

# Application of 0 - 40 mm Subgrade Crushed Stone in Foundation Replacement of Oil Tank Foundation

Hao Wang<sup>1</sup>, Minghui Liu<sup>1</sup>, Jingkun Ma<sup>2</sup>

<sup>1</sup>China Petroleum Pipeline Engineering Co. Ltd. International, Langfang Hebei

<sup>2</sup>China Petroleum Pipeline Construction Engineering Co. Ltd., Langfang Hebei

Email: renyl@cppmde.com

Received: Feb. 8<sup>th</sup>, 2019; accepted: Mar. 21<sup>st</sup>, 2019; published: Jun. 15<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

The uneven settlement occurred in the pressure test and operation of oil storage tank would induce the tilt of tank, which seriously influenced the safe operation of the oil tank; therefore, there was a severe requirement for bearing capacity of the tank foundation. Pile foundation method, dynamic compaction method and replacement method were commonly used in foundation treatment of oil storage tanks. In this paper, the application of 0 - 40 mm subgrade crushed stone in the foundation replacement of oil storage tank is studied; the scope of application, the width and thickness of replacement and the key point of construction are described. Data of practice are given to indicate that the application of 0 - 40 mm subgrade crushed stone can meet the needs of replacement under higher geologic conditions.

## Keywords

Foundation of Petroleum Storage Tank, Bearing Capacity of Foundation, Subgrade Crushed Stone

---

# 粒径0~40 mm路基碎石在石油储罐基础换填中的应用研究

王浩<sup>1</sup>, 刘明辉<sup>1</sup>, 马景坤<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中国石油管道局工程有限公司国际事业部, 河北 廊坊

<sup>2</sup>中油管道建设工程有限公司, 河北 廊坊

作者简介: 王浩(1974-), 男, 工程师, 主要从事油气储运方面的工作。

Email: renyl@cppmde.com

收稿日期: 2019年2月8日; 录用日期: 2019年3月21日; 发布日期: 2019年6月15日

## 摘要

石油储罐试压及运行过程中出现不均匀沉降将导致罐体倾斜, 严重影响储罐的安全运行, 因此石油储罐基础对地基承载力的要求十分严苛。石油储罐地基处理通常做法有桩基础法、强夯法、换填法等。对粒径0~40 mm路基碎石换填在石油储罐地基改良中的应用进行了研究, 给出了适用范围, 换填的宽度和厚度, 施工要点等。通过实例数据说明粒径0~40 mm路基碎石能满足较高地质条件的换填需要。

## 关键词

石油储罐基础, 地基承载力, 路基碎石

Copyright © 2019 by author(s), Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 前言

石油储罐基础对地基的承载力要求包括 2 个方面。首先, 用作石油储罐的地基不能产生超标的均匀沉降, 一旦储罐基础产生了不均匀沉降, 储罐罐体将产生倾斜, 严重时将导致储罐倾倒、燃油泄漏、人员伤亡及环境污染等事故; 其次, 储罐基础的均匀沉降也要在规定的范围内, 有些石油储罐罐体与进出油接管之间为硬性连接, 一旦均匀沉降超出标准, 储罐管嘴处所受应力超标, 就会发生管嘴断裂, 造成燃油泄漏及环境污染事故。石油行业对软质地基的处理方法通常有水泥桩法、碎石桩法和垫层法[1] [2]。换填法是垫层法中的一种类型, 是实际施工过程中应用比较广泛的地基处理方法, 笔者对粒径 0~40 mm 路基碎石换填在石油储罐地基改良中的应用进行了研究。

## 2. 粒径 0~40 mm 路基碎石的适用范围

粒径 0~40 mm 路基碎石适用范围广泛, 适用于淤泥质土、素土回填土质、强风化土暗沟地质、湿陷性黄土等地质条件。换填前需对换填部位进行详细地质勘查, 以确定地质条件和换填深度。材料选取要经过对采石场实地考察, 对换填料要进行系列实验, 确保换填材料换填后能够满足承载力及沉降要求。

### 3. 换填的宽度和厚度计算

换填厚度应该根据现场勘查结果及罐基础对地基承载力的设计要求确定,如换填部位软土层的深度、下卧层的承载力情况等。储罐基础一般为环形条状基础(见图 1)。

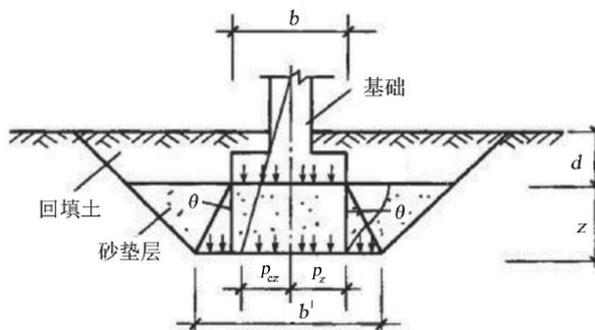


Figure 1. The diagrammatic sketch of stress distribution within replacement layer  
图 1. 换填层内部应力分布示意图

换填后地基承载力关系式如下:

$$f_z \geq p_z - p_{cz} \quad (1)$$

式中:  $f_z$  为换填后的地基承载力, kPa;  $p_z$  为垫层底面处附加压力设计值, kPa;  $p_{cz}$  为垫层底面处土的自重压力标准值, kPa。

