

霍尔古吐水电站首部枢纽人工骨料质量控制研究

李 璞

国家能源集团新疆能源有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830063

摘要: 新疆开都河霍尔古吐水电站首部枢纽工程砂石骨料的料源除骨料有碱活性、细骨料含泥量偏高、粗骨料针片状颗粒含量偏高外,还存在料场毛料超径含量高,天然成品率较低的问题,需通过骨料加工(含破碎、制砂)系统进行加工。S3砂石料加工系统通过优化设计形成了一套可满足本项目实际需求的工艺。采用湿法生产,破碎设备实际产能留有充足余量,成品骨料进仓前采用细碎反击破整形,既能起到整形作用,也能起到制砂作用,生产的骨料质量满足规范要求,在配置混凝土中效果明显,表现在混凝土施工性能优异、水化温升低、致密性高,以及经济效益和社会效益明显等方面。

关键词: 霍尔古吐水电站;砂石料加工系统;颚式破碎机;细碎反击破;破碎工艺

中图分类号: TV8 **文献标识码:** A

1 工程背景

霍尔古吐水电站位于新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州和静县境内,是开都河中游河段规划“两库七级”开发方案中的第三级水电站。工程厂址距下游已建的察汗乌苏水电站坝址河道距离约25km,距正东方向和静县公路里程约188km,距库尔勒市公路里程237km。本工程等级为二等大(2)型工程,主要由首部枢纽、发电引水系统和地面厂房等建筑组成。工程采用引水式开发,总装机容量426.5MW(3×140MW(主机)+2×3.25MW(生态小机))^[1],最大坝高29.3m,总库容463.5万m³。

2 料源概述

S3砂石料加工系统主要承担霍尔古吐水电站首部枢纽39.8万m³混凝土(含喷射混凝土)所需粗、细骨料的生产任务,共需加工生产混凝土骨料总量约为85.6万t,其中粗骨料约55.6万t,细骨料约30万t,生产能力满足混凝土高峰期浇筑强度3.3万m³/月所需砂石料。该系统按每天两班作业、每班工作10h、月计划工作天数按25日、

不平衡系数1.1计,砂石料生产筛分设备配置系统强度为150t/h。

S3砂石料加工系统料源来自于S2、S1砂砾石料场,S2砂砾石料场总储量约69万m³,S1砂砾石料场总储量约18万m³,有用料总储量共计87万m³,可以满足本标段混凝土骨料需求。砂砾石料开采时优先开采S2砂砾石料场,不足部分从S1砂砾石料场进行开采。

根据地勘报告,S2砂砾石料场大于80mm粒径含量约占38.1%,5~80mm粒径混凝土粗骨料(三级配)含量仅约占46%,小于5mm混凝土细骨料(砂)约占15.9%,S1料场情况相似^[2]。由于毛料超径含量高,天然成品率较低,需通过骨料加工(含破碎、制砂)系统进行加工^[1]。

S2、S1料场天然砂砾石料岩性主要为变质砂岩、花岗岩、凝灰岩、石英岩等,为具有潜在危害性反应的碱性骨料。

混凝土用细骨料质量评价见表1,除含泥量较规范质量要求明显偏高以外,其它各项指标基本满足规范要求。

表1 混凝土用细骨料质量评价表

序号	项目	质量指标	S2	S1	评价
1	表观密度(g/cm ³)	≥ 2.50	2.76	2.77	合格
2	细度模数	2.4~2.8	2.49	2.45	合格
3	含泥量(%)	≤ 3	29.2	16.6	偏高
4	云母含量(%)	≤ 2	0.07	0.03	合格
5	硫化物及硫酸盐含量(%)	≤ 1	0.4	0.08	合格
6	有机质含量	浅于标准色	浅	浅	合格
7	轻物质含量(%)	≤ 1	0.1	0.1	合格

