

铁 路 整 体 道 床

——设计、施工和保养

范 廷 林之珏 马 汶 李汝震 金 编
李 辰 许 瑛 孙中正 魏庆昌

中 国 铁 道 出 版 社

· 1980 年 · 北京

者了解整体道床在国内外的发展和应用情况，以利于加速整体道床的进一步研究和推广应用。

本书由林之珉、范霆和马汶主编，各章编写分工如下：第一章 范霆、孙中正；第二章 林之珉；第三章 李汝震；第四章 李辰；第五章 许琰、马汶；第六章 林之珉、马汶、魏庆昌；第七章 林之珉、范霆。

编 者

1988年10月

内 容 简 介

本书较全面地介绍了整体道床在科研、发展和应用等各方面的
问题，并在总结前几十年整体道床工作的基础上提出了一整套适
合中国国情的设计、施工和养护维修方法。全书共分七章，包括整体
道床的下述问题：概述、强度计算理论、设计、扣件和弹性垫板、
施工、保养、病害整治和在地下铁道、站场及海港码头中的应用。

本书可供从事铁道线路和整体道床工作的科技人员、有关技术
工人和大专院校师生学习参考。

铁 路 整 体 道 床

——设计、施工和保养

范 露 林之琅 马 汝 主编

中国铁道出版社出版、发行

责任编辑 傅希刚 封面设计 刘景山

河北省固安县印刷厂印

开本：850×1168mm1/32 印张：8 字数：154千

1990年5月 第1版 第1次印刷

印数：1—1800册

ISBN7-113-00516-0/TU·123

登记证号：(京)083号

定价：3.90元

序

普通道碴铁道线路基础稳定性差，维修工作量大，不能适应铁路发展的需要。从50年代初开始至今，我国铁路科技人员已研究出多种新型轨下基础，其中，整体道床是比较好的一种型式。整体道床取消了线路最薄弱的环节——石碴层，改为整体式的混凝土道床。它的优点是整体性强，线路稳定平顺，维修工作量少，工人劳动条件大为改善，修建费用也比普通道床增加不多。所以它是很有发展前途的一项新技术措施。解放前，在个别铁路隧道内曾修建过整体道床，使用情况良好，但缺乏应有的各项技术资料。此后，铁道部门做过一些试验，确认这项新技术可在新建隧道内试铺。1965年，我和本书部分作者先后在京广铁路易家湾明峒和贵昆铁路水城附近的三座隧道内参加了试铺工作，取得了一些经验和技术资料。当年，西南铁路建设部门在水城召开了现场会议，与会的各铁路设计和施工人员对此信心倍增，铁路工人尤为热忱欢迎。1966年，成昆铁路建设部门决定在长逾1.0~1.5km地质良好的隧道内大量采用整体道床。在全线隧道中，有30座修建了整体道床，计长64km。这些整体道床线路运营以来，大多数运行状态良好，充分体现了它的优越性。但是，另一方面，成昆等铁路某些隧道内整体道床的部分地段于修建后发生了涌水、塌陷等病害，影响了行车，须予整治。当时有的人不明真相，频加指责，认为整体道床病害不可克服，不宜采用，一时这项新技术几濒夭折。但广大铁路科技人员坚信科学，力排非议，通过大量的调查、试验、理论分析和整治工作，查明产生病害的原因是由于在设计和施工中忽视了地质水文条件，缺乏经验。基于上述调查研究，于1974年之后，铁道部组织科技人员总结了修建整体道床的经验，改进了设计、提高了施工质量，继续修建，终于取得

了今日的成绩。本书作者均在此项工作中付出了不懈的劳动。事实证明，整体道床凡修建在基岩上并彻底清底者，或对不良基础做特殊处理者，或基底保持干燥者，都未产生病害。整体道床的继续应用应予肯定。

随着我国社会主义经济建设的发展，铁路的客货运输量还将迅速增进，旧线改造工作十分繁重；我国幅员辽阔、地势复杂，新线建设正在积极进行，大力发展新型轨下基础必将成为我铁路现代化的一个重要环节。

