

水电枢纽工程施工中砂石骨料及混凝土系统布置方案

唐文帆 欧 航

中国水利水电第七工程局有限公司 四川 眉山 620860

摘 要: 水电枢纽工程施工周期长、混凝土工程量大,砂石骨料与混凝土系统是保障主体工程推进的核心配套设施,其布置合理性直接关乎施工进度、成本管控与工程质量。本文结合水电工程河谷地形复杂、场地狭窄的施工特点,围绕两大系统的协同运行需求,分析布置核心影响因素,分别细化砂石骨料加工、转运、仓储与混凝土拌合、储运、浇筑的布局方案,兼顾场地利用效率与绿色施工要求,优化物料转运流程,解决传统布局转运冗长、干扰施工、环保不达标的问题,为同类水电枢纽工程系统布置提供实操参考,助力工程高效低碳施工。

关键词: 水电枢纽工程;砂石骨料系统;混凝土生产系统;施工布置;绿色施工

引言: 水电枢纽工程多建于山区河谷地带,施工场地受限、地质条件复杂,且主体工程多为大体积混凝土结构,对砂石骨料供应、混凝土生产的稳定性与质量要求极高。传统砂石骨料与混凝土系统布局分散、衔接不畅,易出现物料转运损耗大、施工干扰多、环保管控不到位等问题,难以适配现代水电工程高效施工与绿色建造要求。基于此,本文结合工程实际约束条件,明确两大系统的组成功能与布置要求,系统梳理核心影响因素,针对性制定科学布局方案,保障混凝土连续供应,实现施工效率、成本与环保效益的协同提升。

1 砂石骨料及混凝土系统概述

1.1 系统组成与功能

砂石骨料系统由开采设备、破碎筛分机组、清洗装置、成品料仓、转运皮带及辅助设施组成,承担骨料加工、净化、存储与输送任务,需严格把控骨料级配、含泥量等指标,杜绝不合格骨料流入下一环节,保障混凝土原材料质量。混凝土生产系统以拌合楼为核心,搭配粉料筒仓、外加剂车间、运输调度区及质量检测室,负责混凝土精准配比、拌合与出料供应,同时兼顾大体积混凝土温控需求。两大系统功能紧密衔接,骨料系统的出料效率直接影响混凝土拌合产能,混凝土系统的用料需求又反向约束骨料生产节奏,二者需形成闭环联动,共同支撑主体混凝土浇筑、坝体施工等核心工序有序开展,避免出现停工待料或产能过剩浪费的情况^[1]。

1.2 系统布置的核心要求

水电枢纽工程砂石骨料及混凝土系统布置需遵循五大核心要求,一是因地制宜,充分利用河谷地形高差,采用阶梯式布局,节约有限施工场地,避开地质滑坡、洪水淹没等危险区域;二是产能匹配,骨料生产能力、成品存储量需与混凝土拌合强度、主体浇筑进度精

准适配,保障连续供应;三是流程顺畅,缩短物料转运距离,避免折返运输与交叉作业,减少骨料破损与转运能耗;四是安全合规,满足施工安全、消防及边坡防护要求,设置完善的应急防护设施;五是绿色施工,配套废水处理、防尘降噪、废料回收设施,减少施工对周边生态的破坏,实现生产与环保协同,同时预留设备检修、扩容空间,适配工程不同施工阶段的需求变化。

2 水电枢纽工程砂石骨料及混凝土系统布置核心影响因素分析

2.1 自然环境因素

自然环境因素是系统布置的基础前提,主要包含地形地貌、地质条件与水文条件三类。水电工程多处于狭窄河谷,地形起伏大、可用场地零散,直接限制系统平面布局,多需采用竖向分层、紧凑型设计,充分利用坡地与闲置空间。地质条件关乎系统基础稳定性,地基承载力不足、边坡松散的区域,需提前做好加固处理,避免设备沉降、边坡坍塌隐患,破碎、拌合等重型设备需选址于地质稳定区域。水文条件影响系统防洪安全,需结合施工期水位、洪水频率,将核心生产设施布置于防洪高程以上,配套排水设施,杜绝洪水浸泡导致设备损坏、生产中断,同时避开生态敏感区,减少对周边水体、植被的破坏。

2.2 工程建设因素

工程建设因素是系统布置的核心导向,直接决定系统规模、产能与空间位置。混凝土工程总量、浇筑强度与施工进度,是确定骨料加工产能、拌合设备数量、成品仓储容量的关键依据,高峰期浇筑需求需作为系统设计的核心指标。主体工程布局、坝体位置、浇筑区域分布,约束混凝土运输距离与转运路线,系统需尽量靠近核心浇筑区,缩短运输时长。料场分布与储量影响骨料

系统选址,天然骨料或人工骨料料场就近布局,可减少原料转运成本^[2]。另外,场内交通网络、施工导流方案也需同步考量,系统布置不能阻断主干施工道路,需避开导流工程施工区域,减少与主体工程的交叉干扰,保障场内交通与施工秩序。

