

# 浅析强夯法在红粘土地基处理中的应用

王文辉

中铁北京工程局集团有限公司机场工程分公司 北京 100000

**摘要:** 红粘土呈褐红色具有大孔隙比、干强度高、韧性低、多见夹有泥、钙质结核、高含水量的特征,易失水干裂,受水强度急剧降低的特性,施工时不易压实<sup>[1]</sup>。针对该土的工程特性,合理选择合适的施工方法及施工工艺是保证工程质量、优化工程施工成本,保证工程进度的前提,本文对工程地基处理中常用的三种方法(振动碾压、冲击碾压及强夯)分别对红粘土土地基进行了压实度试验。经过对比分析,发现强夯法是保证红粘土压实质量及施工成本最低的一种方法。强夯法在处理红粘土地基中更具推广价值。

**关键词:** 地基处理;红粘土;强夯法

## 1 研究背景

随着我国西部大开发的持续推进,云南省基础设施项目的施工体量越来越大,红粘土作为云南省境内广泛分布的一种土质,其具有分布广泛,存量大的特点。在云南省工程建设中,其为重要“地材”材料之一,科学、合理确定有效的施工方法、施工工艺将红粘土应用在工程实践中,是提高工程质量,降低工程造价的有效手段。昆明长水国际机场自2012年6月一期工程建成并转场运行以来。航空业务量迅猛增长,昆明机场改扩建工作刻不容缓,昆明长水国际机场场内广泛分布红粘土,且场地地面起伏较大,挖填量巨大,红粘土应用工程扩建项目的地基处理中,一直是建设相关方关注的问题,其应用工程扩建

项目的地基处理中具有如下优点,(1)减少机场改扩建中大量土方外运的问题,节省运输成本;(2)红粘土作为“地材”使用,可以减少“外来材料”的使用,减少“外来回填料”的开采,在做到保护环境的同时,加快施工进度,降低外购材料成本,降低工程总体造价。所以,针对红粘土基础,选择合适的施工方法及施工工艺对长水国际机场改扩建具有重要意义!

## 2 红粘土工程特性

### 2.1 物理特性

红粘土呈褐红色,经过试验可得其物理性质如下表格一所示:经过试验发现红粘土最佳含水率为20.3%,最大干密度为1.71g/cm<sup>3</sup>。

表1 料场细粒土颗分试验成果

%

土样	颗粒粒径 / mm								
	砾 > 2	砂粒			粉粒			粘粒	胶粒
		2.0~0.5	0.5~0.25	0.25~0.1	0.1~0.075	0.075~0.05	0.05~0.005	< 0.005	< 0.002
红粘土			9.2	8.9	4.9	11.3	28.3	37.4	29.7
粘土			6.8	4.4	1.3	5.9	31.5	50.1	38.9
粉质粘土	6.0	11.1	1.8	4.9	2.4	8.6	33.2	32.0	19.1

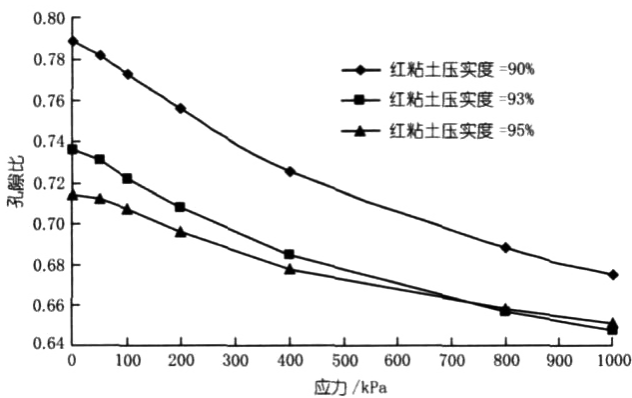


图1

如图1所示,红粘土孔隙比随着其所受压力变大而减小,常用的土基处理方法(振动碾压、冲击碾压及强夯)对减小红粘土的孔隙比,增大红粘土密实度均具有效果。在机场大规模建设中,红粘土地基中常遇到“不均匀沉降”问题,为防止该问题的出现,提高红粘土地基的压实度是在施工中常采用的方法,工程实践中尤其要注意红粘土地基处理的施工方法及施工工艺的选择。

