ICS 93.160
P 59

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 377—2007
替代 SDJS 7—85

水利水电工程锚喷支护技术规范

Technical specification of shotcrete and rock bolt for water resources and hydropower project

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

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	SDJS 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

前　言

《水利水电工程锚喷支护技术规范》（SL 377—2007）是根据水利部建设与管理司于1998年1月21日下达的《关于编制水利水电工程锚喷支护技术规范的通知》（建技〔1998〕01号］的要求，在1985年颁布的《水利水电地下工程锚喷支护施工技术规范》（SDJS 7—85）基础上修订的行业技术标准。

本规范共10章28节231条，7个附录。这部规范比原规范增加了4章7节127条。新增加的主要内容有锚杆支护设计、喷射混凝土支护设计，原位监测设计，锚喷施工监测和环境保护等内容。

本规范替代规范的版本为：

——SDJS 7—85

本规范批准部门：中华人民共和国水利部

本规范主持机构：水利部建设与管理司

本规范解释单位：水利部建设与管理司

本规范主编单位：水利部松辽水利委员会

本规范参编单位：中水东北勘测设计研究有限责任公司
黄河水利委员会勘测规划设计研究院
水利部小浪底建设管理局
中国水电第六工程局
山西建华化工厂
吉利省水利厅
北京天成垦特莱科技有限公司

本规范出版、发行单位：中国水利水电出版社

本标准主要起草人：赵长海　车黎明　王　槟　刘元甫
孙荣博　皮　钧　王　衡　赵学文

孙国纬　高广纯　王福庆　于洪民
付庆福　侯吉长　刘殿武　周增富

本规范审查会议技术负责人：李　丰

本规范体例格式审查人：牟广丞

目　　次

1　总则 …… 8
2　引用标准 …… 9
3　术语 …… 10
4　锚喷支护设计 …… 13
4.1　一般规定 …… 13
4.2　监控设计 …… 17
4.3　锚杆支护设计 …… 19
4.4　喷射混凝土支护设计 …… 25
4.5　联合支护设计 …… 27
5　锚杆施工 …… 29
5.1　一般规定 …… 29
5.2　水泥砂浆锚杆施工 …… 29
5.3　张拉锚杆施工 …… 31
5.4　特殊型式锚杆施工 …… 33
6　喷射混凝土施工 …… 35
6.1　原材料 …… 35
6.2　施工机具 …… 36
6.3　混合料的配合比、拌制和运输 …… 36
6.4　喷射作业前的准备工作 …… 37
6.5　喷射作业 …… 38
6.6　水泥裹砂喷射混凝土作业 …… 39
6.7　钢纤维喷射混凝土作业 …… 41
7　联合支护施工 …… 42
7.1　锚杆、钢筋网喷射混凝土作业 …… 42
7.2　锚杆、钢拱架、钢筋网喷射混凝土支护作业 …… 42
7.3　特殊地质条件下的联合支护施工 …… 43

8 锚喷支护施工监测 …… 45
8.1 一般规定 …… 45
8.2 收敛监测 …… 45
8.3 多点位移监测 …… 46
9 安全技术与防尘 …… 48
9.1 安全技术 …… 48
9.2 环境保护与防尘 …… 49
10 质量检查 …… 51
10.1 锚杆施工质量检查 …… 51
10.2 喷射张土施工质量检查 …… 51
附录 A 喷射混凝土与围岩结合面的黏结强度检测方法 …… 56
附录 B 锚喷支护监控量测方法 …… 58
附录 C 喷射混凝土作业区粉尘浓度检测方法 …… 62
附录 D 锚杆拉拔力检测方法 …… 63
附录 E 砂浆锚杆注浆质量检测方法 …… 64
附录 F 喷射混凝土抗压强度的检测方法 …… 66
附录 G 喷射混凝土抗渗性检测方法 …… 67
标准用词说明 …… 68

1 总　　则

1.0.1 为规范锚喷支护工程的设计和施工，保证锚喷支护设计和工程质量，确保安全，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于水利水电工程中各种地下洞室的锚喷支护设计与施工，或由锚喷支护参与组合而成的其它类型的支护设计与施工。采用锚喷支护的边坡、基础和其它建筑物的加固可参照执行。

1.0.3 采用锚喷支护的工程，应做好地质调查，合理地进行围岩分类，根据围岩自身稳定状况，因地制宜、正确有效地加固围岩，充分发挥围岩的自承能力。

1.0.4 采用锚喷支护的地下洞室，以普通钻爆法开挖时，应按《水工建筑物地下开挖工程施工规范》（SL 387—2007）的有关规定采用光面爆破或预裂爆破技术开挖。

1.0.5 采用锚喷支护的工程，应做好监控设计和施工期的监测，并根据监测结果及时修改支护设计。

1.0.6 对从事锚喷支护的作业人员，应进行岗位培训，考核合格后方可执行施工任务。

1.0.7 应积极采用经过省、部级以上有关部门鉴定的新技术、新工艺、新设备、新材料，使锚喷支护工程技术先进、安全可靠、经济合理。

1.0.8 水利水电工程锚喷支护的设计和施工除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和水利行业现行有关标准的规定。

2 引 用 标 准

本规范引用标准主要有：

《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》（GB 175）

《锚杆喷射混凝土支护技术规范》（GB 50086）

《水利水电工程地质勘察规范》（GB 50287）

《水工预应力锚固施工规范》（SL 46）

《水工预应力锚固设计规范》（SL 212）

《水工混凝土试验规程》（SD 105—82）

《水工建筑物地下开挖工程施工规范》（SL 387—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 术　　语

3.0.1　地下洞室　underground cavity

在岩体或土体中开挖的地下空间。

3.0.2　锚喷支护　anchoring and shotcreting support

采用锚杆、喷射混凝土加固岩（土）体的技术措施。

3.0.3　临时支护　temporary support

对临时性建筑物或永久性建筑物在永久支护实施前为保证施工安全临时施作的支护。

3.0.4　永久支护　permanent support

用于永久性建筑物的支护。

3.0.5　初期支护　first stage support

洞室开挖后立即施作的第一次支护。

3.0.6　二次支护　secondary support

根据围岩稳定或初期支护后监测结果决定的再次支护。

3.0.7　系统锚杆　pttern rock peinforcemed

根据岩（土）体整体稳定要求，在整个开挖面上，按一定间距、一定规律布置的锚杆。

3.0.8　局部锚杆　feature rock reinforement

为防止岩（土）体塌落或滑动，在局部布置的锚杆。

3.0.9　砂浆锚杆　cement grouted rock dowels

以普通钢材为杆体，在锚杆全孔充填水泥砂浆、快硬水泥砂浆或水泥药卷的锚杆。

3.0.10　张拉锚杆　rock boets

施加张拉力的锚杆。

3.0.11　预应力锚杆　prestressed rock anchors

施加预应力的锚杆，是预应力锚杆和预应力锚索的统称。

3.0.12　有黏结预应力锚杆　prestressed rock anchors

with bond

注浆后杆体不能自由滑动的预应力锚杆。

3.0.13 无黏结预应力锚杆 Prestressed rock anchors without bond

对杆体经过特殊处理，注浆后杆体可以自由滑动的预应力锚杆。

3.0.14 端头锚固型锚杆 hesd-anchoring rock

采用胶结材料或机械装置，首先将锚杆内端固定的锚杆。

3.0.15 缝管式锚杆 slot-tube rock

将沿纵向开缝的薄壁钢管强行推入比其外径小的钻孔中，借助钢管对孔壁的径向压力产生阻力而起锚固作用的锚杆。

3.0.16 树脂锚杆 resin grouted rock anchor

以树脂为胶结材料的锚杆。

3.0.17 花管注浆锚杆 injection grout holed rock

以在管壁布置一定数量小孔的钢管为杆体插入钻孔后，通过杆体空腔的小孔向锚杆孔注浆的砂浆锚杆。

3.0.18 水胀式锚杆 water expansion rock anchor

将用薄壁钢管加工成的异型空腔杆件，送入比其略大的钻孔中，通过向该杆件空腔高压注水，使杆件膨胀与孔壁产生摩阻力而起到锚固作用的锚杆。

3.0.19 自钻式锚杆 self-drilling grouted rock anchor

具有造孔功能，将造孔、注浆和锚固结合为一体的砂浆锚杆。

3.0.20 超前锚杆 rock anchor advance

在地下洞室掌子面，向下一掘进段周边围岩施作的锚杆。

3.0.21 喷射混凝土 shotcrete

拌和后的水泥、砂、石和速凝剂的混合料，通过喷射机射向受喷面，同围岩紧密结合的混凝土护面。

3.0.22 水泥裹砂喷射混凝土 cement paste wrapping sand shotcrete

先用部分水泥和少量水使砂、石表面造壳，然后将混合料和剩余的水泥混合，喷射至受喷面而形成的喷射混凝土护面。

3.0.23 潮料掺浆喷射混凝土 cement paste wrapping wetaggregate shotcrete

将潮湿的砂、石同掺有速凝剂的水泥浆混合，再喷射至受喷面而形成的喷射混凝土护面。

3.0.24 钢纤维喷射混凝土 Steel fibre reinforced shotcrete

在水泥、砂、石、速凝剂的混合料中加入3%～6%的钢纤维，再喷射至受喷面的喷射混凝土护面。

3.0.25 格栅拱架 lattice-arch frame

用钢筋焊接加工而形成的桁架式拱形钢架。

3.0.26 隧洞周边相对位移 relative displacement of tunnel wall

地下洞室周边某两点间距离的变化值。

3.0.27 顶拱沉降量 arch-roof settlement

洞体开挖后顶拱下沉的量值。

3.0.28 收敛测量 convergence measurement

用专门仪器，测量洞室开挖或支护后洞周某两点间距离变化的方法。

4 锚喷支护设计

4.1 一般规定

4.1.1 锚喷支护设计应根据围岩的工程地质条件进行。锚喷支护工程地质调查的要求和深度除应符合GB 50287外，对Ⅲ～Ⅴ类围岩的地下洞室和Ⅰ、Ⅱ类围岩中开挖跨度大于15m的地下洞室，还应通过对围岩的变形观测，确定围岩的自稳能力。

4.1.2 在地质调查的基础上，根据围岩的稳定性和由岩石强度、岩体完整程度、结构面状态、地下水和结构面产状等地质因素决定的围岩基本质量，按表4.1.2确定围岩类别。围岩基本质量的总评分，可按GB 50287的规定确定。围岩的自稳能力可按本规范4.1.1条的规定由变形观测确定。

表4.1.2 围岩基本质量分类

围岩类别	围岩稳定性	围岩基本质量总评分 T	围岩强度应力比 S
Ⅰ	稳定。围岩可长期稳定，一般无不稳定块体	$T>85$	$S>4$
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	$85\geqslant T>65$	$S>4$
Ⅲ	局部稳定性差。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。较完整的软岩，可能暂时稳定	$65\geqslant T>45$	$S>2$
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	$45\geqslant T>25$	$S>2$
Ⅴ	极不稳定。围岩不能自稳，变形破坏严重	$T\leqslant 25$	
注：Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ类围岩，当其 S 小于本表规定时，围岩类别宜相应降低一级。			