目前，在修建整体道床工作中，虽有设计图和施工资料等可资遵循，但尚缺少一本全面叙述有关整体道床的书籍。本书的出版，即可填补这一空缺。本书作者均为长期从事整体道床工作的专业人员，包括科研、设计、施工和运营等各个方面。他们在实际工作中积累了正反两方面的经验，得到了经过反复验证的数据，这些资料将能在整体道床应用中起到良好的作用。

本书内容较为全面。首先，介绍了关于整体道床受力状态的三项试验结果，阐明了整体道床按弹性基础上的受挠曲构件来计算是合理的。并提供了算例，可直接用于设计。在设计方面，除了按照现行荷载和隧道分类提供了整体道床结构设计图之外，并有线路和附属设备的设计。这些设计都是在长期运营中反映出的问题经过修正后的成果。施工和病害整治的内容是根据各有关单位长期反复实践的经验总结，有实际应用的价值。关于整体道床在站场、地铁和海港码头等处的应用，本书介绍了实例，借以说明它在设计上的特点和应用的经济效益。

在成昆铁路修建时期，我曾参与整体道床线路的研究和应用工作，后来未能继续，所知甚少。今天喜见本书即将出版问世，希望它能为我国铁路现代化贡献一份力量。

翁元庆

1988年10月

前 言

整体道床是新型轨下基础较好的类型之一，它的特点是大幅度地降低轨道的养护维修作业量。为了减少养路工人在条件不良的隧道内的工作时间，所以我国铁路整体道床主要修建在较长的隧道内。到目前为止，全国铁路已修建整体道床300km。这个数量在各国铁路所建新型轨下基础中是比较大的。随着我国铁路新线建设和旧线改造的发展，整体道床还将得到更为广泛的应用。

我国所建整体道床，大部分已经有了15年以上的运营历史，受到了较长期的使用考验，为分析其运营效果、优缺点和构造性能等都提供了不少的经验 and 数据。这些从实践中得来的资料是十分可贵的。由于整体道床经受着机车车辆的反复的动力荷载作用，受力情况复杂，影响因素较多，因此道床构造能否适应运营要求，除了以正确的理论分析为依据之外，还须经过一段时间的运营实践方可确定。因为有些构造的细节问题只有在较长期的运营中才能暴露出来，所以要使整体道床的结构较为完善适用，一定时间的运营考验是必不可少的。我国现行整体道床设计方法就是根据运营中反映出来的问题经过多次修改而成的。

先进的整体道床的施工方法和施工组织是使整体道床达到设计要求、质量良好和造价合理的保证。我国现在采用的整体道床施工工艺及其一系列规定都是从多次施工中总结出来的，因而是较为经济和可行的。其它如病害的整治和扣件的选用等也都是充分实践的基础上得出的适宜的方法和类型。

我们编写本书之目的就是为了将整体道床有关资料全面地介绍给它的使用者，包括设计、施工和维修人员；同时也使广大读

目 录

第一章 概 述.....	1
第一节 新型轨下基础的发展.....	1
第二节 整体道床的特点及类型.....	7
第三节 整体道床的应用情况.....	11
第四节 整体道床的经济效果.....	18
第二章 整体道床结构强度计算理论.....	23
第一节 整体道床受力状态试验分析.....	23
第二节 强度计算的基本原理和参数.....	28
第三节 强度计算及算例.....	30
第四节 影响整体道床强度的因素.....	38
第三章 整体道床设计.....	44
第一节 隧道整体道床设计的内容.....	44
第二节 整体道床结构设计.....	50
第三节 排水设计.....	62
第四节 支承块设计.....	68
第五节 轨道及附属设备设计.....	70
第四章 整体道床扣件和弹性垫板.....	77
第一节 整体道床扣件.....	77
第二节 弹性垫板.....	92
第三节 整体道床轨道电路绝缘.....	95
第五章 整体道床施工.....	96
第一节 整体道床的施工方法.....	96
第二节 施工组织.....	109
第三节 支承块的制造.....	114
第四节 运营线上整体道床的施工.....	124
第五节 施工机具.....	131

