

砂石骨料生产工艺及设备分析

周宏¹ 王永龙²

1. 南宁交通投资集团有限责任公司; 2. 南宁交投凯通实业有限责任公司

摘要: 本文以干法工艺为例, 对于工艺应用要点展开分析, 内容包括除泥筛分、破碎处理、材料筛分、制砂整形、砂粉分离等, 同时对于砂石骨料生产设备应用要点展开分析, 包括振动給料筛、粗碎设备、中碎设备、筛分设备、制砂整形设备、砂粉分离设备、缓冲料仓等, 通过研究砂石骨料生产工艺应用时的注意事项, 其目的在于加快砂石骨料生产速度, 提高砂石骨料生产工艺应用效果。

关键词: 砂石骨料; 干法工艺; 粗碎设备

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.04.038

砂石骨料作为混凝土的主要成分, 在混凝土建筑物中起着重要的作用。砂石骨料在混凝土中起到了骨架与填充作用, 平均每立方米砼中约需1.5立方米的骨料, 砂石骨料的质量直接影响混凝土的质量。为提高砂石骨料的品质, 需采取合理的工艺和可靠的设备来对砂石骨料进行加工, 以此来保证砂石骨料的生产质量, 满足不同等级混凝土的制备要求。

一、砂石骨料生产工艺分析

(一) 除泥筛分

含泥量是衡量建筑用砂质量标准的一项重要指标, 建筑用砂含泥量高则需水量也会相应的增加, 影响混凝土的工作性、耐久性、和易性和抗压强度。在进行矿山开采过程中, 矿石原料往往会携带泥土, 一方面是由于部分骨料矿山在形成的过程中, 由于产生了较多裂隙, 使得许多泥土会填充到其中, 一方面是表土难以完全剥离干净。若直接将其进行破碎处理, 那么也将造成砂石骨料成品含泥量增多的情况, 降低砂石的生产质量。基于此, 在生产活动中, 需要做好除泥筛分工作。在该工艺环节需注意以下内容: (1) 选用棒条筛分机除泥时, 由于棒条筛除泥效果有限, 若所开采的矿石原料含泥量较多, 应在后续工艺流程中配置振动筛进行强化除泥; 若配置有湿法系统, 可将破碎产生小于4.75mm的物料进行水洗, 可显著提高除泥效果; (2) 选用滚轴筛分机除泥时, 所开采的矿石原料磨蚀指数应较低, 否则滚轴筛的极易磨损造成成本高及故障率高的问题; (3) 若是矿石原料含泥量偏高, 特别是黏土含量高, 则需要使用湿法工艺来去除矿石原料中的泥土废料; (4) 调整振动給料筛的工作频率, 在持续的振动作用下可以将砂石骨料中多余泥土、附着原料上的松散废料清除干净, 去除率可达到85%以上。

(二) 破碎工艺

破碎的主要目的是将体积较大的砂石骨料破碎成不同粒径的碎石, 成为满足不同应用场景的骨料。砂石骨料生产过程中常见的破碎工艺有一段破碎、二段破碎、三段破碎工艺。

破碎工艺的选择需注意以下内容: (1) 处理能力小于500吨/小时, 且矿石原料的硅镁含量较低, 选用一段破碎工艺, 配合多层环保筛, 在满足生产需求的情况下, 可大大的降低生产线建设投资, 减少工业用地面积, 减低生产运营成本, 有较好的经济效益; (2) 石灰岩矿山可选用二段破碎工艺, 该工艺流程短捷, 避免物料反复迂回输送, 平面布置紧凑; (3) 矿石原料硬度大, 磨蚀指数高, 每段破碎机的破碎比应控制在3~5, 此时一般选用三段或三段以上的破碎工艺, 粗碎排料控制在300mm左右, 中碎排料应控制在90mm左右, 细碎排料控制31.5mm以下。