4.1.3 锚喷支护设计应包括下列内容：

1 选择支护类型。

2 确定锚杆的型式、直径、数量、间距和布置。

3 确定喷射混凝土的强度等级和厚度，需要布置钢筋网时还应确定钢筋网的直径和间距。

4 根据监测结果确定是否进行二次支护以及二次支护的实施时间和程序。

4.1.4 锚喷支护设计宜采用工程类比法。对Ⅳ、Ⅴ类围岩或大跨度地下洞室还应辅以监控量测法及理论验算法复核。

4.1.5 初步设计阶段，应根据工程地质条件、地下洞室尺寸、工程使用年限及洞室用途，按表4.1.5的规定初步选择支护类型和系统支护参数。

表4.1.5 永久性锚喷支护类型和支护参数表

围岩类别	洞室开挖跨度 B (m)					
	$B\leqslant 5$	$5<B\leqslant 10$	$10<B\leqslant 15$	$15<B\leqslant 20$	$20<B\leqslant 25$	$25<B\leqslant 30$
Ⅰ	不支护	(1)不支护； (2)50mm喷射混凝土	(1)50～80mm喷射混凝土； (2)50mm喷射混凝土，布置长2.0～2.5m、间距1.0～1.5m砂浆锚杆	100～120mm喷射混凝土，布置长2.5～3.5m、间距1.25～1.50m砂浆锚杆。必要时设置钢筋网	120～150mm钢筋网喷射混凝土，布置长3.0～4.0m、间距1.5～2.0m砂浆锚杆	150mm钢筋网喷射混凝土，相间布置长4.0m砂浆锚杆和长5.0m张拉锚杆，间距1.5～2.5m
Ⅱ	(1)不支护； (2)50mm喷射混凝土	(1)80～100mm喷射混凝土； (2)50mm喷射混凝土，布置长2.0～2.5m、间距1.0～1.25m砂浆锚杆	(1)100～120mm钢筋网喷射混凝土； (2)80～100mm喷射混凝土，布置长2.0～3.0m、间距1.0～1.5m砂浆锚杆，必要时设置钢筋网	120～150mm钢筋网喷射混凝土，布置长3.5～4.5m、间距1.5～2.0m砂浆锚杆	150～200mm钢筋网喷射混凝土，布置长3.5～5.5m、间距1.5～2.0m砂浆锚杆，原位监测变形较大部位进行二次支护	200mm钢筋网喷射混凝土，相间布置长4.0～5.0m砂浆锚杆和长5.0～8.0m张拉锚杆，间距1.5～2.5m，原位监测变形大时，进行二次支护

表 4.1.5（续）

围岩类别	洞室开挖跨度 B (m)					
	$B\leqslant 5$	$5<B\leqslant 10$	$10<B\leqslant 15$	$15<B\leqslant 20$	$20<B\leqslant 25$	$25<B\leqslant 30$
Ⅲ	（1）80～100mm 钢筋网喷射混凝土； （2）50mm 钢筋网喷射混凝土，布置长 1.5～2.0m、间距 0.75～1.0m 砂浆锚杆	（1）120mm 钢筋网喷射混凝土； （2）80～100mm 钢筋网喷射混凝土，布置长 2.0～3.0m、间距 1.0～1.5m 砂浆锚杆	100～150mm 钢筋网喷射混凝土，布置长 3.0～4.0m、间距 1.5～2.0m 砂浆锚杆	150～200mm 钢筋网喷射混凝土，布置长 3.5～5.0m、间距 1.5～2.5m 砂浆锚杆，原位监测变形较大部位进行二次支护	200mm 钢筋网喷射混凝土，布置长 5.0～6.0m 砂浆锚杆和长 6.0～8.0m 张拉锚杆，间距 1.5m～2.5m，原位监测变形较大部位进行二次支护	
Ⅳ	80～100mm 钢筋网喷射混凝土，布置长 1.5～2.0m、间距 1.0～1.5m 砂浆锚杆	150mm 钢筋网喷射混凝土，布置长 2.0～3.0m、间距 1.0～1.5m 砂浆锚杆，原位监测变形较大部位进行二次支护	200mm 钢筋网喷射混凝土，布置长 4.0～5.0m、间距 1.0～1.5m 砂浆锚杆，原位监测变形较大部位进行二次支护，必要时设置钢拱架或格栅拱架			
Ⅴ	150mm 钢筋网喷射混凝土，布置长 1.5～2.0m、间距 0.75～1.25m 砂浆锚杆，原位监测变形较大部位进行二次支护	200mm 钢筋网喷射混凝土，布置长 2.0～3.5m、间距 1.0～1.25m 砂浆锚杆，原位监测变形较大部位进行二次支护，必要时设置钢拱架或格栅拱架				

注 1：表中空白部分表示不宜采用锚喷支护作为永久性支护。当采用锚喷支护作为临时性支护时，可参照上一档次围岩类别或下一档次洞室开挖跨度初步确定支护参数，再根据监测结果最后确定设计与施工采用的支护参数。

注 2：表中凡表明有（1）和（2）两个款项支护参数时，可根据围岩特性选择其中一种做为设计的支护参数。

注 3：表中表示范围的支护参数，洞室开挖跨度小时取小值，开挖跨度大时取大值。

4.1.6 在Ⅳ类围岩中，地下洞室的开挖跨度大于15m；在Ⅴ类围岩中，地下洞室的开挖跨度大于10m，不宜采用单一形式的锚杆喷射混凝土做永久支护。为保证围岩在施工期的稳定性，可采用锚杆喷射混凝土做为临时性支护。

4.1.7 锚杆喷射混凝土做为临时性支护时，其支护参数可取表4.1.5中规定范围的小值。当监测结果需要加强支护时，再适当加大。

4.1.8 对于开挖跨度大于15m的地下洞室，按表4.1.5确定支护参数后，还应进行理论分析或数值分析计算，对选定的支护参数的可靠性进行分析。如果安全度不符合设计要求，应修改支护参数。

4.1.9 由构造引起的各种组合的结构面、断层破碎带、影响带或局部软弱岩体，应视地质条件和地质构造与地下洞室的布置关系，采用极限平衡理论或数字分析方法，按局部加固设计确定支护类型和支护参数。

4.1.10 技施设计阶段，应按GB 50287的规定做好地下工程的专门地质问题的勘察和施工地质工作，根据该阶段的地质勘察结果修正围岩类别，调整支护类型和支护参数。

4.1.11 开挖跨度大于15m的锚喷支护工程和Ⅳ、Ⅴ类围岩中临时支护的锚喷支护工程，在施工期间还应按本规范4.2的规定布置监测仪器，根据支护后围岩变形规律，按“监控设计法”修改支护类型和支护参数。

4.1.12 地下洞室交叉处，应根据地质构造、洞室的最大空间尺寸采取加强锁口锚杆的支护措施。初期支护可按照降低一类围岩类别，根据表4.1.5选择支护类型和支护参数，并根据交叉处围岩变形规律按本规范4.2的规定修正或确定二次支护参数。

4.1.13 局部加强支护应向较好围岩地段延伸，延伸长度应根据岩体构造、产状、地质条件差异程度和开挖跨度确定。

4.1.14 不同时段、不同开挖次序施作的支护应做好搭接，以保证支护的整体效果。

4.1.15 在V类围岩或断层带中建造地下工程时，设计应明确要求按小爆破药量，短进尺掘进，紧跟工作面支护，加强施工期监测，及时修改支护参数的方法施工，并制定切实可行的施工程序。

4.1.16 锚喷支护设计应根据地下水发育程度和围岩对施工用水的敏感程度，对地表水和施工用水提出处理措施。

4.2 监 控 设 计

4.2.1 监控设计内容包括：确定监控量测项目，选择监测仪器；决定监控量测仪器数量和布置；进行监控量测数据整理分析和监测信息反馈及对支护参数的修正。

4.2.2 监控设计按工程设计阶段可分为：初设阶段或施工前进行的围岩稳定性分析监测、施工阶段进行的施工安全监测和工程运行期的永久性安全监测。

4.2.3 开挖跨度大于 20m 或开挖高度大于 50m 的地下洞室可视工程地质条件，在初步设计阶段或施工前进行专门的围岩稳定性分析监测，并依据监测结果分析围岩稳定程度，决定支护类型和参数或对初步选定的支护类型和参数进行调整。

该阶段的监测可在专门开挖的试验洞中进行。监测项目、内容及监测仪器布置，可由设计人员根据地质情况、洞室尺寸和监测目的决定。

4.2.4 施工阶段的安全监测应按本规范规定设计，并由施工单位或其它有安全监测资质的单位组织实施。依据监测结果修改支护参数，需要二次支护时，还应确定二次支护类型、支护参数和支护时间。

4.2.5 施工期安全监测项目可按表 4.2.5 确定。仪器性能应稳定可靠，量程与精度应满足量测需要。测点布置与测点数量应根据工程的地质条件和工程需要确定。

4.2.6 当地下洞室采用分部位开挖时，每序次开挖过程均应按相应的洞室尺寸，布置收敛监测仪器开展监测工作。量测开挖全过程围岩变形的多点位移计，应在第一次序开挖之前埋设。

表 4.2.5　锚喷支护工程监控量测项目表

围岩类别	洞室开挖跨度 B (m)				
	$B \leqslant 5$	$5 < B \leqslant 10$	$10 < B \leqslant 15$	$15 < B \leqslant 20$	$20 < B$
Ⅰ				根据需要布置随机性监测仪器	根据需要布置随机性监测仪器
Ⅱ			收敛及顶拱沉降量测	(1)收敛及顶拱沉降量测； (2)必要时布置多点位移计	(1)收敛及顶拱沉降量测； (2)多点位移计
Ⅲ		收敛及顶拱沉降量测	收敛及顶拱沉降量测	(1)收敛及顶拱沉降量测； (2)多点位移计	(1)收敛及顶拱沉降量测； (2)多点位移计
Ⅳ	收敛及顶拱沉降量测	收敛及顶拱沉降量测	(1)收敛及顶拱沉降量测； (2)多点位移计	(1)收敛及顶拱沉降量测； (2)多点位移计	(1)收敛及顶拱沉降量测； (2)多点位移计； (3)锚杆应力计
Ⅴ	收敛及顶拱沉降量测	(1)收敛及顶拱沉降量测； (2)多点位移计	(1)收敛及顶拱沉降量测； (2)多点位移计	(1)收敛及顶拱沉降量测； (2)多点位移计； (3)锚杆应力计	(1)收敛及顶拱沉降量测； (2)多点位移计； (3)锚杆应力计； (4)必要时增加仪器数量或其它项目
注：此表也适用于临时支护的施工期监测。					

4.2.7　在施工期的安全监测中，可根据围岩类别，洞室开挖跨度及洞体埋深情况，按表 4.2.7 估算围岩的允许变形值做为围岩稳定状态的标准值。当实测围岩变形值出现下列情况之一时，应立即修正支护参数，进行二次支护或采取新的加固措施。

1　总变形量接近表 4.2.7 规定的允许值。

2　日变形量超过表 4.2.7 规定的允许值的 1 4～1 5。

表 4.2.7　允许变形标准值　　单位：%

围岩类别	埋　深（m）		
	＜50	50～300	＞300
Ⅲ	0.10～0.30	0.20～0.50	0.40～1.20
Ⅳ	0.15～0.50	0.40～1.20	0.80～2.00
Ⅴ	0.20～0.80	0.60～1.60	1.00～3.00

注 1：表中允许位移值用相对值表示，指两点间实测位移累计值与两测点间距离之比。

注 2：脆性围岩取小值，塑性围岩取较大值。

注 3：本表适用于高跨比为 0.8～1.2；Ⅲ类围岩开挖跨度不大于 25m；Ⅳ类围岩开挖跨度不大于 15m；Ⅴ类围岩开挖跨度不大于 10m 的情况。

4.2.8　运行阶段的永久性监测可根据工程布置、地质条件进行设计。由施工单位或有监测资质的单位负责仪器安装和施工期间的监测。工程验收后由工程管理单位负责管理和观测。施工期的观测结果可用于指导安全施工，运行期监测结果主要用于工程的安全评价。