### 2.2 常用的增加土基密实度的施工方法

#### (1) 振动碾压

利用振动压路机自重以及激振器所产生的振动力,使得地基作垂直强迫振动,减小填料孔隙比,达到压实

的目的。适用各种回填料压实,在碾压过程中要保证分层碾压。经试验测算,其填料压实度可达95%。碾压过程中要求填料厚度 $\leq 400\text{mm}$ ,所用填料的粒径不得大于压实层厚的 $2/3$ 。施工过程中影响振动碾压效果的主要因素有换填材料的成分、颗粒构成、颗粒大小、级配情况、碾压机具的选择、含水率、填土厚度、碾压遍数、碾压工序等。

## (2) 冲击碾压

非圆形的冲击碾压轮在牵引机械的带动下,运动过程中对土体产生冲击能,对地基进行冲击从而对土体的深层产生较强的冲击能量,从而达到压实效果。该方法在施工过程中,要求冲击碾压轮具有较快速度。经试验测算,该方法可使回填料压实度超过95%。在碾压表明形成密实壳体,该方法要求冲击碾压轮在牵引机械的带动下工作,故适合拥有宽大的工作面的情况。该施工方法要求填料厚度 $\leq 1500\text{mm}$ ,填料粒径 $\leq 500\text{mm}$ 。影响冲击碾压效果的主要因素有换填材料的成分、颗粒构成、颗粒大小、级

配情况、碾压机具的选择、含水率、碾压遍数、碾

压速度、填土厚度、场地面积及碾压工序等。

## (3) 强夯

将夯锤提高,让其做自由落体运动,将夯锤势能转化为冲击能,挤密压实土体。施工中常用于高填方工程,该方法处理后的基础,其压实度可超过95%。该施工方法要求填料厚度 $\leq 4000\text{mm}$ ,填料粒径 $\leq 800\text{mm}$ 。影响强夯效果的主要因素有换填材料的成分、颗粒构成、颗粒大小、级配情况、强夯机具的选择、含水率、夯锤工作高度、夯点位置、夯击遍数、填土厚度等。

## 2.3 试验工程

### 2.3.1 工程概况

昆明长水国际机场东侧场地平整项目建设位置在飞行区东侧南端区域,具体范围包括:平整范围面积约 $116\text{万}\text{m}^2$ ,长度约 $2000\text{m}$ ,东侧至平行滑行道外侧排水沟或货运机坪边线处,西侧至现状飞行区围界外 $5\text{m}$ 处。建设内容主要为地基处理、土石方填筑工程及临时排水工程。本项目所在范围于2010~2011年机场一期建设时进行过场地的挖填方初步平整,并进行了回填土层的碾压、夯实,项目所在位置如图2所示<sup>[4]</sup>。

