

水电工程高边坡无排架快速支护施工技术

何国锋 张发斌 崔光维

中国水利水电第十四工程局有限公司 云南昆明 650000

摘要: 结合以往水电工程高边坡施工经验,受边坡开挖分层高度限制,边坡支护主要采用搭设施工排架作为平台进行施工,边坡深层锚索支护受施工排架搭设慢、常规材料待强影响,施工工序难以有效衔接,边坡支护的及时性难以保证,对边坡稳定及施工安全不利,进而制约边坡施工进度。TB水电站尾水出口边坡支护投入性能优良的施工设备、采用新型早强材料、优化施工工艺,实现了高边坡无排架、快速施工,确保了高边坡的整体稳定。

关键词: 水电工程;高边坡支护;无排架;快速;施工

Construction Technology of Fast Support for High Slope of Hydropower Project Without Rack

Guofeng He, Fabian Zhang, Guangwei Cui

China Water and Hydropower 14th Engineering Bureau Co., LTD., Kunming, Yunnan 650000

Abstract: Combined with the previous high slope construction experience of hydropower projects, due to the restriction of slope excavation stratified height, slope support mainly adopts construction shelvering as the platform for construction. The deep slope anchor cable support is affected by the slow construction shelvering and strong conventional materials, so the construction process is difficult to connect effectively, and the timeliness of slope support is difficult to guarantee, which is unfavorable to the stability of slope and construction safety. And then restrict the slope construction progress. The tail-water outlet slope of TB hydropower station is supported by construction equipment with excellent performance, new early-strength materials and optimized construction technology, which realizes the fast construction of high slope without shelf-frame and ensures the overall stability of high slope.

Keywords: Hydropower engineering; High slope support; No shelving; Be quick; Construction

1 工程概况

TB水电站尾水出口边坡区内山体雄厚,地形陡峻,地形坡度 $30^{\circ} \sim 55^{\circ}$,平均约 40° 。边坡最大开挖高度约225m,最大开挖纵长约400m,最大开挖厚度约150m。边坡下部塔体侧坡与背坡以下为垂直开挖,其余开挖坡比为 $1:0.2 \sim 1:0.6$,共设计12级边坡,每一级边坡高约20m,马道宽度2~10m。

尾水出口边坡为辉长岩,岩体存在不同程度的卸荷,强卸荷带水平深度一般为5m~20m,局部弱卸荷带水平深度一般为20m~45m。边坡中存在陡倾角结构面、中缓倾角节理的组合,形成倾向坡外的楔形体,对边坡稳定不利。

2 边坡支护无排架、快速施工技术

2.1 施工程序及原则

(1) 针对尾水出口边坡开挖支护地势陡峭、与临标段施工干扰突出、石渣下江、爆破飞石控制、降尘等问题突出的特点,合理的进行科学规划,以“平面多工序,立体

多层次,快速施工”为原则,严格按照“自上而下、分层分区”施工,形成开挖、出渣、支护多工序衔接,多工作面、多台良性循环作业。紧紧围绕确保尾水出口高边坡稳定、安全为核心,组织边坡开挖支护施工。

(2) 尾水出口边坡开挖结构面揭露后及时进行锚喷支护施工,锚喷支护分层高度与开挖分层高度一致,按照不大于10m分层。锚索深层支护结合锚喷支护进度,同时综合施工设备覆盖高度,在锚喷支护完成后或滞后一级边坡施工。

