

狭窄河谷大型混凝土生产系统布置

向崎伟¹, 吴都督¹, 安辉¹, 魏大晗², 杨伟²

(1. 中国水利水电第八工程局有限公司, 湖南长沙 410004;
2. 华能澜沧江水电股份有限公司托巴水电工程建设管理局, 云南迪庆 674608)

摘要:针对 TB 水电工程混凝土生产系统场地狭长, 制冷混凝土月高峰强度高, 系统布置困难的问题, 因地制宜采用“立体多层次、平面多模块”方式, 利用集约化制冷设备及其他节省场地的施工技术, 结合生产工艺流程来合理布置系统各组成部分, 解决了场地受限的问题, 满足了高峰期混凝土生产需求, 保障了混凝土浇筑质量。

关键词:狭窄河谷; 大型混凝土生产系统; 集约化布置; TB 水电工程

中图分类号:TV53⁺6 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7647(2024)S1-0034-04

Layout of large concrete production system in narrow river valley//XIANG Qiwei¹, WU Dudu¹, AN Hui¹, WEI Dahan², YANG Wei²(1. Sinohydro Engineering Bureau 8 Co., Ltd., Changsha 410004, China; 2. Tuoba Hydroelectric Engineering Construction Management Bureau of Huaneng Lancang River Hydropower Inc., Diqing 674608, China)

Abstract: In response to the narrow site, high monthly peak intensity of refrigerated concrete, and difficult system layout of the TB Hydropower Project concrete production system, a “three-dimensional multi-level, planar multi module” approach was adopted according to local conditions. Intensive refrigeration equipment and other construction techniques that save space were utilized, combined with the production process flow to reasonably arrange the various components of the system, solving the problem of limited space, meeting the peak demand for concrete production, and ensuring the quality of concrete pouring.

Key words: narrow river valley; large concrete production system; intensive layout; TB Hydropower Project

混凝土生产系统作为大坝浇筑的“生命线”, 为大坝快速上升提供源源不断的合格混凝土, 保障大坝施工质量和进度。为适配工程的浇筑进度, 需配备足够的场地和拌和设备及辅助设施。现阶段水电工程建设的速度较快, 混凝土月高峰强度较大, 因此水电工程混凝土系统规模增大, 其配套的粉料存储、制冷、水处理等系统规模也增大, 需要的场地也更多; 且水电工程施工多数存在两岸边坡高陡的问题, 多为狭窄河谷, 且没有现成的宽阔场地作为混凝土生产系统布置场地。

针对混凝土生产系统场地狭小、设备多等特点, 需统筹考虑, 通过开挖回填形成拌和系统平台, 并结合不同高程的平台进行合理化规划布置。大体积混凝土温度控制也是混凝土浇筑质量控制的重要参数之一, 可通过预冷来降低出机口混凝土温度, 在系统场地面积有限的情况下, 也可采用氟利昂替代液氮作为制冷剂, 采用“迷你”的集成化设计让安装、拆除更简便, 可实现节地、安全、集成式布置。TB 水电

工程混凝土生产系统设计结合现场场地进行精细化设计, 采用双层胶带机、架空结构、循环道路等多种新技术实现了场地最大化利用, 满足了混凝土生产强度要求。

1 工程概况

TB 水电工程属于一等大(1)型工程, 挡水建筑物采用碾压混凝土重力坝, 坝顶高程 1 740.0 m, 坝顶全长 475 m, 最大坝高 158 m。TB 水电工程大坝施工工期紧、夏季气温高、太阳辐射强、雨季多点暴雨, 温控难度大, 混凝土质量要求严格。根据工程施工总体规划, 在右岸下游高低线路之间的场地布置混凝土生产系统(图 1), 主要承担约 240.0 万 m³ 混凝土生产任务, 其中碾压混凝土约 192 万 m³, 常态混凝土 48.0 万 m³, 配置 4 座 HL270-2S4000L 强制式拌和楼, 常态混凝土生产强度为 1 080 m³/h, 碾压混凝土生产强度为 880 m³/h, 预冷混凝土生产强度为 720 m³/h, 最大高峰月浇筑强度为 23 万 m³。



图1 混凝土生产系统效果图

2 混凝土生产系统场地布置

2.1 可研阶段和调整后的对比

可研阶段在左岸下游松坡路(现混凝土生产系统斜对面)采用开挖山体的方式布置砂石加工系统和混凝土生产系统,该布置区存在3条冲沟。经过地质勘探,下部见基岩出露,基岩为片理化辉长岩、夹块状辉长岩,中上部覆盖层堆积较紧密,自然状态下未见塌滑现象,自然边坡整体是基本稳定的。但在①号冲沟与②号冲沟之间及附近为楔形堆积体(原为一条深切的冲沟),覆盖层一般厚30~42.5m,且一直延申至江边。因覆盖层太厚,切脚开挖会对堆积体的稳定性产生较大的影响,应以不扰动为原则,否定了可研阶段混凝土生产系统的布置方案。

