

# 黄金峡水利枢纽工程砂石加工系统采用的施工工艺

谢 晶

(中国水利水电第十工程局有限公司,四川 成都 610072)

**摘 要:**在认真分析了枢纽主体工程混凝土要求、骨料料源、根据招标文件提供的场地等条件下,黄金峡水利枢纽工程砂石加工系统选择了合理的设备,充分利用地形条件,分不同的高程布置各个车间,减少了土石方开挖,缩短了流程,节约了投资,使整个工程布局合理,工艺简单、流畅。

**关键词:**砂石加工系统;工艺;流程;黄金峡水利枢纽工程

**中图分类号:**TV7;TV52;TV51

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2019)02-0041-04

## 1 工程概述

黄金峡水利枢纽位于陕西省汉中市洋县境内,为汉江上游规划水电梯级开发的第一级。坝址位于陕西省汉中市洋县境内汉江干流的锅滩下游约 2 km 处,为引汉济渭第一水源地,建设任务以供水为主,兼顾发电,改善水运条件等。枢纽由挡水建筑物、泄洪建筑物、泵站和电站、通航建筑物(缓建)与过鱼建筑物等组成。

枢纽主体及导流工程混凝土总量为 136.8 万  $m^3$ 。工程共需成品骨料约 310 万 t,主要采用天然砂砾料。高白沙砂石加工系统位于枢纽工程下游约 2.4~3.9 km 的高白沙砂石料场附近的李家沟下游台地上,系统布置高程为 425~470 m,占地约 5.2 万  $m^2$ 。

黄金峡水利枢纽工程共计布置有 3 个天然料源地,分别为高白沙、史家梁、白沙渡。距离坝址大约 0.5~5 km。料场均为河漫滩,由卵砾石夹砂、砂层组成,砂砾石料总储量为 447.3 万  $m^3$ 。

(1)史家梁料场。料场上部为第四系全新统冲积(Q2al4)砂砾石,下伏闪长岩,砂砾石层厚 6.5~12.7 m。砾石以中粗砾为主,含量为 55%左右,磨圆度好,成份主要为花岗岩、石英岩、变粒岩,少量为灰岩、长英质碎裂岩及燧石等。砂主要为中粗砂,含量约 25%,矿物成分以石英、长石为主,次为云母、角闪石等。史家梁砂砾石料场储量为 154.7 万  $m^3$ ,剥离层总量为 10.1 万  $m^3$ 。砂料不具碱活性,砾石料均为具有潜在危害性反应的碱活性骨料。

(2)高白沙料场。料场地层岩性为第四系全新统冲积砂砾石,下伏基岩为早元古代青白口期闪长岩。砂砾石层厚 5~14.3 m,砾石以中粗砾为主,含量为 60%左右,磨圆度好,砾石成份主要为花岗岩、石英岩、变粒岩及少量灰岩,长英质碎裂岩与燧石等。砂主要为中粗砂,含量约 25%左右,矿物成分以石英、长石为主,次为云母、角闪石等。砂料不具有碱活性,砾石料均为具有潜在危害性反应的碱活性骨料。料场储量为 78.5 万  $m^3$ ,剥离层总量为 11.7 万  $m^3$ 。

(3)白沙渡料场。料场地层岩性为第四系全新统冲积(Q/al)砂砾石,下伏基岩为早元古代青白口期闪长岩。第四系松散堆积层厚度一般为 4.9~12.6 m,局部小于 2 m。料场表层临近江边约 30 m 范围内多分布中粗砂,厚 2.1~3.8 m。料场总储量为 151.6 万  $m^3$ ,剥离层总量为 11.4 万  $m^3$ 。砂料不具有碱活性,砾石料均为具有潜在危害性反应的碱活性骨料。

料场质量技术指标及评价见表 1。

## 2 系统设计要求

### 2.1 砂石骨料加工系统的工艺设计

砂石骨料加工系统工艺设计以生产三级配混凝土骨料为主,同时可以生产二级配混凝土骨料。系统设计满足不同工况时的产品级配平衡要求,按不低于 35%的成品砂产量确定生产工艺。毛料处理能力为 780 t/h,成品骨料生产能力为 600 t/h,满足高峰期不低于 10 d 的存储要求。黄金峡水利枢纽工程骨料生产参考工程量见表 2。

