ICS27.140
P59
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 57-1995

水电水利工程喷锚支护施工规范

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贸委　发布

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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施工技术的发展，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；

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

——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。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

目　次

前　言 …… III
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 2
3　术语和定义 …… 3
4　总则 …… 8
5　锚杆施工 …… 9
5.1　一般规定 …… 9
5.2　全长黏结型锚杆 …… 10
5.3　张拉型锚杆 …… 13
5.4　摩擦型锚杆 …… 15
5.5　管式锚杆及自钻式注浆锚杆 …… 16
6　预应力锚索施工 …… 18
7　喷射混凝土施工 …… 22
7.1　原材料 …… 22
7.2　施工机具 …… 23
7.3　混合料的配合比、拌制和运输 …… 24
7.4　喷射前的准备工作 …… 25
7.5　喷射作业 …… 25
7.6　水泥裹砂喷射混凝土 …… 27
7.7　钢纤维喷射混凝土 …… 28
8　锚喷联合支护施工 …… 30
8.1　钢筋网喷射混凝土 …… 30
8.2　钢拱架、钢筋网喷射混凝土 …… 30
8.3　不良地质条件下的锚喷联合支护 …… 31
9　安全技术与防尘 …… 33

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

9.1 安全技术 …… 33
9.2 防尘 …… 34
10 质量检查 …… 36
10.1 锚杆、锚索 …… 36
10.2 喷射混凝土 …… 36
附录 A（规范性附录） 锚喷支护监控量测方法 …… 41
附录 B（资料性附录） 注浆密实性试验方法 …… 45
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 …… 46
附录 D（资料性附录） 锚杆抗拔力检查方法 …… 47
附录 E（规范性附录） 喷射混凝土抗压强度检测方法 …… 48
附录 F（规范性附录） 喷射混凝土抗渗指标检测方法 …… 49
附录 G（规范性附录） 喷射混凝土抗拉强度检测方法 …… 50
附录 H（规范性附录） 喷射混凝土抗冻性能检测方法 …… 51
附录 I（规范性附录） 喷射混凝土与围岩黏结强度检测方法 …… 52
条文说明 …… 55

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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。

网易 NetEase 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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/T5099 水工建筑物地下开挖工程施工技术规范

DL/T5100 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

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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设的锚杆。

3.0.11

局部锚杆　local anchor bar

为防止岩体失稳，在局部岩面上布设的锚杆。

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，

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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。

网易 NetEase 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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）。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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℃～+25℃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 应以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。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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筋或高强精轧螺纹钢筋，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，其强度应能承担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 100N·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。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

要求：

1 安装顶锚下楔块时，伸入圆管段内之钢纤直径不应大于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

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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°～5°；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。

网易 NetEase 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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，安装过程中应采取措施防止外夹片脱落。

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

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

锚索和观测锚索，可在外锚头加装钢帽，钢帽内注满专用防锈油脂。

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。

网易 NetEase 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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/T5100 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。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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，垂直不小于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5m³/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10mg/m³。

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。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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宜符合表 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

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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，无干斑或滑移流淌现象。

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%。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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 $4m^3/h$。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 350 kg/m^3～400 kg/m^3。

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：

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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。

网易 NetEase 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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 钢筋网宜沿井挖面铺设，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。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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靠。

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

8.3.1 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→打

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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。

网易 NetEase 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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 10mg/m³。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 10mg/m³，其他试样粉尘浓度不超过 20mg/m³。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。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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。

网易 NetEase 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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：

$$f'_{ck}-K_1S_n\geqslant 0.9f_c \qquad (10.2.4\text{-}1)$$

或

$$f'_{ckmin}\geqslant K_2f_c \qquad (10.2.4\text{-}2)$$

4 临时支护工程的合格条件为：

$$f'_{ck}\geqslant f_c \qquad (10.2.4\text{-}3)$$

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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

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：

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

式中：

f'_{cki}——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：

$$f'_{ck} \geqslant 1.15 f_c \quad (10.2.4\text{-}6)$$

$$f'_{ckmin} \geqslant 0.95 f_c \quad (10.2.4\text{-}7)$$

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 $V=\frac{S_n}{f'_{ck}} \leqslant 0.25$ 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

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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。

网易 NetEase 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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，应同时采用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：

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

表 A.1　收敛量测记录表

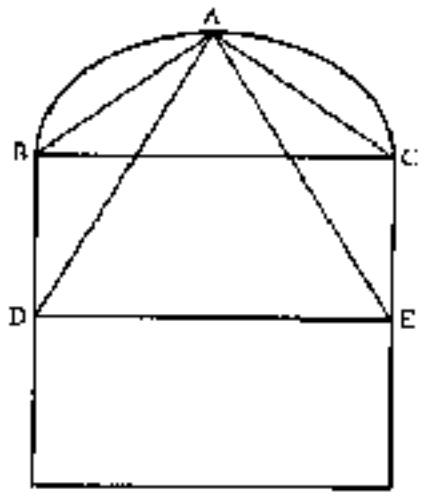
工程名称：　　仪器编号：　　仪器埋设日期：年　月　日

项目名称：　　桩　　号：　　仪器距开挖面距离：m

工程部位：　　测点位置：　　监测起始日期：年　月　日

监测日期	各测线实测相对位移值 mm												开挖桩号
	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：

观测：　　记录：　　计算：　　校核：

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com
▼ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！
水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

表 A.2　多点位移计量测记录表

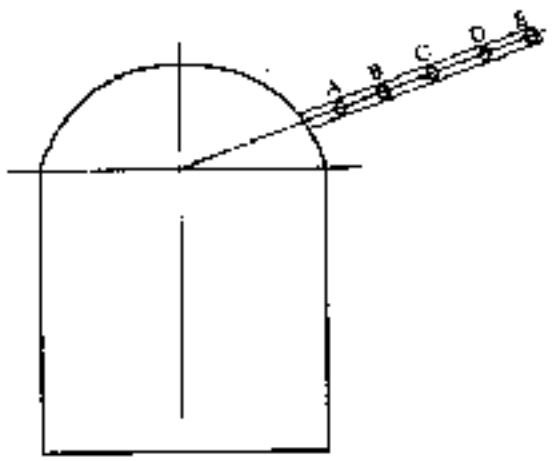
工程名称：　　仪器编号：　　仪器埋设日期：年　月　日

项目名称：　　桩　　号：　　仪器距开挖面距离：m

工程部位：　　测点位置：　　监测起始日期：年　月　日

监测日期	各测线实测相对位移值 mm										开挖桩号
	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：

观测：　　记录：　　计算：　　校核：

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com
中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！
水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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。

网易 NetEase 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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。

网易 NetEase 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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，加载速率不宜大于 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。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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±1mm，直角不超过±2°。

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±1mm，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。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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 后，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。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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。

网易 NetEase 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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。

网易 NetEase 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

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。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

I.2.2.4 按下式计算喷射混凝土与围岩的黏结强度：

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

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。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

水电水利工程锚喷支护施工规范

条文说明

网易 NetEase 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

目　　录

3　术语和定义 …… 58
4　总则 …… 59
5　锚杆施工 …… 62
5.1　一般规定 …… 62
5.2　全长黏结型锚杆 …… 62
5.3　张拉型锚杆 …… 64
5.4　摩擦型锚杆 …… 66
5.5　管式锚杆及自钻式注浆锚杆 …… 67
6　预应力锚索施工 …… 68
7　喷射混凝土施工 …… 71
7.1　原材料 …… 71
7.2　施工机具 …… 72
7.3　混合料的配合比、拌制和运输 …… 74
7.4　喷射前的准备工作 …… 75
7.5　喷射作业 …… 76
7.6　水泥裹砂喷射混凝土 …… 77
7.7　钢纤维喷射混凝土 …… 80
8　锚喷联合支护施工 …… 82
8.1　钢筋网喷射混凝土 …… 82
8.2　钢拱架、钢筋网喷射混凝土 …… 83
8.3　不良地质条件下的锚喷联合支护 …… 83
9　安全技术与防尘 …… 85
9.1　安全技术 …… 85
9.2　防尘 …… 86

