

# 三峡工程排沙钢管高标号混凝土温控防范措施

罗 卿, 王红军

(中国水利水电第四工程局, 青海 西宁 810006)

**摘要:**介绍三峡二期工程左岸非溢流坝 18 号坝段排沙钢管进水口底板高标号混凝土在高温季节按照技术要求和常规方法施工的过程, 对混凝土出机口温度的控制、混凝土运输和入仓过程中的温度回升、仓面保温以及人工降低外界气温的方法进行阐述, 并对减少胶凝材料水化热温升、温度控制方法、检测手段进行简要描述, 提出在高温季节混凝土浇筑过程中值得注意的事项。

**关键词:**高标号混凝土; 温控措施; 三峡水利枢纽

**中图分类号:**TV431

**文献标识码:**B

**文章编号:**1006-7647(2001)05-0038-02

根据三峡坝区多年平均气温资料, 每年 4~10 月气温比较高, 特别是 5~9 月份, 平均外界气温高达 29℃以上, 因此, 三峡总公司将每年的 4~10 月定为夏季施工阶段。在夏季施工阶段浇筑混凝土, 混凝土的温控问题一直是大家比较关注的问题, 也是一个比较难以控制的技术问题。为此, 业主、设计、监理、施工单位都非常重视混凝土的温控工作。

三峡二期工程招标文件对三峡工程的温控问题提出了严格的要求, 要求在夏季施工阶段内, 混凝土出机口温度不高于 7℃(7℃混凝土), 并且要求保证混凝土浇筑温度不超过 14℃。同时要求施工单位采取必要的措施保证混凝土内部最高温度不超过设计允许值。其最有效的方法就是对骨料进行预冷和在混凝土拌制时加冰, 保证混凝土的出机口温度和浇筑温度满足标书要求, 并辅以通水冷却和混凝土表面流水、喷雾养护等措施, 以达到降低混凝土最高温升的目的。

## 1 混凝土仓号及水泥用量基本情况

左岸非溢流坝 18 号坝段建基面高程为 EL86.0m, 截止 1999 年 4 月甲块已浇至 EL87.8m~EL88.6m, 仓面为上游低、下游高的斜面, 此仓号面积约 500m<sup>2</sup>, 浇至 EL90.0m 约需混凝土 1100m<sup>3</sup>, 排沙孔口周边 1m 范围内为 R<sub>28</sub>400 号抗冲耐磨混凝土, 其余部位为 R<sub>90</sub>300 号混凝土, 为方便施工, 减少施工干扰, 在仓号施工过程中按一次浇至底部 EL90.0m 的方案准备仓号。但此部位混凝土位于基础强约束区, 周边为老混凝土面和基岩, 又是较高温季节浇筑, 因此温

控技术问题显得尤为突出。

左岸非溢流坝 18 号坝段排沙钢管进水口底板拌制的混凝土采用荆门中热 525 号硅酸盐大坝水泥, R<sub>28</sub>400 号采用坍落度为 5~7cm 的Ⅱ级配和Ⅲ级配混凝土, 最大水泥用量 344kg/m<sup>3</sup>, 最小水泥用量 183kg/m<sup>3</sup>, 还有少量的Ⅱ级配和Ⅳ级配混凝土, 水泥用量分别为 230kg/m<sup>3</sup> 和 160kg/m<sup>3</sup>。由于荆门水泥具有早强、水化热温升快的特点, 加上所浇筑的混凝土水泥含量高, 因此, 控制好早期混凝土温度是十分重要的。

此仓号钢筋网密集, 浇筑手段只能用 MQ2000 型门机入仓, 而该门机运行速度较慢, 浇筑速度比较缓慢。该仓号左侧为外露基岩, 右侧及后面为先浇块混凝土, 高差都在 10m 以上, 把左岸非溢流坝 18 号坝段围成一个“品”字型, 施工面比较复杂, 各种机械设备难以快速运转。

