

文章编号: 1674—8247(2019)02—0100—05

DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2019.02.021

## 高速铁路路肩结构的施工方法创新分析

李忠玉

(中铁十九局集团有限公司, 北京 100176)

**摘要:**高速铁路路基电缆槽采用的钢筋混凝土在工厂预制,待路基基床表层施工完毕后,采用切割的方法把路肩位置填筑好的路基表层填筑体去除,然后再在切割面上施工电缆槽和路基护肩。路基表层填筑材料为级配碎石,由于其强度较大,造成切割困难、效率低、影响环境等问题。针对这些问题,本文通过研究,提出了高速铁路路基电缆槽及护肩结构新的施工方法,解决了传统施工存在的技术问题,对工程实践具有重要的借鉴意义。

**关键词:**高速铁路;路肩;结构;创新;施工方法

**中图分类号:**G312      **文献标志码:**A

## Innovative Analysis on Construction Method for Shoulder Structure of High-speed Railway

LI Zhongyu

(China Railway 19th Bureau Group Co., Ltd., Beijing 100176, China)

**Abstract:** The reinforced concrete for cable groove of high-speed railway subgrade is prefabricated in the factory. After completion of the surface layer construction of the subgrade, the filling body of the surface layer of the subgrade at the filling position of the shoulder is removed by cutting method, and then the cable groove and the shoulder of the subgrade are constructed on the cutting surface. Because the surface filling material for subgrade is graded crushed stone with high strength, the cutting construction is difficult and the efficiency is low, and it has a large impact on environment. In view of these problems, through the analysis of innovative methods, this paper puts forward new construction methods—subgrade cable groove and shoulder protection structure—for high-speed railway. It solves the technical problems due to traditional construction, and has important reference significance for engineering practice.

**Key words:** high-speed railway; shoulder; structure; innovation; construction method

高速铁路须在接触网立柱外侧设置预制混凝土盖板通信、信号电缆槽及护肩<sup>[1-2]</sup>,如图1所示。电缆槽采用钢筋混凝土在工厂预制,并加设钢筋混凝土盖板,待路基基床表层施工完毕后,采用切割的方法把路肩位置填筑好的路基表层填筑体去除,然后再在切割面上施工电缆槽和路基护肩。由于路基表层填筑材料为

级配碎石,其压实度高、强度大,切割工作十分困难且效率低。还会经常出现切割面不平整,特别是切割出的水平斜面经常凹凸不平,使得电缆槽下渗水很容易进入路基填筑体,同时还会引起较大的切割扬尘问题。

针对上述问题,通过创新方法<sup>[3-8]</sup>分析,提出高速铁路路基电缆槽及护肩结构及相应的施工方法,可有

收稿日期:2018-12-20

作者简介:李忠玉(1973-),男,高级经济师。

引文格式:李忠玉. 高速铁路路肩结构的施工方法创新分析[J]. 高速铁路技术,2019,10(2):100-104.

LI Zhongyu. Innovative Analysis on Construction Method for Shoulder Structure of High-speed Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2019, 10(2):100-104.

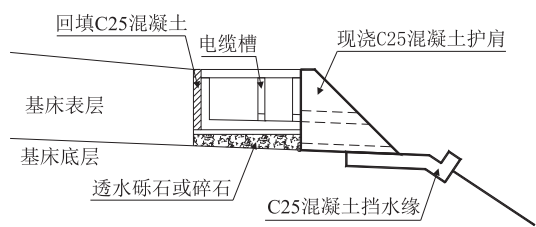


图 1 高速铁路路基路肩构造示意图

效避免切割路基表层结构所带来的问题,并应具有操作简单、省时、经济等特点。

1 系统功能模型建立

应用创新方法原理,把高速铁路路肩切割施工前的各组成部分进行编号,如图 2 所示。

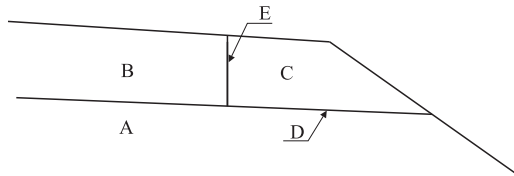


图 2 组成部件编号

然后建立高速铁路路肩结构的功能模型,如图 3 所示。路基本层 A 与路基表层切割体 C 之间形成切割平面 D,路基表层 B 与路基表层切割体 C 之间形成切割立面 E,路基表层切割体 C 可作为路基表层 B 内侧的施工约束模板作用,以确保内侧路基表层 B 施工的压实度满足要求。

