

# 铁路路基 基床变形及其防治

许炳丽 编著

中国铁道出版社

1984年·北京

## 前 言

基床变形是我国南方铁路经常发生、蔓延最广的路基病害，它不但使养护维修工作困难，造成财力物力的浪费，而且严重影响线路质量，甚至危及行车安全。因此，有效地整治和预防基床变形，是铁路工务工作者迫切需要解决的问题。

1960年，铁道部在西安召开了路基病害整治会议，开始重视路基基床变形的研究，确定了研究计划，由铁道科学研究院负责，南方有关铁路局、院、校参加，本着科研生产教学三结合的精神进行工作。二十余年来，经过广大铁路工人和工程技术人员努力，对不同病害的整治和预防取得了一定的成果。积累了许多宝贵的经验。作者参与了这项研究工作，学习了有关地质水文等知识，于1963年编写了“翻浆冒泥及其防治”一书，又于1964年在上海市科学技术协会上发表了“铁路路基基床变形的研究”一文，由上海铁路局科研所刊印成册介绍。近年来，在铁道部科学技术委员会与铁道科学研究院和有关铁路局的协作下，进一步丰富了整治病害的经验，如采用了封闭层、切路基、压坡、压力灌浆、渗水盲沟、电渗硅化等新方法，取得了良好效果，现将学习心得和体会编写成本书。在此，谨向为本书提供资料和数据单位和个人以及为本书制图的陈鸿兴工程师表示感谢。由于编者水平有限，谬误之处，在所难免，请读者批评指正。

作 者

1983.8.

## 内 容 提 要

本书介绍了从生产实践和科学试验中总结出来的整治和预防铁路路基基床变形的经验。内容包括基床变形的分类、特征、规律、形成条件、发生原因、调查研究以及预防和整治方法等。

本书可供铁路养路技术人员及有关人员参考。

## 铁路路基基床变形及其防治

许炳丽 编著

中国铁道出版社出版、发行

责任编辑 张善同 封面设计 翟 达

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{4}$  印张: 8.25 字数: 182千

1984年9月第1版 1984年9月第1次印刷

印数: 0001—4,000册 定价: 0.90元

# 目 录

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 第一章 概 述.....         | 1   |
| 第二章 基床变形的分类和其特征..... | 3   |
| 第一节 含 义.....         | 3   |
| 第二节 分 类.....         | 6   |
| 第三章 基床变形的一般规律.....   | 28  |
| 第一节 基床内部变形的规律.....   | 28  |
| 第二节 基床外表变形的规律.....   | 32  |
| 第三节 基床变形与轨道沉落.....   | 33  |
| 第四节 基床变形与基床岩性.....   | 35  |
| 第五节 翻浆冒泥的一般规律.....   | 35  |
| 第四章 基床变形的形成条件.....   | 39  |
| 第一节 自然因素.....        | 39  |
| 第二节 列车的动力作用.....     | 66  |
| 第三节 线路技术设备状态.....    | 76  |
| 第五章 基床变形的调查研究.....   | 80  |
| 第六章 基床变形的防治方法.....   | 98  |
| 第一节 彻底清筛道床 .....     | 101 |
| 第二节 砂垫床 .....        | 102 |
| 第三节 封闭层 .....        | 118 |
| 第四节 换 土 .....        | 158 |
| 第五节 切路基 .....        | 176 |
| 第六节 压力灌浆 .....       | 189 |
| 第七节 渗水盲沟 .....       | 212 |

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| 第八节 空心盲沟 .....           | 220        |
| 第九节 压 坡 .....            | 227        |
| 第十节 改善和加固路基土质 .....      | 229        |
| 第十一节 处理道岔群翻浆冒泥 .....     | 242        |
| <b>第七章 基床变形的预防 .....</b> | <b>244</b> |
| 一、做好线路的排水工作 .....        | 244        |
| 二、经常保持道床清洁 .....         | 246        |
| 三、改善设备状态 .....           | 247        |
| 四、提高线路质量 .....           | 248        |

