

ICS 27.140
P 59
备案号: J230—2003

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL/T 5181—2003

代替 **SDJ 57—1985**

**水电水利工程锚喷支护
施 工 规 范**

**Construction specifications for anchor and
shotcrete support of hydropower and
water conservancy engineering**

2003—01—09 发布

2003—06—01 实施

中华人民共和国国家经济贸易委员会 发布

目 次

前 言	
1 范围	6
2 规范性引用文件	7
3 术语和定义	8
4 总则	13
5 锚杆施工	14
5.1 一般规定	14
5.2 全长黏结型锚杆	15
5.3 张拉型锚杆	18
5.4 摩擦型锚杆	20
5.5 管式锚杆及自钻式注浆锚杆	21
6 预应力锚索施工	23
7 喷射混凝土施工	27
7.1 原材料	27
7.2 施工机具	28
7.3 混合料的配合比、拌制和运输	29
7.4 喷射前的准备工作	30
7.5 喷射作业	30
7.6 水泥裹砂喷射混凝土	32
7.7 钢纤维喷射混凝土	33
8 锚喷联合支护施工	35
8.1 钢筋网喷射混凝土	35
8.2 钢拱架、钢筋网喷射混凝土	35
8.3 不良地质条件下的锚喷联合支护	36
9 安全技术与防尘	38

DL/T 5181—2003

9.1 安全技术	38
9.2 防尘	39
10 质量检查	41
10.1 锚杆、锚索	41
10.2 喷射混凝土	41
附录 A (规范性附录) 锚喷支护监控量测方法	46
附录 B (资料性附录) 注浆密实性试验方法	50
附录 C (规范性附录) 喷射混凝土施工作业区粉尘浓度的 测定方法	51
附录 D (资料性附录) 锚杆抗拔力检查方法	52
附录 E (规范性附录) 喷射混凝土抗压强度检测方法	53
附录 F (规范性附录) 喷射混凝土抗渗指标检测方法	54
附录 G (规范性附录) 喷射混凝土抗拉强度检测方法	55
附录 H (规范性附录) 喷射混凝土抗冻性能检测方法	56
附录 I (规范性附录) 喷射混凝土与围岩黏结强度检测 方法	57

前 言

本标准是根据国家经贸委电力司《关于确认 1999 年度电力行业标准制、修订计划项目的通知》（电力 [2000] 22 号文）的要求进行修订的。

本标准是对 SDJ57-1985《水利水电地下工程锚喷支护施工技术规范》（以下简称原标准）的修订。

锚喷支护是水利水电工程临时支护乃至永久支护的重要型式。高质量、高效率地做好锚喷支护，对加快施工进度、提高施工质量和经济效益均有重要的意义。原标准自 1985 年颁布以来，已执行了十七年，对推动我国水利水电地下工程锚喷支护技术的发展，保证工程质量起到了很好的作用。随着科学技术的进步，锚喷支护的新技术、新工艺、新材料、新设备不断地被采用。为了更好地指导施工，有必要对原标准进行修订。

本标准自 2000 年 8 月开始编写，经过编写人员分工起草，交叉初审，集中讨论，于 2000 年 12 月完成初稿，2001 年 4 月提出征求意见稿。经征求有关单位及专家的意见，进行修改后，2002 年 7 月提出送审稿。按送审稿审查会的审查意见进行修改后，于 2002 年 12 月提出报批稿。

本标准与原标准比较有以下一些主要变化：

- 增加了地面工程的内容，使本标准不仅适用于地下工程，也适用于地面工程；
- 结合工程实际，对预应力锚索和各种锚杆进行了定义；
- 增加了施工期监测的有关条文及附录；
- 增加了摩擦型锚杆、管式锚杆及自钻式注浆锚杆等有关内容；
- 增加了水泥裹砂喷射混凝土的有关内容；