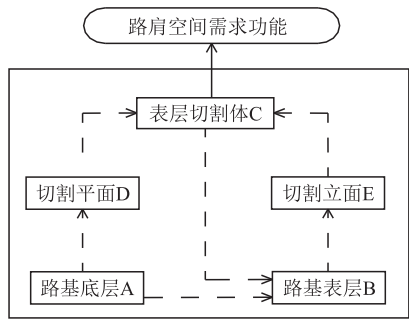


图 3 功能模型

2 冲突区域分析

采用创新方法进行问题的原因分析,即找出路肩结构问题的根本原因,其分析如下:

(1)传统高速铁路路基路肩结构存在的问题。路基表层结构施工完成后,采用切割机把路肩位置的基床表层切除,然后施工电缆槽和路肩护结构,切割施工困难、效率低、环境污染大、切除部分材料浪费。

(2)切割存在施工困难、效率低、环境污染大、切除部分材料浪费的问题。因为基床表层结构采用级配碎石填筑,且压实度很高,水平面切割尤其困难,切割后的材料已成块状、级配变化,通常不重复利用。

(3)切除部分需要采用级配碎石材料,并且要求压实度很高是因为切除部分与内侧的基床表层结构采用相同的级配碎石,便于一体化施工,采用较高的压实度是为了内侧的基床表层结构施工具有较大侧向约束力,以保证内侧基床表层的高压实度。

(4)切割路肩位置压实后的基床表层级配碎石是要为路肩电线槽和护肩提供空间位置。

(5)路肩电线槽和护肩不提前放置,而需要把路肩位置的级配碎石压实后切割后再放置。由于传统电缆槽和护肩结构不能为内侧基床表层结构提供较大的侧向约束力,且结构在较大侧向力作用下易发生破坏。

上述问题分析表明,路基表层切割体 C 是路肩结构存在问题的根本原因,是问题的冲突区域,如图 4 所示。

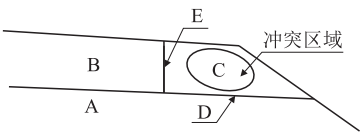


图 4 路肩结构冲突区域

3 问题求解

根据创新方法中的分析原理,可选择多种能使用的解决路肩结构问题的分析方法,分析得出比选方案,然后进行比较确定。

3.1 理想解分析

问题的完全理想解分析为:表层切割体 C 能为内侧的基床表层 B 提供较大的侧向约束力,而本身不占据电缆槽和护肩的空间位置,并且不需要拆除;或者表层切割体 C 能为内侧的基床表层 B 提供较大的侧向约束力,表层切割体 C 本身能兼作电缆槽和护肩的功能,不需要拆除。

经分析,表层切割体 C 不需要拆除还不占据电缆槽和护肩的空间位置,那么表层切割体 C 可以设置成一种拦挡结构(拦挡连续墙方案 1、拦挡 L 型墙方案 2),如图 5 所示。

如果表层切割体 C 能为内侧的基床表层 B 提供较大的侧向约束力,表层切割体 C 本身能兼作电缆槽和护肩的功能,不需要拆除,那么表层切割体 C 可以设置成一种整体式路肩式电缆槽结构(方案 3),如图 6 所示。

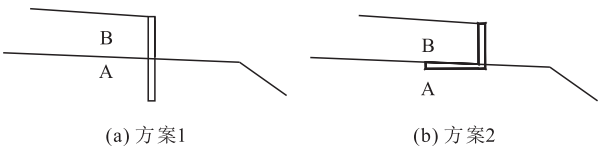


图 5 理想解分析(方案 1、方案 2)

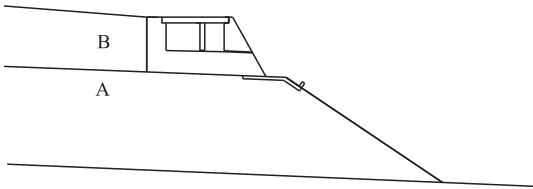


图 6 理想解分析(方案 3)

