

# 石板水水电站大坝碾压混凝土粗骨料优化

彭 明

(重庆涪陵石板水电站工程指挥部, 重庆涪陵, 408000)

**摘 要** 石板水电站大坝是一座碾压混凝土重力坝, 坝高 84 m, 设计坝体混凝土及碾压混凝土量 62 万 m<sup>3</sup>。粗骨料在初步设计阶段选用距坝址 17 km 的茶园料场, 后在技施设计阶段对粗骨料提出优化, 选择距坝址 1 km 的左岸砂岩料场进行开采。采用以灰岩机制砂作细骨料, 砂岩人工碎石作粗骨料进行碾压混凝土施工作业。优选后的料场不仅满足了设计及施工要求, 还为工程节约投资近千万元。

**关键词** 石板水电站 碾压混凝土 粗骨料 优化

## 1 工程概况

石板水电站位于龙河中下游河段, 是龙河梯级开采中的第八级电站。电站采用混合式开发, 主要建筑物由大坝枢纽、引水系统和厂区枢纽 3 部分组成。大坝为碾压混凝土重力坝, 最大坝高 84 m, 总库容 1.05 亿 m<sup>3</sup>, 具有季调节性能; 引水系统由进水口、引水隧洞、调压井和压力管道组成, 隧洞长 6 045 m; 电站装机容量为 (3 × 35) + (1 × 10) MW (共 115 MW), 混流式水轮发电机组, 年发电量近 5 亿 kW · h。电站以发电为主, 兼顾防洪, 养殖等综合效益, 建成后是涪陵最大的一座水电站。

## 2 粗骨料优化的提出

石板水电站大坝为碾压混凝土重力坝, 坝体设计混凝土方量 62 万 m<sup>3</sup> (后经设计优化减少至 57 万 m<sup>3</sup>), 其中碾压混凝土约占混凝土总方量的 80%。碾压混凝土是一种干硬性混凝土, 骨料在混凝土单位容积中占很大比例。一般粗骨料最大粒径为 80 mm 时, 粗细骨料 (净体积) 所占比例为 80% 左右。因此, 骨料的质量和成本是影响碾压混凝土单位造价的主要因素之一。在保证混凝土质量前提下, 如能减少骨料成本, 将有效地降低整个大坝工程的投资。

石板水电站大坝碾压混凝土骨料开采在初步设计阶段, 曾选择在距坝址 17 km 的茶园料场。技施设计阶段, 依据下述理由对粗骨料进行了方案优化比较:

(1) 石板水电站大坝左岸靠近坝址处有储量较大的长石石英厚层砂岩, 根据碾压混凝土对骨料的要求, 一般以岩质为好, 如火成岩、硬砂岩、石灰岩等。茶园料场为石灰岩, 左岸料场为砂岩, 均能作为碾压混凝土的骨料。

(2) 茶园料场距骨料加工生产地 17 km, 两地连接通道为县属准四级公路, 路面窄, 转弯半径小, 坡

度陡, 而设计大坝碾压混凝土月浇筑最高强度是 3.8 万 m<sup>3</sup>, 骨料运输强度大, 时间集中, 因此, 该料场难以适应高强度运输和大、中型车辆频繁往返的要求。

(3) 若将粗骨料开采选择在左岸砂岩料场, 可降低茶园料场 80% 的开采强度, 节省运输距离 17 km, 从而缓解龙河至茶园公路的运输压力, 降低碾压混凝土单位工程造价, 节省工程投资。

## 3 茶园料场和左岸料场原岩特性

表 1 岩石物理力学性能成果表

料场名称	岩石名称	抗压强度 /MPa	软化系数	弹性模量 /GPa	弹/强比	视比重	饱和干吸水率 /%	压碎指标 /%	针片状含量 /%
茶园	灰岩	154	0.99	74	481	2.70	0.39	13.8	9.1
大坝左岸	砂岩	141	0.84	10	84	2.58	1.79	18.1	11.4

表 2 骨料磨耗试验成果表

岩石种类	大坝左岸砂岩 /%	茶园灰岩 /%
粒径/mm	37.0~75.0	19.0~37.0
磨耗率 (1000 转)	39.0	50.3
磨耗率	9.75	12.2

表 3 粗骨料分级物理性能实验表

岩石分类	粒径/mm	石子加工成品率 /%	针片状含量 /%	松散容重 /kN · m <sup>-3</sup>	振实容重 /kN · m <sup>-3</sup>	压碎指标 /%	饱和干吸水率 /%	饱和面干吸水率 /%	干比重
大坝	80~40	73.5	13.0	12.6	14.4	—	2.56	1.58	2.59
左岸	40~20	12.4	9.80	11.8	14.6	18.1	2.60	1.58	2.61
砂岩	20~5	8.0	10.9	12.5	15.2	—	2.60	2.20	2.61
	< 5	6.0	—	13.6	15.9	—	—	—	—
3 级配: 大 中 小= 40 30 30									
茶园	80~40	67.7	5.90	15.7	18.5	—	2.69	0.25	2.73
	40~20	15.9	10.4	21.4	23.8	13.82	2.71	0.32	2.70
	20~5	11.5	12.0	21.4	24.2	—	2.71	0.60	2.72
灰岩	< 5	4.6	—	17.4	20.4	—	—	—	—
3 级配: 大 中 小= 40 30 30									
SDJ207-82		< 15			13~20 72.55<2.55				
技术要求									

上述试验结果说明:

(1) 采用颚式破碎机加工的茶园灰岩及大坝左岸砂岩的粗骨料所测得的物理力学指标, 基本上都能满足规范要求, 因此, 可采用砂岩加工粗骨料。



况下,摩擦系数为 1.17~1.4,凝聚力为 1.0~2.5 MPa 之间。本次试验摩擦系数为 1.01~1.47,凝聚力为 1.82~2.65 MPa,相比之下略显得高了一点。碾压混凝土抗剪摩擦系数稳定性好的特点,不论是层面结合很好的,或是剪断后复位重复再剪切,其摩擦系数变化都有限,抗剪断的摩擦系数比抗剪摩擦系数值约大 15%~25% 左右。但本次试验由于情况较复杂,摩擦系数变化幅度较大一些,可是在一般抗剪断的摩擦系数值都大于 1.0 这一点上又是相似

的,这对坝体的抗滑稳定来说,是非常有利的。也就是说,假定在层间无粘结的情况下,依靠摩擦来稳定,也具有一定的安全度。而层间的粘结力更为其稳定性增大了安全度。

作者简介

彭明 男 重庆涪陵石板水电站施工处副处长 石板水电站工程监理办公室主任 工程师

李敏 男 重庆市涪陵石板水工程指挥部大坝标长 高级工程师

(收稿日期:1998-12-28)

(上接第 27 页)

表 7 碾压混凝土芯样物理力学性能试验成果表

坝段	孔号	芯样编号	密度 $r$ /g·cm <sup>-3</sup>	弹模 $E$ /GPa	强度 $R$ /MPa	弹强比
三	3-2	F	2.36	19.17	24.00	799
四	4-2	E	2.39	18.93	22.80	830
四	4-2	E	2.43	20.00	26.47	756
五	5-2	C	2.43	22.77	40.73	559
五	5-2	D	2.41	19.87	22.90	868
六	6-2	G	2.36	18.80	36.10	521
六	6-2	G	2.35	22.63	38.10	594
八	8-2	N	2.42	18.30	23.10	792

性较好,含粗骨料多且分布较均匀者,密度能够达到 2.40 g/m<sup>3</sup> 以上,满足设计密度要求。

(2) 碾压混凝土弹模量一般在 19.0~22.8 之间,通常密度较大的芯样,弹性模量值较大,与碾压混凝土性能试验成果基本吻合。

(3) 弹强比在 600~830 之间,比灰岩骨料碾压混凝土弹强比减少约 50%,与碾压混凝土性能试验成果基本一致。

5 混凝土中粗骨料优化效益

石板水电站碾压混凝土重力坝初步设计坝体混凝土及碾压混凝土总方量为 57 万 m<sup>3</sup>,其中碾压混凝土占 80%。初步设计阶段,碾压混凝土骨料在距大坝约 17 km 外的茶园料场开采,开采和加工强度高、运输强度大,给山区公路带来很大压力,初步设计坝体最高月浇筑强度 3.8 万 m<sup>3</sup>,相应的骨料加工和运输至少在 3 万 m<sup>3</sup> 以上。为降低工程投资,减轻茶园料场开采加工和龙河至茶园公路的运输压力,提出开采左岸砂岩作为混凝土及碾压混凝土粗骨

料。经试验分析,该料场原岩品质和储量完全能满足混凝土及碾压混凝土对粗骨料质量的要求。经测算,在开采、加工、场内运输、贮存等条件相同情况下,减少运输距离 17 km。整个坝体若用粗骨料 50 万 m<sup>3</sup>,每 m<sup>3</sup> 运价 25 元,仅此项可节省投资 1250 万元。

6 结 语

(1) 由于碾压混凝土一般为大体积混凝土,根据坝体不同部位对混凝土强度要求有所不同,因此,对粗骨料的选择是只要能达到力学指标即可。试验证明,岩石强度一般在 40~100 MPa 即可应用;石板水电站采用砂岩代替灰岩作粗骨料后,节省投资近千万元,效益十分可观。

(2) 碾压混凝土骨料的选择,应进行综合比较分析,在技术上可行、经济上合理的条件下,宜优先选择靠近建筑物附近的料场。有利于减少机械设备的投入,降低工程造价。

(3) 石板水电站采用砂岩作粗骨料,使 100 号碾压混凝土的弹性模量只有 15.5 GPa,弹强比只有 844,极限拉伸值大于 0.85 × 10<sup>-4</sup>,比灰岩作骨料配制的碾压混凝土弹性模量降低约 50%,极限拉伸值提高 30%,其它工程的试验也证明了这一点。说明采用适宜的岩石也能提高碾压混凝土的抗裂性。

作者简介

彭明 男 重庆涪陵石板水电站施工处副处长 石板水电站工程监理办公室主任 工程师

(收稿日期:1998-12-28)

省学会科普工作委员会举行年会

1999 年 2 月 2 日,四川省水力发电工程学会科普工作委员会在成都水电校召开 1998 年年会。出席会议的有省学会领导和科普工委在蓉的委员 10 余人。袁辅中主任委员主持了会议。省学会副理事长兼秘书长樊天龙首先致辞并讲话,肯定了科普工委 1998 年所做的工作(成功地完成了夏令营和《水电明珠》的编写工作),为科普工委 1999 年的工作提出了建议。学会理事长、电力局马怀新副局长在百忙之中到会并讲话,提出了对科普工委工作的希望和建议,期望科普工作委员会的工作更上一层楼,并预祝大家新年快乐。接着,袁辅中主任委员向与会代表介绍了工委 1998 年开展的工作以及 1999 年的工作计划安排,并交与会代表讨论,袁辅中主委还向与会代表传达了刚刚结束的省学会常务理事会议精神。代表们对袁主委提出的计划安排进行了研讨。在完成了预定的议程后会议圆满结束。

本刊记者 李燕辉