DL/T 5181—2003

——喷射混凝土抗压强度的验收标准，采用 GB 50086 的标准；

——在条文说明中写进了压力分散型预应力锚索及聚丙烯纤维喷射混凝土的有关参考资料。

本标准实施后代替 SDJ 57-1985。

本标准的附录 A、附录 C、附录 E、附录 F、附录 G、附录 H、附录 I 为规范性附录。

本标准的附录 B、附录 D 为资料性附录。

本标准由中国水利水电工程总公司提出并归口。

本标准由电力行业水电施工标准化技术委员会负责解释。

本标准主要起草单位：中国水利水电第一工程局。

本标准参加起草单位：中国水利水电第十四工程局、牡丹江水力发电总厂。

本标准主要起草人：常焕生、朱纯祥、周宇、葛浩然、范建章、张柏山、胡志刚。

1 范 围

本标准规定了水电水利工程锚喷支护施工的材料、机具、施工工艺、安全技术的基本要求以及质量检查与工程验收的标准。

本标准适用于大中型水电水利工程锚杆（索）、喷射混凝土支护以及由锚杆（索）、喷射混凝土组合而成的各种支护型式的施工。小型水电水利工程施工可参照执行。

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。

GB 175 硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥

GB 1344 矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥

GB 1499 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋

GB 5223 预应力混凝土用钢丝

GB 5224 预应力混凝土用钢绞线

GB 13013 钢筋混凝土用热轧光圆钢筋

GB 50086 锚杆喷射混凝土支护技术规范

DL/T 5099 水工建筑物地下开挖工程施工技术规范

DL/T 5100 水工混凝土外加剂技术规程

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 5150 水工混凝土试验规程

SL 46 水工预应力锚固施工规范

SL 47 水工建筑物岩石基础开挖工程施工技术规范

3 术语和定义

3.0.1

锚喷支护 **anchor and shotcrete support**

应用锚杆（索）与喷射混凝土形成复合体以加固岩体的措施。

3.0.2

围岩 **surrounding rock**

由于开挖，地下洞室周围初始应力状态发生了变化的岩体。

3.0.3

锚固 **anchoring (bolting)**

利用锚杆（索）来加固岩体的工程措施。

3.0.4

全长黏结型锚杆 **anchor bar bonded all length**

锚杆孔全长填充黏结材料的锚杆。

3.0.5

端头锚固型锚杆 **anchor bar anchored at head**

采用黏结材料或机械装置将锚杆里端锚固的锚杆。

3.0.6

摩擦型锚杆 **friction anchor bar**

靠锚杆体与孔壁之间的摩擦力起锚固作用的锚杆。

3.0.7

张拉型锚杆 **tension type anchor bar**

安装时施加张拉力的锚杆。

3.0.8

张拉锚杆 **tension anchor bar**

设计对张拉力无要求的张拉型锚杆。

3.0.9

预应力锚杆 **prestressed anchor bar**

设计对张拉力有要求的张拉型锚杆。

3.0.10

系统锚杆 **systematic anchor bar**

根据岩体整体稳定要求，在岩面上按一定规律布置的锚杆。

3.0.11

局部锚杆 **local anchor bar**

为防止岩体失稳，在局部岩面上布置的锚杆。

3.0.12

锚筋桩 **pile with anchors**

在一个锚孔内插入由数根钢筋组成的钢筋束对岩体进行锚固的支护形式。

3.0.13

树脂锚杆 **resin anchor bar**

以树脂为黏结材料的锚杆。

3.0.14

水泥卷锚杆 **cement-roll anchor bar**

以水泥卷为黏结材料的锚杆。

3.0.15

胀壳式锚杆 **expanding shell anchor bar**

机械内锚头在锚杆体向锚杆孔外位移时胀大并撑紧孔壁，从而产生锚固力的锚杆。

3.0.16

楔缝式锚杆 **slot-and-wedge anchor bar**

锚杆体里端开缝并夹一铁楔送入锚杆孔内，冲击锚杆体，铁楔将锚杆体里端撑开并撑紧孔壁，从而产生锚固力的锚杆。

3.0.17

倒楔式锚杆 **inverted wedges anchor bar**

锚杆体（钢管）里端带有一对铁楔送入锚杆孔内，冲击铁楔，

使其撑开锚杆体并撑紧孔壁，从而产生锚固力的锚杆。

3.0.18

缝管锚杆 **slot-tube anchor bar**

将沿纵向开缝的薄壁钢管强行推入比其外径小的钻孔中，借助钢管与孔壁之间的径向压力而产生的摩阻力起锚固作用的锚杆。

3.0.19

楔管锚杆 **wedges-and-slot-tube anchor bar**

以异型钢管加工而成，前半段为倒楔式锚杆，后半段为缝管锚杆。

3.0.20

水胀式锚杆 **water expansion anchor bar**

将薄壁钢管加工成的异型空腔杆体，送入比其略大的钻孔中，通过向杆体内注入高压水，使杆体膨胀与孔壁产生摩阻力而起到锚固作用的锚杆。

3.0.21

管式锚杆 **tube anchor bar**

用钢管作杆体的锚杆，可以通过其杆体对围岩进行固结灌浆。

3.0.22

管棚 **tube-roof**

采用管式锚杆的超前支护形式。

3.0.23

超前锚杆 **advanced anchor bar**

在地下洞室开挖掌子面处，向下一掘进段周边围岩施作的锚杆。

3.0.24

自钻式注浆锚杆 **self-drill grouted anchor bar**

具有造孔功能，将造孔、注浆和锚固结合为一体的锚杆。

3.0.25

预应力锚索 **prestressed tendon**

由锚头、高强钢丝或高强钢绞线和锚固件组成，通过对高强钢丝或高强钢绞线施加预应力，对被锚固体提供主动支护抗力的锚固结构。

3.0.26

有黏结预应力锚索 **bonded prestressed tendon**

张拉完成后，张拉段被充满锚索孔的黏结材料直接包裹而不能自由变形的预应力锚索。

3.0.27

无黏结预应力锚索 **non-bonded prestressed tendon**

张拉段经过特殊处理，张拉完成后张拉段不被黏结材料直接包裹而能自由变形的预应力锚索。

3.0.28

干喷法 **dry shotcrete**

混合料搅拌时不加水、只在喷头处加水的喷射混凝土施工方法。

3.0.29

湿喷法 **wet shotcrete**

混合料搅拌时加入全部用水（配制液态速凝剂的用水除外）的喷射混凝土施工方法。

3.0.30

钢纤维喷射混凝土 **fibrous steel reinforced shotcrete**

在混合料中掺入适量的钢纤维再喷射于岩面的喷射混凝土护面。

3.0.31

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

采用全部用水量、绝大部分水泥用量和大部分砂用量，通过专用搅拌机（水泥裹砂机）使砂表面造壳并制成水泥裹砂砂浆；同时将剩余的水泥和砂与全部石子及速凝剂搅拌成干混合料。通过砂浆泵输送的水泥裹砂砂浆与干喷机输送的干混合料在混合管

混合后，经过喷头喷射于岩面。

3.0.32

潮料掺浆法喷射混凝土 **cement paste wrapping wet aggregate shotcrete**

将潮湿的砂、石同掺有速凝剂的水泥浆混合后喷射于岩面的喷射混凝土施工工艺。

4 总 则

4.0.1 采用锚喷支护的工程，应按 DL/T 5099 及 SL 47 的有关规定做好开挖施工。

4.0.2 采用锚喷支护的工程，应做好地质调查，合理进行围岩分类，根据围岩自身稳定状况，选择合理的支护时间，及时进行支护。

4.0.3 锚喷支护所采用的原材料和支护参数应满足设计要求。对于临时性的锚喷支护，如果设计未对其原材料和支护参数提出要求，可根据地下工程的规模、地质条件和施工方法等方面的情况由工程建设有关各方协商确定。

4.0.4 在锚喷支护施工中，工程建设有关各方必须密切配合，根据围岩条件的变化情况，及时调整支护方案和施工措施，做到安全可靠、经济合理。

4.0.5 采用锚喷支护的工程，应做好监控设计和施工期的监测，对施工后的工程应进行稳定性监测，并将监测结果及时反馈给设计、施工等有关单位，以便及时对支护的设计参数和施工参数进行必要的修改。锚喷支护监控量测方法见附录 A。

4.0.6 锚喷支护施工的新技术、新工艺、新材料、新设备，应经过试验和工程建设有关各方的认可，在工程施工中积极采用。

5 锚杆施工

5.1 一般规定

5.1.1 锚杆的分类

1 按锚固型式划分，有全长黏结型锚杆、端头锚固型锚杆和摩擦型锚杆等。

2 按受力状态划分，有非张拉型锚杆和张拉型锚杆；其中，张拉型锚杆又分为张拉锚杆和预应力锚杆。

5.1.2 锚杆孔施工的有关规定：

1 根据设计要求和围岩情况确定孔位，做出标记，开孔位置允许偏差为 10cm。特殊部位（如岩壁吊车梁、岩壁连续牛腿等）的锚杆，其孔位偏差应按设计要求执行。

2 系统加固锚杆孔轴方向一般应垂直于开挖轮廓线；当设计有特殊要求时，按设计要求的方向钻孔。局部加固锚杆的孔轴方向一般与可能滑动方向相反并与可能滑动面的倾向成约 45°的交角。各种锚杆的角度偏差应符合设计要求。

3 钻孔前须选好钻头尺寸。若采用“先注浆后插杆”的程序，钻头直径应比锚杆直径大 15mm 以上。若采用“先插杆后注浆”的程序，孔口注浆时，钻头直径应比锚杆直径大 25mm 以上；孔底注浆时，钻头直径应比锚杆直径大 40mm 以上。

4 钻孔深度应符合下列规定：

1) 水泥砂浆锚杆孔深允许偏差为±50mm。

2) 胀壳式锚杆和倒楔式锚杆孔深应比锚杆杆体有效长度（不包括杆体尾端丝扣部分）大 50mm~100mm。

3) 楔缝式锚杆、树脂锚杆和水泥卷锚杆的孔深不应小于杆体有效长度，且不应大于杆体有效长度 30mm。

4) 摩擦型锚杆孔深应比杆体长度至少大 50mm。

5 孔内的岩粉和积水必须清除干净。

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

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

5.2 全长黏结型锚杆

5.2.1 全长黏结型锚杆包括水泥砂浆锚杆、水泥卷锚杆和普通树脂锚杆等。

5.2.2 水泥砂浆锚杆的原材料及砂浆配合比的有关规定：

1 锚杆杆体材料宜采用热轧Ⅱ级、Ⅲ级钢筋，亦可采用热轧Ⅰ级钢筋，其质量应符合 GB1499 及 GB13013 的规定。锚杆杆体使用前应调直、除锈、除油污。

2 应优先选用强度等级不低于 32.5 的新鲜硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，水泥的性能指标应符合 GB 175 的规定。也可采用强度等级不低于 42.5 的新鲜矿渣水泥，水泥的性能指标应符合 GB1344 的规定。必要时，经过试验论证也可使用特种水泥，水泥的性能指标应符合现行的水泥国家标准。

3 拌制砂浆用水的质量必须满足 DL/T 5144 有关条款的规定。

4 根据需要可在砂浆中掺入减水、早强、速凝等外加剂，但掺入的外加剂不得含有对锚杆产生腐蚀作用的化学成分。掺入的外加剂如果降低砂浆的后期强度，必须经过试验论证，保证砂浆的后期强度满足设计要求。

5 砂浆配合比（重量比）为：

1) 水泥:砂=1: (1~2)。

2) 水泥:水=1: (0.38~0.45)。

6 砂浆强度等级必须满足设计要求。

5.2.3 水泥砂浆锚杆安装的有关规定:

1 检查注浆器工作性能。注浆前应用水或稀水泥浆润滑管路。

2 拌匀砂浆并防止石块或其他杂物混入,随拌随用,初凝前必须使用完毕。

3 锚杆安装宜采用“先注浆后插杆”的程序进行,注浆管必须先插到孔底,然后退出 50mm~100mm,开始注浆,注浆管随砂浆的注入缓慢匀速拔出,锚杆安装后孔内必须填满砂浆。

4 若采用“先插杆后注浆”的程序,在插杆的同时,须安装注浆管;俯角小于 30°的锚杆还需安装排气管,并在注浆前对锚杆孔孔口进行封堵。深入孔底的注浆管或排气管的里端应距孔底 50mm~100mm;位于孔口的注浆管插入锚杆孔内的长度不宜小于 200mm。注浆管的内径可为 16mm~18mm,排气管的内径可为 6mm~8mm。注浆须待排气管出浆或不再排气时方可停止。

5 必要时,通过“注浆密实性试验”确定注浆工艺,试验方法参见附录 B。

5.2.4 水泥卷锚杆的水泥卷采购、贮存和使用的有关规定:

1 水泥卷应该是经过检验的合格产品。水泥卷应采用塑料袋作外包装,存放在干燥的仓库内,严防受潮。

2 水泥卷应在规定的贮存期内使用。使用前,应通过试验,验证水泥卷的性能。受潮结块的水泥卷不得使用。

3 水泥卷锚杆若被用作永久性支护锚杆,水泥卷的强度必须满足设计要求。

5.2.5 水泥卷锚杆施工的有关规定:

