

三峡二期工程大坝混凝土塔带机入仓快速施工技术

周厚贵, 曾 明

(中国葛洲坝集团公司, 湖北 宜昌 443002)

摘要 在简要介绍三峡二期工程大坝概况和大坝混凝土施工拌和制冷系统及浇筑设备布置的基础上, 详细阐述了为适应塔带机快速高强度施工, 在施工技术工艺和组织管理方面的创新, 包括混凝土配合比改进、层间结合工艺改良、计算机综合监控系统研制、坝体上升形象控制、骨料分离预防、混凝土温度控制等。三峡二期大坝混凝土施工的实践证明, 采用塔带机入仓快速施工是成功的, 可为今后大中型水电工程大坝混凝土快速高强度施工提供借鉴。

关键词 塔带机; 快速施工; 大坝混凝土; 三峡工程

中图分类号 TV53+2

文献标识码 B

文章编号 1006-7647(2004)06-0024-03

三峡二期工程泄洪与挡水大坝设计为混凝土重力坝, 包括左岸非溢流坝 12~18 号坝段、左岸厂房坝段、左导墙坝段、泄洪坝段、混凝土纵向围堰坝身段 160 m 高程以上部分, 混凝土总量为 1 078 万 m^3 。二期工程大坝轴线总长 1 304.5 m, 坝顶高程 185 m, 最大坝高 181 m, 最大坝底宽度 134.5 m。泄洪坝段内设有 22 个有压导流底孔, 23 个泄洪深孔, 22 个溢流表孔, 在左导墙坝段和混凝土纵向围堰坝身段各设有 1 个泄洪排漂孔, 左岸厂房坝段内设有 14 个电站进水口。根据大坝结构设计, 泄洪坝段宽度为 21 m, 厂房坝段的钢管坝段宽度为 25 m, 非钢管坝段宽度为 13.3 m。大坝设置两条纵缝, 将大坝的坝体尺寸控制在 25~56.3 m 之间, 大坝浇筑块最大面积约 1 264 m^2 。根据控制性进度要求, 自混凝土浇筑准备到全线达到坝顶设计高程, 施工工期为 46 个月。

三峡二期工程大坝建设以其工程量巨大、工期紧、施工强度高而显著区别于国内外已建或在建的其他水电工程。特别是泄洪坝段坝体结构复杂, 部分坝段的建基面位于长江主河床的深槽部位, 坝体高度大, 是三峡二期工程大坝工期最紧张、施工最艰巨的施工项目, 采用传统的混凝土浇筑方法显然难以保证实现预定的工程目标。因此, 在充分研究论证的基础上, 施工采用了以塔带机为主, 辅以大型门塔机、缆机的混凝土浇筑方案。

1 混凝土浇筑系统的布置

1.1 混凝土拌和制冷系统布置

三峡二期工程大坝共布置 3 个拌和系统、6 座

搅拌楼, 混凝土拌和能力 1 720 m^3/h 。主要为: 布置在二期基坑下游的 79 m 高程系统, 设 4 $\times$ 4.5 m^3 自落式拌和楼 2 座, 拌和能力 640 m^3/h , 系统总配置制冷容量 25 005 kW, 7~14 $^{\circ}\text{C}$ 低温混凝土生产能力 500 m^3/h , 主要供应泄洪坝 5~23 号坝段的混凝土浇筑。布置在左岸厂房上游的 90 m 高程系统, 设 4 $\times$ 6 m^3 及 4 $\times$ 3 m^3 自落式拌和楼各 1 座, 拌和能力为 600 m^3/h , 系统总配置制冷容量 18 608 kW, 7~14 $^{\circ}\text{C}$ 低温混凝土生产能力 430 m^3/h , 主要供应泄洪坝 1~5 号坝段、导墙坝段和左厂 11~14 号坝段的混凝土浇筑。布置在左非溢流坝段下游的 120 m 高程系统, 设 2 座 4 $\times$ 3 m^3 自落式拌和楼, 拌和能力为 480 m^3/h , 系统总配置制冷容量 15 991 kW, 7~14 $^{\circ}\text{C}$ 低温混凝土生产能力 360 m^3/h , 主要供应左非溢流坝段及左厂 1~10 号坝段的混凝土浇筑。