### 2.2 设备采购原则

收稿日期:2019-03-04

表1 料场砾石料质量技术指标及评价表

试验项目	表观密度 /kg·m <sup>-3</sup>	吸水率 /%	含泥量 /%	轻物质 /%	针片状含量 /%	软弱颗粒含量 /%	有机质 /%	硫化物及硫酸盐 /%
最小值	2 660	0.3	0.3	0	1.2	1.4	浅于标准色	0.08
最大值	2 740	0.9	2.3	0	2.9	5.6	浅于标准色	0.17
平均值	2 707	0.6	1	0	2	2.6	浅于标准色	0.13
规范要求	>2 600	<2.5	<1	0	<15	<5	浅于标准色	<0.5
技术评价	符合	符合	偏大	符合	符合	符合	符合	符合

表2 天然成品骨料分级需要参考量表

/万 t

级别	骨料粒径 /mm				
	80~40	40~20	20~5	砂	合计
数量	78.4	56	58.27	95	287.6

(1)砂石骨料加工系统的粗碎、中、细碎设备须采用国内著名品牌的全新设备,其他主要工艺设备应采用具有资质的国内知名厂家的设备,其技术应满足“先进适用、成熟可靠、质量优良、高效节能”的原则。

(2)所有设备应具有检验合格证书和详细的维护保养说明。

### 2.3 供配电及电气控制设计要求

(1)电气系统的设计应实用、可靠、具有一定的先进性并便于安装、调试和维护。所采用的电器件应符合标准化要求,质量、性能可靠。

(2)砂石骨料加工系统应按自动化控制的运行方式进行设计,并有完善的系统综合保护、运行监控和生产管理功能。

### 2.4 砂石骨料加工系统成品骨料仓

(1)成品砂石骨料的堆场调节容积要符合有关规范要求并满足10 d以上用量,以保证各项砂石料的供应。

(2)成品砂堆场容积要满足脱水要求并应具有防雨措施,以保证成品砂含水量的有效控制。

(3)成品砂石骨料的堆存场地应具有良好的集排水设施。

(4)各粒级的粗骨料必须分别堆存。为避免各级骨料混合应设置隔墙。

(5)粒径40 mm以上粗骨料的堆存仓应设置缓降设备。

### 2.5 成品砂石骨料的质量

成品砂石骨料应满足现行规范中的质量要求。

### 2.6 工程弃渣的处理

(1)工程弃渣应统一运至指定的弃渣场堆放。

(2)承包人应严格按照监理人批准的施工措施计划所规定的弃渣地点、范围和堆渣方式进行堆存,应保持渣料堆体的边坡稳定,并具有良好的自由排水措施。

### 2.7 生产废水的处理

(1)砂石系统生产产生的废水必须经过处理,废水处理应回收并循环利用,保证废水零排放。

(2)废水处理工艺要求:工艺设计与设备选型应保证运行过程中具有较大的灵活性和调节余地,能够适应废水水质、水量的变化,确保处理后的出水水质稳定并达到标准排放要求。废水处理系统应运行安全,便于操作、维修。

### 2.8 防尘及防噪音

(1)生产系统的主要尘源点均应布置除尘措施,如水雾除尘和通风除尘等。各主要生产车间空气中有害物质的最高允许浓度应符合国家相关规定。

(2)采取有效措施降低或减少各生产车间的噪音,如安装隔声罩、消声器等,各主要生产车间应设置隔音控制室。各主要生产车间和作业场所的噪音应符合国家相关规定。

## 3 主要施工工艺

### 3.1 系统布置

高白沙砂石加工系统布置原则为:

(1)整个加工系统布置于业主指定的征地范围内并尽量减少占地面积,力求系统布置合理、紧凑、协调。

(2)考虑到施工、管理方便,系统布置应尽量靠近场内公路。

(3)结合地形和现有场内外道路布置,尽量减少土石方工程量、场内支线长度、成品的运输距离及车辆的爬坡高度。

(4)根据招标文件提供的有关地质资料和各建筑物对地基承载力的要求,合理地布置系统各车间、尽量减少边坡的开挖及支护,以保证系统的安全和稳定。

### 3.2 工艺流程

根据该工程的特点和对关键工艺的研究,要求毛料粒径 $\leq 800$  mm。绝不允许含泥量较大的

毛料进入砂石加工系统。

(1)破碎:采用粗碎 $\rightarrow$ 中细碎 $\rightarrow$ 超细碎的破碎流程。

(2)筛分:采用第一筛分、第二筛分的流程。

(3)粗碎开路、第一筛分和第二筛分与中细碎闭路。

根据上述工艺流程及破碎设备产品粒度特性,砂石加工系统料源主要为白沙渡砂砾石料和高白沙砂砾石料情况,按照两个料场综合级配平衡计算得到的结果见表 3。

表 3 骨料级配平衡计算表

项 目	骨料粒径 /mm						合计
	>150	80~150	40~80	20~40	5~20	0.15~5	
损耗后需要量比例			0.24	0.17	0.18	0.41	1
损耗砾石各级强度 / $t \cdot h^{-1}$			187.74	134.1	138.91	319.25	780
来料综合级配	9.8	9.8	16.35	15.3	17.8	32.4	101.45
系数换算	0.1	0.1	0.16	0.15	0.18	0.32	1
总来料量 / $t \cdot h^{-1}$	75.35	75.35	125.71	117.63	136.86	249.11	780
粗碎进料量 / $t \cdot h^{-1}$	75.35						
粗碎排矿粒度( $E=125$ )		56	20	10	10	4	100
破碎后 / $t \cdot h^{-1}$		42.19	15.07	7.53	7.53	3.01	75.35
小计 / $t \cdot h^{-1}$		117.54	140.78	125.17	144.39	252.12	780
中细碎初次进料量 / $t \cdot h^{-1}$	117.54						
中细碎排矿粒度( $E=44$ )			41	33	17	9	100
初次破碎后 / $t \cdot h^{-1}$			48.19	38.79	19.98	10.58	117.54
合计 / $t \cdot h^{-1}$			188.97	163.96	164.37	262.70	780
骨料进场平衡后 / $t \cdot h^{-1}$			1.23	29.86	25.46	-56.55	0
中细碎循环总量 / $t \cdot h^{-1}$	31.09						
N 次循环破碎后 / $t \cdot h^{-1}$					20.33	10.76	31.09
棒磨机处理量 / $t \cdot h^{-1}$	45.79						

毛料经自卸汽车运输至粗碎车间,在粗碎车间设置收料坑,收料坑内给料口的尺寸为 2.6 m $\times$ 1.6 m,下部设有 1 台 GZDZ2066-2V 重型棒条振动给料机,1 台 ZSW600 $\times$ 130 棒条振动给料机,1 台 JC1200 及 1 台 JC1150 颚式破碎机。棒条振动给料机的筛网尺寸为 125 mm $\times$ 125 mm,粒径小于 125 mm 的物料通过 1#、2# 胶带机与数值半成品料堆,粒径大于 125 mm 的物料先进入颚式破碎机加工后经过 1#、2# 胶带机运输至半成品料堆。

第一筛分车间布置 2 台 2YKR2460H 重型振

动筛,中细碎车间布置 2 台 CC300 圆锥破碎机。物料经过半成品料堆廊道的 3# 胶带机进入第一筛分车间,筛孔尺寸分别为 80 mm $\times$ 80 mm,40 mm $\times$ 40 mm,经过筛分分级后,粒径大于 80 mm 的物料进入中细碎车间的圆锥破碎机,粒径 80~40 mm 的物料一部分上冲洗筛分车间后直接经过 8# 胶带机进入成品料仓,其余的均直接进入中细碎车间的圆锥破碎机破碎。粒径 $<$ 40 mm 的物料经过 6#、12# 胶带机进入第二筛分车间。

第二筛分车间布置 1 台 3YKR2460 圆振动筛,筛孔尺寸为 20 mm $\times$ 20 mm,5 mm $\times$ 5 mm,3

mm×3 mm。经过筛分分级后,粒径 20~40 mm 的物料一部分经过 15#、19# 胶带机进入成品料仓,一部分进入中细碎车间。粒径 20~5 mm 的物料一部分经过 16#、20# 胶带机进入成品料仓,一部分进入 17# 胶带机后经 21#、22# 胶带机进入制砂原料仓。粒径 3~5 mm 的剩余部分物料汇入粒径<3 mm 的物料进入 18# 胶带机,再经过 28#、29# 胶带机进入成品料堆。