## 2 混凝土温度控制措施

### 2.1 降低混凝土浇筑温度

a. 混凝土出机口温度的控制。由于该部位显得非常重要, 加之在三峡二期工程中还是第一次遇上进水口这种高标号混凝土, 因此在浇筑该仓号之前, 业主、设计、监理等单位对此部位浇筑方案进行了专题讨论, 经讨论认为, 首先应从混凝土出机口温度着手控制, 要求混凝土出机口温度不超过 7℃, 控制浇筑温度力争 10℃, 确保 11℃。后经采取相应措施、自定标准为混凝土出机口温度不超过 6℃。施工单位根据三峡总公司的要求严格把关, 采取相应的措施,

将混凝土出机口温度控制在 6℃ 以下. 根据这一要求, 首先对骨料进行预冷和在混凝土拌制时加冰(拌和楼的制冷系统按 7℃ 混凝土设计). 从现场实测的数据来看, 混凝土出机口温度最高 5℃, 平均混凝土出机口温度 4℃ 左右. 由此可以看出, 拌和楼制冷系统的容量和系统运行情况是能够满足各种混凝土特殊温控要求的. 拌和楼的正常运转, 使以后的高标号混凝土浇筑质量有了最基本的保证.

b. 控制混凝土运输和入仓过程中的温度回升. 本仓号于 1999 年 4 月 29 日 2 时 20 分开盘浇筑, 5 月 1 日 8 时 50 分收盘. 采用门机入仓, 从拌和楼受料口至门机受料斗运输距离约 250 m, 运输时间约 1.5 min. 混凝土运料车车斗设置遮阳蓬, 以防止太阳辐射引起的混凝土温度过快回升. 从运输时间来看, 混凝土温度回升的幅率较小, 但该部位钢筋密集, 人工振捣困难, 浇筑速度缓慢, 因此有压车压料现象出现, 以致混凝土温度有一定回升, 但均满足混凝土入仓温度要求. 为了减少浇筑速度跟不上而引起的混凝土温度回升, 浇筑单位即抽调大量的劳动力, 加强混凝土的振捣力量, 提高浇筑强度, 尽量避免出现压车压料现象. 因此混凝土在运输和入仓过程中的温度回升率较小, 浇筑过程中实测的混凝土平均入仓温度 4.4℃, 回升率为 10%, 远远小于标书规定的混凝土自出机口至入仓 25% 的回升率.

c. 加强仓面保温, 减少浇筑过程中温度流失. 在浇筑过程中, 特别是在白天, 如果任混凝土在太阳下暴晒, 混凝土的温度就会直线上升, 混凝土浇筑温度就很难满足要求. 浇筑过程中采用的温控措施是边浇筑边覆盖草席、EPE 片材等保温材料进行保温, 减少混凝土的温度流失. 从现场实测的混凝土入仓温度和浇筑温度可以看出, 覆盖草席和 EPE 片材等保温材料保温以后, 效果显著. 现场实测混凝土入仓温度最高 7℃, 平均入仓温度 4.4℃. 现场实测最高浇筑温度 11℃, 平均浇筑温度 6.9℃. 对混凝土浇筑温度的控制取得了较为理想的效果. 这对控制混凝土内部最高温升起到了很大的作用.

d. 人工降低外界气温, 减少混凝土温度流失. 从浇筑时间来看, 大部分混凝土控制在夜间气温较低时浇筑, 因此给混凝土温控减轻了一些负担. 浇筑过程中, 实测的最高外界气温 28℃, 最低 13.5℃, 平均气温 19.9℃. 浇筑过程中每天的中午到下午 17 时以前这段时间气温比较高, 容易使混凝土引起过快温度回升. 主要措施是在仓号四周上方采取空中喷雾的方法, 在左岸非溢流坝 18 号坝段甲块两侧先浇块上用高压喷头或冲毛枪对着空中喷洒水雾. 采用空中喷雾的方法对降低外界气温效果明显, 气温

越高, 降低的幅度就越大. 现场实测数据为: 在外界气温为 28℃ 的时候, 通过喷雾降温可使仓号的(太阳直射情况下)气温降低 2℃ 左右, 水雾笼罩范围内(太阳晒不到的阴面)气温可降低 4℃. 由此可见, 采用空中喷雾降低外界气温的方法效果非常明显. 它对于降低混凝土温度是大有帮助的.

