

文章编号: 1674—8247(2018)01—0015—04

# 铁路高填方下沉式站房收坡结构选择创新方法分析

姚裕春<sup>1</sup> 袁碧玉<sup>2</sup>

(1. 中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031; 2. 成都信息工程大学, 成都 610103)

**摘 要:** 由于设置下沉式站房需求的不断增长, 在山区和丘陵地带的高填方车站中, 出现了越来越多的直立收坡工程。本文通过创新方法的多原理分析, 推荐了一种双排桩基悬臂式挡墙结构, 可以有效解决由于斜坡地形、不均匀地基土层厚度造成的填筑体差异沉降、地基土差异沉降、收坡结构变形不协调、达到车站下沿式站房的美观直立收坡等问题, 对于复杂工程问题的分析具有重要的参考意义。

**关键词:** 高填方; 下沉式站房; 收坡加固; 创新方法

中图分类号: G312

文献标志码: A

## Selection of Innovative Methods for Reinforcing Structure for Highfill Sunken Railway Station

YAO Yuchun<sup>1</sup> YUAN Biyu<sup>2</sup>

(1. China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China;

2 Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610103 China)

**Abstract:** With the growing demand for sunken station, more and more vertical reinforcing structures appear in the high embankment stations in mountainous and hilly area. Based on multi-theory analysis of innovative method, the double row pile foundation cantilever retaining wall structure is recommended. This structure can effectively solve the problems such as different settlement of embankment and foundation soil, uncoordinated deformation of slope structure, artistic and vertical slope structure, etc. caused by the sloped terrain, the uneven foundation soil thickness, has important reference to analysis of the complex engineering problems.

**Key words:** high embankment; sunken railway station; reinforcing structure; innovative approach

### 1 问题背景

山区与丘陵地区由于受地形条件限制, 铁路车站经常出现高填方情况。由于设置下沉式站房需求的不断增长, 在高填方中出现了越来越多的直立收坡工程。由于地形的起伏与变化, 大面积高填方工程存在填方体高度差异大的问题, 也有地基土层不均匀分布的情况, 加之车站下沉式站房的设置要求, 出现了诸多需

要解决的技术问题, 如: 不均匀填方体高度差引起的填筑体差异沉降, 不均匀地基土在不同填方高度作用下的差异沉降, 填筑土地基上设置支挡加固结构变形不协调、变形错台、应力集中, 以及车站高悬臂美观收坡加固等问题, 斜坡高填方下沉式站房如图 1 所示。因此, 在山区或丘陵区的高填方上设置铁路下沉式站房的工程中, 选择合理的收坡加固支挡结构具有重要的意义, 本文以创新方法<sup>[1-8]</sup>为分析手段, 分析了适宜的

收稿日期: 2017-07-10

作者简介: 姚裕春(1974-), 男, 教授级高级工程师。

基金项目: 中铁二院院计划(13164062(13-16))

引文格式: 姚裕春, 袁碧玉. 铁路高填方下沉式站房收坡结构选择创新方法分析[J]. 高速铁路技术, 2018, 9(1): 15-18.

YAO Yuchun, YUAN Biyu. Selection of Innovative Methods for Reinforcing Structure for Highfill Sunken Railway Station [J]. High Speed Railway Technology, 2018, 9(1): 15-18.