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

10 质量检查 …… 88
10.1 锚杆、锚索 …… 88
10.2 喷射混凝土 …… 89

网易 NetEase 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

3 术语和定义

关于预应力锚杆的定义，有关标准很不统一。例如：SL212—1998《水工预应力锚固设计规范》中定义：“预应力锚杆——施加预应力后的锚杆。本规范将预应力锚杆和预应力锚索统称为预应力锚杆。”“普通预应力锚杆——采用普通钢材，施加的张拉力小于 300kN 的预应力锚杆。”类似上述的定义在施工实际应用中感到很不方便。这次修订标准，考虑到水电施工行业的习惯和工程的实际情况，将预应力锚杆和预应力锚索分别定义；将安装时施加张拉力的锚杆统称为“张拉型锚杆”，其中：设计对张拉力无要求的称为“张拉锚杆”，设计对张拉力有要求的称为“预应力锚杆”。几个工程采用的预应力锚杆的情况见表 1：

表 1 几个工程采用的预应力锚杆情况表

工 程 名 称	锚杆材料	锚杆直径 mm	锚固长度 m	设计张拉力 kN
大朝山水电站地下厂房	热轧Ⅱ级钢筋	32	8	122
天荒坪抽水蓄能电站地下厂房	热轧Ⅱ级钢筋	28	7	102 128
天荒坪抽水蓄能电站下库滑坡处理	热轧Ⅱ级钢筋	36	16～25	204
小浪底水利枢纽地下厂房边墙	热轧Ⅱ级钢筋	36	8，10	250
小浪底水利枢纽地下厂房岩锚梁	德国进口（相当于国产热轧Ⅳ级钢筋）	36	15	500

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

4 总　　则

4.0.1　洞室开挖质量对锚喷支护的施工技术经济效果有很大影响，因此要求做好光面爆破或预裂爆破。

4.0.4　锚喷支护的设计目前主要按照“工程类比法”进行，而围岩条件又复杂多变，只有设计、地质、施工三方面密切配合，根据围岩条件的变化情况，及时调整支护方案和施工措施，才能做到使锚喷支护既安全可靠，又经济合理。

4.0.5　施工期现场监控量测是一项技术含量较高的工作，它对工程设计的正确实施有着重要作用。因此，应该做出详尽的设计，在设计文件中应对整个量测程序做出明确规定。凡是跨度较大和围岩较差的地下工程，均应进行现场监控量测。进行现场监控量测的工程应按表2选定。

表2　隧洞进行现场监控量测的选定表

围岩分类	跨度B m				
	B≤5	5<B≤10	10<B≤15	15<B≤20	B>20
Ⅰ	—	—	—	△	√
Ⅱ	—	—	△	√	√
Ⅲ	—	—	√	√	√
Ⅳ	—	√	√	√	√
Ⅴ	√	√	√	√	√
注：△代表根据围岩及洞室情况灵活掌握。					

4.0.6　这次修订标准，压力分散型预应力锚索和聚丙烯纤维喷射混凝土这两种新的技术和工艺因目前在国内工程中采用尚比较少，所以在标准正文中没有列入。

近几年在国内开发和应用的压力分散型预应力锚索，由无黏

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

结钢绞线（预应力筋）、承载体（内锚板）、灌浆体及锚头组成，其结构简图见图 1。无黏结钢绞线在孔内的锚固方式目前有两种：一种是用挤压机将挤压套压在穿过内锚板的钢绞线里端。一块内锚板上可穿数根钢绞线；一个孔内可安装数个内锚板。另一种是将无黏结钢绞线弯曲成“U”形绕过承载体，构成一个独立的单元锚索。在同一个孔中，可安装多个单元锚索。压力分散型预应力锚索的张拉是采用单索千斤顶对单根钢绞线（单元锚索）逐个进行对称张拉。压力分散型预应力锚索可将荷载分散地传递给钻孔内几个较短的固定长度上，更有效地利用天然地层强度，显著提高锚索的承载力。压力分散型预应力锚索适用于土层及软弱破碎岩层的锚固。

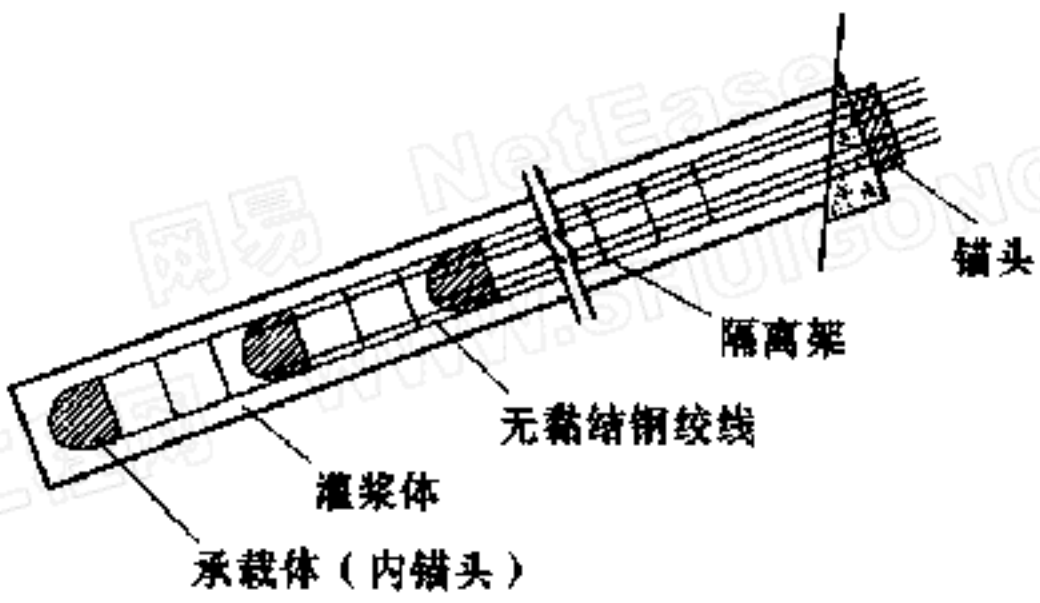


图 1　压力分散型预应力锚索结构简图

近几年来，聚丙烯纤维喷射混凝土在国内一些工程中被采用，初步取得了较好的技术效果。聚丙烯纤维混凝土比普通混凝土具有以下优点：弹性模量较低，极限拉伸值较高，因而适应变形能力较强，有利于混凝土防裂；韧性较高，有较好的抗冲击能力；有较高的抗渗、抗冻性能。

国产某型号聚丙烯纤维的性能见表 3。

表 3　国产某型号聚丙烯纤维性能表

比重 g/cm^3	纤维长度 mm	燃点 ℃	熔点 ℃	抗拉强度 MPa	极限拉伸值 %	直径 μm
0.91	15±1	590	160～170	382.9	59.9	51

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

试验表明，湿喷法在减少纤维喷射损失、提高喷射混凝土的性能、减少回弹损失及改善喷射作业环境等方面明显优于干喷法。所以，聚丙烯纤维喷射混凝土应采用湿喷法。拌和时间应适当延长，以保证微纤维在混凝土中分布均匀。

百色水电工程采用的聚丙烯纤维喷射混凝土的施工配合比见表 4。

表 4　百色工程聚丙烯纤维喷射混凝土施工配合比

类别	强度等级 MPa	水：胶凝材料：砂石	$1m^3$ 材料用量 kg							
			水	水泥	粉煤灰	河砂	碎石	减水剂	速凝剂	微纤维
湿喷	C25	0.45：1：4.5	176	353	39	1019	745	2.35	9.80	1.0

其拌和工艺为：加大部分水、减水剂→拌和 30s→加水泥、粉煤灰、河砂、石子、微纤维→拌和 3min→加剩余的水→拌和 1min。坍落度控制为 12cm±2cm。

白溪水库工程进行的聚丙烯纤维喷射混凝土试验，选择拌和时间为 5min。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

5 锚 杆 施 工

5.1 一 般 规 定

5.1.1 从锚固型式和受力状态两个不同的角度对锚杆进行了分类，以规范锚杆的名称。

5.1.2 对于有可能滑动的结构面，锚杆方向与滑动面的倾向相反，有利于保持围岩的稳定。

规定钻头直径最小值，是为了保证锚杆杆体周围包裹一定厚度的黏结材料作为保护层（对于“先注浆后插杆”程序而言）和便于将注浆管插入锚杆孔（对于“先插杆后注浆”程序而言）。

清除孔内的岩粉和积水，是为了保证黏结材料与孔壁之间更好地结合。

5.1.4 在Ⅳ类、Ⅴ类围岩及特殊地质条件下，先喷混凝土再施作锚杆，是为了利用喷混凝土使围岩暂时稳定，保证施作锚杆时的安全。

5.2 全长黏结型锚杆

5.2.2 一般情况下，全长黏结型锚杆杆体材料采用热轧Ⅱ级或Ⅲ级钢筋，因为Ⅱ级、Ⅲ级钢筋带肋，与黏结材料之间的握裹力比光圆钢筋大。个别情况下也可采用热轧Ⅰ级钢筋。要求锚杆杆体除锈、除油污，是为了保证与黏结材料之间很好地黏结。

