

花滩水电站碾压混凝土坝砂石骨料的制备探讨

彭 勇

(中国水利水电第十工程局, 四川都江堰, 611830)

摘 要 花滩水电站重力坝采用碾压混凝土筑坝技术建筑, 其砂石骨料由人工砂石系统制备。本文探讨了人工砂石系统在小型电站的规模设置及加工过程中的问题及对策。

关键词 花滩电站 碾压混凝土 人工砂石系统 骨料制备

碾压混凝土筑坝技术是实现混凝土经济、快速、优质施工的一项新技术。合理配置相应的砂石骨料加工供应系统, 是保证其快速施工优势得以发挥的关键一环。花滩水电站在碾压混凝土施工中, 对砂石骨料的制备问题作了一些有益的探讨。

1 确定合理的加工规模

与常态混凝土筑坝一样, 在碾压混凝土筑坝施工中, 确定合理的骨料加工规模, 能避免工程施工后因不能满足工程需要而搞增容设计所带来的麻烦。而在同等条件和规模的电站施工中, 采用碾压混凝土施工比常态混凝土施工需要配置规模更大的砂石骨料加工系统, 以满足其快速、高效的需要。

花滩电站主体工程由混凝土重力坝、引水隧洞、调压井、压力管道、主副厂房及升压站组成。重力坝坝高 85 m, 混凝土总量 27 万 m³, 原设计曾将坝型先后定为砌石重力坝、常态混凝土重力坝, 并采用简单天然筛分系统加工砂石骨料。电站施工期为 40 个月, 高峰月混凝土强度不足 1 万 m³。

由于业主压缩工期的需要, 总工期压缩为 24 个月, 大坝改为采用碾压混凝土筑坝, 高峰月混凝土强度随之增大, 实现混凝土坝体连续上升, 故确定合理的人工砂石系统规模尤为重要。考虑的主要因素有如下几点:

(1) 混凝土施工成品需要量

花滩水电站大坝碾压混凝土月高峰强度为 2 2 万 m³, 高峰月持续时间 6 个月, 月平均需砂石成品料 3 万 m³, 计划发生在 1997 年 10 月至 1998 年 3 月。由于碾压混凝土快速施工潜力较大, 系统加工规模应在此基础上加大备用容量。

(2) 料源构成的影响

花滩水电站规划采用 5 个天然砂石料场进行人工破碎筛洗卵石碎石混合物及人工制砂, 各料场勘测结果见表 1:

在实施阶段, 考虑到为降低成本, 补充采用了两

表 1 各产地砂砾石天然级配成果表

产 地	天然级配/%				
	> 80	80~ 40	40~ 20	20~ 5	< 5
水池堡	53.66	12.00	9.08	12.90	12.36
黑阳坝	49.30	14.85	10.00	10.65	15.18
大田坝	52.67	15.52	8.22	8.17	15.41
荃河坝	51.47	13.38	9.42	4.37	15.53
太平坝	52.07	15.37	9.54	9.47	13.54

条措施: 一是充分采用坝基开挖弃碴(占需用量 20%); 二是在近坝区的水池堡及黑阳坝料场进行二枯期间复采以满足总需要量, 故砂石加工厂规模应满足变化的不同料源开挖, 在粒径、强度上的需要, 即能吃“杂粮”。

(3) 存储能力的影响

天然毛料采集场受洪枯影响严重, 一般均采用季节性突击采备。合理的生产规模能尽量减少二次转运成本。合理的存储能力又能有效地满足需要及减少占地。

人工砂石系统推荐场地的规划应综合考虑加工生产能力。根据各料堆存取容量曲线, 在校验生产规模的同时, 要充分考虑碾压混凝土能持续高峰生产、连续上升的特征, 故生产规模应取较大值。

(4) 设备负荷系数的影响

砂石厂设备负荷系数的取设值直接影响系统运行的完好率、保证率及运行成本。花滩电站人工砂石系统作业制度采用粗碎车间一班制, 中碎车间二班制, 制砂车间三班制的方式。由于所采用的主机均系八十年代初购进, 设备能力相应降低, 加上系统所加工料源为花岗岩及部分玄武岩, 因此而采用降低设备负荷系数以确保设备正常运行, 但导致系统布置规模扩大。

主要考虑以上多种因素, 花滩电站人工砂石系统成品实际生产能力为 150 t/h, 其中人工砂 20 t/h, 原料处理能力 23 t/h, 满足了月砂石骨料 3 万 m³ 的用量, 并在负荷率及生产班制留有余地。

碾压混凝土筑坝采用机械化联合作业, 生产潜力较大。例如: 花滩电站拌和楼按常规采用互为备用

(3台×1.5m³及2台×1.5m³郑州产自动化拌和楼两座), 拌和及上坝运输能力有富余。

由于只配备了一台宝马振动碾, 其产量为123.7m³/h, 月强度为44.532m³, 因此, 振动碾产量成为唯一受限制的因素。

1997年12月, 花滩电站大坝混凝土出现实际浇筑高峰强度3.4万m³/月, 砂石骨料供料达4.59万m³/月, 充分发挥备用加工产量, 从而满足了碾压混凝土施工需要。