3.2 裁减分析

根据系统裁减理论,通过裁减系统中多余或有害的部件,采用其它部件来实现被裁减部件的功能。如图 7 所示,裁减部件 C,其功能可以通过改变其它部件来实现,解决电缆槽及护肩结构内侧的路基表层填筑施工需求。部件 C 裁减后,部件 D 和 E 则自动不存在,部件 A 和 B 是结构主要功能的组成部件,不能裁减。故对部件 C 进行裁减,通过部件 B 的局部材质或结构形式改变实现部件 C 所具有功能,裁减后新的结构形式如方案 4、方案 5 所示。方案 4 把邻近电缆槽位置的级配碎石结构改变为一定宽度的混凝土结构,从而为内侧基床表层结构施工提供侧向约束力并兼作路基表层结构的一部分;方案 5 把基床底 B 的一部分变为钢筋混凝土结构,并改变其结构型式,做成反 L 型结构,方案 4、方案 5,如图 8 所示。

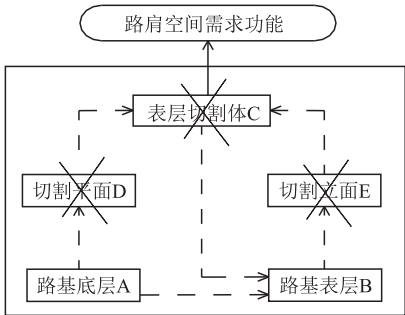


图 7 系统裁减

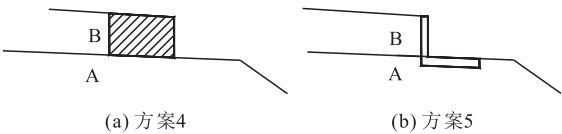


图 8 裁减理论分析(方案 4、方案 5)

3.3 冲突理论分析

采用创新方法中冲突理论进行分析,该高速铁路路肩结构的作用关系为:路基表层切割体 C 对路基表层 B 产生有利的侧向约束力,通过与路基底层 A 的接触摩擦力实现路基表层切割体 C 的抗滑移,进而完成路基表层 B 的施工,然后切除表层切割体 C 以满足电缆槽和护肩的空间位置需求。该系统的矛盾为:“力”与“操作流程的方便性”,查找“矛盾矩阵表”得到创新原理有:分割原理、局部质量原理、自服务原理、机械系统替代原理。

上述各发明原理的含义为:

- (1)分割原理:将物体分成独立的部分;使物体成为可拆卸的;增加物体的分割程度。
- (2)局部质量原理:系统结构由一致变成为不一致,将外部作用或外部环境由一致变成为不一致;系统各组件在最适于的条件下发挥功能;系统各部件实现有差异且有用的功能。
- (3)自服务原理:使物体实施有益的辅助功能,自我服务;利用浪费的材料、能量或物质。
- (4)机械系统替代原理:用光、热、声、嗅觉系统替代机械系统;用磁、电或电磁场与物体交互作用;移动场代替静止场,时间变化场代替固定场,结构化场代替随机场。

通过分析,可选择分割原理和局部质量原理进行路肩结构问题分析。

(1)分割原理,把原本一整体填筑的路基表层 B 和 C 分离成 2 个部分,同时也把表层切割体 C 与路基底层 A 分离开,由于路基底层 A、B、表层切割体表层切割体 C 均为碎石类土工材料,难以单独施工成型,可选择施工过程中在切割平面 D、切割立面 E 切割面位置铺设一层复合土工膜,使施工完成后的路基底层 A、B、表层切割体 C 分成独立的部分,从而利于后期表层切割体 C 的拆除。可以推出方案 6,如图 9 所示。

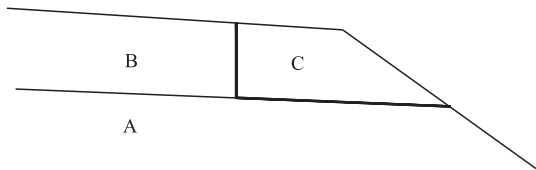


图 9 冲突理论分析(方案 6)

(2)局部质量原理,通过改变组件表层切割体 C 的材料性质,从而其不需要与路基表层 B 同步分层施工,或者表层切割体 C 采用预制件结构直接放在路基底层 A 顶面为路基表层 B 提供侧向约束力,得到方案

