

# 浅谈 SNS 柔性被动防护网在藏木水电站 高边坡开挖防护中的应用

陆世彪, 江威

(中国人民武装警察部队水电第三总队 十一支队, 四川 成都 610036)

**摘要:** SNS 柔性被动防护网是用来防治边坡地质灾害作用的柔性安全防护系统, 可以提高高陡边坡岩土体的结构强度和抗变形刚度, 增强边坡的整体稳定性。结合西藏藏木水电站高边坡开挖施工采用 SNS 柔性被动防护系统的工程实践, 介绍了 SNS 柔性被动防护系统的设计、材料性能指标、施工工艺及技术措施。

**关键词:** 藏木水电站; SNS 防护网; 应用

**中图分类号:** U418.5<sup>+</sup>2; TV554<sup>+</sup>.13

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1001-2184(2012)03-0003-03

## 1 工程概况

藏木水电站是雅鲁藏布江干流中游桑日至加查峡谷段规划 5 级电站中的第 4 级, 上游衔接街需电站, 下游为加查电站。工程施工采用“左岸明渠全年导流、导流及主体工程分三期、基坑全年施工”的方式。一期进行左岸导流明渠的修建; 二期进行主河床内的大坝、厂房修建; 三期完建明渠坝段。

左岸导流明渠工程包括: 左岸一期混凝土重力坝(包括 1#、2#挡水坝段开挖及部分混凝土浇筑、3#、4#溢流坝段及下游消能设施(与导流明渠结合), 开挖支护及部分混凝土等工程项目、灌浆廊道开挖、支护、混凝土衬砌等项目。导流明渠布置在左岸两孔溢流坝内, 采用全断面混凝土结构。明渠边坡开挖高程为 3 375 ~ 3 220 m, 开挖高差达 155 m, 具有开挖边坡高陡、工程量大、技术难度较高, 需克服高原施工各项难题, 为雅鲁藏布江上第一座水电站等一系列高原之最, 被公认为最具挑战性的工程之一。

导流明渠自然边坡高陡, 地形完整, 无沟谷切割。地表地质调查及勘探揭示, 无较大规模断层分布, 小断层发育, 属 III 级结构面,  $f_{15}: N10^{\circ}E/SE \angle 88^{\circ}$ , 陡倾山内, 破碎带的出露宽度为 0.3 ~ 0.4 m, 带内为构造角砾岩、碎裂岩、断层泥, 地表风化为砂糖状, 地貌上形成负地形, 可见延伸长度达 320 m, 出露于坝轴线附近的明渠工程边坡, 应对其实施加强防护措施。开挖后的边坡坡比为 1:0.3。

坡面岩石为花岗岩, 节理裂隙发育, 受开挖爆破作业影响后形成较多的坡面松动危石。

明渠开挖后, 出现小规模崩塌掉块的可能性较大, 往往造成岩体松动, 发生风化剥落, 形成岩崩的可能性较大, 对下部边坡开挖施工存在较大的安全隐患, 应引起重视并实施必要的支护处理措施。

## 2 SNS 柔性被动防护网的原理及技术指标

藏木水电站左岸导流明渠边坡开挖存在上部开挖施工、下部进行纵向围堰防渗墙立体交叉施工干扰的问题, 为确保边坡开挖不因滚石或发生地质灾害垮塌而对下部纵向围堰造成安全隐患, 对其存在的潜在危害可由适当的工程防护措施加以防止。对于边坡滚石的防护, 传统上常采用以钢筋石笼挡渣墙等刚性结构抵抗动力冲击, 存在“事倍功半”的弊端; 而 SNS 柔性被动防护结构借用了“以柔克刚”的思想, 实现了“事半功倍”的效果。

