

弱风化强卸荷岩体 1 000 kN 级无黏结预应力锚索造孔与灌浆技术研究

曾 铁 钢

(中国水利水电第五工程局有限公司, 四川 成都 610066)

摘 要:巴塘水电站 1 000 kN 级无黏结预应力锚索主要布置左岸导流洞及泄洪放空洞进出口边坡上,就目前左岸出口边坡揭露的地质情况表明岩体多为黑云母石英片岩,呈弱风化、强卸荷,岩体裂隙发育,部分锚索吃浆量大。因此,如何改善锚索孔身段裂隙数量及大小,分析判定岩体破碎程度并控制岩体吃浆量是巴塘水电站 1 000 kN 级无黏结预应力锚索全段灌浆需要解决的首要技术难题,阐述了通过技术研究,在钻孔方法、孔内电视摄像、钻孔长度、灌浆水灰比、灌浆压力、过程观测等控制措施的实施,成功解决了这一技术难题。

关键词:1 000 kN 级无黏结预应力锚索;黑云母石英片岩;岩体裂隙发育;全段灌浆;巴塘水电站

中图分类号:TV7;TV543;TV544

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2021)02-0037-06

Study on Hole Making and Grouting Technology for Unbonded Pre-Stressed Anchor Cable of 1000kN in Weakly Weathered and Strongly Unloaded Rock Mass

Zeng Tiegang

(Sinohydro Bureau 5 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610066)

Abstract: 1 000 kN unbonded pre-stressed anchor cable are mainly arranged on the slope of the diversion tunnel, inlet and outlet of flood discharge tunnel on the left bank. According to the current geological exposure of the outlet slope on the left bank, the rock mass is mostly biotite quartz schist with weak weathering, strong unloading and developed rock mass fissures, so some anchor cables need a large amount of grout. Minimizing the number and size of cracks in the anchor hole, analyzing and determining rock fragmentation, controlling of grouting quantity are the primary technical problems to be solved in grouting of 1000kN unbonded pre-stressed anchor cable of Batang Hydropower Station. This paper expounds the implementation of control measures in drilling method, in-hole television camera, drilling length, water cement ratio, grouting pressure and process observation. With those control measures, the aforementioned technical problems are successfully solved.

Key words: 1 000 kN unbonded pre-stressed anchor cable; biotite quartz schist; rock fracture development; full-section grouting; Batang Hydropower Station

1 概 述

巴塘水电站位于四川省和西藏自治区的界河金沙江上游河段,右岸为西藏昌都地区芒康县,左岸为四川甘孜藏族自治州巴塘县。巴塘水电站为金沙江上游河段十三级开发中的第九级水电站,上游为拉哇电站,下游为苏洼龙电站。该工程以发电为主,为 II 等大(2)型工程。正常蓄水位高程为 2 545 m,总库容 1.41 亿 m^3 ,装机容量 750 MW,多年平均发电量为 33.75 亿 $kW \cdot h$,装机年利用小时 4 500 h。

电站左岸出口边坡(高程 2 669~2 500 m)高差为 169 m,按平均 15 m 一级边坡考虑,共分为 11 级边坡。本次全段注浆技术研究试验区域主要集中在五、六级边坡,坡比为 1:0.8,边坡按开挖体型分区为 A 区、B 区和 C 区,坡面支护形式为锚喷+锚索+锚筋桩+锚杆+网格梁,其中 A 区布置两排锚索(第一排为 45 m 长锚索、第二排为 35 m 长锚索),B 区布置一排锚索(第一排为 35 m 长锚索),C 区布置一排锚索(第二排为 35 m 长锚索),间排距为 4 m \times 4 m,45 m 和 35 m 锚索锚固段长均为 7 m,剩余段为自由段。

