

景洪水电站拦河坝段标碾压混凝土斜层平推铺筑法施工

王 剑

(中国葛洲坝股份公司景洪项目部,云南 景洪 666100)

摘要 云南景洪地区自 3 月份开始就进入高温季节,并持续到 10 月份,以碾压混凝土为主的景洪水电站右岸 JH/C1 标工程无法避开高温季节施工,需通仓薄层浇筑,采用层面覆盖面积小的斜层平推铺筑法施工取得了良好的效果,混凝土整体施工质量较好,混凝土的均质性、抗渗性、密实性满足设计及规范要求。

关键词 景洪水电站 碾压混凝土 斜层平推铺筑法

中图分类号 :TV544+.921 文献标识码 :B 文章编号 :1006-7647(2006)S1-0086-04

1 工程概况

景洪水电站 JH/C1 标拦河坝最大坝高 89 m,坝顶长 329.00 m。合同混凝土总量 168.2 万 m³,碾压混凝土 75.6 万 m³,大部分分布在拦河坝段,碾压混凝土标号分别为 C₉₀15(三级配),C₉₀20(二级配)。

由于景洪水电站位于亚热河谷区,长夏无冬,一般 5~10 月为雨季,11 月~翌年 4 月为干季,气温高,降水量充沛,坝址地区多年平均气温约 22℃,夏季极端最高气温达 40℃,全年高温时段长达 8 个月。为保证施工质量满足设计要求,JH/C1 标碾压混凝土采用‘斜层平推铺筑法’进行施工。

结合坝体结构形式及拌和系统的生产能力,拦河坝碾压混凝土分为 3 部分进行施工:①溢流坝段导流底孔底板 534.00 m 以下碾压混凝土并仓施工,导流底孔墩墙混凝土单仓施工,导流底孔封顶后溢流坝段碾压混凝土并仓施工;②升船机坝段碾压混凝土并仓施工;③非溢流坝段逐渐向右侧并仓施工。

2 碾压混凝土斜层平推铺筑施工

采用斜层平推铺筑法浇筑碾压混凝土时,“平推”方向根据仓位的长宽比确定为两种:一种方向垂直于坝轴线,即碾压层面倾向上游,混凝土从下游向上游推进,如导流底孔墩墙混凝土施工;另一种是平行于坝轴线,即碾压层面从一岸倾向另一岸,如溢流坝段高程 534.00 m 以下、溢流坝段导流底孔封顶后、非溢流坝段的施工。碾压混凝土铺筑层以固定

方向逐条带铺筑。坝体迎水面 8~15 m 范围内,平仓、碾压方向与坝轴线方向平行。

2.1 碾压混凝土施工工艺

碾压混凝土施工的工艺流程见图 1。

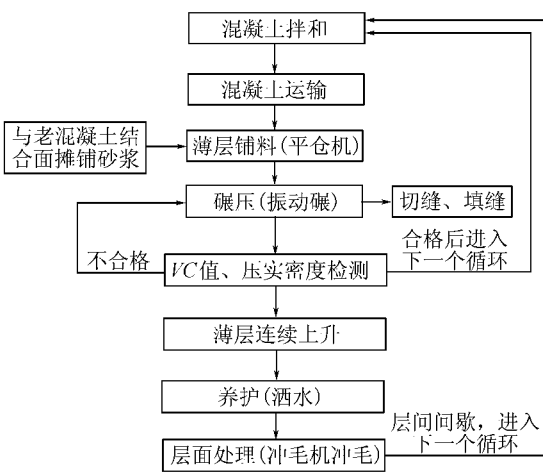


图 1 碾压混凝土施工工艺流程

2.2 混凝土的入仓

根据各个时段的施工特点,混凝土入仓分别采用汽车直接入仓、汽车+胎带机(布料机)入仓、汽车+坝前高架入仓、汽车+坝前高架+胎带机入仓、真空溜槽入仓及缆机入仓等几种方式。