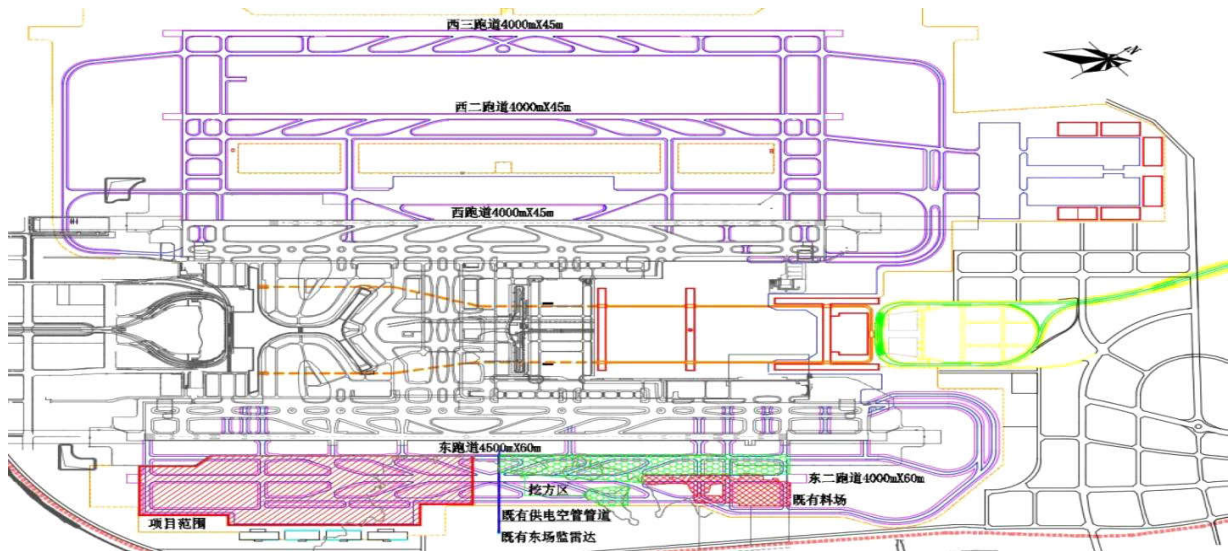


图2

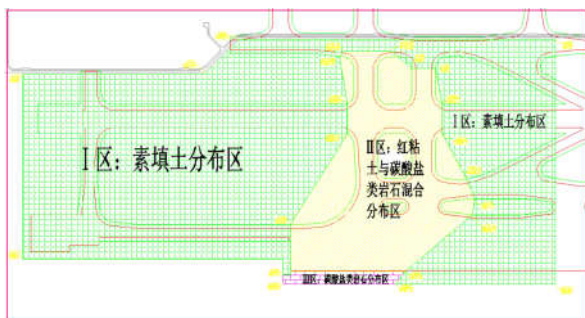


图3

根据勘察资料,本项目范围可分为三个工程地质分区,分别为I区——素填土分布区,II区——红粘土与碳酸盐类岩石混合分布区,III区——碳酸盐类岩石分布区,分区图如图3所示<sup>[5]</sup>。

该项目存在红粘土分布区,地基处理最好采用红粘土回填。施工单位基于此该项目分别设置了振动碾压、冲击碾压、强夯三个试验段。

### 2.3.2 试验流程

#### (1) 振动碾压试验流程:

施工准备(实验段的方案报审、人员、机械及测量仪器到位,施工前应通过试验精确确定最佳含水率)→红粘土填料运至指定回填区→计算每层(填料厚度 $\leq 500\text{mm}$ )土→推土机整平→核查每层填料厚度→静压定形→机械振动碾压(5遍)→静压→检查红粘土压实质量→检查压实度是否满足设计要求→质量合格→测算压实功效及相关经济指标<sup>[2]</sup>。经过测算,得到如下参数:最佳工作速度参数为2.5公里/小时。按压实厚度取0.4m较为合适,在最佳含水率情况下,当压实5遍后,土体压实度可达达95%,压实工效为:240~360m<sup>3</sup>/h经济指标:施工单价,约合7.1元/m<sup>3</sup>。

#### (2) 冲击碾压试验流程:

施工准备(实验段的方案报审、人员、机械及测量仪器到位,确定最佳含水率,对参加人员技术交底)→做好现场放样→填土与整平→红粘土填料运至指定回填区→计算每层(填料厚度 $\leq 500\text{mm}$ )土→推土机整平→核查每层填料厚度→静压定形→冲击碾压→冲击碾压质量检测(专业技术试验人员检查碾压后的压实度)→检查压实度是否满足设计要求→质量合格→测算压实功效及相关经济指标<sup>[3]</sup>。经过测算,得到如下施工参数:含水率合适的情况下,合适工作速度为14公里/小时。按有效压实厚度1.00~1.50m,当压实20遍时,土体压实度可达达95%,压实工效为:1000立方米/小时,约合12.8元/立方米。