永久性监测仪器视工程进度，应尽可能在施工初期埋设，其监测项目应以多点位移计、钢筋计、锚杆应力计、测斜仪为主。仪器应具有长期稳定性。

4.3　锚 杆 支 护 设 计

4.3.1　锚杆支护设计应根据围岩的地质条件、工程规模、工作年限和使用条件选择下列类型：

1　按锚杆与围岩接触方式分类为：

1）全长黏结型锚杆主要类型有水泥砂浆锚杆、树脂锚杆、水泥卷锚杆。

2）端头锚固型锚杆主要类型有机械端头锚固锚杆、树脂端头锚固锚杆、快硬水泥卷端头锚固锚杆。

3）摩擦型锚杆主要类型有缝管锚杆、花管注浆锚杆、水胀式锚杆。

2 按对锚杆施加的张拉力大小分类为：张拉锚杆和预应力锚杆。

3 特殊类型锚杆：自钻式锚杆。

4.3.2 全长黏结型锚杆设计应遵守下列规定：

1 永久性工程的锚杆，宜优先选用全长黏结型锚杆。

2 杆体材料宜选用Ⅱ、Ⅲ级螺纹钢筋。

3 杆体直径宜为16～32mm。

4 钻孔直径应比杆体直径大20mm以上。

5 杆体与钻孔壁的胶结材料可选用水泥砂浆、快硬水泥卷或树脂材料。水泥砂浆的强度等级不宜低于M20。

4.3.3 端头锚固型锚杆设计应遵守下列规定：

1 端头锚固型锚杆的杆体材料可按4.3.2规定选择。

2 机械端头锚固型锚杆的锚头尺寸应与钻孔直径有良好的配合，当锚杆承受设计拉力时，锚头不产生滑移。

3 树脂端头锚固锚杆或快硬水泥卷端头锚固锚杆，采用的胶结材料应具有早凝特性。树脂材料的固化时间不应大于10min，快硬水泥卷的终凝时间不应大于12min，并在8h之内达到设计要求的强度。

4 端头锚固型锚杆内锚头的胶结长度，应按公式（4.3.3—1）计算决定。还应按公式（4.3.3—2）校核：

$$L_a = k_1 \frac{N_t}{\pi D C_1} \qquad (4.3.3\text{—}1)$$

$$L_a = k_2 \frac{N_t}{\pi d C_2} \qquad (4.3.3\text{—}2)$$

式中 L_a——内锚固段长度，mm；

N_t——锚杆承受的设计拉力值，kN；

D——钻孔直径，mm；

k_1——胶结材料与孔壁胶结长度安全系数，按表4.3.3—1

选取；

C_1——胶结材料与孔壁围岩的黏结强度，MPa，按表4.4.3—2或表4.3.3—3选取，必要时还应通过现场拉拔试验确定；

C_2——胶结材料与锚杆体的黏结强度，MPa；

d——锚杆体钢筋直径，mm；

k_2——胶结材料与杆体黏结长度安全系数，k_2＝1.2～1.5。

表4.3.3—1　内锚固段胶结长度安全系数

工程性质	永　久　支　护		临　时　支　护	
钻孔方向	仰　孔	俯　孔	仰　孔	俯　孔
安全系数 k_1	1.8	1.5	1.5	1.2

表4.3.3—2　水泥浆胶结材料与围岩黏结强度

围岩类别	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
黏结强度（MPa）	1.5	1.2～1.5	0.8～1.2	0.3～0.8	≤0.3

表4.3.3—3　树脂材料与围岩的黏结强度

围　岩　类　型	围岩抗压强度（MPa）	黏结强度 C_1（MPa）
黏土岩、粉砂岩	5.0	1.2～1.6
煤、页岩、泥灰岩	14.0	1.6～3.0
砂岩、石灰岩	50.0	3.0～5.0
花岗岩及类似花岗岩的岩浆岩	100.0	5.0～7.0

5　杆体直径宜为16～32mm，外锚头处应设置托板，托板宜采用Q235号钢，其厚度不宜小于6mm，外锚头的螺纹应具有自锁功能，外锚头强度不应低于锚杆的设计拉力值。

6　永久性工程中的端头锚固型锚杆，必须进行全孔注浆。

4.3.4 摩擦型锚杆设计应遵守下列规定：

1 软弱、破碎需要立即加固的围岩，可采用摩擦型锚杆。

2 缝管式锚杆的杆体材料宜用16锰硅或20锰硅钢制作，管壁厚度为2.0～2.5mm，杆体的极限抗拉力不宜小于120kN。

3 缝管式锚杆的外径宜为38～45mm，缝宽宜为13～18mm。

4 缝管式锚杆的钻孔直径应小于缝管式锚杆的外径，其差值可按表4.3.4规定选取。

表4.3.4 缝管锚杆与钻孔的孔径差

岩石单轴饱和抗压强度（MPa）	孔径差（mm）
＞60	1.5～2.0
30～60	2.0～2.5
＜30	2.5～3.5

5 缝管式锚杆孔口处的托板应采用Q235钢材，其厚度不宜小于4mm，平面尺寸不应小于120mm×120mm。

6 缝管式锚杆的初锚固力不应小于25kN m，当需要较高的初锚固力时，可采用带端头锚塞的缝管式锚杆。

7 水胀式锚杆宜选用直径为48mm，壁厚为2mm的无缝钢管制成，并加工成外径为29mm、前后套管直径为35mm的杆体。其孔口处托板尺寸应满足本条第5款规定。

4.3.5 张拉锚杆设计应遵守下列规定：

1 地下洞室围岩构造较发育，存在较大范围的塑性区或塌滑体时，经过技术经济比较，可采用张拉锚杆或张拉锚杆与砂浆锚杆相结合的加固方法。

2 张拉锚杆由内锚固段、张拉段和外锚头组成。内锚固段一般情况下应采用胶结式，特殊情况也可以采用机械式。

3 胶结式张拉锚杆内锚固段的长度，可按本规范4.3.3条的规定计算。机械式张拉锚杆锚内固段可按SL 212的规定设计。

4 张拉锚杆可采用Ⅱ、Ⅲ级螺纹钢筋，其直径为25～32mm，有特殊要求时，也可采用精轧螺纹钢筋。其材料性质应符合SL 212的规定。

5 张拉锚杆在设计张拉力时，锚杆的平均应力不大于钢材抗拉强度标准值的70%。

6 张拉锚杆内锚固段的胶结材料，宜选用早强水泥砂浆或早强水泥卷。胶结材料的强度等级不宜低于M30。

7 张拉锚杆的锚具，宜由专门厂家制造，锚具材料的性质应符合SL 212的规定。

8 永久性张拉锚杆应做好防腐防锈处理。锚杆张拉完成后应进行全孔封孔灌浆。杆体的保护层厚度不应小于10mm。

4.3.6 易于塌孔的软弱岩层中，宜采用自钻式砂浆锚杆。其设计应遵守下列原则：

1 杆体材质应符合Ⅱ、Ⅲ级钢材质量规定，其强度应满足设计要求。

2 钻进时应一次达到设计深度，注浆应保证饱满。

4.3.7 围岩稳定分析认为需要布置预应力锚杆时，其锚固设计应遵守SL 212的规定。

4.3.8 锚杆的布置应遵守下列规定：

1 系统锚杆的布置按以下要求执行。

1) 系统锚杆可采用梅花形、矩形、方形或菱形布置，其间距不宜大于锚杆长度的1/2，Ⅳ类围岩中锚杆间距不得大于1.25m，Ⅴ类围岩中锚杆间距不得大于1.00m。

2) 按本规范4.1.5确定锚杆参数后，还应通过理论分析或有限元计算，验证其数量与长度是否满足稳定要求。不能进行理论分析的工程也应对围岩进行声波测试，确定松弛范围并校正锚杆长度。锚杆应穿越塑性区或松弛区，在稳定岩层中的长度应满足4.3.3的规定，且不得小于1.0m。

3）系统锚杆方向应垂直洞室周边设计的轮廓线。

2 局部锚杆的布置按以下要求执行。

1）局部锚杆应根据不稳定块体的大小、结构面的组合情况，用块体理论的极限平衡法确定锚杆的数量和锚杆长度。

2）拱腰以上部位的局部锚杆，按承担全部不稳定岩体的下滑力进行设计，可按公式（4.3.8－1）或公式（4.3.8—2）计算：

水泥砂浆锚杆

$$n \geqslant k_c \frac{G}{A_s f_y} \qquad (4.3.8-1)$$

张拉锚杆

$$n \geqslant k_c \frac{G}{A_y \sigma_{con}} \qquad (4.3.8-2)$$

式中 n——锚杆根数；

G——锚杆承受的岩石重量，N；

A_s——单根锚杆杆体截面积，mm^2；

A_y——单根张拉锚杆杆体截面积，mm^2；

f_y——锚杆体材料的设计抗拉强度，MPa；

σ_{con}——张拉锚杆钢材的控制应力，MPa，$\sigma_{con}=0.7f_{ptk}$；

f_{ptk}——预应力钢材设计强度标准值；

k_c——安全系数，永久性工程 $k_c=1.5\sim1.8$；临时性工程 $k_c=1.2\sim1.5$。

3）拱腰以下及边墙部位的局部锚杆，按公式（4.3.8—3）和公式（4.3.8－4）确定锚杆数量，并按结构面位置确定锚杆长度：

砂浆锚杆

$$n \geqslant \frac{k_c(G_t - fG_n - CA)}{A_s f_{yv}} \qquad (4.3.8-3)$$

张拉锚杆

$$n \geqslant \frac{k_c(G_t - fG_n - CA)}{P_t + fP_n} \qquad (4.3.8-4)$$

式中 n——砂浆锚杆或张拉锚杆数量；

G_t、G_n——不稳定块体平行作用于滑动面和垂直作用于滑动面上的分力，N；

f——滑动面上的摩擦系数；

A——滑动面的面积，mm^2；

C——滑动面上的黏结力，MPa；

A_s——单根水泥砂浆锚杆的截面积，mm^2；

f_{yv}——锚杆钢筋或预应力钢材的抗剪强度值，MPa；

P_t、P_n——张拉锚杆作用于不稳定块体上的总压力在抗滑动方向和垂直滑动面方向上的分力，N；

k_c——安全系数，按公式（4.3.8—1）规定选取。

4）砂浆锚杆或张拉锚杆，在稳定的岩层中的长度，应根据锚杆承受的拉力大小和围岩条件按本规范 4.3.3 条的规定确定。

5）锚杆的方向，应按最优锚固角布置。

3 在地下洞室中，经稳定分析计算除应布置系统支护锚杆外，当存在影响局部稳定的结构面时，还应布置局部锚杆。系统锚杆和局部锚杆的数量、长度及布置均应满足本条第 1、2 款的要求。

4.4 喷射混凝土支护设计

4.4.1 喷射混凝土支护设计的主要内容是：确定喷射混凝土的类型、工艺、喷射厚度、强度等级、钢筋网布置和支护施工程序。采用钢纤维喷射混凝土支护时还应确定钢纤维的掺量及施工工艺。

4.4.2 喷射混凝土支护的类型，应根据围岩类别和洞室尺寸按本规范表 4.1.5 规定选择。

4.4.3 喷射混凝土厚度，应按下列原则确定：

1　喷射混凝土的最小厚度不应小于50mm。过水的水工隧洞喷射混凝土的最小厚度不应小于80mm。钢筋网喷射混凝土的最小厚度不应小于100mm。

2　喷射混凝土的最大厚度不宜超过200mm。钢筋网喷射混凝土的最大厚度不宜超过250mm。

3　开挖跨度大于15m和Ⅳ、Ⅴ类围岩中开挖的地下洞室，还应通过监测按本规范4.2的规定调整其喷射厚度。

4.4.4　永久工程喷射混凝土的设计强度等级不宜低于C20；临时性工程不宜低于C15；钢纤维喷射混凝土设计强度等级不宜低于C25，且其抗拉强度不宜低于2MPa，抗弯强度不宜低于6MPa；各种类型的喷射混凝土1d龄期的抗压强度不宜低于5MPa。不同强度等级喷射混凝土的力学指标按表4.4.4采用。

表4.4.4　喷射混凝土力学参数

强度种类	喷射混凝土强度等级			
	C15	C20	C25	C30
轴心抗压强度（MPa）	7.50	10.00	12.50	15.00
弯曲抗压强度（MPa）	8.50	11.00	13.50	16.50
抗拉强度（MPa）	0.9	1.10	1.30	1.50
弹性模量（万MPa）	1.80	2.10	2.30	2.50

