# 石灰改良过湿土在均质坝填筑中的应用

李德军，姚　坤
（中国水利水电第十工程局有限公司 第二分局，四川 成都　610072）

**摘　要**：以某粉质黏土均质挡水坝为例，由于其料源含水量偏高，通过界限含水量试验、击实试验、掺生石灰后含水量损失试验研究了不同的石灰掺入量对石灰土的液限、塑限、最大干密度、最优含水量及掺生石灰后含水量损失的影响并确定了该过湿土改良中石灰的最佳掺入量。介绍了整个研究与实施过程。

**关键词**：过湿土；生石灰改性；界限含水量试验；击实试验；均质挡水坝
**中图分类号**：TV7；TV52　　**文献标识码**：B　　**文章编号**：1001-2184(2019)02-0060-04

## 1　概　述

某景观湖挡水坝坝体结构为粉质黏土均质坝，坝长 845 m，坝顶宽 18 m，坝内外坡比为 1∶3，坝体填筑工程量约 23 万 $m^3$。根据设计要求，取料料场位于坝址上游的河滩地，取料范围为取料区的上层黏土、粉质黏土，取料深度约 1 m，不能取用有用料下部分布的砂层。同时，要求填筑材料中的有机物含量不能大于 5%，最大粒径小于 5 mm，对于粒径小于 0.075 mm 的细粒含量为 92.2%～92.7%，对于粒径小于 0.005 mm 的黏粒含量为 24.1%～33.2%，液限小于 43%，塑性指数小于 24。将填筑材料含水率控制在最优含水率的－2%～＋3%以内，碾压施工后其压实度不小于 97%，渗透系数小于 $1\times10^{-6}$ m/s，饱和固结快剪黏聚力不小于 22 kPa，内摩擦角值小于 19°。

由于料场地下水位高、开挖厚度薄、料源含水量受地下水和降雨影响大，经现场取样检测得知，土料的最大天然含水量达到 22.8%，超过最优含水量(11.5%)11.3%，最终判断该土料为过湿土。

## 2　过湿土施工的常规处理方式

土方填筑施工的关键是在料源为合格土的条件下将填土压实到设计规定的密实度。而影响压实度的主要因素是含水量、压实机械性能及填土厚度等，其中碾压设备和填土厚度均可根据具体情况予以选定，而解决被压实土含水量偏高问题常用的方法则是通过翻晒、借土、改性等处理方法。

## 3　方案比选

通过进行可行性及经济性等方面的比较，选择即可行、又经济的方案，以达到设计标准并满足对工程成本、进度、质量、安全、环保及文明施工等方面的要求。

### 3.1　土料翻晒

土料翻晒需要投入大量的机械、大面积的翻晒场地、堆存场地、良好的天气、较长的时间，而且其质量难以得到保证。另外，土料翻晒还需受到工期、天气及扬尘治理等因素的限制。成都平原属暖湿亚热带太平洋东南季风气候区，特别是在春季，具有日照少、阴雨天气多、空气潮湿等特点。为此，项目部对成都地区最近 3 年以来 3、4 月份的天气情况进行统计得知，雨天气候约占总天数的 31%～58%，且随着时间的推移，雨水有逐渐增多的趋势。所以，阴雨天气的原因制约了土料不具备翻晒条件，也不具备晾晒效果，同时对工期影响的风险大。另外，根据成都市扬尘防治管理规定，覆土必须覆盖，若对土料进行翻晒，必须将覆土进行覆盖以避免扬尘产生。而土料遮盖后不能翻晒，也就达不到翻晒效果。

因此，通过土料翻晒的方式从技术角度上虽然可行，但由于以上原因：不具备翻晒时间、条件和达到晾晒的效果，故采用翻晒的措施不可行。

### 3.2　生石灰改性

石灰改良土的作用是通过在土中掺入石灰获得土基强度的提高，高含水量土在掺入生石灰后可快速、有效地降低土的天然含水量，通过不同的掺灰比例，使土体含水量至一个适宜的含水量，使其能够压实，同时具有一定的强度和稳定性。土体掺入生石灰后，生石灰与土内部发生一系列的

