

# 超大型击实仪在砾石土心墙料质量检测中的研究与应用

雷仁强<sup>1</sup> 熊亮<sup>2</sup> 车维斌<sup>2</sup>

1. 中国电力建设集团西南指挥部 四川 成都 610066
2. 中国水利水电第五工程局有限公司 四川 成都 610066
2. 中国水利水电第五工程局有限公司 四川 成都 610066

**摘要:** 为提高及更好的控制超高土石坝心墙料现场填筑质量, 复核和验证超高土石坝心墙土料现场填筑质量检测方法的可靠性, 在糯扎渡工程、长河坝工程、两河口工程特地研制了超大型击实仪。根据多个工程同步应用超大击实仪对砾石土料试验研究及质量检测复验证成果表明, 常规大型击实试验方法能够满足砾石土心墙料填筑质量控制要求, 可在工程中推广应用。

**关键词:** 超高土石坝 砾石土心墙料 超大型击实试验 大型击实

## Research and Application of Super Large Compaction Instrument in Quality Inspection of Gravel Soil Core Materials

Lei Renqiang<sup>1</sup>, Xiong Liang<sup>2</sup>, Che Weibin<sup>2</sup>

1. Southwest Headquarters of China Electric Power Construction Group, Chengdu, Sichuan, 610066
2. China Water Resources and Hydropower Fifth Engineering Bureau Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610066
2. China Water Resources and Hydropower Fifth Engineering Bureau Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610066

**Abstract:** In order to improve and better control the on-site filling quality of ultra-high earth-rock dam core wall materials, review and verify the reliability of the on-site filling quality testing method for ultra-high earth-rock dam core wall materials, a large-scale compaction instrument has been specially developed in the Nuozhadu Project, Changheba Project, and Lianghekou Project. According to the research and quality inspection verification results of the synchronous application of super large compaction instruments in multiple projects, it is shown that the conventional large compaction test method can meet the quality control requirements of gravel soil core wall material filling and can be promoted and applied in engineering.

**Key words:** Large Scale Compaction Test for Gravel Soil Core Wall Materials of Ultra High Earth and Rock Dams

### 1 引言

超高心墙土石坝采用抗剪强度高、渗透系数小的砾石土材料, 砾石土心墙料最大控制粒径根据现行规范不大于150mm, 一般为120mm~150mm。现行规范规定, 大型击实仪的试筒直径为300mm, 根据径(击实筒直径)/径(砾石土料砾石最大颗粒粒径)比一般要大于5倍的要求, 土料的最大粒径不能大于60mm。超高土石坝使用防渗土料最大粒径已经远远大于60mm, 如糯扎渡、长河坝、两河口工程最大粒径达到150mm左右, 因此大型击实试验时要满足径径比的要求, 就需要对超径颗粒进行处理, 目前, 国内标准规范主要采用剔除法、等量替代法、相似级配法、混合法进行处理, 通常情况下使用等量替代法。

但是, 经过处理后的土料级配和原级配土料在击实性能上是否存在差异, 大型击实试验方法不是真正意义上的砾

石土料全级配料试验, 其检测数据与成果能否直接用于超高土石坝砾石土心墙料的填筑质量的评价一直是行业关注的焦点与难点问题, 因此, 需要对砾石土料进行全级配超大型击实试验来复验证。

砾石土料全级配超大型击实试验的难点与重点在于现行试验规程要求的大型击实仪的桶径不满足要求, 砾石土料全级配超大型击实试验要求试验试筒直径达到600mm~800mm, 必须在试验设备上突破与创新。超大型击实仪的研制与应用是为检验超高砾石土心墙土石坝的质量检测评价方法而产生的, 糯扎渡工程(坝高261m)加工制作了试筒直径为600mm的超大型击实仪, 长河坝工程(坝高240m)、两河口工程(坝高295m)加工制作了试筒直径为800mm的超大型击实仪。

到目前为止, 超高砾石土心墙土石坝工程无一例外的对

砾石土心墙土料进行了超大型击实试验研究,超大型击实仪已经成为了超高砾石土心墙土石坝工程核心技术的应用和工程质量体系保证的象征而不可或缺。本文针对我国近年来超大型心墙砾石土土石坝在超大型击实仪应用的成果进行总结,提出结论性意见和研究成果。