SNS 柔性被动防护网系统主要由钢柱、钢绳网、上(下)支撑绳、上拉锚杆、侧拉锚杆、侧拉锚绳等构件组成, 其技术指标及特性见表 1。

## 3 设计参数的确定

### 3.1 防护网设计位置

根据现场实际情况, 导流明渠边坡开挖高程为 3 375 ~ 3 220 m, 前期一期纵向围堰施工高程为 3 260 m, 主要存在威胁的部位为(坝)0 + 073 ~ (坝)0 + 225.5。考虑到该段边坡地形条件和存在的落石特性, 结合现场实际情况, 拟在高程

表 1 技术指标及特性表

型号	网型	结构配置	主要防护功能
RX-025	DO/08/350	(1) 钢柱 + 支撑绳 + 拉锚绳 + 缝合绳 + 减压环; (2) 钢柱间距: 10 m; (3) 带消能环 $\phi 14$ 双支撑绳和 $\phi 16$ “1” 字形上拉锚绳 (每跨 3 个消能环); (4) $\phi 14$ 侧拉锚绳, 08/25/4 $\times 5 \text{ m}^2$ 钢丝绳网, $\phi 8$ 缝合绳, 格栅网	拦截撞击能 250 kJ 以内的落石
RX-050	DO/08/200	(1) 钢柱 + 支撑绳 + 拉锚绳 + 缝合绳 + 减压环; (2) 钢柱间距: 10 m; (3) 带消能环 $\phi 16$ 双支撑绳和 $\phi 16$ “人” 字形上拉锚绳 (每跨 6 个消能环); (4) $\phi 16$ 侧拉锚绳, 08/25/4 $\times 5 \text{ m}^2$ 钢丝绳网, $\phi 8$ 缝合绳, 格栅网	拦截撞击能 500 kJ 以内的落石
RX-075	DO/08/150	(1) 钢柱 + 支撑绳 + 拉锚绳 + 缝合绳 + 减压环; (2) 钢柱间距: 10 m; (3) 带消能环 $\phi 18$ 双支撑绳和 $\phi 16$ “人” 字形上拉锚绳 (每跨 10 个消能环); (4) $\phi 18$ 侧拉锚绳, 08/25/4 $\times 5 \text{ m}^2$ 钢丝绳网, $\phi 8$ 缝合绳, 格栅网	拦截撞击能 750 kJ 以内的落石

3 300 m 处设置一道被动防护网, 其最大垂直高差达 75 m。

### 3.2 爆破滚石的运动速度

根据现场开挖爆破参数和经验调查资料, 边坡开挖后, 岩体形成的不规则岩块多数体积为  $0.1 \sim 1.2 \text{ m}^3$ , 个别体积达  $2 \text{ m}^3$  以上。其运动速度计算结果为:

$$V = 2 \cdot g \cdot S \cdot (\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$$

式中  $g$  为重力加速度, 取  $9.8 \text{ m/s}^2$ ;  $S$  为岩石滚动距离, 按照开挖坡比 1:0.3 计算, 落石滚动距离为 78.3 m;  $\mu$  为滑动摩擦系数。根据不同岩性一般取  $0.45 \sim 0.55$ , 可由现场摩擦试验和经验取得;  $\alpha$  为边坡滑动段坡度: 本工程开挖坡比为 1:0.3, 坡度为  $73^\circ$ 。

$$V = 2 \cdot g \cdot S \cdot (\sin\alpha - \mu\cos\alpha) = 2 \times 9.8 \times 78.3 \times (\sin 73^\circ - 0.45 \cos 73^\circ) = 1265.5 (\text{m/s})$$

### 3.3 滚石的冲击能量计算

根据查尔斯 (Chasles) 理论: 动能 = 运动能 + 滚动能。在这里, 采用经验公式:  $KE = 1.2 \times (1/2)mv^2$ 。将上述数据代入公式, 分别计算得出大、中、小滚石达到设防部位时的冲击能量: 505.43 kJ、303.26 kJ、252.72 kJ。考虑到防护的重点是体积为  $1 \text{ m}^3$  以上的滚石, 结合今后维护及必要的安全系数, 最终按 500 kJ 设防, 满足防护需要。因此, 最终决定采用 RX-050 型柔性被动网实施防护。

