

中华人民共和国行业标准

P

SDJ 57—85

水利水电地下工程锚喷支护 施 工 技 术 规 范

1985—01 发布

1985—05—01 实施

中华人民共和国水利部
电力工业部 发布

水利电力部水利水电建设总局
关于颁发《水利水电地下工程锚喷支护
施工技术规范》的通知

(85) 水建技字第 2 号

为了加强技术管理，提高锚喷支护工程的质量和经济效益，更好地进行水利水电工程建设，我局组织有关单位编制了《水利水电地下工程锚喷支护施工技术规范》SDJ 57 k 85，现予颁发，自一九八五年五月一日起执行。请各单位在执行本规范过程中注意总结经验、积累资料。如发现问题，请将意见和有关资料报送我局。

一九八五年一月

目 次

第一章 总则.....	(3)
第二章 锚杆和锚索施工.....	(3)
第三章 喷射混凝土施工.....	(6)
第四章 特殊条件下的锚喷支护施工.....	(9)
第五章 锚喷支护施工的安全与防护.....	(9)
第六章 锚喷支护施工的质量检查	(10)
附 录	(13)
附录一 注浆密实性试验方法	(13)
附录二 喷射混凝土施工作业区粉尘浓度的测定方法	(13)
附录三 喷混凝土抗压强度试验方法	(13)
附录四 喷混凝土抗渗性试验方法	(14)
附录五 喷混凝土抗拉强度试验方法	(14)
附录六 喷混凝土与岩面粘结强度的测定方法	(14)
附录七 锚杆抗拔力试验方法	(14)

第一章 总 则

第 1.0.1 条 锚杆、喷射混凝土、以及由它们组合而成的其它支护型式的施工，均应遵守本规范的有关规定。

第 1.0.2 条 采用锚喷支护的洞室，应按现行《水工建筑物地下开挖工程施工技术规范》SDJ 212 k 83 的有关规定搞好光面爆破或预裂爆破。

第 1.0.3 条 喷头和注浆管的操作人员，喷射机和注浆器的司机，须经培训和考核合格后方能执行正式施工任务。

第 1.0.4 条 施工单位应搞好现场管理和场地安排，实现与洞内其它施工项目的平行交叉作业，并使主要操作人员相对稳定，保证锚喷支护施工作业的正常进行，不断提高施工质量。

第 1.0.5 条 施工单位应建立健全锚喷支护的质量检查制度，配备专职人员，采用自检和专职检查相结合的方法，将质量检查工作贯穿于锚喷支护施工的始终，切实把好质量关。

第 1.0.6 条 永久性和临时性的锚喷支护施工，均应执行本规范的有关规定。

一、临时性的锚喷支护，其原材料和支护参数，可根据洞室规模、地质条件、施工方法等方面的情况来决定。

二、若临时支护工程作为永久支护的组成部分，其原材料和支护参数的选择应满足设计要求。

第 1.0.7 条 锚喷支护施工，设计、地质、施工三方面必须密切配合，根据围岩条件的变化情况，因地制宜地调整支护方案和施工措施，做到安全可靠、经济合理。

第二章 锚杆和锚索施工

第一节 一般规定

第 2.1.1 条 用作锚杆或锚索的钢筋或钢丝，必须符合下列规定：

- 一、材料性能指标满足设计要求。
- 二、牌号不明或混合存放的材料，经试验证明其性能指标满足要求后方可使用。
- 三、使用前经过调直、除锈、去污等处理。

第 2.1.2 条 锚杆孔施工应遵守下列规定：

- 一、根据设计要求和围岩情况决定孔位，做出标记，开孔偏差小于 10 cm。
- 二、系统加固锚杆的孔轴方向垂直于洞室的开挖轮廓线，局部加固锚杆的孔轴方向一般与可能滑动面的倾向相反并约成 45° 的交角。各种锚杆的偏差角应符合设计要求。

三、打孔前选好钻头尺寸。若采用“先注浆后锚杆”的程序，钻头直径比锚杆直径大 15 mm 以上；若采用“先锚杆后注浆”的程序，钻头直径比锚杆直径大 25 mm 以上。

