

聚丙烯腈纤维混凝土在固滴水电站地下厂房岩锚梁混凝土施工中的运用

魏 勇 军， 王 强， 蒋 怀

(中国水利水电第十工程局有限公司 第二分局,四川 成都 610072)

摘 要:阐述了四川省凉山州水洛河固滴水电站地下厂房岩锚梁施工在混凝土中添加聚丙烯腈纤维、用纤维混凝土代替常规混凝土,有效减少和抑制了因水泥水化热、表面干缩等引起的混凝土表面裂缝,提高了岩锚梁结构混凝土的抗拉、抗裂、抗渗、耐疲劳等性能。

关键词:地下厂房;岩锚梁;聚丙烯腈纤维;混凝土;固滴水电站

中图分类号:TV7;TV52;TV22;TV4 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2019)02-0045-03

1 概 述

岩锚梁混凝土是地下厂房混凝土施工的重点之一,作为永久外露面和厂房桥机长期运行的承重结构,岩锚梁混凝土不仅要求其外表美观,而且对其内在质量要求也非常高。

但从目前国内许多地下厂房岩锚梁混凝土施工情况看,由于混凝土的强度等级高,水泥用量大,水化热不可避免地较高,稍有不慎或养护不到位,就会在岩锚梁混凝土表面出现浅层裂缝,进而严重影响岩锚梁的外观质量,甚至影响到混凝土的耐久性。

笔者介绍了四川省凉山州水洛河固滴水电站地下厂房岩锚梁施工在混凝土中添加聚丙烯腈纤维、用纤维混凝土代替常规混凝土,有效减少和抑制了因水泥水化热、表面干缩等引起的混凝土表面裂缝,提高了岩锚梁结构混凝土的抗拉、抗裂、抗渗、耐疲劳等性能的具体运用过程。

固滴水电站地下厂房布置在白水河口上游 930 m 处的水洛河右岸山体内部,由主副厂房及安装间构成,平面上呈“一”字形布置,总长度为 79.8 m,宽度为 18.4 m,高度为 41.8 m,厂房顶高程为 2 193.8 m,厂房底高程为 2 152 m,厂房内安装 3 台单机容量为 46 MW 的水轮发电机组,机组安装高程为 2 161.8 m。

厂房主机间及安装间上、下游边墙 2 183.85~2 181.25 m 高程之间布置有岩锚梁。其中上游岩锚梁全长 64.45 m,下游岩锚梁全长 54.9 m(下

游侧靠进厂交通洞洞口处另外布置有一段长 9.55 m 的混凝土简支梁)。岩锚梁梁高 2.6 m,顶宽 1.8 m,梁上部设 10 cm 厚的轨道二期混凝土,梁内预埋 $\varphi 50$ PVC 排水管。

2 施工方案

厂房岩锚梁混凝土是地下厂房混凝土施工的重点之一,为减少厂房后期开挖爆破振动的影响,固滴水电站厂房岩锚梁混凝土施工安排在厂房第二层开挖结束、将厂房第三层开挖一部分后(厂房开挖至第三层 2 176 m 高程)进行,最终将岩锚梁下拐点至下层开挖面的高度控制在 4~5 m。

厂房岩锚梁混凝土的施工分为上、下游两个工作面单独进行,先进行下游岩锚梁受拉、受压锚杆的施工,然后分段进行下游岩锚梁的混凝土施工,在此期间,同步进行上游岩锚梁受拉、受压锚杆的施工,最后分段进行上游岩锚梁混凝土的施工。为克服混凝土表面裂缝,在岩锚梁混凝土中采用了聚丙烯腈纤维。

3 聚丙烯腈纤维混凝土

聚丙烯腈纤维能在混凝土内部形成一种乱向支撑体系,可以分散混凝土的收缩应力并增大混凝土的黏聚性,能够极有效地控制混凝土及水泥砂浆的早期塑性收缩、干缩等非结构性的裂隙产生和发展,有效阻碍骨料的离析,减少和抑制因水泥水化热、表面干缩等引起的混凝土表面裂缝,提高岩锚梁结构混凝土的抗拉、抗裂、抗渗、耐疲劳等性能。固滴水电站地下厂房岩锚梁混凝土施工中掺加的聚丙烯腈纤维的掺量一般为 1 kg/m³。

