

中华人民共和国水利行业标准

SL 378—2007

替代 SDJ 212—83

水工建筑物地下开挖工程施工规范

**Construction specifications on underground excavating
engineering of hydraulic structures**

2007-10-08 发布

2008-01-08 实施

中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国水利部

关于批准发布水利行业标准的公告

2007 年第 10 号

中华人民共和国水利部批准《水资源水量监测技术导则》
(SL 365—2007) 等 5 项标准为水利行业标准，现予以公布。

二〇〇七年十月九日

<http://www.slzjxx.cn>
水利造价信息网

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	水资源水量监测 技术导则	SL 365—2007		2007.10.08	2008.01.08
2	水利水电工程锚 喷支护技术规范	SL 377—2007	SDS 7—85	2007.10.08	2008.01.08
3	水工建筑物地下 开挖工程施工规范	SL 378—2007	SDJ 212—83	2007.10.08	2008.01.08
4	开发建设项目水 土保持设施验收技 术规程	SL 387—2007		2007.10.08	2008.01.08
5	实时水情交换 协议	SL/Z 388—2007		2007.10.08	2008.01.08

<https://www.slzjxx.cn/>
 水利造价信息网

前 言

为适应水利水电地下开挖技术发展的需要，2002 年 9 月，水利部建设与管理司以建管综便字〔2002〕第 14 号文下达了对 SDJ 212—83 进行修订的计划，修订后的标准定名为《水工建筑物地下开挖工程施工规范》（SL 378—2007）（以下简称本标准）。

新修订的本标准主要技术内容包括地质、测量、地下工程开挖、钻孔爆破、掘进机开挖、出渣与运输、临时支护、施工期安全监测、通风与防尘、辅助工程、安全施工、质量检查与验收等。本标准修订后，增加了掘进机开挖、软岩洞段开挖、软岩洞段的临时支护和施工期安全监测等内容，并对测量做了较大调整，补充了 GPS 和全站仪的测量内容。本标准对原标准 78 条进行了修改，增加 169 条保留 54 条，取消 10 条。本标准共 14 章 37 节，296 条和 5 个附录。

本标准所替代标准的版本为 SDJ 212—83。

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部建设与管理司

本标准解释单位：水利部建设与管理司

本标准主编单位：中水东北勘测设计研究有限责任公司

本标准参编单位：新疆额尔齐斯河流域开发工程建设管理局

中水北方勘测设计研究有限责任公司

辽宁省水利水电勘测设计研究院

新疆水利水电勘测设计研究院

本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社

本标准主要起草人：赵长海 林淀翔 齐志坚 崔金铁

周小兵 章跃林 刘永林 赵永君

杨明刚 贺建国 杜国文 李文新

王晓全 陈永彰 伍志刚 任金明

陈立秋 李伯昌

本标准审查会议技术负责人：李其友

本标准体例格式审查人：陈登毅

<https://www.slzjxx.cn>
水利造价信息网

目 次

1	总则	8
2	引用标准	9
3	地质	10
4	测量	12
5	开挖	19
5.1	一般规定	19
5.2	洞口开挖	20
5.3	平洞开挖	21
5.4	竖井与斜井开挖	22
5.5	特大断面洞室开挖	24
5.6	特殊部位开挖	25
5.7	软岩洞段开挖	25
5.8	不良地质条件洞段开挖	26
5.9	施工支洞	28
6	钻孔爆破	31
6.1	钻孔爆破设计	31
6.2	钻孔爆破作业	32
6.3	爆破试验与监测	33
7	掘进机开挖	35
7.1	一般规定	35
7.2	掘进机选择	35
7.3	掘进机开挖作业	36
7.4	衬砌施工	37
7.5	回填灌浆	38
8	出渣与运输	40
8.1	一般规定	40
8.2	有轨出渣运输	40
8.3	无轨出渣运输	41

8.4 斜井、竖井出渣运输	41
9 临时支护	44
9.1 一般规定	44
9.2 锚喷支护	44
9.3 拱架支撑与锚喷联合支护	45
9.4 软岩洞段的临时支护	46
9.5 不良地质条件洞段的临时支护	47
10 施工期安全监测	49
11 通风与防尘	51
11.1 卫生标准	51
11.2 通风	52
11.3 防尘、防有害气体	54
12 辅助工程	56
12.1 供风	56
12.2 供水与排水	56
12.3 供电与照明	57
12.4 其他辅助设施	59
13 安全施工	60
13.1 一般规定	60
13.2 爆破开挖的安全规定	60
13.3 出渣运输的安全规定	61
13.4 支护施工的安全规定	62
14 质量检查与验收资料	63
附录 A 岩土分级	65
附录 B 围岩工程地质分类	71
附录 C 有关控制测量误差计算的规定	75
附录 D 光面爆破与预裂爆破参数	81
附录 E 有关爆破监测方法的规定	84
标准用词说明	86

1 总 则

1.0.1 为保障水工建筑物地下开挖工程的施工安全，提高地下开挖工程的质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于水利水电工程中置于地下的各种水工建筑物开挖施工。

1.0.3 地下开挖工程的开挖施工应遵守“安全第一、以人为本”的原则，正确处理安全、质量、进度和经济的关系。

1.0.4 地下开挖工程应根据地形、地质、洞室尺寸、洞室形状等条件，通过技术经济比较选择合理的施工方法。当采用钻孔爆破法施工时，应采用光面爆破或预裂爆破技术施工。

1.0.5 地下开挖工程施工前，监理单位应向施工单位提供设计文件和施工图纸，组织技术交底；地下开挖工程施工过程中，应由地质专业人员及时进行施工地质工作；如实际地质情况与设计条件不符时，应修正设计或施工方案；当有重大设计修改时，应报请原设计审查单位批准。

1.0.6 施工单位应在合同规定的区域内，制定环境保护和水土保持措施，并与工程建设同步实施。

1.0.7 地下开挖工程施工过程中，应制定安全监测方案，开展安全监测工作。安全监测的信息应及时反馈给相关单位，以指导安全施工和优化设计。

1.0.8 地下开挖工程开挖过程中，应积极采用新技术、新工艺、新材料和新设备，并经过试验与论证后使用，以保证地下工程的安全可靠、技术先进、经济合理。

1.0.9 地下开挖工程施工，除应遵守本标准规定外，尚应遵守国家水利行业现行有关标准的规定。

2 引用标准

本标准引用下列标准的相关条文作为本标准的相应内容：

《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》(GB 175—1999)

《爆破安全规程》(GB 6722)

《国家一、二等水准测量规范》(GB 12897)

《国家三、四等水准测量规范》(GB 12898—1991)

《锚杆喷射混凝土支护技术规范》(GB 50086—2001)

《水利水电工程地质勘察规范》(GB 50287—99)

《建筑用卵石、碎石》(GB/T 14685—2001)

《全球定位系统(GPS)测量规范》(GB/T 18314—2001)

《水工预应力锚固施工规范》(SL 46—94)

《水工建筑物岩石基础开挖工程施工技术规范》(SL 47—94)

《水利水电工程施工测量规范》(SL 52—93)

《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》(SL 62—94)

《水利水电工程施工质量评定规程》(SL 176—1996)

《水工预应力锚固设计规范》(SL 212—98)

《水利水电建设工程验收规程》(SL 223—1999)

《水工隧洞设计规范》(SL 279—2002)

《水利水电工程锚喷支护技术规范》(SL 377—2007)

《水利水电建筑安装安全技术工作规程》(SD 267—88)

《水工混凝土施工规范》(SDJ 207—82)

3 地 质

3.0.1 地下开挖工程施工前，建设单位或监理单位应向施工单位提供下列工程地质与水文地质资料：

1 工程区域内的地形、地貌条件，过沟地段、浅埋与傍山洞室、地下洞室进、出口边坡和高水头压力管道地段山体的稳定条件。

2 地层岩性及其产状，特别是松散、软弱、崩解、膨胀和易溶岩层的分布和其物理力学性质。

3 主要断层、破碎带和节理裂隙密集带的位置、产状、规模、性状及其组合关系。

4 地下水类型、含水层分布、水位、水质、水温、涌水量、补给来源、动态规律及其对地下建筑物和开挖施工的影响。

5 可溶岩区，岩溶洞穴的发育层位、规模、充填情况。

6 地温情况。

7 有害气体和放射性元素的性质、含量及其分布范围。

8 特大断面洞室还应提供岩体初始应力的大小、主应力方向及与地下洞室轴线的相互关系，并评价施工方法对围岩稳定性的影响。高地应力地区，还应提供可能发生岩爆的资料。

9 根据岩性及其物理力学性质按附录 A 确定岩石级别；根据附录 B 划分围岩类别。

3.0.2 地下开挖工程施工过程中，应做好下列施工地质工作：

1 地质编录和测绘工作，检验前期的勘察资料。

2 预测和预报可能出现的工程地质问题。

3 对不良工程地质问题开展专项研究，并提出处理措施。

4 开展安全监测工作，及时分析监测资料，进行围岩稳定性预报。

3.0.3 施工单位应根据地质条件和设计要求制定开挖和支护方

案，经监理单位审批后实施。

3.0.4 地下开挖工程施工期间，若围岩条件与原勘察结果有较大变化，建设单位应委托勘察单位进行补充勘探，必要时还应进行专门的试验研究工作，复核原定的地质参数。施工单位应根据新的复核结果，调整施工方案，并报监理单位核准。

3.0.5 施工单位应根据实际施工情况，进行地质预报，并根据预报制定安全施工预案。必要时，监理单位可组织相关单位对安全施工预案进行审查。

3.0.6 当地下开挖工程施工过程中，出现异常地质变化时，施工单位应做好记录，施工地质人员应进行详尽的地质测绘与编录，监理单位应及时组织设计、施工等单位共同商定处理措施。

4 测 量

4.0.1 地下洞室施工测量应包括下列基本内容：

- 1 进行地下洞室贯通测量的技术设计和贯通测量。
- 2 建立地面和地下平面与高程控制网。
- 3 对地下洞室的轴线、坡度、高程和开挖断面放样。
- 4 地下洞室开挖轴线纠偏与贯通面误差调整。
- 5 测绘地下洞室纵横断面，并计算工程量。
- 6 提出中间验收、竣工验收资料和技术报告。

4.0.2 地下洞室贯通测量技术设计应在开挖前进行，其测量极限误差应符合下列规定：

- 1 贯通测量极限误差应满足表 4.0.2—1 的要求。

表 4.0.2—1 贯通测量容许极限误差值

相向开挖长度 (km)		≤5	5~ 10	10~ 15	15~ 20	20~ 25	25~ 30	30~ 35	35~ 40	40~ 45	45~ 50
极限贯通误差 (mm)	横向	±100	±150	±220	±300	±400	±500	±620	±740	±880	±1000
	纵向	±100	±150	±220	±300	±400	±500	±620	±740	±880	±1000
	竖向	±40	±56	±76	±100	±124	±150	±176	±200	±224	±250

注：相向开挖长度包括支洞的长度。

2 计算贯通中误差时，可取表 4.0.2—1 中极限误差的一半作为贯通中误差，并按表 4.0.2—2 的原则分配。

3 上、下两端相向开挖的竖井，其极限贯通误差不大于 ±200mm。

3 通过竖井贯通时，应把竖井定向作为一个独立因素参与贯通中误差的分配。

4.0.3 洞外和洞内测量误差在横向和竖向贯通面上的影响可按附录 C 中的公式计算。

表 4.0.2—2 贯通中误差分配原则

相向开挖 长度 (km)	中 误 差 (mm)								
	横 向			纵 向			竖 向		
	洞外	洞内	贯通面	洞外	洞内	贯通面	洞外	洞内	贯通面
≤5	±20	±50	±50	±20	±50	±50	±15	±15	±20
5~10	±30	±75	±75	±30	±75	±75	±20	±20	±28
10~15	±44	±110	±110	±44	±110	±110	±27	±27	±38
15~20	±60	±150	±150	±60	±150	±150	±35	±35	±50
20~25	±80	±200	±200	±80	±200	±200	±44	±44	±62
25~30	±100	±250	±250	±100	±250	±250	±53	±53	±75
30~35	±124	±310	±310	±124	±310	±310	±62	±62	±88
35~40	±148	±370	±370	±148	±370	±370	±71	±71	±100
40~45	±176	±440	±440	±176	±440	±440	±79	±79	±112
45~50	±200	±500	±500	±200	±500	±500	±88	±88	±125
注：相向开挖长度包括支洞的长度。									

4.0.4 地下洞室开挖之前，应根据地下洞室的设计轴线，拟定平面和高程控制略图，按表 4.0.2—1 和表 4.0.2—2 所规定的测量精度要求，用附录 C 中的公式进行预期误差的精度估算，以便确定洞外和洞内控制测量的等级和作业方法。

4.0.5 洞外控制测量可按下列规定进行：

1 洞外平面控制网可布设成 GPS 网、导线网、测角网、测边网或边角组合网，洞外基本导线网的技术要求见附录 C 表 C.0.3。洞外高程控制网可布设成环线或符合线路水准测量网。洞外控制网的等级可根据地下洞室相向开挖长度，按照表 4.0.5 的规定选择。

2 洞外各等级 GPS 测量应按 GB/T 18314—2001 的规定执行；各等级导线网、测角网、边角网测量应按 SL 52—93 的规定执行；一等、二等水准测量应按 GB 12897—1991 的规定执行；三等、四等水准测量应按 GB 12898—1991 的规定执行。

表 4.0.5 洞外控制网等级选择

相向开挖长度 (km)	导线测量	GPS 测量	水准测量
≤5	三等、四等	C 级、D 级	三等、四等
5~10	二等、三等	C 级	二等、三等
10~20		B 级、C 级	二等、三等
20~30		B 级、C 级	二等、三等
30~50		B 级、C 级	一等、二等
注：相向开挖长度包括支洞的长度。			

3 边长不大于 300m 时，应提高测量精度，经论证无法解决时，边长相对精度可适当放宽。

4 为减少长隧洞施工控制网边长投影长度变形，施工坐标系应符合下列要求：

- 1) 隧洞中点或贯通面应位于高斯正形投影 3°带或任意带的中央子午线附近。
- 2) 投影面为隧洞进、出口的平均高程面。

5 在每个洞口（包括支洞口）附近不受施工干扰的位置，应埋设 3 个平面控制点及 3 个高程控制点标石。平面控制点至少有一个与洞口通视良好，定向边和洞口应尽量位于同一高程面上，以消除垂线偏差对方向值的影响。

6 宜选择洞口附近的控制点作为进洞的洞口控制点或进洞控制点，或者用强度较好的图形加密洞口控制点。布设洞口控制点时，应考虑有利施工放样和便于向洞内传递等因素。

7 洞口的控制点标志，应浇筑混凝土观测墩，并安置强制对中基座。

8 隧洞施工平面控制网坐标系统宜与规划设计阶段的坐标系统一致，也可根据需要建立与规划设计阶段的坐标系统有换算关系的施工坐标系统。施工高程系统应与规划设计阶段的高程系统一致，并应根据需要就近与国家水准点进行联测。

4.0.6 洞内控制测量可按下列规定执行：

1 洞内平面控制测量宜布设光电测距导线，导线可分为基本导线和施工导线。洞内基本导线宜布设交叉式双导线网，其技术要求见附录 C 表 C.0.4。洞内基本导线网和水准网的等级可根据隧洞相向开挖长度，按照表 4.0.6 确定。

表 4.0.6 洞内控制网等级选择

相向开挖长度 (km)	基本导线网等级	水准网等级
≤5	三等、四等	四等
5~10	二等、三等	四等
10~20	二等、三等	三等
20~30	一等、二等	三等
30~50	一等、二等	三等