收坡加固支挡结构形式。

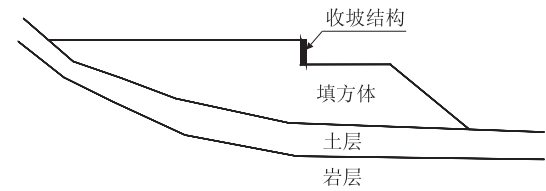


图 1 斜坡高填方下沉式站房示意图

2 系统功能模型建立

根据创新方法原理,把斜坡高填方路基各组件进行编号,如图 2 所示。根据图 2 建立斜坡高填方路基的系统功能模型,如图 3 所示。

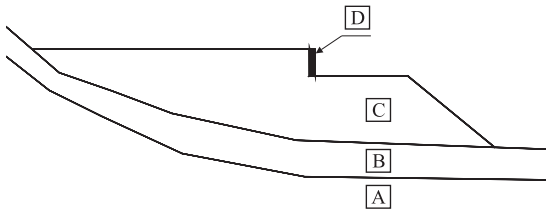


图 2 组件编号

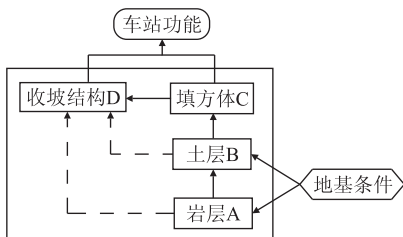


图 3 系统功能模型

系统功能模型中,地基岩层 A 支撑地基土层 B,地基土层 B 支撑填方体 C,填方体 C 支撑收坡结构 D,收坡结构 D 支撑填方体 C,收坡结构 D 与地基岩层 A 和地基土层 B 相互作用未确定。

3 问题分析——冲突区域的确定

建立系统因果分析树,如图 4 所示。

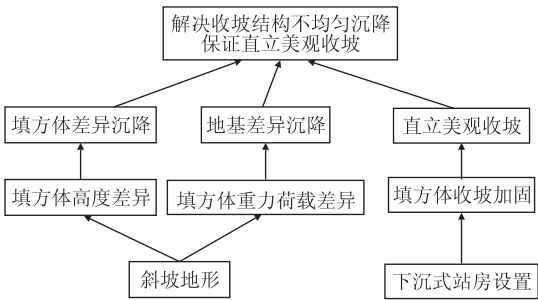


图 4 因果分析图

从图 4 可以看出:斜坡高填方上设置下沉式站房存在的实质问题是,收坡结构需解决局部范围的不均匀沉降变形问题,并满足直立美观收坡的要求。

根据图 4 的原因分析,查找问题存在的冲突区域,可以看出收坡结构 D 是问题的冲突所在。如图 5 所示。一是收坡结构 D 要解决填方体 C 地基存在不均匀沉降变形引起的问题,二是收坡结构 D 需满足下沉式站房收坡直立美观的要求。

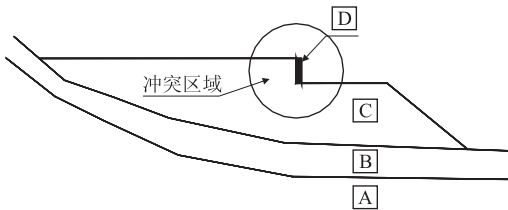


图 5 冲突区域

4 问题求解

根据创新方法原理,选择多种可使用的解决问题的分析方法,得出多种比选方案,便于提供比较选择。

4.1 裁减分析

根据创新方法的系统裁减理论,裁减系统中多余或有害的组件,通过其它组件来实现被裁减组件的功能。组件 A、B 是天然的地基条件,为不能裁减的构件,但全部裁减组件 C 则失去了高填方中设置下沉式站房的功能。故对组件 D 进行裁减,如图 6 所示。其功能可以通过使用其它组件来实现,解决地基不均匀沉降问题,并满足直立收坡的需求。

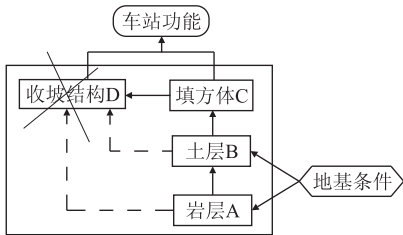


图 6 系统裁减

可通过改变组件 C 的局部材质或结构形式来实现组件 D 所具有功能。裁减后,新的结构形式为方案 1 和方案 2,如图 7 所示。方案 1 将填筑材质从一般的土石材料改变为一定宽度的混凝土填筑体。方案 2 把土石材料改变为加筋土挡土墙。裁剪分析得到的方案 1 和方案 2 满足直立收坡的需求,但还不能解决新结构随填方体 C 沉降而整体沉降的问题。