主要原材料配合比设计:水泥品种为攀枝花钢城瑞丰 P.O42.5 水泥;JX-GB 型减水剂;聚丙烯腈纤维为 19 mm 型;砂石骨料为固滴水电站厂

区枢纽工程砂石厂自产。其水泥物理性能检测结果见表 1。

检测结果表明:该批次瑞丰 P.O42.5 水泥所

表 1 水泥物理力学性能表

项 目	密度 /g·cm ⁻³	比表面积 /m ² ·kg ⁻¹	标稠 /%	安定性	凝结时间 /min		抗折强度 /MPa		抗压强度 /MPa	
					初凝	终凝	3 d	28 d	3 d	28 d
20151112	3.05	352	26.6	合格	200	257	4.8	7.9	20.4	46.3
GB175-2007	——	≥300	——	合格	≥45	≤600	≥3.5	≥6.5	≥17	≥42.5

检指标能够满足《通用硅酸盐水泥》GB 175-2007 中的相关技术要求。

依据《水工混凝土骨料试验规程》DL/T 5151-2001、《水工混凝土施工规范》DL/T 5144-2001 等规范进行检测,检测成果见表 2。

配合比试验所用的砂石骨料由中水十局固滴水电站厂区枢纽工程项目部砂石系统生产,主要

骨料的各项已检指标均满足《水工混凝土施

表 2 骨料物理品质检测结果表

试验项目	人工砂		碎 石		
	DL/T5144-2001 品质要求	实测值	DL/T5144-2001 品质要求	碎石粒径 5~15 mm	碎石粒径 15~40 mm
堆积密度 /kg·m ⁻³	——	1 530	——	1 560	1 580
表观密度 /kg·m ⁻³	≥2 500	2 870	≥2 550	2 970	2 980
饱和面干表观密度 /kg·m ⁻³	——	2 850	——	2 950	2 970
空隙率 /%	——	47	——	47	47
细度模数 /F·M	——	3.15	——	——	——
吸水率 /%	——	2.4	≤2.5	1.9	1.7
石粉泥量 /%	——	5.6	<1	0.7	0.5
针片状含量 /%	——	——	≤15	——	——
压碎指标 /%	——	——	≤16(≤C ₉₀ 35)	——	6
有机物含量 /比色法	浅于标准色	浅于标准色	浅于标准色	浅于标准色	

工规范》DLT5144-2001 要求。

要求。为使混凝土强度保证率满足设计要求,在设计混凝土配合比时,应考虑到施工质量的不均匀性将导致混凝土强度的波动。为使施工中的混凝土强度符合设计要求,在进行混凝土配合比设计时,应使混凝土配制强度具有一定的富余度。根据现行《水工混凝土配合比设计规程》DLT 5330-2005 中的有关要求,混凝土试验结果为水胶比 0.43,砂率 43%,水 171 kg/m³,水泥 398 kg/m³,骨料 445 kg/m³(5~15 mm)、667 kg/m³(15~40 mm),减水剂 12%,聚丙烯腈纤维 1 kg/m³,陷度 158 mm,7 d 抗压强度为 26.6 MPa,28 d 抗压强度为 38.2 MPa。

经检测得知减水剂该批样品为合格品。检测成果为:JX-GB 型减水剂为 0.75%~1.2%,外加剂掺量为 1.2%,细度 11.8%<15%,减水率 16.8%≥14,凝结时间(min)≥-90 min 初凝, +120 min 终凝, +20 min 初凝~+86 min 终凝。

聚丙烯腈纤维为 19 mm 型,主要依据《化学纤维短纤维拉伸性能试验方法》GB/ T14337-2008、《水泥混凝土和砂浆合用纤维》GB/ T21120-2007 等规范进行检测,经检测得知,该批样品为合格品。检测成果为:聚丙烯腈纤维品种为 19 mm 型,纤维含量为 100%,抗拉强度为 701 MPa,断裂伸长率为 14%,初始模量为 9 GPa,耐碱性能(极限拉力保持率)为 98%。

混凝土配合比设计要求满足混凝土的设计指标、混凝土强度保证率、均匀性指标和施工和易性

根据设计人员对岩锚梁混凝土的技术要求,通过混凝土的试拌和混凝土强度与水胶比(灰砂比)试验,得出岩锚梁混凝土的试配强度与水胶比(灰砂比)均满足设计及规范要求。岩锚梁 C30

混凝土施工配合比为 1 : 2.03 : 2.79 : 0.43(水泥 : 砂 : 石 : 水)。

4 混凝土施工

4.1 混凝土浇筑的施工分段(仓)