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，是因为采用上述水泥拌制的水泥砂浆早期强度较高，有利于锚杆施工。

要求掺入砂浆的外加剂不得含有对锚杆产生腐蚀作用的化学成分，是为了保证锚杆长期工作的可靠性。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

5.2.3 如果砂浆初凝后仍然使用，其强度将大大降低，满足不了设计要求，因此要求砂浆随拌随用，初凝前必须使用完毕。

对于“先插杆后注浆”的锚杆，当俯角大于 30° 时，注浆管深入孔底注浆，孔内空气较容易排出，可以不设排气管；当俯角小于 30° 时，孔内空气不易排出，所以须将排气管深入孔底，注浆管自孔口向孔底注浆，同时孔内空气被压至孔底沿排气管排出。由于注浆时有一定的压力，为防止注浆过程中砂浆从孔口外流，必须在注浆前对孔口进行封堵。

锚杆孔注浆饱满程度是砂浆锚杆施工质量的重要指标，但在实际工程中，这项指标很难检查。因此，通常的做法是：施工前，按附录 B 所述方法先进行试验，选用其中一种密实性较好而且比较稳定（即不随操作人员变化而改变其效果）的注浆工艺，在实际施工中坚持实行。

5.2.4 水泥卷锚杆能够在短时间（半小时至数小时）内具有承载能力，故多用作临时支护锚杆。水泥卷目前尚无统一标准，各生产厂家的产品性能各异。所以，使用前应按产品说明进行试验，验证其性能。

5.2.5 应根据锚杆直径、锚杆孔孔径经过计算确定水泥卷的最小直径，以保证锚杆孔内充填饱满，同时应避免浪费水泥卷。

一般水泥卷不要求搅拌，个别的要求搅拌。

5.2.7 树脂卷是将树脂胶黏剂和固化剂按一定比例分别封装于一只聚脂薄膜袋的相互隔离的两腔内的锚固剂。装入锚杆孔内的树脂卷被旋转的锚杆体端部捅破后，树脂胶黏剂和固化剂被混合，产生化学反应，很快固化，将锚杆体锚固于孔内。

5.2.9 锚杆安装后，通常在孔口处用铁楔将锚杆楔紧，以防在砂浆凝固之前锚杆发生位移。在黏结材料凝固之前不得敲击、碰撞或拉拔锚杆，是为了防止黏结材料受扰动而影响黏结力。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

5.3 张拉型锚杆

5.3.1 临时支护采用的张拉锚杆，一般采用扳手拧紧螺帽，没有最小张拉力的要求，由施工人员凭经验掌握。其优点是承载快。

5.3.2 关于端头锚固型式，一般情况下，黏结式比机械式的锚固力大、加工容易、成本低，所以宜采用黏结式的端头锚固型式。

5.3.3 螺纹钢筋冷拉后提高屈服点，从而提高设计强度。在满足一定的张拉控制应力的条件下，采用冷拉钢筋比非冷拉钢筋节省材料。

高强精轧螺纹钢筋可用专用套筒连接，用专用螺母作预应力端部锚固，从而简化预应力工艺，是理想的预应力钢筋。目前国产的高强精轧螺纹钢筋还处于试验研究阶段，尚未大批量生产，未列入国家及行业标准，下述外形尺寸（见表 5）和钢筋力学性能（见表 6）供参考。

表 5 高强精轧螺纹钢筋外形尺寸

国名	公称直径 $d_0$mm	标准尺寸 mm							截面计算面积 cm^2	理论重量 kg/m
		基圆直径		螺纹高 h	螺纹底宽 b	螺距 L	螺纹根弧 r	导角 α		
		d_k	d_v							
中国	25	25	25	1.6	6.0	12	1.0	81.5°	4.91	3.85
	32	32	32	2.0	7.0	16	2.0	81.5°	8.04	6.31
德国	20	19.8	19.5	1.5	5.0	12	1.5	≈80°	5.25	—
	26	25.7	25.4	1.8	6.0	13	2.0	≈81°	5.31	—
	28	27.8	27.5	1.9	6.5	14	2.0	≈81°	6.16	—

表 6 高强精轧螺纹钢筋力学性能

级别	直径 mm	屈服强度 σ_s MPa	抗拉强度 σ_b MPa	冷弯	伸长率 δ_5 %
735	32	735	885	90° d=7a	7
735	25	735	885		8
930	25	930	1080	90° d=8a	

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

5.3.6 张拉锚杆孔口用早强砂浆做平整处理，一是为了避免托板与岩面之间局部接触而降低托板的承载能力；二是如果采用千斤顶进行张拉，为千斤顶的支腿提供平整的支承面。

5.3.7 张拉过程中如果锚杆不是轴向受力，则反映出来的张拉力不是锚杆的轴向拉力，无法控制锚杆达到设计张拉力。球面垫圈的作用，是保证在托板与锚杆杆体之间的垂直度有偏差时垫圈也能与托板紧密接触，从而保证锚杆轴向受力和螺帽可靠地锁定预应力。

张拉锚杆虽然没有设计张拉力的要求，但为了使托板与岩面靠紧从而使锚杆具有支护作用，操作人员应采用扳手尽力拧紧螺帽。只要扳手有足够长度，操作人员尽力，达到 100N·m 的扭矩并不困难。

5.3.8 用作永久性支护的张拉型锚杆，要求整个锚孔灌注黏结材料，目的是保护锚杆体，避免锈蚀。

5.3.9 用水泥卷作为张拉型锚杆锚固段的锚固剂，必须选用早强型水泥卷，其达到设计锚固力的时间须通过试验确定。

5.3.10 速凝树脂卷的固化时间一般在数分钟之内，所以，要求树脂卷被搅拌完毕后 15min 再进行张拉，保证树脂卷已完全固化。

有的工程的预应力锚杆（例如大朝山地下厂房），设计要求锚杆张拉段的黏结材料——缓凝树脂卷与锚固段的速凝树脂卷一并装入锚杆孔内，一起搅拌。为了保证锚杆体张拉段在张拉时自由位移，必须在缓凝树脂卷固化之前进行张拉。缓凝树脂卷的固化时间一般为 2h～4h，可按需要配制。

5.3.11，5.3.12，5.3.13 胀壳式锚杆、楔缝式锚杆和倒楔式锚杆均为机械式内锚头张拉锚杆，其中胀壳式锚杆应用较多。机械式内锚头部位的孔壁岩石必须坚硬、完整，才能做到使锚头的外壳压紧孔壁，产生锚固力。如果岩石软弱、破碎，锚头外壳挤破孔壁，则锚头失效。所以，上述几种锚杆在断层及软弱破碎的岩体中不宜采用。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

5.4 摩擦型锚杆

5.4.3 缝管锚杆是利用管壁的弹力挤压孔壁而产生的摩擦力来实现锚固的，管壁的弹力大小及对孔壁的挤压强度受管壁与钻孔直径的匹配关系影响极大。因此采用缝管锚杆及楔管锚杆时，钻孔应严格按设计的孔径施工，合理选择造孔钻头，孔径大小应均匀。在相同的锚杆管壁挤压力作用下，岩石强度越高，锚杆孔孔壁变形越小，所以孔径与杆径之差应越小。

5.4.4 为了取得较大的弹性挤压力，从而达到较大的锚固力，缝管锚杆的管体材料宜采用弹模较大的钢材，不宜采用 Q235 钢材。

5.4.5 楔管锚杆的圆管段不属于摩擦锚杆，可采用 Q235 钢材。

5.4.6 为使缝管锚杆安装到位，采用风动凿岩机强行将锚杆全部挤入锚杆孔中。在推进锚杆过程中，使凿岩机、锚杆杆体和钻孔中心线在同一轴线上，目的是减少推进阻力和防止锚杆横向变形。当托板抵紧岩壁面时，若继续推进，可能使焊接在杆体尾部的环向法兰破坏。

5.4.7 伸入楔管锚杆圆管段内之钢钎直径应比圆管段内径至少小 1mm。

5.4.8 水胀式锚杆是将薄壁钢管加工成异型空腔式杆件，插入孔中后，向杆体内腔注入高压水（压力大于 30MPa），使杆体膨胀并与孔壁紧密接触，使孔壁承受径向压力而产生微胀。因此在孔长度方向上沿孔壁产生非均匀分布的摩阻力。水胀式锚杆安装速度快（每根的安装时间约为 2 min），安装后立即具有锚固力，而且抗震性能好。所以，在软弱、破碎、高地应力、围岩变形大的地段，使用水胀式锚杆的效果好。