2.3 混凝土摊铺

采用汽车入仓时,在仓外铺设 30~40 m 长碎石路段,设置冲洗平台,入仓汽车冲洗干净并在脱水后才可进仓。如采用坝前高架、胎带机、真空溜槽、缆机布料,其覆盖盲区采用仓内汽车转料、TSY160L 平仓机摊铺。

a. 砂浆铺设。开仓前,首先在基础面均匀摊铺 2

~3 cm 厚、流动度 18 ~ 22 cm 的水泥砂浆,随铺随卸料,以利层面结合,摊铺面积以 30 min 能够覆盖为准。

b. 开仓段碾压混凝土施工。碾压混凝土拌和后运输到仓面,按规定的尺寸和规定的顺序进行开仓段施工,刚开始的铺筑斜面不需一次形成,通过铺筑几层混凝土逐步形成斜层面,即减少每个铺筑层在斜层前进方向上的厚度,并要求使上一层全部包容下一层,逐渐形成倾斜面(见图 2)。沿斜层前进方向每增加一个升层 H ,都要对老混凝土面铺砂浆,碾压时控制振动碾,不能碰到老混凝土面上,以避免压碎坡角处的骨料而影响该处碾压混凝土的施工质量。

c. 碾压混凝土的斜层铺筑。斜层铺筑是碾压混凝土的核心部分,其基本方法与平层铺筑法相同。为防止坡角处的碾压混凝土骨料被压碎而形成质量缺陷,施工中采取预铺水平垫层的方法,并控制振动碾不得行驶到老混凝土面上去,水平垫层与斜层铺筑的顺序见图 2。首先清扫、清洗老混凝土面(水平施工缝面),摊铺砂浆,然后沿碾压混凝土宽度方向摊铺混凝土拌和物形成水平垫层。水平垫层超出坡脚前缘 30 ~ 50 cm,超出的部分第一次不予碾压而与下一层的碾压混凝土一起碾压,以避免坡脚处骨料压碎 接下来进行下一个斜层铺筑碾压,如此反复至收仓段施工。

d. 收仓段碾压混凝土施工。收仓段碾压混凝土相对与开仓段较简单,首先进行老混凝土面摊铺砂浆,然后采用图 3 所示的折线形状施工,其中折线的水平段长为 8 ~ 10 m,当浇筑的面积越来越小时,水平层和折线层交替铺筑,可满足层间间歇的时间要求。

2.4 混凝土的碾压

混凝土的碾压主要采用 BW202AD-2 型振动碾,

边角部位采用 BOMAG90 型小振动碾。

汽车卸料或转料时严格控制靠近模板条带的作业,料堆边缘与模板的距离不小于 2 m ;与模板接触部位辅以人工铺料。为尽可能降低骨料分离对碾压混凝土层间结合性能的影响,汽车卸料后,料堆周边集中的大骨料及时用平仓铲并辅以人工进行清理或散开 为减少骨料分离,前一车卸料完毕后先进行摊平,后一车卸在摊平后的混凝土面上。碾压混凝土松铺厚度 35 cm,压实厚度 30 cm,开仓前在模板上画出分层平仓控制线,并注明控制线的高程。

碾压方向与摊铺方向一致,振动碾碾压行走速度 1.1 ~ 1.3 km/h,根据不同层次分别采用无振 2 遍 + 有振 6 ~ 8 遍 + 无振 2 遍碾压。碾压作业采用条带搭接法,碾压条带间的搭接宽度为 20 cm,端头部位的搭接宽度不小于 100 cm。

2.5 成 缝

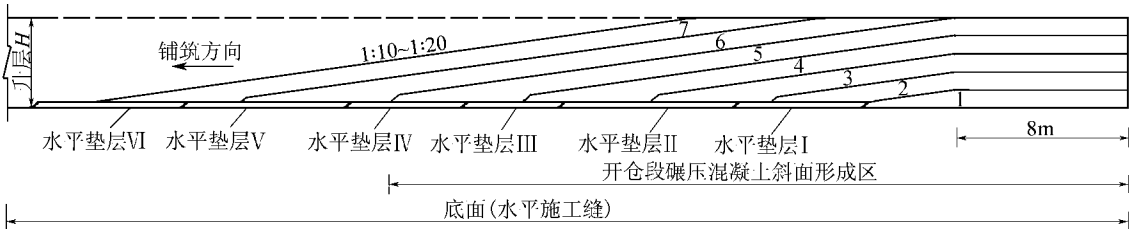
a. 碾压混凝土横缝采用切缝机切割、设置沥青杉板或粘贴聚乙烯塑料泡沫板($\delta = 2\text{ cm}$)等方法形成,缝面位置及缝内填充材料满足施工图纸要求。

b. 并仓施工的横缝采取‘先振后切’的方式进行,采用振动切缝机连续切缝,以振动的方法用刀板沿横缝切缝,缝宽 10 ~ 12 mm,切缝后将分缝材料(塑料彩条布)压入横缝内,成缝面积每层应不少于设计缝面的 60%。

