

# 人工机制砂石骨料加工工艺流程与控制措施

李仕武

四川二滩国际工程咨询有限责任公司

DOI:10.12238/hwr.v6i6.4457

**[摘要]** 我国已建和在建的水电站中,混凝土坝约占 70%,在大型水电站中混凝土坝占 80%以上,而砂石骨料又是组成水工大坝混凝土的主要材料,不论体积或质量都要占水工大坝混凝土的 80%以上。为提升砂石骨料的品质,本文首先分析了砂石骨料加工系统工艺流程、设备选型,进而分析了砂石骨料加工系统的控制措施,供相关人员参考。

**[关键词]** 砂石骨料加工; 工艺; 控制

**中图分类号:** TU278.6 **文献标识码:** A

## Process Flow and Control Measures of Artificial Sand Aggregate Processing

Shiwu Li

Sichuan Ertan International Engineering Consulting Co. Ltd

**[Abstract]** Concrete dams account for about 70% of the hydropower stations built and under construction in China, while concrete dams account for more than 80% of the large hydropower stations. Sand aggregates are the main materials of hydraulic dam concrete, accounting for more than 80% of the hydraulic dam concrete in terms of volume and quality. In order to improve the quality of sand aggregate, this paper first analyzes the process flow and equipment selection of the sand and gravel aggregate processing system, and then analyzes the control measures of the sand and gravel aggregate processing system for reference.

**[Key words]** sand aggregate processing; workmanship; control

### 引言

我国水电工程砂石骨料的生产,由传统的人工开采筛选天然砂石骨料为主的方式,发展到目前以大型成套技术设备进行规模化生产人工砂石为主的方式。天然砂石在我国水电工程中曾发挥了非常重要的作用,但随着天然砂石资源的日益紧缺及国家对环境保护要求的不断提高,机制砂石的生产 and 应用已成为行业的热点。

#### 1 人工机制砂石骨料加工系统生产流程

目前,常见的机制砂石生产流程按流程形式分为:开路流程、闭路流程、开路与闭路结合流程<sup>[1-2]</sup>。

##### 1.1 开路流程工艺

开路流程工艺是先筛后碎,即:原料(最大粒径 $\leq 750\text{mm}$ )通过进料平台进入破碎车间进行一级破碎并形成一破产品,一破产品经过成品筛筛分后形成成品骨料(最大粒径 $\leq 150\text{mm}$ ),而多余物料再进入二级破碎车间进行破碎后形成二破产品,二破产品通过成品筛筛分后形成成品骨料(最大粒径 $\leq 80\text{mm}$ ),而多余物料再进入三级破碎车间进行破碎形成三破产品,三破产品经筛分后形成成品料(最大粒径 $\leq 20\text{mm}$ )。

##### 1.2 闭路流程工艺

闭路流程工艺是先碎后筛,即:原料(最大粒径 $\leq 750\text{mm}$ )通过进料口进入破碎车间进行一级破碎后形成一破产品,一破产品经筛分后全部形成成品料,多余的料返回本级的破碎机进行破碎后再筛分,筛分后的成品料再全部进入二级破碎机进行复破后再进行成品筛筛分(最大粒径 $\leq 150\text{mm}$ ),多余的料返回本级的破碎机进行破碎;筛分后的成品料全部进入三级破碎复破后进行成品筛筛分后形成最终成品料(最大粒径 $\leq 20\text{mm}$ ),而多余的料返回本级破碎机进行破碎后再筛分。

#### 2 人工机制砂石生产工艺

人工机制砂石料生产常见工艺有:湿法生产、干法生产、半干法生产等<sup>[3-5]</sup>。

##### 2.1 湿法生产工艺

利用高压冲水辅助筛分操作,同时,制砂车间通过制砂设备排除含水率高的砂料。

##### 2.2 干法生产工艺

干法生产工艺指在骨料生产过程中,各个筛分车间、破碎车间不进行冲洗作业,而仅在成品碎石进入成品料仓前采用冲洗筛分进行冲洗的加工,制砂设备排除料的含水率一般控制在2%以内。