## 2 超大型击实仪及应用

为复核大型击实成果的可靠性,国内超高土石坝工程专门研制了满足工程需要超大型击实仪对砾石土心墙土料进行全料超大型击实试验并将研究成果应用到工程建设过程中,

表1 国内不同工程超大型击实仪与大型击实仪基本参数对照表

名称	功能(KJ/m <sup>3</sup> )	冲量(KN.s/m <sup>2</sup> )	击实筒直径(mm)	击实筒高度(mm)	锤重(kg)	落高(mm)	装土层数	每层击数
糯扎渡	2690	7	600	600	125	760	3	163
长河坝	2688	7	800	800	228	760	3	212
两河口	2694	7	800	800	240	760	3	202
大型击实	2688	7	300	288	35.2	600	3	88

2、超大型击实仪试验土料制备量差异大,相差为10~15倍,具体详见表2。工作量成数量级增加,带来的工作量可想而知。

表2 不同超大型击实仪与大型击实仪试验备料量

名称	单点试验备料量(kg)	五点法试验备料量(kg)
糯扎渡	600	3000
长河坝、两河口	1000	5000
大型击实	60	300

3、一般情况下,超大型击实完成五点法试验需要时间一般为8~10天,大型击实试验一般为3天,耗时多近3倍。这一点严重制约了超大型击实推广应用,只能是作为研究和复核验证使用。

表3 糯扎渡工程超大型击实与常规大型击实试验成果对比表

试验类型	P20含量(%)	0	20	30	40	50	60	80	100
超大型击实	最大干密度(g/cm <sup>3</sup> )	1.84	1.94	2.0	2.07	2.11	2.16	2.23	2.12
	最优含水率(%)	15.0	12.8	11.0	9.2	8.4	7.6	6.0	3.2
常规大型击实	最大干密度(g/cm <sup>3</sup> )	1.86	1.97	2.03	2.07	2.11	2.15	2.17	2.06
	最优含水率(%)	14.4	11.5	9.7	9.0	8.5	7.5	5.0	2.6

在大坝填筑细料控制范围内,大型击实试验所得最大干密度均大于或等于超大型击实试验数据,数值为0~0.03 g/cm<sup>3</sup>,平均为0.02 g/cm<sup>3</sup>,大型击实成果用于填筑施工质量检测时比超大型击实更加严格,平均值约为1%。

表4 长河坝工程超大型击实与常规大型击实试验成果对比表

试验类型	P5含量(%)	20	30	40	50	60
超大型击实	最大干密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.15	2.19	2.21	2.23
	最优含水率(%)	10.4	9.4	8.0	7.2	6.6
常规大型击实	最大干密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.11	2.14	2.17	2.21	2.24
	最优含水率(%)	10.3	9.8	8.4	7.9	5.7

解决了工程质量控制的具体问题,有力的促进了工程建设。

### 2.1 超大型击实仪

超大型是指相对常规的大型击实仪而言,根据特制击实设备自身特点,特制超大型击实仪与标准的大型击实仪有以下四个方面的特点。

1、超大型击实仪锤重、筒高、筒径、设备外形尺寸大小、总体质量方面差异明显,见表1。因为超大设备需要专门设计试验用房及特殊安装方式。

4、一次性投入成本大,使用费用更高。单台设备需要数十万元,约为普通大型击实仪的30~50倍,单组试验费用是大型击实的8~10倍。一个项目可节约费用至少200万~300万以上。

### 3 主要成果

在工程应用中,根据不同工程的需要进行了不同的试验与填筑料的检测对照验证分析,分研究成果和工程应用成果两个方面进行介绍。

#### 3.1 研究成果

##### 1、糯扎渡工程

以P20mm为基础进行了系列试验研究,引用糯扎渡中心试验室试验研究成果,见表3。47

超大型击实最优含水率结果高于大型击实,在坝料范围数值为-0.1%~1.3%,平均0.9%。

##### 2、长河坝工程

以P5mm为基础进行了试验研究,主要研究成果见表4。

在大坝填筑细料控制范围内，大型击实试验所得最大干密度略小于或等于超大型击实试验数据，小于数值为0~0.02 g/cm<sup>3</sup>，平均为0.01 g/cm<sup>3</sup>，大型击实成果用于填筑施工质量检测时比超大型击实成果略小，平均值约为0.5%。