2.3 技术与管控因素

技术与管控因素是系统高效运行、合规落地的重要保障,涵盖工艺技术、环保规范与施工管理三大维度。砂石骨料破碎筛分工艺、混凝土拌合温控技术水平,决定设备选型与场地占用规模,自动化程度高的设备可压缩场地空间,提升生产效率。绿色施工、水土保持等管控规范,要求系统必须配套防尘、废水循环、废料回收设施,生产区与生态区做好隔离,落实环保管控要求。施工管理模式、调度机制影响系统内部流线设计,精细化管理需优化人员、设备、物料的调度流程,明确各作业分区职责。安全管控标准要求系统布置预留安全通道、消防场地,完善应急管控措施,技术与管控协同发力,才能保障系统运行高效、安全、合规。

3 水电枢纽工程砂石骨料系统布置方案设计

3.1 砂石骨料系统总体布局规划

砂石骨料系统总体布局优先选址于地质稳定、靠近料场且毗邻混凝土拌合系统的区域,充分利用河谷地形高差,采用阶梯式竖向布局,实现原料自流进料、成品顺畅转运,降低能耗。整体划分为原料堆放区、破碎筛分区、清洗处理区、成品仓储区、转运区及辅助作业区六大板块,各分区按照生产流程顺次排布,形成“原料进料—加工—清洗—仓储—转运”的闭环流线,杜绝物料折返运输。各分区之间预留安全通道与设备检修空间,生产区与辅助区合理分隔,减少相互干扰。同时,整体布局避开洪水淹没区与地质灾害隐患点,配套防洪、排水设施,预留后期产能扩容空间,适配工程不同施工阶段的骨料需求变化。

3.2 骨料加工系统布置

骨料加工系统是骨料生产的核心环节,按照粗碎、中碎、细碎、筛分分级的工艺流程,采用阶梯式顺次布置,依托地形高差实现原料逐级自流输送,减少转运设备投入。粗碎设备靠近原料堆放区,便于原料快速进料;中碎、细碎设备与筛分机联动布置,实现骨料级配精准分离,不合格骨料回流重新加工。清洗装置紧邻筛分设备,对成品骨料进行清洗除杂,控制含泥量达标。加工区配套设备基础加固、防尘罩及降噪设施,减少粉尘与噪音污染,同时预留设备检修、更换空间,便于日常维护。废水处理设施同步布置于清洗区下方,实现生产废

水集中收集、循环利用,既满足环保要求,又节约水资源,降低施工成本^[3]。

3.3 成品骨料仓储与转运系统布置

成品骨料仓储按照粗骨料、细骨料分仓布置,采用混凝土料仓或钢结构料仓,容量根据高峰期混凝土浇筑需求确定,保障至少3~5天的骨料储备量,避免因恶劣天气、设备检修导致供应中断。料仓靠近混凝土拌合系统,缩短成品转运距离,仓顶搭建防雨、防尘棚,防止骨料受潮、污染,保证骨料质量稳定。转运系统优先选用封闭式皮带输送机,实现骨料自动化连续转运,替代传统自卸汽车运输,减少物料破损与粉尘污染,降低转运成本。皮带输送机沿地形平缓铺设,避免急转弯与大坡度,转运路线避开主干施工道路与人员密集区,设置防护围栏,保障转运安全,实现骨料从仓储到拌合系统的无缝对接。

3.4 砂石骨料系统辅助设施布置

砂石骨料系统辅助设施围绕生产需求统筹布置,与核心生产区保持安全距离,分为生产辅助与生活办公两类。生产辅助设施包含设备检修间、供电配电室、供水泵房及废料堆放区,检修间靠近加工设备,便于快速维修保养;配电室、泵房独立布置,做好防水、防火处理,保障水电稳定供应;废料区集中堆放废弃石料、污泥,定期清运处置或回收利用,避免随意堆放污染环境。生活办公区布置于主导风向上风向,远离生产噪音与粉尘区域,配套办公、宿舍、食堂及卫生设施,保障作业人员良好工作环境^[4]。同时,配套环保监测点、消防器材及应急通道,落实安全环保管控要求,形成完整的配套保障体系,支撑骨料系统常态化运行。

4 水电枢纽工程混凝土生产系统布置方案设计

4.1 混凝土系统总体布局规划

混凝土生产系统总体采用集中式紧凑布局,选址于骨料系统下游、靠近主体混凝土浇筑区的平缓场地,地质条件需满足重型拌合设备承载要求,避开施工干扰大、交通不便的区域。整体划分为原材料仓储区、拌合生产区、外加剂制备区、混凝土运输区、质量检测区及辅助设施区,各分区按照“原材料进料—拌合—出料—运输”的流程顺次排布,形成流线型作业布局。拌合区作为核心区域居中布置,原材料仓储区紧邻拌合设备,便于快速上料;运输区规划专用通道,与场内施工道路顺畅衔接。同时,系统整体预留温控设备安装空间,配套废水、废料回收设施,实现生产与环保同步,保障系统运行高效有序。