注：相向开挖长度包括支洞的长度。

2 施工导线点的布设可根据隧洞开挖方法确定；钻孔爆破法开挖宜每隔 50m 左右设置一点；掘进机开挖宜根据激光导向仪的有效工作距离和后配套长度确定点位间距。

3 基本导线点和施工导线点宜沿洞壁两侧布设，基本导线点标志应设置在带有强制对中基座的仪器平台上。

4 光电测距边长应进行对向观测，并经气象、加常数、乘常数、周期误差、倾斜和投影各项改正。洞内基本导线应进行两组独立观测，导线点的两组坐标值误差不应大于中误差的 $2\sqrt{2}$ 倍，并取两组观测数据的平均值作为最后成果。若只进行一组观测，应同时观测导线的左、右角或组成闭合路线。

5 在平面控制进洞联测中，应选择最有利的进洞定向点，并联测另一个定向检查点。由洞口向洞内传递方向的测角精度，不应低于洞内基本导线的测角精度。

6 基本导线每向前延伸数点，可将两条导线连接成闭合导线进行平差。施工导线与基本导线附合时，应进行校核，及时算

出施工导线点的里程、高程以及偏离轴线的数值，并进行轴线偏差改正，洞轴线水平偏差限值应小于表 4.0.2—1 的规定值。

7 洞内高程应以洞口基本水准点为起算点引测至洞内，洞内水准点应埋设固定标志。洞内水准测量应通过往返观测或通过左右水准路线联测进行校核，并认真做好中线桩点高程的测量与校核，洞底高程偏差极限值应小于表 4.0.2—1 的规定值。

8 当相向开挖的两工作面临近贯通面时，可使用钻机钻超前探孔或开挖导洞，并通过这个探孔或导洞与两洞口的地面基本控制点（包括平面和高程控制网）进行联测，经统一平差后进行贯通误差的确定、调整和分配。

9 地下洞室内的控制点点位应定期检查复核，以防点位变动。

4.0.7 地下开挖工程施工测量应遵守下列规定：

1 施工放样之前应编制施工放样总图。

2 细部放样轮廓点相对于洞轴线的点位中误差：开挖轮廓线不大于 50mm（不允许欠挖）；混凝土衬砌立模点不大于 ±10mm。

4.0.8 钻孔爆破法开挖施工测量应遵守下列规定：

1 开挖放样应以施工导线标定的轴线为依据。直线段采用串线法时，两吊线的间距不应小于 5m，延伸长度应小于 20m；曲线段应采用经纬仪放样。开挖过程中宜在洞内安置激光准直仪，或用激光经纬仪标定轴线。

2 开挖放样应在掌子面上标定中线、腰线和开挖轮廓线，必要时还应标出钻孔位置；对分层开挖的地下厂房等大断面洞室进行放样时，可只标定设计开挖轮廓线和中心线，在腰线和中线位置宜安装激光指向仪。

3 地下洞室混凝土衬砌放样，应以贯通后经调整配赋的洞室轴线为依据，在衬砌断面上标出拱顶、起拱线和边墙的设计位置，立模后应进行检查。

4 应及时测绘开挖断面和混凝土衬砌竣工断面，并计算工

程量。直线段断面间距为 5m，曲线段断面间距为 3m，对结构变化或特殊部位应适当加测断面。断面测点相对于洞室轴线的测量限差为：开挖竣工断面±50mm，混凝土衬砌竣工断面±20mm。

4.0.9 掘进机开挖施工测量应遵守下列规定：

1 首先将洞内基本导线或施工导线的坐标和高程引测至掘进机的激光导向系统，再以设计轴线指导掘进机的掘进方向，以保证施工测量的可靠性。

2 为保证隧洞的准确贯通，对隧洞轴线应进行定期检测。

3 使用双护盾式掘进机施工时，开挖与衬砌平行作业，可只测绘混凝土衬砌竣工断面，断面测点相对于洞轴线的测量限差为±20mm。

4.0.10 斜井开挖放样可用坡面经纬仪直接测定轴线和平行腰高。若用经纬仪架设在轴线上按真伪倾角法测定平行腰高时，各点的垂直角 α' 可按式（4.0.10）计算：

$$\alpha' = \arctan(\tan \alpha \cos \theta) \quad (4.0.10)$$

式中 α' ——各点的垂直角（°）；

α ——斜井的设计垂直角（°）；

θ ——斜井轴线至照准点方向的水平夹角（°）。

4.0.11 竖井开挖与衬砌测量放样可用重锤、激光投点仪或光学投点仪进行，开挖轮廓放样点相对于竖井轴线的测量限差为±50mm；混凝土衬砌轮廓放样点相对于竖井轴线的测量限差为±20mm。

4.0.12 在地下洞室混凝土衬砌过程中，应根据需要及时在两侧墙上埋设一定数量的铜质（或不锈钢）永久标志，并测定高程、里程等数据，以便检修和监测时使用。

4.0.13 地下工程竣工时，应提交下列测量资料：

1 贯通测量技术设计书。

2 控制测量平差计算成果。

3 洞轴线控制点与控制网联测的平差资料及进洞关系平面图。

- 4 洞内导线及高程计算成果和平面图。
- 5 地下洞室开挖和混凝土竣工平面图、纵横断面图和竣工工程量计算表。
- 6 贯通误差的实测成果和贯通误差调整说明。
- 7 地下洞室施工测量技术总结。

5 开 挖

5.1 一般规定

5.1.1 地下开挖工程开工前，施工单位应编制地下开挖工程施工组织设计，报监理单位审查批准，监理单位发布开工令后方可开始开挖施工。

5.1.2 地下开挖工程施工组织设计应包括下列内容：

- 1 工程概况。
- 2 施工总布置。
- 3 施工方法。
- 4 施工进度计划。
- 5 施工资源配置。
- 6 安全和质量保证措施。
- 7 施工期安全监测方案及其布置。
- 8 环境保护和水土保持措施。

5.1.3 地下洞室规模可根据地下洞室开挖尺寸和断面大小，划分为：

- 1 特小断面：面积（指设计开挖面积，下同）小于 10m^2 或跨度小于 3.0m 。
- 2 小断面：面积为 $10\sim 30\text{m}^2$ 或跨度为 $3.0\sim 5.5\text{m}$ 。
- 3 中断面：面积为 $30\sim 60\text{m}^2$ 或跨度为 $5.5\sim 7.5\text{m}$ 。
- 4 大断面：面积为 $60\sim 120\text{m}^2$ 或跨度为 $7.5\sim 12.0\text{m}$ 。
- 5 特大断面：面积大于 120m^2 或跨度大于 12.0m 。

5.1.4 地下洞室按照倾角（洞轴线与水平面的夹角）可划分为平洞、斜井、竖井等三种类型，其划分原则为：

- 1 倾角小于 6° 为平洞。
- 2 倾角 $6^\circ\sim 75^\circ$ 为斜井。
- 3 倾角大于 75° 为竖井。

5.1.5 地下洞室开挖方法应根据地质条件、工程规模、支护方式、工期要求、施工机械化程度、施工条件和施工技术水平等因素选定。

5.1.6 一般情况下地下洞室不应欠挖，且应尽量减少超挖。其开挖半径的平均径向超挖值，平洞不应大于 200mm；斜井、竖井不应大于 250mm。

不良地质地段超挖值的控制标准，可由监理工程师组织相关人员商定后，报建设单位确定。

5.1.7 地下洞室开挖过程中，应根据需要适时采取有效的支护措施，保证施工过程中的安全。

5.1.8 施工单位应根据围岩的稳定状况和工期要求，研究开挖方式并选定采用开挖、支护与衬砌交叉或平行作业。

5.1.9 缺氧地区及负温条件下的地下洞室开挖，应慎重选择施工方法和施工机械。缺氧地区地下洞室开挖时，应以机械施工为主，加强通风并采取合适的补氧措施。负温条件下地下洞室开挖时，应采取防寒措施。

5.1.10 在下列情况开挖地下洞室时，宜采用预先贯通导洞法施工：

- 1 地质条件复杂，需进一步查清时。
- 2 为解决通风、排水和运输时。

5.1.11 地下洞室开挖过程中，应根据地下洞室的工程规模、地质条件、施工方法开展安全监测工作，以指导开挖施工和确定加固方案及支护参数。

5.2 洞口开挖

5.2.1 地下开挖工程施工前，应对地下洞室洞口岩体稳定性进行分析，确定开挖方法、支护措施和洞口边坡加固方案等。

5.2.2 地下洞室洞口削坡应自上而下分层进行，严禁上下垂直作业。进洞前，应做好开挖及其影响范围内的危石清理和坡顶排水，按设计要求进行边坡加固。

5.2.3 地下洞室洞口可设置防护棚。必要时，应在洞脸上部加设挡石栅栏。洞口开挖时对周围岩体应尽量减少扰动。当洞口处岩体软弱、破碎，成洞条件差时，应首先进行超前加固和支护，再进行洞口开挖。

5.2.4 地下洞室进口施工宜避开降水期和融雪期。进洞前，应完成洞口排水系统，并对洞脸岩体进行鉴定，确认稳定后，方可开挖洞口。

5.2.5 地下洞室洞口段开挖，可根据地下洞室的工程规模、地形、地质条件选择下列方法：

1 中断面以下（含中断面）规模洞室，当岩体较为完整，其围岩类别为Ⅰ～Ⅲ类时，可采用全断面开挖，开挖后除进行支护外，必要时还应对其进口段采用混凝土衬砌；当围岩类别为Ⅳ类或Ⅴ类时，可采用短进尺和分部开挖方式施工，每部分开挖后立即进行临时支护，待全断面形成后，可视围岩与临时支护的稳定状态适时进行锁口。

2 大断面以上（含大断面）规模洞室洞口开挖，宜采用分部开挖，开挖后立即实施临时支护，并根据围岩情况和构造采取加固措施。

5.2.6 位于河水位以下的隧洞进、出口，应按施工期防洪标准设置围堰或预留岩坎，在围堰或岩坎保护下进行开挖。需要采用岩塞爆破方法形成洞口时，应进行专门论证。

5.2.7 若洞口布置的水工建筑物对建基面有承载力要求，当进口开挖至接近建基面时，应按 SL 47—94 的有关规定开挖及处理。

5.3 平洞开挖

5.3.1 在Ⅰ～Ⅲ围岩中，当开挖洞径小于 10m 时，宜采用全断面开挖方法；当开挖洞径在 10m 及 10m 以上时，可采用台阶法开挖。

5.3.2 在Ⅳ类围岩中，当开挖断面为中断面以上时，宜采用分

部开挖，开挖后应立即进行临时支护。

5.3.3 在 V 类围岩中开挖平洞时，应按本标准第 5.7 节、5.8 节、9.4 节和 9.5 节的规定执行。

5.3.4 平洞开挖的循环进尺可根据围岩类别和施工机械等条件选用下列数值：

- 1 I~Ⅲ类围岩，采用手风钻造孔时，循环进尺宜为 2.0~4.0m；采用液压单臂或多臂钻造孔时，循环进尺宜为 3.0~5.0m。
- 2 IV类围岩，循环进尺宜为 1.0~2.0m。
- 3 V类围岩，循环进尺宜为 0.5~1.0m。
- 4 循环进尺应根据监测结果进行调整。

5.4 竖井与斜井开挖

5.4.1 倾角小于 30°的斜井，可采用自上而下全断面开挖；倾角为 30°~45°的斜井，可采用自上而下全断面开挖或自下而上开挖，若采用自下而上开挖时，应有扒渣和溜渣措施；倾角大于 45°的斜井和竖井，可采用自下而上先挖导井、再自上而下扩挖或自下而上全断面开挖。

5.4.2 竖井与斜井采用自上而下全断面开挖时，应遵守下列规定：

- 1 必须锁好井口，确保井口稳定，并采取措施防止杂物坠入井内；对于露天竖井与斜井，应设置不小于 3m 宽的井台；边坡与井台交接处应设置排水沟。

- 2 当竖井深度等于或大于 30m 时，应设置专门运送施工人员的提升设备，提升设备应专门设计；深度小于 30m 的竖井和倾角大于 45°的斜井，应设置带防护栏的人行楼梯或爬梯。

- 3 涌水和淋水地段，应有防水、排水措施。

- 4 当井壁存在不利的节理裂隙组合时，应加强支护。

- 5 IV、V类围岩地段，应及时支护。开挖一段，支护或衬砌一段，必要时应在采用预灌浆的方法对围岩进行加固后再

开挖。

5.4.3 当采用贯通导井后再自上而下进行扩大开挖时，除应遵守本标准 5.4.2 条规定外，还应满足下列条件：

1 直径不小于 10m 时，宜采用机械扒渣。若人工扒渣时，由井壁到导井口，应有适当的坡度。

2 应采取有效措施，防止导井堵塞和发生人员坠落事故。

3 在竖井、斜井与平洞连接处，应将连接段加固后再开挖。

5.4.4 在 I、II 类围岩中开挖小断面竖井，可采用吊罐法、爬罐法或反井钻机法自下而上全断面开挖。

5.4.5 在钻孔精度能满足要求的情况下，可采用一次钻孔、分段爆破成井的施工方法。

5.4.6 在 I、II 类围岩中，开挖中断面以上的竖井时，可采用先挖导井再自上而下扩大开挖的施工方法，导井断面宜为 4~5m²。导井开挖可选择下列方法施工：

1 普通法：

1) 正井法，即自上而下开挖，使用卷扬机提升出渣；适用于深度小于 50m 的导井开挖，亦可用于围岩稳定性差的竖井开挖。

2) 反井法，即自下而上搭设排架或在洞壁上安装锚杆形成登高平台，手风钻钻孔爆破成井；适用于围岩稳定性较好，深度小于 50m 的竖井。

3) 正、反井相结合开挖。

2 深孔爆破法：即一次钻孔、分段爆破法；适用于深度小于 50m 的导井开挖。

3 吊罐法：适用于深度为 30~100m 的竖井，其中心孔的偏斜率不应大于 1%。

4 爬罐法：适用于深度不小于 50m 的导井开挖。

5 反井钻机法：适用于中等强度岩石、深度小于 250m、倾角不小于 50° 的斜导井和深度小于 300m 的竖导井开挖。

5.5 特大断面洞室开挖

5.5.1 对于开挖跨度大于 25m，开挖高度大于 50m 的特大断面洞室，设计单位应在洞室开挖前进行技术交底，施工单位应根据有关资料，编制详尽的施工组织计划，并制定切实可行的安全保障措施。

5.5.2 特大断面地下洞室应采用分层开挖方式施工，其分层数目及分层台阶高度可结合设计断面、围岩稳定条件、施工机械性能及运输通道条件等综合确定。一般情况下，分层开挖高度可取 6~9m，最大不宜超过 10m。对于高应力区，应适当减小分层开挖高度。

5.5.3 地下厂房宜采用自上而下逐层开挖的程序施工，各层的开挖应遵守下列原则：

1 顶部宜采用先开挖导洞，然后向两侧扩挖，导洞的位置及尺寸可根据地质条件和施工方法确定。若围岩稳定性较差时，导洞开挖后可边扩挖、边支护、边衬砌。拱部应在按设计要求加固完成后，再进行下层开挖。

2 中、下部岩体可按分层高度逐层开挖，各层开挖宜采用深孔梯段爆破。轮廓线处采用预裂爆破，或两侧预留保护层。

3 各层开挖出渣的运输通道，可利用永久交通洞、通风洞、母线洞、引水洞或尾水洞等，需要时再布置施工支洞。

5.5.4 在 I~III 类围岩中开挖特大断面洞室，可采用先拱后墙法施工；对于 IV~V 类围岩，宜采用先墙后拱法开挖和衬砌，边墙和顶部导洞的布置可根据工程条件和围岩稳定情况确定。