### 2.3 半干法生产工艺

半干法生产工艺指骨料预筛分时采用湿法生产并控制出料含水率,制砂机采用立轴式冲击破碎机进行生产,制砂破碎机排除料的含水率控制在2%-5%之间。

## 3 主要工艺设备

不同类型的破碎设备的破碎比都有一定的范围,石料的破碎程度和生产工艺与实际破碎比有关。预分选功能是防止过磨,对细颗粒进行预分选,相对提高研磨机的生产能力。分级筛分是通过每一层的筛网对不同大小的产品进行分选分级,作为混凝土骨料使用。控制粉碎产品的粒度是粉碎机闭环循环中常用的检查和筛选功能。

砂石骨料处理工艺中,最主要的关键技术是“破碎筛分”,破碎和筛分两个关键系统能够决定砂石骨料的骨料斜率以及力度系数。在已知项目需求的情况下,工艺流程应互相对应,根据项目的需求,选择合适的破碎、筛分系统和设备,设备选择不合理直接影响到最终产品的质量。破碎设备和分选设备的选择高度依赖于生产规模、投资资金、产品比例等诸多因素,本文只总结工艺关键设备的特性和优缺点<sup>[6]</sup>。

### 3.1 破碎设备

破碎设备的产出物石尘含量低,片状颗粒比高,常见的设备类型主要有颚式破碎机、回转式破碎机冲击式破碎设备。根据不同的破碎情况,破碎的设备选型不同,我国常见的砂石骨料破碎系统中,主要分为三个等级,一是粗碎,在这个过程中,采用的设备包括三种,分别是反击式、回旋式、颚式破碎机,进行粗碎;二是中碎,采用的设备圆锥式破碎机;三是细碎,也称之为制砂,选用的一般为立轴式和圆锥式两种结构,无论是何种的破碎结构,都能达到想要的破碎效果,且结果比较好。

#### 3.1.1 颚式破碎机

颚式破碎机由于其结构的特性,可应用于砂石骨料的粗碎加工,具有较强的可靠性以及性价比较高。

#### 3.1.2 旋回破碎机

回转式破碎机综合投资高、土建工程量大,常用于大型砂石骨料的破碎。

#### 3.1.3 圆锥破碎机

圆锥破碎机破碎率大,处理量大,硬度高,对大多数物料和难破碎物料适应性好,但需要加强液压系统维护。

#### 3.1.4 反击式冲击破碎机

反击式冲击破碎机破碎率高,能耗低,可用于粒度系数要求更高的二期破碎阶段。

#### 3.1.5 立轴式冲击破碎机

立轴破碎机可用于破碎和成品两个阶段,主要是其体积小,性价比高,操作简单且可适应不同工况,可实现多种砂石骨料的超细碎和细碎工艺。但由于立轴破碎机产品砂的粒度系数过大,颗粒较粗,粒度亦不理想,国内砂石骨料场地一般采用易于组装的方式组合。控制产品的砂石、骨料的粒度和粒度系数,具有稳定的产品质量。

综上,从我国砂石骨料制备一、二级破碎系统的运行状况来看,颚式破碎机+反击式破碎机系统规模大、使用范围广、配比容易调整。适用于砂石骨料产品的中等磨耗指数物料,但该系统产品粒度中等,设备磨损消耗高于圆锥破碎机。高磨耗指数材料,而圆锥磨粉机粉量少、规格小、物料处理量大,需要构建多个系列以满足生产需要。