由于采用碾压混凝土筑坝技术, 在一定条件下, 小电站布置中型砂石骨料加工系统成为合理的选择。

2 级配调整

花滩电站大坝原拟采用常态四级配混凝土, 改为碾压混凝土后, 只能采用三级配混凝土(设计要求最大粒度<80mm)。两种混凝土级配比较见表2。

表2 两种混凝土级配比较表

名称	特大石 /%	大石 /%	中石 /%	小石 /%	砂 /%	合计 /%
常态混凝土	23.8	23.6	15.8	15.8	21	100
碾压混凝土	/	20	27	20	33	100

从表2中可以看出, 碾压用砂比常态多12%。特大石要完全转移加工为大、中、小石, 即增加破碎量23.8%。系统加工级配调整难度大, 砂料用量大, 成为突出矛盾。

级配调整在设计中的主要手段是增加破碎段位和加大闭路循环能力。花滩人工砂石系统采用三段一闭路加工系统, 即设置粗碎、中碎和细碎车间, 经过闭路加工系统将特大、大石加工成为中小石。

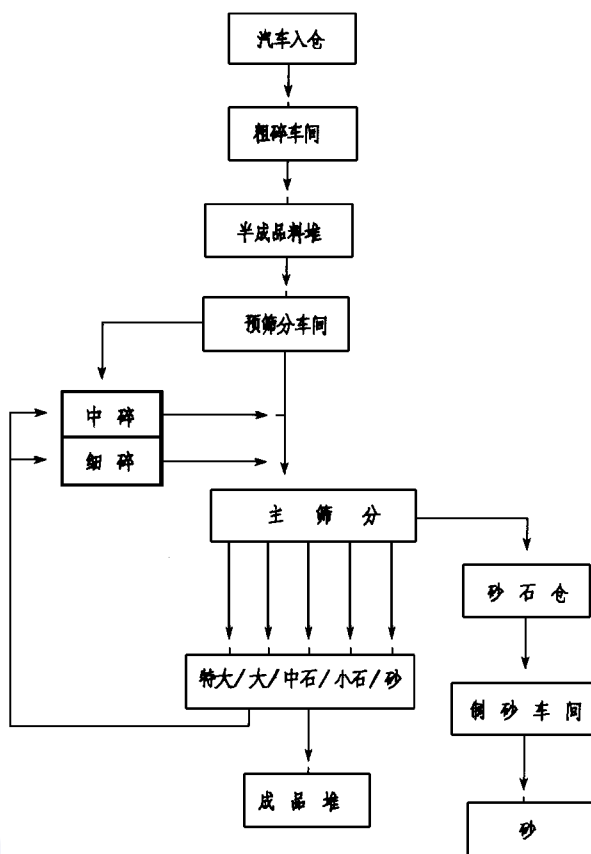
在工艺布置上, 为增加灵活性和调节能力, 在成品仓下设闭路循环皮带, 使特大、大、中石均能再次进入破碎机加工调节。花滩电站人工砂石系统工艺流程见图。

闭路调节已成为满足碾压混凝土生产用量的主要手段。花滩电站砂石系统流程量的主要特点是闭路循环量大。工艺流程在生产中, 闭路循环量占主流量的30%, 因常态混凝土改为碾压混凝土后, P_{XV}1650中、细碎机设备负荷量增大为: 中碎40%, 细碎50%。

在实际运行中也采用生产全闭路(即破碎闭路料)调节级配。由于系统在成品料仓取闭路料, 调节能力及灵活性较大。

3 制砂及石粉含量控制

花滩电站人工砂石厂制砂车间采用3台1500



花滩电站人工砂石系统工艺流程图

mm×3000mm强制式棒磨机生产, 制砂作为天然的补充部份进行运行。

由于天然料源主要由坚硬的玄武岩、花岗岩构成, 抗磨能力大, 人工制砂原定比例40%尚不能达到, 所以, 只得由采购部分外来天然砂予以补充。

碾压混凝土要求有足够的细粉含量以改善其和易性, 抗渗性。一般要求石粉量为17%左右。花滩电站采用主筛分提出天然砂和制砂车间出人工砂, 其试验数据见表3。

表3 砂石系统分类颗粒含量表

名称	吸水率	细度模数	<0.16mm /%	5.0mm /%	2.5mm /%	1.25mm /%	0.63mm /%	0.315mm /%	0.16mm /%
天然砂	2.6	2.83	6.9	3.94	20.14	12.78	23.3	21.31	11.5
人工砂	1.9	2.90	13.05		28.87	14.92	15.39	17.32	10.15

从表3中可以看出, 天然砂和人工砂细粉含量均不能达到17%, 尤其是天然砂含量更少。故在实际生产中, 严格控制洗砂用水量, 加大洗砂机溢流堰尺寸。在花滩电站碾压混凝土生产中, 外来采购砂细粉含量>17%, 采用与系统生产砂混合使用, 使其含量指标有所改善。