5.5.5 当特大断面洞室设有拱座，采用先拱后墙法开挖时，应注意保护和加固拱座岩体。拱脚下部的岩体开挖，应符合下列条件：

1 拱脚下部开挖面至拱脚线最低点的距离不应小于 1.5m。

2 顶拱混凝土衬砌强度不应低于设计强度的 75%。

5.5.6 与特大断面洞室交叉的洞口，宜在特大洞室开挖前完成

施工，并做好加固。

5.5.7 相邻两洞室之间的岩墙或岩柱，应根据地质情况确定支护措施，以确保岩体稳定。相邻两洞室的开挖程序，宜采取间隔开挖，开挖后应立即支护并加强监测。

5.5.8 特大断面洞室围岩永久性观测设备应在开挖后及时安设。

5.6 特殊部位开挖

5.6.1 地下厂房岩壁吊车梁、岩台吊车梁、高压岔管、拱脚及相邻处的边墙、岩塞和在成型后的高墙上开挖洞口等，属特殊部位的开挖，应做专门设计。

5.6.2 特殊部位开挖应合理分块，采用控制爆破技术开挖。开挖前，应通过爆破试验确定满足设计要求的爆破参数。

5.6.3 岩壁吊车梁开挖应严格控制开挖岩面的起伏差，如开挖岩面的起伏差不符合设计要求，应采取必要的措施，以改善结合面的受力条件。

5.6.4 与大断面洞室交叉洞口处，开挖后应立即支护。支护长度应根据围岩条件及控制性软弱面的延伸范围等因素确定，但不应小于 5m。

5.6.5 特殊部位开挖，保护层厚度不宜小于 2m。

5.6.6 分层开挖时，岩壁吊车梁最低点距所在开挖层面的高度宜控制在 2m 以上。开挖均应采用光面爆破技术。

5.6.7 在特殊部位开挖施工过程中，应在有代表性的部位布置适当的监测仪器，对其围岩的稳定状况进行监测。

5.7 软岩洞段开挖

5.7.1 在岩石饱和单轴抗压强度低于 15MPa 的软岩和岩石饱和单轴抗压强度低于 5MPa 的极软岩中进行地下开挖时，其开挖方法应根据围岩的稳定程度，采用不扰动围岩或少扰动围岩的开挖方法。

5.7.2 在软岩洞段采用爆破方法开挖时，应进行专门的爆破设

计。开挖前应进行专门的爆破试验，确定爆破参数，尽可能的减少爆破对围岩的扰动，保证围岩稳定。

5.7.3 在极软岩洞段，宜采用机械松动围岩，人工修整轮廓面的非爆破方式开挖。

5.7.4 软岩和极软岩洞段开挖，应严格控制开挖进尺。软岩洞段开挖进尺不宜超过 1.5m；极软岩洞段开挖进尺不宜超过 1.0m，有地下水的洞段还应缩短开挖进尺。

5.7.5 软岩和极软岩洞段应采用分部开挖，分部开挖面沿洞轴线的距离宜为 3~5m。每部位开挖后应立即进行临时支护，支护完成后方许可进行下一循环或下一分部的开挖。

5.7.6 软岩和极软岩洞段开挖，应视围岩变形大小，在设计开挖线之外适当预留变形量，以保证永久衬砌结构的设计尺寸。

5.7.7 稳定性极差的极软岩洞段，开挖前应进行超前支护，在超前支护的保护下进行开挖。

5.7.8 在软岩和极软岩洞段开挖与一次支护施工过程中，应布置施工期安全监测仪器，根据监测结果调整施工方法、开挖循环进尺、预留变形量大小和临时支护参数。

5.7.9 应根据开挖与一次支护后围岩稳定情况，确定永久衬砌实施时间与永久衬砌的施工方法。

5.8 不良地质条件洞段开挖

5.8.1 断层及破碎带、缓倾角节理密集带、岩溶发育、地下水丰富及膨胀岩体地段和高地应力区等不良地质条件洞段开挖，应根据地质预报，针对其性质和特殊的地质问题，制定专项保证安全施工的工程措施。

5.8.2 不良地质条件洞段应采用短进尺和分部开挖方式施工。开挖后应立即进行临时支护，支护完成后方可进行下一循环或下一分部的开挖。开挖循环进尺应根据监测结果调整，分部方法可根据地质构造及围岩稳定程度确定。

5.8.3 在岩溶发育地段进行洞室开挖时，应首先查明岩溶类型、

溶蚀形态、充填及堆积物性质、分布范围及地下水活动规律。然后可根据岩溶规模、稳定程度采取下列工程措施：

1 当隧洞穿过岩溶洞穴，岩溶洞穴较大且没有充填物时，可采用填渣、架桥等方式通过，此时隧洞衬砌可按明管设计。

2 当溶洞中有松散、破碎充填物时，其底部可采用桩基、注浆加固等措施，洞身部位可按 5.8.2 条规定进行开挖施工。

3 当洞穴中有地下水时，应根据地下水位、洞穴之间地下水连通情况、补水来源，采用排、堵、截等方案。必要时可采用弱透水材料回填、水泥灌浆等截、堵措施。

5.8.4 当洞室围岩被不利组合的结构面切割成不稳定块体时，应采用边挖、边锚的施工方法。

5.8.5 高地应力区段的开挖，应采用逐渐卸荷的方法施工，其具体措施为：

1 根据地应力大小、主应力方向、设计洞室开挖形状，采用光面爆破技术，控制开挖面的轮廓尺寸，以改善洞室周边的应力分布状况。

2 采用分部开挖方式，减缓应力释放量值，避免应力突然释放。

3 及时清除浮石，经常喷雾洒水，增设防护网。

4 及时以短锚杆、钢筋网、钢纤维喷射混凝土或树脂纤维喷射混凝土封闭岩面。

5.8.6 地下水丰富地段、应探明地下水活动规律、涌水量大小、地下水位及补给来源，可视实际情况采用排、堵、截、引等技术措施：

1 当地下水丰富，涌水量较大时，可采用在掌子面或涌水处布置超前钻孔，将水集中引排，降低开挖面渗水量。

2 截断补给来源，降低地下水位。

3 利用侧导洞、集水井或平行支洞排水。

4 对围岩进行灌浆，降低围岩的渗透性或形成阻水帷幕。

5.8.7 采用预灌浆阻水方案时，应遵守下列规定：

1 预灌浆的范围、孔位布置、灌浆材料、灌浆压力及工艺，应根据渗水及涌水情况做专门设计。

2 预灌浆效果可用单位透水率或岩体声波波速和胶结的岩体强度值检验。

3 灌浆后的施工，应按短进尺、弱爆破、快支护、早衬砌的原则进行，中断面以上洞室应采用分部开挖，爆破药量应通过试验确定。

4 采用分段法进行预灌浆时，其阻浆段长度应根据灌浆压力与效果确定。

5.8.8 发生塌方时，施工单位应立即按施工预案采取加固抢险措施，迅速制止塌方，防止范围扩大。监理工程师应立即组织施工、地质、设计、监测人员分析原因，采取加固处理措施。处理塌方时，应遵守下列原则：

1 先加固好端部未破坏的支护或岩体。

2 加固处理措施与永久支护或衬砌相结合。

3 塌落物未将洞室堵塞时，应先支护或加固顶部。当确认顶部已稳定时，再清除塌落物。

4 塌落物已将洞室堵塞时，宜采用管棚或管棚注浆等方法加固，然后再边开挖、边支护或边衬砌。

5 发生冒顶式塌方时，应首先加固好地表塌方区域周围岩体，并做好排水，防止塌方范围扩大。对塌落物应进行灌浆固结，再按上述要求有计划的清除塌落物。

6 有地下水活动的地段，应先治水后处理塌方。

5.9 施工支洞

5.9.1 施工支洞的设置，应根据地下建筑物的布置、工程量、总进度、地形、地质条件、施工方法、施工道路布置及施工机械等因素经技术经济比较确定，并应遵守下列规定：

1 采用钻孔爆破法开挖时，支洞的间距宜小于 3km。

2 竖井与斜井的施工支洞，高差宜小于 200m。

3 需自内向外开挖或衬砌洞口时，可在洞口附近设置施工支洞。

4 地下厂房分层开挖，应利用永久隧洞作为施工支洞，或从永久隧洞内分岔设置施工支洞，必要时可另设施工支洞。

5 可利用地质探洞等其他已有洞室作为施工支洞。

5.9.2 施工支洞布置应遵守下列规定：

1 沿洞线的地质条件较好。

2 洞线短。

3 通向支洞口的交通运输线路工程量小。

4 各支洞承担的工程量大体平衡。

5 洞外有适宜的弃渣场地。

6 洞口高程满足相应的防洪标准。

7 尽量利用荒地，少占农田和林地，并减少对环境的破坏。

5.9.3 施工支洞断面尺寸应满足运输、支护、各种管线布置及人行安全的要求。采用单车道时，每 200m 左右宜布置一个错车道。

5.9.4 支洞洞线宜与主洞正交，必须斜交时其交角不应小于 45°。交叉口应满足运输线路最小转弯半径的要求。有条件时，支洞应以 3% 的坡度向洞外倾斜。

5.9.5 必须采用竖井或斜井作为施工支洞时，除应遵守本标准 5.4 节的规定外，还应遵守下列规定：

1 斜井的倾角不宜大于 25°，井身纵断面不宜变坡与转弯，下水平段长度不宜小于 20m。

2 竖井可布置在隧洞轴线上或其一侧。当布置在隧洞的一侧时，与隧洞的净距宜为 15~20m。

3 斜井或竖井井底应布置回车场及集水井。

4 斜井的一侧应设置宽度不小于 0.7m 的人行道。

5 竖井内应设牢固、安全的爬梯。

5.9.6 施工支洞与主洞交汇处，应进行加固处理，以保证围岩稳定。

5.9.7 在下列情况下，可设置与主洞平行的施工支洞：

1 因地形、地质等条件限制，无法采用其他施工支洞的长隧洞。

2 当隧洞穿过不良地质地段或因处理塌方需设置绕过该段的平行支洞时。

3 经论证确有经济效益时。

5.9.8 与主洞平行的施工支洞可按下列原则布置：

1 与主洞的中心距不宜小于 3 倍主洞直径，支洞底应低于主洞底 0.2~0.6m。

2 横通道间距应按施工需要确定，一般情况下不宜小于 120m。

3 施工支洞宜设在地下水流向主洞的一侧。

6 钻孔爆破

6.1 钻孔爆破设计

6.1.1 地下洞室采用钻孔爆破法开挖时，必须遵守 GB 6722—2003 的有关规定。

6.1.2 地下洞室设计轮廓线的开挖，应采用光面爆破或预裂爆破技术。

6.1.3 开挖施工前，应进行爆破参数的试验。爆破参数可采用工程类比法或参照附录 D 选取。

6.1.4 施工单位应根据设计图纸、地质情况、爆破器材性能及钻孔机械等条件和爆破试验结果进行钻孔爆破设计。钻孔爆破设计应包括下列内容：

1 掏槽方式：应根据开挖断面大小、围岩类别、钻孔机具等因素确定。若采用中空直眼掏槽时，应尽量加大空眼直径和数目。

2 炮孔布置、深度及角度：炮孔应均匀布置；孔深应根据断面大小、钻孔机具性能和循环进尺要求等因素确定；钻孔角度应按炮孔类型进行设计，同类钻孔角度应一致，钻孔方向可按平行或收放等形式确定。

3 装药量：应根据围岩类别确定。任一炮孔装药量所引起的爆破裂隙伸入到岩体的影响带不应超过周边孔爆破产生的影响带。应选用合适的炸药，特别是周边孔应选用低爆速炸药或采用间隔装药、专用小直径药卷连续装药。

4 确定堵塞方式。

5 起爆方式及顺序：宜采用塑料导爆管、非电毫秒雷管，根据孔位布置分段爆破，其分段爆破时差，应使每段爆破独立作用；周边孔应同时起爆。

6 当施工现场附近存在相邻建筑物、浅埋隧洞或附近有重

点保护文物时，应按其抗震要求进行专项设计，并进行爆破震动控制计算。

7 绘制炮孔布置图。

6.1.5 地下洞室开挖施工过程中，应根据地质条件和实际爆破效果对爆破参数进行调整。

6.1.6 普通钻孔爆破，钻孔直径不宜大于 50mm；深孔梯段爆破，钻孔直径不宜大于 100mm。

6.1.7 特殊工程部位的爆破开挖，应按设计要求进行专项钻孔爆破设计。

6.1.8 特大断面洞室中、下部开挖，宜采用深孔台阶钻孔爆破法施工。其钻孔爆破设计应满足下列要求：

- 1** 周边轮廓应先行预裂或预留保护层。
- 2** 采用非电毫秒雷管分段起爆。
- 3** 按围岩和建筑物的抗震要求，控制最大一段的起爆药量。
- 4** 按分层高度造孔，其单孔药量不应超过允许值，并采用孔间微差顺序起爆技术。
- 5** 爆破石渣的块径大小和爆堆，应适合装渣机械作业。

6.2 钻 孔 爆 破 作 业

6.2.1 钻孔爆破作业，应按照批准的爆破设计图进行。

6.2.2 爆破孔深度应满足开挖循环的进尺要求。开挖循环进尺可按本标准 5.3.4 条确定。

6.2.3 钻孔质量应符合下列要求：

- 1** 钻孔孔位应根据测量定出的中线、腰线及孔位轮廓线确定。
- 2** 周边孔沿轮廓线调整的范围和掏槽孔的孔位偏差不宜大于±50mm，其他炮孔的孔位偏差不宜大于±100mm。
- 3** 炮孔的孔底应落在爆破图所规定的平面上。
- 4** 炮孔方向应符合设计要求，钻孔过程中，应经常进行检查，对周边孔和预裂爆破孔应控制好钻孔角度。

6.2.4 炮孔的装药、堵塞和引爆线路的连接，应由取得爆破员资质的作业人员持证上岗，按爆破设计图进行施工。

6.2.5 炮孔检查合格后进行装药，炮孔堵塞应密实。

6.2.6 引爆方法可按下列情况确定：

1 宜优先采用塑料导爆管、非电毫秒雷管引爆；在杂散电流较大或用吊罐法、爬罐法施工时，应采用塑料导爆管、非电毫秒雷管引爆。

2 预裂爆破宜采用导爆索引爆。

3 零星爆破可采用火雷管引爆。

6.2.7 光面爆破和预裂爆破的效果，可按下列标准检验：

1 残留炮孔痕迹应在开挖轮廓面上均匀分布，炮孔痕迹保存率：完整岩石等于或大于 80%，较完整和完整性差的岩石不小于 50%，较破碎和破碎岩石不小于 20%。

2 相邻两孔间的岩面应平整，孔壁不应有明显的爆震裂隙。

3 相邻两茬炮之间的台阶或预裂爆破的最大外斜值应小于 200mm。

4 预裂爆破后应形成贯穿连续性的裂缝。

6.3 爆破试验与监测

6.3.1 施工前应进行爆破试验。爆破试验可根据工程规模、地质条件，选择下列项目和内容：

1 火工材料性能试验。

2 爆破参数及爆破方法试验。

3 光面爆破、预裂爆破参数试验。

4 测定地震波的衰减规律。

5 测定爆破影响深度。

6 爆破震动试验。

对于小型工程，爆破试验可以结合开挖施工进行。

6.3.2 爆破试验应由具有爆破资质的单位进行。爆破试验所使用的仪器，应经计量部门检定。

6.3.3 特大断面洞室和地下洞室群，在施工过程中应开展爆破效果的监测。爆破监测可采用宏观调查与仪器监测相结合的方法进行，爆破监测的主要内容应根据工程规模和安全要求确定，其主要内容为：