四、锚孔深度必须达到设计要求，孔深偏差值不大于 5 cm。

五、孔内的岩粉和积水必须清除干净。

第 2.1.3 条 根据需要可在锚杆和锚索孔的充填料中掺入减水、早强、速凝等外加剂，但它们不得含有对锚杆或锚索体产生腐蚀作用的化学成分。

第二节 砂浆锚杆

第 2.2.1 条 水泥砂浆按下列规定配制：

一、水泥和水的质量要求同第三章第二节。

二、配比（重量比）为：

1. 水泥：砂=1:1~1:2；

2. 水泥：水=1:0.38~1:0.45。

三、骨料宜采用中、细砂，最大粒径应小于 2.5 mm，使用前须过筛。

四、砂浆标号必须满足设计要求。

第 2.2.2 条 锚杆安装按下述规定进行：

一、检查注浆器工作性能，注浆前应用水或稀水泥浆润滑管路。

二、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。

三、锚杆安装宜采用“先注浆后插杆”的程序进行，安装后孔内必须填满砂浆，孔口应采取临时性固定措施。

必要时，通过“注浆密实性试验”决定注浆工艺，试验方法见附录一。

第 2.2.3 条 锚杆安装后，在砂浆凝固之前不得敲击、碰撞或拉拔锚杆。

第三节 楔型预应力锚杆

第 2.3.1 条 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。

第 2.3.2 条 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垫板、螺帽等部件为适度。

第 2.3.3 条 永久性支护或作为永久性支护组成部分的锚杆，不得采用枕木等非金属易腐材料制成的垫板。

第 2.3.4 条 楔缝式锚杆安装应遵守下列规定：

一、入孔前，将楔子与杆体组装好。

二、锚杆就位后，对杆体的外露端施加冲力使内锚头张开并与孔壁紧密结合。

三、安装垫板，拧紧螺帽。

第 2.3.5 条 倒楔式锚杆安装应遵守下列规定：

一、入孔前，应将外楔片、楔块和冲击杆等部件组装好，并作初步捆扎定位。

二、锚杆就位后，对“冲击杆”施加冲力将楔片楔紧，抽出冲击杆。

三、安装垫板，拧紧螺帽。

第 2.3.6 条 锚杆的张拉应按下述规定进行：

一、可采用空心千斤顶、拉伸机、扭力搬手等机具进行，张拉过程中应保持锚杆轴向受力。

二、张拉力的大小须满足设计要求。

三、间距较小的锚杆群，应注意相邻锚杆张拉时的相互影响。

四、对出现异常现象的锚杆应采取相应的处理措施。

第 2.3.7 条 永久性支护的预应力锚杆应按下列要求对锚孔灌注水泥砂浆。

一、采用“先锚杆后注浆”程序。

二、水泥砂浆的质量要求与第 2.2.1 条规定相同，但可根据施工需要适当提高水灰比。

三、注浆工作应在锚杆张拉后的几天之内进行，注浆方法与第 2.2.2 条相同。

第四节 预应力锚索

第 2.4.1 条 预应力锚索的钻孔应符合下列规定：

一、严格按设计要求造孔。开孔偏差不大于 20 cm，孔深误差小于 10 cm，孔轴偏斜度不大于 3°（若系“对穿型”锚索，偏斜尺寸应小于一倍孔径），孔底处的孔径偏差小于 10 mm。

二、若发现孔深虽已达到预定尺寸，但仍未穿透破碎带或断层带等软弱岩层时，应延长孔深，直至深入稳固岩层的深度稍大于内锚固段长度时为止。

三、破碎或渗水量大的围岩安装锚索之前应对锚孔进行灌浆处理。

第 2.4.2 条 当施加的预应力吨位较大时，应于孔口部位浇制混凝土支承墩，其承力面应平整且垂直于锚索的受力方向，并预设灌浆孔的排气孔。

第 2.4.3 条 锚索体加工应遵守下列规定：

一、选用表面没有损伤的高强钢丝或钢绞线，严格按设计尺寸投料。

二、沿锚索的轴线方向每隔 1 m 左右设置一个隔离架或内芯管，按一定规律编排钢丝或钢绞线并绑扎成束，但不宜采用镀锌铁丝做捆绑材料。

三、钢丝或钢绞线与内、外锚头的联结必须牢固，其抗拉力应大于锚索的超张拉荷载。

四、在锚索体与内、外锚头嵌固端的这一区间内，每根钢丝或钢绞线的长度应一致。

第 2.4.4 条 锚索的安装应遵守下列规定：

一、采用纯水泥浆作内锚固段的胶结材料时，浆液水灰比为 0.4~0.5，原材料质量应满足第三章第二节的有关规定。可根据需要掺入外加剂，但它们不得含有腐蚀钢丝的化学成分。