生产实际证明, 只有采用干法制砂, 才能获得足够的石粉含量。但干法制砂目前采用的旋盘式破碎式制砂机在坚硬岩性(200MPa)抗压条件下, 设备磨损及细度控制等一系列问题也有待探索。总之, 制

砂是碾压混凝土生产之一个重要环节, 碾压混凝土骨料不足首先会表现在砂料缺乏, 这是其含砂率大于常态混凝土产生的特征。

4 含水率波动及其控制

碾压混凝土工作度(即 V_c 值)受含水率影响极大, 其中砂料含水率又是主要因素之一。规范要求细料含水率 $< 6\%$, 在含水率变化超过 $\pm 0.5\%$ 时采用调节混凝土掺水量解决。其中砂的含水率控制是问题的关键。

在加工厂附近, 人工砂采用两个料堆轮流使用以满足脱水 96 h。花滩电站砂石系统设有天然砂堆和人工砂堆两个料堆。原设计考虑采用转移堆存脱水解决含水率问题, 但在实际操作中有困难。在用砂量满足不了需要的情况下, 脱水时间不够, 含水率不稳定, 配合比调节频繁, 给施工造成困难, 不同脱水时间的砂料含水率见表 4。

表 4 不同脱水时间砂料含水率表

名 称	脱 水 时 间 /h			
	96	72	48	24
	含 水 率 /%			
天然砂	5.4	6.1	7.8	13
人工砂	6	8	11	14

影响含水率的因素有: 气候、脱水时间、细粉含量等。花滩电站采用分堆取料确保脱水时间, 除生产中控制脱水外, 实验室的定时检测及时调整混凝土掺水量, 基本上满足质量要求。

5 设备选择及思考

在相同条件下碾压混凝土与常态混凝土要求加工系统破碎量不同。特别是由于碾压混凝土在级配 $< 80\text{ mm}$ 时, 特大石的转化量及砂的供求量大, 解决起来有很大难度。

坚硬岩性采用旋回破碎机作粗碎, P_{yy} 系列圆锥破碎机作中、细碎是成功的。其优点是检修时间少, 能保证连续持续生产。花滩电站人工砂主机检修时间见表 5。

表 5 花滩电站人工砂主机检修时间表

机 型	年检修次数		内 容
	每次时间 /次	每次时间 /d	
$P_{y700/100}$	3	7	整体拆装
$P_{yy1650/230}$	1	5	吊动锥拆检
$P_{yy1650/100}$	1	5	吊动锥拆检

在单机运行状态下, 备足配件是缩短检修时间, 确保连续运行的关键, 在条件许可的情况下, 建议主

机以备整机为好。

在花滩电站人工砂筛分楼选用 YA 圆振动筛, 获得了较为满意的效果。特别是预筛分采用 YA 7548 单台机运行, 故障率低, 确保了生产运行。

棒磨机是花滩电站人工砂制砂的主要设备, 在补充砂条件尚能满足强度要求时, 如果外来砂源不足, 则 3 台棒磨机 20 t/h 产量尚显不足, 棒磨机在石粉加工保留上有缺陷。今后要探索既能适应坚硬岩石, 又能满足碾压混凝土特性的机种。人工砂设备一览表见表 6。

表 6 花滩电站人工砂设备一览表

设备名称	电机功率/kW	产量 / $t \cdot h^{-1}$	数量
$P_{y700/100}$ 液压旋回破碎机	155	230	1
$P_{yy1650/230}$ 液压圆锥机	155	120~ 220	1
$P_{yy1650/100}$ 液压圆锥机	155	100~ 200	1
FLG1000 回旋分级机	5.5	9~ 14	4
FLG15000 回旋分级机	7.5	13~ 25	1
YA 1548 圆振动筛	15	120~ 300	1
SZ ₂ 1500 × 3000 振动筛	7.5	100~ 200	2
SBZ ₂ 1250 × 3000 振动筛	5.5	80~ 120	2
$\Phi 1500 \times 3000$ 棒磨机	95	4.5~ 11	3
$\Phi B 1300$ 圆盘给料机	3	16~ 28	3
K3 型电磁振动给料机	7.5	100~ 300	1
YW 1.6 液压反铲			1
D85 推土机			2
川崎装载机			1

6 结 语

鉴于碾压混凝土连续浇筑、快速施工的特性, 在花滩这种小型电站中提出了建立较大砂石系统规模的要求, 并在生产实际中得到了肯定。

碾压混凝土级配要求加工系统要有较强的级配调节能力, 闭路循环加工尤其必要, 在细料生产中要求充足的加工能力贮备。

V_c 值是确保碾压混凝土质量的主要指标之一。由于其对含水率极度敏感, 碾压混凝土含水率控制措施在生产、运输、贮存、防雨等骨料生产全过程中要予以控制。

总之, 碾压混凝土快速筑坝技术的实施, 给相应辅助企业特别是砂石加工系统提出了更高的要求, 需要在工艺设计、设备选型诸多问题上有所探讨、突破。

作者简介

彭 勇 男 中国水利水电第十工程局二分局 花滩水电站项目部
常务副经理 高级工程师

(收稿日期: 1998-06-11)