(3) 单工作面系统锚喷支护顺序为:初喷混凝土→砂浆锚杆→挂网复喷混凝土→预应力锚索。

(4) II、III类围岩锚喷支护水平方向一般滞后开挖掌子面30m~40m,IV类围岩支护滞后开挖掌子面5m左右,围岩特别破碎时支护应紧邻掌子面,一循环一支护。

(5) 围岩裂隙、不稳定块体等部位应及时进行随机支护,并进行初喷混凝土封闭。

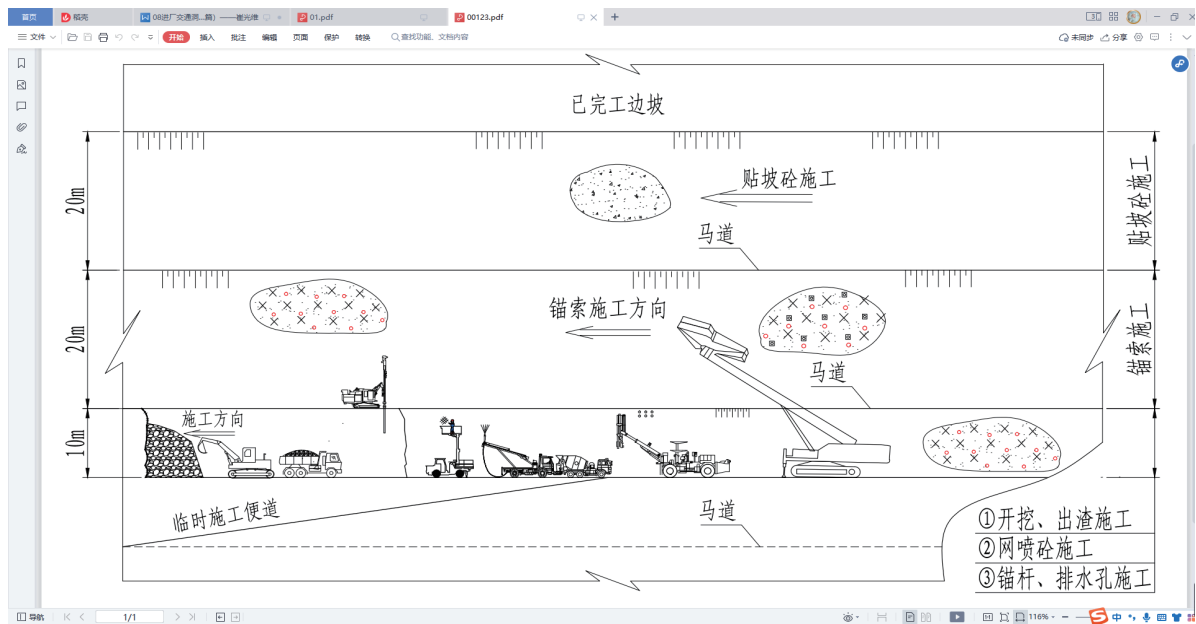


图1 尾水出口边坡开挖支护流水作业工艺示意图

表1 XC-30高举护坡锚固钻机主要技术参数表

项目	整车尺寸	动力头扭矩	钻孔直径	钻孔角度	最大支护高度
参数	1600×3000×2800mm	1300N·m	50~300mm	0~360°	30m（可定制）

2.2 无排架施工设备

根据边坡锚索施工分层高度，锚索最大施工高度约20m。为满足边坡锚索无排架、快速施工要求，本工程采用能实现高边坡锚索、锚杆快速造孔，同时为锚索下索、封锚、张拉、灌浆等锚喷支护提供作业平台功能为一体的XC-30高举护坡锚固钻机进行施工，设备主要技术参数见表1。

XC-30高举护坡锚固钻机的特点：XC-30高举锚固钻机集行走、钻孔、作业平台于一体，具有举升高度高（30m）、钻孔深度深（70m）、钻孔直径范围大（50~300mm）、可实现360°旋转、机动灵活等特点。边坡支护中可采用XC-30高举护坡锚固钻机进行造孔、为支护提供施工平台，节省施工排架的搭设，加快了施工进度。可实现“无排架、安全、高效、快速”施工，大大降低安全风险，提升施工质量和效率，从根本上杜绝或降低高排架、多人工带来的安全风险。

2.3 锚索施工

XC-30高举护坡锚固钻机钻孔工艺流程为：场地平整→钻机就位→液压支腿就位支撑→大臂举升、就位→钻孔角度校核→钻孔。遇不良地质段塌孔，难以成孔时，采取固壁、跟管（或同心跟管）钻进。