c. 对于采用立模浇筑成型的横缝,通过用刮铲、修整等方法将其表面的混凝土或其他杂质清除后,设置沥青杉板或粘贴聚乙烯塑料泡沫板。

2.6 变态混凝土的施工

在大坝上下游面、靠岸坡、止水埋设处、廊道周边和其他孔口周边不能用振动碾碾压的某些区域,



说明 ①铺筑顺序为 1→水平垫层 I→2→水平垫层 II→3→水平垫层 III→4→水平垫层 IV→5→水平垫层 V→6→水平垫层 VI→7 ;②混凝土碾压顺序为 1→2→3→4→5→6→7

图 2 开仓段斜层层面形成及斜面铺筑顺序示意图

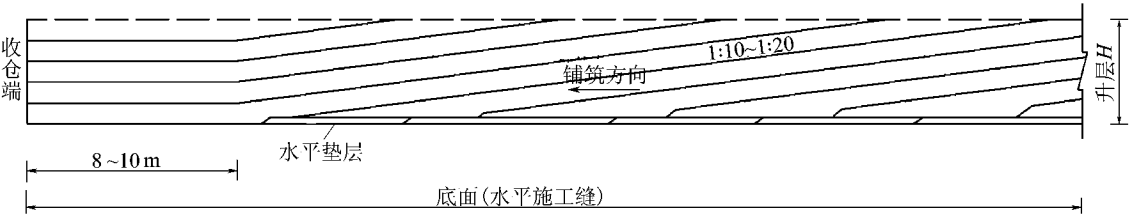


图 3 斜层碾压收仓口铺筑方法施工示意图

碾压混凝土摊铺后铺洒水泥粉煤灰灰浆并振捣而形成的富浆混凝土,采用常态混凝土的振捣方法捣固密实。其浇筑随碾压混凝土施工逐层进行,与碾压混凝土结合部位采用搭接法碾压密实。工艺流程为 辅料→注浆→振捣。

a. 靠近模板、分缝细部结构或岸坡部位的碾压混凝土条带摊铺和平仓到一定的范围后,即可以开始变态混凝土的施工。变态混凝土的施工采用人工加浆振捣方式:先由人工在距模板边约 25 cm 的位置开出深 15 cm、宽 15 ~ 20 cm 沟槽(抽槽法),再以定量的方式把灰浆均匀洒到沟槽内,掺浆 15 min 后振捣。变态混凝土中灰浆的加入量通常为该部分碾压混凝土体积的 4% 左右。

b. 变态混凝土与碾压混凝土结合部位,严格按照规范要求进行专门的碾压,相临区域混凝土碾压时与变态混凝土区域的搭接宽度大于 20 cm。

2.7 混凝土的养护

a. 混凝土浇筑收仓 12 h 后,即开始对混凝土表面进行养护,高温和较高温季节表面进行流水养护,低温季节表面进行洒水养护,永久外露面采用花管洒水养护。养护时间为混凝土的龄期,水平施工缝养护时间至下一仓混凝土覆盖。

c. 在碾压混凝土的施工过程中,保持仓面湿润,避免出现干湿交替。正在施工和刚碾压完毕的仓面,防止外来水的侵入。

c. 混凝土养护设专人负责,并做好养护记录。

2.8 特殊条件下的碾压混凝土施工

2.8.1 高温天气施工

a. 当平均气温等于或高于 25℃ 时,需大幅度削减层间间隔时间,在仓位侧面每隔 25 ~ 30 m 各设一喷雾头,进行大面积喷雾,以降低环境温度,补偿仓内混凝土表面蒸发的水分,保持仓面湿润,控制整个仓面的温度随气温上升的幅度。必要时,在白天高温时段对碾压混凝土表面覆盖保温材料。根据 8 月份工地现场实测结果:日气温为 22.9 ~ 30.6℃ 时,裸露的混凝土温度变幅为 2.5℃,而覆盖隔热材料后的混凝土温度变幅仅为 0.56℃。

b. 采用通水冷却降温措施。冷却水管采用导热系数大于或等于 1.0 kJ/(m·h·℃) 的塑料管,冷却水采用 10℃ 制冷水或天然河水。管中水流速控制在 0.6 m/s 左右,每 24 h 变换一次水流方向。

