

在岩土工程中喷锚网技术在高陡边坡防护中的应用  
岩土工程师考试 PDF 转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

[https://www.100test.com/kao\\_ti2020/545/2021\\_2022\\_\\_E5\\_9C\\_A8\\_E5\\_B2\\_A9\\_E5\\_9C\\_9F\\_E5\\_c63\\_545639.htm](https://www.100test.com/kao_ti2020/545/2021_2022__E5_9C_A8_E5_B2_A9_E5_9C_9F_E5_c63_545639.htm)

1、概述 喷锚网支护是靠锚杆、钢筋网和混凝土共同工作来提高边坡岩土的结构强度和抗变形刚度，减小岩（土）体侧向变形，增强边坡的整体稳定性。主要适用于岩性较差、强度较低、易于风化的岩石边坡；或虽为坚硬岩层，但风化严重、节理发育、易受自然营力影响、导致大面积碎落，以及局部小型崩塌、落石的岩质边坡；或岩质边坡因爆破施工，造成大量超爆、破坏范围深入边坡内部，路堑边坡岩石破碎松散、极易发生落石、崩塌的边坡防护。如省道1947线（坪石至乳源公路）二期改造工程黑山嘴路段（k61+850~k62+355），因深切路堑，造成左边坡高达48m，右边坡高18m的高陡路堑石质边坡。而且由于施工队伍采用大爆破作业，使得左、右边坡破碎松散，犬牙交错，时有落石现象发生，严重影响后续工序的施工和将来的营运安全。为了使松散岩石边坡不出现落石、崩塌现象，确保行车安全，经技术经济比较，决定采用喷锚网支护方案进行防护。

2、设计方案及材料要求 黑山嘴高路堑边坡，系采用大型爆破施工形成的，岩层多为块状的层间结合较好的中厚层或厚层石灰岩体结构。由于前期爆破施工未采用将开挖区和保留区分开来的预裂爆破方式，使得岩层受一定的爆破影响，局部有层面张开裂缝，边坡破碎松散、犬牙交错，时有落石现象发生；我们根据路堑边坡现状，将需要加固防护的边坡分喷锚挂网防护和素喷混凝土防护两种类型；对边坡较高、坡面松散破碎严重，且破碎岩层较厚的地

方采用喷锚网防护，如k61+850~+917，K61 945~k62+013，K62+245~325段的左边坡，就采用喷锚网防护；而对那些边坡较低，只有少量裂缝，破碎不严重的地方则采用素喷混凝土防护，如路线前进方向的右侧边坡因边坡较低，破碎不严重，大部分采用了素喷混凝土保护。

### 2.1 构造设计方案

(1) 喷射混凝土厚度采用10 cm，喷射混凝土标号为C20细石混凝土。(2) 锚杆采用 22钢筋；锚固深度视边坡岩层的破碎程度及破碎层的厚度而走，一般取1.5m（为防止锚杆滑出，锚杆必须置于较好的岩层面以下一定深度）；锚杆孔的深度应大于锚固深度20cm，并用1：3~1：4的水泥砂浆固结；锚杆间距采用2.0mX2.0m，梅花型布置。(3) 钢筋网的孔眼尺寸采用20cmX20cm的方孔，钢筋采用 6.2.2 材料选择要求

(1) 水泥：应优先选用425#普通硅酸盐水泥；也可选用矿渣硅酸盐水泥或火山灰质硅酸盐水泥，水泥标号不得低于325#，性能符合现行水泥标准。(2) 砂：应采用坚硬耐久的中粗砂，细度模数宜大于2.5，含水率直控制在5%~7%。(3) 骨料：应采用坚硬耐久的碎石或卵石，粒径不宜大于15mm；当采用碱性速凝剂时，不得使用含有活性二氧化硅的石材。(4) 外加剂：应选用符合质量要求的速凝剂，掺速凝剂后的喷射混凝土性能必须满足设计要求。(5) 水：混合水中不应含有影响水泥正常凝结与硬化的有害物质，不得使用污水以及pH值小于4的酸性水和含硫酸盐量按SO<sub>4</sub>计算超过水重1%的水。