收稿日期:2021-03-16

边坡揭露的地质情况显示整个山体岩石多为黑云母石英片岩,呈弱风化、强卸荷,岩体裂隙发育,锚固段处岩体亦为破碎岩体,锚索吃浆量大。因此,如何改善锚索孔身段裂隙的数量及大小,分析判定岩体破碎程度以及控制岩体吃浆量已成为巴塘水电站 1 000 kN 级无黏结预应力锚索全段灌浆需要解决的首要技术难题。笔者介绍了为解决该技术难题进行的技术研究。

2 锚索造孔与灌浆施工

2.1 施工工艺

本次技术研究通过三种试验方案,采用不小于 120 mm 的孔径,灌浆设备采用 3SNS 型高压灌浆泵和 7.5 kW 砂浆泵,灌浆压力为 0.3~0.5 MPa,灌浆结束压力为 0.5 MPa,闭浆 30 min,灌浆方式采用先锚固段、后自由段、一次灌浆法进行。全段灌浆过程中,严格按照《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》DL/T5148—2012 要求进行施工。具体方案为:

(1)试验方案 1:1#(45 m)、2#(35 m)锚索开孔即跟管^[1],跟管至设计孔深,锚固段预注浆、扫孔,下索、止浆包先注浆、再锚固段注浆;

(2)试验方案 2:3#(45 m)、4#(45 m)锚索开孔即跟管,跟管至距设计孔深 10~20 m,剩余

10~12 m 孔段采用固壁扫孔施工工艺造孔,成孔后对锚固段进行预注浆、扫孔,下索、止浆包先注浆、再锚固段注浆;

(3)试验方案 3:5#(45 m)、6#(35 m)、7#(35 m)、8#(35 m)锚索开孔即固壁灌浆^[2],固壁、扫孔循环至孔底,锚固段预注浆、扫孔,下索、止浆包先注浆、再锚固段注浆。

2.2 试验用浆液

试验所用浆液主要有固壁 M30 砂浆、预注 M35 净浆、预注 M30 砂浆、锚固段 M35 净浆、张拉段 M30 砂浆等。

2.3 钻孔

2.3.1 全孔跟管造孔,锚固段封孔预注浆试验

(1)1#(45 m)锚索:1#锚索采用 YXZ-70 型锚固钻机、146 mm×7 mm 套管(二次回炉)、同心钻具进行跟管造孔,跟管至 42 m 处时管靴断裂,42~45 m 孔段由同心钻头裸钻完成,钻头将扩孔套带入孔底,再对孔底锚固段进行一次固壁扫孔后将套管拔出,孔内套管管底距孔底 10.5 m,对孔内进行摄像,发现在距离孔底约 6 m 处的孔壁已出现坍塌,锚固段孔壁裂隙极其发育,岩石呈块体,颜色为青色(图 1)。

(2)2#(35 m)锚索:2#(35 m)锚索采用

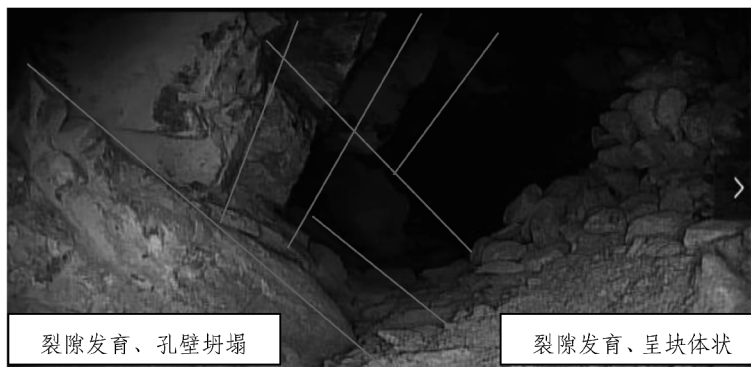


图 1 钻孔孔内摄像图

$\phi 146 \times 7$ mm 套管和同心钻具全孔跟管造孔至设计深度 35 m。造孔完成后拔出套管,套管管底距孔底 10.5 m,对孔内进行摄像,孔壁岩体呈青色,锚固段整体成孔质量好,局部受裂隙切割影响呈块体,拔管后未出现孔内坍塌(图 2)。