国产的水胀式锚杆锚固力一般为 80kN，杆体的破断力为 96kN，单位长度的摩阻力为 78.4kN/m～156kN/m，注水压力为 30MPa 以上。

瑞典 Atlas Copco 公司生产的水胀式锚杆，标准型的锚固力为

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

100kN，加强型的锚固力可达 220kN。

水胀式锚杆的注水泵宜采用柱塞泵，注水流量为 6L/min～12L/min，电机功率为 3kW，应配备高压管及注水器。

5.5 管式锚杆及自钻式注浆锚杆

5.5.2 管式锚杆用于软弱、破碎的围岩，既能起到超前支护围岩的作用，又可通过其杆体向围岩注浆、固结围岩。由于锚杆孔塌孔严重，所以管式锚杆一般是采用冲击式风动工具打入锚孔内。为减小阻力，应将杆体前端加工成不大于 45° 的尖角。当需要在孔口处安装托板时，需将杆体的外露端加工一段管螺纹，以便拧螺帽固定托板。采用套管跟进法进行钻孔，需采用配置特殊钻头的钻机，这种钻头在承受钻杆压力和钻杆旋转离心力作用下直径扩大，以使套管能够跟进。

用于管棚支护的管式锚杆的仰角宜小于 30°，以便加大其对顶拱的支护长度。要求其外露端支承在钢拱架上，目的是提高其对顶部围岩的承载能力。

5.5.3 自钻式注浆锚杆是一种集造孔、注浆功能为一体的新型锚杆，适用于地质条件差、易于塌孔的地段。这种锚杆的杆体前端具有造孔功能，造孔完成后杆体不再拔出，直接利用杆体的空腔注浆，浆液自孔底向孔口充满全孔。采用这种锚杆可避免因塌孔而导致的锚杆安装困难。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

6 预应力锚索施工

6.0.1 对预应力锚索的钻孔要求比较高。对子机械式内锚头，如果钻孔与内锚头的尺寸不匹配，或内锚头正处于断层、破碎带等软弱部位，可能导致外夹片脱落或锚固力不足，张拉时整根锚索被拔出，甚至将千斤顶垫板和外锚环等设备一并弹出，极易造成人身事故。

无论是机械式内锚头，还是黏结式内锚头，均要求内锚固段处于完整、稳固的岩层内，以保证达到要求的锚固力。所以，如果锚索孔深度内均为破碎岩石，则安装锚索前应对锚索孔进行灌浆处理。对于渗水量大的围岩，灌浆可以止水，避免渗水对锚索体的侵蚀。

6.0.2 在孔口部位浇筑混凝土支承墩，可以避免孔口部位岩体应力过分集中，使应力更好地传递并在围岩中较均匀地分布，提高锚固效果。

6.0.3 无黏结预应力锚索的防护材料，应对锚索体无腐蚀性，在预期温度条件下不脆、不裂、不液化流淌。

6.0.4 要求锚索体加工不在露天进行，主要是为了避免锚索体因降水引起锈蚀或遭到其他可能的污染。

锚索的高强钢丝或高强钢绞线下料长度须一致，以保证锚索体受力均匀。

要求锚索切割不得采用电焊或氧炔焰，目的是：在下料阶段，避免切口附近材料在高温作用下改变力学性能而影响锚固力，避免形成不规则的切口而影响锚索安装；在锚索安装完成后，避免切割的高温影响外锚头的锚固力。

设置隔离架或内芯管可避免钢丝或钢绞线产生交织现象，同时可防止钢丝或钢绞线与孔壁直接接触。绑扎锚索不应采用镀锌

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

铁丝，是为了防止产生电化学腐蚀。不同金属之间都存在着电位差，镀锌铁丝的镀锌层与钢丝或钢绞线长期直接接触，将产生电化学腐蚀。

钢丝或钢绞线与内、外锚头嵌固端范围内，如果各根的长度不一致，张拉时将造成受力不均匀，容易出现“断丝”、“滑丝”以及外锚塞突然飞出等现象。

为了使内锚固段注浆浆液均匀地包裹锚索的各根钢绞线，俯角小于30°的黏结式锚索的内锚固段与自由段之间须设止浆环。

6.0.5 无黏结预应力锚索锚固段和自由段同步灌浆比分两次灌浆既方便施工、成本较低，又可以保证灌浆质量。

6.0.6 张拉设备的标定是一项基础性工作。根据标定结果，对张拉设备的出力情况（即施加荷载的大小）进行控制。

超张拉持荷稳压可以部分弥补由于预应力钢材的松弛和围岩的徐变引起的预应力损失，可以弥补大部分孔壁摩阻损失。由超张拉卸荷到设计张拉力可以保证孔底与孔口应力更接近一致，这对层状的、多滑动面岩体的稳定尤其重要。

张拉结束后经过一个时段，初期的预应力损失（占全部预应力损失的比例较大）已经完成，再进行补偿张拉，可以将初期的预应力损失全部补偿回来。

6.0.7 为防止钢丝锈蚀，保持锚索的预应力，预应力锚索均应封孔灌浆。为了保证全孔封灌密实，排气管必须畅通。

6.0.8 根据张拉工艺的需要，有些型式的锚索必须留有足够的外露长度与千斤顶联接。施工结束后，多余的外露长度应予切除，以利永久防护，但要求切除后锚具以外还应保留一定长度。外锚头保护的目的是为了防止锈蚀和被碰撞破坏。

6.0.9 张拉过程中的主要数据应包括：钢丝或钢绞线的位移值、超张拉的荷载值、持荷稳压时间、锁定时的荷载值、锁定后的预应力损失等。如果位移值过大，则应考虑是否锚固段出现了滑移，并采取补救措施。钢丝的受力情况可采用粘贴应变片来测定：而

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

测定钢绞线受力情况则需先灌铅或锡，把钢绞线的各根钢丝结合成一体后，再粘贴应变片。锚索预应力损失情况可由上述应变值推算，或者采用在外锚头处安设压力传感器或测力环来测定。

6.0.10　由于预应力锚索施工工序多、技术要求高、造价高，所以应该在正式施工前进行性能试验。通过试验，可确定锚索是否有足够的承载力，验证预应力钢材的力学性能，检验锚索的塑性变形；可检验张拉设备的性能和锚具的可靠性。

网易 NetEase 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

7 喷射混凝土施工

7.1 原 材 料

7.1.1 优先选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，是因为其 C_3A 和 C_3S 含量较高，凝结时间较快，特别是与速凝剂有良好的相容性，性能也比较稳定。矿渣水泥和火山灰质水泥早期强度较低，喷混凝土采用这两种水泥时，应适当提高水泥强度等级。当地下水含有硫酸盐腐蚀介质，可采用抗硫酸盐水泥。对喷混凝土有早强要求时，可采用硫铝酸盐水泥或其他早强水泥。

7.1.2 天然砂磨圆度好，级配良好，应优先选用。

为了保证喷射混凝土的质量，减少收缩，降低施工粉尘，应采用中粗砂，细度模数宜为 2.5～3.0。

对干喷法而言，砂的含水率宜控制在 5%～7%，是为了减少搅拌混合料时的粉尘；有利于水泥的充分水化及混合料在喷头处加水后易于混合均匀，减少回弹；喷头处加水量比较稳定，使喷射手便于掌握加水量，有利于保证喷射混凝土的质量。

尽管目前国内的喷射机可使用最大粒径为 25mm 的粗骨料，但为了减少回弹率，避免堵塞管路，故规定最大骨料粒径不宜大于 15mm。

骨料级配是影响喷射混凝土强度的重要因素。经过大量的试验研究和工程实践，表 7.1.2 给出的骨料级配最佳。

碱性速凝剂与含有活性二氧化硅的骨料（即碱活性骨料）容易产生碱骨料反应，引起喷射混凝土的开裂破坏。

7.1.3 从施工现场收集的回弹骨料中，含有速凝剂、已部分水化的水泥以及杂物，再次使用将会降低喷混凝土强度。因此，在主体工程中不应重复使用，用于临时工程也需经过试验、论证。

7.1.4 为了加速喷射混凝土的凝结、硬化，提高其早期强度，减

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

少喷射混凝土施工时的回弹率和因重力而引起的混凝土脱落，一般在喷射混凝土中加入速凝剂。同一种速凝剂对于不同品种的水泥作用效果不同，因此，在使用前应做速凝剂与水泥的相容性试验。