## 第一章 概 述

铁路技术管理规程第三十二条规定：“路基必须填筑坚实，基床应强化处理，并经常保持干燥、稳固及完好状态。同时，应有良好的排水设备，必要时还应设防护和加固设备。对不稳固的路基应进行调查，分析原因，采取措施，消除病害。工务段应根据病害情况制定监视和检查办法，保证行车安全。”

铁路工务规则第五条规定：“路基应经常保持干燥，路肩无杂草，边坡无塌陷；要保持排水、防护和加固设备等状态良好，对各种路基病害，要查明原因，彻底根治。”

技规过去还这样规定：“路基为铁路线路中最重要部分之一，其状态如何及完整与否关系到整个线路的质量。”这些规定都说明了路基在铁路线路设备中的重要性，及时防治路基病害的必要性。

直接承受和保证线路上部建筑设备（轨道）质量的是路基上面部分的基床。由于构成基床土质的岩性、矿物成分、物理、化学性质、施工条件等因素，经常遭受地表水和地下水的浸润和温度的自然变化等作用，在运营列车周期性的重复荷载和振动作用下，基床设备的状态经常会发生变化。松软的路基面就会产生坑洼积水，日久便发展成为各种型式的道碴陷坑。长期积水，则导致路基面松软变形，产生基床病害。最常发生的基床变形有基面翻浆冒泥和轨道沉落。道碴陷坑深入发展，便会发生路肩外挤、隆起、塌肩和边坡外臃。在北方寒冷地区还会发生线路冻胀。这些基床变形都损

害到线路上部建筑的质量，严重的甚至威胁到行车安全。

基床变形为我国南方铁路线上多雨地区最常发生的一种病害。如线路翻浆冒泥的结果，道床于晴天干燥状态时，泥浆与石碴胶结在一起使道床板结，成为坚硬的泥碴固结体，失去了轨道弹性，增加了列车对路基的冲击力。在雨天成泥浆状态时，泥浆与石碴混杂胶在一起，软塑了路基面，因而承载能力降低，抗剪强度减小，稳定性差，造成基面软硬、不均，产生道碴陷坑。又如路肩外挤、塌肩、隆起和边坡外臃，便引起轨道沉落，轨面质量不能保持，发生超限、枕木切压、损伤、断裂、夹钐断裂、钢轨接头低塌，拱背塌腰，甚至折断。石碴的消耗量也大大增加。这样列车运行时发生剧烈摇晃不仅线路质量不能保持良好状态，而且缩短了线路上部建筑材料使用寿命，增加了维修的劳力，缩短了线路大、中修周期，既降低运输能力，又增加运营投资。因此，预防基床变形的发生，和怎样针对已发生的病害有效地整治处理，是我国铁路工务部门极待解决的课题。

## 第二章 基床变形的分类和其特征

### 第一节 含 义

#### 一、基 床

基床是铁路路基主要组成部份之一，如图 2—1 所示。它是线路上部建筑的基础，承受着道床的全部重量和运营列车荷载及振动的反复作用，同时又直接受到水文、气候变化的影响；因而在路基主要组成部分中，基床容易发生变形，常常到一定程度构成基床病害。

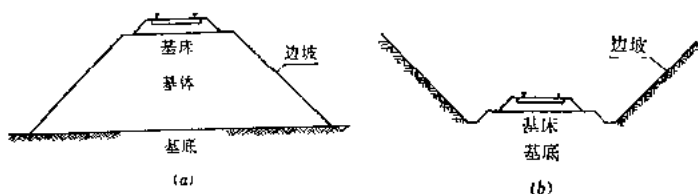


图 2—1 (a) 路堤断面图

(b) 路堑断面图

基床的范围没有具体的界限，视列车动力对它影响的深度而定。一般情况下，是从路基而向下 0~3 m 左右，特别是上部 0.5 m 范围内，受动力影响较大，也最容易发生变形。如遇线路上部建筑设备比较薄弱，轨道轻，道床薄或者线路养护维修不良，路基面松软和运营历史较久的线路上，其深度有时可达 3 m 左右，甚至达到更深的范围，而在低路堤和深路堑地段，基床的范围就浅。