2.3.2 张拉段跟管造孔、锚固段固壁造孔与锚固段预注浆试验

对 3#(45 m)、4#(45 m)锚索进行了张拉段

跟管造孔、锚固段固壁造孔。对于这两个孔均采用哈迈 HM-90A 型履带钻车配 $\phi 146 \times 7$ mm 套管和偏心钻具跟管造孔,采用 120 直钎钻头固壁扫孔工艺造孔。

2.3.3 全孔固壁造孔试验

对 5#(45 m)、6#(35 m)、7#(35 m)、8#(35 m)均进行了全孔固壁造孔,采用 YXZ-70 型锚固钻机配 130 直钎钻头钻孔。5#(45 m)、6



图2 钻孔孔内摄像图

35#(35 m)两孔均因已固壁过的孔段再次出现塌孔而停止,其中5#孔在扫孔时因塌孔将钻杆卡死而导致钻杆、冲击器和钻头全部无法取出成为废孔。

2.4 预注浆

2.4.1 全孔跟管锚索



图3 钻孔孔内摄像图

在灌浆后难以拔出,故在34#孔的止浆塞上增焊了2个卡环,下止浆塞时同时穿入2根 $\phi 6$ 钢丝绳以便于注浆结束后通过手动葫芦拉拔钢丝绳将注浆塞拔出。

预注浆首先灌注M35浓净浆(水灰比为0.37)710 L,耗用水泥1 000 kg后未起压,改注M30浓砂浆(砂灰比为1.05,水灰比为0.4);在灌浆压力达到0.4 MPa后稳压30 min结束灌浆,砂浆灌注1 140 L,耗用水泥1 000 kg。

预注浆且扫孔完成后,对锚索孔进行了孔内摄像(图4),从内往外进行了拍照得知成孔质量好,完成下索,锚索索体结构同1#锚索孔。

2.4.2 张拉段跟管锚索

5#孔跟管钻进至34.5 m,34.5~45 m孔段采用固壁扫孔工艺造孔,固壁扫孔循环2次,M30砂浆固壁耗用水泥1500kg;6#孔跟管钻进至

(1)1#(45 m)锚索:采用在孔内套管端头设置止浆塞的方式,当止浆塞连接好所有管路后将止浆塞放在孔口试压并检查管路,待其无误后放入孔内套管端头位置并通过水泵加压,使止浆塞的橡胶套慢慢膨胀,待压力大于灌浆压力0.5 MPa的2/3(0.3 MPa)后开始预注浆。

根据试验要求,将止浆塞设置于距离孔底10.5 m处的套管管底且将止浆塞置于套管内,进行封孔预注浆。

先灌注M35的水泥净浆1 100 L,耗用水泥1 550 kg,此时尚未起压,改注5%速凝剂的M30浓水泥砂浆(砂灰比1.05,水灰比0.4),在灌浆压力达到0.5 MPa、稳压30 min后结束注浆,砂浆灌注1 240 L,耗用水泥1 084 kg。

预注浆完成后,拔出止浆塞完成扫孔^[3],孔内摄像情况见图3。

(2)2#(35 m)锚索:考虑到32#孔的止浆塞

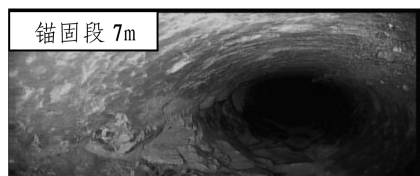
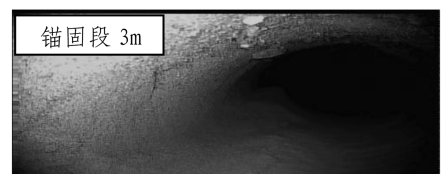
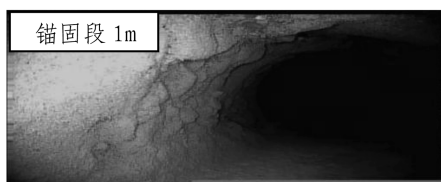