- 1 检测岩体松动范围。
- 2 监测爆破对邻洞、高边墙、岩壁吊车梁的振动影响。
- 3 爆破区附近的岩体变化情况。

6.3.4 爆破监测可采用地震波法、声波法或压水试验法。爆破监测以监测质点振动速度为主，监测方法应按附录 E 的规定执行。

6.3.5 应做好爆破试验和爆破监测资料的记录、整理和分析，及时提出试验研究报告和监测报告。监测结果应作为工程竣工验收的备查资料。

7 掘进机开挖

7.1 一般规定

7.1.1 符合下列条件的地下洞室，宜采用全断面岩石掘进机开挖：

1 洞室断面为圆形、开挖直径为 3~12m、掘进长度不小于 10km。

2 岩体物理力学指标及构造较均匀、岩石单轴饱和抗压强度小于 200MPa、岩溶不发育、地下涌水量较小。

3 无开挖施工支洞及竖井条件。

7.1.2 采购掘进机时，应向掘进机制造厂商提供详细的地质资料，选用的掘进机应适应工程可能遇到的地质条件和地层岩性。

7.1.3 开始掘进之前，施工单位应根据建设单位提供的地质资料和设计文件编制施工组织计划，并应根据可能遇到的不良地质条件制定可靠的技术保障措施。

7.1.4 参与掘进机操作和相应管理的人员，其专业组成应配套齐全，并经专门培训合格后持证上岗。

7.2 掘进机选择

7.2.1 在较为完整的坚硬或中等坚硬岩体中开挖隧洞时，宜采用开敞式掘进机开挖；在完整性较差、中等坚硬或软弱的岩体中开挖隧洞时，宜采用双护盾式掘进机开挖；在砂层或饱和土层中开挖隧洞时，宜采用盾构式掘进机开挖。

7.2.2 全断面岩石掘进机的性能应满足下列要求：

1 应具备精确的导向功能和调整方向的能力，并能及时纠正运行的偏差，以保证隧洞轴向和坡度在设计允许的范围内。

2 应具有数据采集系统，能够存储信息，记录掘进机工作状态和参数等功能。

- 3** 应具有超前钻探功能，超前钻探深度宜不小于 20m。
 - 4** 应具有超前加固围岩和超前灌浆功能，以保证掘进机能够顺利通过不良地质洞段。
 - 5** 应具有调节开挖直径的功能，遇到刀头磨损严重、隧洞开挖后变形较大等情况时，开挖洞径仍能控制在设计允许误差之内。
 - 6** 掘进机的最大推力、最大扭矩、刀盘转速、掘进速度等参数的选择应留有余地，刀盘应具有反转功能。
 - 7** 直径较大的刀盘应适当分块并设置进出口，便于运输和进入工作面检修。
 - 8** 应具有粉尘和环境保护的控制设施，并应配备清除洞壁岩粉、清洗洞壁的设备。
 - 9** 应配备满足地质编录和超前地质预报需要的仪器和设备。
 - 10** 开敞式掘进机应配备喷射混凝土泵、锚杆钻机、钢拱架及钢筋安装机等设备。
 - 11** 当选择预制钢筋混凝土管片衬砌方案时，应配备便于管片快速、准确、平整安装的设备，同时还应配备充填 5~10mm 专用骨料和灌浆的设备。
 - 12** 应配备相应的检测设备，以满足掘进、支护、衬砌和回填灌浆等施工质量检测的需要。
- 7.2.3** 在施工现场，掘进机使用的刀具及易损件应有充足的储备，便于及时更换和维修。
- 7.2.4** 在开始掘进之前，应将有关掘进机的安装使用说明、掘进机的性能、技术指标、机械、电气、液压系统的维护、保养等资料报送监理单位。

7.3 掘进机开挖作业

7.3.1 掘进机开始作业之前，应进行整体试运转，运转正常后方可进洞掘进。操作人员应严格按操作规程作业。每天开始掘进前，应对所有设备和部件进行例行检查和维护；每周还应对主要

部件和系统进行全面检查和维护。

7.3.2 掘进机起步洞室、检修洞室、拆卸洞室或超过一定长度的岩体软弱洞段，宜按常规钻孔爆破法开挖和进行支护，并应满足掘进机安装及安全通过要求。

7.3.3 采用掘进机开挖的隧洞，洞轴线的水平允许偏差为 $\pm 100\text{mm}$ ，洞底高程允许偏差为 $\pm 60\text{mm}$ ，隧洞开挖轮廓线的允许偏差应满足设计要求。

7.3.4 施工单位应对开挖后的实际断面尺寸进行跟踪测量，对掘进后的洞段应及时进行地质编录。

7.3.5 施工单位每天应填写反映掘进机工作情况的日报表，日报表中应有下列主要内容：

- 1 每天掘进机开挖的起止桩号。
- 2 所掘进的洞段开挖轮廓线、高程和洞轴线偏差的检查结果。
- 3 掘进机的实际运行参数。
- 4 机械故障及维修的详细情况。
- 5 替换刀具的位置及清单。
- 6 安装管片衬砌的长度及其安装质量。
- 7 洞内各类人员和设备投入数量。
- 8 开挖洞段的地质条件，所遇到的特殊地质问题，并出具相应的检测数据和处理措施。

7.3.6 掘进机开挖的石渣，应通过与掘进机配套的出渣系统送至洞外，出渣设备的输送能力应满足掘进机最大生产能力的要求。可选用连续胶带机或有轨矿车等出渣方案。

7.3.7 通风系统应进行专门设计，工作面附近的风速应不低于 0.25m/s ，其他要求应符合本标准 11.2 节的规定。

7.3.8 使用掘进机开挖，应保证有足够、稳定的电力供应。

7.4 衬砌施工

7.4.1 采用掘进机开挖的隧洞，应根据围岩地质条件，通过技

术经济比较确定衬砌型式。可采用现浇混凝土衬砌、喷射混凝土衬砌或锚杆、钢筋网喷射混凝土衬砌，也可采用预制钢筋混凝土管片衬砌。

7.4.2 采用现浇混凝土衬砌的隧洞，衬砌应在隧洞贯通后或掘进机开挖一定距离后进行，衬砌设计应按 **SL 279—2002** 的规定执行，衬砌施工应按 **SDJ 207—82** 的规定执行。

7.4.3 采用喷射混凝土或锚杆、钢筋网喷射混凝土衬砌时，衬砌应紧跟开挖面进行，衬砌设计与施工应按 **GB 50086—2001** 和 **SL 377—2007** 的规定执行。

7.4.4 采用钢筋混凝土预制管片衬砌方案时，管片结构应进行专门设计，底部管片宜设置底座。

7.4.5 管片应由预制工厂生产，出厂前进行编号，验收合格后方可运至现场，使用管片拼装机进行拼装。

7.4.6 管片安装误差，可按下列要求控制：

1 管片径向安装误差为 $\pm 20\text{mm}$ 。

2 管片接缝处最大起伏差为 $\pm 5\text{mm}$ 。

7.4.7 管片周边的内侧应敷设膨胀性或复合性橡胶止水条，必要时内侧还应设明止水。管片接缝应用不低于管片强度等级的聚合物砂浆进行勾缝处理。

7.5 回 填 灌 浆

7.5.1 管片安装后，应在预制混凝土管片与围岩的缝隙中充填经过筛选和清洗、符合 **GB/T 14685—2001** 质量要求、粒径为 $5\sim 10\text{mm}$ 的专用骨料，并进行灌浆。经论证也可灌注水泥砂浆。

7.5.2 灌浆材料宜选用强度级别不低于 **32.5** 普通硅酸盐水泥。硫酸根离子超标的地下水地段，应选用抗硫酸盐水泥或采取其他措施。水泥质量应符合 **GB 175—1999** 的规定。

7.5.3 回填灌浆 28 天结石强度等级应大于 15MPa ，渗透系数应小于 $1.0\times 10^{-5}\text{cm/s}$ 。

7.5.4 灌浆工作实施之前应进行现场灌浆试验，根据试验结果

确定灌浆参数和施工工艺。

7.5.5 灌浆过程中应严格执行有关技术标准，以保证灌浆饱满。施工过程中应做好记录。

7.5.6 灌浆 7 天之后，应采用钻孔注浆的方式对灌浆效果进行检查。每 100m 可设一组检查孔，每组不宜少于 4 个钻孔，其中顶拱、仰拱和左右边墙各一个。检查方法为：向钻孔内注入水灰比为 2:1 的浆液，在规定压力下，初始 10min 内注入量不超过 10L 为合格。

8 出渣与运输

8.1 一般规定

8.1.1 出渣运输方式有无轨出渣运输、有轨出渣运输和无轨装渣有轨运输等几种，应按照已确定的施工方法和施工技术措施选择其中的一种。

8.1.2 开挖的石渣用于其他建筑物作为建筑材料时，石渣的堆放应遵循下列原则：

- 1 场地容量应满足石渣堆放需要，尽量避免二次倒运。
- 2 不同用途的石渣应分别堆放。
- 3 石渣堆放应满足稳定要求，不应影响附近各种设施的安全。

8.1.3 弃渣场地的选择与弃渣的堆放应遵循下列原则：

- 1 符合环境保护、水土保持要求，不占或少占农田，有条件时应结合造地。
- 2 弃渣场的可用表土应单独堆存留用。
- 3 不应占用其他工程场地，不应影响附近各种设施的安全。
- 4 不应侵占主河道、抬高河水位和恶化水流条件；若利用溪沟弃渣，应有拦渣、泄洪措施。
- 5 弃渣场应保持自身稳定，并应做好排水，必要时应分层碾压。
- 6 弃渣场宜配备平渣设备，并有专人指挥卸渣。

8.1.4 在出渣线路交叉道口处，应有指示牌、明显的安全标志和防护设施。

8.2 有轨出渣运输

8.2.1 中、小断面洞室出渣，宜采用有轨运输方式。当使用机车牵引时，应优先采用电瓶车。

8.2.2 采用装岩机装渣时，应使轨道紧跟开挖面，调车设施亦

应及时向前移动。有条件时宜优先采用梭式矿车等配套设备，连续装渣。

8.2.3 洞内运输宜设双车道。如用单车道时，应设错车道，其长度应满足列车车组的要求，间距应按行车密度确定。洞外应根据需要设调车、卸车和车辆检修等线路。

8.2.4 线路应经常养护，路基应稳定。

8.2.5 机车在洞内行驶的时速不宜大于 10km/h；调车或在人员稠密地段行驶时，时速应小于 3km/h；通过弯道、道岔或视线不良地段，时速不应大于 5km/h。

两列车同方向行驶时，列车间距不应小于 60m，并须减速慢行。列车倒退行驶时，应鸣号，鸣号间隔时间不应大于 15s。

8.3 无轨出渣运输

8.3.1 在开挖断面、通风条件、运输距离允许时，可采用装载机或挖掘机配自卸汽车出渣运输方式。

8.3.2 出渣道路、路面宽度应按所选用的设备型号和车型确定。

8.3.3 道路最大纵坡应根据运输车辆性能和出渣设备工作条件确定，一般情况下不宜大于 9%，最大纵坡限长为 150m，会车视距不宜小于 40m；局部最大纵坡不宜大于 14%。路面应保持平整且有良好的排水设施，并设专人维护，定期保养。运输量大的隧洞，有条件时宜采用混凝土路面。

8.3.4 出渣道路两侧不宜堆放施工器材和建筑材料。供水、供电、通风、照明线路应布设整齐，不影响运输车辆通行，并满足安全要求。

8.3.5 利用永久性建筑物的混凝土衬砌面作为运输通道时，应对混凝土表面进行保护。

8.3.6 汽车在洞内行驶时，时速不宜大于 10km/h。

8.4 斜井、竖井出渣运输

8.4.1 斜井、竖井出渣运输，提升设备的钢丝绳安全系数应符合

合下列规定：

- 1 用于载人的升降机、吊篮绳，其安全系数不应低于 14。
 - 2 用于绑扎起重物的绑扎绳，其安全系数应为 6~10。
 - 3 升降物料的升降机，其安全系数不应低于 6.5。
- 8.4.2** 竖井吊罐及斜井运输车牵引绳，应有断绳保险装置。
- 8.4.3** 斜井若采用卷扬机出渣运输，应符合下列条件：
- 1 铺设大于 15° 的斜坡轨道时，应有防止轨道下滑措施。
 - 2 轨道斜坡段与平直段应以竖曲线连接，在竖曲线与平直段相接处应设倒坡，并在适当位置设置能够控制溜车的挡车装置。
 - 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，一般情况下不宜大于 2m/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应小于 300mm 。
 - 6 斜井中每间隔 100m 左右应设置避车洞。
- 8.4.4** 斜井若采用泄槽溜渣时，应根据斜井倾角确定泄槽形式，并采取严格的安全保护设施。
- 8.4.5** 竖井若采用吊罐出渣时，井架、起吊设备应专门设计，并应符合下列规定：
- 1 井深大于 40m 时，应设吊罐导向装置。
 - 2 吊罐装渣重量不应超过设计值。
- 8.4.6** 吊罐升降速度应遵守下列规定：
- 1 井深小于 40m ，无导向设备时，不应超过 0.7m/s 。
 - 2 井深为 $40\sim 100\text{m}$ ，沿导向设备升降时，不应超过 1.5m/s 。
 - 3 井深大于 100m ，沿导向设备升降时，不应超过 3m/s 。
- 8.4.7** 斜井和竖井运输，应有可靠的通信和信号联系，信号应声、光、电兼备。
- 8.4.8** 提升设备应有防止过卷、过载、过速、过电流和失电压等保险装置及可靠的制动系统，并应加强维护检查工作。
- 8.4.9** 深度大于 30m 的竖井，应设专门的载人吊罐。载人吊罐

载人时，不应装运其他物品。

8.4.10 竖井内应设置人行爬梯，每 10~15m 应设置休息平台，人行爬梯应设置护栏。

8.4.11 井口应设阻车器、安全防护栏或安全门。

8.4.12 斜井、竖井自上而下扩大开挖时，应有防止导井堵塞和人员坠落的措施。

8.4.13 各项提升设施应经安全部门鉴定并签发合格证后方可使用。

9 临时支护

9.1 一般规定

9.1.1 开挖后需要支护的地段，应根据围岩条件、洞室断面型式、断面尺寸、开挖方法、围岩自稳时间等因素，确定以锚杆、喷射混凝土为主的临时支护方案。

9.1.2 临时支护结构可根据围岩类别、断面尺寸及开挖方法按 GB 50086—2001 的规定进行结构设计。

9.1.3 同一地段临时支护与开挖作业间隔时间、施工顺序及支护跟进方式，应根据围岩条件、爆破参数、支护类型等因素确定。临时支护应根据批准的施工方法进行施工。稳定性差的围岩，临时支护应紧跟开挖作业面实施，必要时还应采用超前支护的措施。

9.1.4 应按设计要求，开展施工期的安全监测工作。现场安全监测应与施工同步进行。对大断面洞室和特殊部位宜进行长期监测。施工期的安全监测应按本标准第 10 章的规定执行。