**收稿日期**：2019-03-04

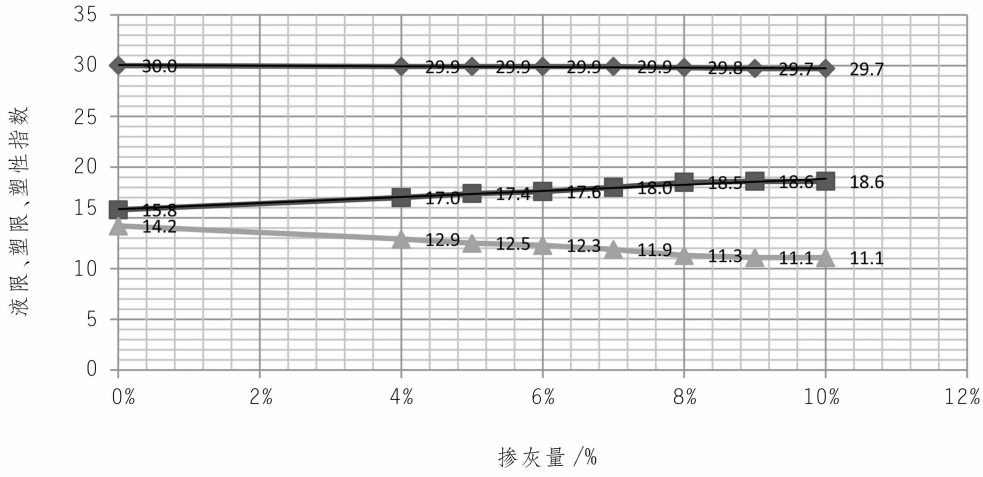


图 1　掺灰量与液限、塑限、塑性指数曲线关系图

离子交换、火山灰反应和石灰本身的碳化与结晶的物理与化学作用,从而使土的性质发生根本性变化。

生石灰是常见的建筑材料,其采购方便,用生石灰改良土后,可有效降低土体的含水量,缩短每层土的填筑周期,同时可提高土体的压实度,不确定因素少,施工可行性较优。另外,从经济性和可行性(建设区域不具备外购合格土料和征地开采等条件)等角度考虑,生石灰改良土质成为首选方案。

## 4　室内土工试验

### 4.1　试验方法

#### 4.1.1　界限含水量试验

(1)石灰与风干土的重量比分别为 0%,4%,5%,6%,7%,8%,9%,10%。

(2)试验方法:风干土、石灰分别过粒径 0.5 mm 的筛,按以上配比搅拌均匀,利用液限塑限联合测定仪测定土的液限与塑限。

#### 4.1.2　击实试验

(1)击实类型为重型击实;

(2)试验方案:风干土按 0%,4%,5%,6%,7%,8%,9%,10%配比分别掺入生石灰,先将干土和生石灰拌匀,再加水拌和,使试样充分浸润,然后击实。

#### 4.1.3　掺灰后的含水量损失

为了测试生石灰对土料土的减水效果,按原状土含水量(22.8%)制备土样,在密闭的塑料袋内焖料 6～8 h,向各份土样中按 0%,4%,5%,6%,7%,8%,9%,10%配比分别掺入石灰并拌匀,敞口让其充分反应,最后测定其含水量。

### 4.2　试验结果及分析

(1)根据试验数据绘制的曲线图见图 1,从图 1 中可以看出:随着掺灰量的增加(0%～10%),液限变小(30%～29.7%),塑限变大(15.8%～18.6%),塑性指数变小(14.2%～11.1%)。同时,当掺灰量为 8%时,表现为一个较明显的转折点,此点的石灰改性土的液限、塑限及塑性指数的变化在超过 8%以后趋于平缓。

(2)根据试验数据绘制曲线(图 2 和图 3),从图 2 和图 3 中可以看出:在土料土中掺入石灰后,最大干密度降低,而最佳含水量升高,随着石灰掺量的增大,最大干密度逐渐降低,最佳含水量逐渐升高。

(3)由图 4 可以看出:在土料土中掺入生石灰后,随着石灰掺量的增大,含水量逐渐降低。石灰掺量每增加 1%,含水量约降低 0.6%左右。同时,通过掺灰后的含水量和击实后的最佳含水量比较,掺灰后的含水量和该掺入量的石灰土击实的最佳含水量差距在 2%～3%以内为可选的石灰掺入量。当生石灰掺量在 8%、9%、10%时,两者的差值分别为 2.5%、1.6%、0.8%。考虑到经济合理性原则和施工因素影响,现场改良该土料土的最佳石灰配比为 8%。