混凝土用粗骨料质量评价见表2,除针片状颗粒含量 偏高以外,其它各项指标基本满足规范要求。

表2 混凝土用粗骨料质量评价表

序号	项目	质量指标	S2	S1	评价
1	表观密度 (g/cm ³)	≥ 2.55	2.73	2.74	合格
2	含泥量 (%)	≤ 1	0.7	0.9	合格
3	吸水率 (%)	≤ 2.5	0.5	0.46	合格
4	针片状颗粒含量 (%)	≤ 15	17.2	10.6	合格
5	软弱颗粒含量 (%)	≤ 5	1.6	4.2	合格
6	硫化物及硫酸盐含量 (%)	≤ 0.5	0.4	0.08	合格
7	有机质含量	浅于标准色	浅	浅	合格

根据料场试验成果,结合地勘报告分析,S2、S1料场天然砂砾石料除骨料有碱活性、细骨料含泥量偏高、粗骨料针片状颗粒含量偏高外,其它质量指标基本满足规范要求。另外,各料场都存在超径颗粒含量高,弃料较多,成品率较低的特点,且细骨料含量偏低,需要利用超径石破碎加工获得^[2]。

3 砂石加工系统工艺流程

3.1 砂石加工系统布置

经以上分析,各料场毛料超径含量高,天然成品率较低,需通过骨料加工系统进行加工,天然砂砾石料经筛洗分级后,S2砂砾石料场粗骨料剩余量较多,而细骨料需用量不足,因此确定设置破碎设备,进行级配调整破碎,通过破碎大粒径的骨料以补充小粒径骨料,减少弃料量和毛料的开采量,对河床天然筛分成品料和破碎筛分料分类堆存、使用,以满足混凝土配合比的要求。

砂石加工系统布置在坝址下游左岸滩地的S3砂砾石料场,距离坝址0.6km。

根据生产任务,结合场地地形特点和交通条件,本系统设施的布置原则是在满足施工生产要求的前提下,力求紧凑、实用、经济合理。砂石加工系统布置有汽车受料仓、振动给料机、粗碎车间、中细碎车间、四个筛分车间、制砂车间、骨料堆、胶带机运输系统,以及供水系统、污水沉淀处理系统、供电系统等。

3.2 破碎工艺

在吸收国内外同行业砂石料加工系统设计、运行管理经验^[3]的基础上,结合本工程的特点,本工艺流程的设计以系统运行可靠和确保产品质量优良为前提而制定。

本系统采用湿法生产,湿法生产有利于除尘,降低环境污染,同时能降低砂的石粉含量,有利于常态混凝土用砂石粉含量的控制^[4]。具体工艺如下:

第一步:砂砾石料由自卸车给入毛料受料平台,≥200mm的原料经篦条筛筛除进入弃料堆,<200mm的原料进入振动给料机,经B1000-18皮带均匀输送至颚式破碎机破碎,通过B1200-10皮带和B1200-24皮带输送至振

动筛筛分;

第二步:进入筛分系统的混合料经筛分后通过输送带分别进入40~80mm、20~40mm、5~50mm、0~5mm成品料堆;

第三步:筛分系统筛分的80mm以上原料经B800-30皮带机返回至细碎反击破碎,筛分系统筛分的部分20~80mm天然料也可利用B800-30皮带机返回至细碎反击破再次破碎,施工过程中根据实际情况自行调整返料种类,控制出料级配。

根据料源岩石特性,岩石硬度属中等坚固,粗碎车间采用2台PEX2512鄂式破碎机,主要承担原料粒径大于150mm的初级破碎任务,每小时产量约60t,具有产出率高、破碎比大、运转平稳可靠、维修简便的特点,中碎车间采用1台PFX-1310细碎反击破,主要承担的是第一筛分车间出来大于80mm的石料,每小时产量在100t以上,中碎采用组合形式,主要是能有效调节骨料中径含量,出料产品粒型较好,对中石、小石起到了整型作用,可有效控制中石、小石的针片状含量。部分成品小石经过超细碎制砂后出成品料,也起整型作用,可调节细度模数和石粉含量^[5]。