根据设计图纸,厂房上、下游岩锚梁分段进行混凝土浇筑施工,每一段浇筑长度为 16 m,上下游共计 8 仓,各 4 仓。

4.2 混凝土施工缝

施工缝设置键槽,键槽为梯形,浇筑段之间的钢筋不打断。

4.3 安装钢筋的方法

钢筋安装时,首先根据测量点线安装架立钢筋,然后安装梁体主筋,最后安装分布筋。钢筋的安装采用流水作业,由人工绑扎定位,电弧焊焊接接头。施工时应每隔 3~5 m 设吊线锤和样架以保证钢筋平、直、齐并控制保护层厚度。在钢筋架设安装之后,及时加以固定保护,避免发生错动和变形。

4.4 模板及支撑体系

固滴水电站地下厂房岩锚梁混凝土施工主要采用新购的常规组合钢模板并辅以一定数量的木模。

4.5 混凝土入仓铺料

厂房岩锚梁混凝土的浇筑采用 HBT60 混凝土泵机泵送入仓的方式,混凝土泵机布置在 3 号施工支洞靠副厂房侧的 2 187 m 高程平台,泵管由泵机 2 188 m 高程开始,经副厂房钢管脚手架接至岩锚梁混凝土浇筑仓面上方的 2 184.5 m 高程。为方便混凝土铺料,泵管末端接 φ150 的蛇形软管。

岩锚梁混凝土浇筑采取薄层铺料的方式,由仓位一端向另一端逐层推进,将混凝土的最大摊

铺厚度控制在 30~40 cm。浇筑过程中,应严格控制混凝土下料高度在 2 m 以内,以防止混凝土出现离析现象。

4.6 混凝土平仓振捣

由于岩锚梁中的钢筋较密,施工时主要采用人工手持 φ50 和 φ25 小型插入式振捣器对入仓的混凝土进行平仓振捣,振捣器的操作遵循“快插慢拔”的原则,插入先浇筑层 5 cm 左右,以保证层间结合良好。

4.7 成型混凝土的保护

为防止厂房下层开挖时爆破飞石对岩锚梁的破坏,需对拆模后的吊车梁进行保护,采取在吊车梁直立面、斜面等部位的混凝土表面覆盖一层 2 cm 厚的杂木板进行防护的方式,杂木板采用 8 号铁丝绑扎固定在吊车梁拉模筋外露的钢筋头上,吊车梁顶部的桥机轨道预埋螺栓头采取外缠橡胶皮进行防护。

5 结 语

通过在混凝土内添加聚丙烯腈纤维,使用纤维混凝土代替常规混凝土,能够极有效地控制混凝土的早期塑性收缩、干缩等非结构性的裂隙产生和发展,有效改善混凝土的耐久性,对于动力荷载作用下的结构纤维能发挥更大的效果,提高混凝土的质量,对有防水要求及大变形结构混凝土施工具有重要的应用和推广价值。

作者简介:

- 魏勇军(1985-),男,湖北赤壁人,工程师,从事水电工程施工技术与管理工作;
- 王 强(1972-),男,四川新津人,高级工程师,从事水电工程施工技术与管理工作;
- 蒋 怀(1988-),男,四川西昌人,助理工程师,从事水电工程施工管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

=====

2018 年:全球发电量超 26 万亿千瓦时,中国占 25.49%

根据国际能源署(IEA)公开的信息,2018 年全球发电量再创新高,同比上年增长了 2.6%,总量达到了 26.672 万亿千瓦时。其中,中国的发电量再次全球第一,约为 6.8 万亿度千瓦时(同比上年增长 6.8%),全球占比高达 25.49%。第二名继续是美国,2018 年发电量约为 4.18 万亿千瓦时(具体为 41 778.1 亿千瓦时,同比增长 3.6%),约为全球发电总量的 15.66%,也约为同期中国发电总量的 61.47%。且中美两国的发电量达到了全球的 41.17%。2018 年全球水力发电量占比约为 16%,核电占比约为 10%,风电占比约为 5%、太阳能发电约为 2%,其他可再生能源发电占比约为 1%,另外还有约 3%的生物质与垃圾发电,不清楚垃圾发电是不是应该划分到火电中。中国方面:2018 年水力发电约为 11 027.5 亿千瓦时,占比约为 16.24%;风力发电约为 3 253.2 亿千瓦时,占比 4.79%;核能发电量约为 2 943.6 亿千瓦时(同比增长 18.7%),约为同期全国发电总量的 4.33%;太阳能光伏发电,全年约为 894.5 亿千瓦时,占比约为 1.32%。

(国际能源网能源资讯频道 2019 年 4 月 9 日)