1977 年 8 月铁道部基本建设总局制定的《铁路工程技术

规范第一篇线路》中第1—45条对基床的含义作如下的说明：“基床是指路基上部受列车动力作用和水文气候变化影响较大的一层，它的确切厚度，视路基构造、运输条件和水文气候条件的不同而有差别，一般约为1~3 m左右。在这范围内，尤以路基面下0.5 m内受动力的影响较为剧烈，再下去应力缩减较快，到路基面下1.0 m处，路基动应力约为路基面的1/3。”现《规范》中把路基面向下1.2 m范围内作为基床考虑。在这范围内的路基技术要求应较下层为高。其强度和稳定性须能适应复杂的动荷载和水、温度等自然条件的变化，以防止基床病害的产生。这与本书所阐述的基床含义是一致的。

## 二、基床变形和基床病害

基床变形是指路基基床部分原有形状发生非弹性的任何改变。在发生变形之先，有一个引起变形的过程，这个过程，通常称之为基床病害，而变形只是病害的现象。一般情况下是先发生病害而后引起变形，但有时病害与变形同时发生。例如轨道沉落，既是病害又是变形。变形可由外表的观察或测量断定，病害的判断则需经过研究和检查路基内部情况。

我国南方地区气候温和、潮湿、多雨水，而路基土质又多系粘性土和粉质粘土，颗粒细小，含水量高，以致路基面软弱，故在列车频繁地运营动力作用下，特别是在春融和雨季防洪期间，不少线路上经常发生基面翻浆冒泥、路肩外挤隆起、路堤边坡外臃，引起轨道沉落。北方寒冷地区，寒冻季节，则还会发生线路冻胀，引起轨道沉落和冻胀隆起。这些变形，都会影响到线路质量。严重的路肩外挤、隆起和边坡外臃崩塌，影响到列车正常运营，甚至危及行车安全。

### 三、轨道沉落和路基下沉

运营线路，由于列车经常不断地、反复地运行，对线路产生一定的压力和剧烈的振动，这些重压与振动通过线路上部建筑（轨道）对路基基床施加相应的压力和振动，以致轨面的质量处于不断地变化之中。这些变化，有的是由于水、土、力等不利因素的作用，有的是技术设施上存在缺点，有的是在筑路施工中施工不良，有的是经常养护维修不好所引起的。在这些不良条件下构成基床变形，从而导致线路上部建筑下沉。这类变形所引起的轨道下沉称之为“轨道沉落”，而这种由于基床部分变形导致的轨道沉落，路基本身并不下沉。另外有的是由于路基基体或基底内部存在问题和构成路基的地质、水文因素引起的“路基下沉”，虽然二者都会引起轨道沉落，但其根源有所不同，其性质亦有所区别。前者是“轨道沉落”，后者才是真正的“路基下沉”。过去现场常把“轨道沉落”和“路基下沉”混为一谈，统称之谓“路基下沉”，这样便混淆了病害的实质和根源，扰乱了造成病害变形的真实原因，以致有时采取的整治措施就不尽恰当，收效不大，造成人力、物力上的浪费损失，病害仍得不到根治解决。

基床变形除了路基面翻浆外，还有冒泥、路肩外挤、路肩隆起、路堤边坡外臃等都会引起不同程度的“轨道沉落”，其共同特点是：基床发生变形，轨道出现沉落，而路基本身并不下沉。所以作者认为由于基床变形而引起的轨道沉落虽然很多表面现象与路基下沉相混同，但实质上是有区别的，不应属于路基下沉的范畴，如同道床翻浆不属于路基面翻浆一样。

## 第二节 分 类

### 一、基床内部变形

路基基床，在地表水和地下水的浸润作用下，原来有一定强度的土体和风化石质的岩体便变得软弱无力了。当线路上部建筑传递来的荷重，特别是近乎周期性的列车动力作用，使粘性土和粉质粘土便发生触变而软塑液化。在路基面抗剪强度大大减弱的情况下，道碴便被切压入基床，由此在基床内部便逐步形成和发展为各式各样的道碴陷坑，从而构成基床内部变形。