9.1.5 临时支护应能适应永久性衬砌的要求，并尽可能使临时支护结构作为永久性衬砌的一部分。

9.2 锚喷支护

9.2.1 锚喷支护类型应根据围岩条件、断面尺寸、施工方法，通过工程类比或现场监测结果确定。支护参数可按照 SL 377—2007 的规定选定。

9.2.2 锚喷支护施工应遵守下列原则：

1 根据开挖后的围岩稳定状况，确定锚喷支护顺序与时机。对变形超限的部位应加强支护，其支护型式与参数应根据变形大小确定。

2 施工前，应通过试验确定喷射混凝土施工使用的配合比；

施工过程中，应保证其强度、厚度和均匀性满足规范要求。

3 锚杆注浆应密实。

4 锚杆的锚固强度及围岩与喷层之间的黏结强度应符合设计要求。

5 分次施作同一断面的支护结构应相互连接，其整体性应满足围岩稳定的要求。

6 对破碎、易风化、遇水易膨胀等岩体，应及时封闭岩面。

7 对地下水发育地段，应采取排水措施。

8 各种支护措施的施工应遵守 **SL 377—2007** 的规定。

9.2.3 采用钢纤维喷射混凝土、树脂纤维喷射混凝土、自钻式锚杆和树脂锚杆时，应通过试验确定其应采用条件和范围。

9.2.4 施工前，应根据工程实际情况、施工队伍水平和经验制定具体可操作的施工规程，并根据 **SL 377—2007** 的规定制定质量标准 and 验收办法。

9.3 拱架支撑与锚喷联合支护

9.3.1 拱架支撑与锚喷联合支护应在 **IV、V** 类围岩中使用，拱架支撑结构应根据开挖断面、开挖方式和围岩稳定条件等因素进行设计，并在加工厂制作。

9.3.2 拱架支撑间距应根据开挖后围岩条件与开挖循环进尺确定。

9.3.3 拱架支撑应沿实际开挖轮廓线紧贴开挖面安装，与围岩之间的空隙应立即用喷射混凝土充填。空隙较大部位应以 **Φ25** 钢筋支撑于岩面，再分次喷射混凝土直至充填饱满。

9.3.4 拱架支撑的安装应符合下列规定：

1 每榀拱架支撑拼装后应具有整体性，接头应牢固可靠，各排之间应使用剪力撑、水平撑或连接筋连接。

2 每榀拱架支撑应保持在同一平面上，并与洞轴线正交。

3 拱架支撑的柱脚应置于完整的岩面上。在斜井中安装拱架支撑时，应开挖出柱脚平台，地层软弱时应加设垫墩。

4 拱架支撑应与锚杆、喷射混凝土的钢筋网连接。

5 拱架支撑应置于永久衬砌断面之外。若需侵占衬砌断面时，应与设计单位商定。由于侵占永久衬砌断面需要拆除时，应采取可靠的安全措施。

6 拱架支撑在加工厂制作完成后，应按金属构件加工要求及时组织验收，并出具合格证，再运至施工现场安装使用。

9.3.5 斜井拱架支撑安装时，除应满足本标准 9.3.3 条规定外，还应遵守下列规定：

1 应加设纵梁或斜撑，防止格栅支架下滑。

2 当斜井倾角不小于 30° 时，拱架支撑连接宜用夹板；倾角不小于 45° 时，拱架支撑应采用框架结构。

3 当斜井倾角大于底板岩层的稳定坡角时，底板应加设底梁。

4 柱腿与基岩应结合稳固。

9.4 软岩洞段的临时支护

9.4.1 软岩洞段的地下洞室，应在开挖后立即进行临时支护，临时支护应确保围岩稳定。

9.4.2 临时支护的施工应遵守下列规定：

1 施工前，应根据围岩稳定条件编制安全施工预案。

2 支护设计与施工，应根据地质预报和监测结果进行。

3 根据围岩自稳能力确定是否需要超前支护。

4 采用分部开挖的地下洞室，应实行分部支护，上部分洞室的支护完成后，方可进行下部分洞室开挖。

9.4.3 施工过程中，除应按设计要求进行支护外，还应根据围岩特性，对可能出现的局部不稳定部位增设随机布置的拱架支撑或锚杆。应准备一定数量的抢险材料，以应付突然发生的围岩塌滑。

9.4.4 当有地下水时，底板应及时采用早强混凝土进行封闭。底板厚度由地下水发育程度和围岩条件确定，并不应侵占永久性

衬砌断面。

9.4.5 临时支护后，应根据临时支护与围岩的变形大小和支护的稳定状况，确定永久性混凝土衬砌的时间和施工方法。

9.4.6 对于围岩与一次支护变形特大、已侵占了永久性衬砌断面的一次支护，应视其变形大小，确定采用凿除或拆除的处理方法。当采用拆除处理方法时，应制定拆除与加固方案，并按先加固、后拆除和分部处理原则进行。

9.4.7 软岩洞段开挖与支护后，应加密布置施工期安全监测断面，增加观测频次，及时通报监测结果；遇有异常情况，应立即启动安全施工紧急预案，及时采取加固措施。

9.5 不良地质条件洞段的临时支护

9.5.1 施工前，应按照地质报告和地质预报，根据不良地质条件的性质编制专项临时支护措施。临时支护应及时施做，以确保围岩稳定。

9.5.2 应按照监理工程师批准的支护方案，准备充足的支护材料。

9.5.3 在特大断面的地下洞室中，对影响围岩稳定的内部结构面可采用预应力锚杆（索）进行加固。预应力锚杆（索）的设计与施工，应遵守 **SL 212—98** 和 **SL 46—94** 的规定。

9.5.4 在松散、破碎的岩体中，对岩体可采用预灌浆加固、先护后挖、边挖边护等方法施工。

9.5.5 在膨胀性岩体中，可采用喷锚支护及时封闭围岩，并根据监测结果，适时做好永久性衬砌。如岩体变形过大，可采用不封闭或可伸缩性支护结构。开挖时应预留足够的变形量。

9.5.6 对岩溶地段，宜采用封堵、隔离、清除、支护、加固、利用结构物跨越等方法处理溶洞中的空洞、危石、坍塌及风化充填物。

9.5.7 在高地应力区，可采用加密布置的短锚杆、喷射钢纤维或树脂纤维喷射混凝土支护。

9.5.8 在不良地质条件洞段的洞室开挖与支护后，应加密布置监测断面，增加观测频次，及时通报监测结果；遇有异常情况，应立即采取加固措施。

<https://www.slzjxx.cn>
水利造价信息网

10 施工期安全监测

10.0.1 地下开挖工程施工期的安全监测，应根据工程等级、地形、地貌、围岩条件、施工方法等确定监测项目、数量，选择监测仪器。施工前，应对监测仪器的布置做出专门设计。

10.0.2 观测断面应设置在有代表性的地质地段，对围岩变形大、高应力地区、膨胀性岩体、洞室交叉口、软弱破碎带及工程特殊部位应重点监测。

10.0.3 施工期安全监测工作应按对施工干扰小、观测方便、仪器耐久性好及适应恶劣施工环境等要求，选择下列监测项目和观测仪器：

- 1 收敛监测及顶拱沉降监测，应使用收敛计或激光断面仪。
- 2 位移监测应使用多点位移计、单点位移计或钻孔测斜仪。
- 3 应力监测应使用锚杆应力计、预应力锚杆（索）压力传感器、钢筋应变计。

10.0.4 观测仪器的安装和埋设应紧跟工作面，距掌子面的距离不宜大于 1.0m。有条件的工程可预先从地表或在探洞中造孔，在开挖前安装好相关的监测仪器，以获取围岩全过程的变形资料。

10.0.5 工程量较大的施工项目，施工期安全监测工作应由专业队伍实施。相关部门应建立独立的、专门从事安全监测的机构，制定详尽的工作计划，编制监测手册。

10.0.6 观测仪器安装后，应立即测定其初始数据，其后的观测频次可按下列原则确定：

- 1 初期应一个开挖循环或一个开挖部分完成后监测一次。
- 2 当变形速率明显减小时，可减少观测频次。
- 3 当变形数值与变形速率较大时，应加密观测频次，并及时通报。

10.0.7 应及时整理分析监测资料，绘制变形与时间、变形与开挖进尺的关系曲线。遇有变形异常，除应对观测资料进行复核外，还应对地质条件和临时支护进行宏观调查。

10.0.8 监测部门应建立监测日报、监测周报、监测月报和异常变形紧急通报制度。各种监测报表应及时报送监理单位、建设单位、施工单位和设计单位。

10.0.9 洞室开挖或临时支护后，其变形量与围岩类别、洞室埋深和开挖的断面尺寸有关，施工过程中应控制的允许变形值可参照 GB 50086—2001 确定。

10.0.10 变形稳定标准可参照 GB 50086—2001 的规定作为判定准则，在实际使用过程中可根据本工程的具体情况进行调整。围岩稳定的基本判据为：

1 变形总量已完成允许变形量的 90%。

2 变形速率已明显下降，收敛变形速率小于 0.2mm/d，顶拱沉降变形速率小于 0.15mm/d。

10.0.11 当变形量与变形速率超过稳定标准时，应立即做出预报，采取补强措施，同时应加密监测频次，并及时提供观测成果。

10.0.12 需要进行爆破震动观测时，震动观测应遵守本标准 6.3.3~6.3.5 条的规定。

11 通风与防尘

11.1 卫生标准

11.1.1 地下洞室开挖施工过程中，洞内氧气体积不应少于 20%，有害气体和粉尘含量应符合表 11.1.1 的规定标准。

表 11.1.1 空气中有害物质的容许含量

名 称	容许浓度		附 注
	按体积 %	按重量 %	
二氧化碳 (CO_2)	0.5	—	一氧化碳的容许含量与作业时间：容许含量为 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 时，作业时间不宜超过 1h； 容许含量为 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 时，作业时间不宜超过 0.5h； 容许含量为 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 时，作业时间不宜超过 20min； 反复作业的间隔时间应在 2h 以上
甲烷 (CH_4)	1	—	
一氧化碳 (CO)	0.00240	30	
氮氧化合物换算成二氧化氮 (NO_2)	0.00025	5	
二氧化硫 (SO_2)	0.00050	15	
硫化氢 (H_2S)	0.00066	10	
醛类（丙烯醛）	—	0.3	
含有 10% 以上游离 SiO_2 的粉尘	—	2	含有 80% 以上游离 SiO_2 的生产粉尘不宜超过 $1\text{mg}/\text{m}^3$
含有 10% 以下游离 SiO_2 水泥粉尘	—	6	
含有 10% 以下游离 SiO_2 的其他粉尘	—	10	

11.1.2 开挖施工时，地下洞室内平均温度不应高于 28°C ，洞内风速可根据不同的洞内温度按表 11.1.2 进行调节。

11.1.3 当洞内作业区噪声值大于 90dB (A) 时，应采取消音或其他防护措施。采取措施后的噪声值仍在 90dB (A) 或 90dB (A)

以上时，在相应噪声条件下的工作时间，不应超过表 11.1.3 的规定。

表 11.1.2 洞内温度与风速的关系

洞内温度 (℃)	<15	15~20	20~22	22~24	24~28
风速 (m/s)	<0.5	<1.0	>1.0	>1.5	>2.0

表 11.1.3 噪声及允许与其接触时间

噪声值 dB (A)	90	93	96	99
每个工作日允许与噪声接触的时间 (h)	8	4	2	1

11.2 通 风

11.2.1 地下洞室开挖施工过程中应以人为本，工作面和运输通道必须有足够的新鲜空气供应，以保证空气中氧气含量。有害气体和粉尘含量应符合表 11.1.1 的规定标准。

11.2.2 通风方式应根据地下洞室的布置、洞室规模及尺寸、施工程序、施工方法、工作面有害气体和粉尘含量及其危害程度等因素综合确定。对特大型断面洞室和特长隧洞应进行施工通风专题研究，有条件时宜选择竖井通风。

11.2.3 通风机的工作风量和作风压应根据能有效地通风、散烟和充足的新鲜空气供应确定，宜选择可逆转的轴流式风机。

11.2.4 地下洞室开挖时需要的风量，可根据下列要求计算确定，并取其最大值：

1 按洞内同时工作的最多人数计算，每人每分钟应供应 3.0m³ 的新鲜空气。

2 按爆破 20min 内将工作面的有害气体排出或冲淡至容许浓度（每千克 2 号岩石硝铵炸药爆炸后可产生 40L 一氧化碳气

体)。

3 洞内使用柴油机械时，可按每千瓦每分钟消耗 4m^3 风量计算，并与工作人员所需风量相叠加。

4 计算通风量时，洞室通风系统漏风系数可按 $1.20\sim1.45$ 选取；对于较长洞室可视洞室长度专门研究确定。

5 当洞室位于海拔 1000m 以上时，计算出的通风量应按以下规定进行修正：

- 1) 施工人员所需通风量乘以高程修正系数 $1.3\sim1.5$ （高程低者取小值，高程高者取大值）。
- 2) 排尘通风量不作高程修正。
- 3) 爆破散烟所需风量可除以表 11.2.4 中相应的高程修正系数。
- 4) 洞内使用柴油机械时，所需风量可乘以高程修正系数 $1.2\sim3.9$ （高程低者取小值，高程高者取大值）。

6 计算的通风量，应按最大、最小容许风速与洞内温度所需的相应风速进行校核。

表 11.2.4 高程修正系数

海拔 (m)	0	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
高程修正系数	1.00	0.90	0.85	0.81	0.76	0.72	0.69	0.65	0.62	0.58

注：高程修正系数可根据海拔内插取值。

11.2.5 工作面附近的最小风速不应小于 0.15m/s ，最大风速应不大于下列规定值：

- 1 隧洞、竖井、斜井为 4m/s 。
- 2 运输与通风洞为 6m/s 。
- 3 运送人员与施工器材的井筒为 8m/s 。

11.2.6 风管与风机布置应遵守下列规定：

- 1 风管直径应根据管内风速确定，风管材料应根据通风方式选择。

- 2 风管应按设计要求布设，保证通风效果最佳。
 - 3 吊挂风管应做到平、直、紧、稳、顺。
 - 4 尽可能减少风管接头数量。
 - 5 一台风机不能满足风量要求时，可数台风机串联运行。
- 11.2.7** 通风系统应设有专人负责运行、维护和管理。
- 11.2.8** 对存在有害气体、高温等作业区，必须做专项通风设计，并设置监测装置。

11.3 防尘、防有害气体

- 11.3.1** 地下洞室开挖时，宜采用下列综合防尘措施：
- 1 宜采用湿式凿岩机造孔；特大断面洞室采用潜孔钻造孔时，应配备符合国家工业卫生标准的除尘装置。
 - 2 地质条件允许时，应利用压力水冲洗洞壁。
 - 3 爆破后应利用喷雾器喷雾，降低悬浮在空气中的粉尘含量。
 - 4 出渣前宜用水淋湿石渣。
 - 5 应加强通风。
 - 6 应配备防尘器材，做好个人防护。
- 11.3.2** 喷射混凝土作业时，宜采用湿喷机作业；采用干喷法施工时，应采用下列防尘措施：
- 1 应采用水泥裹砂法施工。
 - 2 在保证顺利喷射施工条件下，应适当增加骨料含水率。
 - 3 在距喷头 3~4m 处增加一个水环，采用双水环加水。
 - 4 在喷射机或混合料拌和处，应设置集尘器或除尘器。
 - 5 在粉尘浓度较高地段，应设置除尘水幕。
 - 6 喷射混凝土的混合料中宜掺入增黏剂等掺合料。
 - 7 应加强作业区的局部通风。
- 11.3.3** 洞内施工应采用低污染柴油机械，并配备废气净化设备，不应采用汽油机械。柴油机燃料中宜掺入添加剂，以减少有害气体排放量。