4.4.5　喷射混凝土容重可取2200kg m^3。弹性模量可按表4.4.4选取。喷射混凝土与围岩的黏结力：Ⅰ、Ⅱ类围岩不宜低于1.2MPa，Ⅲ类围岩不宜低于0.8MPa。喷射混凝土与围岩黏结力试验方法应遵守附录A的规定。

4.4.6　地下水较为丰富的岩层中，喷射混凝土的最小厚度不宜小于80mm；喷射混凝土的混合料中应掺入增强防水剂，喷射混凝土的抗渗标号不宜低于W8。

4.4.7　钢筋网喷射混凝土中钢筋网的设计应遵守下列规定：

1　钢筋网材料宜采用Q235号钢筋，钢筋直径宜为6～12mm。

2 钢筋网格间距宜为 200～300mm。

3 钢筋网的保护层厚度不应小于 20mm，过水的水工隧洞钢筋网的保护层厚度不宜小于 50mm。

4 当设置锚杆时钢筋网应同锚杆相连接。

4.4.8 对具有流变特性或开挖后产生较大塑性变形的围岩，宜采用钢纤维或聚丙烯纤维喷射混凝土支护。钢纤维或聚丙烯纤维喷射混凝土支护设计应遵守下列规定：

1 钢纤维喷射混凝土按以下要求执行。

1） 普通碳素钢纤维材料的抗拉强度不应低于 380MPa。

2） 钢纤维直径宜为 0.3～0.5mm。

3） 钢纤维长度宜为 20～25mm。

4） 钢纤维掺量宜为混合料重的 3%～6%。

5） 钢纤维喷射混凝土表面应敷以 10mm 普通喷射混凝土。

2 聚丙烯纤维喷射混凝土按以下要求执行。

1） 聚丙烯纤维的抗拉强度不应低于 350Mpa。

2） 聚丙烯纤维直径宜为 15～50μm。

3） 聚丙烯纤维长度宜为 20～25mm。

4） 聚丙烯纤维掺量宜为 0.9kg m^3。

4.5 联合支护设计

4.5.1 在Ⅳ、Ⅴ类围岩以及断层带、断层影响带、卸荷带、强风化带和节理密集带等软弱地质地段，应采用锚杆钢筋网喷射混凝土或带钢拱架（格栅拱架）的锚杆钢筋网喷射混凝土联合支护。

4.5.2 不在同一时间施作的相邻部位的钢筋网喷射混凝土支护必须搭接，钢筋网的搭接长度不应小于 200mm。

4.5.3 钢拱架可采用型钢或由钢筋焊接成型的格栅拱架，钢拱架的设计应遵守下列规定：

1 钢拱架可视围岩稳定程度按 0.75～1.50m 的间距设置。

安装时应与围岩或喷射混凝土密贴，并同锚杆或钢筋网联接。钢拱架基脚应插入未受扰动的岩体，当基脚岩体较为软弱时，可在钢拱架基脚部位安设与其联接的锚杆，锚杆插入岩体深度不应小于2.0m。

2 制作格栅拱架的钢筋直径不应小于20mm，钢筋材质应符合Ⅱ级钢筋质量标准。

3 钢拱架应及时快速施作。钢拱架安装后应立即布设钢筋网并喷射混凝土，喷射混凝土厚度不应小于70mm。

4 钢拱架铺设应延伸至较好岩体中，延伸长度不应小于2m。

5 采用可缩性拱架时，喷射混凝土层在可缩性节点处设伸缩缝。

6 钢拱架之间应布置纵向联系筋或与喷射混凝土的钢筋网相联接，以增强钢拱架的稳定性。

4.5.4 在特别软弱破碎、开挖成洞困难的地质地段，可采用超前锚杆加钢拱架喷射混凝土支护的方法，采用这种联合支护设计时应遵守下列规定：

1 在掌子面的顶拱沿掘进方向布置超前锚杆，超前锚杆方向可与洞轴线成不大于15°的交角，超前锚杆间距可视围岩条件确定，一般宜为300～400mm，长度宜按拱架间距确定，直径不应小于22mm。

2 锚杆的外端应与钢拱架搭接。

5 锚杆施工

5.1 一般规定

5.1.1 锚杆孔施工应遵守下列规定：

1 根据设计要求和围岩情况确定孔位并做出标记，开孔允许偏差为100mm。

2 锚杆孔轴线与设计轴线的偏差角应符合设计要求。施工中如需设置局部锚杆时，其孔轴线方向应按最优锚固角布置。当受施工条件限制时，在不影响锚固效果的前提下可适当调整锚杆轴线方向。

3 锚杆孔直径应符合本规范4.3的规定，其中水泥砂浆锚杆孔径应大于杆体直径20mm以上。

4 锚杆孔深度应符合设计要求，超深不宜大于100mm。

5 孔内的岩粉和积水应洗吹干净。

6 锚杆安装前应对锚杆孔进行检查，对不符合要求的锚杆孔应进行处理。

5.1.2 锚杆材料应遵守下列规定：

1 锚杆材料（钢材、水泥等）性能指标应满足设计要求。

2 锚杆杆体与各部件的强度、加工精度及技术性能应经试验证明满足设计要求。

3 锚杆体及其部件在加工、运输、存放和安装过程中应保持清洁，避免污染、锈蚀、变形及损伤。

4 成品胶结材料（如水泥砂浆、树脂卷、水泥卷等）的强度、凝结时间、收缩率及杆体的防腐蚀等指标应满足设计要求。

5.1.3 单项工程锚杆施工前，应在施工现场进行锚杆安装试验。锚杆的结构、材料、安装工艺、施工机具等应满足设计要求。

5.2 水泥砂浆锚杆施工

5.2.1 水泥砂浆应按下列规定配制：

1 水泥砂浆的性能必须满足设计要求。

2 水泥砂浆的配比应经试验确定，在无特殊要求的情况下可在以下配比（重量比）范围内选取：

水泥∶砂＝1∶1～1∶2

水泥∶水＝1∶0.38～1∶0.45

3 水泥和水的质量要求应符合本规范 6.1.1 条和 6.1.5 条的规定。宜采用中细砂，最大粒径应小于 2.5mm，使用前应过筛。

4 根据需要，可填加具有早强、减水、膨胀等作用的外加剂。

5 砂浆材料应计量准确、拌和均匀，优先采用机械拌和，随拌随用，一次拌和的砂浆应在初凝前用完。

5.2.2 根据锚孔部位和方向，可采用先注浆后插杆或先插杆后注浆的施工方法，采用后一种方法施工时，在插杆的同时，应安装排气管。排气管距孔底 50～100mm。

5.2.3 锚杆注浆应遵守下列规定：

1 使用能够连续注浆的锚杆注浆机或砂浆泵，出口压力应能达到 1.0MPa，输送能力应大于 0.7m^3 h。

2 采用先注浆后插杆的施工方法时，注浆管应插到孔底，然后退出 50～100mm 开始注浆，注浆管随砂浆的注入缓慢匀速拔出，使孔内填满砂浆。

3 采用先插杆后注浆的方法时，待排气管出浆时方可停止注浆。

4 如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，使注浆管能顺利插到孔底，必要时应补打锚孔或使用自钻式锚杆。

5 注浆工艺须经注浆密实性模拟试验，密实度检验合格后方能在工程中实施。

5.2.4 锚杆安装应遵守下列规定：

1 采用先注浆后插杆的施工方法时，锚杆孔注满砂浆后应

及时插入锚杆体。

2 杆体插入孔内的长度应符合设计要求。插入困难时可利用机械顶推或风镐冲击。当锚杆端部带有螺纹时需注意保护杆体端部的螺纹不被损坏。

3 锚杆体插入后，在孔口处用铁楔固定并封闭孔口。

5.2.5 锚杆安装后，在砂浆强度达到设计要求之前，不应敲击、碰撞或牵拉锚杆。同钢筋网联结的锚杆，孔口处必须固定牢固。

5.2.6 在遇到锚杆孔处理困难，杆体或注浆管不能插到孔底，宜采用自钻式砂浆锚杆。

5.3 张拉锚杆施工

5.3.1 张拉锚杆孔的孔口应用早强砂浆做平整处理，其强度应能承担锚杆的最大荷载。

5.3.2 树脂卷内锚头张拉锚杆，施工应遵守下列规定：

1 使用前应检查树脂卷的质量，变质材料不能使用。超过贮存期的材料，应通过试验合格后方可使用。

2 树脂卷直径的选择，应以锚杆插入后树脂能将锚固段填满为原则。

3 内锚固段的长度应满足设计要求并由试验确定。

4 内锚固段的端部应加工成既易于将树脂搅拌均匀，又能在搅拌中将树脂推向孔底的形状。

5 使杆体旋转搅拌的搅拌器或凿岩机连接器必须与杆体同心，推进方向与孔轴线一致，搅拌时间应按树脂固化速度和搅拌器转速经试验确定。

6 搅拌完毕后应立即在孔口处用楔子将杆体固定，树脂固化前不应碰撞或张拉。

7 应待内锚固段的树脂完全固化后方可张拉，固化时间应参照树脂卷说明书并经现场试验确定。

5.3.3 快硬水泥卷内锚头张拉锚杆的施工应遵守下列规定：

1 水泥卷应在规定的贮存期内使用。使用前应检查水泥卷

质量，受潮结块不应使用。

2 水泥卷应浸泡均匀，浸泡水的水质应符合设计要求，浸泡时间应参照使用说明书的要求并经现场试验确定。

3 水泥卷可用端部平齐的长杆送入孔底并捣实，或用压缩空气经软管吹送入孔底。

4 杆体锚固端一般可做成尖头，采用风钻或风镐冲击插入。杆体插入后在孔口处用楔子固定。

5 水泥卷达到设计强度后方可进行张拉。

5.3.4 机械式内锚头张拉锚杆的施工应遵守下列规定：

1 内锚头部位的岩体应完整坚硬。钻孔时如发现孔底部位岩体软弱破碎时应对该孔作出标志，以便改用其它类型的锚杆，或增加孔深至坚硬岩层，并根据孔深加长锚杆。

2 孔径和孔深应严格控制在内锚头与锚杆长度所能适应的范围内。

3 安装前应对锚头进行检查，当弹簧片完好、弹力充足，壳体与楔块的接触面平整时方可安装。

4 安装锚头时应保持壳体和楔块的位置正确。

5.3.5 锚杆张拉应遵守下列规定：

1 施工中可采用扭力扳手或空心千斤顶进行张拉，并达到设计规定的扭矩或压力值。

2 应保证锚杆轴向受力，必要时应在托板上配置球面垫圈。

3 张拉过程中遇到锚杆拔出、螺纹扭断、托板偏斜，或锚杆外露过长等异常现象时，应采取相应的处理措施，必要时补加锚杆数量。

4 应合理编排锚杆张拉的次序，减少张拉时对相邻锚杆的影响。若发现相邻锚杆预应力损失大于设计荷载的10％时，应进行补偿张拉。

5.3.6 先张拉后注浆的张拉锚杆，注浆时应遵守下列规定：

1 设置内径为6～8mm的排气管，管口应置于内锚头附近。使用内径为16～18mm的注浆管，插入锚杆孔内的长度

不宜小于200mm。

2 托板安装前应对锚杆孔口进行封堵。封堵材料不得影响锚杆张拉变形，不得污染螺纹。

3 在锚杆注浆前应将锚杆张拉至设计拉力。

4 用锚杆注浆机或砂浆泵进行注浆时，当排气管出浆后，再稳定30s方可结束注浆。对同一锚杆孔的注浆应连续不得中断。

5 注浆的浆液应符合设计要求。无特殊要求时可采用水灰比为0.4～0.5的水泥浆，并加入适量膨胀剂及减水剂。

5.3.7 先注浆后插杆的张拉锚杆，施工时应遵守下列规定：

1 对于采用快速固化树脂卷和快硬水泥卷内锚头的张拉锚杆，在锚固段装填树脂卷或水泥卷后，立即按本规范5.2.3条的规定注入缓凝砂浆，然后按本规范5.3.2条和5.3.3条的要求插入锚杆，在锚头达到预定强度后进行张拉。