预应力锚索人工现场编索，利用高举护坡锚固钻机自带

的作业平台配合人工完成锚索下索、灌浆及张拉等工序。锚索灌浆采用中大华瑞智能灌浆系统，确保了灌浆的质量。锚索张拉采用智能张拉系统，张拉程序实现智能化控制，真正实现张拉力和伸长值精确同步“双控”，提升张拉精度，实现“智能控制、远程跟踪、及时纠错”。



图2 XC-30高举护坡锚固钻机现场造孔照片

2.4 早强材料在锚索施工中的应用

为加快锚索施工进度，尽早实现锚索的支护功能，确保边坡稳定，边坡锚索采用早强材料进行施工，在锚索锚固段水泥浆液中掺加跨越2000型压浆剂，锚墩混凝土中掺加KD-18高强灌浆材料，实现3天龄期进行锚索张拉施工。相关配合比见表2、3，主要性能见表4、5。

表2 锚索锚固段掺压浆剂水泥浆配合比

设计强度等级	水泥品种及等级	水胶比	压浆剂掺量 (%)	流动度 (s)	每立方米净浆材料用量 (kg/m ³)		
					水	水泥	压浆剂
M40	P 042.5	0.28	10.0	10~17	459	1477	164

表3 锚索锚墩掺KD-18细石混凝土配合比

设计强度等级	水料比	料骨比	级配	混凝土材料用量 (kg/m ³)		
				水	灌浆材料	碎石
C40	0.16	1:1	—	181	1134	1134

表4 掺压浆剂水泥浆性能表

项目	标准要求	实测值
初凝时间 (min)	≥45	145
终凝时间 (min)	≤600	164
抗压强度 (MPa)	≥17 (3d)	41.7
	≥42.5 (28d)	53.6
抗折强度 (MPa)	≥3.5 (3d)	5.7
	≥6.5 (28d)	8.3

表5 掺KD-18锚墩混凝土性能表

项目	标准要求	实测值
初凝时间 (min)	≥30	43
终凝时间 (min)	≤180	60
抗压强度 (MPa)	≥20 (8h)	36.5
	≥25 (12h)	39.2
	≥40 (24h)	43.6
抗折强度 (MPa)	≥6 (24h)	7.4

表6 锚索锚固段YYG II型锚索速强灌浆料配合比

设计强度等级	水胶比	材料用量 (kg/m ³)	
		水	YYG II型锚索速强灌浆料
M40	0.2±0.02	320	1600

表7 锚索锚墩YYGV-I型支座灌浆料配合比

设计强度等级	水胶比	材料用量 (kg/m ³)	
		水	YYGV-I型支座灌浆料
C40	0.16±0.02	280	1750

表8 锚索锚固段YYG II型锚索速强灌浆料性能表

项目	技术要求	实测值
初凝时间 (min)	≥45	145
终凝时间 (min)	≤600	164
抗压强度 (MPa)	≥40 (1d)	45.6

表9 锚索锚墩YGV-I型支座灌浆料材料性能表

项目	技术要求	实测值
初凝时间（min）	≥30	60
终凝时间（min）	≤180	80
抗压强度（MPa）	≥20（8h）	43.6
	≥25（12h）	46.9
	≥40（24h）	69.8
抗折强度（MPa）	≥6（24h）	11.5