(三) 筛分工艺

筛分作为一种分级工艺, 在砂石生产线中很重要, 无论是前端的预筛分还是末端成品料的分离, 可谓从“始”至“终”贯穿始末。合理的筛分工艺, 是控制砂石骨料品质的重要措施。筛分工艺可以将其细分为以下几种: (1) 检查筛分, 有时也叫成品筛分, 是很多生产线在破碎之后也加的筛分流程, 用以控制破碎产品的粒度(不合格物料筛出或者再返回破碎机进行破碎, 直至符合粒度要求), 其目的是从破碎设备的产物中, 将粒度不合格的大块物料筛出, 使产品不超过要求的粒度上限^[1]。(2) 预先筛分, 在破碎之前进行的筛分, 例如原物料粒度范围跨度较大, 大块物料需要先用颚破进行粗破, 而小块物料为避免过粉碎, 可直接筛分后进入后续设备, 无需再入颚破。对于砂石骨料生产线来说, 预先筛分能避免物料的无效破碎, 从而提高破碎设备的生产能力, 减少动力消耗。(3) 脱水筛, 常用于湿法制砂工艺, 主要作用是脱水、脱泥、脱介。脱水筛分需要用到专门的脱水振动筛, 该设备低倾角大直线振动, 结合电磁振网清理筛网上的砂子, 砂从筛上排出, 水从筛下排入尾矿泵槽。脱水筛分, 一方面是为了提高降低产品含水率, 使产品便于贮存和运输, 减少运输量, 另一方面可以回收水, 以便循环使用。

(四) 整形制砂工艺

在整个砂石骨料的生产过程中, 从功能上划分可分为破碎及整形制砂两部分。整形制砂主要作用一方面是进一步处理破碎后产生的粗砂, 使细度模数及产品粒型达到精品机制砂的要求, 另一方面是处理中细碎产生的

碎石，将碎石生产成为精品砂石骨料。整形制砂应注意以下几个方面的内容：（1）制砂楼和平铺式制砂的比选，若用地面积较宽裕，选用平铺式制砂方式，便于检修及维护，并且可避免使用斗式提升机，使得系统稳定性极大的提高；若用地面积较小，选用制砂楼工艺，环保除尘效果较好，机制砂细度模数及含粉率可控，有利于提高机制砂产品品质，但设计过程中应考虑好检维修通道^[2]。（2）独立制砂及砂石同出的比选，采用砂石同出的生产工艺，骨料经过立轴冲击破碎机整形，其粒型圆润，粒级配比优良，产砂率较高；选用独立制砂工艺，常用于制砂楼，其砂石骨料产品比例可调节，机制砂含粉率可控。（3）干法制砂及湿法制砂的比选，采用湿法制砂工艺，一般选用棒磨机制砂，制砂原料经过棒磨机反复打磨（模拟河沙产生的过程），经过水洗脱泥，其产品粒型较好，产品含泥量较低，但需配置大型产品堆棚及污水处理系统，其副产物为泥饼；选用干法制砂，占地面积的较小，用水量较少，综合成本较低，同时干法制砂不需要污水处理系统，其副产品为石粉，为下一步开发利用石粉奠定良好的基础。

二、砂石骨料生产设备分析

（一）粗碎设备

总结以往的砂石骨料生产经验可以得知，在对砂石骨料进行粗碎处理时，经常使用到的机械设备和应用特点如下：（1）颚式破碎机，其借助挤压产生的冲击力来对原料进行破碎处理，在应用中具有结构形式简单、整体体积较小、单次材料进给量大、应用成本较低等优势，不足之处在于设备衬板磨损速度较快、所得产品的粒形相对较差、拥有较多针片状产品等，一般适用于硬度适中的岩石破碎处理，若是需要将其用于中碎处理，则需要对设备参数进行小型化调整，以满足相应的使用需求。（2）旋回式破碎机，其借助旋回过程产生的劈裂力来对原料进行破碎处理，在应用中具有破碎效果良好、整体耗能较小、单次材料进给量大、作业连续性强等优势，不足之处在于设备复杂度较高、占地面积较大、造价成本较高等，一般适用于各类硬度的岩石破碎处理，主要是作为粗碎设备进行使用。（3）锤式破碎机，其借助冲击过程产生的冲击力来对原料进行破碎处理，在应用中具有破碎效果良好、单位产量较高、细料数量较多等优势，不足之处在于设备锤头损耗速度快、现场粉尘浓度高、无法处理湿度较大原材料等，一般适用于硬度中等的岩石破碎处理，主要是作为粗碎设备进行使用。

（二）中细碎设备

总结以往的砂石骨料生产经验可以得知，在对砂石骨料进行中细碎处理时，经常使用到的机械设备和应用特点如下：（1）圆锥破碎机，其借助挤压产生的劈裂力来对原料进行破碎处理，在应用中具有结构性能稳定