### 3.2 磨机

砂石骨料磨机的耗能与多种因素相关,例如与砂石骨料磨机的粉碎工艺布置、砂石骨料磨机的破碎工艺使用方式,辅助砂石骨料磨机使用的设备数量,都能影响砂石骨料磨机的耗能程度,砂石骨料磨机的工艺通常可以分为三种,一是开路粉碎工艺,该种处理工艺能够一次性处理大量的产品,操作也比较简单,对于设备的负荷较小,但是也存在一定的缺点,破碎产品的细粒级含量较小,相对来说耗能较高;二是边料返回半闭路粉碎工艺,可以将边料进行循环,从而增加产品的细粒级,通过筛选粒级较大的产品再次进行破碎,产品的最终细粒级物料的含量增加,产品的质量提升;三是筛分全闭路粉碎工艺,与边料返回半闭路粉碎工艺相似,通过挡板进行粗粒级的筛选,再次进入砂石骨料磨机进行破碎,而筛过的产品做为砂石骨料磨机最终的粉碎产品,这两种工艺的优势较为明显,最终产品的细粒级含量明显高于开路粉碎工艺,且相对耗能也较少,成本也所有降低<sup>[7-8]</sup>。

### 3.3 筛分设备

砂石骨料在水利水电行业应用时,由国家规定了严格的技术要求标准,包括砂石骨料含泥量、颗粒配级等,选择筛分设备时,一定要严格按照技术标准要求,选择合适的筛分设备,并且一定要考虑筛分设备的工作特性,根据砂石骨料筛分的粒度分布要求,再结合砂石骨料的人工流程和工艺,选择合适的筛分设备,并针对筛分设备的性价比,综合考虑筛分设备的选型。分选设备的主要类型有:振动筛、固定筛、滚筒筛、圆柱筛和细筛等。砂石骨料工程中常用的分选设备主要是振动筛。常用的振动筛类型有圆振动筛、直线振动筛、香蕉筛、自定心振动筛等。

#### 3.3.1 圆振动筛

圆振动筛在砂石骨料筛分中应用的情况较多,主要是由于圆振动筛具有较优秀的使用性能,能够结合工艺特点进行筛分操作,且使用寿命较长,不需要经常更换激励器,同时维修方便且操作简单,使用维护成本较低,而最大的缺点是该振动筛的润滑系统需要进行频繁的维护。

#### 3.3.2 直线振动筛

直线振动筛的优点是结构比较紧凑,且在振动筛上进行筛分的砂石骨料,也是按照一定轨迹进行排列的,振动幅度较小,但是筛分强度较高,唯一的缺点是直线振动筛的结构比较复杂,不利于筛分工艺中的调整。

#### 3.3.3 香蕉筛

香蕉筛可以应用于砂石骨料各种粒级的筛分,且由于该种筛型具有两种结构,单层结构和双层结构,促使香蕉筛的筛分量大于其他类型的筛分设备,且香蕉筛的使用寿命较长,可以进行

大量的筛分操作,有效缩短筛分时间,提升筛分的效率,降低筛分成本。

### 3.3.4 自定心振动筛

自定心振动筛的优点是结构简单,操作调整方便,筛面振动强,物料不易堵塞筛孔。建筑物。自定心振动筛常用于中细颗粒分类聚合的过程。

## 4 砂石骨料生产控制措施

经过砂石处理系统的优化控制,试生产调试后的成品骨料各项指标均能达到要求,主要措施有:

### 4.1 毛料质量控制

根据砂石加工系统粗碎设备的特点和处理能力,采石场羊毛供应要求控制粒度500mm,羊毛不得含有泥块和杂物,含泥量0.5%。羊毛在采石场进行预分拣,运输到砂石处理系统,在称重前由质检员进行质量检查,合格的材料被运输到羊毛仓库并储存。在砂石生产过程中,在砂石骨料处理单元的二次装载过程中,将特大毛料去除并集中堆放。