为解决场地狭窄的问题,尽量减少开挖对山体造成的扰动,同时满足混凝土生产系统布置及功能要求,在右岸下游(导流洞出口对岸)采用内挖外填的方式形成平台,在高、低线道路之间开挖边坡和外侧回填压脚形成平台,实现场地得再利用。

2.2 结合高低线道路“上挖下填”形成场地

结合高低线道路之间开挖边坡和下部压脚回填形成的混凝土生产系统场地,将重要的结构布置在基础承载力大的位置,次要的结构布置在基础承载力小的位置。根据导流整体模型试验,导流洞出口对岸侧桩号1200~1500m段流速大,水面波动剧烈,根据模型推演,需对导流洞正出口对岸岸坡采用抗冲桩+锚索进行防护。

边坡安全系数最低的是滑面出现在覆盖层与岩面接触面位置的情况。由于在长期的雨水作用下岩土接触面充泥、饱水,易产生变形现象。由于开挖边坡较高,垂直高度约100m,15m一个马道,坡比1:0.3~1:0.75,采用理正岩土计算软件对边坡支护结构进行设计,选取典型地质剖面进行稳定性分析,边坡在暴雨状况下处于临界状态,工程土质边坡需要特别进行加固处理。采取开挖一级边坡支护一级的方法,支护完成后方可进行下级边坡下挖,土质边坡开挖采用系统锚喷支护+贴坡混凝土+预应力

锚索联合的方式进行支护,锚索采用2排或3排1000kN级预应力锚索,长30.00mm,间距5.00mm,采用贴坡混凝土护坡,石方边坡采用挂网喷锚的方式加固,加固后边坡满足工程安全要求,边坡整体稳定安全系数计算结果如表1所示。

表1 典型剖面整体稳定性计算结果

工况	Bishop 法	Janbu 法	瑞典条分法	安全系数	
				加固前	加固后
持久工况	1.352	1.392	1.308	1.308	1.486
短暂工况	1.072	1.104	1.038	1.038	1.158
偶然工况	1.275	1.291	1.245	1.245	1.357

为减少上部高边坡不良地质的扰动,尽量减小开挖深度,降低边坡开挖高度,同时为保证系统、道路布置的最小宽度平台,需在低线道路外侧采用回填压脚的方式拓宽场地宽度,回填后侵占河道约20m,且该沿线为导流洞出口对冲区。为保证进厂道路路基稳定,根据现场实测最大流速和模型试验演算,正对导流洞对冲区部位布置抗冲桩+锚索防护,抗冲桩设计标准为5年一遇洪水(流量为4460m³/s),轴线总长为347.72m,下游位置采用钢筋石笼对外侧边坡进行防护,保证道路和混凝土生产系统平台安全。

2.3 混凝土生产系统总体设计

根据上、下高低线道路形成的混凝土生产系统场地进行系统总体设计,场地分为两个平台,面积共约1.5万m²,坡面及试验室占地4000m²,实际平台面积仅1.1万m²,高程1655.0m平面面积1000m²,高程1640.0m平台面积约1.0万m²。由于两个平台整体场地面积狭小,后边坡地形陡峭,针对此场地条件,设计阶段对系统布置进行了多种方案对比设计,最终确定了较优方案,并采取了多种应对措施用于解决场地面积不足的问题。高程1655.0m平台主要用于布置一次风冷料仓、一次风冷设备、中转砂仓、外加剂车间、胶带机控制柜、部分变压器,同时需预留出一定面积空地,作为设备故障检修吊装平台;高程1640.0m平台主要用于布置搅拌楼、胶凝材料储料罐、空压站、废水处理系统、部分变压器、工区仓库,同时需在特定位置预留出场地作为胶凝材料、混凝土和外加剂运输道路。

2.3.1 拌和楼、灰罐布置

混凝土生产系统一般以拌和楼(站)为中心结合成品料场和水泥仓库进行布置,TB水电工程在高程1640.0m布置4座HL270-2S4000L强制式拌和楼,可满足月高峰强度要求。混凝土系统水泥、粉煤灰总储量按月高峰强度23万m³、每月25个工作日计算,生产混凝土强度为9200m³/d。粉煤灰按约11d需要量、水泥按约9d需要量考虑,水泥需要量

为 5978t,粉煤灰需要量为 9917t。水泥罐每个储存水泥 2000t,粉煤灰罐每个储存粉煤灰 1500t,考虑一定余量,整个系统应布置 4 个水泥罐,水泥总储存量 8000t;布置 7 个粉煤灰罐,粉煤灰总储存量 10500t,满足储存要求。