1 水泥卷适用于孔深 5m 以内的锚杆施工。

2 水泥卷的直径应与锚杆孔孔径及锚杆直径相匹配,装入锚杆孔内的水泥卷数量应保证插入锚杆后孔内没有空隙。

3 水泥卷浸水前，应先在其两端扎透气孔，然后全部浸入水中，待不冒气泡时，取出水泥卷，立即送入孔内，随即插入锚杆。当水泥卷需要在孔内搅拌时，应按要求进行搅拌。

5.2.6 树脂锚杆的树脂卷采购、贮存和使用的有关规定：

1 树脂卷应该是有资质的厂家生产的合格产品。

2 树脂卷宜存放在阴凉、干燥和温度在 $+5^{\circ}\text{C}\sim+25^{\circ}\text{C}$ 的防火仓库中。

3 树脂卷应在规定的贮存期内使用。使用前，应检查树脂卷质量，变质的树脂卷不得使用。

5.2.7 树脂锚杆施工的有关规定：

1 安装机具可采用煤电站、风动搅拌器或由凿岩机改装，连接器必须与锚杆杆体同心。

2 锚杆安装前，施工人员应先用锚杆杆体量测孔深，做出标记，然后用杆体将树脂卷送至孔底。

3 搅拌树脂时，应缓慢推进锚杆杆体，连续搅拌树脂的时间宜为30s。

4 树脂搅拌完毕后，应立即在孔口处将锚杆杆体临时固定。

5.2.8 锚筋桩施工的有关规定：

1 宜采用“先插杆后注浆”的施工工艺。

2 应在钢筋束的外接圆的直径作为锚杆直径来选择钻孔直径。

3 钢筋束应焊接牢固，并焊接对中环，对中环的外径可比孔径小10mm左右，一个钢筋束在孔内至少应有两个对中环。

4 注浆管和排气管应牢固地固定在钢筋束内并保持畅通，随钢筋束一起插入孔内。

5 执行5.2.3-4的规定。

5.2.9 锚杆安装后，应立即在孔口采取临时性固定措施。在黏结材料凝固之前不得敲击、碰撞或拉拔锚杆。

5.3 张拉型锚杆

5.3.1 张拉型锚杆包括张拉锚杆和预应力锚杆。张拉锚杆一般应用于临时性支护；预应力锚杆一般应用于永久性支护。

5.3.2 张拉型锚杆一般采用端头锚固型式。锚固宜采用黏结式，特殊情况下也可采用机械式。黏结式一般采用速凝树脂卷、快硬水泥卷等；机械式一般采用胀壳式、楔缝式、倒楔式等。

5.3.3 张拉型锚杆的杆体可采用热轧钢筋，其质量应符合 GB13013 及 GB1499 的规定；也可采用冷拉螺纹钢或高强精轧螺纹钢，其质量应符合有关规定。

5.3.4 在锚杆存放、运输和安装过程中，应保持杆体和各部件的完好，不得损伤杆体上的丝扣。

5.3.5 安装前应检查孔深，以锚杆就位后其外露段的丝扣长度可以安装托板、螺帽等部件为适度。

5.3.6 张拉型锚杆孔口应该用早强砂浆做平整处理，其强度应能承受锚杆张拉的最大荷载。

5.3.7 锚杆张拉的有关规定：

1 锚杆张拉应进行原位试验，通过试验确定合理的张拉工艺，验证张拉指标，避免强行张拉。

2 可采用穿心式千斤顶、拉伸机、扭力扳手等机具进行张拉。张拉过程中应保持锚杆轴向受力，必要时应在托板和螺帽之间设置球面垫圈。

3 张拉力的大小须满足设计要求。张拉锚杆拧紧螺帽的扭矩不应小于 $100\text{N}\cdot\text{m}$ 。

4 托板安装后，应定期检查其紧固情况，如有松动。及时处理。

5 对于间距较小的锚杆群，应注意相邻锚杆张拉时的相互影响。

6 所有张拉机具应定期进行校验。

5.3.8 永久性支护或作为永久性支护组成部分的锚杆，应做好防腐防锈处理，整个锚孔应灌注黏结材料。

5.3.9 张拉型水泥卷锚杆施工的有关规定：

- 1 水泥卷的采购、贮存和使用应遵守 5.2.4 的规定。
- 2 锚固段的施工应遵守 5.2.5 的规定。
- 3 必须选用早强型水泥卷。锚杆张拉必须在水泥卷达到设计的锚固力之后进行，其时间应通过试验确定。

5.3.10 张拉型树脂锚杆施工的有关规定：

- 1 树脂卷的采购、贮存和使用应遵守 5.2.6 的规定。
- 2 树脂锚杆施工应遵守 5.2.7 的规定。
- 3 锚杆张拉应在搅拌完毕 15min 后进行，当现场温度低于+5℃时，张拉之前的待凝时间应适当延长。当缓凝树脂卷与速凝树脂卷同时装入孔内时，锚杆张拉必须在缓凝树脂卷固化之前进行。

5.3.11 胀壳式锚杆施工的有关规定：

- 1 锚杆安装前，托板、胀壳、楔子与杆体应组装好，胀壳与楔子应临时加以固定，防止安装时脱落。
- 2 锚杆安装后，楔子应能在胀壳内顺利滑动。
- 3 当锚杆送至孔内要求深度后，应立即拧紧杆体。

5.3.12 楔缝式锚杆施工的有关规定：

- 1 入孔前，将楔子与杆体组装好。
- 2 锚杆就位后，对杆体的外露端施加冲击力，使内锚头张开并与孔壁紧密接触。
- 3 安装托板，拧紧螺帽。

5.3.13 倒楔式锚杆施工的有关规定：

- 1 入孔前，应将外楔片、楔块和冲击杆等部件组装好，并做初步绑扎定位。
- 2 锚杆就位后，对冲击杆施加冲击力将楔片楔紧，然后抽出冲击杆。
- 3 安装托板，拧紧螺帽。

5.4 摩擦型锚杆

5.4.1 摩擦型锚杆一般应用于临时支护。

5.4.2 锚杆的钻孔，除应遵守 5.1.2 条的有关规定外，还应在钻孔施工前检查钻头规格，确保孔径符合设计要求。

5.4.3 缝管锚杆及楔管锚杆的钻孔直径应小于锚杆的外径，其差值可按表 5.4.3 选取。

表 5.4.3 缝管锚杆及楔管锚杆与钻孔的径差

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

5.4.4 缝管锚杆的管体材料宜采用 16MnSi 钢或 20MnSi 钢，壁厚为 2.0mm~2.5mm。锚杆外径为 38mm~45mm，缝宽为 13mm~18mm。

5.4.5 楔管锚杆的圆管段管体材料可采用 Q235 钢，壁厚为 2.75mm~3.25mm，内径不宜小于 27mm。缝管段的外径为 40mm~45mm，缝宽不宜大于 20mm。

5.4.6 缝管锚杆施工的有关规定：

1 向钻孔内推入锚杆杆体，可使用风动凿岩机和专用连接器。

2 凿岩机的工作风压不应小于 0.4MPa。

3 在锚杆杆体被推进过程中，应使凿岩机、锚杆杆体和钻孔中心线在同一轴线上。

4 锚杆杆体应全部推入钻孔。当托板抵紧岩壁面时，应立即停止推压。

5.4.7 楔管锚杆施工除应遵守 5.4.6 条的规定外，还应符合下列

要求：

1 安装顶锚下楔块时，伸入圆管段内之钢钎直径不应大于26mm。

2 下楔块应推至要求部位，并与上楔块完全楔紧。

5.4.8 水胀式锚杆施工的有关规定：

1 锚杆应采用厂家生产的合格产品。钻孔直径应与锚杆相配套。

2 安装锚杆前，应检查注水设备，使其处于正常工作状态。

3 装好注水管，用安装棒将锚杆送入钻孔中，应使托板紧贴岩面。

4 向杆体注水时，水压应大于30MPa，应保持注水压力稳定，达到调压阀泄压为止。

5.5 管式锚杆及自钻式注浆锚杆

5.5.1 在Ⅳ类、Ⅴ类围岩中开挖洞室或进行边坡加固，可采用管式锚杆、自钻式注浆锚杆进行支护。

5.5.2 管式锚杆施工的有关规定：

1 用作管式锚杆杆体的钢管规格、尺寸和材质均应符合设计要求。

2 杆体的前端应加工成不大于45°的尖角。杆体的外露端可加工100mm~150mm的管螺纹。直径较小、长度较短的管式锚杆一般采用冲击式风动工具将杆体打入围岩；直径较大、长度较长的管式锚杆一般需要先钻孔，当成孔困难时可采用套管跟进法进行钻孔。