道碴陷坑为基床内部由于道床下陷构成各式坑洼的统称。在各种不同条件下形成的道碴陷坑，其深浅、大小和形状各不相同，但按其发生的部位和发展的过程来讲，道碴陷坑可分为：道碴槽、道碴锅、道碴囊和道碴窝四类。前而三类道碴陷坑，实际上为我国南方铁路线上基床内部变形形成和发展的三个阶段。道碴槽的陷坑部位并不深，属于路基面变形范畴。道碴锅（仅在极少数的情况下，有以道碴箱的形式出现，绝大部分是以大锅底形式和马鞍型锅底形式出现）就比较深些，已经由基面进入到基床内部。道碴囊是在基床内部深入发展的结果。由于气温变化引起的冻结作用所形成的蜂窝式道碴陷坑，称之为道碴窝。道碴窝一般发生在我国北方寒冷地区，南方铁路线上则比较少见。

按照道碴陷坑产生和发展的程序以及部位变化，基床内部变形的类型分述如下：

#### （一）道碴槽

道碴槽（全称为道碴陷槽，简称陷槽）是形成于路基面上的陷坑，分别分布在每根轨枕之下，内有道碴和积水，每

个凹坑不连通，其形成主要原因由于路基面土的抗剪强度不能适应外力（包括轨道的静荷重和列车运营时的动荷载及振动力）而产生的。为基床内部变形的初级阶段。这种陷槽很多是由于在新线铺轨时没有铺设道床，直接把轨枕铺在路基面上就运行留下来的轨枕槽如图 2—2 所示。另一种是铺轨时道床厚度不足或施工时填料夯实不良，土的密实度不够，基床松软，路基面所受压力超过基面抗剪强度以大锅底的形式出现，如图 2—3 所示，一般延续并不很长。此外，在线路经常养护维修和线路大、中修中增添了轨枕或方动了轨枕位置，使基面凹槽加密，逐渐趋向平缓，如图 2—4 所示，最后在纵断面上形成一片连续的陷坑。



图 2—2 道碴槽断面示意图

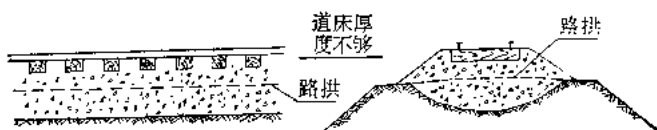


图 2—3 大锅底型道碴陷坑断面示意图



图 2—4 道碴陷坑形成和发展示意图

## （二）道碴锅

道碴锅是由于基床土质松软，密实度不够或不均匀，在松软处道床陷入较深，坚实处则陷入较浅。通过列车不断地运行动力作用，在道碴槽的基础上深入发展，有的由道床直接压陷，久之便发展成为具有锅底型的道碴锅。

由于路基面土的密实度不同和基面应力不相适应等原因，一般情况下道碴锅会形成二种型式：一种为大锅底型，如图2—3所示。基床内中部有一个锅底形的陷坑，这种情况比较少；另一种为两根钢轨底下各有一个陷坑，形成马鞍型，最为常见。由于轨底部分对路基面的作用力较大，道心较小，基床内便在两股轨底下相应产生两个纵向较深的陷坑。如这两股钢轨受力

均匀又近乎相等，则两个锅底形的坑凹便是对称的或近乎对称的，如图2—5所示。如在两股钢轨受力不均匀而又悬殊，这两个锅底形的坑凹则不对称，如图2—6所示，受力大的一股深，受力小的一股便