图4 钻孔孔内摄像图

34.5 m, 34.5~45 m 孔段采用固壁扫孔工艺造孔, 固壁扫孔循环 2 次, M30 砂浆固壁耗用水泥 1 000 kg。固壁完成后, 下止浆塞对 5#、6# 孔 34.5~45 m 孔段进行预注浆, 预注浆完成后进行扫孔。

2.5 灌浆

2.5.1 全孔跟管锚索

(1) 1# (45 m) 锚索: 锚固段注浆先灌注止浆袋, 在止浆袋起压达到 0.5 MPa 以上后, 采用 M35 浓水泥净浆灌注锚固段、M30 浓砂浆灌注张拉段。

实际记录的锚固段孔口注浆压力为 0.4~0.6 MPa, 在锚固段回浆管回浓浆注浆压力达到 0.6 MPa、稳压 30 min 后孔内未再吸浆, 结束锚固段灌浆。

通过张拉段进浆管灌注 M30 水泥砂浆, 待孔口返浆、灌浆压力为 0.3 MPa、稳压 30 min, 孔内不再吸浆后结束灌浆。

(2) 2# (35 m) 锚索: 对于锚固段注浆, 先灌注止浆袋, 然后采用 M35 水泥净浆灌注锚固段, 实际记录孔口注浆压力为 0.3~0.5 MPa, 待锚固段回浆管回浓浆且注浆压力达到 0.5 MPa 后闭浆 30 min 结束锚固段灌浆。锚固段灌浆完成后, 通过张拉段进浆管灌注 M30 水泥砂浆, 在压力达到 0.5 MPa、孔口返浆、稳压 30 min 后结束灌浆。

2.5.2 张拉段跟管锚索

先采用 M35 水泥净浆灌注锚固段, 实际记录孔口注浆压力为 0.3~0.5 MPa, 待锚固段回浆管回浓浆且注浆压力达到 0.5 MPa 后闭浆 30 min 结束锚固段灌浆。锚固段灌浆完成后, 通过张拉段进浆管灌注 M30 水泥砂浆, 在压力达到 0.5 MPa、孔口返浆、稳压 30 min 后结束灌浆。

3 锚索造孔与灌浆试验分析

3.1 预注浆施工工艺分析

本次试验均对孔底约 10 m 孔深下止浆塞进行预注浆^[4], 预注浆采用先灌注约 1 000 L 的 M35 净浆, 再灌注加入 5% 速凝剂的 M30 砂浆 (砂灰比 1.05:1), 通过孔内摄像发现锚固段内的裂隙被预注浆浆液填充, 锚索下索后的灌浆结束标准均达到设计标准, 从而保证了锚固段的灌浆质量。试验方案 1 和试验方案 2 已完成张拉, 锁定力均达到设计要求。

3.2 各试验方案造孔工艺分析对比

3.2.1 造孔时间(工效)对比

从已完成预注浆的各试验孔看, 同为长度 $L=35$ m 的锚索, 试验方案 3 的施工时间最长, 已完成的 8# (35 m) 达到了 6.5 d, 试验方案 1 的 2# (35 m) 仅为 2.1 d, 试验方案 1 的施工时间最短, 施工工效高。

同为长度 $L=45$ m 的锚索, 试验方案 1 的 1# (45 m) 施工时间为 3.8 d, 试验方案 2 的 3# (45 m) 施工时间为 3.3 d, 4# (45 m) 的施工时间为 3.2 d。试验方案 2 略优。