3 当需要通过管式锚杆对围岩进行固结灌浆时，注浆宜在围岩被喷混凝土覆盖之后进行。用来注浆的管式锚杆，应在杆体前端1/3~1/4杆长范围内的管壁上开孔。孔径可为6mm~8mm，孔距沿管轴向可为100mm~150mm、沿环向可为90°。开孔宜布置成梅花形。托板上应设直径约12mm的排气孔。孔口处锚杆与孔壁

之间的缝隙应进行封堵。注浆浆液宜采用添加早强剂、减水剂、膨胀剂的水泥浆。注浆压力应通过试验确定，一般不超过 1MPa。注浆时，待排气管出浆后，封堵排气管，并继续灌注至预定压力，停止灌注，封堵钢管口。

4 管式锚杆用于管棚支护时，锚杆的仰角宜为 $3^{\circ}\sim 5^{\circ}$ ；用作超前锚杆时，锚杆的仰角宜小于 30° 。锚杆的外露端应支承在随后安装的钢拱架上。

5.5.3 自钻式注浆锚杆施工的有关规定：

1 使用前，应检查钻头、钻杆是否通气，如有堵塞应处理通畅后方可使用。

2 注浆应遵守 5.5.2-3 的有关规定。

6 预应力锚索施工

6.0.1 预应力锚索的钻孔应符合下列规定：

1 开孔位置允许偏差为 100mm，孔深允许偏差为 ±200mm，孔轴方向和倾角允许偏差为 ±3°，孔底处的孔径允许偏差为 -10mm~0mm。对穿式锚索终孔位置与开孔位置的相对偏差允许值为 1 倍锚索孔直径。设计对以上各项允许偏差有要求时，按设计要求执行。

2 若钻孔已达到预定孔深，但未按预计穿透破碎带或断层带等软弱岩层时，应研究是否延长钻孔。

3 对于破碎或渗水量大的岩体，安装锚索之前应通过锚索孔对岩体进行固结灌浆处理。灌浆结束标准可参照固结灌浆标准执行。待浆液强度超过 5MPa 后，再进行扫孔。

6.0.2 在孔口部位须按设计要求施工支承墩，其承力面应平整且垂直于锚索的受力方向，并预设灌浆孔和排气孔。

6.0.3 锚索的材料应选用高强钢丝或钢绞线，其质量应符合 GB5223 及 GB5224 的规定。预应力锚索防护材料的质量应符合设计要求。

6.0.4 锚索加工的有关规定：

1 高强钢丝或钢绞线表面不得有损伤、锈蚀和污染。

2 锚索加工应在有覆盖的车间或工棚内进行。

3 内锚式锚索预应力钢材下料长度 ≥ 钻孔长度 + 外锚固段长度 + 张拉工作段长度；对穿式锚索预应力钢材下料长度 ≥ 钻孔长度 + 2 倍外锚固段长度 + 张拉工作段长度（若设计要求两端张拉时，为 2 倍张拉工作段长度）。

4 预应力钢材的切割须采用砂轮切割机，不得使用电焊或氧炔焰切割。

5 沿锚索的轴线方向在内锚固段每隔 1m~1.5m、在张拉段每隔 2m~3m 设置一个隔离架或内芯管，并按一定规律编排钢丝或钢绞线并绑扎成束，但不应采用镀锌铁丝作绑扎材料。

6 钢丝或钢绞线与内、外锚头嵌固端范围内，每根钢丝或钢绞线的长度应一致。

7 钢丝或钢绞线与内、外锚头的连接必须牢固，其抗拉力应大于锚索的超张拉荷载。

8 俯角小于 30°的黏结式锚索，在内锚固段与自由段之间应设止浆环。

9 安装注浆管和排气管。

6.0.5 锚索的安装与灌浆的有关规定：

1 锚索在安装过程中应防止弯折、扭转，并不得损坏隔离架、防腐套管、注浆管及其他附件。

2 锚索放入锚孔前、后均应检查注浆管、排气管是否畅通，止浆环是否完好。

3 内锚固段的黏结材料采用纯水泥浆时，浆液水灰比宜为 0.4~0.5；采用水泥砂浆时，灰砂比宜为 1:1，水灰比宜为 0.4~0.5。原材料质量应符合 DL/T 5148 的有关规定。可根据需要在黏结材料中掺入外加剂，但所掺外加剂不得含有腐蚀钢丝的化学成分。

4 有黏结预应力锚索应分两次进行灌浆。第一次灌浆必须保证内锚固段长度内灌满，但浆液不得流入自由段。锚索张拉锁定后，应对自由段进行第二次灌浆。

5 无黏结预应力锚索宜在锚固段长度和自由段长度内采取同步灌浆。

6 灌浆后，在浆体强度达到设计要求之前，锚索不得受扰动。

7 若采用机械式内锚头，宜采用活扣绑扎，安装过程中应采取防止外夹片脱落。

8 若内锚固段灌浆时发生止浆环破裂而漏浆，应拔出锚索，用清水将孔内浆液冲洗干净，更换止浆环，重新安装锚索，进行

内锚固段灌浆。

6.0.6 锚索的张拉与锁定的有关规定：

1 锚索张拉应进行原位试验，通过试验确定合理的张拉工艺，验证张拉指标，避免强行张拉。

2 锚索张拉前，应对张拉设备进行标定。

3 锚索张拉应按规定程序进行。在编排张拉程序时，应考虑相邻锚索张拉时的相互影响。

4 锚索正式张拉前，应采用单索千斤顶进行1~2次预张拉，使其各部位接触紧密，钢丝或钢绞线完全平直。预张拉的荷载可采用设计张拉荷载的20%~30%。

5 锚索正式张拉时，应按设计要求的增荷范围及稳压时间进行张拉和稳压后，进行锁定。当设计对张拉的增荷范围及稳压时间没有具体要求时，应张拉至设计张拉荷载的110%，稳压至少2min后进行锁定。

6 锚索锁定后48h内，若发现预应力损失大于设计荷载的10%时，应进行补偿张拉。

6.0.7 封孔灌浆的有关规定：

1 预应力锚索均应封孔灌浆。

2 封孔灌浆前，应检查注浆管、排气管是否畅通，若发现堵塞，应采取补救措施。

3 灌浆材料及配合比应符合6.0.5的有关规定，28d的强度保证率应不小于85%。

4 灌浆施工执行DL/T 5148的有关规定。

6.0.8 封锚的有关规定：

1 灌浆材料达到设计强度后，可采用砂轮切割机切除外露的钢丝或钢绞线，切口位置至外锚具的距离不应小于100mm。

2 对外锚头应按要求进行保护。对黏结式锚索（除观测锚索外），可采用水泥砂浆或环氧砂浆对外露的钢绞线、锚板、灌浆管及排气管等进行密封处理，覆盖厚度不宜小于50mm。对无黏结

锚索和观测锚索，可在外锚头加装钢帽，钢帽内注满专用除锈油脂。

6.0.9 预应力锚索施工中，应做施工记录，其中包括钻孔、锚索体加工、防腐处理、安装、张拉、灌浆过程中的数据；出现的问题和处理情况；锁定时的荷载值等有关资料。

6.0.10 预应力锚索在正式施工前应进行施工工艺试验。

6.0.11 按设计要求需要进行长期观测的预应力锚索，施工期内的观测工作应由施工单位负责；预应力锚索工程竣工后，应将观测资料移交运行单位，由运行单位继续观测。

6.0.12 本章未作具体规定的事项，应按 GB 50086 和 SL 46 的有关规定执行。

7 喷射混凝土施工

7.1 原材料

7.1.1 应优先选用新鲜的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，强度等级不宜低于 32.5。也可选用新鲜的矿渣硅酸盐水泥或火山灰质硅酸盐水泥，强度等级不应低于 42.5。必要时，经过试验论证也可使用特种水泥。水泥的性能指标应符合现行的水泥国家标准。

7.1.2 优先选用坚硬、耐久的天然砂和卵石，也可采用机制的砂石料。砂石料的质量必须符合 DL/T 5144 的有关规定。砂的细度模数宜为 2.5~3.0，含水率宜控制在 5%~7%。粗骨料最大粒径不宜大于 15mm。骨料级配应控制在表 7.1.2 所给定的范围内。当采用碱性速凝剂时，不得使用碱活性骨料。

表 7.1.2 喷射混凝土用骨料通过各种筛径的累计重量百分数

筛径 mm	0.15	0.30	0.60	1.20	2.50	5.00	10.00	15.00
累计重量百分数 %	4~8	5~22	13~31	18~41	26~54	40~70	62~90	100