2 快速固化树脂卷的固化时间和快硬水泥卷达到张拉强度的时间，应比缓凝砂浆或缓凝树脂的初凝时间早2h以上，以保证张拉锚杆在缓凝砂浆初凝前张拉完毕。

3 当采用自由段带套管的张拉锚杆时，应按本规范5.2的有关规定施工，当砂浆强度达到设计要求时方可进行张拉。

5.3.8 张拉锚杆的端部必须进行保护，防止锈蚀、碰撞，不可用它吊运及牵拉重物。

5.3.9 预应力锚杆的施工应遵守SL 46的规定。

5.4 特殊型式锚杆施工

5.4.1 缝管式锚杆的施工应遵守下列规定：

1 钻孔前应检查钻头规格，确保孔径符合设计要求。

2 可使用风动凿岩机和专用联接器将杆体推入钻孔中，并保证杆体和钻孔同轴、托板和岩面紧密接触。

5.4.2 水胀式锚杆的施工应遵守下列规定：

1 孔径与孔深必须满足锚杆的安装要求。

2 检查注水设备使其处于正常工作状态。

3 装好注水管并用安装棒将锚杆送入钻孔中，使托板贴紧岩面。

4 向杆体注水时应保证注水压力值稳定，并注水达调压阀泄压。

5.4.3 花管注浆锚杆的施工应遵守下列规定：

1 杆体长度应符合设计要求，管径及管壁厚度可由计算决定，钻孔深度应超过杆体长度100mm。

2 花管段长度可取杆长的1 3～1 4。在花管段沿管轴线方向每隔100mm打一对穿孔，孔径为6～8mm，相邻两对穿孔轴线应旋转90°。

3 花管段端部宜做成锥角不大于45°的尖端。杆体的外露段可有100～150mm的管螺纹。

4 托板尺寸应满足设计要求，托板上锚杆孔附近应设置直径12mm的排气孔。

5 宜采用添加早强剂、减水剂、膨胀剂的水泥浆，水泥浆的性能应满足设计要求。由杆体内注浆，待排气管出浆时封堵排气管，并继续灌注至注浆泵压力为0.2MPa时稳压3min后停止灌注，封堵钢管口。

5.4.4 自钻式注浆锚杆施工时应遵守下列规定：

1 在易于卡钻或塌孔的地质地段，宜使用自钻式注浆锚杆。

2 自钻式注浆锚杆使用前应检查钻头、钻杆排水或排气是否通畅，如有堵塞应处理通畅后方可使用。

3 自钻式注浆锚杆注浆遵守本规范5.4.3条的规定。

6 喷射混凝土施工

6.1 原 材 料

6.1.1 应优先选用新鲜的普通硅酸盐水泥，其标号不宜低于32.5MPa。也可采用新鲜的、标号不低于42.5MPa矿碴水泥。必要时，经过试验论证也可选用特种水泥。水泥的性能指标应符合GB 175的规定。

6.1.2 应优先选用天然砂，也可采用人工砂。砂的细度模数宜为2.5～3.0，含水率宜为5%～7%。砂的质量应符合《水工混凝土施工规范》(SDJ 207—82）的规定。

6.1.3 应优先采用坚硬、耐久、磨圆度好的卵石，也可采用机制碎石。卵石或人工碎石质量应符合SDJ 207—82的规定。卵石或人工碎石的粒径不宜大于15mm，其级配应符合表6.1.3的规定。回弹料不宜重新使用。采用碱性速凝剂时，不得使用碱活性骨料。

表6.1.3 喷射混凝土骨料通过各筛径的累积重量百分数 单位：%

骨料粒径(mm)		0.15	0.30	0.60	1.20	2.50	5.00	10.00	15.00
骨料品质	优	5～7	10～15	17～22	23～31	34～43	50～60	73～82	100
	良	4～8	5～22	13～31	18～41	26～54	40～70	62～90	100

6.1.4 喷射混凝土混合料中，可掺入具有速凝、早强、减水、增黏、防水等性能的外加剂。掺入各种外加剂后，喷射混凝土性能应满足设计要求。使用的各种类型外加剂应进行与水泥及拌和用水的相容性试验及水泥净浆试验，掺入速凝剂的喷射混凝土初凝时间不应大于5min，终凝时间不应大于10min。

6.1.5 喷射混凝土用水的质量应满足SDJ 207—82的规定。

6.1.6 钢纤维喷射混凝土的钢纤维应采用符合国家标准的普通碳素钢，用熔化拉拔法、切削法或截段法制成，其直径与长度应符合设计要求。

6.2 施 工 机 具

6.2.1 应根据工程量大小、进度要求、工艺流程等条件，选择密封性好、料物输送均匀、性能稳定的喷射机具。喷射机允许输送骨料的最大粒径为25mm，水平输送距离不小于100m，垂直输送距离不小于30m。

6.2.2 应优先选用强制式搅拌机。

6.2.3 空气压缩机应满足喷射机工作风压和耗风量的要求。当工程需要选用单台空气压缩机工作时，其排风量不应少于$9m^3$ min。压缩空气进入喷射机前，应进行油水分离。

6.2.4 输料管应能承受0．8MPa以上的工作压力，并应具有良好的耐磨性能。

6.2.5 水泵、水箱或其它供水系统应具有0.2MPa以上供水压力，供水量应满足设计要求。

6.2.6 当需设置皮带输送机向喷射机供料时，皮带输送机应具备上料方便、粉尘小、混合料不产生分离等性能。

6.3 混合料的配合比、拌制和运输

6.3.1 混合料配合比应满足下列规定：

1 水泥与砂石的质量比：干喷法宜为1.0∶4.0～1.0∶4.5；湿喷法宜为1.0∶3.5～1.0∶4.0。

2 砂率：干喷法宜为45％～55％；湿喷法宜为50％～60％。

3 水灰比：干喷法宜为0.40～0.45；湿喷法宜为0.42～0.50。

4 速凝剂或其它外加剂的掺量应通过净浆试验确定。

5 施工前应进行喷射混凝土的配合比试验。

6.3.2 各种原材料均按质量计量，质量的允许偏差值为：

1 水泥和速凝剂为±2%。

2 砂、石料均为±3%。

3 钢纤维为±1%。

6.3.3 混合料的拌和时间应遵守下列规定：

1 采用容量小于 400L 的强制式搅拌机时，搅拌时间不应小于 1min。

2 采用自落式或滚筒式搅拌机时，搅拌时间不应小于 2min。

3 混合料中掺入速凝剂或外加剂时，应适当延长搅拌时间。

6.3.4 采用干喷法施工时，混合料的使用应遵守下列规定：

1 当使用的砂石料含水量小于 4%时，速凝剂可在拌和时掺入。拌制好的混合料，应在 20min 内使用完毕。

2 当使用的砂石料含水量为 4%～10%的湿料时，速凝剂加入后应立即喷射。

3 混合料宜随拌随用。不掺入速凝剂时，混合料存放时间不应超过 2h。

6.3.5 采用湿喷法施工时，混合料的使用应遵守下列规定：

1 全部用水量一次与水泥、砂石拌和均匀，随拌随用。

2 若采用液态速凝剂时，拌料时应扣除这部分水量。速凝剂应在喷头输料管的适当部位加入。

3 喷射作业时混合料不得出现“离析”和“脉冲”现象。

6.3.6 混合料在运输、存放过程中，应严防雨淋、滴水及石碴等杂物混入，装入喷射机前应过筛。

6.4 喷射作业前的准备工作

6.4.1 喷射混凝土作业之前，应对喷射手进行技术培训，考核合格后持证上岗。

6.4.2 应按下列要求做好作业面的检查和清理：

1 清除浮石、松动的岩块、岩粉、岩渣和其它堆积物。

2 检查作业面尺寸，处理欠挖岩体。

3 用高压水冲洗作业面，并对受污染的作业面进行清理。

4 检查上一工序作业情况，做好受喷面的地质描述。

5 需要工作平台作业时，应检查工作平台的牢固性。

6.4.3 严重漏水、渗水地段，喷射作业之前应按本规范 4.1.16 条的规定做好排水、治水工作。

6.4.4 喷射作业前应进行风水管路和电器设备的检查，对机械设备做试运行。

6.4.5 喷射作业区应安设充足的照明设备并具备良好的通风条件。

6.4.6 应在受喷面设置控制喷层厚度的标志。

6.5 喷 射 作 业

6.5.1 喷射机操作应遵守下列规定：

1 严格执行喷射机操作规程。

2 连续均匀向喷射机供料。

3 保持喷射机工作风压稳定。

4 完成喷射作业或因故中断喷射作业时，应将喷射机和输料管内积料清除干净。

6.5.2 喷射手的作业应遵守下列规定：

1 应保持喷头具有良好的工作性能。

2 喷头与受喷面应垂直，并保持 0.6～1.0m 的喷射距离。

3 喷射时，喷射手应控制好水灰比，保持喷射混凝土表面平整、湿润光泽，无干斑或滑移流淌现象。

6.5.3 喷射作业应遵守下列规定：

1 喷射作业应分段、分片依次进行，喷射顺序应自下而上。

2 素喷混凝土一次喷射厚度：掺速凝剂时不宜超过 100mm；不掺速凝剂时不宜超过 70mm。

3 分层喷射时，后一层喷射应在前一次喷射混凝土终凝后进行。若终凝 1h 后再次喷射时，应用风水清洗前一次喷层表面

后再进行后一次喷射作业。

4 喷射作业紧跟工作面时，下一工作循环的放炮时间，应在前一循环喷射混凝土终凝3h后进行。

5 两次循环作业的喷射混凝土应有200mm搭接长度，搭接部位的起伏差应控制在允许范围之内。

6.5.4 喷射混凝土表面应平整，其平均起伏差应控制在100mm以内。

6.5.5 喷射混凝土的回弹率，边墙不应大于15%，顶拱不应大于25%。

6.5.6 寒冷地区或冬季喷射混凝土施工时应遵守下列规定：

1 作业区气温不低于+5℃。

2 混合料进入喷射机时的温度不低于+5℃。

3 当采用普通硅酸盐水泥配制的喷射混凝土，强度低于设计强度等级的30%，采用矿碴水泥配制的喷射混凝土，强度低于设计强度等级40%时，喷射混凝土不得受冻。

4 气温低于+5℃时，不得喷水养生。

6.5.7 在高温环境进行喷射混凝土作业时，气温不得高于+35℃。

6.5.8 喷射混凝土养护应遵守下列规定：

1 终凝2h后应开始喷水养护。

2 养护时间一般性工程不得少于7d，重要工程不得少于14d。

6.6 水泥裹砂喷射混凝土作业

6.6.1 水泥裹砂喷射混凝土施工机具除应符合本规范6.2的规定外，还应符合下列要求：

1 砂浆输送泵可选用液压双缸式、螺旋式或挤压式，也可采用单缸式。砂浆泵的输送能力不应小于4m^3 h，并在0～4m^3 h内无级可调；砂浆输出压力不少于0.3MPa；采用单缸式砂浆输送泵时，应保证砂浆的输送脉冲间隔时间不超过