1.2 混凝土浇筑设备布置

主要布置 6 台塔带机, 塔带机与拌和楼采用胶带机供料运输线连接, 总长为 3 800 m。与此同时, 还布置了数台大型门塔机, 2 台摆塔式缆索起重机。具体布置为: 在泄洪坝段, 沿其坝轴线下游 76 m 的轴线上布置 4 台塔带机; 在厂房坝段, 沿其坝轴线下游 44 m 的轴线上布置 2 台塔带机。塔带机均采用固定式, 塔身埋入坝体。塔带机覆盖区域为一心形区域, 最大布料幅度为 105 m。塔带机自右向左编号为 1~6 号, 各台塔带机安装位置及覆盖范围见表 1。在拌和楼—供料线—塔带机之间采用一机一带的形式供料。拌和楼出料计量胶带机采用移动式, 可根据供料

要求进行切换,给已接至该楼的任一供料线供料,也可向载运混凝土的专用运输车辆卸料。

表 1 塔带机布置特征值

编号	安装坝段	覆盖范围	浇筑最高 高程/m
1	泄 21 号坝段	左纵、泄 16 号至 23 号坝段	185
2	泄 14 号坝段	泄 10 号至 18 号坝段	165
3	泄 7 号坝段	泄 2 号至 12 号坝段	160
4	泄 1 号坝段	泄 3 号至泄 1 号导墙坝段	155
5	左厂 12 号坝段	左厂 11 ~ 14 号坝段	160
6	左厂 9 号坝段	左厂 7 ~ 10 号坝段	160

在大坝上游,设 40 m 和 45 m 高程起重机平台,安装大型门塔机;在大坝下游,设 42 m 和 120 m 高程栈桥各 1 座,也用作安装门塔机。大型门塔机主要用于模板、钢筋吊运、金属结构件安装及部分混凝土浇筑工作。

2 台摆塔式缆机主塔设在左非 8 号坝段 185 m 高程上,副塔设在导流明渠纵向围堰段 160 m 高程顶部,跨度 1416 m,在坝轴线长度方向可控制整个二期工程大坝,宽度可覆盖大坝坝轴线以下 80 m 范围,主要完成杂件吊运、金属结构安装和部分混凝土浇筑等工作。

2 塔带机快速入仓施工技术

采用塔带机浇筑大坝混凝土,其特点是集混凝土水平运输、垂直运输、仓面布料于一体,实现从拌和楼至浇筑仓面的“一条龙”作业,具有供料运输连续和输送能力强的优点。但采用塔带机浇筑大坝混凝土,也存在着骨料分离、砂浆损失、料流控制难、平仓振捣不及等问题。为解决上述问题,针对二期工程大坝混凝土快速高强度施工的要求,在混凝土材料、施工工艺以及施工组织管理等方面做了大量试验及研究,并进行了相应的技术改进。

2.1 塔带机浇筑四级配混凝土试验及配合比改进

为降低工程造价,满足混凝土温度控制的需要,二期工程大坝大量采用了四级配混凝土。但根据以往工程经验,胶带机比较适合输送三级配及以下级配的混凝土,尚无运输四级配混凝土的经验。为此,在大坝大规模浇筑前,专门进行了塔带机浇筑四级配混凝土生产验证性试验。试验结果表明,采用塔带机浇筑四级配混凝土是完全可行的。经多次试验,反复摸索,得出施工时需采取以下措施:①适当降低特大石(150 ~ 80 mm)的比例,将原配比中特大石比例由 30% 左右降为 20% 左右,并严格控制特大石超