7.1.3 回弹的骨料不宜重复使用。

7.1.4 施工中可使用具有速凝、早强、减水等性能的外加剂，其质量应符合 DL/T 5100 的有关规定。掺入外加剂后，喷射混凝土的性能必须满足设计要求。对于所使用的各种外加剂，应做与水泥的相容性试验及水泥净浆凝结试验。掺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。

7.1.5 当采用外掺料时，应做与水泥的相容性试验。

7.1.6 喷射混凝土用水的质量必须符合 DL/T 5144 的有关规定。

7.2 施工机具

7.2.1 应根据工程量、进度要求、工艺流程等条件选择喷射机。优先选用湿式喷射机。

7.2.2 干式喷射机的性能应满足下列要求：

- 1 密封性能良好，输料连续均匀。
- 2 生产能力、允许输送的骨料最大粒径应满足施工需要。
- 3 输送距离（混合料）：水平不小于 100m，垂于不小于 30m。

7.2.3 湿式喷射机的性能应满足下列要求：

- 1 密封性能良好，输料连续均匀。
- 2 混凝土生产率不小于 $5\text{m}^3/\text{h}$ ，允许骨料最大粒径为 15mm。
- 3 混凝土输送距离：水平不小于 30m，垂直不小于 20m。
- 4 机旁粉尘小于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

7.2.4 搅拌干混合料应优先选用强制式搅拌机。

7.2.5 选用的空压机应满足喷射机工作风压和耗风量的要求。压风进入喷射机前，必须进行油水分离。

7.2.6 输料管应能承受至少 0.8MPa 的工作压力，并应具有良好的耐磨性能。

7.2.7 供水设施应能保证喷头处的水压为 0.15MPa~0.20MPa，供水量应满足设计要求。

7.2.8 当采用皮带输送机向喷射机供料时，皮带输送机应具有上料方便、粉尘小、混合料不产生分离等性能。

7.2.9 采用的喷射作业机械手应满足下列要求：

- 1 工作性能好。
- 2 操作灵活、方便。
- 3 喷头可沿上下左右作平行于岩面的移动，可按某种尺寸的直径作圆周运动。
- 4 配有自行设备，或者便于移动。

7.3 混合料的配合比、拌制和运输

7.3.1 混合料配合比的有关规定：

- 1 各种喷射混凝土水泥、砂石和水的用量比例应符合表 7.3.1 的规定。
- 2 速凝剂或其他外加剂的掺量应通过试验确定。
- 3 外掺料的添加量应符合有关技术标准的要求，并通过试验确定。

表 7.3.1 各种喷射混凝土水泥、砂石和水的用量比例

喷射混凝土类型	水泥与砂石的质量比	水灰比	砂率 %
干喷法	1.0: (4.0~4.5)	0.40~0.45	45~55
湿喷法	1.0: (3.5~4.0)	0.42~0.50	50~60
水泥裹砂喷射混凝土	1.0: (4.0~4.5)	0.40~0.52	55~70
钢纤维喷射混凝土	1.0: (3.0~4.0)	0.40~0.45	50~60

7.3.2 各种原材料均按质量计量，称量的允许偏差应符合下列规定：

- 1 水泥、水（不含干喷法）和速凝剂均为±2%。
- 2 砂、石均为±3%。

7.3.3 混合料搅拌时间的有关规定：

- 1 采用容量小于 400L 的强制式搅拌机时，搅拌时间不得少于 60s。
- 2 采用自落式或滚筒式搅拌机时，搅拌时间不得少于 120s。
- 3 混合料掺有外加剂或外掺料时，搅拌时间应适当延长。

7.3.4 干喷法混合料的拌制和使用应符合下列规定：

- 1 当使用的砂石料含水率小于 6% 时，速凝剂可在搅拌时掺入。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率为 6%~10% 时，速凝剂应在喷射

机的上料皮带上或在输料管内掺入，速凝剂加入后必须立即喷射。

3 混合料宜随拌随用。不掺速凝剂的混合料，存放时间不应超过 2h。

7.3.5 湿喷法混合料的拌制和使用应符合下列规定：

1 全部用水量一次与水泥、砂石搅拌均匀，随拌随用。

2 混合料拌制后，应进行坍落度测定，其坍落度宜为 8cm~12cm。

3 速凝剂应在喷头或输料管的适当部位加入。若采用液态速凝剂，拌料时应扣除配制液态速凝剂的用水量。

4 喷射时，混合料不得出现离析和“脉冲”现象。

7.3.6 混合料在运输、存放过程中，应严防雨淋、滴水或石块等杂物混入。混合料装入喷射机前应过筛。

7.4 喷射前的准备工作

7.4.1 喷射作业现场，应做好下列准备工作：

1 拆除作业面障碍物，清除开挖面的浮石和墙脚的石渣、堆积物。

2 用高压风水将受喷面冲洗干净；对遇水易潮解、泥化的岩层，则应用高压风清扫岩面。若受喷面被污染，应按设计要求进行处理。

3 埋设控制喷射混凝土厚度的标志。

4 作业区应安设充足的照明设施，具有良好的通风条件。

7.4.2 若受喷面漏水或渗水严重，喷射作业前应做好治水工作。

7.4.3 喷射作业前，应对机械设备、风、水管路、输料管路和电气线路等进行全面检查，并进行试运转。

7.5 喷射作业

7.5.1 喷射机操作的有关规定：

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的稳定。
- 4 完成喷射作业或因故中断喷射作业时，将喷射机和输料管内的积料清除干净。

7.5.2 喷头操作的有关规定：

- 1 保持喷头处水压稳定并保持喷头处于良好的工作状态。
- 2 喷头宜与受喷面垂直，喷射距离控制在 0.6m~1.2m。
- 3 干法喷射作业过程中，应控制好水灰比，及时调整供水量，保持混凝土表面平整，呈湿润光泽，无干斑或滑落流淌现象。

7.5.3 喷射作业的有关规定：

- 1 喷射作业应分段、分片依次进行，喷射顺序应自下而上。各段间的结合部和结构的接缝处应做妥善处理，不得存在漏喷部位。
- 2 素喷混凝土一次喷射厚度应按表 7.5.3 选用。

表 7.5.3 素喷混凝土一次喷射厚度 mm

喷射方法	部位	掺速凝剂	不掺速凝剂
干法	边坡、边墙	70~100	50~70
	顶拱	30~60	30~40
湿法	边坡、边墙	80~150	
	顶拱	50~80	

3 分层喷射时，后一层喷射应在前一层喷射混凝土终凝后进行。若终凝 1h 后再进行喷射时，应先用风水清洗喷层表面。

4 喷射作业紧跟开挖工作面时，混凝土终凝到下一循环放炮的间隔时间不宜小于 4h。

7.5.4 喷射混凝土表面应平整，平均起伏差应满足设计要求。

7.5.5 喷射混凝土的回弹率，边墙不宜大于 15%，顶拱不宜大于 25%。

7.5.6 低温期施工的有关规定：

- 1 喷射作业区的气温不应低于+5℃。
- 2 混合料进入喷射机时的温度不应低于+5℃。
- 3 在与现场气温相同条件下进行水泥净浆凝结试验，决定速凝剂掺量。
- 4 做好保温工作。喷射混凝土强度在下列数值时，不得受冻：
 - 1) 普通硅酸盐水泥配制的喷射混凝土低于设计强度等级 30%。
 - 2) 矿渣硅酸盐水泥配制的喷射混凝土低于设计强度等级 40%。

7.5.7 喷射混凝土养护的有关规定：

- 1 终凝 2h 后，应开始喷水养护；养护时间，一般工程不得少于 7d，重要工程不得少于 14d。
- 2 气温低于+5℃时，不得喷水养护；必要时，需采取保温防冻措施。

7.6 水泥裹砂喷射混凝土

7.6.1 水泥裹砂喷射混凝土施工机具除应满足 7.2 的有关规定外，还应符合以下要求：

- 1 砂浆输送泵宜采用液压双缸式、螺旋式或挤压式，其输送能力应不小于 4m³/h。砂浆输出压力应不小于 0.3MPa。当采用单缸式砂浆输送泵时，应保证砂浆输送脉冲间隔时间不超过 0.4s。
- 2 砂浆拌制设备宜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。

7.6.2 水泥裹砂喷射混凝土的配合比，除应满足 7.3.1 的有关规定外，还应符合以下要求：

- 1 水泥用量宜为 350kg/m³~400kg/m³。
- 2 裹砂砂浆的砂用量宜为砂总用量的 50%~75%。
- 3 裹砂砂浆的水泥用量宜为水泥总用量的 90%。
- 4 裹砂砂浆造壳水灰比宜为 0.2~0.3。