### 3.4 RX-050 柔性防护网的设计

如图 1 所示, 本工程拟在 (坝)0+073 ~ (坝)0+225.5、高程 3 300 m 处设置一道被动防护系统, 设计网高为 4 m; 长度为 152.5 m; 防护网型号为 DO/8/200; 柱距为 10 m; 钢柱截面为  $180 \text{ mm}^2$ 。

### 4 RX-050 柔性防护网施工安装要点

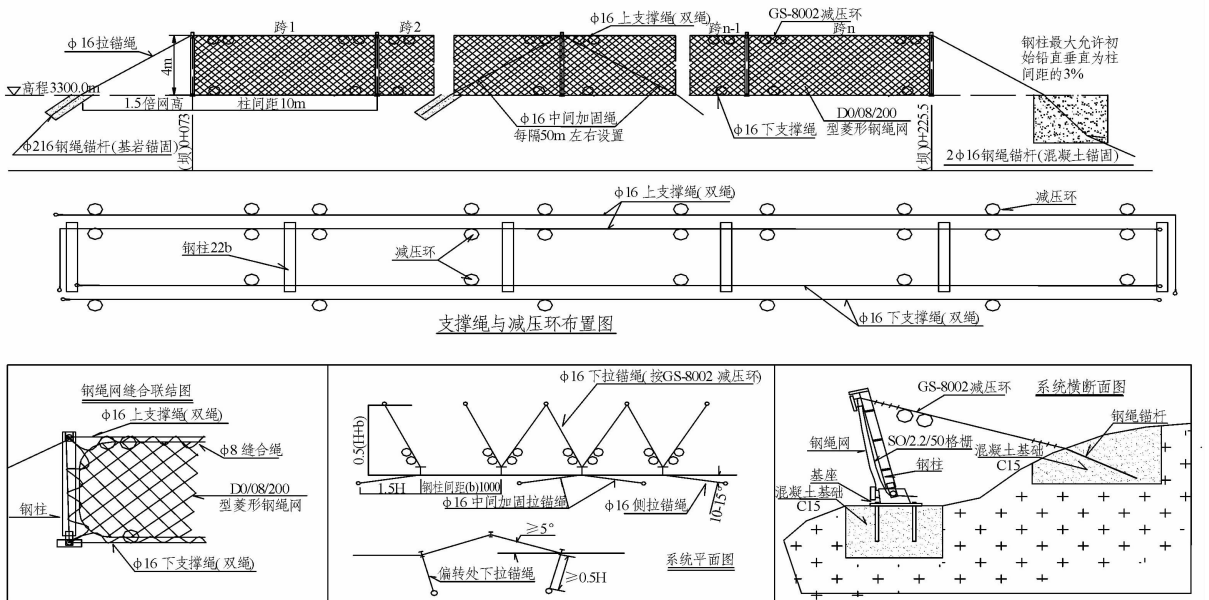


图 1 RX-050 柔性被动防护网设计示意图

#### 4.1 测量定位

采用测量仪器对防护网钢柱和锚杆基础进行测量定位。

#### 4.2 基座锚固

(1) 基础开挖:对覆盖层较薄的地方,当开挖至基岩而尚未达到设计深度时,在基础的锚孔位置处钻凿锚杆孔,待锚杆插入基岩并注浆后方灌注上部基础混凝土。

(2) 预埋锚杆并灌注基础混凝土。对于岩石基础,应按钻凿锚杆孔和锚杆安装的工艺进行;对于混凝土基础,也可以在灌注基础混凝土后钻孔安装锚杆施工。

(3) 将基座套入地脚螺栓并用螺帽拧紧。

#### 4.3 钢柱及上拉锚绳的安装

(1) 将钢柱顺坡向上放置并使钢柱底部位于基座处。

(2) 将上拉锚绳的挂环挂于钢柱顶端挂座上,然后将拉锚绳的另一端与对应的上拉锚杆环套连接并用绳卡暂时固定(设置中间加固和下拉绳时,同上拉锚绳一起安装或待上拉锚绳安装好后再安装均可)。