0.4s。

2 砂浆拌制设备可采用反向双转式或行星式水泥裹砂机，也可采用强制式混凝土搅拌机。

6.6.2 水泥裹砂喷射混凝土的配合比除应符合本规范 6.3.1 条的规定外，还应符合下列要求：

1 水泥用量宜为 350～400kg m^3。

2 水灰比宜为 0.40～0.52。

3 砂率宜为 55%～70%。

4 裹砂砂浆的砂量宜为总用砂量的 50%～75%。

5 裹砂砂浆的水泥用量宜为总水泥量的 90%。

6 裹砂砂浆造壳水灰比宜为 0.2～0.3。

6.6.3 裹砂砂浆的拌制应遵守下列规定：

1 裹砂砂浆的拌制程序为：

1）将砂和一次搅拌用水加入拌和机搅拌 20～40s；

2）加入水泥再搅拌 40～150s；

3）最后将两次搅拌用水和外加剂加入拌和 30～90s。

2 使用掺合料时，掺合料应与水泥同时加入搅拌机。

6.6.4 水泥裹砂喷射混凝土混合料的拌和时间，应遵守本规范 6.3.3 条的规定。

6.6.5 水泥裹砂喷射混凝土作业除应遵守本规范 6.5 的有关规定外，还应遵守下列规定：

1 喷射手送风后，待砂浆泵输送的裹砂砂浆在喷头喷出后，再由喷射机输送混合料。

2 注意调整砂浆泵压力，使喷出的裹砂混凝土稠度适宜。

3 喷射结束时，喷射机应先停止输送混合料，再停止输送裹砂砂浆，喷头处没有料物喷出时停止送风。

4 裹砂喷射混凝土的一次喷射厚度可适当增加，但不宜超过 120mm。

5 水泥裹砂喷射混凝土的回弹率，边墙不宜大于 10%，拱部不宜大于 20%。

6.7 钢纤维喷射混凝土作业

6.7.1 钢纤维喷射混凝土的原材料，除应符合本规范 6.1 的规定外，还应遵守下列规定：

1 钢纤维和聚丙烯纤维的长度偏差不宜超过长度公称值的±5％。

2 水泥标号不宜低于 42.5MPa。

3 骨料粒径不得大于 10mm。

4 钢纤维不得有明显的锈蚀和油渍及其它妨碍钢纤维与水泥黏结的杂质，钢纤维内含有的因加工不良造成的黏连片、表面锈蚀的纤维、铁屑及杂质总量不应超过钢纤维重量的 1％。

6.7.2 钢纤维喷射混凝土施工，除应满足本规范 6.5 规定外，还应遵守下列规定：

1 宜选用纤维播料机往混合料中添加钢纤维。加入钢纤维后混合料的搅拌时间不宜小于 3min。

2 钢纤维在混合料中应分布均匀，不应成团。

7 联合支护施工

7.1 锚杆、钢筋网喷射混凝土作业

7.1.1 钢筋网的钢筋规格、钢材质量、网格尺寸，应满足设计要求。铺设前应做除锈、除污处理。

7.1.2 钢筋网可人工在现场铺设，也可在加工厂焊接成一定尺寸的钢筋网片，运至现场成片铺设。钢筋网应沿开挖面铺设，与岩面距离宜为30～50mm。钢筋网应同锚杆联接牢固，相邻铺设的钢筋网应搭接，搭接时纵横钢筋网应对应，搭接长度不应小于200mm。

7.1.3 采用双层钢筋网时，第二层钢筋网应在第一层钢筋网被第一层喷射混凝土覆盖后再铺设。

7.1.4 钢筋网喷射混凝土作业时，除应遵守本规范6.5的规定外，还应遵守下列规定：

1 应适当减少喷头与受喷面的距离，并调整喷射角度，避免喷头正对钢筋。

2 喷射中如有脱落的混凝土被钢筋网架住，或回弹物散落在钢筋网与岩面之间应及时清除。

7.1.5 钢筋网的保护层厚度不应小于20mm，对于过水的水工隧洞不宜小于50mm。

7.2 锚杆、钢拱架、钢筋网喷射混凝土支护作业

7.2.1 钢拱架喷射混凝土作业应根据围岩变形特性及时施作。

7.2.2 钢拱架的架设应遵守下列规定：

1 对设计要求铺设钢拱架部位的岩体，应严格按设计要求的轮廓线开挖。

2 钢拱架应根据设计图纸并考虑可能发生的超挖在专门加工厂分3～4段制成半成品，运至施工现场快速拼装。分段制作

的半成品钢拱架，应能适应地下洞室可能发生的断面尺寸的变化。

3 检查钢拱架制作质量是否符合设计要求。

4 钢拱架安装允许偏差：横向间距和高程为±50mm，垂直度为±2°。

5 钢拱架同壁面应紧密接触，与围岩的空隙应用喷射混凝土充填。

7.2.3 锚杆采用梅花形布置时，每榀钢拱架至少应与 3 根锚杆相联接。

7.2.4 钢拱架安装后，应立即铺设钢筋网并在钢拱架之间喷射混凝土，喷射混凝土厚度应根据设计或原位监测结果确定，但不应小于 70mm。

7.2.5 安装钢拱架部位，应加密布设原位监测仪器，加密观测次数，及时整理观测资料，分析围岩及支护的稳定状况，必要时调整支护参数和施工方法。

7.3 特殊地质条件下的联合支护施工

7.3.1 在松散、软弱、破碎等稳定性差的围岩中进行锚喷支护施工时，应遵守下列规定：

1 应及时进行施工期现场量测，监视围岩或支护后的变形情况，掌握好支护时机，及时调整支护方案和支护参数。

2 支护应紧跟工作面进行，必要时应及时封闭掌子面、设置超前锚杆与封闭仰拱。

3 喷射混凝土作业完成后 4h，锚杆安装完成后 8h，监测仪器埋设后 1h 方可进行下一循环的开挖作业。

7.3.2 在岩石破碎，地下水发育的地段，可采用集中导水或超前灌浆的办法开挖，开挖后立即喷射防水型早强混凝土封闭开挖面，再设置钢拱架、锚杆等其它综合性支护措施。

7.3.3 在易风化、吸水膨胀、失水剥落等围岩中，开挖后应立即用喷射混凝土封闭开挖面。

7.3.4 对可能塌落或滑动的危石进行加固时应遵守下列规定：

1 对出现在拱部的危石应先喷射混凝土再安装锚杆。

2 对边墙出露的大面积塌滑区，应根据危石的结构情况采用先锚后挖或边挖边锚的原则逐层施工。

7.3.5 在特殊地质条件下，各种支护施作后，必须加强安全监测工作，遇有异常变化应立即采取补强措施。

8 锚喷支护施工监测

8.1 一 般 规 定

8.1.1 锚喷支护施工监测是以保证工程施工安全，支护措施经济、合理为目的。

8.1.2 施工监测应简单、快捷、仪器安装及监测对施工干扰小、操作简便、反应灵敏，信息反馈迅速。监测项目应以收敛监测、顶拱沉降监测为主，位移及应力量测为辅。

8.1.3 监测项目、监测部位、仪器安装数量、监测时间及频率的安排，应根据工程重要程度、围岩地质条件、支护设计情况、施工条件及工程进度等，按照本规范 4.2.5 条的规定施作。

8.1.4 仪器埋设部位应做简单地质描述，记录仪器埋设位置和与软弱结构面的关系。

8.1.5 监测工作应做为一个重要工序列入施工组织设计。重要工程应由专业队伍组织实施，一般性工程也要有专人负责。

8.1.6 能与长期监测结合的项目，应按永久监测和设计要求开展监测工作。

8.2 收 敛 监 测

8.2.1 收敛监测断面及测点的布置，除应遵守本规范 8.1.3 条的规定外，还应遵守下列规定：

1 收敛量测断面应安排在工程的关键部位或围岩稳定较差的部位。其观测断面间距可根据围岩情况，施工条件确定。

2 测点应紧跟掌子面布置，一般情况距掌子面的距离不宜大于 1.0m，特殊情况下可根据需要布置。

3 每个观测断面的测点数量一般情况下为 5 点，但不得少于 3 点。

4 测点埋设应在开挖后立即实施。

8.2.2 量测收敛值仪器的选择应遵守下列规定：

1 测距应满足洞周最大两点间测距要求。

2 精度不低于0.01mm。

3 携带方便、安装简单、操作灵活。

4 正式使用前应经过计量部门检定，并经过试验室校正。

8.2.3 测点应布置在完整的岩体上，测点应牢固，做好保护，防止人为、机械或开挖飞石碰动。

8.2.4 收敛监测及资料整理分析应按附录B的规定执行。

8.3 多点位移监测

8.3.1 多点位移计是量测围岩表面及围岩内部一定深度内变形规律的仪器，应在重要的工程中布置，并在关键的地质地段配合收敛计使用。

8.3.2 多点位移计的布置除应符合本规范8.1.3条的规定外，还应符合下列规定：

1 为监测开挖过程的全变形而设置的多点位移计，应在掌子面前方2.0倍洞径处埋设。

2 为监测洞室施工期围岩稳定或支护安全程度的多点位移计，应紧跟开挖面布置，一般情况下距开挖面的距离不宜大于1.0m。

3 在同一观测断面上，可视观测部位需要埋设1～3支观测仪器，每支观测仪器可设3～5个观测点。

4 每支多点位移计的埋设深度和测点位置，可视监测需要设置，其最深测点应不小于1.5倍洞径。

8.3.3 多点位移计可视需要选择杆式或钢丝式，其量程应满足变形需要，其精度为0.01mm，并具有长期稳定性。

8.3.4 多点位移计埋设应遵守下列规定：

1 钻孔直径应满足仪器埋设的需要，钻孔孔向允许偏差应为±2°，钻孔长度允许误差应为±50mm。

2 各测点锚固应牢固，测杆或钢丝应能自由活动。

3　孔口传感器应与孔壁岩体结合紧密，初始读数调整后孔口应封闭，不应碰动。

8.3.5　多点位移计监测及资料整理分析应按附录 B 的规定执行。

9 安全技术与防尘

9.1 安 全 技 术

9.1.1 施工前应根据地质预报、初期监测资料分析围岩稳定状况，制定施工安全措施。

9.1.2 锚喷支护作业前，应检查和处理作业区的危石及松动岩块，施工机具应布置在安全地带。

9.1.3 在Ⅳ、Ⅴ类围岩中进行施工作业时，应遵守下列规定：

1 锚喷支护作业应紧跟工作面。

2 应按喷射混凝土（厚度不得小于50mm）→安装短锚杆→铺设钢拱架和钢筋网→喷第二层混凝土→安装深部锚杆的程序进行作业。

3 加密布设监测仪器，增加观测次数，及时进行安全预报。

9.1.4 施工中应定期检查电源线路和设备的电器部件。

9.1.5 喷射机、水箱、风包、注浆罐、注浆泵等密封及压力容器，应定期进行耐压试验及检验，合格后方可使用。压力容器应安装压力表和安全阀，使用过程中发现失灵应立即更换。

9.1.6 喷射混凝土施工作业过程中，应经常查看出料弯头、输料管、注浆管和管路接头有无磨损、松脱现象，发现异常应立即处理。

9.1.7 带式送料机及其它设备，外露的转动和传动装置应设保护罩。

9.1.8 作业平台和作业台车应具有足够的稳定性，并应设置拦杆。高空作业应配备安全带。

9.1.9 向设备供电、供风、供水时应通知有关作业人员。

9.1.10 处理喷射机堵管事故时，应将输料管顺直并按紧喷头。疏通管路的压缩空气，其压力不得超过0.4MPa。

9.1.11 钢纤维喷射混凝土施工应采取有效措施，防止钢纤维扎

伤操作人员。

9.1.12 非操作人员不应进入施工作业区。喷头、注浆管的前方不应站人。

9.1.13 操作人员的皮肤应避免同外加剂及树脂材料直接接触。严禁在作业区点燃明火。

9.1.14 锚杆注浆时，注浆罐内应保持一定数量的砂浆。处理管路堵塞时应先消除罐内压力。

9.1.15 检验锚杆锚固力或对锚杆施加预应力时，拉力计及孔口装置安装应牢固。锚杆张拉时，前方或下方不准布置设备或停留操作人员。当锚杆内部应力达到设计应力的110%，应立即卸荷。