### 2.3 混合料的配合比设计

(1) 水泥与砂石之重量比为1：2：2~1：2：3；(2) 砂率宜为45%~55%；(3) 水灰比宜为0.4~0.45；(4) 速凝剂掺量应通过试验确定。

### 3、施工方法及技术措施

喷锚网支护的施工程序是：

搭设脚手—整修边坡—制作安装设施排水孔—第一次喷射混凝土—锚杆钻孔、注浆—钢筋网制作：挂网（第二次喷射混凝土—养护—拆除脚手架。现把各工序的施工方法及技术措施简述如下：3.1 搭设脚手架 脚手架搭设前必须先对现有边坡的稳定情况进行观察，确定安全后再搭设脚手架。钢管支架立柱应置于坚硬稳定的岩石上，不得置于浮渣上；立柱间距1.5m.架子宽度1.2~1.5m；横杆高度1.8m，以满足施工操作；搭设管扣要牢固和稳定；钢架与壁面之间必须楔紧，相邻钢架之间应连接牢靠，以确保施工安全。3.2 坡面整修 由于现有的岩石边坡破碎松散且不平整，故必须将松散的浮石和岩渣清除干净。处理好光滑岩面；拆除障碍物；用石块补砌空洞；用高压水冲洗受喷面；对边坡局部不稳定处进行清刷或支补加固；对较大的裂缝进行灌浆或勾缝处理；在边坡松散空洞处和坡脚处设置一定数量的泄水孔，预留的长度根据现场确定布设。3.3 喷射混凝土作业（1）喷射作业前必须对机械设备，风、水管路和电线等进行全面检查及试运转。

（2）喷射混凝土之前，用清水将坡面冲刷干净，湿润岩层表面，以确保一层后才进行定位；采用气腿式凿岩机钻孔，孔径50mm；根据现场的情况确定锚杆深度一般为1.0~1.5m，钻孔要垂直边坡面。锚杆采用 22mm钢筋，间排距20Qcm，梅花型布置。（3）如遇岩石过于坚硬须采取加水的方式钻孔，钻孔时必须随机钻速度钻进，不能强加压力冲钻，以免影响边坡岩石的稳定。（4）采用压力泵将1：1的水泥砂浆注入锚孔。如遇空洞不能加压太大，要保持0.1MPa的工作压力。注浆时注浆管应插至孔底5~10cm处，随砂浆的注入缓慢匀速拔出。注浆要保证砂浆饱满，不得有里空外满的现象。

(5) 注完浆后，立即插入锚杆，若孔口无砂浆溢出，应及时补注砂浆。

### 3.5 挂网

(1) 先将圆盘钢筋（直径~6）调直，按边坡形状尺寸取料加工，按网孔20cmX20cm的规格编织好钢筋网，分布要均匀，绑扎要牢固。(2) 编好钢筋网后，与锚杆交接处必须进行焊接，以保证喷射混凝土时钢筋不晃动。(3) 钢筋网必须紧贴混凝土表面，以保证钢筋网保护层厚度。

### 3.6 养护

(1) 当最后一次喷射的混凝土终凝2h后，立即喷水养护，每天至少喷水四次。养护时间一般不得少于7d。(2) 在终凝后第一次喷水养护时，压力不宜过大，以防止冲坏喷射混凝土防护层表面。(3) 气温低于+5℃时，不得喷水养护。(4) 在养护过程中如果发现剥落、外鼓、裂纹、局部潮湿、色泽不均等不良现象，应分析原因、采取措施进行修补，以防后患。