7(大重量结构),如图10所示和方案8(轻型结构,设锚固钉增大约束固定力),如图11所示。

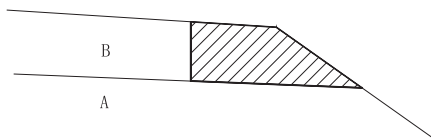


图10 冲突理论分析(方案7)

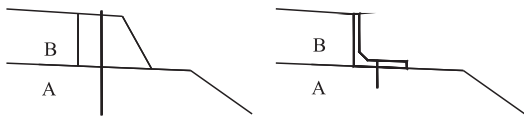


图11 冲突理论分析(方案8)

### 3.4 物质-场分析及标准解

物质-场分析模型为:功能作用体 $S_1$ ,是希望发生变化的物体;功能载体 $S_2$ ,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 $F$ ,是作用发生的关键因素。

根据物质-场模型分析,可知在高速铁路路肩结构结构系统中,路基表层切割体C对路基层A和路基表层B的切割产生有害作用,从而形成不平整的切割平面D和切割立面E,其建立的物质-场分析模型,如图12所示。

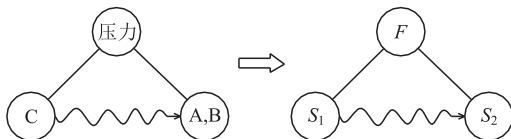


图12 物-场分析模型

查标准解法:“S1.2.1 引入 $S_3$ 减小或消除有害作用”,通过在 $S_1$ 与 $S_2$ 之间引入 $S_3$ 来减小或消除 $S_1$ 对 $S_2$ 的有害作用,即减小或消除由于表层切割体C对路基层A和路基表层B造成的切割困难和切割面D和E的不平整。经分析可以通过在表层切割体C与路基层A和路基表层B中间引入隔离复合土工膜来完成此功能,可以分析得出图9的方案6。

## 4 问题的解

通过创新方法的分析,得出了8种方案,各方案的优缺点比较分析如下:

#### (1)方案1:钢筋混凝土连续墙结构

优点:不需要拆除、不占电缆槽和护肩位置,能对内侧基床表层施工提供较大约束力;

缺点:需要把拦挡结构埋入路基基层结构中一定深度以固定,施工困难,投资大。

#### (2)方案2:小型钢筋混凝土悬臂挡墙结构或刚度较大的角钢类结构

优点:不需要拆除、不占电缆槽和护肩位置,能对内侧基床表层施工提供较大约束力,不需开挖埋设,施工快速;

缺点:内侧存在较长的踵板才能提供足够的抗滑力,路肩内侧设置高速铁路接触网支柱基础时存在工程交差、相互影响,工程投资较大。

#### (3)方案3:整体式现浇电缆槽

优点:电缆槽和护肩一次成型,兼有内侧基床表层施工的模板作用,没有拆除流程,避免了传统电缆槽和防排水的复杂结构组成,结构重量大提供侧向约束力大;

缺点:需要现场浇筑施工,混凝土用量较大。

#### (4)方案4:部分混凝土基础表层结构

优点:不需要拆除、不占电缆槽和护肩位置,能对内侧基床表层施工提供较大约束力,不需开挖埋设,施工快速;

缺点:以混凝土替代级配碎石投资增大,对后期接触网立柱基础施工存在影响,易造成轨道结构下刚度不均匀。

#### (5)方案5:埋式钢筋混凝土悬臂挡墙结构

优点:不需要拆除、不占电缆槽和护肩位置,能对内侧基床表层施工提供较大约束力;

缺点:工程投资较大。

#### (6)方案6:复合土工膜隔离结构

优点:路基表层结构填筑一体化、施工影响小,工程投资小,后期不存在水平面的切割施工;

缺点:填筑体存在二次拆除,竖向复合土工膜难以铺设竖直,存在竖向面的切割修整。

#### (7)方案7:混凝土拦挡结构

优点:提供侧向约束力大,拆除快速;

缺点:混凝土拦挡结构重复利用及拆除施工较困难,工程投资较高。

#### (8)方案8:锚定轻型拦挡结构

优点:结构轻,固定及拆除施工快速,重复利用方便,投资低;