超大型击实结果最优含水率小于大型击实，在坝料范围数值为0.4%~0.5%，平均偏小0.5%。

### 3、两河口工程

以P5mm为基础进行了系列试验研究，主要研究成果见表5。

表5 两河口工程 超大型击实与常规大型击实试验成果对比表

试验类型	P5含量(%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
超大型击实	最大干密度(g/cm <sup>3</sup> )	1.91	1.98	2.05	2.11	2.18	2.22	2.27	2.29	2.25	/
	最优含水率(%)	13.1	12.6	10.2	10	8.8	7.7	6	4.7	4.3	/
常规大型击实	最大干密度(g/cm <sup>3</sup> )	1.94	2.02	2.08	2.15	2.21	2.26	2.30	2.33	2.29	2.24
	最优含水率(%)	13.7	10.6	10.3	8.5	6.9	5.9	4.8	4.5	4.2	3.4

在大坝填筑细料控制范围内，大型击实试验所得最大干密度均大于超大型击实试验数据，数值为0.0~0.04 g/cm<sup>3</sup>，平均为0.04 g/cm<sup>3</sup>，大型击实成果用于填筑施工质量检测时比超大型击实更加严格，平均值约为1.7%。

超大型击实结果最优含水率高于大型击实，在坝料范围数值为1.5%~1.9%，平均1.7%。

### 3.2 工程应用

在长河坝、两河口工程将超大型击实成果应用于填筑质量检测，长河坝工程是将试验最大干密度用于填筑体压实度评价，两河口是采用现场点对点的超大型和大型击实进行评价。

#### 1、长河坝工程

长河坝工程砾石土心墙料的检测方法为全料采取预控线法，细料采取点对点的三点击实检测方法，其成果见表6。

表6 长河坝工程超大型击实与常规大型击实现场检测成果对比表

评价组数	超大型击实平均压实度	大击实压实度	差值
101组	98.36%	98.15%	平均0.21%，数值0.1%~0.4%

现场填筑101组检测评价结果表明，超大型击实应检测数据大于大型击实，平均大0.21%。

#### 2、两河口工程

两河口工程根据前期的研究成果，大坝心墙砾石土料的施工质量检测以现场细料三点快速法为主，全料需按照高程进行大型击实、超大型击实的复检验证试验。施工过程中，超大型击实与大型击实点对点平行取样验证成果见表7。

表7 两河口工程超大型击实与常规大型击实现场检测成果对比表

评价组数	超大型击实平均压实度	大击实平均压实度	差值
21组	100.48	100.00	平均0.48

现场检测21组数据中：大击实与超大型击实偏差范围数

值-1.0%~1.4%；正偏差18组占86%，负偏差3组，占14%；正偏差大于0.9%有8组，其余全为0.5%以下；负偏差3组数值分别为2组-0.5%，1组数值为-1.0%；平均大击实数据偏大0.48%。

### 4 结语

经过试验研究和坝体填筑应用表明：大型击实应用砾石土料评价标准严于超大型击实，且两者间总体误差小于0.5%。大型击实仪的试验方法用于超高土石坝砾石土心墙料填筑质量控制是可行的。

研究成果同时也表明：超大型击实与大型击实成果间关系也与土料组成性质相关，风化土具有特殊性，其成果也特殊，但能够满足大击实替代超大型击实的要求。

根据研究成果，大型击实试验取得的最优含水率比超大型击实小1%以上，表明应用大型击实成果时填筑施工含水率指标可以偏大1%左右。这将有利于大坝填筑施工过程含水率控制减少施工成本和加快施工进度。

全料超大型击实试验具有需要特制设备、对试验场地要求高、检测时间长、成本费用高的特点，建议：在一般工程的砾石土填筑质量检测中可直接使用大型击实仪，无需进行专门研究论证；超级工程为深入的研究和论证，确保工程质量可采用超大型击实仪进行专题研究论证和应用。

### 参考文献

[1]张宗亮等.200m级以上高心墙堆石坝关键技术研究及工程应用[J].中国水利水电出版社.2011年12月：65-78

### 作者简介：

雷仁强（1981-）男，四川成都人，高级工程师，从事工程施工技术与管理工作。

熊亮（1990-）男，四川广安人，工程师，从事水利水电技术与管理工作。

车维斌（1987-）男，甘肃定西人，工程师，从事水利水电技术与管理工作。