## 4、现场质量管理与检测

### 4.1 现场质量管理措施

(1) 严把钢筋、水泥、砂石、速凝剂等原材料质量关，并严格按配合比施工。(2) 严格操作规程：我们根据生产需要，专门制订出锚杆施工操作规程、喷射混凝土操作规程以及化验制度、机具测试维修制度、新工艺和新技术的推广制度等，使每一位施工人员都熟悉并掌握操作规程和技术要求。要求工人严格按操作规程施工，加强对其责任心的教育。(3) 加强对操作人员的培训。尤其是喷射手、搅拌人员、喷射机操作人员，一定要选择责任心强、技术熟练的工人担任，以保证喷射混凝土的质量。(4) 合理选择施工设备、机具和施工方案。施工前选好设备、机具，良好的机具是保证质量的基础。在选择施工方案时，要深入调查，进行测试研究，采用工程类比法，优化选择适合本工程的支护方式和施工方法。

### 4.2 现场质量检测

(1) 强度检测

。喷射混凝土必须做抗压强度试验，试块在工程施工中抽样制取，在喷射作业面附近，将模具敞开一侧朝下，以80（与水平面的夹角）左右置于墙脚：先在模具外的边墙上喷射，待操作正常后，将喷头移至模具位置，由下而上，逐层向模具内喷满混凝土。将喷满混凝土的模具移至安全地方，用三角抹刀刮平混凝土表面。在标准养护条件下养护7d后，将混凝土加工成边长为100mm的立方体试块。继续在标准条件下养护至28d龄期后，进行抗压强度试验。本工程共计试件30组，经测试，结果如下：平均值  $f_{cc} = 22.45 \text{ MPa}$  标准差  $s_n = 1.25 \text{ MPa}$  最小值  $f_{ccmin.} = 20.5 > 0.85 \times 20 = 17 \text{ MPa}$  根据《锚杆喷射混凝土支护技术规范》（GBJ86—85），本工程合格条件为  $f_{cc} - k s_n > 0.85 f_{cc}$  即： $22.45 - 1.6 \times 1.25 = 20.0 > 0.85 \times 20 = 17.0 \text{ MPa}$ ，满足要求。（2）厚度检测用凿孔法检测。根据《锚杆喷射混凝土支护技术规范》，“每个断面上，全部检查孔处的喷层厚度，60%以上不应小于设计厚度；最小值不应小于设计厚度的一半；同时，检查孔处厚度的平均值，不应小于设计厚度值。”本工程共检测40点，结果如下：平均值  $X = 10.8 \text{ cm} > 10 \text{ cm}$  最小值  $X_{min.} = 6.2 \text{ cm} > 0.5 \times 10 = 5 \text{ cm}$ ，符合要求。（3）锚杆间排距检测 锚杆间排距是锚杆施工质量的一项主要考核指标，是锚杆能否发挥支护作用的保证条件之一。在本工程中，我们在锚杆被喷射混凝土覆盖前，主要采用在工作面用尺直接量测的方式进行检测，共检查15点，其中13点合格，符合《锚喷支护工程质量检测规程》（MT / 5015—96）的规走要求。（4）外观感检测 观感检测一般采用人工观测的方法，包括目测法和实测法两种。工程完工后，该工程坡面平顺、线型流畅，无漏喷、离鼓、理

解缝、钢筋网外露现象，地表及坡面排水处理得当，无漏水现象，符合规范要求。5、结束（1）喷锚网支护可提高高陡边坡岩土的结构强度和抗变形刚度，增强边坡的整体稳走性。（2）应根据边坡岩土体现状，合理选择喷射混凝土的支护措施、结构设计方案。（3）合理选择施工程序、工艺和技术措施是保证喷锚网支护工程质量的关键。（4）制订行之有效的现场质量管理措施非常必要。对喷锚网支护要对喷射混凝土强度厚度、锚杆间排距、抗拔力、外观感等方面进行检测，严把质量关。百考试题岩土工程师站点 100Test 下载频道开通，各类考试题目直接下载。详细请访问

[www.100test.com](http://www.100test.com)