经综合比对后得知: 试验方案 3 的施工功效最低, 施工时间长, 试验方案 1 较试验方案 2 的施工时间短, 但相差不大。

3.2.2 造孔风险比对

试验方案 3 采用全孔固壁的方法, 若出现固壁未达到预期效果时存在已固壁孔段出现塌孔的情况, 如 5# (45 m) 钻杆被卡死, 钻杆和钻具均无法取出。

试验方案 1 采用同心钻具全孔跟管钻孔的方法, 在套管出现断裂无法跟进时, 由于孔内管底配有扩孔套, 而扩孔套内径仅有 115 mm, 无法采用 $\phi 120$ 直钎钻头继续往前裸钻, 且扩孔套无法取出孔外将产生废孔。前期 4 级边坡 A 区下游锚索造孔时出现了大量此种情况产生的废孔。

试验方案 2 采用张拉段偏心钻具跟管造孔的方法, 锚固段 $\phi 120$ 直钎钻具固壁造孔的方法, 钻孔均完全成孔。

三种试验方案比对结果表明: 试验方案 1 和试验方案 2 均存在无法成孔和产生废孔的风险, 而试验方案 2 产生废孔的概率最低, 因此试验方案 2 最优。

3.2.3 造孔经济分析比对

各试验方案施工成本统计情况见表 1。

从表 1 中可以看出: 各个试验孔的锚固段地质情况不同, 预注浆的浆液量存在较大差异, 因此, 经济分析比对只考虑预注浆前的施工工序。根据单价分析, 各试验孔的施工工序成本见表 2, 各试验孔预注浆前的造孔成本见表 3。跟管拔管和跟管未拔管单价以合同价考虑, 未按实际成本分析单价。

根据表 3 的统计结果, 试验方案 3 造孔成本

表 1 各试验孔工作内容统计表

试验方案	试验孔号	跟管拔管 /m	跟管未拔管 /m	固壁钻孔扫孔 /m	砂浆固壁 /t	浆液待凝 /h	预注浆 /t
试验方案 1	1# (45 m)	13.5	28.5	6	1	16	9.5
	2# (35 m)	10.5	24.5	/	/	/	2
试验方案 2	3# (45 m)	1.5	33	21	1.5	16	5.1
	4# (45 m)	1.5	33	21	1.5	16	3.4
试验方案 3	8# (35 m)	/	/	70	20.4	56	6.8

表 2 各试验孔施工工序成本统计表

试验方案	试验孔号	跟管拔管 /元·m ⁻¹	跟管未拔管 /元·m ⁻¹	固壁钻孔扫孔 /元·t ⁻¹	砂浆固壁 /元·t ⁻¹	固壁待凝 /(元·h ⁻¹)	预注浆 /元·t ⁻¹
试验方案 1	1# (45 m)	196.66	344.98	941.55	1 491.21	129.78	2 478.93
	2# (35 m)	196.66	344.98	/	/	/	2 698.96
试验方案 2	3# (45 m)	196.66	344.98	220.24	1 270.15	129.78	1 806.55
	4# (45 m)	196.66	344.98	207.66	1 274.08	129.78	2 155.29
试验方案 3	8# (35 m)	/	/	423.61	1 277.21	129.78	1 683.38

表 3 各试验孔预注浆前的施工成本统计表

试验方案	试验孔号	跟管拔管 /元	跟管未拔管 /元	固壁钻孔扫孔 /元	砂浆固壁 /元	浆液待凝 /元	合计
试验方案 1	1# (45 m)	2 654.91	983.93	5 649.3	1 491.21	2 076.48	2 1703.8
	2# (35 m)	2 064.93	8 452.01	/	/	/	10 516.9
试验方案 2	3# (45 m)	294.99	11 384.34	4 625.04	1 905.23	2 076.48	20 286.1
	4# (45 m)	294.9	11 384.34	4 360.86	1 911.12	2 076.48	20 027.8
试验方案 3	8# (35 m)	/	/	29 652.7	26 055.1	7 267.68	62 975.4

