

# Optimum Design of Replacement Cushion

Peng Dong

Power China, Guizhou Electric Power Design & Research Institute Corporation Limited, Guiyang Guizhou  
Email: 346803762@qq.com

Received: Nov. 28<sup>th</sup>, 2019; accepted: Dec. 25<sup>th</sup>, 2019; published: Jan. 3<sup>rd</sup>, 2020

---

## Abstract

The design form of the replacement cushion in the code shall be sloped by the construction unit during the construction process. In order to avoid overfilling and increase the workload, the construction unit will reduce the width of the cushion bottom, which often does not meet the requirements of pressure diffusion angle, and there are potential safety hazards. In view of this problem, this paper puts forward an optimal design form which is convenient for construction. Combined with practical engineering, the design form of code method and the optimal design form are compared and analyzed from three aspects: mechanical performance, construction convenience and measurement accuracy of replacement materials. The study shows that the optimal design form not only meets the requirements of stress, but also is convenient for construction and measurement, providing reference for design and construction.

## Keywords

Replacing the Cushion, Standard Design, Optimal Design, Pressure Diffusion, Convenience for Construction

---

# 换填垫层的优化设计

董 鹏

中国电建集团贵州电力设计研究院有限公司, 贵州 贵阳  
Email: 346803762@qq.com

收稿日期: 2019年11月28日; 录用日期: 2019年12月25日; 发布日期: 2020年1月3日

---

## 摘 要

规范中关于换填垫层的设计形式在施工过程中需要施工单位放坡处理,造成实际换填材料超过了设计量,施工单位为了避免换填料超量及增加工作量,便减小垫层底部宽度,其往往不符合压力扩散角的要求,

存在安全隐患, 针对此问题, 提出了便于施工的优化设计形式。结合实际工程, 采用对比的研究方法, 将规范法设计形式和优化设计形式从受力性能、施工方便性及换填材料计量准确性三个方面做了对比分析, 研究表明优化设计形式不仅符合受力要求, 而且便于施工、计量, 供设计、施工参考。

## 关键词

换填垫层, 规范设计, 优化设计, 压力扩散, 便于施工

Copyright © 2020 by author(s) 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. 引言

换填垫层是处理浅层不良地基的一种方法, 其换填材料易于获取(如砂石、粉质粘土、灰土、粉煤灰、矿渣等)且成本低廉、便于机械化施工、地基处理效果明显可靠、综合效益高, 因此广泛应用于处理 3 m 以内[1] [2] [3]的浅层不良工程地质。规范中关于换填垫层的设计形式如图 1, 设计单位换填垫层的设计形式大多也是如此, 这种设计形式需要施工单位在施工过程中放坡处理, 造成实际换填材料超过了设计量, 此时施工单位往往为了避免超量和增加工作量而减小垫层底部宽度, 垫层底部宽度便不符合压力扩散角的要求, 存在安全隐患。本文提出了优化的换填垫层的设计形式, 其不仅符合规范受力要求, 而且便于施工、计量。

## 2. 常规垫层及优化设计形式

### 2.1. 常规设计形式

规范关于换填垫层的设计形式如图 1, 属于正梯形。

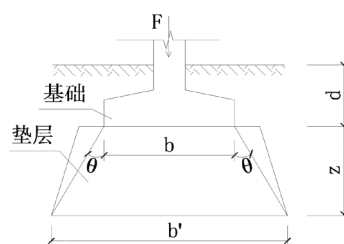


Figure 1. Schematic diagram of standard cushion design

图 1. 规范垫层设计示意图

规范垫层设计形式需要施工单位在施工过程中从垫层底边两侧向上放坡处理[1] [4] [5], 造成实际换填材料超过了设计量, 此时施工单位为了避免超量造成材料用量及工作量增加, 加之工期的需要, 往往减小垫层底部宽度, 垫层底部宽度便不符合压力扩散角的要求, 存在安全隐患。

### 2.2. 优化垫层设计形式

在设计换填垫层时, 设计单位可根据岩土勘察报告或当地基坑开挖放坡系数, 确定放坡系数 1:n, 给

予施工单位明确的施工依据，一方面能够更好地控制施工质量，另一方面保证了建设单位的利益，优化垫层设计形式见图 2。

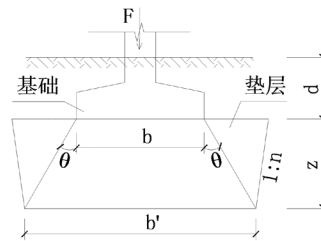


Figure 2. Schematic diagram of optimized cushion design

图 2. 优化垫层设计示意图

### 3. 案例对比

#### 3.1. 工程简介

工程名称为大广高速公路南康南互通及连接工程。本文以 AK0+923.0 (1 - 2.0 × 2.0 m) 钢筋混凝土盖板涵为例进行换填垫层设计计算[6] [7]。

#### 3.2. 地质条件

AK0+923.0 (1 - 2.0 × 2.0 m) 钢筋混凝土盖板涵所处地层地质资料如下(未见地下水):

0~1.5 m: 粉质粘土, 灰褐色, 硬塑;