缺点:需对轻型结构进行锚定以提供较大的侧向约束力。

经过综合分析,推荐方案3和方案8。方案3采用混凝土整体式现筑结构,结构内侧墙可采用钢筋混

凝土结构,以满足内侧路基表层施工时不会发生结构破坏;方案8可采用刚度较大角钢配合固定螺杆。

## 5 结论

针对传统高速铁路路肩电缆槽和护肩施工存在的技术问题,通过创新方法分析,推荐了2种高速铁路路基路肩结构的技术方案:

(1)采用一种混凝土整体式现筑电缆槽护肩一体化结构,简化了路肩电缆槽及护肩结构组成;先施工整体式电缆槽护肩结构,再施工内侧的路基表层结构。

(2)采用传统的路肩电缆槽和护肩结构,先施工一种固定的大刚度模板,再施工内侧的路基表层结构,拆除模板重复利用。

## 参考文献:

- [1] 通路(2008)8401 铁路路基电缆槽[S].  
Tonglu (2008)8401 Railway Subgrade Cable Channel [S].
- [2] TB 10621-2014 高速铁路设计规范[S].  
TB 10621-2014 Code for Design of High-speed Railway [S].
- [3] 创新方法研究会, 中国21世纪议程管理中心. 创新方法教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2012.  
Innovation Method Society, The Administrative Center for China's Agenda 21. Innovation Method Course [M]. Beijing: Higher Education Press, 2012.
- [4] 赵敏, 胡钰. 创新的方法[M]. 北京: 当代中国出版社, 2008.  
ZHAO Min, HU Yu. Innovation Method [M]. Beijing: Contemporary China Publishing House, 2008.
- [5] 吴学梯, 周元. 方法-转变-创新[M]. 北京: 高等教育出版社, 2013.  
WU Xueti, ZHOU Yuan. Method-Change - Innovation [M]. Beijing: Higher Education Press, 2013.
- [6] 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.  
YAO Yuchun, YUAN Biyu. Analysis on Innovative Methods for Reinforcing Structure of Steep Subgrade of Ballastless Track Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2015, 6(4): 31-35.
- [7] 王保林, 姚裕春. 基于创新方法的林织铁路滑坡路基加固结构研究[J]. 高速铁路技术, 2015, 6(2): 15-18.  
WANG Baolin, YAO Yuchun. Research on Cut Reinforcing Structure of Slide of Cut of Lindai-Zhijing Subgrade of Lindai-Zhijing Railway Based on Innovative Approach [J]. High Speed Railway Technology, 2015, 6(2): 15-18.
- [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, 31(3): 123-128.  
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, 31(3): 123-128.

(编辑: 车晓娟 张红英)

(上接第74页)

- [3] 王铁中, 张家发. 城际铁路引入城市的方式探讨[J]. 高速铁路技术, 2015, 6(6): 39-44.  
WANG Tiezhong, ZHANG Jiafa. Study on Way of Introducing Intercity Railway into Cities [J]. High Speed Railway Technology, 2015, 6(6): 39-44.
- [4] 张琦. 城际轨道交通敷设方式研究[J]. 科技创业月刊, 2013, 27(6): 166-167.  
ZHANG Qi. Study on the Way of Laying Urban Rail Transit [J]. Pioneering with Science & Technology Monthly, 2013, 27(6): 166-167.
- [5] 胡叙洪. 城际铁路设计理念研究[J]. 铁道工程学报, 2016, 33(4): 1-4.  
HU Xuhong. Research on the Design Concept of Intercity Railway [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2016, 33(4): 1-4.
- [6] 中铁二院工程集团有限责任公司. 滇中城际铁路网规划研究[R]. 成都: 中铁二院工程集团有限责任公司, 2016.  
China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd. Research on Inter-city Railway Network Planning in Yunnan [R]. Chengdu: China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., 2016.
- [7] 徐伟. 沪宁城际铁路与区域内城市轨道交通衔接必要性研究[J]. 青海交通科技, 2015, 28(5): 18-22.  
XU Wei. The Necessity of the Connection of Shanghai-Nanjing Intercity Railway with Intraregional Urban Railway [J]. Qinghai Transportation Science and Technology, 2015, 28(5): 18-22.
- [8] 吴琪. 城际铁路车站分布方法研究[J]. 工程与建设, 2016, 30(1): 16-18.  
WU Qi. Research on the Distribution Method of Intercity Railway Station [J]. Engineering and Construction, 2016, 30(1): 16-18.

(编辑: 赵立红 张红英)