

# 利用显著性检验控制砂石系统细骨料细度模数

徐桂蓉

中国水利水电第七工程局有限公司第五分局

DOI:10.32629/hwr.v3i12.2545

**[摘要]** 本文利用显著性检验为工具,分析砂石系统各车间对人工砂细度模数影响程度的大小,同时确定各项指标的控制范围,以确保人工砂质量满足规范要求且稳定。

**[关键词]** 砂石加工系统; 人工砂; 显著性检验; 控制细度

## 1 项目概况

下白滩砂石骨料加工系统工程布置于坝址上游2.5km下白滩台地上,高程950~994m之间,系统由中国水利水电第七工程局有限公司自行设计、建设、生产运行管理,供应电站左右岸地下厂房、导流洞、泄洪洞等分项工程509.6万m<sup>3</sup>混凝土所需粗、细骨料生产任务。砂石骨料加工系统由粗碎车间、半成品堆场、第一筛分车间、中细碎车间、第二筛分车间、第三筛分车间、制砂车间、小石冲洗车间、棒磨机车间、成品料堆场、成品料装车仓、供水系统和废水处理系统组成。生产能力满足混凝土高峰浇筑强度15万m<sup>3</sup>/月设计,处理能力为1250t/h,成品料生产能力1000t/h,其中人工砂生产量为465.6万t。

## 2 生产工艺

下白滩砂石加工系统主要由粗碎车间、半成品料场、第一筛分车间、中碎车间料仓、中碎车间、第二筛分料仓、第二筛分车间、脱水车间、超细碎料堆、超细碎车间、第三筛分车间、棒磨机料堆、棒磨机车间、细砂(石粉)回收车间、成品料场、供水系统、废水处理系统、供配电系统等组成。考虑到系统生产成品砂的不同石粉含量情况,系统制砂工艺采用了“立轴冲击式破碎机为主+棒磨机辅助”的制砂工艺,第三筛分车间与超细碎车间采用闭路循环方式生产,棒磨机主要是调节细度模数和作为补充出成品砂作用,两个车间成品砂的细度模数、石粉含量不同,灵活掺和,棒磨机车间调节砂的细度模数和石粉含量、石粉回收车间可以有选择地回掺部分石粉。

## 3 砂质量标准要求

根据《水工混凝土施工规范》DL/T5144-2015规定,人工砂细度模数应符合2.4~2.8范围;业主招标文件要求,成品砂的细度模数应在2.4~2.8范围内,合格率不得低于90%。在后续实际生产运行中,业主、监理单位为确保成品砂质量稳定,保证砂质量评定达到优良水平,要求成品砂细度模数生产控制按 $2.6 \pm 0.1$ 执行,最终按2.4~2.8评定。由此可见,成品砂质量标准远远高于行业标准要求。

## 4 影响细度的主要因数

4.1系统制砂以二筛车间、三筛车间为主,棒磨机车间对砂的质量进行调节。由于三个车间均有成品砂的出产,受现场环境复杂、设备台数多、工况复杂的影响,实际生产时,某一车间细度的波动必然会造成成品砂细度的波动,给现场质量带来极大的困难。

4.2由于混凝土骨料需求不均衡,在砂石系统运行是,需对各车间设备的工况及参数进行调整,已确保产品满足生产实际需求。因此,在对工况和参数进行调整时,人工砂细度必然会产生波动。

4.3现场岩石种类以灰岩为主,夹杂少量白云岩及辉绿岩,在破碎制砂时,不同岩石岩性也会影响成品砂的细度。

## 5 抽样数据

对下白滩砂石系统各车间人工砂抽样检测59次,其中二筛车间、三筛车间、棒磨机车间、成品砂跟踪检测41组,检测统计数据参见“表1 各车间人工砂检测结果汇总表”。

表1 各车间人工砂细度检测结果汇总表

统计参数	二筛车间	三筛车间	棒磨机车间	成品砂
组数	41	41	41	41
最大值	3.50	3.25	2.80	3.00
最小值	2.40	2.48	1.59	2.22
平均值	2.80	2.79	2.27	2.66
合格率(%)	/	/	/	78.0
控制标准	3.00-3.20	≤3.00	≤2.45	2.4~2.8

## 6 成果分析

6.1显著性检验。对表1中的各车间细度进行方差分析,其主要思路为:

(a)由数据的变差中分出试验误差和条件变差,并以定量来表示;(b)用条件变差和试验误差在一定意义下进行比较,如两者相差不大,说明条件的变化对细度模数影响不大;如两者相差大,条件变差比试验误差大得多,说明条件的变化对细度模数的影响是很大的;(c)利用极差得出各车间影响大小:

各车间人工砂细度模数计算结果统计见表2:

表2 各车间人工砂细度模数计算表

统计参数	二筛车间	三筛车间	棒磨机车间	成品砂
组数	41	41	41	41
最大值	3.50	3.25	2.80	3.00
最小值	2.40	2.48	1.59	2.22
平均值	2.80	2.79	2.27	2.66
合格率(%)	/	/	/	78.0
控制标准	3.00-3.20	≤3.00	≤2.45	2.4~2.8

对上述试验数据计算总变差、条件变差、试验误差、自由度:

$$P = ((1/(4*41))*322.64^2) = 846.3136$$

$$Q_A = 1/41 * 35010.24 = 853.9082$$

$$W = 859.694$$

由P、Q<sub>A</sub>、W得:

$$S_1 = W - P = 13.3804$$

$$S_2 = Q_A - P = 7.59$$

$$S_3 = W - Q_A = 5.7858$$

由上述数据计算均方(平方和除以自由度):

$$SA = S_1 / fa (\text{自由度}) = 7.59 / 2 = 3.7973$$

$$S_e = S_e / f_e (\text{自由度}) = 7.002 / 120 = 0.0482$$

因素显著性检验结果:

$$F = SA / SE = 78.76$$

表3 各车间人工砂细度模数方差分析表

方差来源	平方和	自由度	均方	F	临界值
细度误差	$S_e = 7.59$ $S_e = 5.7858$	2 120	3.7973 0.0482	78.76	$F_{0.01}(3, 120) = 4.8$
总和	14.649	122	/	/	

$F > F_{0.01}(3, 120)$ , 说明各车间对成品砂细度模数影响极其显著。

对不同车间人工砂与成品砂石粉含量进行极差分析, 得出影响成品砂石粉含量的车间依次为: 三筛车间  $\approx$  二筛车间  $>$  棒磨机车间。

6.2 量化分析。因砂的最终质量判定以成品砂为依据, 因此选用各车间砂细度与成品细度进行比较, 并最终对各车间的细度控制进行量化, 以便生产过程控制。

(1) 本次试验二筛车间共有3组数据细度模数超过3.20, 最大值达到3.50, 但二筛车间人工砂细度模数在超过3.20的情况下, 成品砂细度模数并没超出规范要求, 因此得出二筛车间细度控制区间为3.00-3.20。

(2) 试验数据较为离散, 因此对三筛细度模数进行区间点数统计, 分别取三筛细度模数区间为  $\leq 2.70$ 、2.71-2.90、2.91-3.00、 $> 3.00$  三个区间进行统计, 统计结果参见表4:

表4 三筛车间与成品砂细度模数统计对比

三筛车间 统计区间	成品砂细度模数			
	组数	最大值	最小值	平均值
$\geq 2.70$	11	2.78	2.25	2.60
2.71-2.90	22	2.81	2.22	2.66
2.91-3.00	8	2.91	2.23	2.67
$> 3.00$	3	3.0	2.95	2.97

根据上表统计结果可以得出: 三筛车间人工砂细度模数在  $\leq 3.00$  的情况下, 成品砂细度模数在2.60-2.70, 满足相关技术要求; 三筛车间人工砂细度模数在  $> 3.00$  的情况下, 成品砂细度模数  $> 2.95$ , 细度超出规范要求, 因此可以确定三筛的细度控制区间为  $\leq 3.00$ 。

(3) 从表2、表4可以得出, 棒磨机车间人工砂细度模数对成品砂细度模数影响较小, 显著性检验结论一致。在三筛细度  $\leq 3.00$  的情况下, 棒磨机车间砂细度均能满足要求, 但棒磨机细度在  $\leq 2.45$  时, 成品砂细度平均值在2.60左右, 为确保成品砂稳定且在规范控制值的中值, 因此棒磨机车间砂细度控制区间为  $\leq 2.45$ 。

### 7 成果运用

利用上述分析成果, 系统编制完成生产作业指导书, 对车间各细度模数进行量化控制, 试验室加大对各车间的检测频率, 采用波动图对各车间半成品砂及成品砂进行动态控制, 在生产过程中如发现超出控制标准及时进行调整, 确保成品砂质量满足相关要求。对2017年5月至2019年5月的成品砂抽样成果进行统计, 详见“表5成果运用后细度模数统计对比”。

表5 成果运用后细度模数统计对比

统计参数	二筛车间	三筛车间	棒磨机车间	成品砂
组数	1543	1616	1768	2077
最大值	3.24	3.08	2.54	2.85
最小值	2.97	2.81	1.98	2.41
平均值	3.09	2.82	2.17	2.62
合格率	99.1	99.2	96.3	98.7
控制标准	3.00-3.20	$\leq 3.00$	$\leq 2.45$	2.4~2.8

根据表5可以得出, 在利用显著性检验对各车间对砂细度影响程度大小进行确定, 根据分析成果确定各车间细度控制的范围, 最终系统成品砂细度合格率达到98.7%, 满足相关质量标准要求。

### 8 结论

8.1 通过对砂石系统各车间人工砂细度进行统计, 利用显著性检验能得出各车间对成品砂细度的影响程度与大小, 在实际生产时明确车间控制重点。

8.2 对数据进行综合分析, 能得出各车间砂细度的控制区间, 根据控制区间指导生产, 有利于最终成品砂的质量稳定。

### [参考文献]

[1] 陈雁高, 郑崇飞, 伊晓明, 天然砂石料加工系统设计中的几个问题[J] 四川水力发电, 2013(4):97-104.  
[2] 郑践, 水电工程砂石骨料生产质量控制浅析[J] 工程建设与设计, 2018(21):274-275+278.  
[3] 贾文志, 尼日利亚碎石桩处理软土地基的设计[J] 工程建设与设计, 2018(11):73-76.

### 作者简介:

徐桂蓉(1986-), 女, 四川成都人, 汉族, 本科, 长期从事水利水电工程施工管理工作。