9.1.16 水胀式锚杆安装时应遵守下列安全规定：

1 高压泵要设置防护罩。锚杆安装完毕后应将高压胶管一并放入防护罩内，并移至安全、无淋水地段。

2 在高压进水阀未关闭，回水阀未打开之前，不准撤离安装棒。

3 安装锚杆时，操作人员手持安装棒应与锚杆孔轴线偏离一定角度。

9.1.17 竖井或斜井中的锚喷支护作业应遵守下列安全规定：

1 井口应设置防止杂物落入井中的措施。

2 采用溜筒运送喷射混凝土混合料时，井口溜筒喇叭口周围应封闭严密。

3 输料钢管应采用法兰联接，输料管悬吊应牢固。

4 操作平台应安全可靠，升降操作平台应符合SD 267—88的有关规定。

9.2 环境保护与防尘

9.2.1 锚喷支护作业现场施工机械、料物堆放、防尘设施的布置应符合安全施工要求。施工场地应平整，排水通畅，应做到文明施工。

9.2.2 锚喷支护作业区粉尘浓度不应大于 10mg m^3。至少每10d 测定一次粉尘浓度含量，并发布测量结果。粉尘浓度测定应遵守附录 C 的规定。

9.2.3 在锚喷支护作业区可采取下列防尘措施减少粉尘浓度：

1 采用“湿喷法”或“水泥裹砂法”进行喷射混凝土作业。

2 在喷头 3～4m 处增设一水环，采用双水环加入喷射用水。

3 在喷射机或混合料拌和处设置集尘器或除尘器。

4 在粉尘浓度较高地段设置除尘水幕。

5 加强作业区通风。

6 采用增黏剂、抑尘剂等外加剂。

9.2.4 喷射机、喷射手和拌和机操作人员作业时，应佩带防尘口罩、防尘帽、压风呼吸器等防护用具。

9.2.5 加强施工用水的管理，排放的污水应达到国家标准，不符合标准的应采取净化措施。

10 质 量 检 查

10.1 锚杆施工质量检查

10.1.1 锚杆体的钢筋应有出厂合格证及试验报告单等资料，其特性指标应符合设计要求。

10.1.2 检查端头锚固型和摩擦型锚杆质量应做拉拔力试验。拉拔力检验应按附录D的规定进行。全长黏结型锚杆还应做注浆密实度检查，注浆密实度检查应按附录E的规定进行。试验数量按每300根（包括总数少于300根）锚杆抽样一组，每组不应少于3根，检查锚杆的位置应包括边墙和顶拱锚杆。地质条件变化或原材料变更时，应至少抽样一组，重大工程的抽样数量应适当增加。

10.1.3 锚杆施工质量合格条件应为：

1 同组锚杆的拉拔力平均值应符合设计要求。

2 任意一根锚杆的拉拔力不应低于设计值的90%。

3 注浆密实度不应低于70%。

4 锚杆的拉拔力不符合要求时，检测应再增加一组，如仍不符合要求，可用加密锚杆的方式予以补救。

10.1.4 张拉锚杆的质量检查应遵守下列规定：

1 有完整的锚杆性能试验和验收检验资料。

2 锚杆性能试验结果应符合本规范4.3的有关规定。

3 锚杆的验收检验结果应符合本规范10.1.3条的规定。

4 长期监测的张拉锚杆，稳定后的预应力值应符合本规范5.3.5条的规定。

10.2 喷射混凝土施工质量检查

10.2.1 喷射混凝土所用原材料及混合料的检查应遵守下列规定：

1 水泥和外加剂均应有厂方的合格证。水泥品质应符合设计要求；检查数量，每200t水泥取样一组。

2 每批材料到达工地后应进行质量检查，合格方可使用。

3 混合料的配合比及拌和质量，每班作业至少检查两次，条件变化时应及时检查。

10.2.2 喷射混凝土应做抗压强度检查。抗压强度的检查应按下列规定进行：

1 喷射混凝土抗压强度检查应采用在喷射混凝土作业时喷大板的取样方法进行，当有特殊要求时，还应用现场取芯的方法进行检查。取样数量为每种材料或每一配合比每喷射1000㎡（含不足1000㎡的单项工程）各取样一组，每组试样为3块，有其它要求时应增加取样数量。喷大板和现场取芯检查的取样位置应包括两侧边墙和顶拱，在其工程中应有代表性。

2 一般情况下，对喷射混凝土只检测28d龄期的抗压强度。取样及检验方法应遵守附录F的规定。

10.2.3 喷射混凝土抗压强度的质量标准应符合下列规定：

1 同批喷射混凝土的抗压强度应以同批标准试块的抗压强度值来评定。

2 每组试块的抗压强度代表值为3个试块试验结果的平均值；当3个试块强度中的最大值或最小值之一与中间值之差超过中间值的15%时，可用中间值代表该组的强度值；当最大值和最小值与中间值之差均超过中间值15%时，该组试块不应做为强度评定的依据。

3 重要工程喷射混凝土质量按公式（10.2.3－1）和公式(10.2.3—2）判定是否合格。

$$f_{ck} - K_1 S_n \geqslant 0.9 f_c \qquad (10.2.3-1)$$

$$f_{ckmin} \geqslant K_2 f_c \qquad (10.2.3-2)$$

4 一般工程或临时性工程喷射混凝土质量按公式（10.2.3—3）和公式（10.2.3—4）判定是否合格。

$$f'_{ck} \geqslant 0.9 f_c \qquad (10.2.3-3)$$

$$f'_{ckmin} \geqslant 0.85 f_c \qquad (10.2.4-4)$$

以上各式中 f'_{ck}——同批 n 组试块喷射混凝土抗压强度的平均值，MPa；

f_c——设计的喷射混凝土立方体抗压强度，MPa；

f'_{ckmin}——同批 n 组喷射混凝土抗压强度的最小值，MPa；

K_1、K_2——合格判定系数，按表 10.2.3 选取；

n——每批喷射混凝土试块的抽样数量；

S_n——同批 n 组喷射混凝土试块抗压强度的标准差，MPa。

表 10.2.3 喷射混凝土合格判定系数 K_1、K_2 值

n	10～14	15～24	≥25
K_1	1.70	1.65	1.60
K_2	0.9	0.85	0.85

当同批试件组数 $n<10$ 时，可按公式（10.2.3—5）或按公式（10.2.3—6）判定是否合格。

$$f'_{ck} \geqslant 1.15 f_c \qquad (10.2.3-5)$$

$$f'_{ckmin} \geqslant 0.95 f_c \qquad (10.2.3-6)$$

注 同批试块为喷射混凝土的原材料和配比基本一致情况下的试块。

5 当检验喷射混凝土强度不符合要求时，应查明原因，采取补强措施。

10.2.4 有防渗要求的喷射混凝土支护，应按附录 G 的规定进行抗渗指标的测定。取样的数量、方法及部位应符合本规范 10.2.2 条的规定。

10.2.5 采用喷射混凝土对建筑物补强加固或设计有特殊要求时，应按附录 A 的规定进行喷射混凝土与原结构面黏结力的测定，取样数量不应少于 3 组，每组不少于 3 块试件。

10.2.6 喷射混凝土结构在0℃以下条件工作时，应对喷射混凝土进行抗冻性能的检验。抗冻检验的试件制备、取样方法和部位可按本规范10.2.2条的规定进行，抗冻指标的测定可按SD 105—82的规定执行。

10.2.7 喷层厚度的检查应遵守下列规定：

1 不过水洞室可采用针探、钻孔或其它方法检查。有压隧洞宜采用无损检测法检查。

2 喷层厚度检查断面的数量可按表10.2.7确定。但每一个独立工程检查数量不应少于一个断面。每个断面以拱冠为基准，向两侧每隔2～5m布置一个测点，每个断面的测点不应少于5个，其中拱部测点不应少于3个。

表10.2.7 喷层厚度检查断面间距

工 程 类 型	检查断面间距（m）
一般隧洞（Ⅰ、Ⅱ类围岩）	50～100
一般隧洞（Ⅲ、Ⅳ类围岩）、水工隧洞、竖井	20～50
Ⅴ类围岩、大型洞室	20～30

3 实测喷混凝土厚度的合格率应为：

1） 大型洞室、水工隧洞和竖井不应低于80%。

2） 一般隧洞不应低于60%。

3） 实测厚度的平均值应不小于设计尺寸。未合格测点的厚度不应小于设计厚度的1/2，但其绝对值不应小于50mm。

4） 对重要工程的拱、墙喷层厚度的检查结果，应分别进行统计。

10.2.8 喷射混凝土的均匀性检查应符合下列规定：

1 喷射混凝土的均匀性可根据本规范10.2.2条规定测得的28d抗压强度，用计算的抗压强度标准差和变异系数来评定，并按表10.2.8的规定表示其质量等级。母体标准差和变异系数可

按公式（10.2.8—1）和公式（10.2.8—2）计算。

表 10.2.8　喷射混凝土的均匀性

施工控制水平	优	良	及　格	差
母体标准差 S_n（MPa）	＜4.5	4.5～5.5	5.5～6.5	＞6.5
母体变异系数 V（%）	＜15	15～20	20～25	＞25

母体标准差，

$$S_n=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}f_{cki}^2-nf_{ck}^2}{n-1}} \qquad (10.2.8-1)$$

母体变异系数，

$$V=\frac{S_n}{f_{ck}}\times 100 \qquad (10.2.8-2)$$

式中　S_n——同批 n 组喷射混凝土试块 28d 强度的标准差，MPa；

n——试块组数；

f_{ck}——第 i 组试块抗压强度的平均值，MPa；

f_{cki}——n 组试块抗压强度的平均值，MPa；

V——变异系数，%。

2　在喷大板的纵横剖面上骨料分布均匀，不应出现夹层、砂包、明显层面、蜂窝、洞穴等缺陷。

10.2.9　喷射混凝土的整体性检查应符合下列规定：

1　在结构接缝、墙角、洞形或洞轴急变等部位，喷层应有良好的搭接。

2　无漏喷、脱空现象。

3　无继续扩展危及使用安全的贯穿性裂缝。

4　出现过的漏水点已作了妥善处理。

附录 A　喷射混凝土与围岩结合面的黏结强度检测方法

A.0.1　喷射混凝土与围岩的黏结强度检测应在现场进行。当现场不具备检测条件时，亦可在现场选取有代表性岩块在室内测定。

A.0.2　喷射混凝土与围岩的黏结强度检测，可采用以下方法：

1　预留试件拉拔法按以下要求执行。

1）试验在施作后的喷射混凝土中进行，试件为圆柱体，直径200～500mm，高度为 100mm，试件中心埋入高强材料的拉杆，其承载能力应大于喷射混凝土与围岩的黏结力。