(3) 将钢柱缓慢抬起并对准基座,然后将钢柱底部插入基座中,最后插入连接螺杆并拧紧。

(4) 通过上拉锚绳并按设计方位调整好钢柱的方位,拉紧上拉锚绳并用绳卡固定。

#### 4.4 侧拉锚绳的安装

安装工艺与上拉锚绳相同,上拉锚绳安装完毕,再进行侧拉锚绳的安装。

#### 4.5 上下支撑绳的安装

(1) 将第一根上支撑绳的挂环端暂时固定于端柱(分段安装时为每一段的起始钢柱)的底部,然后沿平行于系统走向上调直支撑绳并放置于基座的下侧,将消能环就位(距钢柱约50 cm,同一根支撑绳上每一跨的消能环相对于钢柱对称布置),然后将支撑绳的挂环挂于终端钢柱顶部的挂座上。

(2) 在第二根钢柱处,用绳卡将支撑绳固定于挂座的外侧(此时仅用30%的标准坚固力);在第三根钢柱处,将支撑绳放在挂座内侧;如此相间安装支撑绳在基座挂座的外侧和内侧,直到本段最后一根钢柱并向下绕至该钢柱基座的挂座上,再用绳卡暂时固定。

(3) 再次调整消能环位置,当确定消能环全部正确就位后拉紧支撑绳并用绳卡固定。

(4) 第二根上支撑绳与第一根的安装方法相同,只不过是从第一根支撑绳的最后一根钢柱向第一根钢柱的方向安装而已,且消能环位于同一跨的另一侧。

(5) 在距消能环40 cm处用一个绳卡将两根上部支撑绳相互联结(仅用30%的紧固力),在同一挂座处形成内侧和外侧两根交错的双支撑绳结构。

#### 4.6 钢绳网的安装

(1) 将钢绳网按组编号,并在钢柱之间按照对应的位置展开。

(2) 用一根多余的起吊钢绳穿过钢绳网上缘网孔(同一跨内两张网同时起吊),一端固定在一根临近钢柱的顶端,另一端通过另一根钢柱挂座绕到其基座并暂时固定。

(3) 用紧绳器将起吊绳拉紧,直到钢绳网上升到上支撑绳的水平为止,再用多余的绳卡将网与上支撑绳暂时进行松动联结,同时亦可将网与下支撑绳暂时联结以确定缝合时更为安全,此后起吊绳可以松开抽出。

(4) 将钢绳网暂时挂到上支撑绳上,并侧向调整钢绳位置使之正确。

(5) 将缝合绳的中间固定在每张网的上缘中点,从中点开始用一半缝合绳分别向左向右将网与支撑绳缠绕在一起,直到跨越钢绳网下缘中点,使左右侧的缝合绳端头重叠1 m为宜,最后,用绳长将缝合绳与钢绳网固定在一起,绳长放在离缝合绳末端0.5 m的地方。

#### 4.7 格栅安装

(1) 将格栅铺挂在钢绳网的内侧,并叠盖在钢绳网上缘,用扎丝固定在网上。

(2) 格栅底部沿斜坡向上敷设0.2~0.5 m,将底部压紧。

(3) 每张格栅叠盖10 cm,每 $m^2$ 在网上固定4处。

#### 5 结语

SNS柔性被动网防护系统材料性能稳定,安装方便快捷,施工工艺流程简单,操作方便,防止边坡滚石和岩石崩塌效果较好,适宜在开挖成台

(下转第10页)

任感。树立“质量第一”的观念,提高人的素质,以人的工作质量保证工序质量和工程质量。(3)将对质量的事后检查把关转向对质量的事前控制、事中控制;将对产品质量的检查转向对工作质量的检查、对工序质量的检查、对中间产品质量的检查;以“预防为主”实施这些措施,确保施工项目的质量。(4)坚持质量标准,严格检验,一切用数据说话。(5)贯彻执行科学、公正、守法的职业规范与道德观念。