二、若采用机械式内锚头，在锚索入孔前应采取措施防止外夹片的脱落。

三、安装后，锚索体不应与孔壁接触。

第 2.4.5 条 锚索的张拉和锁定按下列规定进行：

一、使用的张拉设备（拉伸机或千斤顶），必须经过标定。

二、孔口的混凝土底座与钢垫板之间、垫板与张拉设备之间的接触面，应为平整的平面。

三、锚索群的张拉程序，应考虑邻近锚索张拉时的相互影响。

四、逐级增大张拉力，其最大值可取设计荷载的 1.05~1.10 倍、稳压 10~20 min 后锁定。

五、锁定后的 48 h 内，若锚索应力下降到设计值以下时，应进行补偿张拉，直至锚索所保持的应力满足设计要求时，再进行封孔灌浆。

第 2.4.6 条 封孔灌浆应遵守下列规定：

一、作为永久性支护使用的锚索，应根据规定的压力，尽早对锚孔进行封孔灌浆。

二、使用普通硅酸盐水泥作灌浆材料。也可根据需要掺入外加剂，但它们不得含有硫、氯等化学成分。

三、灌浆时执行现行《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》SDJ 210 k 83 的有关规定。

四、水泥已达设计强度、锚索应力稳定后，可根据需要切除外露的钢丝或钢绞线。切口位置距外锚具应不少于 10 cm。

第 2.4.7 条 锚索施工过程中，应搞好质量控制的量测工作。主要项目如下：

一、张拉过程中内锚头的滑移量。

二、锚索体中钢丝或钢绞线受力的均匀程度。

三、锁定后的预应力损失情况。

第 2.4.8 条 应认真做好施工记录，其中包括锚索体加工、安装、张拉过程中的主要数据；

出现的问题和处理情况；锁定时的荷载值等有关资料。

第三章 喷射混凝土施工

第一节 施工机具

第 3.1.1 条 根据工程量、进度、工艺流程以及操作人员的技术经验等条件，选择工作性能好、技术指标先进的喷射机。

第 3.1.2 条 优先采用强制式搅拌机，在通风条件良好的洞外场地，也可采用自落式搅拌机。

第 3.1.3 条 输料管应能承受 0.8 MPa (8 kgf/cm²) 以上的内压并具有良好的耐磨性能。

第 3.1.4 条 水泵、水箱或其它供水系统，应具有 0.2 MPa (2 kgf/cm²) 以上的压力。

第 3.1.5 条 向喷射机供料的上料皮带应符合下列条件：

- 一、上料方便；
- 二、粉尘少；
- 三、混合料不产生分离现象。

第 3.1.6 条 采用的喷射作业机械手应满足下列要求：

- 一、工作性能好；
- 二、操作灵活、方便；
- 三、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；
- 四、配有自行设备，或者便于移动。

第二节 原材料

第 3.2.1 条 应优先选用标号不低于 425[#] 的新鲜普通硅酸盐水泥，也可采用标号不低于 525[#] 的新鲜矿渣水泥。它们的性能指标应符合现行的水泥标准。

必要时，经过试验论证也可使用特种水泥。

第 3.2.2 条 优先选用磨圆度较好的天然砂和卵石，也可采用机制的砂石料。

砂石料的质量必须满足现行《水工混凝土施工规范》SDJ 207 k 82 有关条款的规定，最大粒径为 15 mm，级配应满足表 3.2.2 要求。否则需经试验论证方可使用。一般情况下，回弹的骨料不宜重复使用。

表 3.2.2 喷射混凝土用骨料级配

项 目	通过各种筛径的累计重量百分数 (%)					
	0.6 mm	1.2 mm	2.5 mm	5 mm	10 mm	15 mm
优	17~22	23~31	35~43	50~60	73~82	100
良	13~31	18~41	26~54	40~70	62~90	100