11.3.4 施工地段含有瓦斯气体时，应参照《煤矿安全规程》(2004年)第二节瓦斯防治，结合实际情况制定预防瓦斯的安全措施，并应遵守下列规定：

1 定期测定空气中瓦斯的含量。当工作面瓦斯浓度超过1.0%，或二氧化碳浓度超过1.5%时，必须停止作业，撤出施工人员，采取措施，进行处理。

2 施工单位人员应通过防瓦斯学习，掌握预防瓦斯的方法。

3 机电设备及照明灯具均应采用防爆式。

4 应配备专职瓦斯检测人员，检测设备应定期校检，报警装置应定期检查。

11.3.5 施工单位的安全检查机构中，应有专门负责防尘、防有害气体、防噪声的检查监测人员，并应配备相应的检测仪器，定期检测，公示检测结果。检测结果达不到卫生标准时，应限期解决，必要时应停工整改。

12 辅助工程

12.1 供 风

12.1.1 供风系统应根据工程规模设置，空压机站的容量应按以下要求确定：

- 1** 与明挖工程使用统一的供风系统时，应按总体规划确定。
- 2** 空压机站应设有备用容量，并按总容量的 30% 配置，但不宜小于其中最大一台空压机的容量。
- 3** 高寒缺氧地区应适当增加空压机站的容量。
- 4** 使用单独的空压机站时，应按同时作业的最大风量确定，并计入风量损失。

12.1.2 空压机站宜设置在洞口附近，并配备有防火、降温 and 保温设施。

12.1.3 工作面的风压应满足风动机具的工作要求，不应低于 0.5MPa。隧洞较长时，应根据需要在洞内设置带有安全装置的储气罐。

12.1.4 供风管线铺设应平顺、密封良好，并经常检查维护。

12.2 供水与排水

12.2.1 施工用水的供水量应根据施工、消防和生活用水的要求确定。

12.2.2 根据施工总体布置，合理选择水池位置、高程和结构型式。水池容积应满足日调节的要求。

12.2.3 工作面的水压应满足施工机械的需要，一般情况不宜小于 0.3MPa。若水压不够时，可增设加压装置。

12.2.4 供水水源应稳定，水质应符合施工用水和生活用水标准，且应对水质定期进行检测。

12.2.5 当供水泵站设在河流岸边时，应考虑洪水影响。寒冷地

区的供水系统，冬季应做好防冻设施。

12.2.6 洞口应根据地形和水文条件，做好排水设计，选择经济合理的排水设施，不应使地表水倒灌入洞内、冲刷洞口和施工道路。

12.2.7 洞内排水应符合下列要求：

- 1 工作面及运输道路的路面不应有积水。
- 2 逆坡施工时，应设置排水沟自流排水，并经常清理，必要时可设置盖板。
- 3 顺坡或平坡施工时，应在适当地点设置集水坑并用水泵排水。
- 4 排水泵的容量应比最大涌水量大 30%~50%。使用一台水泵排水时，应有与排水泵相同容量的备用水泵；使用两台水泵排水时，应有 50%的备用量。重要部位应设有备用电源。
- 5 寒冷地区的冬季，应防止洞口段排水沟或排水管受冻堵塞。

12.3 供电与照明

12.3.1 洞外高压供电线路应符合施工供电总体布置的要求。变压器的容量应根据施工总用电量确定。

12.3.2 为洞内供电的变压器站，宜布置在用电负荷中心，并参照下列要求确定：

- 1 设在洞口外不受爆破影响和施工干扰处。
- 2 当隧洞较短、洞口外场地允许时，可与空压机的变压器一处布置。
- 3 当隧洞较长、需要变压器进洞时，应选用矿山专用变压器或按电器规程设置变压器室。变压器的高压电源应用电缆引入洞内。电缆应定期进行外观检查和耐压试验。

12.3.3 洞内供电电压应符合下列规定：

- 1 宜采用 380/220V 三相四线制。
- 2 动力设备应采用三相 380V。

3 隧洞开挖、支护工作面可使用电压为 220V 的投光灯照明，但应经常检查灯具和电缆的绝缘性能。

12.3.4 掘进机和其他高压设备的供电电压，应按设备要求确定。

12.3.5 高寒缺氧地区施工变电站的电器设备，应选用提高一个电压等级的设备，并选用高原型产品。

12.3.6 线路末端的电压降不应超过 5%。

12.3.7 洞内供电线路的布设应符合下列规定：

1 位置固定的动力线与照明线路必须采用绝缘良好的导线整齐排列，并固定在 1.8m 以上高度的洞壁上。严禁使用裸导线，同时还应满足线路架设的有关规定。

2 工作面附近的临时动力线及照明线，应使用防水与绝缘性能良好的优质电缆。

3 电力起爆主线应与照明及动力线分两侧架设。

12.3.8 洞内与洞外的配电盘应采用专用产品，并封闭使用，必要时应配锁。

12.3.9 洞内照明灯应采用防水灯头，淋水地段应采用防水灯罩。

12.3.10 地下洞室的施工作业区，运输通道应有足够的照明度，可按照表 12.3.10 的规定布置照明设施。

表 12.3.10 各施工作业区照明度参照表

序号	名 称	照明度 (Lx)
1	施工区、开挖和弃渣区、场内交通道路、堆料场、运输装载平台、临时生活区道路	30
2	地下工程作业面	110
3	地下作业区和地弄	50
4	混凝土浇筑区、加油站、现场保养站	50
5	特殊的地下作业面及维修车间	200
6	竖井及斜井工作面	50

表 12.3.10 (续)

序号	名 称	照明度 (Lx)
7	存在交叉运输或其他危险条件的运输道路	50
8	施工工厂	110
9	室内、仓库、走廊、门厅、出口过道	50

12.4 其他辅助设施

12.4.1 施工单位应视工程规模和施工作业区附近的医疗设施条件设置急救站，并应备有担架、氧气、带氧防毒面具、交通车辆及其他急救用品。

12.4.2 工区内应有浴池，并应根据需要设有衣物烘干室和理疗卫生设施。

12.4.3 修理车间及临时工具、材料库应在洞外设置，当必须设在洞内时，应有安全防火设施和相应的规章制度。

12.4.4 洞内、洞口、井口不应存放易燃物品，不应明火燃烧。

12.4.5 洞内电、气焊作业区，应设有防火设施和消防设备。

12.4.6 工地应设值班室，并应备有通信设备。

12.4.7 施工竖井、斜井与地面应设置声、光、电通信设施。

13 安全施工

13.1 一般规定

13.1.1 施工单位进入施工现场后，应根据施工内容、施工条件，建立安全管理机构，制定切实可行的安全施工管理制度。

13.1.2 开挖施工前，应对施工区域的围岩稳定做深入的分析，特别是对软岩、不良地质条件地段的开挖施工，应制定切实可行的施工方案，对可能出现的安全问题做出预报。

13.1.3 应根据对围岩稳定状况的分析结果，针对不同的地质条件，制定保证安全施工的预案，建立保证安全施工的指挥系统。

13.1.4 应适时开展施工期的安全监测，定期发送安全监测简报。

13.1.5 施工场地布置应满足环境保护要求，施工完成后应恢复原有面貌。

13.1.6 施工场地和作业区域的施工机械、施工材料应有序安放，作业面应平整，做到文明施工。

13.2 爆破开挖的安全规定

13.2.1 使用的爆破材料应符合国家规定的技术标准，每批爆破材料使用前应进行有关的性能检验。

13.2.2 爆破材料的运输、储存、加工、现场装药、起爆及哑炮处理，应遵守 GB 6722—2003 的规定。

13.2.3 爆破时，施工人员应撤至飞石、有害气体和冲击波的影响范围之外。单向开挖时，安全地点至爆破作业面的距离应不小于 200m。

13.2.4 几个工作面同时爆破时，应有专人统一指挥，确保起爆人员的安全和相邻炮区的安全。

13.2.5 工作面爆破散烟后，应先进行爆破面的安全检查，撬、

挖、敲除松动石块；采用大型机械施工的，也可用挖掘机斗齿清挖，上一工序完成并确认松动岩块全部清除后，下一工序的施工人员才能进入工作面从事出渣或其他作业。

13.2.6 当相向开挖的两个工作面相距小于 30m 或 5 倍洞径距离爆破时，双方人员均应撤离工作面；相距 15m 时，应停止一方工作，单向开挖贯通。

13.2.7 竖井或斜井单向自下而上开挖，距贯通面 5m 时，应自上而下贯通。

13.2.8 爆破前，应将施工机具撤离至距爆破工作面不小于 100m 的安全地点，对难以撤离的施工机具、设备应妥善防护。

13.2.9 开挖面与衬砌面平行作业时的距离，应根据围岩特性、混凝土龄期强度的允许质点振动速度及开挖作业需要的工作空间确定。由于地质原因，混凝土衬砌紧跟开挖面时，可按附录 D 的规定确定最大单段药量。

13.2.10 采用电力起爆方法，装炮时距工作面 30m 以内应断开电源，可在 30m 以外用投光灯或矿灯照明。

13.2.11 爆破完成后，待有害气体浓度降低至规定标准时，方可进入现场处理哑炮并对爆破面进行检查，清理危石。清理危石应由有施工经验的专职人员负责实施。

13.3 出渣运输的安全规定

13.3.1 应定期检查起吊设备的井架、钢丝绳、钢丝绳接头、滑轮、滑轮轴、吊斗、卷扬机的制动、限位等构件和部位，以保证起吊设备始终处于安全工作状态。

13.3.2 施工过程中应定期检查电源线路和设备的电器部件。

13.3.3 作业平台和作业台车应有足够的稳定性。作业台车应设置防护栏杆，高空作业应配备安全带。

13.3.4 向设备供电、供风、供水应及时通知有关作业人员。

13.3.5 竖井和斜井运送施工材料或出渣时应遵守下列规定：

- 1 严禁人、物混运，当施工人员从爬梯上下竖井时，严禁

运输施工材料或出渣。

- 2 井口应有防止石渣和杂物坠落井中的措施。
- 3 采用溜筒运送喷射混凝土的混合料物或混凝土拌和物时，井口溜筒的喇叭口周围必须密封。
- 4 输料管应采用法兰连接，并应悬挂牢固。

13.4 支护施工的安全规定

13.4.1 支护应按施工组织设计或施工图要求适时施做，施工过程中应执行 GB 50086—2001 和 SL 377—2007 的规定。

13.4.2 喷射混凝土作业过程中，应经常查看出料喷头、出料管和管路接头有无破损和松脱现象，发现异常应及时处理。

13.4.3 喷射机、水箱、风包、注浆器、注浆泵等密封及压力容器应定期进行耐压检查，合格后方可使用。压力容器应安装安全阀，使用过程中发现失灵时应立即更换。

13.4.4 带式送料机及其他配有外露的转动和传动装置应设保护罩。

13.4.5 非操作人员不应进入作业区，喷头、注浆管前方不应站人。

13.4.6 检验锚杆锚固力或对锚杆施加预应力时，拉力计及孔口设备应安装牢固。锚杆张拉时，前方或下方不允许布置设备或停留操作人员。

14 质量检查与验收资料

14.0.1 地下洞室开挖与支护的质量检查，应包括施工单位自检、监理单位抽检和重要隐蔽工程的联合检查。

14.0.2 施工单位应有健全的质量检查机构，并应制定完善的质量保证措施。

14.0.3 施工单位的质量检查结果应经监理单位审核。监理单位应根据有关规定进行抽检。经监理单位核定的施工单位的检查结果，是评定工程质量的主要依据。

14.0.4 重要隐蔽工程的质量检查应由监理单位组织，由建设单位、施工单位、设计单位（含地质）和监理单位组成的联合检查组共同完成，其检查结果应作为工程验收的必备资料。

14.0.5 地下洞室开挖的质量检查，应在每开挖循环完成后，临时支护施做前进行。质量检查内容与应提交的检查资料为：

1 质量检查内容包括：

- 1) 洞室轴向方向及其偏差。
- 2) 轴线位置、高程及其偏差。
- 3) 壁面开挖轮廓线尺寸及其偏差。
- 4) 每循环进尺及爆破效果。
- 5) 软弱结构面的处理及是否存在松动岩块等。

2 应提交的检查资料包括：

- 1) 实测开挖图。
- 2) 地质展示图与地质素描。
- 3) 检测结果记录表。
- 4) 壁面平均起伏差表。
- 5) 单元工程完成后，应提交单元工程质量评定表。

14.0.6 临时支护的质量检查，应在每个循环的施工工序完成后及时进行；若实行分部位开挖时，应在每部位的施工工序完成后

进行。临时支护质量检查内容与应提交的检查资料为：

1 质量检查内容包括：

- 1) 喷射混凝土强度、厚度、均匀性、密实性和喷层的整体性以及渗水部位处理结果。
- 2) 锚杆长度、位置、方向、数量、注浆效果、拉拔力。
- 3) 钢筋网格尺寸、搭接长度。
- 4) 拱架支撑的间距、连接方式、支脚处理，连接筋直径、数量、间距。
- 5) 其他支护措施的质量等。

2 应提交的检查资料包括：

- 1) 临时支护竣工图。
- 2) 临时支护完成后洞室断面图。
- 3) 临时支护质量检查记录表。
- 4) 单元工程完成后，应提交单元工程质量评定表。

14.0.7 每个开挖与支护单元工程完成后，应立即进行单元工程的质量评定工作，单元工程质量评定结果需经监理单位认定，重要隐蔽工程的质量评定结果还应经质量监督部门核准。

14.0.8 地下开挖工程的质量评定，应遵守 SL 176—1999 的规定。

14.0.9 地下开挖工程的验收，应遵守 SL 223—2007 的规定。

附录 A 岩土分级

A.0.1 一般工程土类可按表 A.0.1 进行分级。

表 A.0.1 一般工程土类分级表

土质级别	土质名称	自然湿容重 (kg/m ³)	外形特征	开挖方式
I	1. 砂土 2. 种植土	1650~1750	疏松，黏着力差或易透水，略有黏性	用锹或略加脚踩开挖
II	1. 壤土 2. 淤泥 3. 含壤种植土	1750~1850	开挖时能成块，并易打碎	用锹需用脚踩开挖
III	1. 黏土 2. 干燥黄土 3. 干淤泥 4. 含少量砾石黏土	1800~1950	黏手，看不见砂粒或干硬	用镐、三齿耙开挖或用锹需用力加脚踩开挖
IV	1. 坚硬黏土 2. 砾质黏土 3. 含卵石黏土	1900~2100	壤土结构坚硬，将土分裂后成块状或含黏粒砾石较多	用镐、三齿耙工具开挖

A.0.2 岩石类别可按表 A.0.2 进行分级。

表 A.0.2 岩石类别分级表

岩石 级别	岩 石 名 称	实体岩石 自然湿度 时的平均 容重 (kg/m ³)	净钻时间 (min/m)			极限抗压 强度 (MPa)	强度 系数 <i>f</i>
			用直径 30mm 合金钻头， 凿岩机打眼 (工作气压 为 4.5atm)	用直径 30mm 淬火钻头， 凿岩机打眼 (工作气压 为 4.5atm)	用直径 25mm 钻杆，人工 单人打眼		
1	2	3	4	5	6	7	8
V	1. 硅藻土及软的白垩岩 2. 硬的石炭纪的黏土 3. 胶结不紧的砾岩 4. 各种不坚实的页岩	1500 1950 1900~2200 2000	—	≤3.5	≤30	≤20.0	1.5~2
VI	1. 软的有孔隙的节理多的石灰岩及贝壳 石灰岩 2. 密实的白垩岩 3. 中等坚实的页岩 4. 中等坚实的泥灰岩	2200 2600 2700 2300	—	4 (3.5~4.5)	45 (30~60)	20.0~ 40.0	2~4
VII	1. 水成岩卵石经石灰质胶结而成的砾石 2. 风化的节理多的黏土质砂岩 3. 坚硬的泥质页岩 4. 坚实的泥灰岩	2200 2200 2300 2500	—	6 (4.5~7)	78 (61~95)	40.0~ 60.0	4~6