## 2.2 降低胶凝材料水化热温升

a. 通制冷水对混凝土进行冷却. 由于该部位温控形势严峻, 且混凝土水化热温升快, 因此在仓号一开盘浇筑即开始通 6~8℃ 制冷水进行冷却, 以降低水化热温升. 针对水泥水化热回升快且高的特点, 在通水冷却的早期, 采用加大通水流量的方法进行冷却(通水流量 30~35 L/min, 平均进水温度 5.4℃), 尽量控制混凝土内部最高温度不超过 30℃, 以保证冷却水与混凝土内部最大温度差不超过设计允许的极限值 25℃. 在通水 4 d 以后, 混凝土内部出现最高温度 27.9℃, 没有升到 30℃, 控制得比较理想. 之后, 混凝土内部温度开始回落, 此时即开始减少通水流量到 20~25 L/min, 并相应提高进水温度 7~8℃, 以保证降温速度不大于 1℃/d. 在通水冷却 7 d 后, 混凝土内部最高温度已降到 24℃ 以下. 为避免降温幅度过大引起温度应力, 此时即开始停止对混凝土的冷却. 通过停水后连续 7 d 的温度变化情况分析, 停水后混凝土内部温度有缓慢回升现象. 停水前期每天约回升 0.3℃, 温度已不会出现过大反弹.

b. 表面流水养护降温. 该仓号层面混凝土标号为 R<sub>28</sub>400 号, 水化热温升高, 为降低混凝土内部温度, 防止混凝土表面产生龟裂, 在仓号收盘 25 h 以后开始采用冷却回水与系统水的混合水对混凝土表面进行流水养护. 从实测的混凝土表面温度来看, 实测混凝土表面温度要比外界气温低 2~3℃. 对降低和控制混凝土内部温度起到了很大的作用.

## 3 温度控制检测手段

为了便于检验和了解混凝土内部温度情况, 及时采取必要的措施控制混凝土内部温度, 在进水口底板中心线两个标号区选择具有代表性的位置埋设了两支温度计 CT18-1 和 CT18-2, 埋设高程分别为 EL88.5 m、EL89.5 m, 埋设桩号为  $X=19+997.5$ ,  $Y=48+091.25$ . 在两支仪器底部各 50 cm 处布置了间距 1.5 m×1.0 m 的冷却水管, 根据两支仪器前两周所测成果可以看出, 整个温度变化过程平缓, 没有突变的情况. 冷却停止后温度有所回升, 表明所采用的温控措施是合理的, 温控冷却措施也落实得较好.

(下转第 61 页)

在.然后,试验段墙体达到一定龄期后,分别在桩号 7+057 和 7+051 处的不同深度进行钻孔取芯,经试验,试块抗压强度为 2.95~7.39 MPa,渗透系数为  $2.48 \times 10^{-7} \sim 9.05 \times 10^{-8}$  cm/s,达到设计要求.同时说明所选参数是合理的.

### 2.3 施工质量控制

试验结束后,按试验参数进行全面施工,施工轴线布置在大堤轴线堤内一侧,两者相距 6 m.施工先从下游桩号 7+084 开始,至上游桩号 6+834 结束,全长 250 m.从整个过程来看,施工进展顺利,但也存在一些问题,比如:在桩号 6+854~6+834、孔深 8~16 m 处遇到硬层(砾质粘土),难以沉模至设计深度;因机械故障、停电等原因造成中途停喷等情况,都分别进行了及时处理.

在施工过程中,严格执行“三检”制,根据本工程及工艺特点,将连续性、垂直度、槽孔深度和浆液配制作作为控制的重点.

a. 连续性.插入第二槽段时必须与第一槽段重叠 0.2~0.3 m,同时,在钢模端部一侧安装 0.25 m 的导向板,与第一槽瓦重叠,起导向和连接作用.

b. 垂直度.在钢模插入前,用水平直尺调平桩架

底盘,在桩架上吊一垂球,调整斜拉杆长度,保证上部垂头导向架的垂直.倾斜度不超过计划的 0.3%.

c. 槽孔深度.根据地质勘测资料及振动插板振动的速度,判定防渗墙的下限深度.

d. 浆液.所用材料必须符合国家有关规范要求,不得使用受潮结块的水泥.配比通过试验确定,当浆液存放超过 4 h 时,应按废浆处理,搅制和灌注要过筛.