4.2 理想解分析

已知组件 D 为该系统的冲突区域,通过设置收坡

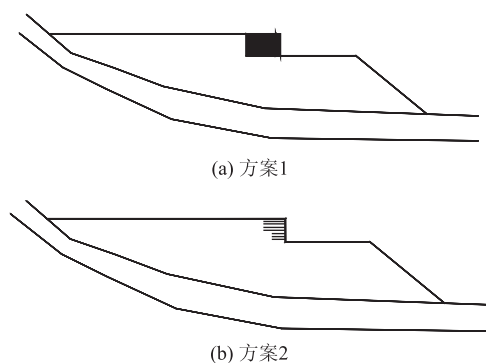


图7 裁减分析方案

结构D,可解决高填方不均匀沉降,并达到直立收坡的要求,可通过扩大分析收坡结构D与地基岩层A和地基土层B的相互作用,看能否达到解决问题的目的。通过分析,可得到方案3(桩板墙方案)和方案4(连续墙方案),如图8所示。

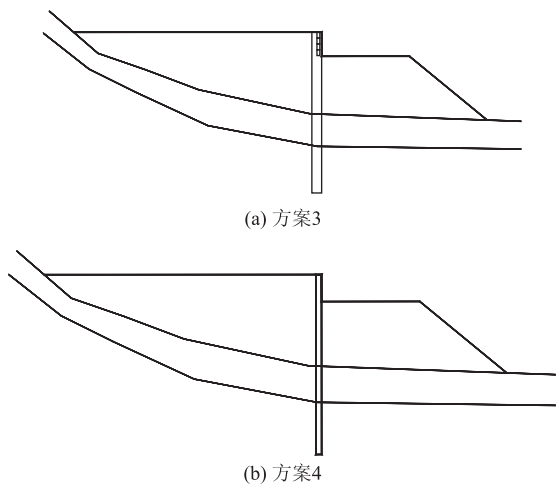


图8 理想解分析方案

方案3和方案4既能直立收坡,又能解决地基不均匀沉降和结构基础总体下沉问题。

#### 4.3 冲突理论

根据创新方法的冲突理论分析,该高填方下沉式站房收坡系统作用关系为填方体C对收坡结构D产生水平力、填方体C不均匀重量产生地基土不均匀沉降和填方体C自身重量作用下发生不均匀沉降。结果是造成了收坡结构D的可靠度降低,故该系统的矛盾为“力”与“可靠度”的矛盾,查找“矛盾矩阵表”得到创新原理有:“3. 局部质量原理”、“8. 重量补偿原理”、“10. 预先作用原理”和“28. 机械系统替代原理”。

上述各发明原理的含义如下:

(1)“3. 局部质量原理”:A将物体、环境或外部作

用的均匀结构变为不均匀的;B让物体的不同部分各具不同功能;C让物体的各部分处于执行各自功能的最佳状态。

(2)“8. 重量补偿原理”:A将某一物体与另一能提供升力的物体组合,以补偿其重量;B通过与环境的相互作用实现物体的重量补偿。

(3)“10. 预先作用原理”:A预先对物体(全部或部分)施加必要的改变;B预先安置物体,使其在最方便的位置,开始发挥作用而不浪费运送时间。

(3)“28. 机械系统替代原理”:A用光、声、热、嗅觉系统替代机械系统;B用电、磁或电磁场来与物体交互作用;C用移动场替代静止场,用随时间变化的场替代固定场,用结构化的场替代随机场;D使用场,并结合铁磁性颗粒。

通过分析可选择发明原理“3. 局部质量原理”和“10. 预先作用原理”进行问题分析。

选用“3. 局部质量原理”,通过改变组件C,把均质体C改变为非均质体,将站房收坡影响范围的土石填筑体改为混凝土或加筋土石材料,即同方案1和方案2。

选用“10. 预先作用原理”,通过在受影响的不均匀沉降填方地基中预先设置桩基解决不均匀沉降问题,上部可行的收坡结构,结合桩基的布置形式进行组合,可得到方案5(双排桩基承载板+加筋土挡墙)、方案6(双排桩基+悬臂式挡墙)、方案7(单排桩基+衡重式挡墙),如图9所示。