径;②适当加大拌和楼机口混凝土坍落度,以补偿运输过程中坍落度损失,使仓面坍落度控制在 3 ~ 4 cm 范围内;③适当增加混凝土配合比中的砂率,以补偿运输过程中的砂浆损失。同时,采取张紧输送带、优选刮板部件等措施,将运输过程中的砂浆损失控制在最小范围。

2.2 塔带机浇筑大坝混凝土层间结合工艺

为保证大坝水平缝层面间的良好结合,常规施工方法是在老混凝土面上铺一层水泥砂浆。为防止砂浆失水干裂,仓面砂浆摊铺后应尽快覆盖混凝土。对于较大仓面往往需多次铺浆,若采用塔带机入仓则需多次切换品种,大大降低了工作效率。加之,胶带机也不适宜输送以细骨料和胶凝材料为主的浆状材料。经反复试验,在老混凝土面上以小型配混凝土或同强度等级的富砂浆混凝土用于层间结合获得圆满成功。具体方法是:迎水面至坝身排水管前缘区域的第一坏层,采用 20cm 厚的二级配混凝土,其上铺浇原级配混凝土。其余部位的第一坏层,则采用三级配富砂浆混凝土,厚度为一个坏层厚。

2.3 混凝土生产输送计算机综合监控

二期工程大坝结构复杂,同一浇筑仓内混凝土强度等级、级配种类多,需频繁切换。加之拌和楼—供料线—塔带机之间混凝土运输转换环节较多,从原材料准备到混凝土拌和、输送、浇筑各个工序都必须有机配合。此外,大坝浇筑时有数条供料线及多台塔带机同时工作,必须全盘协调。为保证混凝土快速入仓,葛洲坝集团公司自行研究开发了混凝土生产输送计算机综合监控系统。该系统可通过传感器或视频头获得混凝土拌和、输送、浇筑的信号数据或状态图像。施工指挥人员在拌和楼监控室及中心监控室可全面了解系统运行、设备状态及浇筑仓面情况,从而有效地实施监控协调,使整个浇筑系统以最佳的组合模式运行。该系统投入运行后,为塔带机的高效生产运行发挥了重要的作用①。

2.4 混凝土浇筑仓面设计

在每仓混凝土浇筑前进行仓面设计是三峡二期工程大坝混凝土施工的一项基本要求,目的是通过充分的仓面规划和资源配置保证塔带机快速高强度入仓,保证混凝土的浇筑质量。仓面设计能促使浇筑仓面、拌和楼、指挥中心均熟悉浇筑仓情况,开仓前做好各项准备,开仓后协调一致,均衡连续浇筑。仓面设计主要内容为①仓面情况:包括仓面面积、方量、混凝土强度等级和级配种类、特殊部位说明等;

①周厚贵,张佑明,崔小军.三峡工程混凝土生产输送综合监控系统的研发与应用.第九届系统工程在水利水电建设中应用研究学术交流会议文集,2001.

②资源配置:包括平仓振捣设备、机具数量、材料及人员配备等;③仓面设计图:标示出各类混凝土分区线、所采用的浇筑方法(平层法、台阶法)、布料条带设置、浇筑顺序等;④来料流程表:各种类混凝土来料顺序;⑤其他说明:诸如对止水(浆)片周边、过流面、钢筋密集区或其他特殊部位的施工方法说明等。

2.5 塔带机浇筑混凝土的坝体形象控制

供料线、上料胶带机和布料机均设有自升装置,可随坝体上升而上升。但塔带机能否正常作业,仍受塔带机上下输送倾角、供料线及塔带机立柱最大高度、布料机与坝面高度等因素的限制和影响。若对坝块上升控制不当,塔带机可能被限制而不能上升,或者在覆盖范围内出现工作盲区。因此,必须对坝体上升形象进行规划和控制。通过仿真计算和施工实践,得出了坝体形象的主要控制方法如下:①相邻塔带机的塔身高度高低相错,避免起重臂或布料机在同一高度作业;②设置有塔带机立柱、供料线附壁支撑的坝块先行上升,以避免塔带机上升受限;③控制坝体形象,使各坝块均匀上升,控制相邻坝块、坝段高差不超过8~10m。在单台塔带机覆盖范围内,离塔带机较远的坝块高度总体上应高于离塔带机较近的坝块,避免布料机在离仓面较低、以俯角状态布料时,坝体对布料机造成扛臂干扰。