当前，喷射混凝土外加剂的类型和品种不断增加，还经常将几种外加剂复合使用。为取得使用外加剂的最佳效果，防止某些负作用的发生，使用前应进行必要的试验。

7.2 施 工 机 具

7.2.2 几种国产干式喷射机技术性能见表7。

表7 几种国产干式喷射机的技术性能

指标		喷射机类型					
		CP-5	CP-9	PC5B	PC6B	PCZ-5	PZ-5D
适用范围		干喷、潮喷	干喷、潮喷	潮喷、半潮喷	潮喷、半潮喷	潮喷、半潮喷	干喷、潮喷、湿喷
生产能力干混合料 m^3/h		5	8.5～9	5	6	5	5
工作风压 MPa		0.2～0.4	0.2～0.4	0.1～0.4	0.1～0.4	0.15～0.4	0.2～0.4
耗风量 m^3/min		7～8	10～12	5～8	5～8	7～8	5～8
骨料最大粒径 mm		15	20	20	20	20	19
输料管内径 mm		50	65	50	50	50	51
输送距离 m	水平	200	200	200	200	200	140
	垂直			50	50	50	
电机功率 kW		5.5	7.5	4	5.5	5.5	5.5
外形尺寸 mm							
	长	1250	1300	1196	1300	1300	1400
	宽	780	800	740	800	740	
	高	1200	1300	1110	1200	1200	1150
重量 kg		700	850	560	750	750	700
研制单位		郑州康达支护技术有限公司	郑州康达支护技术有限公司	南京石诚井巷装备有限责任公司	南京石诚井巷装备有限责任公司	南京石诚井巷装备有限责任公司	山东科技大学正信机电设备厂

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

7.2.3 采用湿式喷射机喷射混凝土，具有强度高、粉尘浓度小、工作环境好等优点。湿喷混凝土技术在国外已普遍应用，生产的湿喷机的性能也比较稳定。我国近几年也越来越多地采用湿喷技术，湿式喷射机也开始批量生产。几种湿式喷射机的技术性能见表 8。

表 8 几种湿式喷射机的技术性能

型号		CPS2000	HPZ-5	HTS-300	SPZ-6	HSP-5	AL-500
生产能力 m^3/h		5	5.5	4～5	6	4.5～5	10～15
骨料最大粒径 mm		15	20	25	25	15	15
输料管内径 mm		50/65	50		51	50～60	65
压缩空气耗量 m^3/min		12～15	7～8	8～10	9	15	20
最大输送距离 m	水平	30	200	40	40	30	30
	垂直			20			25
机重 kg		1500	700	1020	850	1080	13500
外形尺寸 mm	长	2600	1520	2250	1790	2160	7400
	宽	1100	820	1150	900	1050	2340
	高	1350	1280	1300	1200	1170	3000
研制单位		郑州康达支护技术有限公司	温州工程机械厂	安庆恒特工程机械有限公司	北京矿冶研究总院机械研究所	鹤壁煤业机械设备制造有限责任公司	瑞士

7.2.4 采用强制式搅拌机可以降低粉尘浓度。

7.2.5 喷射混凝土施工所用的压缩空气，风压与风量均应满足要求。若风压与风量不足，物料在管路内的运动速度减慢，易产生堵管，也会减弱冲击捣实力，造成混凝土的密实性差。

压风进入喷射机前应进行油水分离，以免压风中的油污进入喷射混凝土中，影响混凝土的质量。

7.2.6 在喷射混凝土施工中，输送混合料的输料管要承受

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

0.1MPa～0.6MPa 的压力，管壁要经受混合料的反复磨损。为了保证施工安全并满足正常施工的要求，对输料管的技术性能做了相应的规定。

7.2.7 混合料通过喷头时的压力约为 0.1MPa，为使水环喷出的水能穿透混合料料流，使水与混合料均匀混合，要求供水压力必须超过 0.2MPa。供水设施一般为高位水池、水泵或加压水箱。

7.2.8 当喷射机喂料口高度较大，或者混合料含水较多、速凝剂需要在喷射机入口处掺入时，宜采用皮带机上料。皮带机倾角不能过大，以避免混合料分离。

7.2.9 在大断面洞室和险段的喷混凝土施工中，机械手有着明显的优越性，应尽可能采用。

7.3 混合料的配合比、拌制和运输

7.3.1 本标准所规定的配合比，是经过多年实践验证的，而且是普遍采用的。按规定的配合比拌制混合料，可保证喷射混凝土的强度，减少回弹，降低粉尘。

由于不同品种速凝剂的速凝效果不同；即使同一品种的速凝剂，对不同厂家生产的同一规格的水泥，也有不同的速凝效果。如果速凝剂或其他外加剂掺量不当，不仅会影响速凝效果，而且会影响混凝土的早期强度和后期强度。因此，规定速凝剂和其他外加剂的使用，应根据产品说明书中提供的掺量范围，通过试验确定其最佳掺量。

目前用于喷射混凝土的外掺料主要是粉煤灰和硅粉。使用外掺料的目的主要是减少水泥用量、降低成本。在不影响喷射混凝土强度的前提下，其掺量有一个最佳范围。因此，必须通过试验确定其最佳掺量。

7.3.2，7.3.3 规定原材料称量的允许偏差和混合料的搅拌时间，是为了保证喷射混凝土的均匀性。

7.3.4 为了减少施工粉尘，可采用湿砂拌制混合料。由于拌成的

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

混合料是潮湿的，因此也称之为“潮喷法”。实践证明，砂料的含水量小于 6%时，减尘效果不明显。但若砂料含水量大于 10%，水泥易黏附于喷射机内壁，影响机械的正常工作，或在喷射过程中频繁出现堵管等故障。

水泥与水及速凝剂拌和后，很快就开始凝结，因此，混合料停放时间不宜过长。采用含水量为 6%～10%的湿砂料拌制的混合料，在加入速凝剂之后应很快就喷射出去，所以要求速凝剂在喷射机的上料皮带上或在输料管内掺入。

不掺速凝剂的混合料，存放时间超过 2h 也会出现初凝，因此要求存放时间不应超过 2h。

7.3.5 湿喷混凝土混合料加入速凝剂后必须立即喷射，避免水泥的水化作用提前发生。因此，要求速凝剂应在喷头或输料管的适当部位加入。湿喷混凝土经常采用液态速凝剂，配制液态速凝剂的用水量必须在拌制混合料时扣除。

7.3.6 无论是干混合料还是湿混合料，在喷射之前都不允许进入多余的水，以避免干混合料中水泥提前水化、湿混合料水灰比的加大而影响混凝土的质量。

7.4 喷射前的准备工作

7.4.1 为了保证安全文明施工，按计划顺利地进行喷射混凝土作业，必须在喷射混凝土施工前，清理好场地，拆除作业面障碍物。开挖面的浮石既威胁施工安全，若被喷混凝土覆盖也影响支护质量，必须清除。清除墙脚的石渣和堆积物，是为了使喷混凝土能够喷到墙脚，防止边墙喷层出现“失脚”现象。

用高压风水冲洗受喷面，可将岩面的岩粉、碎浮石冲洗掉，保证喷射混凝土与受喷面黏结牢固。

受喷面的污染可能表现为局部油污、局部烟熏（内燃设备排烟或其他烟熏）或砂浆（混凝土）污染等。这些污染都会影响喷混凝土与受喷面的黏结，应采取凿除、打毛或化学的方法

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

进行处理。

7.4.2 受喷面渗水、漏水，直接影响喷射混凝土施工质量。所以，必须在喷射作业前做好治水工作。尤其是在地下水水头较高的部位，更要重视治水工作。治水的方法很多，应因地制宜采取措施，但治水的原则是将渗水、漏水集中、导出，不使其被喷混凝土层覆盖后“击穿”混凝土。

7.5 喷 射 作 业

7.5.1 喷射机的正确使用是保证喷射混凝土施工质量的关键。因此，喷射机操作人员必须经过培训、持证上岗，在操作过程中严格执行操作规程，保证喷射机正常、稳定地进行工作。

完成喷射作业或因故中断喷射作业时，应清除喷射机和输料管内的积料，是为了方便喷射机的再次使用或安全地处理故障。

7.5.2 喷头的良好工作状态，主要包括水环出水孔的畅通和喷头各部件之间的良好密封。

实践证明，喷射作业时，当喷头与受喷面保持垂直，距离 0.6m～1.2m 的情况下，粗骨料易嵌入塑性砂浆层中，喷射冲击力适宜，一次喷射厚度大，回弹率低，粉尘浓度小。