第六章 整体道床的保养和病害整治·····	136
第一节 整体道床的保养·····	136
第二节 整体道床病害及其产生的原因·····	144
第三节 整体道床病害整治措施·····	147
第四节 整体道床病害整治作业·····	154
第七章 整体道床在地下铁道、站场和海港码头中的应用··	170
第一节 地下铁道内的整体道床·····	170
第二节 站场整体道床·····	177
第三节 海港码头整体道床·····	181

第一章 概 述

第一节 新型轨下基础的发展

自从铁路问世一百多年以来，它的构造形式主要是两根钢轨支承于横向枕木之上，枕木下部和周围由散体的石碴包围，道碴层形成道床。这种道床具有构造简单、铺设容易、拆迁方便和有一定弹性的特点，所以能延续采用至今，成为传统的轨道结构。但在应用中，人们逐渐发现了它的缺点。首先，由于道碴是松散的碎石，因此，在列车作用下，道碴的磨损、坍塌、局部陷入路基以及钢轨和枕木的磨损和切削，都会形成轨道的残余变形。这种变形积累起来，轨道将产生不平顺。每隔一定时间就需要进行养路维修，不仅工作量很大，而且是艰苦的体力劳动。道碴的变形是引起轨道不平顺的主要因素，约占轨道变形的80%以上。随着行车速度和运输量的提高，轨道的维修工作更趋频繁，特别是在一些繁忙的干线上，行车间隔时间短，进行维修工作更为困难，有时甚至不可能进行维修作业。另外，在长大隧道内，机车产生的有害气体不易排出，工人在洞内作业，对健康十分不利，因而要求隧道内轨道的维修作业量应力求减少。现在由于新建铁路隧道长度不断增加，内燃机车排出的有害气体毒性更烈，这种要求更为迫切。这些情况都表明，传统的轨道结构已不能适应现代铁路的运营要求了。

基于上述原因，各国铁路都在研究加强轨道结构，使之具有较高的稳定性，从而减少养护维修工作量。几十年来，改善轨道结构的工作一直在进行着。改善的途径可以归纳为两个方面：一是加强组成轨道的部件，如钢轨、枕木和道碴，并采用无缝线路等；二是改变轨下基础的构造，采用新型轨下基础。

实践表明，采用重型钢轨、无缝线路、预应力混凝土轨枕和改善道碴等措施在提高轨道的稳定性方面是有显著成效的，而新型轨下基础对消除或减轻道床变形具有更为突出的性能。因而能更好地加强轨道的稳定性。采用新型轨下基础可以大幅度地减轻轨道养护维修工作量，并可消除作业中笨重的体力劳动。人们常称这种少维修的轨道为新型轨道。

一、新型轨下基础应具备的条件

(一) 具有较高的轨道稳定性

(二) 具有适宜的轨道弹性

轨道弹性对列车运行的动力作用、旅客的舒适度以及轨道和机车车辆的使用寿命都有影响。一般要求新型轨下基础要有与传统道床相接近的轨道弹性。用于地下铁道须减少噪音。

(三) 构造简单，坚固耐久

新型轨下基础结构在适应铁路行车要求和耐久条件下应力求简单。施工速度要与铁路施工整体的进度相适应。使用寿命一般应保持五十年以上。修建在隧道内的整体式轨下基础应与隧道的使用年限相近。

(四) 轨道发生变形应能调整，基底局部下沉应易于修复

新型轨下基础轨道并不是无维修轨道，而只能实现少维修。所以新型轨下基础的设计应当从两方面考虑维修的可能性：对轨道轻微的变形，可在钢轨与道床之间用扣件和垫板进行调整；当基底的局部下沉（或上翘）引起轨道较大变形时，必须有切实可行的修复方法，特别要考虑在运营情况下的修复方法，以保持轨道的正常使用状态。

(五) 造价经济合理

采用新材料、新工艺的新型轨下基础，其造价高低是影响它能否推广应用的一个重要因素。在一般情况下，新型轨下基础轨道的造价比轨枕、碎石道床轨道要高，但不能高出太多，应有一个经济合理的范围。我国60年代施工的整体道床的造价较预应力

