

永嘉抽水蓄能电站楼站式砂石加工系统设计浅谈

王 珊^{1, 2, 3}

1. 中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司 浙江杭州 310000

2. 浙江华东工程建设管理有限公司 浙江杭州 310000

3. 绿色矿山技术与智能装备浙江省工程研究中心 浙江杭州 310000

摘 要:永嘉抽水蓄能电站位于浙江省温州市永嘉县,是一座大(1)型一等工程,装机容量1200MW,多年平均发电量14.4亿kW·h。电站主要由上库、输水系统、地下厂房系统、地面开关站及下库等组成,其中上、下库砂石系统采用楼站式砂石加工系统。本文以下库为例,对其楼站式砂石系统设计进行分析。

下库所需混凝土及垫层料共56.3万m³,砂石料加工系统的设计生产能力为195t/h,处理能力为240t/h。设计原则包括采用先进的生产工艺技术,确保砂石系统加工工艺、设备选型先进可靠,产品质量合格,生产能力满足要求,同时注重环保、劳动安全和卫生。

设计方案采用二段破碎、二级筛分、超细碎整形制砂的生产工艺,主要设备包括颚式破碎机、圆锥破碎机、立轴冲击式破碎机和轮式洗砂一体机等。系统总占地面积约1.0万m²。

项目创新点包括:可同时生产粗、细骨料;首次在抽水蓄能电站砂石系统中采用提升机进行物料运输;物料输送主要采用溜槽重力输送,节约能耗;除尘设备置于楼内最顶层,回收的灰尘可作为矿粉使用;国内首例成品粗骨料储存采用筒仓储存;砂石同出楼采用全钢结构设计,便于拆卸和重组。

永嘉抽水蓄能电站楼站式砂石加工系统的投产,标志着我国抽水蓄能行业在砂石骨料加工技术上的重大突破,将为后续同类项目提供宝贵的技术参考和示范经验。

关键词:楼站式砂石加工系统;抽水蓄能;生产工艺

一、工程概况

浙江省永嘉抽水蓄能电站位于浙江省温州市永嘉县境内,上库地处永嘉县南城街道郭山底段垄山沟源,下库坝址位于徐岙乡杨湾村上游的樟岙溪干流河段上,工程区下库坝址距永嘉县、温州市、杭州市的公路里程分别为24km、37km、320km。电站为大(1)型一等工程,装机容量1200MW(4×300MW),多年平均发电量14.4亿kW·h,主要由上库、输水系统、地下厂房系统、地面开关站及下库等建筑物组成。上水库三座副坝均采用混凝土重力坝,主坝面板堆石坝最大坝高62m,总库容682万m³,下水库面板堆石坝最大坝高81m,总库容863万m³。本工程共设三座砂石系统,其中上、下库砂石系统为楼站式砂石加工系统,本文以下库为例,对楼站式砂石系统设计进行分析。

下库所需混凝土及垫层料共56.3万m³,其中粗骨料84.5万t,细骨料42.2万t。根据施工总进度安排,下水库区混凝土高峰时段月浇筑强度为2.2万m³/月,垫层、反滤料填筑高峰时段月浇筑强度0.55万m³/月。垫

层料高峰强度与混凝土高峰强度部分重叠,叠加后高峰时段强度为2.17万m³/月。经计算选定砂石料加工系统的设计生产能力为195t/h,处理能力为240t/h,二班制生产。

二、设计原则

(1) 采用先进的生产工艺技术,总结和借鉴其他抽水蓄能项目砂石系统在设计、建设和管理方面的经验,确保砂石系统加工工艺、设备选型先进可靠,产品质量合格,生产能力满足要求,各种骨料的生产级配可根据项目施工需求调整。

(2) 通过多方案比选,精心设计技术先进、切实可行的技术方案,缩短建设周期,降低项目投资。

(3) 采用可靠的控制系统,保证运行可靠、工况稳定、节能高效、优化控制。实现管理现代化,减少生产岗位工作人员,提高劳动生产率。

(4) 严格执行国家对环保、劳动安全及卫生等方面的有关规定和标准,采用技术先进可靠的环保装备,切实做到“三同时”。

三、建设条件

1. 自然条件

工程所在流域地处浙南山区的瓯江水系，属副热带季风气候区。本流域洪水由暴雨形成，一般发生在4~9月，10月份偶有洪水发生。

2. 原岩特性

根据料源选择成果，下库楼站式砂石加工系统骨料料源全部采用地下工程洞挖石料。

地下工程洞挖石料主要包括输水发电系统和施工支洞洞挖石料，主要岩性为流纹质含火山角砾晶屑玻屑熔结凝灰岩，以微新岩体为主，试验表明，微新岩石的单轴饱和抗压强度均在70MPa以上，且不具碱硅酸反应活性，其质量指标满足《水电水利工程天然建筑材料勘察规程》中人工骨料和筑坝堆石料的技术指标要求，可优先用于混凝土骨料加工，多余部分可作为坝体填筑料。