2.3.2 空间换平面布置技术

2.3.2.1 双层胶带机及门式钢管架空立柱布置

TB 水电工程混凝土生产系统与成品骨料堆存场相邻布置,混凝土生产骨料经砂石加工系统加工完成后由长距离曲线胶带机输送至成品堆存场存放,生产混凝土所需骨料从砂石生产系统右岸砂石成品堆场取料。为满足混凝土生产强度需求,大坝混凝土生产系统共布置 4 条骨料输送胶带机,由胶带机输送到混凝土生产系统内,运输距离约 260 m,故混凝土粗骨料不设二次筛分。由于系统场地狭小,布置困难,设计了跨公路方案、沿山体并行方案、沿山体两层方案共 3 种胶带机布置方案(图 2~4),并通过建立模型对各方案的优缺点进行了对比分析:跨公路方案由于胶带机处于水流冲刷方向,防洪度汛难度风险大;沿山体并行方案中胶带机占用道路位置,影响车辆通行;故选用第三种方案。双层胶带机长度为 87.5 m,如采用单层布置需占地面积 1666.70m²,实际采用双层布置,占地面积 833.35 m²,减少占地面积 50%。

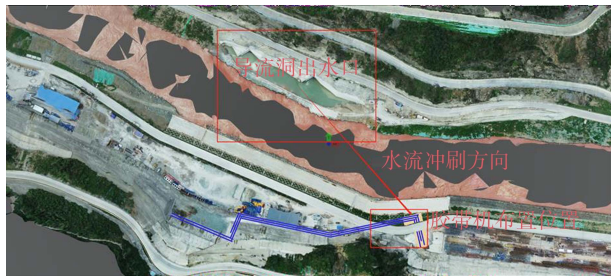


图 2 跨公路方案效果图

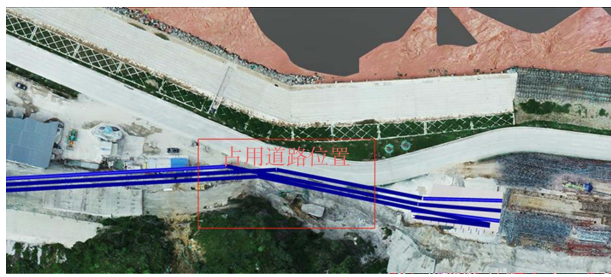


图 3 沿山体并行方案效果图

TB 水电工程骨料输送胶带机立柱沿 1640.0 m 平台至 1655.0 m 平台斜马道布置,斜马道作为外加剂运输通道,设计时需解决胶带机立柱对高程 1640.0~1655.0 m 道路的占压问题,支撑立柱采用门架形式,既减少占压空间,又保证汽车通行,外加剂运输车辆可以直达外加剂仓库,可节约成本,减少



图 4 沿山体两层方案效果图

资源投入,方便吊车进行设备安装和拆除,同时保证了灰罐运输车辆循环道路,减少占地面积 90% 以上。双层胶带机及门式钢管架空立柱布置如图 5 所示。

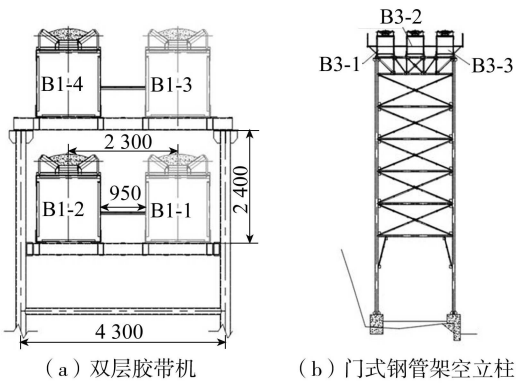


图 5 双层胶带机及门式钢管架空立柱布置示意图(单位:mm)

2.3.2.2 一次风冷设备平台及外加剂车间双层布置

在狭小空间条件下结合现场实际地形利用原山体冲沟区域形成高低落差解决风冷料仓落差问题,同时缩短了供风管路,有效提高了一次风冷制冷效果。一次风冷设备平台、外加剂车间双层布置如图 6 所示。

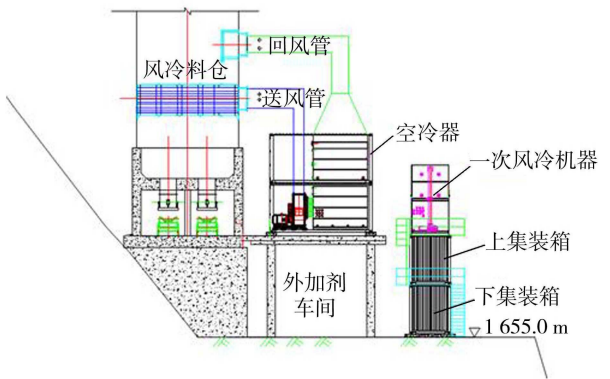


图 6 一次风冷设备平台、外加剂车间双层布置示意图

每座搅拌楼均配置一套二次风冷设备,需紧挨着搅拌楼布置,若采用常规方式坐落于地面,将占压接料运输道路,因此二次风冷设备采用钢支撑平台,底部架空,保证正常通车,如图 7 所示。