第 3.2.3 条 施工中可使用速凝、早强、减水等外加剂，但喷混凝土的各项性能指标不得低于设计要求。在使用速凝剂时，水泥净浆试验的初凝时间不得大于 5 min，终凝时间不得超过 10 min。

第 3.2.4 条 喷射用水的质量必须满足现行《水工混凝土施工规范》有关条款的规定，且不影响速凝效果。

第三节 混合料的拌制、运输和使用

第 3.3.1 条 各种原材料均按重量计量，重量的允许偏差值如下：

水泥和速凝剂 2 %；
砂和石料 5 %；

第 3.3.2 条 进行材料的配比设计时，应在保证喷层性能指标满足设计要求的前提下，尽量减少水泥和水的用量。

没有条件进行配比设计时，可参照下列规定选用：

一、胶骨比：水泥：砂石料=1:4~1:5；

二、砂率：50 %~60 %；

三、水灰比：0.40~0.50。

四、速凝剂掺量：红星一型速凝剂掺量一般取水泥重量的 3 % 左右，其他品种速凝剂的掺量，应经过水泥净浆的凝结试验决定。

第 3.3.3 条 “干喷法”混合料的拌制和使用应符合下列规定：

一、采用含水量小于 4% 的干砂拌料时，速凝剂可在拌料时掺入。拌好的混合料，应在 20 min 之内使用完毕。

二、采用含水量为 4 %~10 % 的湿砂拌料时，在速凝剂加入后必须立即进行喷射。

三、不掺速凝剂的混合料，停放的时间不宜超过 2 h。

四、扣除骨料含水量后的全部用水量可从喷头或输料管中的适当部位加入。

第 3.3.4 条 “湿喷法”混合料的拌制和使用应符合下列规定：

一、全部用水量一次与水泥，砂石料拌和均匀。

二、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，拌料时应扣除这一部分水量。

三、喷射时，混合料不得出现“离析”和“脉冲”现象。

第 3.3.5 条 混合料必须拌和均匀，运输过程中防止雨淋、滴水或石块等杂物混入，装入喷射机之前应过筛。

第四节 喷射前的准备工作

第 3.4.1 条 应安排好施工场地，缩短混合料的运输距离，喷射机与受喷面之间的距离也应适当。

第 3.4.2 条 按下列要求做好喷射作业区的清理工作：

一、清除各种浮石或爆破震松的岩块。

二、挖除洞室中超过规定的欠挖部分。

三、拆除妨碍喷射作业的各种障碍物，安设工作台车或操作平台。

四、清除受喷面上的岩粉、岩渣和其他杂物。

五、妥善处理受严重污染的岩面。

第 3.4.3 条 喷射作业前应进行电气设备的检查和机械设备的试运行，并在受喷面和各种机械设备的操作场所配备充足的照明设备。

第 3.4.4 条 漏水或渗水现象严重的洞室或地段，喷混凝土施工前应做好治水工作。

第 3.4.5 条 应设置控制喷层厚度的标志。

第五节 喷射作业要点

第 3.5.1 条 操作喷射机应遵守下列规定：

- 一、严格执行喷射机操作规程。
- 二、连续向喷射机供料。
- 三、保持喷射机工作风压稳定。
- 四、完成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。

第 3.5.2 条 干喷法（包括潮喷法）施工，喷射手应遵守下列规定：

- 一、经常保持喷头具有良好的工作性能。
- 二、及时调整供水量，控制好水灰比。
- 三、认真操作，减少回弹率，保证喷层厚度，提高喷层表面平整度。
- 四、搞好与助手和喷射机司机的配合，保证喷射作业正常进行。

第 3.5.3 条 喷射钢纤维混凝土时，骨料的最大粒径不宜大于 10mm，并应采取有效措施，确保在混合料拌制、运输和喷射时钢纤维得以均匀分布。

第 3.5.4 条 喷射作业的其它规定：

- 一、较大范围的作业区应分段进行喷射，区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。
- 二、墙脚等拐角部位的松散堆积物必须清除干净，不得把它们包裹进喷层之内。
- 三、一次喷射的厚度以喷层不产生坠落和滑移为适度，后一次喷射应在喷层终凝之后进行，若间隔时间超过 1h，应把喷层表面的乳膜、浮尘等杂物冲洗干净。