性强、半成品质量较高、单位产量较大、成品粉料率低等优势，不足之处在于设备复杂度较高、占地面积较大、维修难度相对较大等，一般用于处理中高硬度的岩石破碎处理，提高骨料产品占比，多将其应用在砂石骨料的中碎处理环节，较少应用在粗碎处理环境。（2）反击式破碎机，其借助冲击力来对原料进行破碎处理，在应用中具有破碎效果良好、细料数量较多、设备耗能较少等优势，不足之处在于设备损耗速度快、现场粉尘浓度高、维修时工作总量较大等等，一般适用于中低硬度、硅镁含量较低的岩石破碎处理，主要是作为中碎设备进行使用，而大型反击破也可以作为粗碎设备进行使用。

（三）筛分设备

在整个砂石骨料的生产活动中，也会使用到筛分设备，作用是辅助预先筛分、检查筛分等工作的进行。从实际情况来看，使用到的筛分设备类型如下：（1）在整个预先筛分阶段，使用到设备为预先筛，在设备使用前会提前设置好筛网的具体尺寸，同时也会根据需求来对整个配置进行优化处理，通过预筛选也可以减少后续其他设备的工作量。并且此类设备的造价相对较低，虽然增设预筛分设备会增加系统运行过程的复杂度，但是其具有良好的经济性，可适当减少其他破碎设备的支出。（2）成品筛分设备，目前经常使用到的成品筛分设备有直线筛和圆振筛，若是现场安装条件允许，那么则可以优选三轴椭圆水平振动筛来作为筛分设备。在对设备进行安装时，其基础倾角为0，这样可以保持较大的筛分面积。而且借助三轴同步联动的处理方法，可以按要求来对整体振幅与频率进行灵活调整，以此来保证筛分效率的高效性。一般情况下，在成品筛分设备的工作中，会在设备出料斗位置处布置翻板阀，其作用是可以将部分不满足质量要求的骨料，重新放回到立轴破碎机当中进行破碎处理，同时也需要按要求做好产品比例调整，确保整个系统调控过程具有较强的灵活性与可靠性。

（四）中间堆料

在整个生产活动中，中间堆料也属于非常重要的环节，一般情况下，中间堆料可分为前段与后段两部分，前段与后段之间存在着互补关系。如果前段的供料渠道出现封堵或出现设备检修问题，那么此时则可以使用后段设备来对中间料堆进行运输，以此来保证材料的正常生产。在中间料堆的布置中，也需要注意以下内容：由于需要在现场设置中间堆料，因此在前段设备的布置中，需要配置超过常规设计较大型号的处理设备，不仅能够充分达到粗碎进料粒度，也能够更好地减少粗碎作业率。通常情况下，中间缓冲料堆出料主要以底下通廊式设计为主，以地面作为划分，地面以上和地面以下分别为堆场和通廊，通过应用电振动给料机、胶带输送机两种方式下，从通廊运出物料，中间缓冲料堆的储量

需要充分按照生产规模计算进行明确,如投资、场地允许,通常所储存的产量以2d左右较为合适,以满足砂石骨料的生产需求。

(五) 整形制砂设备

立轴式冲击式破碎机作为常用的整形制砂设备,一般用于提高骨料的产品粒型及生产机制砂。通常情况下,设备中使用到的腔型工况为石打石腔型结构,以降低物料对设备磨损,延长衬板使用寿命,特别是中高硬度及硅镁含量高的原料。立轴式冲击式破碎机最大进料粒度一般不超过40mm。部分设备也会使用石打铁腔型结构,而此类结构的主要组成为“闭式转子+铁砧环”。具体应用阶段,应根据实际情况做出选择,保证所选内容的科学性与合理性。需要注意的是,在立轴破碎机的工作中,需要将整形线速度控制在50m/s,而制砂线速度也需要控制在60m/s以上,如果设备转速不合理,那么其在应用中也将会直接影响到制砂效果,影响到砂石骨料的整形效果。统计以往实践数据,立轴式冲击式破碎机机制砂率一般不会超过30%。