混凝土轨枕碎石道床高约14.2~22.5%；英国PACT型整体道床的造价高出碎石道床约17~33%；日本板式轨道的造价为有碴轨道的2倍，这些造价一般都认为是合理的。

二、新型轨下基础的结构类型

新型轨下基础的分类，国内外不尽一致，本书采用国内已有的分类方法，将目前各国铁路已铺设和试铺的新型轨下基础归纳为以下三种类型。

（一）无碴型新型轨下基础

取消传统的道碴层，以混凝土或钢筋混凝土作为钢轨的基础。混凝土可在现场灌注，也可采用预制件，或是两者相结合。这一类型适用于坚实基础，如石质隧道、桥梁、高架铁道和地下铁道等。用于土质路基或地质不良的基底上时，基底需要加强处理。

图1—1为我国隧道整体道床的横断面图。道床混凝土直接灌注于基础之上，有预制的钢筋混凝土支承块（也可用短木枕）嵌固于道床混凝土内。

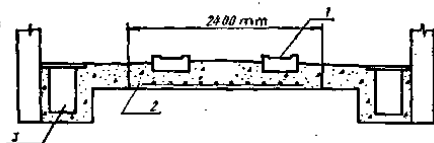


图1—1 整体道床断面图

1——钢筋混凝土支承块；2——300号混凝土；3——侧沟。

图1—2所示为日本铁路所用的A型板式轨道，用于岩石基础、桥梁和高架结构上，钢筋混凝土板为预制品。

（二）固结道碴型新型轨下基础

在传统轨道的道碴层中灌注流体的固结材料填充道碴或部分道碴的空隙，流体的固结材料硬结之后，松散的道碴便结成为整体。

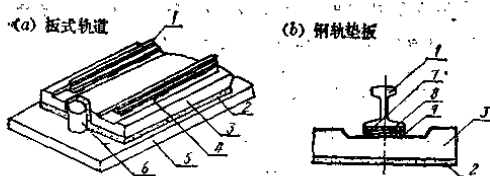


图1—2 日本板式轨道

- 1—60kg/m钢轨；2—水泥沥青砂浆；
3—轨道板；4—垫板；
5—承台；6—水平限位柱；
7—铁板；8—胶垫；
9—可调衬垫。

图1—3和图1—4所示分别为日本铁路试铺的铺装道床和填充道床。铺装道床是在道床上层厚15cm的道碴内灌注沥青使之固结，下面道碴不加处理，仍为散体。这是考虑表层道碴受列车振动影响较大之故。填充道床是将轨枕下的道碴全部用沥青处理。预应力混凝土轨枕和宽轨枕都可应用，这两种类型适用于旧线改造之用。