表 A.0.2 (续)

岩石 级别	岩 石 名 称	实体岩石 自然湿度 时的平均 容重 (kg/m ³)	净钻时间 (min/m)			极限抗压 强度 (MPa)	强度 系数 <i>f</i>
			用直径 30mm 合金钻头, 凿岩机打眼 (工作气压 为 4.5atm)	用直径 30mm 淬火钻头, 凿岩机打眼 (工作气压 为 4.5atm)	用直径 25mm 钻杆, 人工 单人打眼		
1	2	3	4	5	6	7	8
VIII	1. 角砾状花岗岩	2300	6.8 (5.7~7.7)	8.5 (7.1~10)	115 (96~135)	60.0~ 80.0	6~8
	2. 泥灰质石灰岩	2300					
	3. 黏土质砂岩	2200					
	4. 云母页岩及砂质页岩	2300					
	5. 硬石膏	2900					
IX	1. 软的风化较甚的花岗岩、片麻岩及正长岩	2500	8.5 (7.8~9.2)	11.5 (10.1~13)	157 (136~175)	80.0~ 100.0	8~10
	2. 滑石质的蛇纹岩	2400					
	3. 密实的石灰岩	2500					
	4. 水成岩卵石经硅质胶结的砾岩	2500					
	5. 砂岩	2500					
	6. 砂质石灰质的页岩	2500					

表 A.0.2 (续)

岩石 级别	岩 石 名 称	实体岩石 自然湿度 时的平均 容重 (kg/m ³)	净钻时间 (min/m)			极限抗压 强度 (MPa)	强度 系数 <i>f</i>
			用直径 30mm 合金钻头， 凿岩机打眼 (工作气压 为 4.5atm)	用直径 30mm 淬火钻头， 凿岩机打眼 (工作气压 为 4.5atm)	用直径 25mm 钻杆，人工 单人打眼		
1	2	3	4	5	6	7	8
X	1. 白云岩 2. 坚实的石灰岩 3. 大理石 4. 石灰质胶结的致密的砂岩 5. 坚硬的砂质页岩	2700 2700 2700 2600 2600	10 (9.3~10.8)	15 (13.1~17)	195 (176~215)	100.0~ 120.0	10~12
XI	1. 粗粒花岗岩 2. 特别坚实的白云岩 3. 蛇纹岩 4. 火成岩卵石经石灰质胶结的砂岩 5. 石灰质胶结的坚实的砂岩 6. 粗粒正长岩	2800 2900 2600 2800 2700 2700	11.2 (10.9~11.5)	18.5 (17.1~20)	240 (216~260)	120.0~ 140.0	12~14
XII	1. 有风化痕迹的安山岩及玄武岩 2. 片麻岩、粗面岩 3. 特别坚实的石灰岩 4. 火成岩卵石经硅质胶结的砾岩	2700 2600 2900 2600	12.2 (11.6~13.3)	22 (20.1~25)	290 (261~320)	140.0~ 160.0	14~16

表 A.0.2 (续)

岩石 级别	岩石名称	实体岩石 自然湿度 时的平均 容重 (kg/m ³)	净钻时间 (min/m)			极限抗压 强度 (MPa)	强度 系数 <i>f</i>
			用直径 30mm 合金钻头, 凿岩机打眼 (工作气压 为 4.5atm)	用直径 30mm 淬火钻头, 凿岩机打眼 (工作气压 为 4.5atm)	用直径 25mm 钻杆, 人工 单人打眼		
1	2	3	4	5	6	7	8
XIII	1. 中粒花岗岩 2. 坚实的片麻岩 3. 辉绿岩 4. 玢岩 5. 坚实的粗面岩 6. 中粒正长岩	3100 2800 2700 2500 2800 2800	14.1 (13.4~14.8)	27.5 (25.1~30)	360 (321~400)	160.0~ 180.0	16~18
XIV	1. 特别坚实的细粒花岗岩 2. 花岗片麻岩 3. 闪长岩 4. 最坚实的石灰岩 5. 坚实的玢岩	3300 2900 2900 3100 2700	15.5 (14.9~18.2)	32.5 (30.1~40)	—	180.0~ 200.0	18~20

表 A.0.2 (续)

岩石 级别	岩 石 名 称	实体岩石 自然湿度 时的平均 容重 (kg/m ³)	净钻时间 (min/m)			极限抗压 强度 (MPa)	强度 系数 <i>f</i>
			用直径 30mm 合金钻头, 凿岩机打眼 (工作气压 为 4.5atm)	用直径 30mm 淬火钻头, 凿岩机打眼 (工作气压 为 4.5atm)	用直径 25mm 钻杆, 人工 单人打眼		
1	2	3	4	5	6	7	8
XV	1. 安山岩、玄武岩、坚实的角闪岩 2. 最坚实的辉绿岩及闪长岩 3. 坚实的辉长岩及石英岩	3100 2900 2800	20 (18.3~24)	46 (40.1~60)	—	200.0~ 250.0	20~25
XVI	1. 钙钠长石质橄榄石质玄武岩 2. 特别坚实的辉长岩、辉绿岩、石英岩 及玢岩	3300 3300	>24	>60	—	>250.0	>25
注: 1atm=1.013250×10 ⁵ Pa。							

附录 B 围岩工程地质分类

B.0.1 地下洞室的围岩可以岩石强度、岩体完整程度、结构面状态、地下水和主要结构面产状等五项因素之和的总评分为基本依据，以围岩强度应力比为参考依据，按表 B.0.1 的规定进行工程地质分类。

表 B.0.1 围岩工程地质分类表

围岩类别	围岩稳定性	围岩总评分 T	围岩强度 应力比 S	支护类型
I	稳定。围岩可长期稳定，一般无不稳定块体	$T > 85$	> 4	不支护或局部锚杆或喷薄层混凝土。
II	基本稳定。围岩整体稳定，不会产生塑性变形，局部可能产生掉块	$85 \geq T > 65$	> 4	大跨度时，喷混凝土、系统锚杆加钢筋网
III	稳定性差。围岩强度不足，局部会产生塑性变形，不支护可能产生塌方或变形破坏。完整的较软岩，可能暂时稳定	$65 \geq T > 45$	> 2	喷混凝土、系统锚杆加钢筋网。跨度为 20~25m 时，浇筑混凝土衬砌
IV	不稳定。围岩自稳时间很短，规模较大的各种变形和破坏都可能发生	$45 \geq T > 25$	> 2	喷混凝土、系统锚杆加钢筋网，并浇筑混凝土衬砌。
V	极不稳定。围岩不能自稳，变形破坏严重	$T \leq 25$	—	V 类围岩还应布置拱架支撑
注：I、II、IV 类围岩，当其强度应力比小于本表规定时，围岩类别宜相应降低一级。				

B.0.2 围岩强度应力比可根据下式求得：

$$S = K_v R_b / \sigma_m \quad (\text{B.0.2})$$

式中： R_b ——岩石饱和单轴抗压强度（MPa）；
 K_v ——岩体完整性系数；
 σ_m ——围岩的最大主应力（MPa）。

B.0.3 围岩工程地质分类中 5 项因素的评分可按下列标准进行。

1 岩石强度的评分应符合表 B.0.3—1 的规定。

表 B.0.3—1 岩石强度评分表

岩 质 类 型	硬 质 岩		软 质 岩	
	坚硬岩	中硬岩	较软岩	软岩
饱和单轴抗压强度 R_b (MPa)	$R_b > 60$	$60 \geq R_b > 30$	$30 \geq R_b > 15$	$15 \geq R_b > 5$
岩石强度评分 A	30~20	20~10	10~5	5~0
注 1：当岩石饱和单轴抗压强度大于 100MPa 时，岩石强度的评分为 30。 注 2：当岩体完整程度与结构面状态评分之和小于 5 时，岩石强度评分大于 20 的，按 20 评分。				

2 岩体完整程度的评分应符合表 B.0.3—2 的规定。

表 B.0.3—2 岩体完整程度评分表

岩体完整程度		完整	较完整	完整性差	较破碎	破碎
岩体完整性系数 K_v		$K_v > 0.75$	$0.75 \geq K_v > 0.55$	$0.55 \geq K_v > 0.35$	$0.35 \geq K_v > 0.15$	$K_v < 0.15$
岩体完整性评分 B	硬质岩	40~30	30~22	22~14	14~6	<6
	软质岩	25~19	19~14	14~9	9~4	<4
注 1：当 $60\text{MPa} \geq R_b > 30\text{MPa}$ ，岩体完整性程度与结构面状态评分之和大于 65 时，按 65 评分。 注 2：当 $30\text{MPa} \geq R_b > 15\text{MPa}$ ，岩体完整性程度与结构面状态评分之和大于 55 时，按 55 评分。 注 3：当 $15\text{MPa} \geq R_b > 5\text{MPa}$ ，岩体完整性程度与结构面状态评分之和大于 40 时，按 40 评分。 注 4：当 $R_b \leq 5\text{MPa}$ ，属特软岩，岩体完整性程度与结构面状态不参加评分。						

3 结构面状态的评分应符合表 B.0.3—3 的规定。

表 B.0.3—3 结构面状态评分表

结构面状态	张开度 W (mm)	闭合 $W<0.5$		微 张 $0.5\leq W<5.0$										张开 $W\geq5.0$	
	充填物	—		无充填			岩 屑			泥 质			岩屑	泥质	
	起伏粗糙状况	起伏粗糙	平直光滑	起伏粗糙	起伏光滑或平直粗糙	平直光滑	起伏粗糙	起伏光滑或平直粗糙	平直光滑	起伏粗糙	起伏光滑或平直粗糙	平直光滑	—	—	
结构面状态评分 C	硬质岩	27	21	24	21	15	21	17	12	15	12	9	12	6	
	较软岩	27	21	24	21	15	21	17	12	15	12	9	12	6	
	软岩	18	14	17	14	8	14	11	8	10	8	6	8	4	

注 1：结构面的延伸长度小于 3m 时，硬质岩、较软岩的结构面状态评分另加 3 分，软岩加 2 分；结构面延伸长度大于 10m 时，硬质岩、较软岩减 3 分，软岩减 2 分。

注 2：当结构面张开度大于 10mm，无充填时，结构面状态的评分为零。

4 地下水状态的评分应符合表 B.0.3—4 的规定。

表 B.0.3—4 地下水状态评分表

活动状态			干燥到渗水、滴水	线状流水	涌 水
水 量 q (L/min•10m 洞长) 或压力水头 H (m)			$q\leq 25$ 或 $H\leq 10$	$25< q\leq 125$ 或 $10< H\leq 100$	$q>125$ 或 $H>100$
基本 因素 评分 T'	$T'\geq 85$	地下 水评 分 D	0	0~—2	—2~—6
	$85\geq T'\geq 65$		0~—2	—2~—6	—6~—10
	$65\geq T'\geq 45$		—2~—6	—6~—10	—10~—14
	$45\geq T'\geq 25$		—6~—10	—10~—14	—14~—18
	$T'\leq 25$		—10~—14	—14~—18	—18~—20
注：基本因素评分 T' 系前述岩石强度评分 A 、岩石完整性评分 B 和结构面状态评分 C 的利。					

5 主要结构面产状的评分应符合表 B.0.3—5 的规定。

表 B.0.3—5 主要结构面产状评分表

结构面走向与洞轴线夹角 (°)		90~60				60~30				<30			
结构面倾角 (°)		>70	70~45	45~20	<20	>70	70~45	45~20	<20	>70	70~45	45~20	<20
结构面产状评分 E	洞顶	0	-2	-5	-10	-2	-5	-10	-12	-5	-10	-12	-12
	边墙	-2	-5	-2	0	-5	-10	-2	0	-10	-12	-5	0
注：按岩体完整程度分级为完整性差、较破碎和破碎的围岩不进行主要结构面产状评分的修正。													

B.0.4 本附录不适用于埋深小于 2 倍洞径或跨度的地下洞室和特殊土、喀斯特洞穴发育地段的地下洞室围岩分类。

B.0.5 大跨度和重要地下洞室围岩除应采用本附录进行分类外，尚应采用其他有关国家标准综合评定。

附录 C 有关控制测量误差计算的规定

C.0.1 洞外和洞内平面控制测量误差在横向贯通面上的影响，可根据不同的布网形式按下列公式计算。

1 地面控制按三角网（含测角网、测边网、边角组合网）布设时，视贯通面的数量和技术条件可分别按下列方法进行计算：

- 1) 以一端洞口点的坐标及其起算方向为起算数据，计算另一端洞口点的点位误差椭圆，取其在贯通面上的投影长度，作为地面控制测量误差在贯通面上的横向误差。其点位误差椭圆计算公式为：

$$\tan 2\varphi = \frac{2Q_{xy}}{Q_{xx} - Q_{yy}} \quad (\text{C.0.1-1})$$

$$R_a^2 = \frac{1}{2} m_0^2 \left[Q_{xx} + Q_{yy} + \sqrt{(Q_{xx} - Q_{yy})^2 + 4Q_{xy}^2} \right] \quad (\text{C.0.1-2})$$

$$R_b^2 = \frac{1}{2} m_0^2 \left[Q_{xx} + Q_{yy} - \sqrt{(Q_{xx} - Q_{yy})^2 + 4Q_{xy}^2} \right] \quad (\text{C.0.1-3})$$

投影在贯通面上的横向中误差计算公式为：

$$M_y = \pm m_0 \sqrt{Q_{xx} \cos^2 \theta + Q_{yy} \sin^2 \theta + Q_{xy} \sin 2\theta} \quad (\text{C.0.1-4})$$

式中 φ ——长半径方位角 (°)；

m_0 ——点位权中误差 (")；

R_a ——点位误差椭圆长半径 (mm)；

R_b ——点位误差椭圆短半径 (mm)；

M_y ——洞口点点位中误差投影在贯通面上的横向中误差 (mm)；

θ ——贯通面方位角 ($^{\circ}$);

Q_{xx} 、 Q_{yy} 、 Q_{xy} ——各端点相对起算点的坐标权数。

- 2) 当地下工程较为复杂且有多个贯通面时,可分别计算相邻洞口点的相对误差椭圆,取各自在贯通面方向的投影长度,作为地面控制测量误差在横向贯通面上的影响值。其相对点位误差椭圆计算公式为:

$$\tan 2\varphi = \frac{2Q_{\Delta x\Delta y}}{Q_{\Delta x\Delta x} - Q_{\Delta y\Delta y}} \quad (\text{C.0.1-5})$$

$$R_a^2 = \frac{1}{2} m_0^2 \left[Q_{\Delta x\Delta x} + Q_{\Delta y\Delta y} + \sqrt{(Q_{\Delta x\Delta x} - Q_{\Delta y\Delta y})^2 + 4Q_{\Delta x\Delta y}^2} \right] \quad (\text{C.0.1-6})$$

$$R_b^2 = \frac{1}{2} m_0^2 \left[Q_{\Delta x\Delta x} + Q_{\Delta y\Delta y} - \sqrt{(Q_{\Delta x\Delta x} - Q_{\Delta y\Delta y})^2 + 4Q_{\Delta x\Delta y}^2} \right] \quad (\text{C.0.1-7})$$

$$Q_{\Delta x\Delta x} = Q_{x_2x_2} - 2Q_{x_1x_2} + Q_{x_1x_1} \quad (\text{C.0.1-8})$$

$$Q_{\Delta y\Delta y} = Q_{y_2y_2} - 2Q_{y_1y_2} + Q_{y_1y_1} \quad (\text{C.0.1-9})$$

$$Q_{\Delta x\Delta y} = Q_{x_2y_2} - Q_{x_1y_2} - Q_{x_2y_1} + Q_{x_1y_1} \quad (\text{C.0.1-10})$$