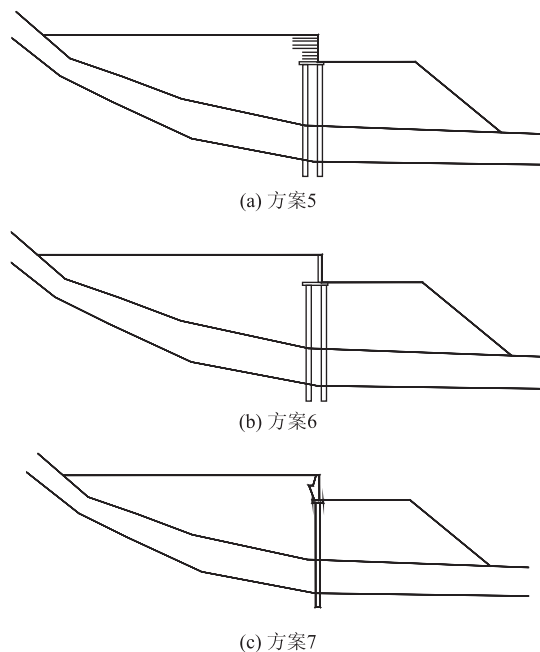


图9 预先作用分析方案

#### 4.4 物质-场分析及标准解

物质-场模型中三个基本元素之间的关系: $S_1$ 是功能作用体,也是希望发生变化的物体; $S_2$ 是功能载体,是对功能作用体施加动作的物体,它能使功能体作用发生改变;场 $F$ 是能使这种作用发生的关键因素,由于场的作用,才能使功能载体按照预定的形式改变功能作用体。

根据物质-场理论分析可知,斜坡高填方下沉式站房收坡系统中,不均匀的高填方体 $C$ 对收坡结构 $D$ 产生有害作用,其建立的物质-场模型如图10所示。

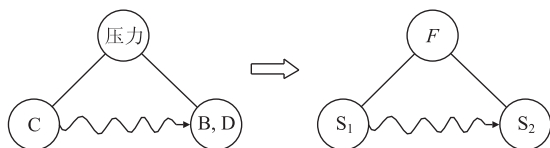


图10 物-场模型

查标准解法:“S1.1.4 利用环境中的资源”,即通过改变收坡结构 $D$ 的设置方式,充分利用既有资源 $A$ 、 $B$ 稳定收坡结构 $D$ 的基础和限制不均匀沉降,达到直立收坡。即图8中的方案3和方案4。

查标准解法:“S1.2.1 引入 $S_3$ 消除或减小有害作用”,即通过在场 $S_1$ 与 $S_2$ 之间引入介质 $S_3$ 来消除或减小 $S_1$ 对 $S_2$ 的有害作用,即减小或消除由于填方体 $C$ 对收坡结构 $D$ 的侧向作用导致的边坡外倾。经分析,可以通过在填方体 $C$ 与收坡结构 $D$ 的中间引入钢筋混凝土桩梁来实现此功能,同样可推出图9的方案5、方案6和方案7。

## 5 问题的解

通过创新方法分析,得到了前面7种方案,可进行方案的选择,各方案的优缺点比较如下:

#### (1) 方案1

优点:工程简单,能做到美观收坡。

缺点:需要设置较大的宽度,工程投资高,后期车站新增工程穿越时施工困难。

#### (2) 方案2

优点:地基不均匀变形适应性强,能做到美观收坡,投资低。

缺点:难以长期直立收坡,工程本身存在较大变形,后期新增工程施工影响既有工程稳定性。

#### (3) 方案3

优点:受不均匀变形地基影响小,可直立收坡。

缺点:需设置大截面深长加固桩基,用于抵抗土压力并严格控制桩顶变形,外观形式较差,内侧不均匀变形增大后挡土板会发生倾斜,工程投资高。

#### (4) 方案4

优点:受不均匀变形地基影响小,可直立美观收坡。

缺点:连续墙施工困难,工程投资高。

#### (5) 方案5

优点:不受地基不均匀变形影响,能做到美观收坡。

缺点:难以长期直立收坡,工程本身存在较大水平变形,后期新增工程施工影响既有工程稳定性,投资较高。

#### (6) 方案6

优点:不受地基不均匀变形影响,能做到美观收坡。

缺点:工程投资较高。

#### (7) 方案7

优点:能做到直立收坡。

缺点:不均匀变形较大时,挡墙可能出现错台,影响外观,单桩在不均匀高填方沉降及土压力作用下可能出现桩基偏移变形,工程投资较高。

经过综合分析,该斜坡不均匀高填方路基系统采用方案6,能较好地适应车站高填方下沉式站房直立美观收坡,并能满足车站相关附属工程不同阶段的施工要求。

## 6 结论

针对山区与丘陵区特殊地形造成的铁路车站高填方下沉式站房直立收坡加固工程问题,通过创新方法分析,推荐了一种双排桩基悬臂式挡墙结构,可有效解决这种特殊地形、特殊地质条件及特殊功能需要造成的填筑体差异沉降、地基土差异沉降、收坡结构变形不协调、相关工程施工影响以及美观收坡等问题,对于复杂工程问题的分析提供了重要的参考。

## 参考文献:

- [1] 创新方法研究会. 创新方法教程[M]. 北京:高等教育出版社, 2012.  
Innovation Method Society. Innovation Method Course[M]. Beijing: Higher Education Press, 2012.
- [2] 赵敏, 胡钰. 创新的方法[M]. 北京:当代出版社, 2008.  
ZHAO Min, HU Yu. Innovation Method [M]. Beijing: Contemporary Publishing House, 2008.
- [3] 曾仕强. 管理思维[M]. 北京:东方出版社, 2005.  
ZENG Shiqiang. Management Thought [M]. Beijing: The Eastern Publishing Co., Ltd., 2005.
- [4] 吴学梯. 方法-转变-创新[M]. 北京:高等教育出版社, 2011.  
WU Xueti. Method - Change - Innovation [M]. Beijing: Higher Education Press, 2011.
- [5] 姚裕春, 袁碧玉. 无砟轨道铁路陡坡路基加固结构创新方法分析[J]. 高速铁路技术, 2015, 6(4): 31-35. (下转第38页)

状况弹性阶段的结构变形产生不利影响,在结构变形计算时,截面抗弯刚度取值应考虑该影响。计算变形时,截面抗弯刚度按下式计算:

$$B = k_j E_c I_0 \quad (5)$$

式中: $k_j$ ——胶接缝对截面抗弯刚度的折减系数,根据中国铁道科学研究院的试验结果取0.90;

$E_c I_0$ ——梁截面的抗弯刚度。

根据《桥规》第4.1.2条,静活载(不计列车竖向动力作用)所引起的最大竖向挠度为: $3.2 \text{ mm} = l/7\ 344 < 1.4L/1\ 750 = 18.8 \text{ mm}$ ,列车竖向静活载作用下梁端转角为 $0.425\%$ ,小于规范限值 $1.5\%$ ,均满足规范要求。为保证线路在运营状态下的平顺性,梁体应设置预拱度,跨中反拱值为 $7.3 \text{ mm}$ 。

### 3 结束语

本文介绍了城际铁路中节段预制拼装后张法预应力混凝土简支箱梁的构造和受力特点,从本文分析可知,节段胶拼简支箱梁拼接缝剪力键宜采用复合密键形式,由于胶接缝对结构强度具有一定影响,因此设计时需对截面抗弯、抗剪进行折减,同时应加强拼接缝位置的正截面抗剪强度检算。通过本文的介绍,可为节段预制拼装混凝土简支梁的设计提供参考。