干法喷射作业的水灰比，是由喷射手根据经验在喷头部位控制的，主要是凭经验目测。当喷射混凝土表面平整，呈湿润光泽，无干斑或滑移流淌现象，这时的水灰比是合适的，一般在 0.40～0.45。

7.5.3 喷射作业分段、分片依次进行，便于施工管理，有利于保证喷射支护的质量。喷射顺序自下而上，可避免松散的回弹物料污染待喷面，并且由于下部喷层对上部喷层的支托作用，有利于避免喷混凝土的脱落。

实践经验表明，只有当壁面上形成 10mm 左右的塑性层后，粗骨料才能嵌入。为减少回弹损失，一次喷射厚度不宜过小。但也不能过大，一次喷射厚度过大容易造成“离层”而影响混凝土

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

的黏结力与凝聚力，甚至因自重过大而脱落。

当喷射混凝土设计厚度超过本标准规定的一次喷射厚度时，则应分层进行喷射 。若前一层喷射混凝土未达到终凝就进行后一层喷射，会扰动前一层混凝土结构，并可能导致前一层混凝土与受喷面之间脱空甚至脱落。因此，要求后一层喷射应在前一层喷射混凝土终凝后进行。

工程实践表明，喷射混凝土终凝后 4h，在其紧跟的开挖工作面放炮，喷射混凝土的凝聚力及其与壁面的黏结力足以抵抗爆破的振动影响，不会导致混凝土开裂、脱空或脱落。

7.5.4 喷射混凝土表面的平整度对水工隧洞十分重要，壁面平整则糙率小，过流能力大。

7.5.5 影响喷射混凝土回弹率的因素包括原材料质量、水灰比、喷射速度、喷射距离和角度、喷射手技术熟练程度等。而回弹率的高低直接影响喷射混凝土质量、材料消耗量和施工效率。施工实践表明，只要正确地按有关规定施工，搞好施工质量管理，就能够达到规定的回弹率指标。

7.5.6 在低温条件下进行喷射混凝土作业，混凝土凝结时间延长，强度增长缓慢，使一次喷射混凝土的厚度减少，回弹率增大。为控制以上问题，要求作业区气温和混合料的温度不应低于+5℃；要求结合现场实际条件通过试验来决定速凝剂掺量。

喷射混凝土允许受冻的最低强度，原标准规定为 10MPa，本标准采用的是国标 GB 50086-2001 规定的标准。

7.5.7 喷射混凝土因砂率较高、水泥用量较大并掺有速凝剂，因而收缩变形要比现浇混凝土大。因此，在喷射混凝土施工后，应按规定进行喷水养护。

7.6 水泥裹砂喷射混凝土

7.6.1 水泥裹砂喷射混凝土是日本于 20 世纪 70 年代中期开发的一项喷射混凝土技术。我国从 20 世纪 80 年代初开始应用该项技

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

术，已在水工隧洞施工中有较多的应用。水泥裹砂喷射混凝土的工艺流程见图 2。

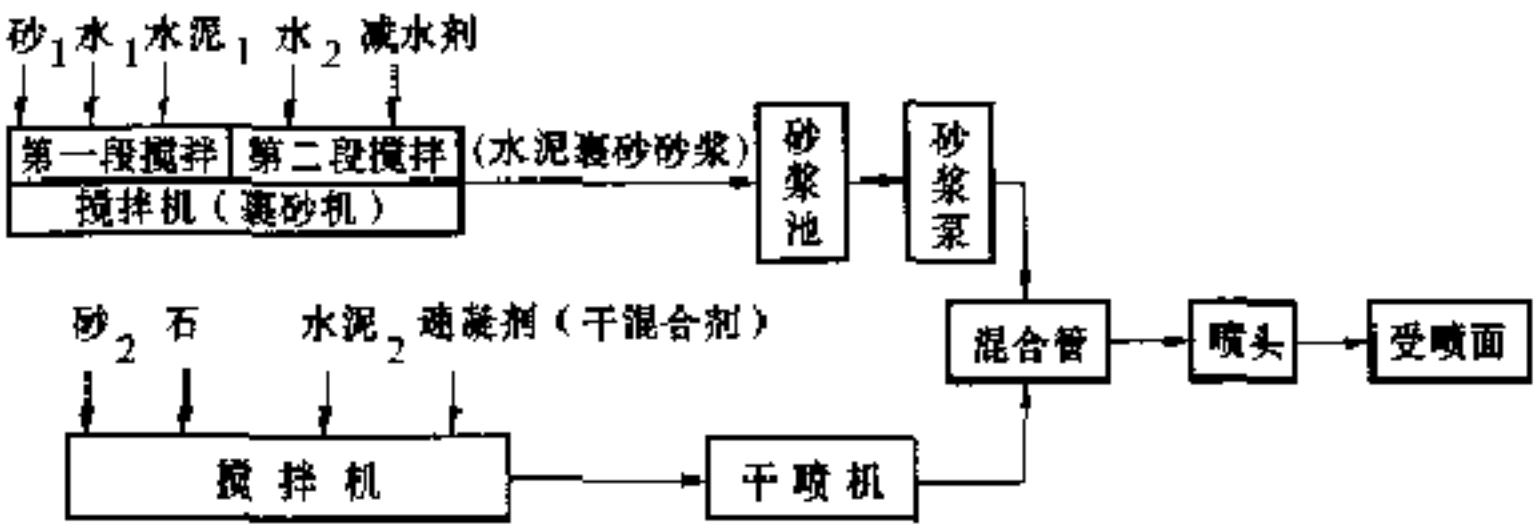


图 2　水泥裹砂喷射混凝土工艺流程

水泥裹砂喷射混凝土所用原材料分为两部分：一部分用于拌制水泥裹砂砂浆；另一部分用于拌制干混合料。喷射作业时，水泥裹砂砂浆由砂浆泵输送至混合管，同时干混合料由干喷机输送至混合管，二者汇合后经喷头喷出。

喷射作业时，砂浆泵输送的水泥裹砂砂浆与干喷机输送的干混合料的重量基本相同。选用干喷机的生产能力一般为 $3m^3/h$～$5m^3/h$，相应要求砂浆泵的生产能力达到 $4m^3/h$。

水泥裹砂喷射混凝土是通过调整砂浆泵的输送量来控制喷出料的稠度。当干喷机输送干混合料的量发生变化时，砂浆泵输送砂浆的量亦须相应变化，从而保证喷出的混凝土有适宜的稠度。因此，要求砂浆泵的出力在其额定的输送能力下必须是任意可调的。当采用电动螺杆泵、挤压泵或单缸泵时，其动力装置应为无级调速电动机，以便通过调整电动机的转速来控制砂浆泵的输送量。

单缸砂浆泵靠柱塞的往复运动输送砂浆，因此砂浆的输送过程是间断的，其间隔时间可通过砂浆泵柱塞每分钟的往返次数计算。

7.6.2　在确定水泥裹砂喷射混凝土的配合比时，首先确定总配合

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

比，然后分别确定裹砂砂浆和干混合料的配合比。

总配合比的确定可采用普通混凝土配合比设计的“绝对体积法”。混凝土的含气量可取 3%～5%。首先根据喷层的强度要求确定水灰比，再根据砂子的粗细在 55%～70%范围内确定砂率，再确定单位体积用水量（混凝土拌和物的坍落度可取 30mm～50mm）。水灰比、砂率和单位体积用水量确定后，便可计算出混凝土的总配合比。

裹砂砂浆的含砂量是根据砂浆泵的输送性能并通过试验确定的，应尽量取大值，以充分发挥裹砂法的优点。干混合料通常含有 10%的水泥，其作用是减轻混合料对输料管的磨损。当砂石表面含水较多时，会使混合料中的水泥变成稀浆，此时则不宜向混合料中加入水泥，而将全部水泥用于拌制裹砂砂浆。当砂浆内的含砂量和含水泥量确定后，裹砂砂浆及干混合料的配合比也就相应确定了。

7.6.3 裹砂砂浆的造壳用水量由造壳水灰比确定。裹砂砂浆的水泥重量（包括掺合料）乘以造壳水灰比，即为造壳用水量。造壳用水量减去砂浆内的砂子表面含水量（当砂子吸水未达饱和状态时，表面含水量为负值）即为一次搅拌用水量。