### 4.2 超径质量控制

《水工混凝土施工规范》(SL677-2014)规定,各级骨料的超径、超径含量,以原孔筛检验时,控制标准:超径不大于5%,超径不大于10%。大量工程实践表明,生产过程粗骨料超径超标准的主要原因是:进料过多,筛机筛分效率低;筛机倾角过大或筛网目数选择不合理等。

粗骨料超径含量控制的主要措施有:控制分选机的倾角和筛网的筛目尺寸,控制筛分时间,大石、中石、小石的超径采用闭路循环将超径骨料返回本级或下级破碎车间破碎后再筛分。粗骨料超径含量控制的主要措施有:控制分选机的倾角和筛网的筛目尺寸,控制筛分时间,大石、中石的超径可在筛网底部增加一条皮带,将超径骨料进入下级筛分系统筛分,小石的超径可以在筛分底部增加一条皮带,根据砂的细度模数大小,决定小石超径是进入砂中改善砂子级配还是将超径作为弃料弃掉。

### 4.3 砂细度模数控制

《水工混凝土施工规范》(SL677-2014)规定,人工砂细度模数控制在 $2.6 \pm 0.2$ 范围内,若细度模数不在控制范围内,应采取相应措施。砂的细度系数过小,用一部分粗骨料调节粗砂的细度系数过大的问题,调节砂筛的筛分大小,筛出一部分粗砂通过棒磨机制成细砂,并加入石粉调整粒度,在制砂过程中通过调整洗砂机、棒磨机的负荷量来适当优化粒度控制,含石量通过调节洗

砂机中的水量来调整,在洗砂沉淀池中通过控制离心泵调节砂细度模数,从砂中回收小于2.5mm的细颗粒并与砂混合,以增加连续性等级。

### 4.4 石粉含量控制

《水工混凝土施工规范》(SL677-2014)规定,人工砂中石粉含量控制在6%-18%的范围内,生产过程中的主要控制措施如下:当砂中石粉含量较低时,将多余的粗骨料和粗砂粉碎成细砂和石粉,补充石粉含量达到质量要求。当砂中石粉含量过大时,控制电子脉冲除尘器吸进多余石粉,或增加一条弃料皮带,将筛除多余的石粉通过弃料胶皮带直接弃掉,使砂中石粉含量达到控制范围的要求。

## 5 总结

综上所述,在砂石骨料加工过程中,质量控制人员需要对粗骨料超径、砂子细度模数、砂中石粉含量等指标加强检测,当检测结果超标时,应及时分析原因,并通过料源控制、设备等方面加以控制,从而提升砂石骨料加工的效率 and 效益。

## 【参考文献】

- [1]倪红强,蔡冰云.浩口水电站骨料加工及混凝土拌合系统设计优化[J].云南水力发电,2021,37(11):183-185.
- [2]许天锁,徐全基.特大型人工砂石骨料加工系统技术改造研究[J].水利水电技术,2016,47(S2):35-39.
- [3]黎正辉.银盘砂石系统湿法生产中石粉回收工艺[C]//中国水利水电工程第二届砂石生产技术交流会论文集,2008:270-278.
- [4]王艳萍,唐毅,李盛林.干法去石粉工艺在锦屏二级水电站东端砂石加工系统中的应用[C]//第二届水电工程施工系统与工程装备技术交流会资料汇编,2010:41-47.
- [5]朱向红,李蕾蕾.浅谈半干法砂石骨料生产线工艺设计[J].河南建材,2014,(05):7-9+12.
- [6]吕培炎,周宇,戴高峰,郑海军.河南某年产1000万吨绿色砂石骨料系统生产工艺分析[C]//第六届中国国际砂石骨料科技大会论文集,2019:69-71.
- [7]霍光,赵绪平,单东升,等.浅析砂石骨料加工工艺及环境保护[C]//第六届中国国际砂石骨料科技大会论文集,2019:121-124.
- [8]杜自彬,高源,刘俊.大型砂石骨料加工工艺和设备探讨[J].矿山机械,2019,47(05):20-24.