第 3.5.5 条 寒冷地区或冬季施工时应遵守下列规定：

- 一、作业区气温不低于 +5℃。
- 二、混合料进入喷射机时的温度不低于 +5℃。
- 三、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。
- 四、做好喷层保温，其抗压强度达到 10 MPa (100 kgf/cm²) 之前不得受冻。

第 3.5.6 条 按下列规定做好喷层的养生工作：

- 一、喷层终凝 2 小时后开始喷水养护，在 14 d 之内应使喷层表面经常处于湿润状态。
- 二、喷混凝土工程量较大的现场，应设立专职养生人员。
- 三、气温低于 +5℃ 时，不得喷水养护；必要时，需采取保温防冻措施。

第六节 钢筋网喷射混凝土施工

第 3.6.1 条 使用的钢筋规格、钢材质量、钢筋网的网格尺寸，必须满足设计要求。

第 3.6.2 条 钢筋网应沿开挖面铺设，与岩面距离 3~5 cm。捆扎要牢固，在有锚杆的部位宜用焊接法把钢筋网与锚杆联结在一起。

第 3.6.3 条 喷射操作时喷头不得正对钢筋。

第 3.6.4 条 如发现脱落的喷层或大量回弹物被钢筋网“架住”，必须及时清除，不得包裹在喷层内。

第 3.6.5 条 喷射混凝土必须填满钢筋与岩面之间的空隙，并与钢筋粘结良好。喷射后，钢筋网上的喷层厚度应满足保护层的尺寸要求。

第四章 特殊条件下的锚喷支护施工

第 4.0.1 条 在松散、软弱、破碎等稳定性差的围岩中进行锚喷施工时，应遵守下列规定：

一、认真搞好现场监控量测，根据围岩变形情况掌握好支护时机，及时调整支护方案或支护参数。

二、围岩自稳能力很差时，锚喷支护应紧跟掌子面进行，并采取早强措施。

三、必要时，采取用喷层封闭掌子面、“超前锚固”、底拱锚杆或封闭仰拱等措施。

四、喷射作业完成后 4 h，砂浆锚杆安装后 8 h，方可在作业区附近进行爆破开挖作业。

第 4.0.2 条 易风化、吸水膨胀等一类围岩，开挖后应立即用喷层封闭岩面，并使边墙（或边拱）的喷层接底。

第 4.0.3 条 在锚喷支护中采用钢拱架时，应遵守下列规定：

一、钢架与围岩的间隙，应用喷混凝土充填紧密，并保证喷层与钢架的良好粘结。

二、设有锚杆的部位，钢架应与锚杆焊成一体。

三、必要时采用可伸缩钢架，喷混凝土施工时应在钢架的铰接部位留出伸缩缝。

四、若钢架作为永久支护的组成部分，钢架上的喷层厚度应满足保护层尺寸的要求。

第 4.0.4 条 对可能出现“岩爆”现象的围岩，开挖后应及早喷一层速凝早强混凝土，然后再进行常规的锚喷支护施工。

第 4.0.5 条 对可能塌落或滑移的“危石”进行加固时，应遵守下列规定：

一、拱部危石暴露后，先喷一层混凝土再安装锚杆。

二、边墙上出露的大块危石，根据“边挖边锚”原则，逐层进行，直至完成全部锚固工程为止。

第 4.0.6 条 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。

第五章 锚喷支护施工的安全与防护

第一节 安全技术

第 5.1.1 条 施工前应认真检查作业区的围岩稳定情况，必要时应进行适当处理。

第 5.1.2 条 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。

第 5.1.3 条 喷射机、注浆器等设备在使用前均应进行全面检查，必要时在洞外进行密封性能和耐压试验，满足要求后方可使用。

第 5.1.4 条 喷射机、注浆器、水箱、油泵等设备或压力容器，均应安装压力表或安全阀、使用过程中如发现已经破坏或失灵时，应立即更换。

第 5.1.5 条 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。

第 5.1.6 条 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。

第 5.1.7 条 施工过程中进行机械故障处理时，必须停机、断电、停风。处理后，在开机送风、送电之前必须预先通知有关的作业人员。

第 5.1.8 条 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，应尽量采用敲击法疏通，若必须采用高压风疏通时，风压不得大于 0.4 MPa (4 kgf/cm²)，同时应将输料管放

