组自检、互检和专职检查相结合的三检制，仍然是有效的检查办法，应该坚持执行。在自检合格后，报请监理工程师进行最后检查验收。

11.0.4 斜井、竖井开挖完成或分阶段进行工程验收，由施工单位提供资料，监理单位组织设计、地质、施工单位进行验收。

11.0.5 结合已建地下工程的实际情况，并考虑到斜井、竖井与平洞施工条件的差异，提出了斜井、竖井的允许超挖值。对于因地质原因，如局部不稳定楔形体、节理裂隙发育地段、岩爆地段、断层、破碎带等造成的超挖，应由施工单位提出资料，由监理单位根据实际地质条件提出处理措施。

11.0.6 因滑模施工具有施工速度快和连续作业的特点，所以应在施工的全过程中加强质量检查，发现问题及时纠正和处理，否则就难以保证工程质量。

11.0.7 斜井、竖井滑模的轴线允许偏差为建筑物长度的 0.5‰是根据施工实际经验提出的。

11.0.8 参考《烟囱工程施工及验收规范》：“滑模环向扭转值，按筒壁外表面的弧长计算，在任意 10m 高度内不得超过 100mm，全高范围内不得超过 500mm。”

11.0.9 固结灌浆是隐蔽工程，在施工过程中必须严格按照质量标准进行控制。

12 施 工 安 全

12.0.2 “作业动态挂牌制”是一项行之有效的管理办法，作业时挂牌，下班时摘牌，以标识井内作业人员分布情况，可即时掌握井内人员情况，尤其是在开挖施工期间，对于避免爆破作业对井内作业人员的威胁，作用明显。

12.0.4 井上、井下所有施工设施的设计均应符合有关标准的规定，避免随意性。对设备进行定期检查和经常性检查，可以避免事故隐患，防患于未然。

12.0.5 提升系统的布置和设计应符合有关标准的规定。提升系统除应设置制动、限位、限载、信号、紧急安全开关等装置外，还应设置牵引失效保护装置，防止由于种种原因造成的牵引失效。通常所说的断绳保护装置并不确切，因为在某种情况下，由于牵引设备构件的破坏导致不能有效牵引，使吊笼（台车）以一定的加速度下落（下滑），这时牵引钢丝绳并未断裂，所以断绳保护装置并不动作，结果造成事故。目前，牵引失效保护装置种类不少，但还没有效果可靠的定型产品，有待进一步研究、开发。

12.0.6 无论是斜井还是竖井，如果井内空气不流通，人员在井内作业容易缺氧、窒息，这在某些工程施工中多次发生过。

12.0.7 对于长斜井、深竖井，为了减少施工人员的体力消耗，提高工作效率，人员交通采用机械升降系统很有必要。同时，为解决机械升降系统出现故障时的人员交通问题，还需设置爬梯。

12.0.10 是为了确保扩挖钻孔及出渣作业时人员及设备的安全。在斜井中，该平台由布置在扩挖台车上的导链提起和就位。

12.0.11 为了减少台车升降时的荷载，台车升降时，除指挥人员外，不允许其他人员乘坐。

12.0.12 在台车上设卷扬机紧急制动按钮，以备紧急情况下指挥

人员在台车上直接停止卷扬机运行。

12.0.13 导向装置可以防止吊笼或电梯摇摆、扭转，并且是安全保险装置的支承构件。导向装置可以是柔性导绳或刚性滑道。如采用柔性导绳，在牵引失效保护装置动作时，抱闸卡紧柔性导绳，吊笼荷载全部由柔性导绳承担，所以，要求柔性导绳具有相当的承载能力。金属芯钢丝绳表面无油脂，利于抱闸卡紧。在吊笼正常运行情况下，柔性导绳限制吊笼摆动、扭转，所以需要有一定的张紧力，而且两根导绳的张紧力应该均衡，使吊笼运行比较稳定。

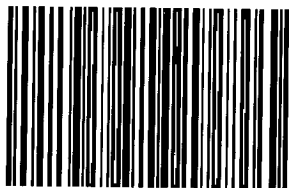
12.0.14 如果人员和物料同时载运，容易发生物料碰撞人员的事故。

12.0.15 施工实际经验表明，在长斜井、深竖井内安装一定数量的摄像头，随时监控运输设备的运行情况，很有必要。

12.0.17 下井口堵塞容易造成井内施工人员缺氧。井下出渣时，封闭导井井口，以防止杂物坠入井下，威胁施工人员和设备的安全。

12.0.19 是为了防止溜槽或溜管因混凝土堵塞造成荷载过大，致使溜槽或溜管连接件断裂而造成事故。

12.0.21 在长斜井、深竖井内，风、水管路自重较大，所以连接必须牢靠。水管内水压力较高，水管必须能可靠地承受水压力。



155083.2283

销售分类建议：规程规范/
水利水电工程/水利水电施工

DL/T 5407—2009

中华人民共和国电力行业标准
水电水利工程斜井竖井施工规范

DL/T 5407—2009

*

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京博图彩色印刷有限公司印刷

*

2009年12月第一版 2009年12月北京第一次印刷

850毫米×1168毫米 32开本 1.875印张 46千字

印数 0001—3000册

*

统一书号 155083·2283 定价 **9.00元**

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究