

TIELU TUGONG JIANZHUWU SHOUC

铁路土工建筑物手册

〔德〕 Prof.Dr.-Ing.habil.Claus Göbel
Prof.Dr.-Ing.Klaus Lieberenz

中铁二院工程集团有限责任公司 译

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

铁路土工建筑物手册

[德]Prof. Dr.-Ing. habil. Claus Göbel

[德]Prof. Dr.-Ing. Klaus Lieberenz

中铁二院工程集团有限责任公司 译

中国铁道出版社

2009·北京

北京市版权局著作权合同登记号 图字:01—2008—0947 号

图书在版编目(CIP)数据

铁路土工建筑物手册/(德)戈贝尔(Göbel, C.), (德)利伯兰茨(Lieberenz)著;
中铁二院工程集团有限责任公司译. —北京:中国铁道出版社, 2009. 3
ISBN 978-7-113-09587-1

I. 铁… II. ①戈…②利…③中… III. 铁路工程-手册 IV. U2-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 022751 号

Handbuch Erdbauwerke DER BAHNEN

Auflage 2004, ISBN 3-7771-0317-9

©2004 Eurailpress Tetzlaff-Hestra GmbH & Co. KG

内 容 简 介

本书从理论和实践两个方面详尽地阐述了德国时速达 300 km 的铁路路基设计、施工、运营维护 and 环境保护的方法和手段,并采用大量的计算公式、图表和实例加以佐证;介绍了德国铁路路基工程设计、施工和科研的最新成果;介绍了德国高速铁路在采用无砟轨道(含有砟轨道)的新建工程和既有线改扩建工程中积累的经验和方法。本书技术数据翔实,图文并茂。书后附有大量的参考文献和有关德汉对照词汇。

本书可供铁路工程设计、施工及管理技术人员参考,也可供相关院校师生参考。

书 名:铁路土工建筑物手册
作 者:中铁二院工程集团有限责任公司 译

责任编辑:李丽娟 电话:(010)51873135
编辑助理:尹 倩
封面设计:马 利
责任校对:孙 玫
责任印制:金洪泽 陆 宁

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:化学工业出版社印刷厂

版 次:2009年4月第1版 2009年4月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:18 字数:437 千

印 数:1~2 000 册

书 号:ISBN 978-7-113-09587-1/TU·996

定 价:68.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部调换。

电 话:市电(010)51873170,路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504,路电(021)73187

德国 PEC+S 集团公司序言

对于速度为 300 km/h 或以上的高速铁路,必需将无砟轨道结构建成具有持续的良好舒适性的系统。高平顺性、高可靠性、长寿命和高稳定性是无砟轨道必备的性能。在无砟轨道结构中,采用稳定性好的材料如混凝土和沥青来代替传统的分布荷载的部件——道砟。相比道砟而言这些替代材料弹性较小,因而必要的弹性就必须通过在钢轨和轨枕下设置弹性元件来获得。无砟轨道具有很好的稳定性和耐久性,实现了减少轨道维护的目的。

与有砟轨道相比,无砟轨道要求地基基本无变形、无沉降。无砟轨道下部结构的稳定是通过混凝土底板下深度至少为 2.5 m 的土方结构来实现的。因此,无砟轨道的关键是有稳固的土方结构。与有砟轨道相比,无砟轨道土方结构的施工和材料费用较高,在设计 and 施工中充分考虑土方结构长期沉降的特性可延长无砟轨道的使用寿命,减少养护维修工作量。

《铁路土工建筑物手册》一书是由德国教授 Claus Göbel 博士和教授 Klaus Lieberenz 博士共同撰写的铁路路基工程专业书,书中不但对规范体系规定和土工技术方面加以解释和说明,而且对最新发展趋势、新知识和新的施工方法也作了介绍。中铁二院工程集团有限责任公司将此书译成中文并出版发行,将对中国高速铁路的建设具有较高的参考价值。

德国 PEC+S 集团公司总裁、高级工程师
Matthias Scholz

2008 年 12 月,德国慕尼黑

译者的话

由德国教授 Claus Göbel 博士和教授 Klaus Lieberenz 博士共同撰写的《铁路土工建筑物手册》，是一本学术性较高、适用性很强的铁路路基工程专业书。本书结合德国规范，从理论和实践两个方面详尽地阐述了时速达 300 km 的铁路路基设计、施工、运营维护和环境保护的方法和手段，并采用了大量的计算公式、图表和实例加以佐证；介绍了德国铁路路基工程设计、施工和科研的最新成果，以及德国高速铁路采用无砟轨道（含有砟轨道）的新建工程和既有线改扩建工程中积累的最新经验和最新技术。本书技术数据翔实，图文并茂，书后附有大量的参考文献和铁路土工建筑物德汉对照词汇。本书自 2004 年出版以来，在德国铁路工程界引起较大的反响。