根据简化的压力扩散角法, 条形基础的计算公式如下:

$$p_z = b(p_k - p_{cz}) / (b + 2Z \tan \theta) \quad (2)$$

式中:  $b$  为矩形基础或条形基础底边的宽度, m;  $Z$  为基础底面下垫层的厚度, m;  $p_k$  为基础底面处的平均压力值, kPa;  $\theta$  为垫层的压力扩散角, ( $^\circ$ )。

换填宽度:

$$b' \geq b + 2 \tan \theta \quad (3)$$

式中:  $b'$  为垫层的底面宽度, m。

### 4. 施工要点分析

1) 基槽基坑底部处理。基槽开挖深度要根据勘查报告及设计要求进行,开挖至设计深度后要进行钎探,确保开挖后基槽底部与勘查结果一致,同时将基槽清理至原始地层,如出现基槽超挖情况,严禁将原土进行二次回填压实。根据设计坐标、标高等信息进行罐中心放线及回填料底层宽度放线,确保基础垫层位置正确。

2) 层间换填厚度控制。为保证后续洒水及碾压效果,每层摊铺厚度应小于 300 mm [3]。

3) 洒水量控制。洒水量要根据前期实验室试验数据及现场压实情况进行确定和调整。根据经验,回填料含水率在 8% 左右能达到较好的施工效果。对回填料进行洒水时要保证均匀,压实和洒水 2 种工序间要有 1 至 2 h 的时间间隔,以便保证水分能充分渗透。

4) 压实施工控制。压实施工过程中,第一遍压实要用静压的方式即压路机不开启震动模式,以保证小粒径颗粒不会因震动沉淀至回填层底部而影响最后压实效果。第二遍采用低振幅碾压。第三遍开启高振幅碾压。为保证施工质量和进度,建议使用 20 t 以上压路机进行施工。

5) 压实度检测控制。因换填厚度较深,为确保整体换填施工效果,要针对每层换填进行压实度试验,检测方法建议采用核子密度仪法。根据要求压实度应大于 97%。最后的表面层除要做压实度试验外,还应采用平板静载荷试验对地基承载力进行核实验证。

## 5. 换填实例应用分析

某罐区项目,因场地限制,单罐高度设计达到 23 m,对地基承载要求在 250 kPa 以上。前期地质勘察报告显示,地表以下 1~1.5 m 为素土回填且为压实,地基承载力仅为 125 kPa;素土下层为原土层,地基承载力为 200 kPa,层厚约 1~1.5 m;第 3 层为强风化岩,地基承载力为 300 kPa。根据设计要求,基坑需开挖至第 3 层强风化岩位置。根据换填宽度、厚度及应力扩散角计算方法,得到换填施工图(见图 2)。

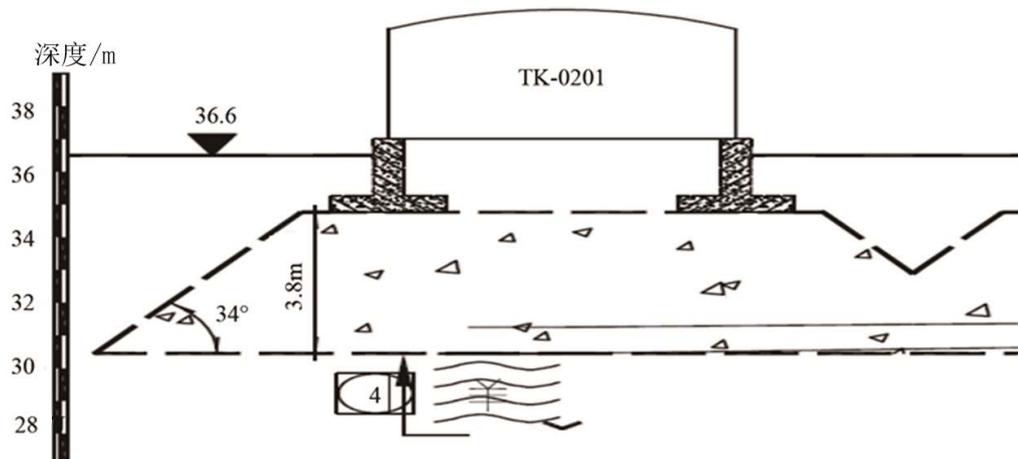


Figure 2. The diagram of tank foundation replacement

图 2. 储罐基础换填施工图

换填施工过程中,严格按照回填料选取方法及设计要求和施工规范进行施工,每层也严格按照质量检测标准进行质量控制。最终试验数据显示,粒径 0~40 mm 路基碎石换填施工完全满足设计要求。

## 6. 结语

粒径 0~40 mm 路基碎石应用于储罐地基换填施工中具有材料选取简单、采购方便等明显优势。经实际项目验证,粒径 0~40 mm 路基碎石能满足较高地质条件的换填需要。

## 参考文献

- [1] 牛志荣. 地基处理技术及工程应用[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2004.
- [2] GB50007—2002, 建筑地基基础设计规范[S].
- [3] JGJ79—2002, 建筑地基处理技术规范[S].

[编辑] 鲁大丽

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2471-7185，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[jogt@hanspub.org](mailto:jogt@hanspub.org)