2.6 塔带机浇筑盲区及其控制

浇筑盲区主要出现在以下部位或由以下因素导致:塔带机塔筒周边布料机的死角部位;穿坝供料线以及塔带机上料胶带机下压坝体部位;两塔带机间心形区域结合处未覆盖边角部位;塔带机上升受限在大倾角状态下工作使覆盖范围减小的部位;坝体不合理上升使布料机回转、仰俯作业受限部位等。

门塔机补浇盲区是解决塔带机浇筑盲区的最好方法,同时,门塔机辅助吊架也有助于塔带机浇筑混凝土。此外,在二期工程大坝施工中,还采取如下方法进行盲区施工:①当浇筑盲区面积较小且钢筋不密集时,采用平仓铲仓内转料浇筑盲区;②根据浇筑仓情况采用移动式布料机或仓面布料机与塔带机布料机转接浇筑盲区。

2.7 塔带机浇筑混凝土骨料分离防止措施

经过理论分析和实践探索,得出并采取了如下防止塔带机浇筑混凝土骨料分离的措施:①在拌和楼从料斗卸料至胶带上时,控制弧门均匀开启、卸料,并在料斗即将卸料完毕时,适当存留部分混凝土用作垫底。②供料线塔带机各转料点均设弧形挡板及柔性围护,使抛掷后混凝土产生二次混合。③按仓面设计,浇筑前做好各项准备,除品种转换外,尽量保持料流连续,做到均匀、满载、连续运输入仓。④控

制下料导管长度在3~12m范围。下料时,导管口距仓面高度小于1.5m,并缓慢匀速移动,堆料高度不大于1.0m。当在水平钢筋网处卸料时,则进一步降低卸料高度,不宜超过0.5m;在竖向钢筋以及有钢埋件部位卸料时,导管口距仓面高度小于0.5~0.8m,并采取人工辅助平仓。⑤止水、埋件、止浆片周边部位改用三级配或以下级配混凝土,并在旁侧卸料,人工送料填满。

2.8 塔带机供料线运输浇筑混凝土的温度控制^[1]

由于塔带机供料线较长,转料点多,且运输过程混凝土在胶带上分散摊开,尽管混凝土输送时间短,但从出机口到仓面仍有较大的温度回升。为此,在二期工程大坝施工中除采取常规温控措施外,还采取如下综合措施保证浇筑温度在设计允许值以内。①采取二次风冷骨料工艺,进一步降低拌和楼混凝土出机口温度;②减少输送环节,加快输送速度,同时使混凝土在运输过程中料层增厚,以减少单位体积的吸热量;③混凝土入仓后及时振捣,加强隔温,已浇筑部位或接头部位随浇随覆盖,防止阳光直射及温度倒灌;④高温季节浇筑时,避开白天高温时段,充分发挥塔带机浇筑快速高强度的优势,在傍晚开仓,控制在第二天晌午前收仓。

3 结 语

三峡二期工程选取以塔带机为主要设备浇筑大坝混凝土的方案,经过多年的探索实践和总结,已形成了一套完整的混凝土快速施工工法,它包括了施工设计、资源配置、工艺流程、施工组织、质量控制等诸方面,给传统的混凝土施工方式带来了变革和突破。高效的设备与配套的工法相结合,从总体上提升了施工水平,实现了连续、快速、优质、高效的施工,满足了二期工程大坝极其紧张的工期要求,保证了二期工程大坝提前或按期达到设计高程。

参考文献:

[1]周厚贵.三峡二期工程大坝混凝土施工温度控制的综合技术[J].湖北水力发电,2004(4):22~25.

(收稿日期 2004-03-31 编辑 骆超)