铁路土工建筑物是铁路工程最为关键的组成部分之一，其状况好坏直接影响到铁路建成后的运营。为了借鉴发达国家的先进经验，尽快缩短我国与发达国家在该领域的差距，加速技术创新，实现我国铁路又好又快的发展，中铁二院工程集团有限责任公司组织有关人员翻译了本书，旨在帮助我国铁路部门的广大技术人员能够较好地吸收和参考德国在路基工程方面的成熟经验，并结合我国的实际情况加以科学的运用，加速我国高速铁路建设步伐，为铁路现代化建设做出贡献。

中铁二院工程集团有限责任公司孙德秀译审负责本书翻译的组织协调和统稿工作，并翻译本书 1~6 章、全书图表和附录；中铁西南科学研究院有限公司王彬副译审翻译本书 7~9 章。全书由孙德秀主审。

中铁二院工程集团有限责任公司董事长漆宝瑞和总经理朱颖始终关心本书的翻译工作，并给予大力支持。公司副总工程师教授级高工秦小林，教授级高工胡新明和魏永幸对本书翻译工作提出了具体修改意见，公司副总工程师教授级高工李海光通读了全书并提出修改意见，教授级高工蒋楚生对全书作了技术审核，高级工程师林尧璋对全书进行了出版前的审核，德国 PEC+S 集团公司姜卫利博士、中铁一局李昌宁博士阅读了部分章节，使得翻译工作得以顺利进行。感谢西南交通大学博士生导师马建林教授在本书的翻译和审校过程中给予的悉心指导和热情帮助，感谢中国铁道科学研究院叶阳升和罗梅云研究员以及西南交通大学博士生导师罗强教授对本书进行了细心校阅。

中铁二院工程集团有限责任公司
2008 年 10 月，成都

原版前言

柏林交通出版社(transpress)于1988年出版了一本有关铁路路基工程和土工建筑物的专业书《铁路路基工程》(Göbel/Richter, Eisenbahnunterbau, transpress, VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin 1988, ISBN 3-344-00251-1),该书是在当时东德国有铁路现行规范的基础上编著而成的。由于政治上变革的原因,东、西德铁路合并,所有规范进行统一,使得《铁路路基工程》(Göbel/Lieberenz/Richter)有了修订再版的机会,所以于1996年以德国铁路股份公司铁路培训中心的专业参考丛书8/20分册形式由海德堡—美茵茨铁路专业出版社出版。但是上述两本书中都未涉及无砟轨道的问题。

在随后的时间内,规范发生了根本性的变化。首先是对德国铁路股份公司原来制定的实施细则836《土工建筑物规范》(DS 836)从根本上进行了修订,采用了模块形式以《土工建筑物设计、施工和维护》规范836(Ril 836)重新发行;与此同时,恰好遇上DIN 1054《地基、土工和基础工程的安全验证》重新修订颁发,上述规范于2003年在全新的安全理念的基础上采用部分安全系数的概念开始实施。这两个规范对于土工建筑物的设计和施工具有根本性的意义。其原因在于除了在采用无砟轨道的高速铁路新建工程中和既有线路改扩建工程中积累的新经验和新认识以及采用了新的施工方法外,产生了编写铁路土工建筑物手册的想法。

作者尝试在土工建筑物手册里根据现行规范体系,尤其是根据Ril 836和DIN 1054,反映出当今科技发展水平。土工建筑物规范836在实践过程中被证明是正确的,它同德国铁路股份公司的其他规程和规范一起,组成了与土工建筑物的设计和施工密不可分、全面的规范体系。在这个规范体系的使用和实践过程中,作者不断体会到,有些认识、尤其是对土工技术的相互关系和背景常常感到不足。本书的目的尝试弥补这方面的缺憾。

作者对本书内容的构思有两个方面的考虑。一方面考虑是对规范体系的规定加以解释、说明并且揭示其土工技术的相互关系,力求起到对Ril 836“注释”的作用;另一方面考虑是对尚未纳入现行规范体系的一些最新发展趋势、新知识和新施工方法加以介绍。因此,作者选定了“面向未来”的第二方面的可能性,不但对规范体系规定的解释和土工技术方面的理由加以解释和说明,而且也对新知识和新方法加以介绍,同时对规范的进一步完善提出了建议。然而从法律上讲,还是现行的规范有效。