所生产的粒径<3 mm 的砂经过螺旋洗砂机和脱水筛洗泥及脱水后通过胶带机进入成品料堆,被水冲洗流失的石粉采用细沙回收装置回收后经 27#~29# 胶带机进入成品料堆。

#### (4)料 堆。

为满足混凝土浇筑强度和系统生产连续性要求,系统内分别布置了半成品料堆和成品料堆。

半成品料堆总容积为 1.6 万 m<sup>3</sup>。

成品料堆总容积约为 6.2 万 m<sup>3</sup>,其中粗骨料仓分别存放大石、中石、小石的容积为 1 万 m<sup>3</sup>,常

态及碾压混凝土砂仓的容积均为 1.6 万 m<sup>3</sup>。

### 3.3 车间布置

根据现场实际地形、地质情况和征地范围,综合系统生产工艺、工序和各车间设备设施对地基承载力的要求,最终确定的车间布置方案如下:

(1)加工系统各车间均布置在砂石加工系统招标文件指定的范围内,3# 场内公路经过该系统的成品料堆,交通十分方便;

(2)粗碎车间的回车平台布置在上游侧高程 452 m 的平台上;

(3)成品料堆布置在高程 427.5~429 m,汽车受料后经 3# 场内公路运输至混凝土系统;

(4)系统内布置了 1 条内部公路,连接各个车间。

### 3.4 设备选型

主要设备统计情况见表 4。

### 3.5 废水处理

高白沙砂石加工系统的废水主要为大石冲洗

表 4 主要设备配置表

部 位	设备名称	型号及规格	单 位	数 量	功 率 /kW	备 注
粗碎车间	棒条振动给料机	GZDZ2066-2V	台	1	75	
	颚式破碎机	JC1200	台	1	160	
	棒条振动给料机	ZSW600×130	台	1	30	
	颚式破碎机	JC1100	台	1	110	
第一筛分车间	圆振动筛	2YKR2460	台	2	45	
半成品料堆	振动给料机	GZG125-160	台	6	2×1.5	
	除铁器	RCDY-8	台	1	7.5	
中细碎车间	振动给料机	GZG110-200	台	2	2×1.5	
	圆锥破碎机	CC300	台	2	250	
筛分调节料仓	振动给料机	GZG110-150	台	4	2×1.1	
	圆振动筛	3YKR2460	台	4	4×37	
第二筛分车间	螺旋洗砂机	GC-15	台	4	4×7.5	
	脱水筛	ZKR1237	台	4	4×11	
冲洗筛分车间	直线振动筛	ZKR1852	台	1	2×11	
制砂原料仓	电动弧门	DHM800×800	台	8	8×0.75	
	棒磨机	MBZ2136	台	4	220	
制砂车间	螺旋洗砂机	FC-15	台	4	4×7.5	
	脱水筛	ZKR1237	台	4	4×11	
细砂回收车间	旋流器	ZX-200B	台	2	2×38	

车间、第二筛分车间、制砂车间、粗碎、中细碎及一筛车间的冲洗废水、消防用水、道路洒水等产生的废水。

废水主要以 SS 为主,不含其他有毒或有害物质。设计要求的废水进水悬浮物指标为 SS≤40 000 mg/L。

处理后的要求:不允许废水进入汉江。经过

处理后的水质应达到 SS≤70 mg/L 并循环利用,利用率不低于 90%。

通过调研国内成功的大型水电站砂石加工系统废水处理工程的设计、安装和运行经验,其采取的废水处理流程为:

根据拟定流程,利用现场实际地形,在冲沟内

(下转第 59 页)

渝蓉高速公路 K15+900 段水毁路基采用泡沫混凝土换填施工,解决了传统土石料换填施工时的填筑料源、含水率控制、分层碾压质量、施工工期受降雨影响等施工问题,不需要寻找新的回填料源,不污染通行的路面,低碳、环保、节能。在狭窄的施工环境中可方便、快捷施工,节约了抢险修复工程的工期,确保了渝蓉高速公路中秋、国庆“双节”节前顺利通车,给沿线居民出行及成渝两地节假日旅游出行带来方便,整个抢险过程公开透明,社会影响较好。