c. 在大风、干燥气候条件下施工时,采用人工手持喷雾装置的方式对仓面进行局部喷雾增湿处理,以防止混凝土及层面出现发干、发白现象。

d. 混凝土运输过程中,在混凝土运输设备上加设遮阳棚,以减少因太阳直射引起混凝土的温度回

升和 VC 值损失。

e. 采用较低的 VC 值,按下限进行控制。根据生产性试验结果,景洪水电站碾压混凝土工作度 VC 值在 3 ~ 12 s 之间。

f. 改善和延长碾压混凝土拌合物的初凝时间,采用高效缓凝减水剂。根据生产性试验结果,结合景洪水电站气候特点,碾压混凝土选用龙游 ZB-1 型、上海麦斯特 Gm26 型高效缓凝减水剂,可有效延长混凝土初凝时间 4 ~ 6 h。

g. 控制碾压混凝土的出机口温度,使碾压混凝土的浇筑温度满足设计要求。碾压混凝土出机口温度控制在 14 ~ 16℃ 之内。

2.8.2 雨天施工

a. 施工期间加强气象资料收集工作,及时了解雨情和其他气象情况,妥善安排施工进度。

b. 雨天施工加强降雨量的测试工作,雨量测试由现场试验室负责,每 20 min 向施工调度部门和现场指挥报告一次测试结果。

c. 当每 6 min 雨量小于 0.3 mm 时,碾压混凝土继续施工,但采取如下措施:①拌和楼生产的碾压混凝土拌和物 VC 值适当调大,采用上限值,如降雨持续时间长,采取适当减小碾压混凝土水胶比的措施;②卸料后,立即用塑料编织布覆盖,平仓时再揭开,并立即平仓、碾压,严禁未碾压好的混凝土拌和物长时间暴露在雨中;③在靠近边坡基础或老混凝土与仓面交接的部位,做好临时排水沟,使外来水不侵入碾压混凝土。

d. 当每 6 min 雨量达到或超过 0.3 mm 时,由现场指挥发出暂停施工命令,拌和系统停止拌和,仓面迅速完成尚未进行的卸料、平仓和碾压作业。如遇大雨或暴雨,将卸入仓内的混凝土料堆、未完成碾压作业的条带和整个仓面全部覆盖,待雨后再做处理。

e. 暂停施工命令发布后,碾压混凝土生产、施工一条龙的所有施工人员都仍坚守岗位,并做好随时恢复施工的准备。

f. 雨后恢复施工前做好如下工作:①清除停放在露天的运送混凝土的汽车车箱内的积水;②立即排除仓内的积水,当符合要求后,即开始碾压混凝土的铺筑施工;③新生产的碾压混凝土 VC 值按上限控制;④由质检人员对仓面进行认真检查,对有漏碾已初凝或其他被水严重侵入的混凝土进行清除。对混凝土面因受雨水冲刷裸露砂石严重的部位补铺灰浆或砂浆。

3 斜层平推铺筑法施工的质量控制

a. 碾压混凝土的铺筑仓面必须保持湿润、干

净,对任何杂物均应清除。

b. 严格控制层面结合质量,施工机械必须保证其完好率,防止由于机械漏油、人为原因污染层面。混凝土运输车辆必须冲洗干净并脱水后方可入仓。

c. 严格控制层间间歇时间,碾压混凝土层间允许间歇时间为小于或等于混凝土初凝时间减 1 h。当层间间歇时间超过规定时间时,则按时间的长短对层面按Ⅰ,Ⅱ型冷缝进行处理。

碾压混凝土施工冷缝分类按表 1 控制。

表 1 间歇时间与对应的冷缝类型

月 份	Ⅰ 型冷缝	Ⅱ 型冷缝
11~2 月	> 10 h 且 ≤ 24 h	> 24 h
3~4 月	> 8 h 且 ≤ 16 h	> 16 h
5~8 月	> 6 h 且 ≤ 12 h	> 12 h
9~10 月	> 8 h 且 ≤ 16 h	> 16 h