本书为实际工作的指导书,面向铁路工作者,采用了大量的算例和实例;同时本书也适用于铁路土工建筑物设计和施工专业;也希望本书对在校学生以及志在本领域里进一步深

造的人员有所裨益。

尽管我们尽了最大的努力,书中错漏之处在所难免,当由作者和出版社负责。欢迎读者提出批评、指正意见。

衷心感谢在本书编写过程中提供帮助的专业同行,特别感谢 Dr.-Ing. Frank Richter 和 Cottbus 先生通读了全书,对本书内容乃至编排形式都提出批评意见和建议。还要感谢出版社的通力合作以及等待本书脱稿的耐心。

Claus Göbel

Klaus Lieberenz

2004 年 7 月,德累斯顿

目 录

1 引 言	1
2 铁路技术原理	4
2.1 轨道—轮轨系统	4
2.2 概 念	4
2.3 断面形状	7
2.4 下部建筑和土工建筑物的应力	11
3 土工技术原理	28
3.1 土工调查	28
3.2 土的划分(分类)	32
3.3 状态描述	38
3.4 抗剪强度	39
3.5 变形特性	41
3.6 渗透系数和毛细作用	46
3.7 过滤层稳定性	48
3.8 冻害标准	51
3.9 压 实	53
3.10 土工合成材料的产品特性	56
4 路基的设计和施工	58
4.1 路基(面)的横向坡度	58
4.2 原地基面的准备	59
4.3 铁路路堤	61
4.4 铁路路堑	65
4.5 铁路半挖半填断面	68
4.6 边坡的安全措施	68
4.7 土工建筑物与大型建筑物之间的过渡段	75
4.8 路基内的构筑物和其他设施	78
4.9 土方工程的质量保证	81
5 路基的设计计算	87
5.1 稳定性的验证	88

5.2	保护层的设计计算	110
5.3	动力稳定性的验算	124
6	保护层	127
6.1	保护层的作用、种类和厚度	127
6.2	保护层的布置	127
6.3	保护层材料的要求	129
6.4	采取附加措施的保护层	142
6.5	保护层的铺设	155
6.6	设计计算举例	160
6.7	线路水平支护	163
7	铁路路基的排水	166
7.1	作用和必要性	166
7.2	土中水	166
7.3	自然排水原则	169
7.4	地表水的排水设施	170
7.5	地下排水沟	173
7.6	泄水设施	190
7.7	车站轨道设施的排水	192
7.8	铁路道口的排水	195
7.9	边坡排水	196
7.10	排水设施的水力学计算	198
8	土工建筑物的加固	205
8.1	问 题	205
8.2	加固准备	207
8.3	地基加固	207
8.4	路基加固	241
9	维 护	254
9.1	概 述	254
9.2	下部结构的维护	255
9.3	土工建筑物的维护	257
	词汇索引(德汉对照)	260
	参考文献	274

1 引言

铁路的绝大部分工程是土工建筑物,因而土工建筑物是铁路最基本的组成部分。为了保证铁路安全、畅通无阻,要求土工建筑物不但具有稳定性,而且具有不变形的性能(适用性)。土工建筑物在长时间里具有足够的稳定性和适用性的前提是,在设计和施工时应充分考虑对土工建筑物产生影响的各种因素。对土工建筑物起最主要作用的有交通荷载、路基自重、水流作用力以及气候的影响。此外,还要考虑与其他交通道路以及与河流和输送管道等交叉时的影响。

由于上述因素的影响,土工建筑物承受了很大的荷载。因为铁路除了货物运输外,主要是运送旅客,所以安全性特别重要。土工建筑物的基本任务就是保证铁路线路,在规定的交通荷载和要求的使用期限内,在确保必要的旅行舒适度的前提下正常运营。

对此必须考虑土工建筑物和上部建筑构件之间的强烈相互作用和相互影响。此时,土工建筑物原则上是作为工程建筑物来对待和设计的。

本书书名包含有“土工建筑物”和“铁路”这两个概念,所以首先需要对其进行定义并解释。

土工建筑物概念和土工建筑物的划分引自德国铁路股份公司规范 Ril 836《土工建筑物的设计、施工与维护》^[1](1999年12月20日)。此处,土工建筑物是路基、支挡建筑物和涵管通道以及用于保证土工建筑物发挥正常功能所必需的设施的统称,这些设施是排水设施、保护层、路肩人行道、生物防护措施等。在一些国际上推荐的参考文献中,尤其是在国际铁路联盟的 UIC-Kodex 719E《铁路线路土工建筑物和承载层》^[2]中,部分地采用了其他的概念和定义,但在本书里统一采用参考文献^[1]中的概念。