7.6.3 裹砂砂浆拌制的有关规定：

1 裹砂砂浆的拌制程序：

- 1) 将砂和一次搅拌用水加入搅拌机内，搅拌 30s~60s。
 - 2) 加入水泥，再搅拌 60s~150s。
 - 3) 加入二次搅拌用水及外加剂，再搅拌 30s~90s。
- 2 使用外掺料时，外掺料应与水泥同时加入搅拌机。

7.6.4 水泥裹砂喷射混凝土混合料的搅拌时间应遵守 7.3.3 的规定。

7.6.5 水泥裹砂喷射混凝土作业除应遵守 7.5 的有关规定外，还应遵守下列规定：

- 1 喷射开始时，先用砂浆泵输送裹砂砂浆，同时送风，待裹砂砂浆在喷头喷出后，再由喷射机输送混合料。
- 2 调整砂浆泵压力，使喷出的混凝土稠度适宜。
- 3 喷射结束时，先停止向喷射机输送混合料，再停止砂浆泵输送裹砂砂浆，待喷头处没有物料喷出时，停止送风。
- 4 一次喷射厚度可比干喷法适当增加。

7.7 钢纤维喷射混凝土

7.7.1 钢纤维喷射混凝土的原材料除应符合 7.1 的有关规定外，还应符合下列规定：

- 1 钢纤维的长度偏差不应超过长度公称值的±5%。
- 2 钢纤维掺量应符合设计要求，其允许偏差值为±2%。
- 3 钢纤维不得有明显的锈蚀、油渍或其他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、铁屑及杂质的总重量不应超过钢纤维重量的 1%。
- 4 水泥强度等级不宜低于 42.5。
- 5 骨料粒径不宜大于 10mm。

7.7.2 钢纤维喷射混凝土施工，除应遵守本章的有关规定外，还应遵守下列规定：

- 1 搅拌混合料时，宜采用钢纤维播料机向混合料中添加钢纤维

维，搅拌时间不宜少于 180s。

- 2 钢纤维在混合料中应均匀分布，不得成团。
- 3 混合料的水平运输宜采用混凝土搅拌运输车。

8 锚喷联合支护施工

8.1 钢筋网喷射混凝土

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

8.1.2 钢筋网宜沿开挖面铺设，并应与锚杆（或插筋）连接牢固。钢筋网网格尺寸宜为（15cm×15cm）～（25cm×25cm）。

8.1.3 采用双层钢筋网时，第二层钢筋网应在第一层钢筋网被混凝土覆盖后铺设。

8.1.4 喷射混凝土作业除应遵守7.5的有关规定外，还应遵守下列规定：

1 应适当减小喷头与受喷面的距离，并调节喷射角度，避免喷头正对钢筋。

2 如发现脱落的混凝土或大量回弹物被钢筋网架住，应及时清除。

8.1.5 喷射混凝土必须填满钢筋与岩面之间的空隙，并与钢筋黏结良好。钢筋网的混凝土保护层厚度应符合设计要求。

8.2 钢拱架、钢筋网喷射混凝土

8.2.1 钢拱架可以采用型钢制作，也可以采用钢筋制作成格构式拱架。钢拱架的设计和制作应遵守钢结构设计和制作规范的有关规定。

8.2.2 架设钢拱架的有关规定：

1 测量开挖后的洞室轮廓尺寸。必要时按洞室轮廓尺寸修改钢拱架的形状和尺寸。

2 安装前，检查钢拱架制作质量是否符合设计要求。

3 钢拱架安装允许偏差：横向间距和高程均为±50mm，垂直度为±2°。

4 钢拱架立柱应支立于可靠的基础上，不得支立于浮渣上。

5 钢拱架与岩面之间必须楔紧。相邻钢拱架之间应连接牢固。

6 每榀钢拱架至少应与三根锚杆相连接。

8.2.3 钢筋网不应被钢拱架隔断。若采用双层钢筋网，第二层钢筋网应焊接固定在钢拱架上。

8.2.4 喷射混凝土作业除应遵守7.5的有关规定外，还应遵守下列规定：

1 钢拱架与岩面之间的空隙必须用喷射混凝土充填密实。

2 喷射顺序，应先喷射钢拱架与岩面之间的混凝土，后喷射钢拱架之间的混凝土。

3 除可缩型钢拱架的可缩节点部位外，钢拱架应被喷射混凝土覆盖。

8.3 不良地质条件下的锚喷联合支护

8.3.2 在松散、软弱、破碎等稳定性差的围岩中进行锚喷支护施工的有关规定：

1 必须及时进行施工期现场监控量测，根据围岩变形情况，及时调整支护方案和支护参数。

2 锚喷支护应紧跟开挖工作面进行，并采取早强措施。

3 必要时，采取用喷射混凝土封闭开挖面、超前锚固、底拱锚固或封闭仰拱等措施。

4 下一循环的爆破作业宜在喷射混凝土作业完成后4h、砂浆锚杆安装后8h、监测仪器埋设后1h进行，并控制瞬时起爆药量。

8.3.2 对可能塌落或滑移的危石进行加固的有关规定：

1 对拱部的危石，一般按“喷一层混凝土（厚度不小于50mm）→打短锚杆（挂钢筋网用）→铺设钢筋网→喷第二层混凝土

土→打深部锚杆”的程序作业。

2 对边墙或边坡上出露的大面积危石，应根据危石的结构情况，采取“边挖边锚”或“先锚后挖”的原则，逐层施工，直至全部锚固为止。

8.3.3 塌方处理和围岩较差地段的加强支护，应向两侧围岩条件较好地段延伸适当距离。

9 安全技术与防尘

9.1 安全技术

- 9.1.1 施工前应制定施工安全技术措施，认真检查作业区的围岩稳定情况，必要时应进行适当处理。
- 9.1.2 锚喷施工的机械设备应布置在围岩稳定或已经支护的安全地段。
- 9.1.3 喷射机、注浆器等设备在使用前均应进行全面检查。
- 9.1.4 喷射机、注浆器、注浆泵、水箱、油泵等设备或压力容器，均应安装压力表或安全阀。
- 9.1.5 施工期间应经常检查输料管、出料弯头、注浆管以及各种管路的连接部位，如发现磨薄、击穿或连接不牢等现象，应及时处理。
- 9.1.6 带式上料机及其他设备外露的转动和传动部分，应设置保护罩。
- 9.1.7 施工过程中进行机械故障处理时，必须停机、断电、停风。处理结束后，在开机、送风、送电之前，必须预先通知有关的作业人员。
- 9.1.8 施工中应定期检查电源线路和设备的电器部件，确保用电安全。
- 9.1.9 作业区内严禁在喷头和注浆管前方站人。喷射作业的堵管处理，宜采用敲击法疏通。若必须采用压风疏通时，风压不得大于0.4MPa，同时应将输料管放直，将喷头朝向无人的方向予以固定。
- 9.1.10 当喷头（或注浆管）的操作人员与喷射机（或注浆器）的操作人员之间不能直接联系时，应采取可靠的措施，确保能够

随时联系。

9.1.11 预应力锚索和预应力锚杆的张拉设备必须安装牢固，应按有关的操作规程进行操作。张拉时，正对锚索孔或锚杆孔的方向严禁站人。

9.1.12 工作台架的安装必须牢固可靠，设置栏杆。高空作业人员应佩带安全带。

9.1.13 在竖井中进行锚喷支护施工的有关规定：

1 采用溜筒运送喷射混凝土的干混合料时，井口溜筒喇叭口周围必须封闭严密。

2 竖井内输料钢管宜采用法兰连接，悬吊应垂直、牢固。

3 采取措施防止机具、配件和材料等物件掉落伤人。

4 若采用升降式操作平台施工，其安全措施应符合 DL/T5099 的有关规定。

9.1.14 在钢纤维喷射混凝土施工中，应采取有效措施，防止钢纤维扎伤操作人员。

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

9.2 防 尘

9.2.1 喷射机必须保持良好的密封性，从喷射机排出的废气应进行妥善处理。

9.2.2 锚喷支护作业区粉尘浓度应不大于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。应每十天至少测定一次粉尘浓度，并发布测定结果。粉尘浓度合格的标准：占总数 80% 及以上的测点试样的粉尘浓度不大于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ ，其他试样粉尘浓度不超过 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 。粉尘浓度测定应遵照附录 C 的规定。