裹砂砂浆的拌制程序有“三段法”和“两段法”两种。“三段法”是先将砂和一次搅拌用水加入搅拌机进行搅拌，使砂表面充分湿润；再将水泥（包括掺合料）加入搅拌机进行搅拌（这一过程称为“造壳”）；造壳搅拌完成后，将二次搅拌用水（总用水量减去造壳用水量）和减水剂加入搅拌机，拌制出水泥裹砂砂浆。“两段法”是将“三段法”的前两步合并为一步。当采用反向双转式或行星式混凝土搅拌机时，可采用“两段法”；采用一级强制式搅拌机时宜采用“三段法”。

7.6.5 水泥裹砂喷射混凝土作业时，砂浆泵的出力须根据喷射机的出力来定。在喷射作业开始时，首先使砂浆的输送量达到所需的砂浆匹配量，在此基础上根据喷出料的状态进行微调。砂浆泵

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

的操作人员根据喷射手的指示调整砂浆的输送量。

由于造壳作用改善了喷射混凝土骨料的界面效应，提高了喷射混凝土强度及混凝土与壁面的黏结力，使一次喷射厚度可增加到 120mm。

由于水泥裹砂喷射混凝土中骨料介面效应的改善，回弹量也大大减少。几个采用水泥裹砂喷射混凝土工程实例回弹率如下：富尔江引水隧洞边墙回弹率 9.5%，顶拱回弹率 15%；甘堡水电站引水隧洞边墙回弹率 9%，顶拱回弹率 16.3%；东风水电站回弹率平均 9.7%。

7.7 钢纤维喷射混凝土

7.7.1 在钢纤维喷射混凝土中如果混入过长的钢纤维，则钢纤维容易成团，影响正常施工；如果混入过短的纤维，则影响钢纤维的抗裂能力及混凝土的抗拉强度。根据国内、外工程实践，钢纤维长度以 20mm～25mm 为宜，其长度偏差不应超过长度公称值的 ±5%。

钢纤维表面如果有明显的锈蚀、油渍或其他污染物，将影响钢纤维与混凝土的黏结，故不得采用。

为充分发挥钢纤维喷射混凝土具有较高抗拉强度的特点，要求所使用的水泥强度等级不宜低于 42.5。

试验表明，骨料粒径越大，钢纤维在混凝土基体中分布的均匀性就越差。钢纤维分布不均匀不仅降低对混凝土裂缝扩展的约束力，还严重影响混凝土的强度。为充分发挥钢纤维的作用，规定骨料粒径不宜大于 10mm。

7.7.2 拌制钢纤维喷射混凝土的混和料，可采用强制式搅拌机，也可采用自落式搅拌机。采用强制式搅拌机，必须配合使用钢纤维播料机，边搅拌边添加钢纤维，将钢纤维均匀添加到强制式搅拌机内与砂、石、水泥均匀混合。采用自落式搅拌机，可将钢纤维过筛后连同砂、石、水泥一起放进上料斗进入搅拌机进行搅拌。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

由于滚筒的不断翻滚抖落，使钢纤维均匀分散到混合料中。

无论采用哪种搅拌方法，都要求钢纤维在混合料中分布均匀，不得成团，以保证混凝土质量和施工的顺利进行。

钢纤维喷射混凝土表面往往有钢纤维穿出。为防止外露的钢纤维伤人及钢纤维锈蚀，应素喷砂浆覆盖其表面。

网易 NetEase 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

8 锚喷联合支护施工

8.1 钢筋网喷射混凝土

8.1.1 钢筋网喷射混凝土的作用是依靠钢筋网与喷射混凝土的黏结，增强锚喷支护的整体性，提高喷射混凝土的抗剪切能力。为保证钢筋网的质量，应对钢筋的规格、材质进行检查，钢筋使用前应除锈、除污，钢筋网的网格尺寸应符合设计要求。

8.1.2 要求钢筋网沿开挖面铺设，是为了使钢筋网较好地被喷射混凝土覆盖。钢筋网应与锚杆联结牢固，否则喷射混凝土时容易产生颤动，影响喷混凝土的凝结，使喷层与钢筋之间或喷层与围岩之间的黏结遭到破坏，甚至造成喷层的脱落。

8.1.3 本条规定有利于减少喷射混凝土的回弹，防止喷层架空，保证混凝土的密实性。

8.1.4 开始向钢筋网喷射混凝土时，要适当减小喷射距离，以提高喷射混凝土料流的冲击力，使混凝土挤入钢筋网背后，保证钢筋网被混凝土完全包裹，并使混凝土喷层密实。当喷射表层混凝土时，再适当拉大喷射距离至 0.6m～1.2m，使混凝土喷层厚度均匀，表面平整。

如有脱落的混凝土或大量回弹物被钢筋网架住，则喷混凝土无法与岩面黏结，在钢筋网与岩面之间形成空腔，严重影响钢筋网喷射混凝土支护的质量。这时应及时清除架空的物料，重新喷射混凝土。

8.1.5 喷射混凝土填满钢筋与岩面之间的空隙并与钢筋黏结良好，才能使钢筋网喷射混凝土支护与围岩形成整体，共同承载，充分发挥围岩本身的承载能力。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

8.2 钢拱架、钢筋网喷射混凝土

8.2.2 钢拱架支护要求钢拱架尽量紧靠岩面，以便于在钢拱架与岩面之间加楔子楔紧。所以，安装钢拱架之前应测量洞室的开挖轮廓尺寸，如实际开挖轮廓尺寸与钢拱架的形状尺寸出入较大，应对后者进行调整，以保证其能够紧靠岩面。

由于安设钢拱架的部位围岩条件差，对钢拱架受力要求较为严格，所以对钢拱架的安装精度作了规定。

为保证钢拱架可靠地承受荷载，其底脚必须置于可靠的基础上。

为了使钢拱架安装后马上能够承受围岩的荷载，应在钢拱架与围岩之间加若干个楔子，用来传递荷载。相邻钢拱架之间联结牢靠，有利于钢拱架作为整体承受荷载，提高承载能力。

将钢拱架与锚杆相连接，有利于钢拱架与围岩共同发挥作用，提高承载能力。

8.2.3 要求钢筋网不被钢拱架隔断，是为了保证钢筋网喷射混凝土支护的整体性。双层钢筋网的第二层钢筋网焊接在钢拱架上，有利于钢筋网喷射混凝土与钢拱架联合承载。

8.2.4 用喷射混凝土将钢拱架与岩面之间的空隙充填密实，有利于钢拱架与喷混凝土层及围岩共同发挥作用，提高承载能力。

为了适应围岩的变形，有时将钢拱架制成可缩型。对于可缩型钢拱架的可缩性节点，喷射混凝土时应加以保护，以保证其变形灵活。

8.3 不良地质条件下的锚喷联合支护

8.3.1 在特殊的地质条件下，围岩变形比较复杂，影响因素很多，仅靠理论计算不能完全解决问题，必须及时进行施工期现场监控量测，依靠监测信息准确掌握围岩变形情况和支护时机，及时调整支护方案和支护参数。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

紧跟开挖工作面进行支护、及时封闭开挖面、超前锚固、底拱锚固或封闭仰拱等措施，均能有效地限制有害变形的发展。

规定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 方可进行下一循环的爆破作业，可保证前一循环的喷射混凝土和锚杆达到一定强度。

8.3.2 有些危石已处于极限平衡状态，钻孔时的振动有可能使其塌落。对于拱部危石，为了保证施工安全，先素喷一层混凝土(最好采用机械手)，可以提高其安全度；再打设短锚杆(最好采用凿岩台车)，利用短锚杆挂一层钢筋网；再喷一层混凝土，可以进一步提高其安全度；在此基础上，再打设深部锚杆，可以对危石进行彻底的加固。对于边墙部位的危石，为了保证安全，一般采用挖一层、锚一层的“边挖边锚”的措施，特殊情况下需要采取“先锚后挖”的措施。

8.3.3 一般认为，延伸的距离为 1 倍洞径左右。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

9 安全技术与防尘

9.1 安 全 技 术

9.1.1 锚喷支护作业在很多情况下是在围岩稳定性差的地段进行。为了保证施工安全，必须制定详细的、切实可行的安全技术措施，采取合理的施工程序和技术措施。

9.1.3，9.1.4，9.1.5 锚喷施工使用压缩空气、压力水、压力油的设备和器具，均应具有足够的耐压能力和良好的密封性能；使用过程中应能及时、准确掌握并控制其使用压力，使其不超过额定压力；发现耐压部件出现薄弱部位，应及时处理，以防止有压力物质突然泄漏，造成事故。