#### (3) 强夯法试验流程:

施工准备(实验段的方案报审、人员、机械及测量仪器到位,施工前应通过试验精确确定最佳含水率)→红粘土填料运至指定回填区→计算每层(填料厚度 $\leq 500\text{mm}$ )土→推土机整平→核查每层填料厚度→机械就位(测量锤顶高程是否符合要求,检查夯锤落距,验算夯击能量,开启脱钩装置)→夯锤脱钩落下,实际测量锤顶高程(发现坑底不平时,将坑底整平达到要求)→重复前述步骤(达到夯击次数标准)→完成第一遍及第二遍夯击遍数→推土机将夯坑填平→并测量整平场地高程。

经过测算,得到如下施工参数:夯击遍数:根据工程地质Ⅱ区混合地基的性质,试验段拟采用如下的夯击遍数:①第一遍点夯为深层挤密,若隆起量出现大于5cm,则须跳点夯打;②第二遍点夯为中层挤密,锤夯夯击一遍;③第三遍点夯为浅层密实,采用低夯能级满夯一遍,夯锤搭接不少于1/4。间隔时间:两遍点夯中间必须要有一定的时间间隔,时间间隔应取决于土中超静水压力的消散时间,当实测资料缺少时也可根据地基的

渗透性来确定,本项目场地渗透性好可连续夯。夯击次数:通过施工现场的试夯来确定第一、二编夯点的夯击次数,且必须同时满足以下要求:①夯坑周边的地面不应有太大的隆起,也不能因夯坑过深导致提锤困难;②夯点单点击数暂定10-12击,最后两击的平均夯沉量不大于5cm,若大于5cm则停夯检查原因。一遍满夯,每点3-5击,搭接1/4夯锤。检查压实度是否满足设计要求-质量合格,测算压实功效及相关经济指标。经过测算,得到如下施工参数:每小时的夯实面积为:20~30平方米,经济指标:约合3.8元/m<sup>3</sup>。

#### 2.4 三种施工方法对比分析

技术指标:三种土基施工方法皆可以满足土基压实度的要求。经济指标:强夯法单价最低,经济效益最好。其他:夯锤冲击能大,如土体存在较大粒径的集料,可以在施工中对其解小;强夯机操作较为简单,总体测算下来,施工总费用在三种方法中为最低,其松铺厚度大,可减少运输车辆卸料时间,提高运输车辆运输效率,减少其他配合机械(如整平)的机械投入。

结语:工程实践表明,在保证正常的施工参数和施工工艺条件下,强夯法可以保证工程施工质量,施工中,强夯法较其他两种方法有利于提高配合机械的施工效率,施工质量更易于保证,红粘土地基经过强夯加固,经检测固相体积率、土基反应模量、重型动力触探及地基承载力都满足设计要求,一次自检合格率达到100%,经甲方、监理及第三方抽检检测,合格率皆为100%。沉降观测无较大沉降和不均匀沉降。该工程正式开工后,采用强夯法对红粘土地基处理,在保证施工质量的前提下,大大减少了施工成本,值得广泛推广。

#### 参考文献

- [1]何晓民,苏华,颜惠和,李汉萍.昆明新国际机场红粘土工程特性研究[J].人民长江,2008(24):49-52
- [2]孙政,杨庆义,李志亮.振动碾压在超大厚度换填软弱层地基处理中的研究与实践[J].电力勘测设计,2009(5):15-1735
- [3]蒲力越.路基施工中冲击碾压技术的应用[J].交通世界(下旬刊),2021(10):53-54.DOI:10.3969/j.issn.1006-8872(s).2021.10.025.
- [4]《昆明长水国际机场改扩建工程东二跑道区域(东侧场地平整部分)岩土工程勘察报告》及有关的说明材料,中国电建昆明勘测设计研究院有限公司,2019年8月
- [5]《昆明长水机场一期建设的有关勘察、设计、研究成果资料》