(六) 砂粉分离设备

此类设备在应用中的主要功能,是可以将砂石中多余粉尘去除,保证所得砂石的级配等级。就目前的实践情况来看,经常使用到的砂粉分离设备共有风选与水洗两种类型。目前使用较多的风选设备为选粉机,在设备的应用中,可以通过调整选粉机主轴转速和风机风量的方式,将成品当中的石粉含量控制在较低水平。也是干法工艺应用时经常使用到的设备。部分企业也会使用水洗的方式来去除石粉,而常用的设备类型如下:①轮斗式洗砂机,此类设备的整体质量较小,所具备的清洗能力相对较差,一般会将其应用在容易进行清洗,且含泥量较小的砂石骨料。②螺旋式洗砂机,此类设备的整体质量较大,且占地面积相对较大,但是所具备的清洗能力较强,一般会将其应用在较难进行清洗,且含泥量较大的砂石骨料。需要注意的是,完成水洗后的机制砂,需要做好细砂回收,以及机制砂脱水处理,以此来减少资源浪费,同时还可以确保产品的相应级配,脱水筛可使水洗砂含水量率降至10%~15%。

(七) 缓冲料仓

除上述提到中间料堆外,在实际应用中还需要做好缓冲料仓的设置工作,其作用是建立砂石骨料卸料的缓冲区,以保证整个生产活动的有序进行。通常情况下,所设置的粗碎缓冲仓有效容积需要超过卸料卡车的车斗容积,多数情况下缓冲仓储量为15~45分钟,避免容积过大增加系统投入,加快机械疲劳损伤速度。而且在缓冲仓的设计上,也需要做好变频调速点振动给料机的科学化设置,目的是能够保持整个破碎设备的稳定给料,从而将设备最佳性能得到有效发挥,营造连续可靠的砂石骨料生产线。

三、砂石骨料生产工艺应用时的注意事项

(一) 工艺的科学化选择

从现阶段的生产情况来看,常用的砂石骨料生产工艺有干法工艺、湿法工艺和混合工艺,不同工艺的应用优势、适用范围存在不同。因此,在工艺选择前,需要对原材料硬度、含泥量、去除难易程度进行分析,根据得到的分析结果来选择相匹配工艺,营造良好的砂石骨料生产环境。在工艺完成筛选后,也需要对整个工艺的应用流程进行梳理,确定不同工艺应用节点需要注意的相关内容,并以此来建立可靠的工艺管理计划,做好生产活动开始前的技术交底工作,确保生产工艺的顺利落实,保证砂石骨料生产结果的可靠性。

(二) 做好设备运营管理

在砂石骨料生产工艺执行过程中,各类设备属于重要的执行载体,其工作质量也将直接影响到生产结果的可靠性。因此,在具体工作中也需要做好设备运营管理,维持设备稳定的工作状态,提高设备工作结果的科学性。在具体的管理活动中,需要根据得到的基础资料来选择相匹配的生产设备,做好各项参数的论证工作,以满足现场生产的实际需求。由于设备工作环境的恶劣程度较高,因此,还需要结合现场的实际情况,拟定可靠的设备养护计划,计划内容需细化到养护要求、养护周期等环节,并根据设备故障发生次数、设备服役周期,来调整养护计划中的相关内容,以提高设备养护质量,延长设备的使用寿命。

(三) 加强现场生产管理

砂石骨料生产工艺执行过程的复杂程度较高,为保证工艺最终的应用效果,也需要加强现场生产管理,减少不确定因素带来的负面影响,提高设备工作结果的科学性。在具体的生产管理活动中,可以利用人工智能技术、信息技术建立风险评估体系,对于工艺实施过程中可能遇到的问题、危险程度进行量化评价,根据得到的评估结果来拟定相应的防治措施,营造安全的生产环境。对于现场作业的人员,需要按要求佩戴好防尘面罩、安全防具,从而营造安全的生产环境,加快砂石骨料的生产速度。

四、结语

综上所述,在砂石骨料生产活动中,经常使用的砂石骨料生产工艺有干法工艺、湿法工艺和混合工艺,需结合现场的实际情况进行选择。通过整理砂石骨料工艺与设备应用期间需注意的内容,能够积累工艺与设备应用经验,为生产体系的不断完善奠定良好基础。

参考文献

- [1] 闫占涛,陈萌,晋腾超.废弃石灰石骨料生产线破碎机选型[J].中国建材科技.2022,(5).
- [2] 陈小飞.精品机制砂石骨料生产线的工艺及设备探讨[J].模型世界,2020(4):1-3.