## 5　碾压试验

### 5.1　试验参数

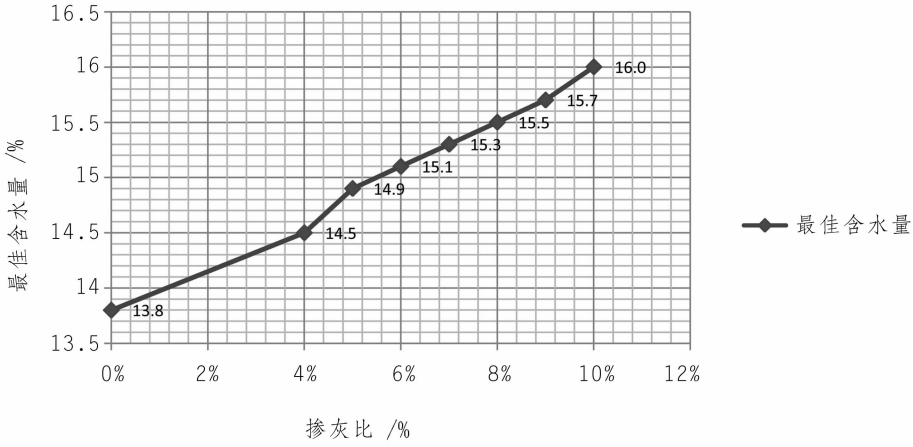


图 2　掺灰量与最佳含水量关系图

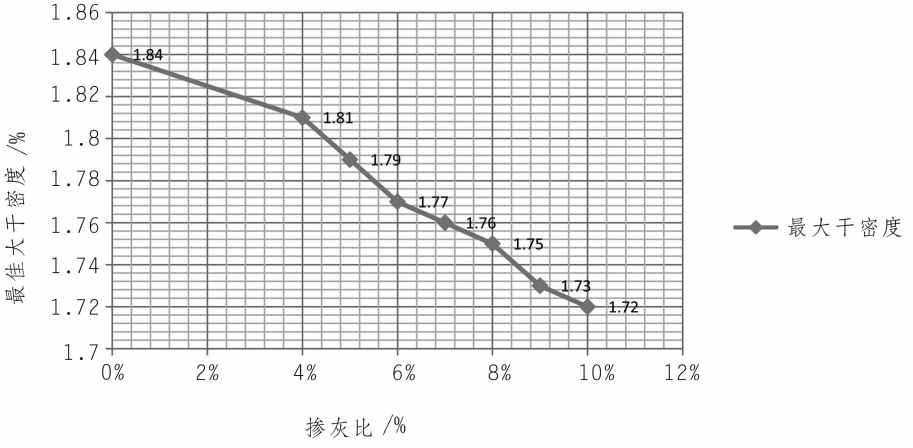


图 3　掺灰量与最大干密度关系图

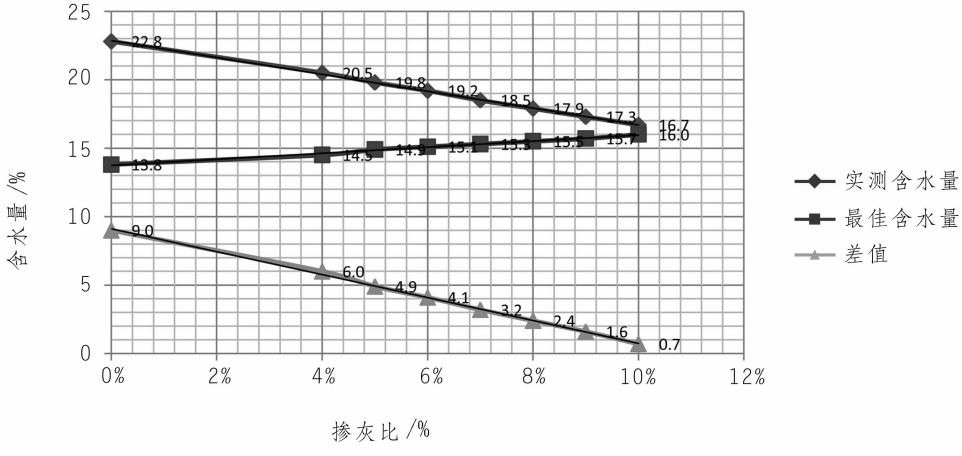


图 4　掺灰量与含水量关系图

试验铺土厚度:30 cm、25 cm。　　碾压遍数:①静压 2 遍＋振动 4 遍;②静压 2

遍＋振动 5 遍;③静压 2 遍＋振动 6 遍;④静压 2 遍＋振动 8 遍。

碾压设备:20 t 振动压路机。

行走速度:2 km/h 以内。

5.2　试验结果

(1)掺灰比例为 7%,铺土厚度为 30 cm,在分别碾压 4 遍、5 遍、6 遍、8 遍的情况下,沉降 4.1～0.1 cm,压实度为 95.5%～96.2%。