铁路线路结构中土工建筑物的布置请参见图 1.1。土工建筑物各组成部分的分类参见图 1.2。有砟轨道和无砟轨道承载体系的组成部分及其相关概念在第 2 章中将详细叙述。

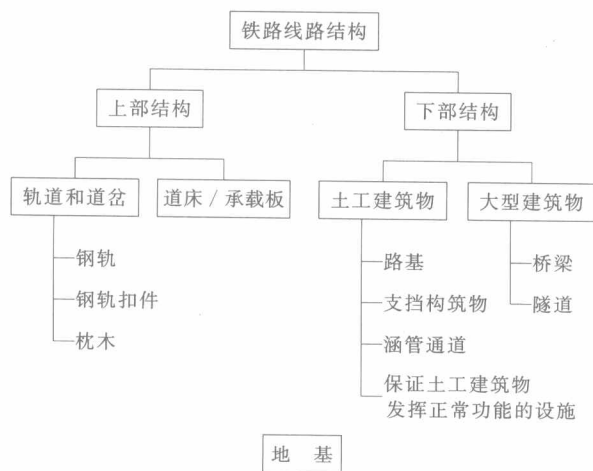


图 1.1 铁路线路结构中土工建筑物的布置

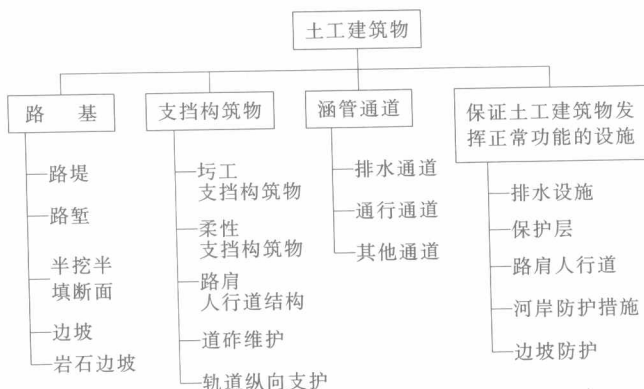


图 1.2 土工建筑物的分类

铁路这一概念是指普通钢轨铁路,通过克服轮轨摩擦力并传递列车在其上运行所必需的力,用于人员和货物的运输。同时也可以采用有轨交通这一概念。根据图 1.3,铁路又分为公共交通和非公共交通铁路、城市有轨电车和市区铁路等。

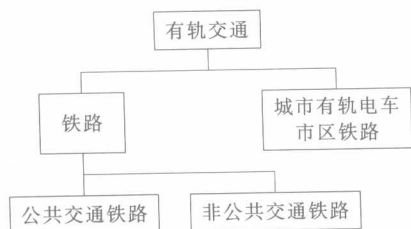


图 1.3 轨道分类

铁路土工建筑物设计和施工的原则是,在静力状态下发挥作用并对安全性能要求高的构件,其稳定性和耐久性要满足 120 年使用期,并很少需要维修。这就要求遵守庞大的规范体系里规定的一系列与质量有关的要求,其中最为重要的规范是 R11 836^[1],ZTVE *^[3] 和 DIN 1054^[8]。它们不但对土工建筑物新建工程的技术要求作出了规定,并对德国

铁路股份公司最高速度为 300 km/h 的既有线的加固和养护技术要求作出了规定。

过去常提出这样的一些问题,在铁路内部是否需要制订一套自己的土工建筑物规范,是否可以将公路系统庞大的规范体系移植到铁路上来,答案是否定的。诚然,公路和铁路有许多共通的地方,但也有相当大的差异。较为重大的差异如下:

(1)公路系统采用不透水的路面,这样地表水形成一个封闭的系统,而铁路有砟轨道为开放系统,通过有砟轨道地表水就有可能渗透到地基中去。这一差别导致承载体系就有可能完全被浸透,从而影响到土工建筑物的构造、设计与施工。