4.2 混凝土拌合系统布置

混凝土拌合系统根据工程浇筑强度选用拌合楼或拌合站,大型枢纽工程优先选用模块化拌合楼,集中布置于核心区域,保障拌合产能满足高峰期需求。拌合设备配套自动计量装置,精准控制骨料、水泥、粉煤灰、水及外加剂的配比,保证混凝土质量达标。拌合楼底层设置出料口,正对混凝土罐车停靠区,便于快速装车。针对大体积混凝土,同步布置制冷、加热温控设备,与拌合系统联动,控制混凝土出机温度,防止温度裂缝产生。拌合区地面做硬化处理,设置废水收集沟,集中回收拌合废水,配套沉淀池处理后循环利用。设备周边预留检修空间,安装防尘、降噪装置,优化作业环境,提升设备运行稳定性。

4.3 原材料仓储与外加剂系统布置

原材料仓储区分为粉料仓储与骨料进料区,水泥、粉煤灰等粉料采用立式密封筒仓,集中布置于拌合楼上方,通过螺旋输送机精准送料,防止粉料受潮、扬尘。骨料进料口与砂石骨料系统皮带输送机精准对接,实现成品骨料直接送入拌合设备,无需二次转运。外加剂制备区独立布置,远离粉料仓与拌合设备,采用防腐、防渗储罐存储外加剂,配套自动配比、输送装置,精准控制外加剂掺量。仓储区配套防雨、防潮、防火设施,粉料仓设置料位计,实时监控储量,避免断料。各类原材料分区标识清晰,专人管理,同时预留原材料进场通道,保障原材料供应顺畅,为混凝土连续拌合提供保障^[5]。

4.4 混凝土运输及浇筑配套布置

混凝土运输区规划专用回车场与罐车停靠位,场地硬化处理,设置交通标识,避免车辆拥堵、交叉作业,运输路线直通主体工程浇筑区,尽量缩短运输距离,减少混凝土坍落度损失。根据浇筑需求,配套泵车、布料机停靠区域,靠近浇筑作业面,提升浇筑效率。针对高坝、深部浇筑场景,预留垂直运输设备安装位置,保障混凝土精准送达作业面。运输区配套车辆冲洗设施,对出场罐车进行冲洗,防止泥浆污染施工道路。根据温控需求,布置混凝土罐车保温、防晒设施,高温、低温天气保障混凝土质量。运输路线避开骨料系统生产核心区,减少两大系统作业干扰,保障运输效率。

4.5 混凝土系统辅助设施布置

混凝土系统辅助设施以保障生产、管控质量为核心,主要包含质量试验室、设备检修间、供电消防设施及办公生活区。质量试验室紧邻拌合区,便于实时抽检混凝土坍落度、强度等指标,及时调整配合比,把控生产质量。设备检修间负责拌合设备、运输车辆的日常维护,配备专业检修工具与备件,缩短设备故障维修时长。供电、消防设施独立布置,满足系统生产用电需求,配齐消防器材,落实防火、防爆要求。办公生活区与生产区隔离布置,保障人员作业安全与休息环境。同时,配套废料回收区,集中处理废弃混凝土,破碎后回收利用,实现废料资源化,契合绿色施工要求,完善系统全流程配套保障。

结束语

水电枢纽工程砂石骨料及混凝土系统布置是一项系统性工程,需统筹自然环境、工程建设、技术管控等多重因素,兼顾生产效率、成本管控与绿色施工要求。本文围绕两大系统的组成功能与核心布置要求,细化各环节布局方案,实现系统内部流程顺畅、两大系统协同联动,有效解决场地狭窄、转运不畅、环保管控难等痛点。实际施工中,需结合工程具体条件动态优化布局,强化现场管控与设备运维,保障系统稳定运行。后续可进一步结合智能化技术,优化系统调度与管控模式,持续提升施工效率与绿色建造水平,推动水电枢纽工程高质量建设。

参考文献

- [1]刘刚.水电枢纽工程施工中砂石骨料及混凝土系统布置方案[J].水泥,2025(11):127-130.
- [2]余伟,李小兵,范轶君.碾盘山枢纽工程砂卵石料场规划与开采[J].水利技术监督,2026(1):62-65.
- [3]刘磊,郝中州,邵云强,等.碾盘山水利水电枢纽工程导流明渠混凝土铰链排防护效果分析[J].水利水电快报,2023,44(8):60-64.
- [4]李旭华.抗分散剂对航电枢纽工程水下混凝土性能影响试验研究[J].中国水能及电气化,2026(1):3-8.
- [5]廖宏骞.落久水利枢纽钢衬钢筋混凝土压力管道结构设计[J].广西水利水电,2024(3):101-103.