直，并按紧喷头，喷头不得正对站人的方向。

第 5.1.9 条 当喷头（或注浆管）操作手与喷射机（或注浆器）司机不能直接联系时，应建立可靠的通讯联系。

第 5.1.10 条 预应力锚索和锚杆的张拉设备必须安装牢固，操作方法应符合有关规程的规定。正对锚杆或锚索孔的方向严禁站人。

第 5.1.11 条 高度较大的工作台架的安装，必须牢固可靠，设置栏杆。高空作业人员应佩戴安全带。

第 5.1.12 条 竖井中的锚喷支护施工应遵守下列规定：

一、采用溜筒运送喷混凝土的干混合料时，井口溜筒喇叭口周围必须封闭严密。

二、喷射机置于地面时，竖井内输料钢管宜用法兰联结，悬吊应垂直牢固。

三、采取措施防止机具、配件和锚杆等物件掉落伤人。

四、操作平台应设置栏杆，作业人员必须佩戴安全带。可升降的操作平台必须符合现行《水工建筑物地下开挖工程施工技术规范》的有关规定。

第二节 劳动保护

第 5.2.1 条 锚喷施工人员作业时应佩戴防尘口罩、护眼纱罩或防护眼镜、风帽、雨衣、雨裤、长统胶靴和乳胶手套等劳保用具。

第 5.2.2 条 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。

第 5.2.3 条 加强通风，并采取综合防尘降尘措施，降低洞内作业区的粉尘浓度。配备专人按附录二的要求定期进行粉尘含量的测定。作业区空气的粉尘浓度应符合现行《水工建筑物地下开挖工程施工技术规范》的有关规定。

第 5.2.4 条 适当减少锚喷操作人员连续作业时间，定期进行健康检查，对于患有不适于粉尘作业疾病的人员应另行安排工作。

第六章 锚喷支护施工的质量检查

第一节 锚杆施工质量检查

第 6.1.1 条 用作锚杆体的钢筋，应有出厂合格证、论证试验报告等资料，其性能指标必须符合设计要求。

第 6.1.2 条 砂浆锚杆按下述规定进行质量检查：

一、28d 龄期的抗拔力必须满足设计要求。抗拔力试验方法见附录七。

二、具备条件的工地应对锚孔砂浆的密实性进行检查，测定结果应满足设计要求。

三、抽查的试件应满足下列要求：

1. 每 300~400 根支护锚杆中至少选一组（三根）测定其抗拔力。试件中应包括边墙和顶拱锚杆。

2. 地质条件和原材料变化时，至少抽取一组试件。

3. 重大工程的抽样数量应适当增加。

四、质量评定方法：

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 %。

第 6.1.3 条 按下述规定进行预应力锚杆的质量检查：

- 一、临时支护的锚杆，垫板与岩面应紧密结合，垫板不得出现弯曲。
- 二、永久支护的锚杆按第 2.3.2 条要求进行检查。

第二节 喷射混凝土施工质量控制

第 6.2.1 条 入场（库）的水泥应带有厂方的品质试验报告，必要时应进行复检。

速凝、减水、早强等外加剂，应附有厂方的合格证，使用前均应进行检查，发现结块、变色、变质等异常现象时，应及时进行处理。

第 6.2.2 条 按下列规定检查混合料的配比和级配：

- 一、每班作业前应对所使用的衡器进行检查和校正。
- 二、混合料的实际配比和级配情况，每个作业班至少检查 2 次，不符合要求时必须及时进行调整。

第 6.2.3 条 喷射混凝土性能的检查按下列规定进行：

一、取样数量。每喷 100 m³ 的混合料（或工程量小于 100 m³ 的独立工程）至少取 2 组试件，每组 3 块。

二、检查项目。一般情况下只测定喷混凝土 28 d 龄期的抗压强度，试验方法见附录三。试验结果应满足下列要求：

1. 配比相同的喷层中取得的样品称为同批试件。同批试件的抗压强度平均值应满足设计标号的要求，即

$$\bar{R} = \frac{R_{28}}{1 - t \cdot C_v}$$

式中 \bar{R} 实测的抗压强度平均值 [Pa (kgf/cm²)]，统计的试件组数一般应大于 30 组；

R_{28} 设计标号，即喷层 28d 龄期的抗压强度 [Pa (kgf/cm²)]；

C_v 设计规定的离差系数；

t 根据 C_v 和保证率决定的系数，保证率一般可取 85 %。

2. 同批试件为 3~5 组时，平均抗压强度低于设计标号的组数不得多于 1 组；当试件为 6~16 组时，不得多于 2 组；当试件为 17 组以上时，不得多于总组数的 15 %。