3. 产品方案及质量要求

产品方案为二级配混凝土骨料、垫层料、喷射混凝土骨料。

系统以二级配混凝土骨料级配作为设计级配，同时需要满足生产垫层料和喷射混凝土骨料的需要。二级配混凝土骨料中各级粒径骨料的比例为：砂：小石：中石=40：30：30。

产品质量要求：满足相关规范要求。

四、设计方案

根据原岩特性、产品方案及质量要求，结合类似其他工程经验，确定本项目采用二段破碎、二级筛分、超细碎整形制砂的生产工艺。粗碎开路，中细碎和第一筛分形成闭路、超细碎整形制砂和第二筛分形成闭路生产各级粗细骨料。主机设备粗碎采用颚式破碎机，中细碎采用圆锥破碎机，超细碎整形制砂采用立轴冲击式破碎机，洗砂采用轮式洗砂一体机，粗骨料也可根据运行情况选择是否水洗。

系统主要由粗碎车间、砂石同出楼、机制砂成品堆场及成品碎石筒仓、配套的废水处理、供配电房等组成，总占地面积约1.0万m²。

1. 加工工艺流程

骨料料源由自卸汽车运至粗碎卸料平台，经粗碎车间的颚式破碎机破碎后用带式输送机运至砂石同出楼，经过砂石同出楼进行加工处理后形成成品砂石骨料，通过带式输送机分别送至机制砂成品堆场、成品碎石筒仓。

砂石同出楼主要包含第一筛分单元、第二筛分单元、中细碎单元、超细碎整形制砂单元，四个单元之间相互

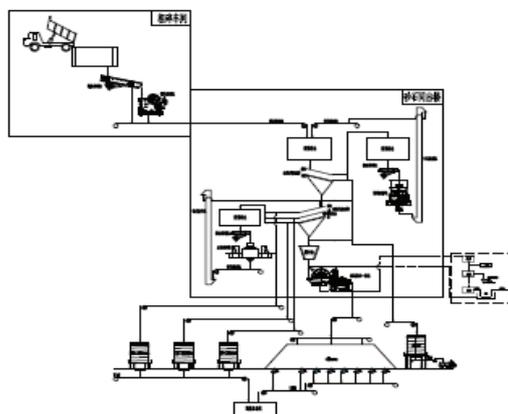


图1 砂石加工系统工艺流程图

构成开闭路相结合的生产关系。

中细碎单元由一台圆锥破碎机及其配套的调节料仓、振动给料机组成，用于破碎一筛分级筛分后粒径大于80mm及部分40~80mm的物料，经圆锥破碎机破碎加工后的物料由斗式提升机提升至第一筛分设备进行闭路生产。

超细碎整形制砂单元由一台立轴冲击式破碎机及其配套的调节料仓、振动给料机组成，原料主要为第二筛分设备分级筛分后5~40mm的物料，经立轴冲击式破碎机破碎后的物料由斗式提升机送入第二筛分设备形成闭路生产。

第一筛分单元为一台圆振筛，圆振筛设置两层筛网，从上至下筛孔尺寸为80mm、40mm。经过筛分分级后，产生3种粒径的物料。其中粒径大于80mm的物料，直接由物料溜槽送入中细碎单元的调节料仓；40~80mm粒径的物料，一部分进入中细碎单元的调节料仓，一部分由物料溜槽、带式输送机送入垫层料堆；小于40mm的物料通过物料溜槽第二筛分设备。

第二筛分单元设置一台圆振筛，圆振筛设置三层筛网，从上至下筛孔尺寸为20mm、15mm、5mm，其中15mm孔径的筛网是在生产喷混时使用，筛网尺寸可根据产品质量要求进行调整。第二筛分来料主要为第一筛分分级后小于40mm的物料，经过第二筛分分级后，产生4种粒径的骨料，筛分分级产生的粒径20~40mm、20~15mm、20~5mm的骨料，均可分别通过不同的带式输送机进入相应的成品碎石筒仓，其余部分骨料通过物料溜槽进入超细碎整形制砂单元的调节料仓，进而进行整形制砂。小于5mm的物料直径进入洗砂设备进行洗砂，一部分可通过物料溜槽进入垫层料成品皮带机用于调整垫层料级配。各级成品砂石骨料均可通过物料溜槽上的调节阀调整通过量，可满足不同级配生产条件下各类