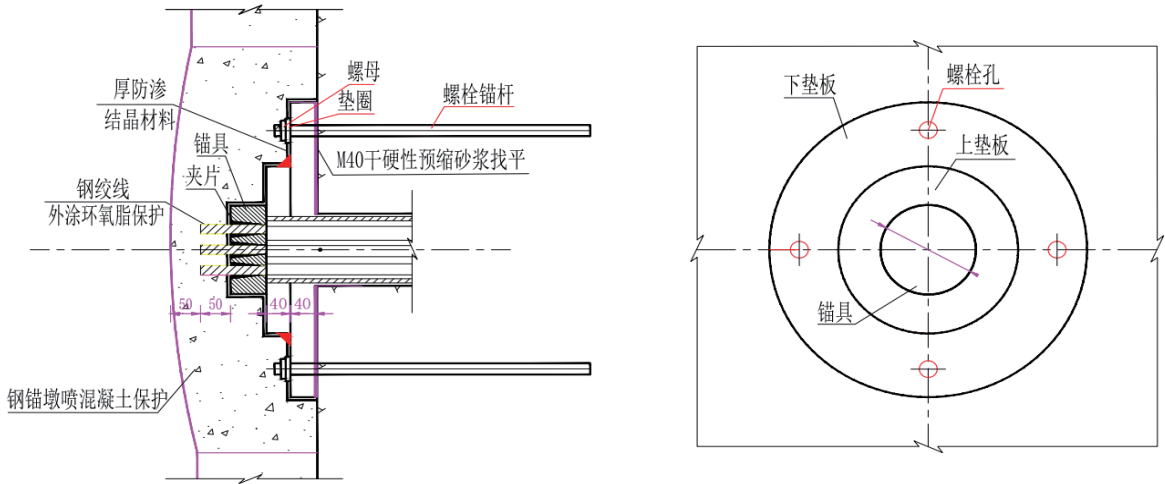


图3 锚索钢锚墩结构图

采用YVG II 型锚索速强灌浆料进行锚固段灌浆，YGV- I 型支座灌浆料进行锚墩浇筑，实现了锚索当天锚固段灌浆当天张拉。相关配合比见表6、7，主要性能见表8、9。

2.5 钢锚墩在锚索施工中的应用

TB水电站尾水出口边坡施工过程中受不良地质段及下部边坡开挖影响，上部已开挖局部边坡出现轻微变形。为加快锚索施工进度，确保边坡稳定，将危岩体支护的锚索锚墩调整为钢锚墩。同时，为确保接触面受力均匀，锚垫板采用圆形锚垫板，锚墩结构见图3所示。

2.6 锚喷支护施工

边坡喷射混凝土施工使用混凝土喷车采用湿喷工艺完成，挂网钢筋主要采用钢筋网排焊机进行编网，局部超挖较大部位为确保网片紧贴岩面，人工现场编网。钢筋网挂设采用高举护坡锚固钻机作为施工平台，人工配合挂网。

边坡锚杆采用高举护坡锚固钻机进行造孔，同时作为作业平台，人工在作业平台上安插锚杆，锚杆优先采用“先注浆，后插杆”施工工艺，遇到强卸荷、岩体较为破碎边坡，锚杆孔难以成孔洞段，采用加大钻孔直径将系统锚杆调整为锚筋桩支护。

3 小结

(1) TB水电站尾水出口高边坡锚索、锚杆、锚筋桩支护采用高举护坡锚固钻机造孔，同时采用其自带的作业平台进行锚索下索、灌浆、张拉、锚杆及锚筋桩安装、挂网

等项目的施工，实现了高边坡支护无排架施工。

(2) 锚索灌浆采用YVG II 型锚索速强灌浆料进行锚固段灌浆，采用YGV- I 型支座灌浆料进行锚墩浇筑，实现了锚索当天锚固段灌浆当天张拉，减少了常规施工方法灌浆及锚墩混凝土浇筑后需待强5~7天后方可张拉，占压直线工期的弊端。

(3) 高边坡无排架快速施工技术的应用，规避了常规搭设施工排架带来的安全隐患、减少了材料、人员及费用投入、降低了作业人员劳动强度；锚索新型早强材料的应用，缩短了施工工期、第一时间为高边坡提供深层支护，确保了高边坡的安全稳定。高边坡无排架快速支护施工技术的成功应用，为后期同类工程施工提供了借鉴意义。

参考文献：

[1] 刘卫. 高边坡支护施工技术[J]. 房地产导刊, 2013(6): 40-41 (6) .
[2] 牛彦琦. 水电站高边坡支护施工分析[J]. 建筑与装饰, 2018(18): 129, 131.
[3] 何国勤, 王志鹏, 郑印. 钢锚墩在古瓦水电站高边坡锚索施工中的应用[J]. 四川水力发电, 2019, 38(4): 28-30, 71.

作者简介：

何国锋（1977-），男，汉，云南凤庆人，高级工程师，本科，研究方向：水利水电工程等项目管理和施工技术管理工作。