9.2.3 在锚喷支护作业区，宜采取以下综合防尘措施：

1 采用湿喷法、水泥裹砂法或潮料掺浆法进行喷射混凝土作业。

- 2 采用双水环加入喷射用水。
 - 3 在喷射机或混合料搅拌处设置集尘器或除尘器。
 - 4 在粉尘浓度较高部位，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 喷射混凝土作业人员应佩带防尘口罩、防尘帽、压风呼吸器等防护用具。

10 质量检查

10.1 锚杆、锚索

10.1.1 用作锚杆、锚索的材料及黏结、灌浆、防腐材料，应有出厂合格证、试验报告单等资料，其性能指标必须符合设计要求。

10.1.2 非张拉型锚杆的质量检查的有关规定：

1 在锚杆锚固 7d 后可进行抗拔力检查，抗拔力应达到的数值按砂浆强度推算。检查方法参见附录 D。

2 试件数量按每 200 根（包括总数少于 200 根）锚杆至少抽样一组，每组不少于 3 根。试件中应包括边墙和顶拱锚杆。地质条件或原材料变化时，应至少抽样一组。重大工程的抽样数量应适当增加。

3 质量合格条件：

1) 同组锚杆的抗拔力平均值应符合设计要求。

2) 任意一根锚杆的抗拔力不得低于设计值的 90%。

10.1.3 张拉型锚杆的质量检查的有关规定：

1 张拉型锚杆的垫板与岩面应紧密接触，垫板不得出现弯曲。

2 预应力锚杆应有完整的锚杆性能试验和验收检验资料以及施工记录。锚杆性能试验结果应符合设计要求。

10.1.4 预应力锚索的质量检查应遵守 SL 46 的有关规定。

10.2 喷射混凝土

10.2.1 对喷射混凝土所用原材料进行检查的有关规定：

1 购进的水泥和外加剂均应有制造厂的出厂合格证及品质试验报告，其品质应符合设计要求。

2 每批材料运到工地后，均应进行质量检验，检验合格后方可使用。取样标准：同品种、同强度等级的水泥每 200t~400t 为一取样单位，如不足 200t 也作为一取样单位；同品种的速凝剂每 5t~10t 为一取样单位，如不足 5t 也作为一取样单位；砂和小石均按每 300m³~500m³ 为一取样单位。

10.2.2 按下列规定检查混合料的配合比和级配：

1 每班作业前应对所使用的衡器进行检查和校正。

2 混合料的实际配合比，每个作业班至少检查两次，若发现不符合要求，必须及时进行调整。

10.2.3 喷射混凝土必须做抗压强度检查，并遵守下列规定：

1 一般情况下，只检测喷射混凝土 28d 龄期的抗压强度。

2 应主要采用喷大板切割法制备试件。当有特殊要求时，还应采用养生 28d 后现场取芯的方法。

3 取样数量：每喷 100m³ 混合料（或工程量小于 100m³ 的独立工程）至少取两组试件，每组 3 块。

4 喷射混凝土抗压强度的检测方法见附录 E。

10.2.4 喷射混凝土抗压强度的验收应符合下列规定：

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代表值来评定。

2 每组试块的抗压强度代表值为三个试块试验结果的平均值；当三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；当三个试块强度中的最大值和最小值与中间值之差均超过中间值的 15% 时，该组试块不应作为强度评定的依据。

3 永久支护工程的合格条件为：

$$f_{\alpha} - K_1 S_n \geq 0.9 f_c \quad (10.2.4-1)$$

或
$$f_{\alpha \min} \geq K_2 f_c \quad (10.2.4-2)$$

4 临时支护工程的合格条件为：

$$f_{\alpha} \geq f_c \quad (10.2.4-3)$$

$$\text{或} \quad f_{\text{ckmin}} \geq 0.85f_c \quad (10.2.4-4)$$

式中：

f_{ck} ——同批 n 组喷射混凝土试块抗压强度的平均值，MPa；

f_c ——设计的喷射混凝土立方体抗压强度，MPa；

f_{ckmin} ——同批 n 组喷射混凝土试块抗压强度的最小值，MPa；

K_1, K_2 ——合格判定系数，按表 10.2.4 选取；

S_n ——同批 n 组喷射混凝土试块抗压强度的标准差，MPa，

按以下公式计算：

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{\text{ck}i}^2 - n f_{\text{ck}}^2}{n-1}} \quad (10.2.4-5)$$

式中：

$f_{\text{ck}i}$ ——同批第 i 组喷射混凝土试块抗压强度的代表值，MPa。

当同批试块组数 $n < 10$ 时，可按以下合格条件验收：

$$f_{\text{ck}} \geq 1.15f_c \quad (10.2.4-6)$$

$$f_{\text{ckmin}} \geq 0.95f_c \quad (10.2.4-7)$$

5 喷射混凝土强度不符合要求时，应查明原因，采取补强措施。

6 喷射混凝土抗压强度的变异系数 $V = \frac{S_n}{f_{\text{ck}}} \leq 0.25$ 为喷射混凝土的均匀性合格。

注：同批试块是指原材料和配合比基本相同的喷射混凝土试块。

表 10.2.4 喷射混凝土合格判定系数 K_1 、 K_2 值

同批试块组数 n	10~14	15~24	≥ 25
K_1	1.70	1.65	1.60
K_2	0.90	0.85	0.85

10.2.5 根据工程设计的需要决定其他的测试项目和数量。

抗渗指标的检测方法见附录 F。

抗拉强度的检测方法见附录 G。

抗冻性能的检测方法见附录 H。

喷射混凝土与围岩黏结强度的检测方法见附录 I。

10.2.6 喷射混凝土厚度检查的有关规定：

1 一般不过水洞室及边坡可采用针探、钻孔等方法进行检查。过水隧洞宜采用无损检测法进行检查。

2 检查断面的数量按表 10.2.6 确定，但每一个独立工程检查断面不得少于一个。在断面上以拱冠为基准，向两侧每隔 2m~5m 布置一个测点。每个断面的测点不宜少于 5 个，其中拱部测点不应少于 3 个。过水隧洞应适当增加测点数量。

表 10.2.6 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）及边坡	50~100
一般隧洞（Ⅲ、Ⅳ类围岩）、水工隧洞、竖井	20~50
大型洞室	20~30

3 实测喷层厚度达到设计尺寸的合格率应满足下列要求：

1) 大型洞室、过水隧洞和竖井：不低于 80%。

2) 一般隧洞及边坡：不低于 60%。

3) 实测厚度的平均值应不小于设计尺寸。未合格测点的最小厚度应不小于设计厚度的 1/2，但其绝对值不得小于 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。

10.2.7 按以下规定检查喷射混凝土的整体性：

1 在喷大板试件的纵、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。

DL/T 5181—2003

2 在结构接缝、墙角、洞形或洞轴急变等部位，喷层应有良好的结合。

3 无漏喷、脱空现象。

4 无仍在扩展中或危及使用的贯穿性裂缝。

5 出现过的漏水点已做了妥善处理。

附录 A
(规范性附录)
锚喷支护监控量测方法

- A.1** 监控量测应按以下程序和规定进行：
- A.1.1** 仪器埋设后应立即测定稳定的初始值。
- A.1.2** 一般应在每一施工循环的开挖前、后进行观测。对围岩流变特性明显的地质地段，观测间隔时间不宜大于 4h。当围岩变形明显减少时，可适当延长监测的间隔时间。
- A.1.3** 同一地段的监测自始至终应由专人负责，中途不宜换人；确实需要换人时，应至少有两次交接性监测。
- A.1.4** 某一地段的监测中途不宜更换仪器。确实需要更换仪器时，应同时采取原仪器和更换仪器测定同一时间变形后，方可使用更换的仪器进行观测。
- A.1.5** 当监测结果出现异常情况时，应查明原因，并重复观测 1~2 次。
- A.1.6** 按表 A.1 或表 A.2 的格式和项目做好监测记录，不得漏项。
- A.2** 对监测资料进行整理、分析，应做以下工作：
- A.2.1** 计算各测点收敛位移值和变形速率（日变形量）。
- A.2.2** 绘制位移—时间变化过程线。
- A.2.3** 分析实测位移曲线的时空关系。
- A.2.4** 编制监测日报表，其中应包括当日监测结果、对监测结果的基本分析、洞室稳定状态、对支护效果的初步评价以及对支护措施的修正建议等。
- A.2.5** 每周提交一份监测简报。
- A.2.6** 每一个施工阶段完成后，提交一份监测专项报告。
- A.3** 监测资料处理应遵守以下原则：