表1 主要设备配置表

序号	车间	设备名称	型号	技术参数	单位	数量
1	粗碎车间	颚式破碎机	JC110	处理能力: $\geq 240\text{t/h}$ 排料口 $e=80\text{mm}$	台	1
		棒条给料机	GZD100x500	处理能力: $\geq 240\text{t/h}$	台	1
2	砂石同出楼	砂石同出楼	HDJG-240	处理能力: $\geq 240\text{t/h}$ 成品能力: $\geq 190\text{t/h}$ 产品: 级配碎石 5~20mm、20~40mm、5~15mm、 垫层料、机制砂, 各产品均可调整。	套	1
3	成品输送	带式输送机	B=800mm		米	/
			B=650mm		米	/

骨料的均衡生产。

2. 系统设备配置

根据设备破碎粒度曲线、类似系统生产的实验数据、有关规范提供的混凝土的级配和项目提供的施工强度,在工艺流程计算中,计算各工况下主机设备的处理能力,同时考虑各主机设备的负荷率等综合因素进行设备的选型。(见表1)

五、项目创新点

永嘉抽水蓄能电站楼站式砂石加工系统的已于2024年6月建成投产,运行状况良好,系统生产能力和产品质量均满足设计和现场施工要求,为永嘉抽水蓄能电站工程的顺利实施奠定了坚实的基础。

永嘉抽水蓄能电站的楼站式砂石加工系统在抽水蓄能电站砂石加工系统行业展现了多项创新点,这些创新不仅优化了砂石加工的生产流程,还提高了效率和环保性能。以下是对这些创新点的详细分析:

1. 可同时生产粗、细骨料

目前市面上的楼式加工系统往往只能生产机制砂,永嘉抽水蓄能电站的楼站式砂石加工系统则能同时生产粗、细骨料,满足了抽水蓄能电站工程建设的需求,提高了生产效率。

2. 采用提升机进行物料运输

在抽水蓄能电站砂石系统中首次采用提升机进行物料运输,这一创新替代了传统的运输方式,提高了物料运输的效率和稳定性。

3. 物料输送主要采用溜槽重力输送,节约能耗

物料输送主要采用溜槽重力输送方式,这种方式减少了能源消耗,降低了运营成本,同时也有助于减少环境污染。

4. 除尘设备置于楼内最顶层

将除尘设备置于楼内最顶层,不仅优化了空间布局,

而且回收的灰尘可以作为矿粉使用,实现了资源的循环利用。

5. 成品粗骨料储存采用筒仓储存

国内抽水蓄能行业砂石加工系统多采用堆场进行成品砂石料储存,铲车上料。本项目首次在抽水蓄能电站行业采用筒仓储存成品粗骨料,这种方式提高了储存效率,减少了空间占用,也便于管理和维护。

6. 砂石同出楼采用全钢结构

砂石同出楼采用全钢结构设计,各楼层柱、梁均通过螺栓连接,这种结构不仅坚固耐用,而且便于拆卸和重组,提高了设备的灵活性和可重用性。

综上所述,永嘉抽水蓄能电站砂石加工系统作为国内抽水蓄能行业第一座投产的楼站式砂石加工系统,具有技术创新、环保效益、提升建设质量与安全等多方面的重大意义。

楼站式砂石加工系统的投产,标志着我国抽水蓄能行业在砂石骨料加工技术上的重大突破。这种系统相比传统加工方式,可能具有更高的生产效率、更低的能耗和更好的环保性能。作为国内首例,永嘉抽水蓄能电站砂石加工系统将为后续同类项目提供宝贵的技术参考和示范经验,推动整个抽水蓄能行业在砂石骨料加工方面的技术进步和创新。

参考文献

- [1] 水电工程施工组织设计规范(NB-T10491-2021)
- [2] 水工混凝土配合比设计规程(DLT5330-2015)
- [3] 水利水电工程施工组织设计手册.第四卷.辅助企业 水利电力部水利水电建设总局
- [4] 水电工程砂石加工系统设计规范(NBT 10488—2021)
- [5] 混凝土面板堆石坝设计规范(SL228-2013)