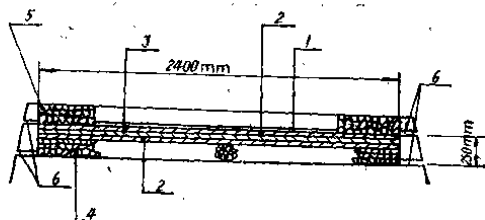


图1—3 日本铺装道床

- 1—PTAC20mm；2—细粒沥青混凝土；3—黑色碎石；
4—混凝土；5—面砧；6—排水孔。

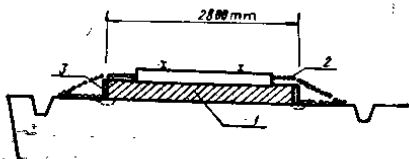


图1—4 日本填充道床

1——沥青灌注层；2——面碴；3——挡碴。

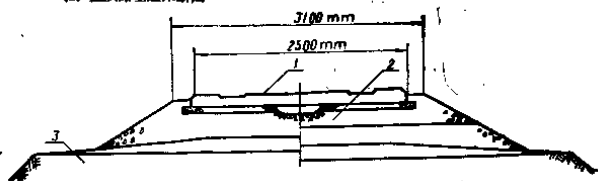
(三) 保留道碴型新型轨下基础

松散体的道碴层是轨道变形积累的主要来源，这是它的缺点，但在另一方面，道碴层提供了轨道必要的弹性，有减振和消声的作用，在轨道的残余变形达到一定程度之后，还可通过补充道碴和捣固，使轨道复原，因此在少维修的新型轨下基础中仍有保留道碴层的类型。在这一类型中，主要的特点是将一般轨枕换用钢筋混凝土宽轨枕或框架式轨枕，以加大轨下部件在道碴层上的承压面积，降低道碴所承受的压力，起到减缓道碴变形的作用，从而减少轨道的养护维修量。有的还在道碴层两侧设置挡碴墙，阻止道碴向外坍塌，效果更为显著。我国铁路从1958年开始研究宽混凝土轨枕轨道（旧称轨枕板线路），现已在繁忙干线、隧道和站场推广应用，如图1—5所示。

上述三种类型轨下基础，各国试铺的结构不尽相同，有关文献均有详细报导，本书不再赘述。

目前，除中国和日本分别铺设了一定数量的整体道床、宽轨枕和板式轨道外，其它大部分国家的新型轨下基础还处于试铺和观察阶段，没有大量应用。新型轨下基础能够减少轨道的养护维修工作，提高轨道的稳定性，已为人所共知，但各种新型轨下基础都具有两个共同点：一是造价比传统道床基础要高；二是轨道基底一旦发生病害，整治较为困难，这是它广泛应用的一个障

(a) 土质路基道床断面



(b) 隧道内道床断面

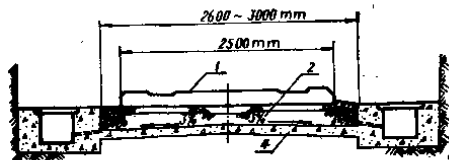


图1—5 我国宽轨枕轨道断面图

1——宽轨枕, 2——道砟, 3——路基, 4——捣混凝土铺底。

碍, 但又由于它的优点突出, 各国铁路亦多不愿放弃。

新型轨下基础类型的选用, 主要应根据本国的国情和应用地点的具体条件而定, 既要在技术上优越, 又要在经济上合理。以日本铁路为例, 1965年以后在山阳、上越和东北新干线等新建的高速线上大量采用板式轨道, 除了由于当时整体道床的施工速度不能适应之外, 有一个重要的因素就是日本新干线中桥梁、隧道和高架桥结构的总长度占铁路总延长的比例数很高: 东海道新干线占46%, 山阳新干线占92%, 上越新干线占99%。板式轨道的主要部件是钢筋混凝土或预应力钢筋混凝土预制板, 它在桥梁、隧道和高架桥上都能适用。其造价虽然较高, 但大大减少了轨道的维修量, 板式轨道修建中多付出的投资, 大约经过4~6年的运营, 就可由节省的运营费中得到补偿。

在选用新型轨下基础类型时，对隧道内和隧道外的线路应有不同的考虑。在隧道特别长的隧道内，轨道的养护维修条件差，以采用能够大幅度降低轨道维修工作量的基础为宜。另外，隧道内大多是石质路基，路基坚实稳定，采用无碴类型更能发挥它的优越性能。土质路基上的线路情况就不同了，路基的局部下沉是难以避免的，因此，一般区间线路以采用保留道碴或固结道碴的新型轨下基础更为适宜。

第二节 整体道床的特点及类型

一、整体道床的特点

整体道床是新型轨下基础的一种结构形式。它没有传统的道碴层，是用混凝土或钢筋混凝土浇灌于坚实的基础之上形成整体的道床（如图1—1）。日本铁路称之为“直接联结轨道”，英国铁路称为“连续灌筑钢筋混凝土轨道”。也有将无道碴的预制钢筋混凝土板式道床列为整体道床的。本书所述内容限于道床主体是现场灌筑的混凝土或钢筋混凝土的整体道床。