(2)旅客不但要求公路车辆而且也要求铁路车辆具有一定的旅行舒适度,舒适度是通过车辆—道路系统足够的弹性来保证的。在公路—车辆系统中,弹性主要取决于汽车相对柔软的橡胶轮胎,这就是公路路面为何被设计具有一定刚度的原因;与其相反,铁路列车是采用钢轮在钢轨上运行的,仅通过铁路车辆的弹簧来保证足够的弹性是不现实的,还要通过对铁路上部建筑和下部建筑采取一系列的措施来加以保证。与公路相比,铁路的下部建筑应具有适度的弹性。

(3)在铁路上,车辆传递给行车道的荷载明显要大得多。而这些荷载的消散不仅需要通

* 联邦交通部道路工程部制定的《道路工程中土工工程附加技术合同条件和指南》(译者注)。

过荷载的传递,还需要通过轨道的缓冲作用以及荷载的重新分布。钢轨所需的弹性同样由具有适度弹性的下部建筑来提供。

(4)铁路受到的动力影响比公路大,而且危险得多。铁路土工建筑物主要承受的是动荷载,这就是为何在高速和不利的地基条件下必须对动力稳定性进行特别验算的原因所在。

在德国铁路股份公司规范 836^[1]中,对新建土工建筑物和加固/维护的土工建筑物的要求进行了区分。这种区分是重要的,也是必要的,原因在于能够满足这些要求的条件有着本质上的差别。土工建筑物的新建工程往往是在设计速度达 300 km/h 的高速线路上。对于这样的新建高速铁路线路,通常都进行了全面的地基勘探,以实现铁路无障碍运营。另外,土工建筑物可以在最新的科技成果和最先进的施工方法指导下进行设计和施工。

所不同的是,在对既有铁路线路的加固/维护中存在一些问题。加固是指通过工程技术措施使既有土工建筑物的稳定性和耐久性符合较大的线路荷载的设计要求(线路类型)。而维护则是通过各种措施来保护和恢复既有线路的设计状态。在今天看来,大多数建于 19 世纪下半叶的既有路线路受诸多技术条件的限制,所以在对其进行加固/维护时需要克服许多问题。当时的铁路工程建设主要靠人力完成的,所使用的工程机械只能适用于一些较为简陋的土工工程,土工建筑物未经压实就简单回填。这些具有相对较长的历史的铁路在完工后就立即投入运营,但是到目前仍然完好无损,其原因是承受的初期荷载较小。但是随着时间的推移,承受的荷载不断提高(线路类型、荷载、行车速度和轴重的改变),就不再适应运营要求了。而对既有土工建物病害的整治往往需在不中断行车的情况下进行,这无论从技术、工艺还是运营方面而言,花费都是惊人的,所以常常是放弃加固或者仅仅进行一些必要的维护。这样一来,这些土工建筑物就不再适应目前对稳定性和耐久性的要求,必须新建或者进行彻底的维修才行。

对这些具有相当长历史的铁路线路进行加固/维护是和许多原先就存在的土工技术问题以及几何尺寸、运营、经济开支不断增大等问题的解决联系在一起的。已不断开发出许多新型、合理的施工方法来解决上述问题,它们已经通过验证并获得成功应用。

2 铁路技术原理

2.1 轨道—轮轨系统

轨道是指以固定轨距运行的铁路的总称。因此,轨道的典型特征是以车辆和道路作为主要部件通过轮轨摩擦在轨道上运动。为了控制车辆并使其有目的地运动,支承构件、导向构件和运动(向前推进/缓行)构件等必须得到控制,这就要取决于钢制的而且有一定造型的轮轨之间的接触。只有当车辆的传动力克服了自身阻力和轨道阻力后才能运动。在上述运动过程中纵向力大于横向力,因此从行驶动力方面来说力学基本方程式适用于直线运动。

对于轨道而言,车辆运动产生的作用力同时也作用在其上。这样可导出:

(1)车辆支承产生竖向力,如曲线行驶、惯性力、不连续性、启动和制动引起的轮对力和附加力。

(2)车辆导向产生横向水平力,如波行的钢轨导向力,曲线上运行的离心力,风力以及由于不稳定性而产生的附加力。

(3)车辆运动产生纵向水平力,如前进、缓行、滚动和滑行时的摩擦力等。

行车路线是指车辆按照一定路线在轨道上运行,只能通过道岔来换向。轨道—车辆(轨道)的平面位置和高程不仅取决于车辆的运行动力学技术参数,还需要通过工程设施保证车辆能适应地形运行。铁路的行车路线,也就是通过轨道和道岔组成的运送旅客和货物的铁路运输网络,必须通过其他交通运输设施来保证其正常运行。在轨道上运行的车辆有动力车(机车和动车)、客车、货车以及其他车辆(如工程车辆)等。