三、根据需要也可测定 8 h，1 d、7 d 等龄期的抗压强度。

四、根据工程设计的需要决定其它的测试项目和数量。

抗渗指标的测定方法见附录四。

抗拉强度的测定方法见附录五。

喷层与围岩粘结力的测定方法见附录六。

第 6.2.4 条 按下列规定进行喷层厚度检查：

- 一、一般不过水洞室可采用针探、钻孔等方法进行检查。有压水工隧洞宜采用无损检测法进行。

二、检查断面的数量按表 6.2.4 决定。断面上以拱冠为基准，向两侧每隔 2~5 m 布置一个测点，每个断面的测点数不得少于 5 个。水工隧洞应适当增加测点数量。

三、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、水工隧洞和竖井：不小于 80 %。

表 6.2.4 喷层厚度检查断面间距

工 程 类 型	检查断面间距 (延长 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
大型洞室	10~20

2. 一般隧洞: 不小于 60 %。

3. 实际厚度的平均值应不小于设计尺寸, 未合格测点的厚度应不小于设计厚度的二分之一, 但其绝对值不得小于 5 cm。

第 6.2.5 条 按下述规定检查喷层的均匀性:

一、根据第 6.2.3 条规定测得的抗压强度, 其离差系数 (C_v) 值小于或等于 0.15 时为优, 0.16~0.20 为良, 0.21~0.25 为及格。

二、在喷大板试件的纵横剖面上, 骨料均匀分布, 不应出现夹层、砂包、明显层面、蜂窝、洞穴等缺陷。

第 6.2.6 条 水工隧洞的喷混凝土衬砌应按下述规定检查喷层的整体性:

一、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。

二、不存在贯穿性裂缝。

三、出现过的渗水点已作了妥善处理。

附 录

附录一 注浆密实性试验方法

选取内径与锚孔相同、长度与锚杆一样的塑料管或钢管若干根，将管的一端封堵，管口朝外，按与地面平行、垂直和倾斜等几个方向固定。然后按第 2.2.1 条规定拌制砂浆，用预定的注浆方法向管内注满砂浆，插入锚杆。养生一周后将管子剖开，检查杆体位置及注浆的密实程度。

附录二 喷射混凝土施工作业区粉尘浓度的测定方法

- 一、可采用滤膜法进行，采样器宜使用 DCH 轻便式电动测尘器。
- 二、按附表一布置测点。
- 三、取样时间：喷射作业连续进行 30 min 后开始采样，每次采样时间不得少于 3 min。

附表一 测定粉尘浓度的测点布置

测尘部位	测 点 位 置
喷头附近	距喷头工作点 5 m，高 1.5 m，上下风向各设一个测点
喷射机附近	距喷射机 1 m，高 1.5 m，在下风向设一个测点
洞内拌料处	距拌料处 2 m，高为 1.5 m，在下风向设一个测点
喷射作业区	在作业区隧洞中间，高 1.5 m，上下风向各设一个测点
备注	每个测点至少取三个样品

附录三 喷混凝土抗压强度试验方法

28 d 龄期的抗压强度，应采用喷大板切割法（简称切割法）制备试件（若不具备切割条件，也可采用钻取法加工试件，但整理资料时应乘上形状修正系数），1~3 d 龄期的抗压强度可采用喷模法制备试件。

一、切割法

将边长不小于 40 cm，厚度不小于 12 cm 的木模（四边不宜封闭，可作成金属格栅）垂直放置，按实际施工条件水平向模内喷射混凝土，标准条件下养护 3 d 以上，待其抗压强度大于 10 MPa（100 kgf/cm²）时，切去大块四边（每边约 5 cm），取其中部切割加工成 10×10×10 cm 立方体试件，养生 28 d，按标准抗压强度试验方法进行试验。