整体道床的主要优缺点为：

- （一）轨道稳定性好，养护维修工作量极少
- （二）构造简单

整体道床用300号混凝土或钢筋混凝土就地灌筑而成，每延米混凝土用量为 1m^3 左右、钢筋约40kg（单线铁路），不需要厂制混凝土构件（支承块可在工地制造），也不需要特殊材料，与其它类型的轨下基础相比，结构是比较简单的，造价也相应低廉，只比碎石道床约高30%。在一般新线和旧线工地都可进行施工，不需要起重设备和其它大型机械。施工进度一般8小时可达数十米，如用大型连续铺筑机，每小时可铺筑整体道床40~50m。整体道床的修建速度是能够满足目前铁路施工进度要求的。

轨道的方向和水平是在道床的施工过程中调整固定下来的。根据大量的施工和运营经验，整体道床的施工精度是能够满足铺

轨要求的。

(三) 外表整洁美观, 使碎石道床的面貌有了改观

(四) 整体道床用于隧道内, 可以降低隧道净空, 改善通风条件

由于整体道床厚度比碎石道床厚度要小, 因此隧道净空的高度可以相应减小, 新建隧道可节约开凿和圬工量。旧线隧道电气化改建时, 如果修建整体道床, 可免除挖底落道工序。

(五) 整体道床混凝土为现场灌注, 避免了厂制构件的长途运输

(六) 整体道床发生病害时, 修复较为困难, 因此要求设计要安全, 施工要重视质量

(七) 施工精度要求较高

整体道床混凝土一经灌注结硬后, 轨道几何尺寸的变动完全取决于钢轨联结扣件的调整能力, 而扣件的可调量总是有限的, 因此要求整体道床竣工后的轨道质量应符合《铁路工务规则》大修验收标准的有关规定, 这个要求一般是可达到的。

(八) 道床弹性较差, 扣件的型式较复杂

为了使整体道床轨道具有与碎石道床轨道相接近的轨道弹性, 确保轨道各组成部件处于正常的受力状态, 整体道床应采用弹性扣件, 同时为了满足整体道床轨道几何尺寸和曲线轨道超高变化的调整, 要求扣件还应具有一定的调高和调轨距的能力。

二、整体道床的类型

整体道床在实验阶段曾有多种类型。经过试铺和运营, 国内保留了三种, 它们是: 短木枕式、钢筋混凝土支承块式和整体满筑式, 如图1—6所示。三种形式各有优缺点, 应根据线路条件和要求选择使用。

(一) 短木枕式

整体道床轨下部件是经过防腐处理的短木枕, 嵌固于混凝土内, 上因铺设钢轨, 如图1—6(a)所示。

优点:

1. 由于轨下嵌一短木枕(一般长60cm), 钢轨支承于木枕之上, 木枕的弹性优于混凝土, 故这种形式的整体道床其轨道本身具有较好的弹性。

2. 在木枕上调整轨距、水平较为容易, 整体道床所用扣件可以简化。

3. 在木枕上处理轨道超高的调整较为容易。

缺点:

1. 短木枕需要用优质木材制作, 料源供应较为困难。

2. 短木枕易腐朽、开裂、磨损和切削, 使用寿命短, 需要定期更换。

短木枕式整体道床以在曲线地段或特殊地段应用为宜, 一般地段现已少用。

(二) 钢筋混凝土支承块式

轨下部件为预制的钢筋混凝土支承块, 由500号钢筋混凝土制成, 块下有伸出钢筋与道床混凝土联结。图1—6(b)、(c)、(e)所示为这种形式。

优点:

1. 支承块用500号混凝土制作, 配筋较多, 使钢轨支点处有较高的强度。

2. 道床施工精度容易掌握, 因而轨道质量较好。

3. 支承块是预制件, 扣件所需的挡肩和承轨槽容易制作。

缺点:

支承块为预制件, 道床混凝土为就地灌注, 存在新老混凝土不易联结的问题, 在支承块的周围常常发生缝隙, 影响道床的整体性。

(三) 整体灌注式

整体道床混凝土全部为就地灌注, 轨下不镶嵌木枕或支承块, 承轨槽和挡肩系在灌注混凝土时成型, 如图1—6(d)所示。

优点: