

# 砾质土料全料压实度与细料压实度关系研究

张东明, 方德扬, 刘存福

(雅砻江流域水电开发有限公司两河口建设管理局, 四川 雅江 627450)

**摘要:**在全料符合设计要求的压实度时,通过计算对应的细料理论计算干密度,发现细料干密度与P20存在区间性变化规律,对不同区间应关注关键控制指标,有利于砾质土料施工质量管理,更有利于砾质土料心墙防渗体填筑质量控制。

**关键词:**砾质土;全料压实度;细料压实度;应用

中图分类号:P619.22+8;P619.23+1;TV541+.1

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2016)03-0120-04

## 0 前言

随着筑坝技术和施工机械的发展,土质心墙堆石坝坝高也随之增加,并逐渐成为世界上高坝建设的主流坝型之一。随着坝高的增加,心墙土体将承受较大的应力,单纯采用粘性土作为心墙防渗土料将无法同时满足强度和压缩性的要求。国内外工程实践经验表明,高土石坝采用砾质土料作为防渗料已成为发展趋势,世界上已建和在建的坝高200 m以上的高土质心墙堆石坝中,基本上都以砾质土作为心墙堆石坝;国内近年来已建和在建的高心墙堆石坝均是如此。如已建成的瀑布沟、糯扎渡,在建的两河口以及即将建设的双江口等水电站大坝心墙均为砾质土心墙堆石坝。

## 1 亟待解决的问题

对于高心墙堆石坝而言,砾质土是一种良好的心墙防渗土料,其在压实方面兼有砂砾料和粘性土料的某些性质。击实试验表明,当砾石含量不大于第一特征含砾量( $P_5^I$ )时,砾质土干密度随砾石含量的增加而增加,而且,砾质土中的细料

都可以压实到最大干密度;当砾石含量由第一特征含砾量( $P_5^I$ )向第二特征含砾量( $P_5^{II}$ )增加时,由于砾石的骨架作用和颗粒分布等因素,砾质土的最大干密度不再与砾石的含量成比例关系;当砾石含量增加至第二特征含砾量( $P_5^{II}$ ),砾质土将会被击实至最大干密度,这时砾质土中的细料干密度逐渐变小。由于砾质土这种击实特性,如果仅用全料压实度来控制砾质土压实质量,那么就存在全料压实度满足设计要求时而砾质土中的细料并没有得到有效的压实,导致砾质土料防渗性能达不到设计要求,威胁大坝的安全。正因为如此,《碾压式土石坝设计规范》(DL/T5359-2007)规定“对于砾石土应按全料试验求取最大干密度和最优含水率,并复核细料干密度。”因此,砾质土料心墙防渗体压实质量控制一般都提出了全料压实度和细料( $\leq 20$  mm或 $\leq 5$  mm)压实度双控指标。如糯扎渡、长河坝和两河口等水电站砾质土防渗体,其控制指标如表1。

现在的问题是,全料压实度与细料压实度控

表1 砾质土防渗体压实质量控制标准

名称	糯扎渡	长河坝	两河口
坝高/m	261.5	240	295
最大粒径/mm	120	150	150
全料压实度(修正普氏击实)	95%	97%	97%
细料压实度(普氏击实)	98%(粒径 $\leq 20$ mm)	100%(粒径 $\leq 5$ mm)	99%(粒径 $\leq 20$ mm)

制指标是否匹配,与 $P_{20}$ 存在何种联系,在大坝心墙填筑过程中,如何抓住关键控制指标等问题,都亟待研究,也是本文研究的重点。下面就这些问题进行探究。

## 2 全料压实度和细料压实度关系

砾质土料在填筑过程中,为了确保碾压质量,其含水率通常均较最优含水略偏湿,加上小于0.074 mm颗粒含量较高,致使砾质土料中粒径小于5 mm细料常结成团状,湿筛不易通过5

收稿日期:2016-05-26

mm 筛网,因此,设计提出的细料压实质量通常采用  $\leq 20$  mm 颗粒的压实度来控制,具有普遍性。如糯扎渡、两河口等水电站砾质土防渗体细料压实质量控制指标。因此,下文仅以细料 ( $\leq 20$  mm) 为例,并简称为细料。经分析,全料压实度和细料压实度关系研究有以下两种模型:

模型 I :当细料压实度满足设计要求情况下,研究全料干密度变化规律,进而计算全料压实度。技术方法是通过细料干密度[为细料最大干密度  $\times$  细料压实度 ( $D_{细}$ )]计算其中对应的全料理论干密度,再通过全料击实试验,得出全料最大干密度,由此计算全料压实度。详细推算过程见图 1。

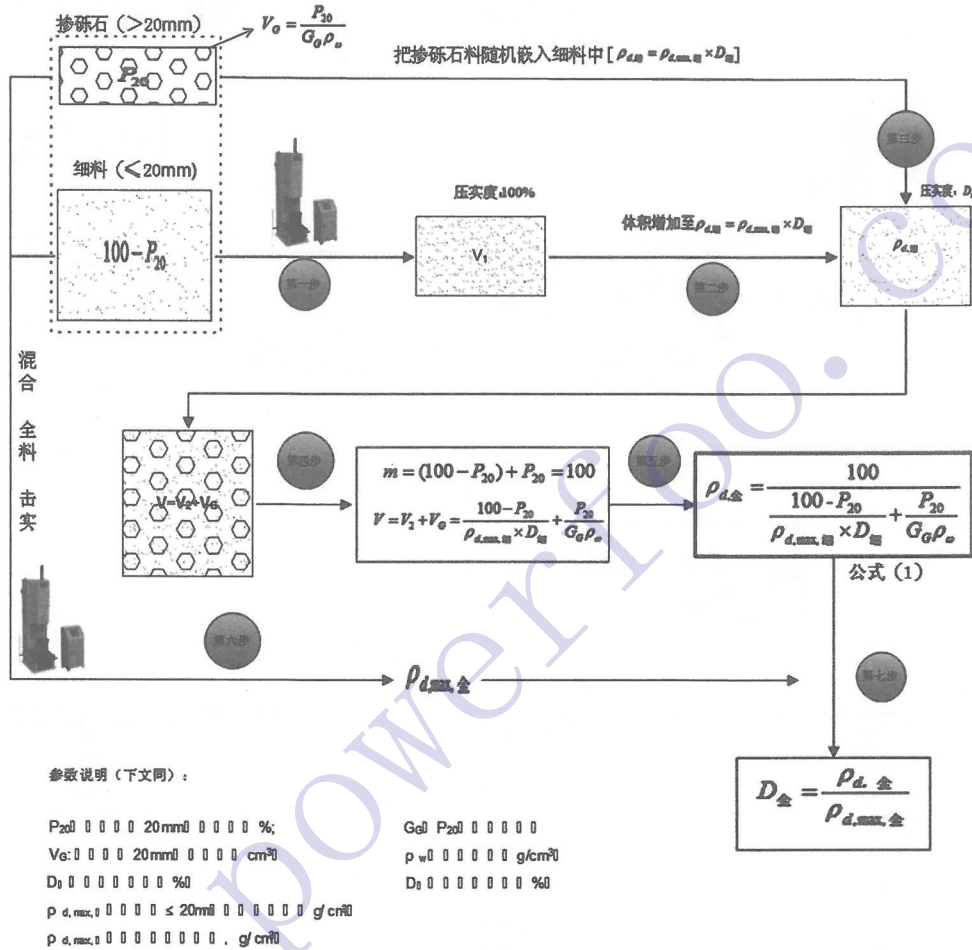


图 1 细料压实度推算全料压实度模型

模型 II :当全料压实度满足设计要求情况下,研究细料干密度变化规律,进而计算细料压实度。技术方法是通过全料干密度[为全料最大干密度  $\times$  全料压实度 ( $D_{全}$ )]计算其中对应的细料理论计算干密度,再通过细料击实试验,得出细料最大干密度,由此计算细料压实度。详细推算过程见图 2。

模型解释与比较。模型 I 解释为:相当于把砾石料随机嵌入细料中,嵌入过程中没有消耗击实功。实际情况是砾石在砾石土料击实过程中会发生位移或破碎而消耗击实功,这使得计算理论全料干密度比实际全料干密度偏大,导致压实度

偏高。因此,模型 I 在设计上存在一定的缺陷,与实际所受工况存在差异。模型 II 是由全料推算细料,该模型考虑了砾石在砾石土料中消耗击实功问题,与实际工况近似。因此,模型 II 比模型 I 优,后文应用实例采用模型 II 进行推算。

### 3 砾石土的应用

糯扎渡水电站挡水建筑物为心墙堆石坝,最大坝高为 261.5 m。防渗心墙采用人工掺砾土料,设计要求见表 1。

掺砾用碎石取自掺砾料加工系统,按设计掺砾碎石中间级配进行配料,掺砾碎石视比重为 2.59,级配参数详见表 2;试验用混合土料取至农场

土料场开采混合土料共进行了 3 组混合土料颗粒级配试验, 颗分成果见表 3。击实成果见表 4 与图 2。

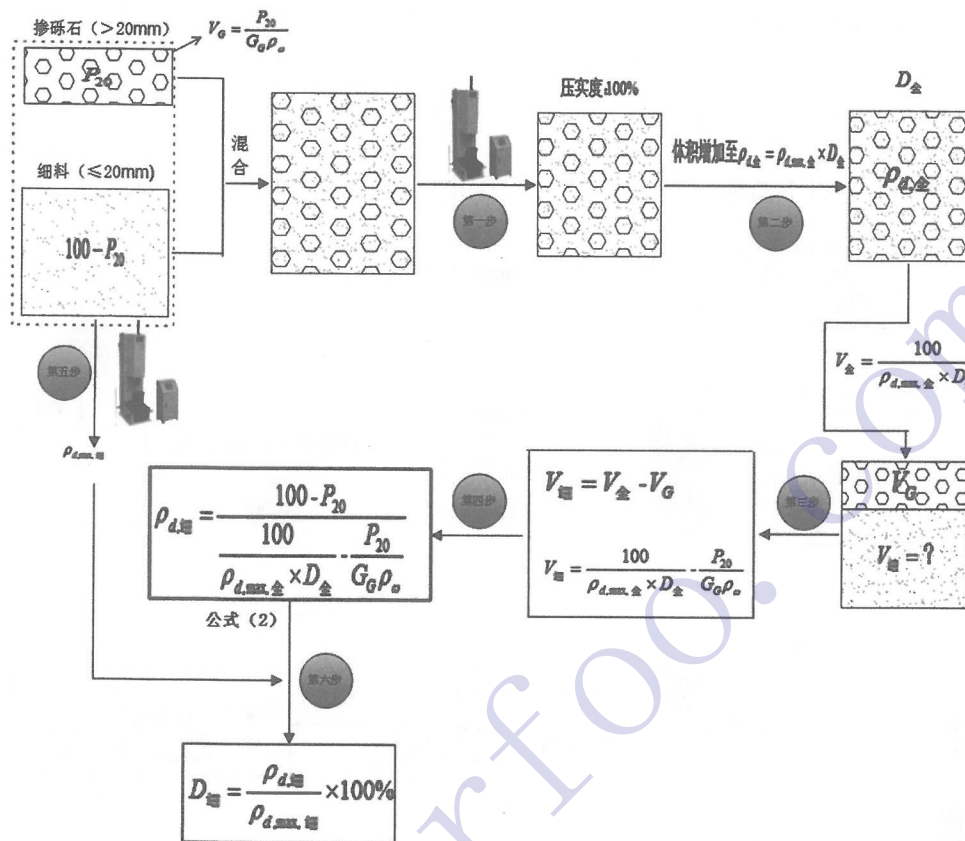


图 2 全料压实度推算细料压实度模型

表 2 掺砾碎石级配

粒径 /mm	分级质量百分比 /%	小于某级质量百分比 /%
100 ~ 120	5	100
80 ~ 100	7.5	95.0
60 ~ 80	15.75	87.5
40 ~ 60	27.55	71.75
20 ~ 40	21.7	44.2
10 ~ 20	8.0	22.5
5 ~ 10	4.5	14.5
<5	10.0	10.0

表 3 实测颗粒级配

粒径 /mm	第一组质量百分比 /%	第二组质量百分比 /%	第三组质量百分比 /%	平均百分比 /%
100 ~ 150	0	0	0	0
80 ~ 100	0	0	0	0
60 ~ 80	0	0	0	0
40 ~ 60	0	0	0	0
20 ~ 40	0.7	0.8	0.9	0.8
10 ~ 20	0.9	0.9	0.3	0.7
5 ~ 10	1.2	0.7	0.7	0.9
2 ~ 5	7.7	8.1	5.8	7.2
1 ~ 2	9.6	9.5	8.3	9.1
0.5 ~ 1	6.1	5.4	6.2	5.9
0.25 ~ 0.5	10.6	10.7	10.1	10.5
0.074 ~ 0.25	9.2	10.0	9.4	9.5
0.074 以下	53.9	54.0	58.3	55.4

表4 击实成果及细料理论计算干密度成果表

击实仪	击实功能/统计项目	掺砾量/%								备注
		0	20	30	40	50	60	80	100	
全料(600 mm)/269 kJ/m <sup>3</sup>	最大干密度 /g·cm <sup>-3</sup>	1.83	1.95	2.00	2.05	2.09	2.14	2.19	2.08	
	击后 P <sub>20</sub> 含砾量 /%	0	14.8	22.0	29.0	35.2	42.0	53.6	63.8	
细料(20 mm) 152 mm/595 kJ/m <sup>3</sup>	最大干密度 /g·cm <sup>-3</sup>	1.76	1.81	1.83	1.86	1.89	1.91	1.98	2.1	②
	理论计算干密度 /g·cm <sup>-3</sup>	1.74	1.77	1.77	1.77	1.76	1.76	1.70	1.39	①
全料压实度 95% B	细料(<20 mm) 对应压实度 = ①/②	98.8	97.5	96.6	95.1	93.2	92.1	85.6	66.4	

注:表中备注栏①中数据采用公式(2)计算得出;掺砾碎石视比重为2.59。

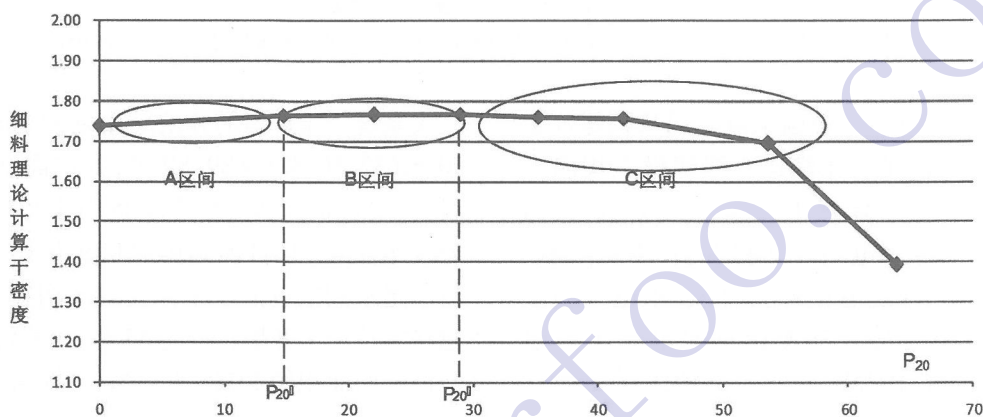
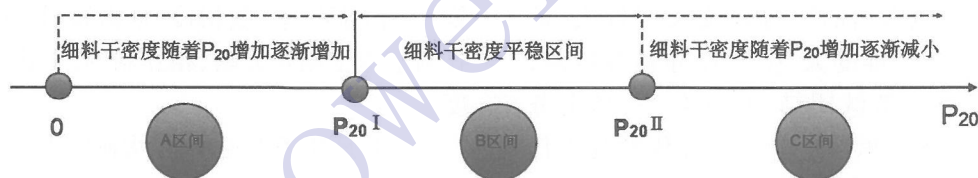
图3 细料(<20 mm)理论计算干密度与 P<sub>20</sub> 关系

图4 细料理论计算干密度值的变化

为了叙述方便,本文定义  $P_{20}^I$  为  $P_{20}$  第一特征值,  $P_{20}^{II}$  为  $P_{20}$  第二特征值。

通过图表分析可知,细料理论计算干密度值呈现区间性变化,见图4:

A 区间:当  $P_{20}$  小于  $P_{20}^I$  时,细料理论计算干密度随  $P_{20}$  增加而增加,这时全料、细料都能得到充分的压实。在该范围内如果仅用压实度和渗透系数来控制心墙砾石土质量是不够的,还必须同时控制砾石土料中  $P_{20}$ , 否则心墙防渗体的强度和压缩性指标可能不能满足设计要求;

B 区间:当  $P_{20}$  处在  $P_{20}^I \sim P_{20}^{II}$  范围时,细料理论计算干密度基本保持不变,这时全料、细料都能得到压实。在该范围内用全料或细料压实度以及渗透系数来控制心墙砾质土质量是可行的;

C 区间:当  $P_{20}$  含量大于  $P_{20}^{II}$  时,细料理论计算干密度随  $P_{20}$  增加而降低,这时细料压实质量不一定能满足设计要求。在该范围须用细料压实度和渗透系数来控制心墙砾质土压实质量。

实例表明,在全料符合设计要求的压实度时,通过公式(2)计算对应的细料理论计算干密度,发现细料干密度与  $P_{20}$  存在区间性变化规律,对不同区间应关注关键控制指标,有利于砾质土料施工质量。

#### 4 结语

砾质土料心墙防渗体全料压实度与细料压实度相互推算公式,填补了当前业界确定砾质土料心墙防渗体全料压实度和细料压实度指标理论计

(下转第 143 页)

要求,逐步建立起党组织委统一领导、党政共同负责、有关部门齐抓共管、职工群众广泛参与的领导体制和工作机制。对于水力发电企业党组织而言要注意处理好几个层面的关系:一是要处理好企业利益和职工利益的关系。规范、充分、持续公开与职工群众切实利益密切相关的各项信息,注重发挥工会、职代会作为企业民主管理、民主监督主体的作用,大力支持工会、职代会对依法治企行权履职情况进行监督。二是要处理好企业利益和社会公众利益的关系,在既不损害企业利益又切实维护社会公众知情权的前提下,规范、充分、持续公开与社会公众相关的各类信息,接受社会公众、舆论媒体的外部监督,努力提升企业的品牌形象和社会公信力,不断提升企业参与市场竞争的软实力。

### 3.2 党组织要履行党内监督职权,构建细致严密的监督体系

一个好的决策需要强有力的执行,否则再好的决策也是空中楼阁,依法治企的重大决策同样如此。推进依法治企不仅需要科学高效的决策体系,需要构建完备可行的制度体系,同时也需要构建完善严密的监督体系。这就要求企业,一方面要整合监督资源,充分发挥监察、审计、法律等监督部门的作用和监事会的监督功能。另一方面要企业的党组织充分发挥组织优

势,强化落实党内监督的职权。笔者认为,在推进依法治企的过程中,企业党组织如何履行党内监督职权,需要从以下几个方面着手:一是积极落实党委的主体责任、纪委的监督责任,切实加强所属各级党组织、纪检组织和广大党员干部的监督。二是要积极创新党内监督的体制机制,完善党务公开。三是要落实反腐倡廉联席会议制度,认真开展巡视监督,助理发现问题和解决问题。通过强化党内监督,构建起细致严密的监督体系。

### 4 结语

水力发电企业党组织,特别是企业基层党组织,应该如何贯彻落实党中央、国务院有关推进依法治企工作的一系列决策部署,关键是要有效转化党组织的政治优势、组织优势和群众优势,努力在推动企业依法决策、依法竞争、依法发展中发挥应有的作用。推进依法治企是一项复杂的系统工程,需要统筹谋划、协同推进。水力发电企业党组织还要在其中找准自身定位,切实履行职能,充分发挥政治核心作用,为推进依法治企提供坚强有力的组织保障。

#### 作者简介:

陈涛(1985-),男,江苏赣榆人,大学本科,政工师、经济师,从事水电企业党务工作。

(责任编辑:卓政昌)

(上接第123页)

算的空白。根据砾质土料的击实特性,对 $P_{20}$ 进行了特征区间的划分,并指出了砾质土料心墙防渗体填筑时重点控制指标,相对于当前采用固定控制指标,更有利于砾质土料心墙防渗体填筑质量控制。

#### 参考文献:

- [1] 宁占金等,糯扎渡心墙堆石坝超大粒径掺砾土料压实特性研究与应用,年度水力发电科学技术奖获奖项目,2013
- [2] 碾压式土石坝设计规范(DL/T5395-2007)

#### 作者简介:

张东明(1979-),男,内蒙古巴彦淖尔盟人,硕士,雅砻江公司两河口建设管理局技术一部高级工程师,现从事水利水电建筑工程管理工作;

方德扬(1970-),男,江西安义人,学士,雅砻江公司两河口建设管理局技术一部高级工程师,现从事土工、混凝土以及原材料试验检测管理工作;

刘存福(1969-),男,四川邛崃人,雅砻江公司两河口建设管理局副总工程师,从事土石坝工程施工管理工作。

(责任编辑:卓政昌)

## 金沙江中游最后一个梯级水电站全面投产发电

随着第五号机组结束72小时试运行正式投产发电,金沙江观音岩水电站实现全面投产。观音岩水电站为金沙江水电基地中游河段“一库八级”水电开发方案的最后一个梯级水电站,位于云南省华坪县与四川省攀枝花市的交界处,上游接鲁地拉水电站,下游距攀枝花市27公里。电站装机容量300万千瓦,年发电量122.40亿千瓦时,工程概算总投资为306.96亿元。