5 结 语

采用泡沫混凝土回填路基,其强度和结构稳定性均满足设计及规范要求,同时有效降低了新老路基的沉降差,保证了道路的安全和使用功能。泡沫混凝土与传统土石料相比较,其施工方便快捷,施工工期短,能在有限的空间与时间内完成抢

险工程,所取得的经验可推广至类似抢险修复工程。

参考文献:

[1] 公路路基施工技术规范, JTG F10—2006[S].  
 [2] 公路软土地基路堤设计与施工技术细则, JTG/T D31—02—2013[S].  
 [3] 公路工程质量检验评定标准第一册(土建工程), JTG F80/1—2004[S].  
 [4] 闰振甲, 何艳君. 泡沫混凝土实用生产技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.

作者简介:

刘 涛(1988-),男,四川绵阳人,工程师,学士,从事工程项目施工技术及管理工  
 作;  
 方正直(1992-),男,安徽滁州市人,工程师,学士,从事工程项目施工技术及管理工  
 作;  
 唐 诚(1990-),男,四川德阳人,工程师,学士,从事工程项目施工技术及管理工  
 作。

(责任编辑:李燕辉)

(上接第 44 页)

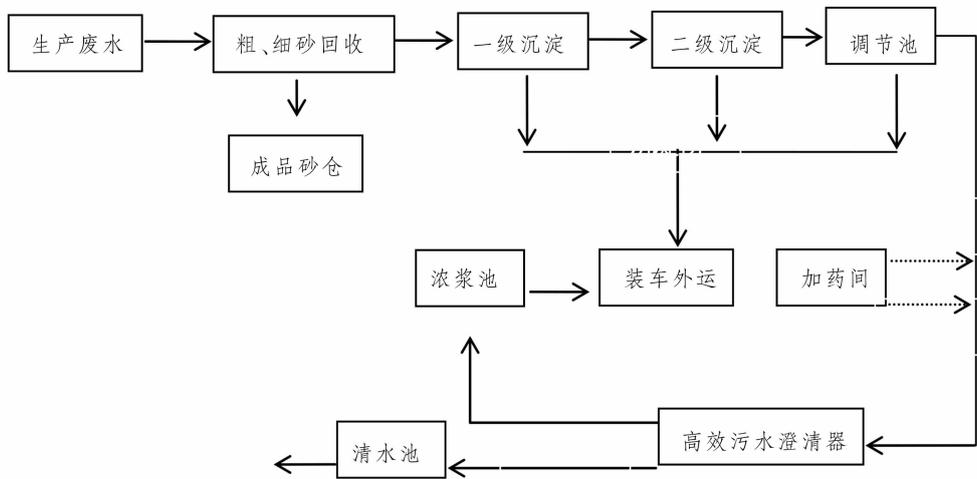


图 1 废水处理工艺流程图

修建了两个沉淀池,其中一级预沉池容积约 300 m<sup>3</sup>,二级预沉池容积为 1 500 m<sup>3</sup>,三级预沉池容积为 1 500 m<sup>3</sup>,清水池容积约 100 m<sup>3</sup>,浓浆池容积约 270 m<sup>3</sup>。系统生产的废水经过机械净化、自然沉淀达标后循环使用,全部回收用于系统骨料冲洗,不足部分从汉江抽水补充,整个生产过程中系统产生的废水为零排放(图 1)。

4 结 语

高白沙砂石加工系统有机结合天然骨料存储情况、生产需求与现场地形条件,因地制宜地进行

了设备选型和各个车间的布置,较好地吻合了现场实际生产和现场条件,特别是在废水处理系统设计中,充分利用天然冲沟进行设计,最大限度地减少了耕地的占用且满足了现场生产需求。总体而言,高白沙砂石加工系统工艺流程布置合理,结构紧凑,不失为较为成功的设计。

作者简介:

谢 晶(1980-)男,四川巴中人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工  
 作。

(责任编辑:李燕辉)