最高。对于长度为 45 m 的锚索,试验方案 1 和试验方案 2 的造孔成本相差不大。造孔施工方法应在试验方案 1 和试验方案 2 中进行选择。

3.3 造孔设备优缺点分析

通过试验方案 2,验证了履带钻车配偏心钻头跟管钻孔工艺可行,其工效高于常规的锚固钻孔设备,可减少挪移钻机的时间。但其缺点在于钻机成本过高,且开挖边坡时需为其预留每层的作业平台,对边坡开挖的干扰较大。不宜大规模进行施工,应根据现场实际情况合理安排施工。

4 锚索造孔与灌浆

4.1 造孔工艺

根据本次锚索的试验过程分析和 3 种造孔方案的比对得知:采用“跟管加固壁”的造孔工艺是现有地质条件下的最佳施工工艺,后续施工应按此法进行施工。

4.2 预注浆措施

本次试验锚索成孔后,下索前对孔底 10~12 m 下止浆塞进行了预注浆,索体编制时在锚固段

与张拉段之间增设了止浆袋,下索后锚固段灌浆达到了设计灌浆标准,所张拉的 4 束锚索均满足设计要求。笔者建议:后续锚索施工均按此措施进行。

4.3 造孔设备

本次对履带钻车钻孔进行了试验,验证了其跟管钻锚索孔的可行性,其优点在于减少了排架搭设和拆除的施工工序,但因其施工成本高、对开挖影响较大,后续施工中应根据施工进度计划合理安排施工,以加快边坡的施工进度。

4.4 混凝土、浆液材料及配合比

本次试验 1# (45 m)、2# (35 m)、3# (35 m)、4# (35 m)锚索的锚墩混凝土和锚固段净浆取样的 7 d 强度均已达到设计抗压强度,并按设计要求完成了张拉和锁定。试验所用的净浆、砂浆、锚墩混凝土施工配合比均满足设计要求^[5];同时满足锚索 7 d 快速张拉的需求,通过锚索测力计的张拉跟踪监测,试验所用的张拉设备满足质量要求。

4.5 其他

从成孔后的孔内摄像图像看,孔内颗粒残渣较多,无法吹出,笔者建议:由规范要求的超钻 0.4 m 改为超钻 1 m,以便将孔内残渣吹入孔底 1 m 加深段。

采用最佳工艺固化后,按照本次试验取得的数据、结合设计技术要求和控制节点工期,安排边坡施工进度和施工设备。

5 结 语

该电站通过弱风化强卸荷岩体 1 000 kN 级无黏结预应力锚索造孔与灌浆技术的研究,造孔灌浆施工经过施工前科学组织、精心施工及造孔灌浆控制措施得当,根据边坡岩体的特殊性,通过使用不同的造孔设备、造孔方法、灌浆工艺,筛选出最优的造孔灌浆施工技术,形成了经济可行的钻孔方法、孔内电视摄像、钻孔长度、灌浆水灰比、灌浆压力、过程观测等控制措施,保证了造孔及灌浆质量,所实施的具体控制措施为:

(1)所形成的锚索造孔工艺为:跟管加固壁或预注浆的施工工艺,具体施工方法如下:

跟管造孔,张拉段采用 $\phi 146$ 套管配合偏心钻具跟管钻孔至距离孔底 10~12 m,钻孔设备为 YXZ-70 型锚固钻机和履带钻车;距离孔底 10~12 m 范围孔段采用 $\phi 120$ 直钎钻头钻孔(简称裸钻)固壁。为保证固壁效果,固壁前,均在套管底部下止浆塞止浆,以孔口注浆压力达到 0.3 MPa 以上、孔内不再吸浆为结束标准。

固壁浆液采用加 5% 速凝剂的 M30 砂浆。为避免浆液渗透对拔管产生不利影响,在每次固壁后,及时采用液压拔管机松动套管;跟管造孔无

法钻进至距离孔底 10~12 m 时,后续孔段均采用固壁造孔工艺钻孔以确保成孔;跟管结束后的后续孔段,若采用裸钻可直接钻进至设计深度时无需再进行固壁,孔内摄像后进入预注浆工序施工以加快锚索施工进度;在固壁浆液待凝过程中,均采用钻杆向孔内送入高压风以加速浆液凝结,控制注浆结束 8 min 后即可扫孔。