1.5~5.0 m: 全风化花岗岩, 灰褐色, 硬塑土状。

#### 3.3. 规范换填垫层设计

此工程原换填垫层设计形式如图 3, 其中垫层顶面超出基础两边各 50 cm。

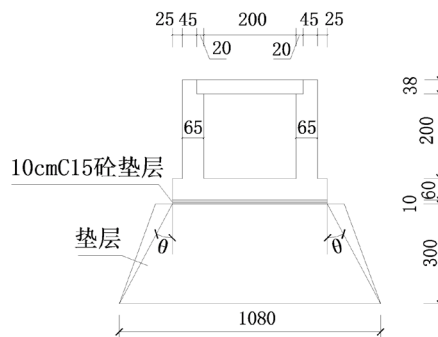


Figure 3. AK0+923.0 design of replacement and cushion layer for steel concrete cover culvert

图 3. AK0+923.0 钢砼盖板涵换填垫层设计

#### 3.4. 优化换填垫层设计

##### 1) 确定基础尺寸

根据资料,  $F_k = 3900 \text{ kN}$ ,  $f_{ak} = 180 \text{ kPa}$ ,  $d = 5.34 \text{ m}$ ,  $\gamma_G = 20 \text{ kN/m}^3$ ,  $n_b = 0$ ,  $n_d = 1.0$ ,  $\gamma_m = 18$ , 取每板矩形基础长度  $l = 5 \text{ m}$ 。

$$\begin{aligned}
 f_{az} &= f_{ak} + n_b \cdot \gamma (b-3) + n_b \cdot \gamma_m (d-0.5) \\
 &= 180 + 1 \times 18 \times (5.34 - 0.5) \\
 &= 267.1 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

$$A \geq \frac{F_k}{f_{az} - \gamma_G \cdot d} = \frac{3900}{267.1 - 20 \cdot 4.84} = 18.8 \text{ m}^2$$

故矩形基础截面  $A$  取  $19 \text{ m}^2$ ，从而基础截面尺寸取为  $l = 5 \text{ m}$ ， $b = 3.8 \text{ m}$ 。

#### 2) 确定垫层厚度

假定垫层厚度  $z = 3 \text{ m}$ ， $P_k = F_k/A = 3900/19 = 205.3 \text{ kPa}$ ， $P_c = \gamma_m \cdot d = 18 \times 5.34 = 96.1 \text{ kPa}$ ， $z/b = 0.79 > 0.5$ ，则  $\theta$  取为  $30^\circ$ 。

$$P_z = \frac{bl(P_k - P_c)}{(b + 2z \tan \theta)(l + 2z \tan \theta)} = 33.6 \text{ kPa}$$

$$P_{cz} = \gamma \cdot (d + z) = 158.5 \text{ kPa}$$

$$P_z + P_{cz} = 192.1 \text{ kPa} \leq 267.1 \text{ kPa}$$

经验算下卧层强度满足设计要求，故垫层厚度取为  $3 \text{ m}$ 。

#### 3) 确定垫层宽度

垫层底面宽度：

$$b' = b + 2z \tan \theta = 3.8 + 2 \times 3 \times 0.58 = 7.28 \text{ m}$$

#### 4) 确定垫层形式

施工时，先整平场地到基础顶面标高，然后向下开挖，换填地层处于全风化花岗岩处， $1 \text{ m}$  内不放坡[8][9]， $2 \sim 3 \text{ m}$  内放坡系数取为  $1:0.5$ ，垫层形式如图 4 所示。

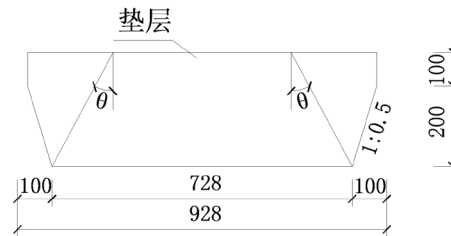


Figure 4. AK0+923.0 optimized design form of replacement cushion layer

图 4. AK0+923.0 优化换填垫层设计形式

### 3.5. 规范与优化换填垫层设计对比分析

将规范法和优化垫层设计形式从受力性能、施工方便性及换填材料计量便捷性三个方面做了对比分析，见表 1 所示。

Table 1. Comparison of specifications and optimal design forms

表 1. 规范和优化设计形式对比

设计形式	受力性能	施工方便性	材料计量准确性
规范形式	满足规范要求	一般	一般
优化形式	满足规范要求	好	好

## 4. 结论

本文基于实际工程提出优化垫层设计形式, 经过受力计算, 并与规范形式进行比较, 优化垫层设计形式受力性能满足规范要求, 设计明确, 便于施工, 有利于提高施工质量和施工进度, 换填材料用量更加接近实际用量, 保证了建设单位的权益。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑地基处理技术规范(JGJ 79-2012) [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [2] 中华人民共和国交通运输部. 公路工程技术标准(JTG B01-2014) [S]. 北京: 人民交通出版社, 2014.
- [3] 叶书麟. 地基处理工程实例应用手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998.
- [4] 胡德华, 庄芸. 换填垫层地基强度与设计研究[J]. 土工基础, 2010, 24(1): 44-45.
- [5] 柴加兵, 庄守明. 换填垫层法加固地基设计与分析[J]. 北方交通, 2014(5): 90-92.
- [6] 刘利平, 常广潮. 换填垫层设计方法[C]//第十届全国现代结构工程学术研讨会论文集. 上海: 第十届全国现代结构工程学术研讨会, 2010.
- [7] 吴迈, 赵欣, 王恩远. 换填垫层设计方法研究[J]. 河北工业大学学报, 2007, 36(4): 93-96.
- [8] 李学昌. 卵石换填垫层设计与施工[J]. 西部探矿工程, 2016, 28(8): 11-12.
- [9] 王艳红. 用换填垫层法处理地基的设计计算[J]. 西部探矿工程, 2012, 24(10): 8-9+12.