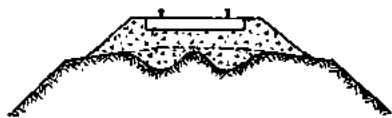


图2—5 对称马鞍型道碴锅示意图

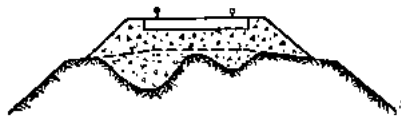


图2—6 不对称马鞍型道碴锅示意图

浅。这种情况，在曲线上最常发生。又由于路基两侧边坡上设施不同，也会产生不对称的马鞍型道碴锅，有设备的一侧锅底浅；没有的一侧则深，形成二个大小、深浅不相对称的道碴陷坑。道心部份一般不出现锅底形的坑凹。完全对称的马鞍型道碴锅也是比较少见的。

### (三) 道碴囊

在基床内一侧或两侧土体特别软弱处，道碴锅在一点或一小段向下剧烈深入发展，便形成道碴囊。由于道碴锅有大

锅底和马鞍形二种型式，因而道碴囊亦有二种型式。又由于气温变化引起冻结作用以及动力不均等原因，道碴锅有向边坡方向发展的自然趋势。因此，大锅底形的道碴囊是很少出现的。最常见的亦是不相对称马鞍型的道碴囊。深的一侧，往往是发生在曲线下股轨底下的一侧，或面向寒冷西、北面的一侧，而且经常是向边坡方向深入发展、积水的道碴囊，称为“水囊”。如图 2—7 所示。道碴囊的形成和发展、不象道碴槽和道碴锅那样成段的形成，而往往是以单独的小段形式存在，纵向距离并不很长。道碴囊与道碴囊之间，一般彼此不相连续。



图 2—7 道碴囊断面示意图

#### (四) 道碴窝

道碴窝是冻结作用的产物，与前述的道碴槽、道碴锅、和道碴囊有所不同，是一种特殊的内部变形。形式多样，奇形怪状，没有一定的规律可循。它的成因，不是列车的动力作用居于主导地位，而是土中水和囊中水的冻结作用所致，如图 2—8 所示。



图 2—8 道碴窝断面示意图

## 二、基床外表变形

基床内部变形产生道碴陷坑，导致了基床外表发生相应的变形。内部变形是根源，外表则是后果。随着道碴陷坑的类型、形式和发生部位的不同，基床外表便也相应地发生不同部位不同类型的变形。因此基床内外的变形是密切相关而又互为里表的。按照变形发生的部位和程序，基床外表变形

有：

### (一) 基面变形——翻浆冒泥和冻胀

翻浆冒泥为我国南方铁路线上最常发生的，实质上是由翻浆和冒泥两种不同性质的病害所组成。也可以说基面变形在我国南方铁路线上是以翻浆和冒泥二种型式出现。而在北方寒冷地区则还有基面冻胀病害。

#### 1. 翻浆类型和其特征

翻浆，是由含有一定量细小粉土、粘土颗粒以及少量砂粒所组成。比较紧密、强度较高的路基面，受积水和运营列车动力不断地作用，基面土发生触变而液化。又由于列车近乎周期性的运动作用，使触变了的土未及恢复而又再次发生触变液化，这样反复地触变液化，使得路基面形成泥浆。同时列车运营时，线路以波浪式的运动起伏，对路基面产生真空抽吸作用，使泥浆通过道床孔隙向上翻冒，便形成路基面翻浆。所翻的泥浆可分为胶态泥浆和液态泥浆两种：

(1) 胶态泥浆（或称稠泥型泥浆）是由含量70%以上的细小粘土和粉土颗粒与水组成的胶态物质。水的含量较少，稠度较大，富于弹性、粘着性和可塑性。向四周扩散的力量较小。在水中成稳定的胶液，不发生离析和沉淀。列车经过时泥浆上冒的高度不大，多沿枕木侧面较大空隙处上下蠕动，如图2—9所示。