9.1.7 施工过程中处理故障时，必须停机、断电、停风，防止机械误动作造成事故。故障处理结束，在开机送风、送电之前，通知有关作业人员，防止有人处于危险位置而因突然开机受到伤害。

9.1.9 喷射混凝土作业时，输料管堵塞是常会发生的，如处理措施不当，易造成人身伤害。采用敲击法疏通比较安全，这种方法要求停风操作，通过敲击输料管，使堵塞的物料松动，随着敲击，物料随着从输料管中倒出，直至输料管被全部疏通。如果采用压风疏通，必须控制风压不能过大；保持管路顺直以减少阻力，并防止疏通的瞬间由于压风的反作用力使管路突然摆动；喷头必须可靠地固定以防止喷头摆动。

9.1.10 如果喷头或注浆管的操作人员与喷射机或注浆器的操作人员不能随时联系，很容易造成误操作而发生事故。

9.1.11 张拉预应力锚索和预应力锚杆时，因为锚固不可靠而造成的张拉设备的部件甚至整个锚索（锚杆）连同张拉设备一起被弹出的情况有可能发生，所以要求人员不得处于正对锚孔的方向，

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

防止万一发生伤害事故。

9.1.13 竖井内输料钢管的连接，法兰连接比焊接易于操作，而且适应变形的能力大。悬吊钢管应采用钢丝绳，应该在钢管的全长上悬吊，每隔一定的高度，将钢管与钢丝绳加以固定，以减少法兰连接承受的荷载。

9.1.15 外加剂及树脂材料一般对人体皮肤有腐蚀，应避免皮肤直接接触这些材料。

9.2 防 尘

9.2.1 喷射机如果密封不好，水泥会随泄漏的压风进入空气，增加粉尘浓度。所以，喷射机必须保持良好的密封性。

9.2.2 锚喷支护作业的粉尘主要来源于水泥。经测定，喷射混凝土粉尘中游离二氧化硅含量一般在 10%以下。国内外有关标准规定，喷射混凝土作业时的粉尘浓度不应大于 10mg/m^3。我国及几个国家有关标准见表 9 和表 10。

表 9 国内容许的最高粉尘浓度 mg/m^3

游离二氧化硅含量	煤炭	冶金	工业企业卫生标准
>10%	2	2	2
<10%	10	10	6*
			10**

注：表中的“*”为水泥粉尘，“**”为煤粉尘。

表 10 国外容许的最高粉尘浓度 mg/m^3

游离二氧化硅含量	美国	瑞典	前苏联	日本	法国	英国	朝鲜
>10%	2	2	2	2	2.4~0.65	2	2~5
<10%		5	4	5	8	5	10
	10*	10*		10*		8**	

注：表中的“*”为水泥粉尘，“**”为煤粉尘。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

9.2.3 为了降低喷射混凝土作业中的粉尘含量，国内外都做了大量的研究、测试，通过工程实践创造、推广了不少行之有效的工艺和措施，例如湿喷法、水泥裹砂法、潮料掺浆法等，都能有效地降低粉尘含量。此外，在喷头处采用双水环，在喷射机及混合料搅拌站设置除尘器，在作业面设除尘水幕，加强通风，采用增黏外加剂等，都是有效的降尘、防尘措施。要使粉尘浓度不超过容许浓度，必须采取先进的技术和工艺，采取综合防尘措施。

网易 NetEase 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

10 质 量 检 查

10.1 锚 杆、锚 索

10.1.2 摩擦型锚杆主要检查其抗拔力。全长黏结型锚杆抗拔力的检查不能取代锚孔内黏结材料密实度的检查，因为只要黏结长度超过 40 倍杆体直径，其抗拔力一般都能满足要求，但锚孔中并不一定都充满了黏结材料。

如何检查锚杆孔内黏结材料的密实度，国内目前还没有简单易行的可靠方法，只能根据施工现场的具体条件而定。要保证黏结材料的密实度，主要依靠采取合理、可靠的工艺措施来实现。瑞典生产的 011 型锚杆估测仪在国际上已较为普遍地应用，但也只适用于长度不超过 4m 的锚杆。它用弹性波的传播情况来判定注浆的饱满程度，将测定结果分为 A、B、C、D 四种情况，分别代表注浆饱满度好、较好、合格和不合格四种。在国内，铁道部科学研究院采用上述原理开发研制了一种注浆饱满程度检测仪器，尚未推广采用。

在抽取的每一组试件中，应包括边墙和顶拱锚杆，因为同样的注浆工艺对于边墙和顶拱的锚杆注浆效果可能不同。

10.1.3 张拉锚杆仅用于临时支护，其张拉力不大，而且张拉时一般不测定张拉力，由操作人员采用适当长度的扳手尽力拧紧螺帽即可。所以，检查其质量时，主要观察垫板与岩面是否紧密接触、垫板的强度和刚度是否足够即是否出现弯曲变形。

预应力锚杆一般用于跨度较大的洞室或对深部结构面加固，其质量好坏对工程的安全性有重要影响。所以检查预应力锚杆的质量，不能仅凭观察，更重要的是要检查锚杆性能试验结果、验收检验资料和施工记录，判断其是否符合设计要求。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

10.2 喷 射 混 凝 土

10.2.1 影响喷射混凝土质量的因素主要是材料质量和施工工艺。喷射混凝土的原材料包括水泥、砂、石、速凝剂等。控制喷射混凝土的质量必须首先控制原材料的质量。因此，要求水泥必须符合国家标准的规定，并必须有出厂合格证；砂、石的质量必须符合设计要求；速凝剂等外加剂应符合行业标准，并有产品合格证。

由于材料用量较大，每批材料都有差异，因此每批材料进场后均应进行单项质量检查。

10.2.2 由于材料配合比受人为因素影响，每次制备的混合料也不完全相同，因此每班作业至少应对配合比抽查两次，并详细记录抽查情况。

10.2.3 抗压强度是喷射混凝土的主要力学指标。一般情况下，喷射混凝土抗压强度也能反映其他力学性能，所以只检查其抗压强度指标即可。一些重要工程，当有特殊要求时，还要测定其抗拉强度、与围岩的黏结强度和抗渗强度等。

为了真实反映喷射混凝土的施工质量，喷射混凝土强度的检验试件必须在喷射作业过程中抽样，可采用喷大板法制取，也可以在喷射混凝土达到一定强度后，在工程的代表部位钻取芯样。

10.2.4 喷射混凝土强度验收合格条件分为永久支护工程和临时支护工程两种情况。

临时支护工程的规定，其设计强度等级的保证率只有 50%。

永久支护工程的规定，其设计强度等级的保证率可达 95%以上。主要考虑以下几个方面：

1 采用计量抽样检验方案，能以较少的检验数量，得到有关产品质量的较多信息。

2 采用母体标准未知的形式。这对于地下工程施工水平不易稳定、喷射混凝土质量易于波动的情况较为适用。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

3　在限制漏判概率的同时，也适当限制错判概率。

4　验收函数 $f'_{ck}-K_1S_n$ 中的 K_1 值服从中心 t 分布规律。当试块组数一定时，K_1 值越大，则错判概率越大，而漏判概率越小，验收标准越提升，可能造成工程费用的浪费；K_1 值越小，验收标准越降低，可能造成对结构物安全的不利影响。为保证漏判概率不随试块组数而变化，K_1 值的取值必须随试块组数的增加而减小。本标准表 10.2.4 即为漏判概率限制在 20% 左右所取得的 K_1 值，为简便计，分为三档。

10.2.5　对于有压水工隧洞等有特殊要求的洞室，考虑洞室渗漏的影响，应检查喷射混凝土的抗渗指标。考虑外水压力的影响时，应检查喷射混凝土的抗渗指标、抗拉强度、与围岩的黏结力。寒冷地区，应检查喷射混凝土的抗冻性能。

采用喷射混凝土对水工建筑物补强加固时，应检查喷射混凝土与受喷面的黏结强度。

10.2.6　采用钻孔方法检查喷射混凝土厚度，宜在喷射混凝土施工完 8h 内用短钎杆将孔钻好。此时混凝土强度较低，易于钻孔，若发现厚度不够，亦便于及时补喷。孔内混凝土与围岩黏结紧密、两者颜色相近而不易辨认喷层厚度时，可用酚酞试液涂抹孔壁，混凝土因具有碱性而表面呈红色。

10.2.7　喷射混凝土的整体性检查应在工程验收时进行，以外观检查为主。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com