试件加工时应标明喷射方向，试验时试件的受压方向应与喷射方向相垂直。

立方体试件的允许偏差值为：边长不超过±1 mm；直角不超过±2°。

整理资料时，所取得的抗压强度值应乘以 0.95 的尺寸修正系数。

二、喷模法

按实际施工情况向 10×10×10 cm 的无底铁模内喷混凝土。铁模与后挡墙之间应留有约 3 cm 的空隙，喷射后刮平底面和顶面，养生至规定的龄期后按标准方法测定抗压强度。

若采用 15×15×15 cm 的试模，其抗压强度应乘以 1.05 的系数换算成 10×10×10 cm 标准试件的强度值。

试件的受力方向与切割法相同。

由喷模法折算为切割法强度时,可乘以 1.20 左右的换算系数。

附录四 喷混凝土抗渗性试验方法

一、仪器设备与材料

1. 混凝土渗透仪(可采用 HS k 40 型渗透仪)。
2. 钻机(配 158×152 金刚石钻头)。
3. 边长不小于 40 cm,厚度 15 cm 的大板模。
4. 密封材料:石蜡、火漆或松香、环氧树脂、速凝早强水泥等。
5. 其他(电烘箱、电炉等)。

二、试验步骤

1. 按附录三喷制混凝土大板。
2. 大板拆模后,清除试模上下面的水泥浆膜,在标准养生条件下养护。
3. 当喷混凝土的抗压强度大于 10 MPa (100 kgf/cm²) 后,钻取 150 mm、高 150 mm 圆柱试件 6 个,晾干后在其侧面涂一层环氧树脂。
4. 将石蜡、火漆(4:1)混合物均匀涂于预热的渗透仪套模内壁。
5. 倒置套模,将试件放入,使试件与套模大致齐平。
6. 用速凝早强水泥砂浆填充试件与套模的间隙至试件高度的 2/3~3/4 处,并充分捣实,剩余的高度用环氧砂浆填满,凝固后在标准条件下养护。
7. 达到 28 d 龄期时,按《水工混凝土试验规程》SDJ 105 k 82 有关规定进行抗渗试验。

附录五 喷混凝土抗拉强度试验方法

按附录三制作 10×10×10 cm 立方体试件,用《水工混凝土试验规程》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相一致。

附录六 喷混凝土与岩面粘结强度的测定方法

一、直接拉拔法

在受喷面上固定带有丝扣和托板的拉杆(供安装拉力架之用),向托板及其周围(面积约 900 cm²)喷一层厚度不小于 10 cm 的混凝土。清除多余的喷层,修成以拉杆为圆心直径约等于 30 cm 的试件。养生 28 d,按附录七进行拉拔试验。

二、成型试验法

在边长不小于 40 cm、厚度不小于 10 cm 的大板模内,放置厚度为 5 cm 左右的岩石板,其岩性和表面粗糙程度应与受喷面基本一致。用水将岩石板表面湿润,按实际喷射条件向大板模内喷混凝土。在与实际结构物相同条件下养护,用切割法制成 10×10×10 cm 的立方体试件(其中岩石和混凝土的厚度各为 5 cm 左右),养护 28d,用劈裂法测定粘结强度。试验时,垫条应置于试件表面两种材料的结合缝上。

附录七 锚杆抗拔力试验方法

砂浆锚杆的抗拔力和预应力锚杆内锚头的锚固力,均可采用本方法进行测定。

锚杆拉拔试验应在施工现场具有代表性的岩体中进行。将锚杆的外露段车成丝扣或焊接带有丝扣的接长拉杆(焊口强度应大于杆体的抗拉强度),在砂浆锚杆养生 28d 或预应力锚杆的内锚头固定后,安装拉力器和其他设备,逐级加载直至拔出锚杆或将杆体拉断为止。

锚喷支护中作抽样检查的锚杆,当拉拔力达到设计值时立即停止加载,结束试验。

试验中应注意下列事项:

1. 必要时,每一级加载后测定锚杆的位移量。
2. 拉力器应与锚杆轴线一致,并缓慢匀速加载。
3. 拉拔设备应固定牢靠,并有安全保护措施。
4. 岩体软弱或比较破碎,有可能在岩体内部发生破坏时,拉力器底座的承力点应置于可能破坏的范围之外。