式中 $Q_{\Delta x\Delta x}$ 、 $Q_{\Delta y\Delta y}$ 、 $Q_{\Delta x\Delta y}$ ——相邻点的坐标权系数;

$Q_{x_1x_1}$ 、 $Q_{x_1x_2}$ 、 $Q_{x_2x_2}$ ——相邻某一点相对起算点的坐标权系数;

$Q_{y_1y_1}$ 、 $Q_{y_1y_2}$ 、 $Q_{y_2y_2}$ ——相邻某一点相对起算点的坐标权系数;

$Q_{x_1y_1}$ 、 $Q_{x_2y_1}$ 、 $Q_{x_1y_2}$ 、 $Q_{x_2y_2}$ ——相邻某一点相对起算点的坐标权系数。

- 2 地面控制按导线布设时,可用下列公式分别计算地面控制测量误差在贯通面上的横向误差影响:

$$M_y = \pm \sqrt{(m_{y\beta}^2 + m_{yL}^2)/n} \quad (\text{C.0.1-11})$$

$$m_{y\beta} = \pm \frac{m_\beta}{\rho} \sqrt{\sum R_x^2} \quad (\text{C.0.1-12})$$

$$m_{yL} = \pm \frac{m_L}{L} \sqrt{\sum d_y^2} \quad (\text{C.0.1-13})$$

式中 $m_{y\phi}$ ——由于测角中误差所产生在贯通面上的横向中误差 (m);
 m_{yL} ——由于测边中误差所产生在贯通面上的横向中误差 (m);
 m_{ϕ} ——导线测角中误差 (");
 $\frac{m_L}{L}$ ——导线边长相对中误差;
 R_x ——导线点到贯通面的垂直距离 (m);
 d_y ——导线边在贯通面上的投影长度 (m);
 n ——测量组数;
 ρ ——常数, $\rho=206265''$ 。

3 地面三角网测量对贯通面的横向误差影响,也可用下列近似公式估算:

$$M = \pm \sqrt{M_s^2 + (mS/\rho)^2} \quad (\text{C.0.1-14})$$

按边长误差(纵向)和角度误差(横向)等影响考虑,即 $M_s = mS/\rho$, 则上式可改写成:

$$M = \pm \sqrt{2} M_s \quad (\text{C.0.1-15})$$

$$\text{或 } M = \pm \sqrt{2} (mS/\rho) \quad (\text{C.0.1-16})$$

$$M_y = \cos \alpha M \quad (\text{C.0.1-17})$$

式中 M ——以两相邻洞口点 A 、 B 中任意一点为起算原点,至另一洞口点的点位中误差 (mm);
 M_y ——洞口点点位中误差投影在贯通面上的横向中误差值 (mm);
 M_s ——两相邻洞口点 A 、 B 间控制网的边长中误差 (mm);
 m ——地面控制网的方向中误差 (");
 S ——两相邻洞口点 A 、 B 间直线距离 (mm);
 α ——贯通面上方位角与点位中误差方位角之夹角 (°);
 ρ ——常数, $\rho=206265''$ 。

4 地面控制采用 GPS 测量时,同样是用两相邻洞口点的局部点位误差椭圆在贯通面上的投影进行计算;也可采用地面边角

网的公式，即贯通点横坐标差的权函数式进行计算。

5 洞内导线测量误差对贯通面横向中误差的影响 M'_y ，其计算方法同本条 2 款。

6 竖井定向测量引起的贯通面横向中误差可按下式计算：

$$M_{y0} = m_0 \frac{D_x}{\rho} \quad (\text{C.0.1-18})$$

式中 M_{y0} ——贯通面横向中误差的影响值 (mm)；

m_0 ——井下基边的定向中误差 (")；

D_x ——井下基边至横向贯通面的垂直距离 (mm)。

7 洞外和洞内控制测量误差对贯通面横向中误差总的影
响可按下式计算：

$$m_u = \pm \sqrt{M_y^2 + M_{y'}^2 + M_{y0}^2} \quad (\text{C.0.1-19})$$

式中 m_u ——贯通面横向中误差影响值 (mm)；

M_y ——洞口点点位中误差投影在贯通面上的横向中误差
值 (mm)；

$M_{y'}$ ——洞内导线测量误差对贯通面横向中误差的影响值
(mm)。

C.0.2 洞外和洞内高程控制测量误差对贯通面竖向中误差的影
响，按下式计算：

$$M_h = \pm \sqrt{m_h^2 + m_h'^2} \quad (\text{C.0.2-1})$$

$$m_h = \pm M_{\Delta} \sqrt{L} \quad (\text{C.0.2-2})$$

$$m_h' = \pm M_{\Delta}' \sqrt{L'} \quad (\text{C.0.2-3})$$

式中 M_h ——贯通面竖向中误差影响值 (mm)；

m_h 、 m_h' ——洞外、洞内高程测量中误差 (mm)；

M_{Δ} 、 M_{Δ}' ——洞外、洞内 1km 路线长度的高程测量高差中数中
误差 (mm)；

L 、 L' ——洞外、洞内两相邻洞口间水准路线的长度 (km)。

C.0.3 洞外光电测距基本导线技术要求见表 C.0.3。

表 C.0.3 洞外光电测距基本导线技术要求

相向 开挖 长度 (km)	贯通 横向 中误差 (mm)	导线 全长 (km)	最短 平均 边长 (m)	测角 中误差 (″)	测距 中误差 (mm)	全长 相对 闭合 差	方位角 闭合差 (″)		
≤5	±30	3.0	35	±1.8	±5	1:35000	±3.6√n		
			50	±2.5		1:31500			
		5.4	200	±2.5	±5	1:51500	±5.0√n		
			120	±1.8		1:53500			
		10.0	770	±1.8	±5	1:95000	±3.6√n		
			680		±2	1:91000			
5~10	±45	11.2	375	±1.8	±5	1:67500	±3.6√n		
			340		±2	1:65500			
		14.0	825	±1.8	±5	1:86000			
			780		±2	1:85000			
			230	±1.0	±5	1:86000	±2.0√n		
			190		±2	1:80500			
		16.4	365	±1.0	±5	1:100000			
			320		±2	1:95500			
		21.0	780	±1.0	±5	1:130000			
			725		±2	1:125000			
		注 1：导线按直伸附和导线的形式，并以其中点（最弱点）的点位中误差作为“要求的横中误差”。							
		注 2：本表数据在综合取舍时，考虑的是目前生产单位中的普遍情况，实际情况与本表不符时可自行计算。							
注 3：隧洞相向开挖长度小于或等于 10km 时，洞外基本控制网宜布置 GPS 网，也可布设导线网或边角网；隧洞相向开挖长度大于 10km 时，宜布设 GPS 网。									

C.0.4 洞内光电测距基本导线技术要求见表 C.0.4。

表 C.0.4 洞内光电测距基本导线技术要求

相向开挖 长度 (km)	支导线端点横 向中误差 (mm)	导线全长 (km)	最短平均 边长 (m)	导线测量精度	
				测边中误差 (mm)	测角中误差 (")
≤5	±40	1.6 2.5	180 300	±5 ±3	±2.5 ±1.8
5~10	±60	3.0 5.0	250 300	±5 ±3	±1.8 ±1.0
10~15	±90	6.0 7.5	250 350	±3 ±3	±1.0 ±1.0
15~20	±120	8.0 10.0	300 350	±3 ±3	±1.0 ±0.7
20~25	±165	11.0 12.5	350 400	±3 ±2	±0.7 ±0.7
25~30	±205	13.0 15.0	350 400	±2 ±2	±0.7 ±0.7
30~35	±255	16.0 17.5	350 400	±2 ±2	±0.7 ±0.7
35~40	±300	18.0 20.0	350 400	±2 ±2	±0.7 ±0.7
40~45	±400	21.0 22.5	350 400	±2 ±2	±0.7 ±0.7
45~50	±410	23.0 25.0	350 400	±2 ±2	±0.7 ±0.7
注 1：相向开挖长度包括支洞的长度。 注 2：本表数据是按支导线端点的点位中误差计算的。实际情况与本表不符的， 可自行计算。					

附录 D 光面爆破与预裂爆破参数

D.0.1 光面爆破和孔深小于 5m 的浅孔预裂爆破参数可按照表 D.0.1—1 和表 D.0.1—2 选择，并按爆破试验结果进行修正。

表 D.0.1—1 光面爆破参数

岩石类别	周边孔间距 (mm)	周边孔抵抗线 (mm)	线装药密度 (g/m)
硬岩	550~650	600~800	300~350
中硬岩	450~600	600~750	200~300
软岩	350~450	450~550	70~120
注：炮孔直径：40~50mm；药卷直径：20~25mm。			

表 D.0.1—2 浅孔预裂爆破参数

岩石类别	周边孔间距 (mm)	周边孔抵抗线 (mm)	线装药密度 (g/m)
硬岩	450~500	400	350~400
中硬岩	400~450	400	200~250
软岩	350~400	350	70~120
注：炮孔直径：40~50mm；药卷直径：20~25mm。			

D.0.2 孔深不小于 5m 的深孔预裂爆破参数，可按下列要求确定：

- 1 炮孔直径不宜大于 80mm。
- 2 孔距宜为炮孔直径的 8~12 倍，岩体完整段或孔径小时取大值，反之取小值。
- 3 不耦合系数可取 2~4。
- 4 线装药密度可采用工程类比法试选或按式 (D.0.2—1) 或式 (D.0.2—2) 估算：

1) 岩体较为坚硬，其极限抗压强度 R 为 20~200MPa 时

$$\Delta_g = 0.042 R^{0.5} a^{0.6} \quad (D.0.2-1)$$

式中 Δ_g ——线装药密度 (kg/m);
 R ——岩石极限抗压强度 (MPa);
 a ——预裂孔孔距 (m)。

2) 岩石极限抗压强度 R 为 10~150MPa 时

$$\Delta_g = 9.32 R^{0.53} r^{0.38} \quad (D.0.2-2)$$

式中 Δ_g ——线装药密度 (g/m);
 r ——预裂孔半径 (mm)。

D.0.3 质点振动速度的允许值可按表 D.0.3—1 选取。质点振动速度传播规律可按 D.0.3 经验公式计算：

表 D.0.3—1 爆破质点振动安全允许标准

序号	保护对象类别	质点振动安全允许速度值（cm/s）		
		<10Hz	10~50Hz	50~100Hz
1	土窑洞、土坯房、毛石房屋	0.5~1.0	0.7~1.2	1.1~1.5
2	一般砖房、非抗震的大型砌块建筑物	2.0~2.5	2.3~2.8	2.7~3.0
3	钢筋混凝土结构房屋	3.0~4.0	3.5~4.5	4.2~5.0
4	一般古建筑与古迹	0.1~0.3	0.2~0.4	0.3~0.5
5	水工隧洞	7.0~15.0		
6	交通隧洞	10.0~20.0		
7	矿山巷道	15.0~30.0		
8	水电站及发电厂中心控制设备	0.5		
9	新浇大体积混凝土			
	龄期：初凝~3d	2.0~3.0		
	龄期：3~7d	3.0~7.0		
	龄期：7~28d	7.0~12.0		
注 1：表中所列频率为主振频率，系指最大振幅所对应的频率。				
注 2：频率范围可根据类似工程或现场实测波形选取。选取频率时，应参考下列数据：洞室爆破小于 20Hz；深孔爆破 10~60Hz；浅孔爆破 40~100Hz。				
注 3：选取建筑物安全允许振动速度值时，应综合考虑建筑物的重要性、建筑质量、新旧程度、自振频率、地基条件等因素；				
选取隧道、巷道安全允许振动速度值时，应综合考虑建筑物的重要性、围岩状况、断面大小、埋深、爆破方向、地震振动频率等因素；				
非挡水的、新浇筑的大体积混凝土的安全允许振动速度值，可按本表给出的上限值选取；				
省级以上（含省级）重点保护古建筑与古迹的安全允许振动速度值，应经专家论证选取，并报相应文物管理部门批准。				

$$v = K \left(\frac{W^{1/3}}{D} \right)^a \quad (\text{D.0.3})$$

式中 v ——质点振动速度 (cm/s);

W ——爆破装药量, 齐发爆破时取总装药量, 分段延时爆破时视具体条件取有关段的或最大一段的装药量 (kg);

D ——爆破区药量分布的几何中心至观测点或建筑物、防护目标的距离 (m);

K 、 a ——与场地地质条件、岩性特性、爆破条件以及爆破区与观测点或建筑物、防护目标相对位置等有关的常数, 由爆破试验确定。初选时, 可按表 D.0.3—2 中的数值选取。

表 D.0.3—2 爆破区不同岩性的 K 、 a 参考值

岩 性	K	a
坚硬岩石	50~150	1.3~1.5
中硬岩石	150~250	1.5~1.8
软岩石	250~350	1.8~2.0

附录 E 有关爆破监测方法的规定

E.0.1 岩石内部破坏范围的试验观测，可采用地震波法、声波法及压水或注水试验法进行爆破前、后对比测试，其成果作为确定爆破影响范围程度的判据。

E.0.2 地震波法测试应按下列规定执行：

1 爆破区内设 2~3 条测试线，每条测试线布设 3~5 个测孔。

2 测孔孔深应不小于爆破孔孔径的 40 倍。孔距应按地震波衰减规律确定，一般为情况下，可取 4~5m。

3 应在原孔处进行爆破前、后对比测试，爆破孔底部作为测点起始高程，孔底以上 2m 范围内每隔 0.2m 量测一次波速，2m 以下每隔 0.5m 量测一次波速。

4 绘出各孔各点爆破前和爆破后纵波波速变化图，作为破坏分析的依据。

E.0.3 声波法测试应按下列规定执行：

1 可采用对穿法或同孔法，用振幅衰减或纵波波速的方法测试。

2 爆破区内应布设不少于 2 对测孔。

3 测孔在爆破孔底以下的深度应不小于爆破孔孔径的 40 倍。每对孔孔距应根据声波仪换能器发射能量确定，一般情况下不少于 1~2m。

4 沿测孔孔深方向测点点距为 0.2m，爆破前、爆破后每点重复测读 3 次，绘制波幅、纵波波速变化对比图，作为破坏区分析的依据。

E.0.4 压水或注水试验法应按下列规定执行：

1 爆破区中心设压水孔测其深度破坏范围，爆心周围布设压水孔，孔数为 4~5 个，测其水平方向破坏范围。

2 压水孔孔径应小于 110mm，压水试验段长度为爆破孔孔底以下 40 倍孔径。

3 爆破前和爆破后在相同高程用双层阻塞法分段作压水试验，试验长度为 0.5~1.0m。

4 测试水压力可取 49kPa，但以不抬动基岩为原则。

5 每 5min 读数一次，稳压时间为 1h。根据爆破前和爆破后渗漏量变化确定破坏范围。

6 当岩石较为破碎无法起压时，可改用注水试验法以确定漏水部位。

E.0.5 观测完毕后，爆破测试观测孔应采用粗砂回填，回填高度应高于爆破区底部高程 0.5m。

标准用词说明

标准用词	在特殊情况下的等效表述	要求严格程度
应	有必要、要求、要、只有……才允许	要 求
不应	不允许、不许可、不要	
宜	推荐、建议	推 荐
不宜	不推荐、不建议	
可	允许、许可、准许	允 许
不必	不需要、不要求	