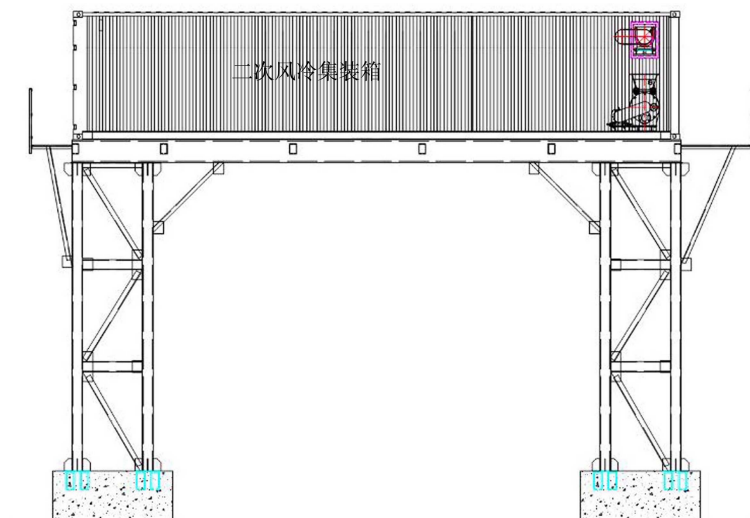


图 7 二次风冷设备布置示意图

3 结 语

混凝土系统是生产优质混凝土的重要保证,亦是确保工程建设工期的关键所在,TB 水电工程混凝土生产系统选址严苛,采用新技术、新设备在狭长的河谷上以空间换平面紧凑布置,设计思路整体合理。混凝土生产系统从 2022 年 3 月建成运行,在大坝混凝土浇筑过程中整个系统运行正常,4 座 HL270-2S4000L 强制式拌和楼实现月最高产量 23 万 m³、连续 5 个月产量高于 20 万 m³ 的预冷混凝土供应,给大坝连续浇筑上升提供了保障,加快了施工进度,并保证大坝碾压混凝土层间胶结质量良好。

参考文献:

[1] 董加利. 溪洛渡水电站高线混凝土系统[J]. 水电站设计,2013,29(1):28-31. (DONG Jiali. High line concrete

system of Xiluodu Hydropower Station [J]. Design of Hydroelectric Power Station, 2013, 29 (1): 28-31. (in Chinese))

[2] 李跃兴. 溪洛渡大坝工程高线混凝土系统设计[C]//水电工程混凝土施工新技术 2015. 北京:中国水力发电工程学会,2015:153-158.

[3] 李跃兴,于永军. 大坝混凝土制冷系统型式及制冷剂选择的研究应用[C]//四川省水力发电工程学会 2018 年学术交流会暨“川云桂湘粤青”六省(区)施工技术交流会论文集. 成都:四川省水力发电工程学会,2018:42-45.

[4] 荣玉玺,孔繁忠. 向家坝右岸 EL300 m 混凝土生产系统设计与生产运行[C]//第二届水电工程施工系统与工程装备技术交流会论文集(下). 北京:中国水力发电工程学会,2010:414-418.

(收稿日期:2024 - 09 - 23 编辑:熊水斌)

(上接第 5 页)

[3] 廖长茂. 水利工程建设施工过程当中的质量管理措施[J/OL]. 城市建设理论研究(电子版),2024(35):214-216. (LIAO Changmao. Quality management measures in construction process of water conservancy projects [J/OL]. Theoretical Research in Urban Construction, 2024 (35): 214-216. (in Chinese))

[4] 赵智勇,庞佳加,董罗钢,等. TB 水电站主厂房预留岩盖法开挖施工技术[J]. 云南水力发电,2024,40(增刊 2): 103-107. (ZHAO Zhiyong, PANG Jiajia, DONG Luogang, et al. Construction technology of reserved rock

cover excavation for TB Hydropower Station main building [J]. Yunnan Water Power, 2024, 40 (Sup2): 103-107. (in Chinese))

[5] 陈前仕,黄芳芳,郭勇军. 托巴水电站主体砂石加工系统设计及应用[J]. 水利建设与管理,2023,43(10):53-58. (CHEN Qianshi, HUANG Fangfang, GUO Yongjun. Design and application of main body sand and gravel processing system for Toba Hydropower Station [J]. Water Conservancy Construction and Management, 2023, 43 (10): 53-58. (in Chinese))

(收稿日期:2024 - 09 - 20 编辑:雷燕)