(2)掺灰比例为 7%,铺土厚度为 25 cm,在分别碾压 4 遍、5 遍、6 遍、8 遍的情况下,沉降 3.5～0.1 cm,压实度为 95.7%～96.3%。

(3)掺灰比例为 8%,铺土厚度为 30 cm,在分别碾压 4 遍、5 遍、6 遍、8 遍的情况下,沉降 4～0 cm,压实度为 96%～96.7%。

(4)掺灰比例为 8%,铺土厚度为 25 cm,在分别碾压 4 遍、5 遍、6 遍、8 遍的情况下,沉降 3.4～0.1 cm,压实度为 96.8%～97.9%。

5.3　试验结果分析

5.3.1　掺灰比例分析

通过碾压试验结果可以看出:当掺灰比例达 8%时,压实度基本达到设计规定的 97%的要求,与室内土工试验分析结果(掺灰 8%)一致。

5.3.2　碾压遍数分析

根据碾压试验统计结果,当采用掺量为 8%的石灰土进行生产性碾压试验时,在静压 2 遍＋振动碾压 6 遍后,土的压实沉降量变小,压实系数增加不明显,结合压实度分析,碾压参数选择为静压 2 遍＋振动 6 遍。

5.3.3　松铺厚度分析

根据碾压试验统计结果,当采用掺量为 8%的石灰土进行生产性碾压试验时,在松铺 30 cm 和 25 cm 的情况下,松铺 30 cm 时,在静压 2 遍＋振动碾压 6 遍后其压实度达不到设计要求。而在松铺 25 cm 层厚时,在静压 2 遍＋振动碾压 6 遍后其压实度即可达到设计要求,故碾压参数中的铺土厚度选择为松铺 25 cm。

5.3.4　桦犁和路拌机

经过生产试验得知:当桦犁翻 2 次,路拌机拌和 4 次,石灰土达到拌和均匀、色泽一致、无花白现象的效果。

## 6　试验结论

根据生产性试验及成果分析后确定的碾压施工参数为:碾压设备为 18 t 压路机,桦犁翻 2 次,路拌机拌和 4 次,掺灰比例为 8%,松铺厚度为 25 cm,碾压方式为静压 2 遍＋振动碾压 6 遍,行走速度小于 2 km/h。

## 7　施工工艺控制

为切实加强施工工艺控制,使检测时取用的最大干密度与实际情况更加接近,在施工中采取了以下有效措施:

(1) 确定石灰剂量标准曲线:每进一批进场石灰,除进行石灰化学分析外,还要重新确定石灰剂量标准曲线。

(2) 石灰有计划的进场:根据工程进度,尽量减少石灰在现场的放置时间(一般不超过 5 d)。石灰检验由进场改为使用前,既保证了用于工程中的石灰达到Ⅲ级灰以上的要求,又减少了石灰有效钙镁含量的损失对灰剂量的影响。

(3) 控制石灰土的施工工艺:石灰土采用路拌法施工,以避免 2 次掺灰处理后造成的最大干密度值失真。应尽量减少石灰土的放置时间。

(4) 及时验收:若验收不及时,将造成压实度减小。

通过采取上述措施,有效地控制了灰剂量和压实度,提高了质量,加快了施工进度。

## 8　结　语

笔者通过对生石灰改良过湿土进行试验研究及实际应用后得出了以下结论:

(1)生石灰的掺入能有效改善过湿土的物理力学性质,使其满足坝体填料的要求;针对潮湿地区土壤天然含水量高、稠度低、难以压实的特点,采用生石灰粉处理比较合适;

(2)生石灰加入土中,石灰土的最大干密度降低,最佳含水量升高,击实曲线明显变得平缓,可使石灰土在一个较宽泛的含水量范围内达到设计要求的压实度,从而有利于在施工中控制含水量;

(3)过湿土掺入生石灰后,其塑限、最优含水量显著增加,说明掺灰土较未掺灰土在同样的含水量条件下更容易从塑性状态进入半固结状态,更容易压实,从而达到施工中控制的压实度。

**作者简介:**

李德军(1978-),男,四川仁寿人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工作;

姚　坤(1987-),男,湖北宜城人,助理经济师,从事建设工程施工技术与管理工作.

**(责任编辑:李燕辉)**