2）喷射混凝土施作后，立即用铲刀沿试件轮廓修成宽 50mm 的槽，仅保留试件底面与围岩结合。

3）用拉拔器对拉杆施加拉力，使试件沿喷射混凝土与围岩结合面破坏，根据拉力及破坏面积计算喷射混凝土与围岩黏结力。

2　钻芯拉拔法按以下要求执行。

1）采用小型钻机，用金刚石钻头，垂直喷射混凝土层面钻进至岩石 20mm，形成带有喷射混凝土的圆柱形岩芯。

2）用卡套插入试件并卡紧岩芯，安装拉拔器后缓慢施加拉力，使岩芯沿围岩结合面破坏。

3）按公式（A.0.2）计算黏结强度。

$$R_c = \frac{P_c}{A_c}\cos\alpha \qquad \text{(A.0.2)}$$

式中　R_c——喷射混凝土与围岩的黏结强度，MPa；

P_c——岩芯拉断荷载，N；

A_c——岩芯拉断截面积，mm^2；

α——岩芯断裂面同横截面交，°。

A.0.3 喷射混凝土与岩块的黏结力可按下列方法测定：

1 在 450mm×350mm×120mm（长×宽×高）的敞口试模中，放入约 400mm×300mm×50mm（长×宽×高）在现场选取的岩块。

2 在现场喷射混凝土作业时，对装入岩块的大模喷射混凝土，并与施工现场一致的条件下养生至 28d。

3 将喷大模的试件加工成 100mm×100mm×100mm 的方形试件，沿喷射混凝土与岩石结合面，采用劈裂法求取喷射混凝土与岩石结合面的黏结强度。

附录 B　锚喷支护监控量测方法

B.0.1　监控量测是锚喷支护设计和施工的重要环节，应按本规范 4.2 和 8.1、8.2、8.3 的有关规定进行设计和施工。

B.0.2　监控量测应按下列程序和规定进行：

1　仪器埋设后应立即测定稳定的初始值。

2　一般情况下应在每一施工循环的放炮前、放炮后进行观测。对流变特性明显的地质地段，观测间隔时间不宜大于 8h。当变形明显减少时可适当延长监测的间隔时间。

3　某一地段的监测自始至终应由专人负责，中途不宜换人，需要换人时，应至少有两次的交接性监测。

4　某一地段的监测中途不宜更换仪器，需要更换仪器时，同一测次应同时采用原来的仪器和更换的仪器测定同一时间变形后，方可使用更换后的仪器进行量测。

5　观测结果出现异常情况，应查明原因并重复观测 1～2 次。

6　按表 B.0.2—1 或 B.0.2—2 的格式和项目作好监测记录，不得漏项。

B.0.3　监测资料整理分析后应提交下列资料：

1　计算各测点收敛值、位移值和变形速率（日变形量）。

2　绘制位移—时间变化过程线。

3　分析实测位移曲线的时、空关系。

4　编制监测日报表。日报表中应包括本日监测结果、对监测结果的基本分析、洞室稳定状态、对支护效果的初评价及施工措施的必要修正等。

5　每周提出一份监测简报。

6　每一个施工阶段完成后提交一份专项报告。

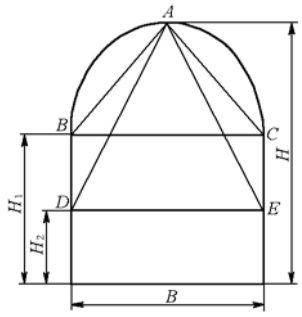
B.0.4　监测资料处理应遵守下列原则：

表 B.0.2—1　收敛量测记录表

工程名称：　　仪器编号：　　仪器埋设日期：　　年　月　日

项目名称：　　桩　　号：　　埋设时仪器距开挖面距离：　　m

工程部位：　　测点位置：　　起始监测日期：　　年　月　日

监测日期 年　月　日	各测线实测相对位移值（mm）												开挖进尺（m）
	A—*B*		*A*—*C*		*B*—*C*		*A*—*D*		*A*—*E*		*D*—*E*		
	测值	位移	测值	位移	测值	位移	测值	位移	测值	位移	测值	位移	
仪器埋设 位置简图							简要地质素描、本循环进尺及施工情况						

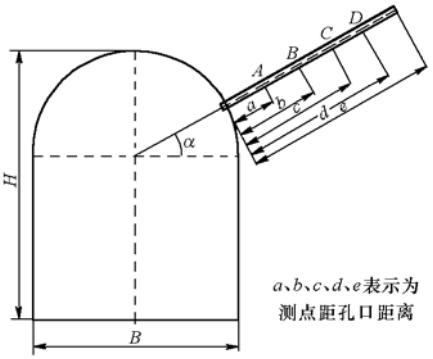
观测：　　记录：　　计算：　　校核：

表 B.0.2—2　多点位移计算测记录表

工程名称：　　仪器编号：　　仪器埋设日期：　　年　月　日

项目名称：　　桩　　号：　　埋设时仪器距开挖面距离：　　m

工程部位：　　测点位置：　　起始监测日期：　　年　月　日

监测日期 年　月　日	各测线实测相对位移值（mm）										开挖进尺（m）
	A		*B*		*C*		*D*		*E*		
	测值	位移	测值	位移	测值	位移	测值	位移	测值	位移	
仪器埋设位置简图											简要地质素描、本循环进尺及施工情况

观测：　　记录：　　计算：　　校核：

1 一般情况下，测试后 24h 之内应向项目技术负责人、监理工程师提交日监测报表。当本测次实测变形比上测次实测变形明显增长，并接近控制的允许变形值时，除应缩短监测的间隔时间外，还应立即通知施工技术负责人，密切注意变形发展趋势，并在 2h 以内以简要报告形式向有关人员报告监测结果，研究处理意见。

2 监测简报应发送给施工项目经理、技术负责人、监理工程师、设计代表和业主代表，并作为竣工验收的文件。

3 每个施工阶段的专项报告，是施工阶段验收的主要文件，除应按上款分送有关部门外，还应归档永久保存。

附录 C　喷射混凝土作业区粉尘浓度检测方法

C.0.1　喷射混凝土作业区粉尘浓度检测应由取得环境评价资质单位进行。

C.0.2　粉尘浓度测定的取样部位和数量，应符合表 C.0.2 的规定。

表 C.0.2　喷射混凝土粉尘浓度测点布置和取样数量

测尘地点	位　　置	取样数（个）
喷头附近	距喷头 5m、底板 1.5m，下风向设点	3
喷射机附近	距喷射机 1m、底板 1.5m，下风向设点	3
洞内拌料处	距拌料处 2m、底板 1.5m，下风向设点	3
喷射作业区	作业面中部，距底板 1.5m，作业区下风向设点	3

C.0.3　取样应在喷射作业形成稳定生产能力后进行。一个样品的取样时间不得小于 3min。

C.0.4　测尘方法宜采用滤膜称量法。

C.0.5　当 80％以上测点实测的粉尘浓度，达到本规范 9.2.2 条的规定标准，其它测点粉尘浓度不超过 20mg m^3 时，应视为合格。

附录 D　锚杆拉拔力检测方法

D.0.1　拉拔力的检测，可按下列程序进行：

1　在拉拔力检测锚杆的外露端接一加长杆，加长杆的接口（螺栓或焊口）和加长杆的强度应大于杆体的抗拉强度，其长度应满足检测要求。

2　平整锚杆外露端的孔口岩面，安装传力板，保证检测锚杆承受轴向拉力。

3　安装拉拔器和其它设备，拉拔器的轴线应与杆体轴线同心。

D.0.2　锚杆拉拔力检测时应遵守下列规定：

1　均匀、缓慢、逐级施加拉拔力，加荷速率不宜大于1kN s。

2　每级加荷后应立即测定锚杆位移量。

3　检测设备应定期标定，并符合计量要求。

4　检测设备应安装牢固、符合安全规定。

5　检测过程中应记录检测锚杆位置、拉力值、位移值和检测过程中的异常现象。

D.0.3　根据拉力计指示值和拉力计的特性参数计算拉拔力，并按本规范 10.1.3 的规定判定锚杆质量。

D.0.4　内锚固段的胶结材料与孔壁的黏结强度检测可在现场选择有代表性的地质地段，按本规范 4.3.3 条的规定执行。

附录 E　砂浆锚杆注浆质量检测方法

E.0.1　对砂浆锚杆质量的检测项目主要是锚杆孔注浆的饱满程度。

E.0.2　砂浆锚杆施工过程中，应按表 E.0.2 的规定详细记录砂浆锚杆的注浆过程，并按表 E.0.2 计算每根锚杆胶结材料的实际用量。

表 E.0.2　锚杆注浆施工记录表

工程名称：　　工程部位：

工程编号：　　桩　　号：

施工日期：　　年　月　日　　记录：　　计算：　　校核：

<table>
<tr><td colspan="10">钻 孔 及 锚 杆 参 数</td></tr>
<tr><td>锚杆数量（根）</td><td></td><td>锚杆直径（mm）</td><td></td><td>锚杆长度（m）</td><td></td><td>钻孔直径（mm）</td><td></td><td>钻孔深度（m）</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="10">注　浆　参　数</td></tr>
<tr><td>注浆方式</td><td colspan="3">配　比</td><td>水灰比</td><td colspan="5">材　料　用　量</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">水泥∶砂</td><td></td><td>水泥（kg）</td><td></td><td>砂（m^3）</td><td></td><td>砂浆量（m^3）</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">水泥卷直径（mm）</td><td></td><td colspan="2">水泥卷长度（mm）</td><td></td><td colspan="2">水泥卷数量（只）</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="5">材料损失量（m^3）</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="5">平均每根锚杆注浆量（m^3 根）</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="5">平均每根锚杆砂浆饱满度（%）</td><td colspan="5"></td></tr>
</table>

E.0.3 根据表 E.0.2 记录数据，按公式（E.0.3）计算砂浆饱满度，当 W 值大于 0.7 时锚杆质量为合格。

$$W=\frac{Q-Q_1}{0.25\pi L_a n(D^2-d^2)} \tag{E.0.3}$$

式中 Q——每批锚杆制备的砂浆量，m^3；

Q_1——每批锚杆注浆施工损失的砂浆量，m^3；

L_a——每根锚杆注浆长度，m；

n——每批注浆锚杆根数；

D——锚杆孔钻孔直径，m；

d——锚杆直径，m。

E.0.4 重要工程还应采用无损检验办法对锚杆注浆质量进行检验。采用无损检验时应注意以下环节：

1 采用的无损检验仪器性能应稳定，对注浆饱满度的分辨等级为 1.0、0.70、0.5 和 0.25。检验结果在 0.70 以上为合格。

2 施工前应对采用的砂浆锚杆无损检测仪进行现场率定或进行验证性试验。

3 砂浆锚杆的外露端应磨平。在施工时做好保护。

附录 F　喷射混凝土抗压强度的检测方法

F.0.1　喷射混凝土抗压强度的检测试件应在现场施工过程中通过喷大板切割法或现场钻取法取得。

F.0.2　喷大板切割法应按下列要求制件和检验其抗压强度指标：

1　在作业时，向 450mm×350mm×200mm（长×宽×高）的开敞式木模中喷射施工作业所用混凝土，应与施工现场相同条件下养生。

2　拆除木模并制成 100mm×100mm×100mm 标准试件 3 块。立方体试件的允许偏差，边长应不大于±1mm，直角应不大于 2°。

3　养生 28d 后，在压力机上应进行抗压强度试验，求取每块试件的抗压强度值。

F.0.3　现场钻取法，应按下列要求制件和检验其抗压强度指标：

1　采用配有金刚石钻头的小型钻机，在喷射混凝土结构物上钻取芯样。钻取位置应有代表性并符合本规范 10.2 的规定。钻取芯样数量为 3 块。

2　将钻取的芯样用金刚石切割机制成高度与直径相同的试件，圆柱体试件的允许偏差，高度应不大于±1mm，直角应不大于 2°。

3　将喷射已达 28d 的试件置于压力机上测定其抗压强度，当试件直径为 100mm，高度为 100mm 时，试验结果即为抗压强度指标，当试件直径和高度小于 100mm 时，则其结果应乘以 0.95 的折算系数后，才能作为抗压强度指标。试件的直径不应小于 76mm。

附录 G　喷射混凝土抗渗性检测方法

G.0.1　喷射混凝土抗渗强度检验的试样，应在施工现场制备。

G.0.2　喷射混凝土抗渗强度检测的试件制备应遵守下列规定：

1　在喷射混凝土作业时，向 450mm×350mm×200mm（长×宽×高）的开敞式木模中喷射施工作业所用混凝土，并在与施工现场相同条件下养生。

2　拆模后钻取直径为 150mm、高 150mm 的圆柱体标准试件 6 块。

3　清除两端面浆膜，沿圆柱周边涂环氧树脂，再涂溶化的配比为 4:1 的石腊火漆混合物，用螺旋加压器将试件压入预热的抗渗仪试件套筒内，冷却后解除压力。若试件与套筒仍有间隙，应用高强水泥砂浆捣实，凝固后在标准条件下养护 28d。

4　试验前排除管路中空气，以 0.1MPa 压力为起始压力，每 8h 压力增加 0.1MPa，在每级压力施加前观测端面渗水状况。当压力加至规定值时，6 个试件中表面渗水不超过 2 个，则其抗渗指标大于或等于规定值。

5　喷射混凝土抗渗指标检验，亦可按 SD 105—82 的有关规定执行。

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	