A.3.1 一般情况下，观测后 24h 之内应向项目技术负责人、监理工程师提交日监测报表。当本次观测到的变形比上次明显增长时，应立即通知项目技术负责人，密切注意变形发展趋势；在 2h 之内以简要报告形式向有关人员报告监测结果，以便研究处理意见；缩短时间间隔继续进行观测。

A.3.2 各种监测报告应发送工程建设有关各方，并作为竣工验收文件管理。

附录 B
(资料性附录)
注浆密实性试验方法

选取内径与锚杆孔相同、长度与锚杆一样的塑料管或钢管若干根，将管的一端封堵模拟锚杆孔孔底，将管子按与地面平行、垂直向上和倾斜向上等几个方向固定。然后按 5.2.2-5 的规定拌制砂浆，用预定的注浆方法向管内注满砂浆，插入锚杆，养护一周后将管子剖开，检查杆体位置及注浆的密实程度。

附 录 C
(规范性附录)

喷射混凝土施工作业区粉尘浓度的测定方法

C.1 可采用滤膜法进行，采样器宜使用便携式电动测尘器。

C.2 测定粉尘含量的取样部位和数量，应满足表 C.1 的规定：

表 C.1 喷射混凝土粉尘测点布置和取样数量

测尘地点	位 置	取样数量 个
喷头附近	距喷头 5m，离底板 1.5m 处，下风向设点	3
喷射机附近	距喷射机 1m，离底板 1.5m 处，下风向设点	3
洞内拌料处	距拌料处 2m，离底板 1.5m 处，下风向设点	3
喷射作业区	隧洞中间，离底板 1.5m 处，下风向设点	3

C.3 取样时间：取样应在喷射混凝土作业正常、粉尘浓度稳定后进行。每一个试样的取样时间不得少于 3min。

附录 D
(资料性附录)
锚杆抗拔力检查方法

D.1 锚杆抗拔力的试验，可按以下程序进行：

D.1.1 将锚杆的外露段车成丝扣或焊接带有丝扣的加长杆，加长杆和焊口的强度应大于杆体的抗拉强度。

D.1.2 将锚杆孔口的岩面处理平整，安装传力板，保证锚杆承受轴向拉力。

D.1.3 安装拉拔器和其他设备。

D.2 对锚杆进行拉拔力检查的有关规定：

D.2.1 缓慢、匀速地加载，加载速度不宜大于 1kN/s。

D.2.2 加载后应立即开始测定锚杆的位移量。

D.2.3 拉拔设备应安装牢靠，并有安全防护措施。拉拔器的轴线应与杆体轴线重合。

D.2.4 当岩体软弱或比较破碎、有可能在岩体内部发生破坏时，拉拔器底座的承力点应置于可能破坏的范围之外。

D.2.5 对锚喷支护中作抽样检查的锚杆进行拉拔试验时，当拉拔力达到设计值时应立即停止加载，结束试验。

附录 E
(规范性附录)

喷射混凝土抗压强度检测方法

E.1 喷射混凝土抗压强度的检测试件，应在施工过程中通过喷大板切割法或现场钻取芯样取得。

E.2 喷大板切割法按以下要求制作试件并检测其抗压强度：

E.2.1 喷射混凝土作业时，按实际施工条件向垂直放置的长 450mm、宽 350mm、高 120mm 的开敞式木模内沿水平方向喷射混凝土，在施工现场养护一昼夜后脱模。

E.2.2 将混凝土大板移至试验室，在标准养护条件下养护 7d，用切割机去掉周边和上表面（底面可不切割），加工成边长为 100mm 的立方体试件。立方体试件的允许偏差为：边长不超过 $\pm 1\text{mm}$ ，直角不超过 $\pm 2^\circ$ 。

E.2.3 继续在标准条件下养护至 28d 龄期，进行抗压强度试验。

E.3 现场钻取芯样法按以下要求制作试件并检测其抗压强度：

E.3.1 采用小型钻机配金刚石钻头，在喷射混凝土结构物上钻取芯样。取样位置应具有代表性，钻取芯样数量应不少于 3 个。

E.3.2 将钻取的芯样用切割机加工成高度和直径相同的圆柱体试件。圆柱体试件的允许偏差为：高度不超过 $\pm 1\text{mm}$ ，垂直度不超过 2° 。

E.3.3 对龄期已达到 28d 的圆柱体试件进行抗压强度试验。当圆柱体试件的直径和高度均为 100mm 时，试验结果即为抗压强度指标；当圆柱体试件的直径和高度小于 100mm（但不得小于 76mm）时，试验结果乘以 0.95 的折减系数作为抗压强度指标。

附录 F
(规范性附录)

喷射混凝土抗渗指标检测方法

F.1 喷射混凝土抗渗指标检测试件，应在施工现场制备。

F.2 上述试件的制备及检测的有关规定：

F.2.1 按附录 E 喷制混凝土大板（开敞式木模的长、宽、高分别为 450mm、350mm、200mm）。

F.2.2 待混凝土的抗压强度超过 10MPa 时，采用钻机配金刚石钻头（直径 158mm、长 152mm）钻取混凝土芯，加工成直径 150mm、高 150mm 的圆柱体试件 6 个。

F.2.3 清除两端面浆膜，待圆柱体试件晾干后，在其侧面涂一层环氧树脂，再涂一层熔化的石蜡与火漆的混合物（其配合比为 4:1）。用螺旋加压器将试件压入预热的渗透仪试件套筒内，冷却后解除压力。若试件与套筒之间仍有间隙，应用高强水泥砂浆填充、捣实，在标准条件下养护 28d。

F.2.4 按 DL/T 5150 的有关规定进行抗渗试验。

附录 G
(规范性附录)

喷射混凝土抗拉强度检测方法

按附录 E 中喷大板切割法制作边长为 100mm 的立方体试件，采用 DL/T 5150 中的劈裂法进行试验，但应使试件中的拉应力方向与喷层的受拉方向一致。

附录 H
(规范性附录)

喷射混凝土抗冻性能检测方法

按附录 E 中喷大板切割法制作边长为 100mm 的立方体试件，按设计要求及 DL/T 5150 的规定进行检测。

附录 I
(规范性附录)

喷射混凝土与围岩黏结强度检测方法

I.1 喷射混凝土与围岩之间黏结强度的检测应在现场进行。当现场不具备检测条件时，亦可在现场选取有代表性的岩块，在室内进行检测。

I.2 喷射混凝土与围岩之间黏结强度的检测，可采用以下方法：

I.2.1 预留试件拉拔法

I.2.1.1 试验在施工现场进行。试验部位的施工喷层厚度应在100mm以上，且围岩表面较为平整。

I.2.1.2 试件为圆柱体，直径为200mm~500mm，高度约为100mm。在试件中心位置预先埋入钢拉杆，其抗拔力须大于喷射混凝土与围岩的黏结力。

I.2.1.3 试件部位的混凝土喷射后，立即用铲刀沿试件轮廓挖出宽50mm的槽，使试件与周围的喷射混凝土完全脱离，仅底面与围岩黏结。

I.2.1.4 待喷射混凝土达到设计强度后，用拉拔器对拉杆施加拉力，使试件沿其与围岩结合面破坏。根据拉拔力和破坏面积计算喷射混凝土与围岩的黏结强度。

I.2.2 钻芯拉拔法

I.2.2.1 采用小型钻机配金刚石钻头，垂直于喷射混凝土层面钻进并深入围岩20mm以上，形成带有喷射混凝土与围岩黏结面的圆柱型芯样。

I.2.2.2 用卡套套住并卡紧芯样。

I.2.2.3 安装拉拔器，对卡套缓慢施加拉力，直到芯样沿喷射混凝土与围岩结合面破坏。

I.2.2.4 按下式计算喷射混凝土与围岩的黏结强度：

$$R_c = \frac{P_c}{A_c} \cdot \cos \alpha \quad (\text{I.1})$$

式中：

R_c ——喷射混凝土与围岩的黏结强度，MPa；

P_c ——实测破坏拉力，N；

A_c ——实测喷射混凝土与围岩结合面破坏面积， mm^2 ；

α ——实测断裂面与芯样横截面交角，°。

I.3 喷射混凝土与岩块的黏结强度，可按以下方法检测：

I.3.1 在附录 E 喷大板的木模内，放置从施工现场选取的厚度超过 50mm 的岩石板，用水将岩石板表面湿润，按实际喷射条件向大板模内喷射混凝土。

I.3.2 在与实际结构物相同条件下养护 7d，用切割法加工成边长 100mm 的立方体试件（其中岩石和混凝土的厚度各为 50mm 左右），养护至 28d 龄期。

I.3.3 在混凝土与岩块结合面处，用劈裂法测定混凝土与岩块的黏结强度值。