4 砂石加工系统质量控制措施

在本次工艺设计中,采取给料台架设篦条筛将≥200mm的超大石筛除,筛余料利用颚式破碎机、细碎反击破等系统,将部分超径石及大石破碎后生产小粒径骨料。粗碎车间主要承担原料粒径大于150mm的破碎任务;中碎采用组合形式,主要是能有效调节骨料中径含量,出料产品粒型较好,对中石、小石起到了整型作用,可有效控制中石、小石的针片状含量。部分成品小石经过超细碎制砂后出成品料,也起整型作用,可调节细度模数和石粉含量。同时利用双螺旋洗砂机解决含泥量大的问题。

另外,对于碱活性骨料,采用掺加25%粉煤灰进行碱活性抑制,粉煤灰采用F类Ⅱ级灰。

5 生产性试验成果分析

(1) 实际产能。实际生产能力为170t/h,其中:人工

砂及天然砂合并产能70t/h，大石及中石合并产能50t/h，小石及豆石合并产能50t/h。采用两班制生产以满足施工需求^[4]。

(2) 成品质量。长江水利委员会长江科学院于2023

年7月对霍尔古吐水电站首部枢纽工程S3砂石料加工系统的成品骨料进行了检测，粗骨料含泥量、超逊径含量和针片状含量指标均达到了规范要求，其检测结果见表3。

表3 粗骨料检测结果

检测项目	豆石 (5~10mm)		小石 (5~20mm)		中石 (20~40mm)		大石 (40~80mm)		
	品质指标	检测结果	品质指标	检测结果	品质指标	检测结果	品质指标	检测结果	
含泥量/%	D_{20} 、 D_{40} 粒径级	≤ 1	0.6	≤ 1	0.7	≤ 1	0.7	≤ 0.5	0.2
泥块含量/%		不允许	0.0	不允许	0.0	不允许	0.0	不允许	0.0
针片状颗粒含量/%		≤ 15	3	≤ 15	7	≤ 15	9	≤ 15	0
超径含量/%	原孔筛	—	—	≤ 5	0	≤ 5	2	≤ 5	0
逊径含量/%	原孔筛	≤ 10	7	≤ 10	7	≤ 10	7	≤ 10	0
中径筛余量/%		—	—	40~70	45	40~70	48	40~70	51

细骨料细度模数2.63，石粉含量14.2%，均达到了规范要求，其检测结果见表4。

表4 细骨料检测结果

检测项目	品质指标	检测结果
细度模数	2.4~2.8	2.63
0.16mm及以下石粉含量/%	6~18	14.2
泥块含量/%	不允许	0.0

结束语：通过本文研究，可以得到如下认识和结论：霍尔古吐水电站首部枢纽工程S3砂石料加工系统的难点主要在于料源的特性，S2、S1料场天然砂砾石料岩性主要为变质砂岩、凝灰岩等，属于中等硬度，除骨料有碱活性、细骨料含泥量偏高、粗骨料针片状颗粒含量偏高外，还存在料场毛料超径含量高，天然成品率较低的问题，需通过骨料加工（含破碎、制砂）系统进行加工。

S3砂石料加工系统通过优化设计形成了一套可满足本项目实际需求的工艺。湿法生产有利于除尘，降低环境污染，同时能降低砂的石粉含量，有利于常态混凝土用砂石粉含量的控制。破碎设备实际产能留有充足余

量，成品骨料进仓前采用细碎反击破整形，既能起到整形作用，也能起到制砂作用。

霍尔古吐水电站首部枢纽S3砂石料加工系统生产的骨料质量满足规范要求，在配置混凝土中效果明显，表现在混凝土施工性能优异、水化温升高、致密性高，以及经济效益和社会效益明显等方面。

参考文献

[1] 国家能源集团新疆开都河流域水电开发有限公司.新疆开都河霍尔古吐水电站首部枢纽工程招标文件[R].乌鲁木齐,2022.

[2] 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司.新疆开都河霍尔古吐水电站项目岩土工程勘察报告[R].西安,2022.

[3] 张亮,曾伟,李响等.龙开口水电站白云岩人工骨料质量控制[J].人民长江,Vol.43(23),2012.12:85-87.

[4] 廖颜,唐建生.乌东德水电站人工砂质量控制研究[J].水利水电技术,2016,Vol.47(增刊2):97-102.