(2)经孔内摄像判定锚固段裂隙发育时,下索前应对锚固段进行预注浆;经孔内摄像判定锚固段成孔质量好、锚固段岩体完整(或裂隙已全部被固壁浆液填充)时,可不进行预注浆;采用加入 5% 速凝剂的 M30 砂浆作为预注浆浆液,砂灰比为 1.05:1。

(3)为使锚固段的注浆结束标准达到设计标准,在锚固段与张拉段交接处增设了 80 cm 长的止浆袋,锚固段和张拉段分开灌注净浆和砂浆以确保锚固段的注浆质量满足设计要求。

参考文献:

- [1] 孙亮亮. 高边坡不良地质条件下预应力锚索造孔及灌浆[J]. 青海水力发电, 2014, 33(2): 16-19.
- [2] 李海鹏, 张宇. 固壁灌浆在破碎岩体锚索造孔施工中的试验与研究[J]. 西北水电, 2012, 31(4): 90-94, 98.
- [3] 谢文峰, 陈瑛, 邱向辉. 锦屏水电站大奔流料场边坡锚索灌浆质量控制[J]. 人民长江, 2014, 45(4): 56-59.
- [4] 水工建筑物水泥灌浆施工技术规范, DL/T5148-2012[S].
- [5] 崔鑫, 李蔚源, 杜华瑞, 等. 田建春. 混凝土中浆体用料配比的检验方法[J]. 商品混凝土, 2017, 14(7): 54-57.

作者简介:

曾铁钢(1984-),男,湖南醴陵人,项目总工程师,高级工程师,学士,从事水利水电建筑工程施工技术与管理工。

(责任编辑:李燕辉)

水电五局在成都轨道交通建设领域再获佳绩

日前,由水电五局承建的成都轨道交通 18 号线机电安装及装饰工程 C 标、成都轨道交通 19 号线土建 3 工区在成都城市轨道交通建设工程 2020 年综合评比中脱颖而出,分别斩获年度第二名(64 家参评单位)和第三名(32 家参评单位)的优异成绩,为水电五局在城市轨道交通建设领域再添荣誉。成都轨道交通各项目自 2020 年复工开干以来始终秉承“精工良建,品臻致远”的建设理念,狠抓疫情防控、生产组织、现场管理、形象进度等方面工作,严格按照业主单位下达的各项施工任务优化施工方案,高效推进,科学设定节点工期,严抓目标考核,积极树立良好的品牌形象,面对疫情和工期压力,各项目圆满完成了 19 号线项目 8 台盾构机的始发及掘进任务,并成功迎来 2020 年第四届四次施工专委会碾压混凝土专委会专家、西南交通大学、成都轨道资源经营管理有限公司等大型观摩团并获得一致好评,为项目取得荣誉奠定了坚实的基础。此次年度综合考评根据各项目 2020 年各季度的整体表现,结合各项目日常安全、质量、进度、文明施工、内业管理、人员及设备管理等情况进行了严肃、认真、公平、公正、全方位、多层次、高标准的综合考评,业主单位对水电五局两个项目建设中取得的成绩给予了一致认可。2020 年是水电五局城市轨道交通建设领域极不平凡的一年,成都轨道交通 18 号线项目完工收尾、成都轨道交通 19 号线项目火热开干,同时,城市轨道交通建设品牌首次走出川内,成功开启了郑州、深圳、重庆的逐梦之旅。下一步,各项目将不断夯实项目管理能力,增强履约观念,树立品牌意识,打造样板化观摩工地,推动优质工程建设,为公司转型改革、高质量发展再立新功。

(供稿:中水五局)