### 参考文献:

- [1] 高明昌. 铁路节段预制胶接拼装简支箱梁的技术特点和优势[J]. 铁道建筑, 2015, 55(10): 60-63.  
GAO Mingchang. Technical features and advantages of railway assembled simply-supported box-girder with epoxy resin joints[J]. Railway Engineering, 2015, 55(10): 60-63.
- [2] 刘安双, 马振栋. 预制节段拼装桥梁在城市轨道交通中的应用

[J]. 公路交通技术, 2014, 31(5): 77-80.

LIU Anshuang, MA Zhenrong. Application of precast segmental assembling bridges in urban rail transit. [J]. Technology of highway and transport, 2014, 31(5): 77-80.

- [3] 熊安书. 广州市轨道交通四号线预制节段拼装梁设计[J]. 国防交通工程与技术, 2005, 3(3): 19-21.  
XIONG Anshu. Design of the precast segmental assembling beams of the 4th Guangzhou metro line[J]. Traffic Engineering and Technology for National Defence, 2005, 3(3): 19-21.
- [4] 于越, 李国平. 轻轨高架桥胶接缝节段式体外预应力箱梁的构造与受力[J]. 结构工程师, 2011, 27(4): 34-39.  
YU Yue, LI Guoping. Structural Details and Mechanical Behavior of Externally Prestressed Epoxy-Joint Segmental Box Girders of Metro Viaduct[J]. Structural Engineers, 2007, 27(4): 34-39.
- [5] AASHTO. 2003 Interim Revisions to the Guide Specifications for design and Construction of Segmental Concrete Bridge, Second Edition (1999) [M]. Washington: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2003.
- [6] TB 10092-2017 铁路桥涵混凝土结构设计规范[S].  
TB 10092-2017 Code for design of the concrete structure of railway bridge and culverts[S].
- [7] 张元海, 李乔. 桥梁结构日照温差二次力及温度应力计算方法研究[J]. 中国公路学报, 2004, 17(1): 49-52.  
ZHANG Yuanhai, LI Qiao. Study of calculation method for sunshine temperature difference secondary force and thermal stress of bridge structure [J]. China Journal of Highway and Transport, 2004, 17(1): 49-52.
- [8] 曹增华. 胶接缝节段预制拼装桥梁的抗裂性计算[J]. 铁道建筑, 2016, 56(12): 21-23.  
CAO Zenghua. Crack resistance calculation of precast segmental assembling bridge with epoxy resin joints[J]. Railway Engineering, 2016, 56(12): 21-23.

(编辑: 赵立红 苏玲梅)

(上接第18页)

- YAO Yuchun, YUAN Biyu. Selection of Reinforcing Structure for Ballastless Track Subgrade Constructed on Steep Foundation Based on Innovative Methods[J]. High speed railway technology, 2015, 6(4): 31-35.
- [6] 王保林, 姚裕春. 基于创新方法的林织铁路滑坡路堑加固结构研究[J]. 高速铁路技术, 2015, 6(2): 15-18.  
WANG Baolin, YAO Yuchun. Selection of Reinforcing Structure for Slide Cut Subgrade of Lindai-Zhijing Railway Based on Innovative Methods[J]. High speed railway technology, 2015, 6(2): 15-18.

- [7] 谭润华. TRIZ及引用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2010.  
TAN Runhua. TRIZ and Quote [M]. Beijing: Higher Education Press, 2010.
- [8] 魏永幸, 熊祥雪, 秦小林, 等. 基于创新方法的科研流程再造及创新模式研究[J]. 铁道工程学报, 2014, 30(3): 123-127.  
WEI Yongxing, XIONG Xiangxue, QIN Xiaolin, et al. Research on the Innovation Model and Rebuilding of Scientific Process Based on Innovative Approach [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2014, 30(3): 123-127.

(编辑: 刘会娟 苏玲梅)