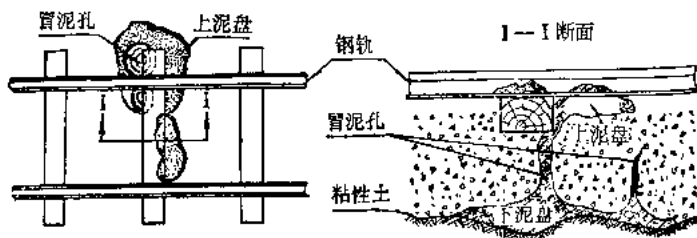


图2—9 稠泥型翻浆示意图

(2) 液态泥浆(或称稀泥型泥浆)是由含量50%以下的细小粘土和粉土颗粒与水组成的液态混合体。水的含量较多,稠度较小,近乎水的泥浆,仅具有不大的粘滞性。向四周扩散的能力较大,列车经过时,泥浆上冒的高度大,反冲力亦大,往往泥浆四溅。大多发生在含水量充沛的粘性土质路基地段,有时亦发生在软硬层相间的风化石质地段路基上。松散的粘性土为水浸泡达到饱和状态后,也会形成这类稀泥型泥浆,如图2—10所示。

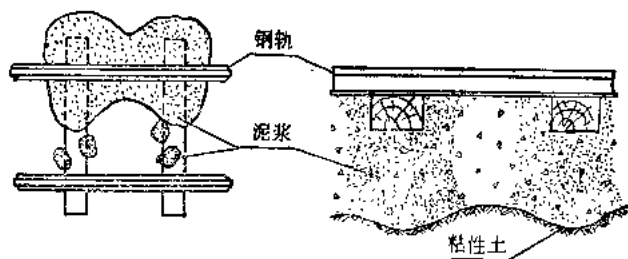


图2—10 稀泥型翻浆示意图

铁道科学研究院于1961年主持南方铁路第二次协作会议上按照病害的性质、特征和形成的条件以及从泥浆产生的部位和泥浆补给等因素,概略地把翻浆分为道床翻浆和路基面翻浆两大类型。作者认为道床翻浆为路基面以上的道床病害,不属于基床变形范畴,但与路基面翻浆有很多共性,关系密切,又易混淆,故仍列入翻浆,并进一步阐述其特征,以资与路基面翻浆鉴别。

### (1) 道床翻浆

道床受外来因素的影响,将泥土、石粉、灰尘、炉灰和脏物带入道床,和石碴混在一起。造成道床不洁,排水不良。由于地表水和列车频繁的振动抽吸作用,道床内便形成稀泥薄浆,列车经过时,泥浆被挤压抽吸翻冒,称之为道床

翻浆。

从我国南方铁路线上调查的结果，道床翻浆的特征有：

1) 在路堤和路堑地段均能发生翻浆。一般在整节钢轨上同时出现。接头部分由于列车冲击力和抽吸作用较大，表现得比较严重；

2) 翻浆现象仅发生在道床内，通常不侵入路基面，而且愈接近道床上部愈严重。有时由于道床翻浆的深入发展，也会引起路基面翻浆；

3) 翻出的泥浆，与路基面土的颜色不同，一般较路基面泥土的颜色为深，而且比较污浊黝黑；

4) 雨季翻浆比较严重，雨季过后，一般不再翻浆或翻浆减轻（排水不良及受地下水影响的地段除外），石碴被泥浆固结成干硬整块，形成道床板结，失去弹性。

道床翻浆的根源是道床不洁。造成道床不洁的原因，大致有下列几种因素：

1) 用风化或软弱岩石制成的碎石道碴，含泥量多，道碴质量差，列车经过时碎石道碴互相摩擦、冲击，捣固时石碴砸散、磨蚀产生大量石粉；

2) 线路养护维修工作中长久未清筛道床，或大、中修线路时，道床清筛不彻底，形成土垅、砂垅，妨碍道床排水；

3) 机车随地清灰，客货列车清扫车厢，以及货车装载矿石、煤屑、砂石、粉末等材料，落入道床；

4) 复线施工以及来往行人将泥土、石屑、脏物带入道床；

5) 路肩堆积砂石等土建材料和铁路材料以及煤碴货物，掩盖道床阻碍排水；

6) 路堑边坡发生风化剥落、泥石流、滑坡、崩塌等病