做好开工前以建设项目、施工现场为对象的一切施工准备。做好了每个施工阶段所需的物质技术条件、组织要求和现场布置等相应的准备工作,就有了质量控制的基础条件。遵循控制原则,针对关键项目作重点控制并按要求保证工序质量,做到:工序交换有检查;质量预控有对策;技术措施有交底;图纸会审有记录;材料进场有检验;配制材料有试验;设计变更有手续;钢筋代换有制度;隐蔽工程有验收;质量处理有复查;成品保护有措施;行使质控有否决;质量文件有档案。

#### 4 质量检验及其标准是编制施工方案的依据

为使施工质量有可靠的保证,施工方案的实施与效果自然与质量检查及标准相关,其标准是施工方案确立的依据与结果,是施工质量的最终目标。

在施工方案中,要求每分部分项工程都必须根据国家现行颁发的建设工程施工技术操作规程、施工及验收规范、质量检验及评定标准进行检查、验评。建立检查制度,对每分部分项工程进行开工前检查、工序交接检查、隐蔽工程检查,办理验收签证手续,根据工程项目内容采取不同的方式进行检查,验评质量以期达到预定标准。只有这样确立的施工方案才能取得预期的结果,施工

(上接第5页)

阶马道的高陡边坡上使用。

SNS 柔性被动网防护系统采用的是一种开放式防护方法,按照设计要求正确组织实施,相对于传统的全坡面防护方法可以节约大量资金,降低工程造价,同时又增添了边坡开挖的整体美感。

从 SNS 柔性被动网防护范围及效果看,可根据施工现场的实际情况,配合挂钢筋网喷混凝土、锚杆浅层支护、植草绿化等防护方法,从根本上保

质量才能得到保证。

在施工方案制定中,一定要确定正确的检查制度与具体方法,例如:在土方回填工程中,对填土工程要求采用钎探探测法分层检测其密实度与地面承载力;对模板工程着重检查其支架及支撑系统的刚度、强度与稳定性、结构标高、平面与截面尺寸;对钢筋混凝土工程检查其原材料质量、钢筋的规格与尺寸以及其构造要求是否符合设计与规范要求,控制混凝土的配比,保证计量准确、搅拌时间、浇筑与振捣方法、厚度与混凝土的密实性、施工顺序、流向的正确性与连续性、混凝土的终凝时间及养护情况等,只有通过施工方案的正确实施,工程质量才能达到相关技术标准要求,同时使经济效益与社会效益得以实现。

#### 5 结语

笔者在多年从事建设工程项目施工管理实践中,对施工方案有着深刻的认识。建设工程的施工项目管理只有从质量、安全、工期和技术经济指标等方面出发并经过全面分析、综合考虑,进行权衡、比较后做出科学、合理、正确的施工方案,按照既定的施工程序、顺序、起点流向和施工方法、劳力组织、机械设备和其他技术经济指标的各项措施,通过有组织、有计划地科学管理,实行质量控制,检查制度和其他规章制度的严格认真实施,其工程项目的施工质量才能够达到预期目的。

综上所述,在建设工程项目施工管理中,施工方案与工程项目施工质量的关系是休戚相关的。正确的施工方案是工程项目施工质量管理的指南,是工程项目施工质量的重要保证。

作者简介:

黄永贵(1967-),男,四川简阳人,支队长,高级工程师,从事水利水电工程施工安全质量管理工作。(责任编辑:李燕辉)

证高陡边坡的稳定。从导流明渠左岸边坡开挖至施工结束,未发生一起因边坡开挖施工造成下部施工人员安全事故的发生,很大程度上保证了边坡开挖施工的安全进行。

作者简介:

陆世彪(1986-),男,贵州都匀人,副中队长,助理工程师,学士,从事水电工程施工技术与管理工作;

江威(1982-),男,湖北天门人,工程师,学士,从事合同管理工作。

(责任编辑:李燕辉)