施工结束后,分别在桩号 7+081 和 7+045 处不同深度取芯.试块抗压强度 2.76~3.6 MPa,渗透系数为  $1.45 \times 10^{-7} \sim 6.39 \times 10^{-7}$  cm/s,皆满足设计要求.

## 3 结 语

插板防渗墙作为一种新的构筑防渗墙技术,已在惠州大堤防渗加固工程中得到成功应用.其成墙原理简单,施工方便,沉模、拔模、振捣、成墙速度快,效率高,质量好,墙体薄,成本低,便于保证防渗体的整体性和质量.该技术适用于土层、沙层、含砾石少的砂砾石层,对砾石含量多、粒径较大或处理深度达到一个新的水平(25 m 以上)的地层则要慎用.

(收稿日期:2000-05-10 编辑:张志琴)

(上接第 39 页)

## 4 结 论

a. 左岸非溢流坝 18 号坝段甲块排沙钢管进水口底板在浇筑过程中各个环节的温度控制措施如降低混凝土出机口温度,加快混凝土浇筑速度,加强仓号保温,降低外界气温,人工制冷水冷却,混凝土表面流水养护等都落实得比较好,其效果也是明显的,说明这些经验都有值得推广的必要.

b. 左岸非溢流坝 18 号坝段甲块的温控做得比较好,也是因为有几个比较有利的条件,如仓号距拌和楼运距短,外界气温相对偏低等.但左岸非溢流坝 18 号坝段甲块的温控也有明显的不足,例如前期通水流量过大,其降温效果不太好,而且可能会给混凝土变形带来不利.人工降低外界气温时水雾喷洒的范围也太小,水的雾化程度也不太理想,对外界气温的降低幅度还有待提高.根据实测资料分析,人工降低外界气温水雾喷洒的范围大,水的雾化程度范围大,外界气温的降低幅度也会有所提高.

c. 在高温季节施工,混凝土温度控制的难度会逐渐增大.今后值得注意的是各项措施一定要落实到位,仅有上述措施还不一定能保证做好机组进水口混凝土温控工作,还需进一步试验和研究新的温检方法和措施.

(收稿日期:2000-04-02 编辑:张志琴)

·简讯·

### 世界三大风电装机国近年来风电装机增长情况

风力发电是一种可持续发展的绿色能源,近年来在世界上发展很快,特别是德国、美国和丹麦,已成为世界上风电装机最多的三个国家.近年来它们风电装机的增长状况如表 1 所示.

表 1 世界三大风电装机国近年来风电装机容量

| 年 份       | 各国风电装机容量/万 kW |       |       |
|-----------|---------------|-------|-------|
|           | 德国            | 美国    | 丹麦    |
| 1995      | 113           | 160   | 62    |
| 1996      | 154           | 175   | 87    |
| 1997      | 193           | 180   | 106   |
| 1998      | 287           | 214   | 135   |
| 1999      | 444           |       |       |
| 2000      | 611           | 360   | 236   |
| 5 年年平均增长率 | 40.1%         | 17.6% | 30.6% |

从表 1 可见:①这三个国家在最近的 5 年内,风电装机都有成倍的增长,其装机容量都在 200 万 kW 以上.把排名在其后的印度和西班牙远远地抛在了后面,和丹麦的差距扩大到了 100 万 kW 以上.②从发展速度看,德国雄居榜首,5 年间的年平均增长率高达 40.1%,高出美国 1 倍多,1997 年的风电装机数就超过了美国,跃居世界的首位.在其后的 3 年里,发展势头不减,进一步扩大了差距.据称,德国风电的年发电量在正常情况下可达 115 亿 kW·h,约占德国年总发电量的 2.5%.

(吴荣高供稿)