对 C₉₀15(三级配)混凝土Ⅰ型冷缝,将层面松散物及积水清除干净,铺一层 1~1.5 cm 砂浆,砂浆强度比混凝土高一级,并立即摊铺混凝土,在砂浆初凝前碾压完毕。对 C₉₀15(三级配)混凝土Ⅱ型冷缝,采用刷毛、冲毛等方法清除混凝土表面的浮浆和松动骨料,铺一层 1~1.5 cm 砂浆,砂浆强度等级高于混凝土一级,然后立即摊铺混凝土,并在砂浆初凝前碾压完毕。对 C₉₀20(二级配)混凝土冷缝,其处理方法与前述相同,仅将砂浆改为水泥、粉煤灰浆液并掺渗透结晶型防水剂。

d. 对碾压前堆放过久或气温较高造成表面大面积发白的混凝土作废料处理。

e. 施工现场的质量检测。现场检测的压实容重必须达到理论容重的 98%,如未达到则应立即增加碾压遍数至满足标准容重为止,并核实碾压遍数。

4 碾压混凝土施工质量检查

为了对采用斜层平推铺筑法施工的混凝土有一个正确的评价,确保施工质量,对混凝土进行钻孔取芯和压水检查。采用额定取芯直径达 600 mm,深度为 30 m 的 GQ-60 型取芯钻机进行钻孔取芯,XY-2 型钻机进行压水试验检查孔钻取。

4.1 压水检查

碾压混凝土压水试验检查孔采用自上而下分段钻孔、分段压水,段长均为 3.0 m,压水试验采用单点法,压水压力前 5 段为 0.3 MPa,以后各段为 0.6 MPa。压水试验的合格标准为:二级配混凝土小于 0.5 Lu,三级配混凝土小于 1 Lu。

针对右岸 6~11 号坝段碾压混凝土,压水试验共压水 107 段(全孔压水 6 段),其中三级配混凝土 99 段,透水率在 0~0.2 Lu 的有 15 段,占压水总段数的

15%,透水率在 0.2~0.5 Lu 的有 10 段,占压水总段数的 10%,透水率在 0.5~1 Lu 的有 73 段,占压水总段数的 74%,大于 1 Lu 的 1 段,占压水总段数的 1%,压水合格率 99%。二级配混凝土共有 8 段,均小于 0.5 Lu。

4.2 混凝土质量取芯

针对右岸 6~11 号坝段碾压混凝土布置 7 个质量取芯孔,其中 10 坝段 2 个孔,其他坝段各 1 个孔。孔深最大达 48.2 m,混凝土芯样钻孔进尺 267.03 m(不包括基岩钻孔),钻孔直径为 168 mm,芯长度 262.76 m(不包括岩芯长度),直径 150 mm,芯样获得率为 98.4%。芯样外观表面光滑,骨料分布均匀,结构密实,层间结合胶结良好,局部有小气泡、骨料集中和骨料分离等现象。混凝土芯样合格率 100%,优良率为 83.9%。

4.3 芯样物理性能检查

a. C₉₀15(三级配)碾压混凝土 6 组,混凝土抗压强度在 18.9~33.5 MPa 之间,劈拉强度在 2.43~3.16 MPa 之间,抗渗等级为 W8,均满足设计指标要求。

b. 检查 C₉₀20(二级配)碾压混凝土 2 组,混凝土抗压强度在 30.2~36.8 MPa 之间,劈拉强度为 3.76 MPa,抗渗等级大于 W10,均满足设计指标要求。

4.4 混凝土质量评价

检查孔压水检查透水合格率为 99%,钻孔取芯芯样获得率为 98.4%,芯样表面光滑、结构密实,骨料分布均匀、气泡较少,局部有少量气泡和骨料集中现象。根据检查结果分析可知,右岸大坝混凝土整体施工质量较好,混凝土的均质性、抗渗性、密实性满足设计及规范要求。

5 结 语

碾压混凝土斜层平推铺筑法除摊铺和碾压稍有不同外,其他的施工组织、施工工艺流程均与平层通仓法相同。斜层平推铺筑法具有以下优点:①在不提高浇筑强度的条件下,可大幅度降低层间间隔时间,减小覆盖面积;②在高温环境条件下,层间暴露时间短,预冷混凝土的冷量损失小;③施工过程中遇到降雨时,临时保护的层面面积小,有利于斜层表面排水及改善混凝土之间层面结合质量。该施工方法在亚热带区域及高温季节其他工程碾压混凝土施工中可以借鉴及推广。

参考文献:

[1] DL/T 5112—2000,水工碾压混凝土施工规范[S].

[2] 孙恭尧,王三一,冯树荣.高碾压混凝土重力坝[M].北京:中国电力出版社,2004.

(收稿日期 2006-07-24 编辑 熊水斌)