铁路设施是指所有保证铁路运营和交通需要的露天线路和车站的所有设施以及其他设施。需要特别强调的是,除了作为行车道路的路基外,铁路需要的系统还有控制和安全技术、通信技术、供电技术等设施以及其他必要的交通设施(如站台设施、站台通道)和各种用房等。此外,还有保证铁路运营的基础设施,它们是通过相应的设备来保证运营和交通的。在新建工程和既有线路的加固/维护工程中不仅包括上部建筑、土方建筑、桥梁工程和地下电缆等工程建筑物的行车道,同时还包括带有控制和安全技术、架空线路供电以及通信技术等工程建筑物的线路装备等。

土工建筑物除了满足路基和铁路设施本身的要求之外,还要给上述设备的结构基础预留出空间。

2.2 概 念

铁路线路结构是铁路线路的基础建筑部分,由上部结构、下部结构、土工建筑物和地基组成,见图 1.1。

上部结构由轨道、道岔、辙叉、道床以及承载板构成,是真正意义上的铁路轨道。它包括

根据轨道位置和功能差别,轨道上方的护盖也属于上部结构,它可保证轨道行车和人员通行以及具有隔音的功能。它由道路建筑材料如铺路的块石、沥青层、预制板或者植物层等组成,分为不带护盖的开敞式上部建筑和带护盖的完全封闭式以及部分封闭式上部建筑三种类型。这种分类对于城市有轨电车和城市铁路具有特殊意义,它们各按照其所在位置不同分为:

(2) 专用线路建筑, 这些线路建筑为公共交通设施, 但是要采用路缘石、护栏和绿化带等与其他的交通(道路)分隔开, 有时可能要加护盖;

以上概念分述如下:

(2)下部结构是指通过上部结构来平衡线路与地基间高度差的结构层,可以是土工建筑物、大型建筑物或保护层等(图 1.1 和图 2.1)。



交通荷载可通过上部建筑和下部建筑的胶结层或非胶结层传递到地基中。这些胶结层及非胶结层统称为承载层,在设计线路建筑时也采用层体系这个概念。

• 5 •

及建筑设施等,如保护层、排水设施、边坡防护等。通过土方建筑采用路堤、路堑或半挖半填等形式以使路基适应地形变化(图 1.2 和图 2.1)。

(5)支挡建筑物是指由于地形起伏变化而采用的支挡结构或稳定土方建筑的结构物。

(6)涵管通道是指支承宽度或净空宽度 $<2\text{ m}$ 的框形、拱形或管形通道,从行车道下方横穿过。

在表 2.1 和表 2.2 中,对线路建筑的一些基本概念、分层及材料做了详细说明。

根据参考文献[1]对其他一些基本概念做以下定义:

截水沟。位于路堑或半挖半填路段边坡上缘以上的沟渠,它将沿山体流下的地表水截住、汇集并导向排水处。

半挖半填。指靠山体侧由挖方而成,靠山谷侧由填方而成的土工建筑物。

线路侧沟。沿线路方向设置在路堑或路堤坡脚处的明沟,用于汇集和疏导地表水。

道床。指在路基上采用碎石道砟填筑起来的道砟层,用以分布荷载、减振、排水、通风和固定轨道位置等。

边坡。通过挖方或填方等工程技术措施建成的、在地表面具有一定坡度的土方建筑。

边坡脚。对于路堤,是指路堤边坡面与地面的交线;对于路堑,是指路堑边坡面与沟底的交线。

边坡肩。对于路堤,是指边坡面和路基面的交线;对于路堑,是指边坡面和地面的交线。

边坡坡度。边坡面与水平面形成的夹角,通常用该角的正切值表示。

路堤。在地基(主要在地面上)上通过堆积构筑而成的土工建筑物。

路堑。为修路而开挖地面形成的土工建筑物。

土地基面。位于保护层下,按给定的高度和坡度,对既有的或填方而成的土或岩石进行平整而成的表面。

路面盖层。由沥青、混凝土或铺路石块构筑而成的道路上部建筑的顶部封闭层。

自然边坡。天然倾斜的地表表面,由土或岩石构成的。

路基面。贴近上部结构的,按给定的高度和坡度平整而成的下部建筑/地基的表面。在没有路基保护层的情况下,路基表面和土地基面属同一概念。

路肩。路基和边坡面的交线,对路堤而言则等同于边坡肩。

路肩人行道。指行车道或上部建筑旁的路基部分,除了可用作设备安装位置和人行道路外,它可作为路基的边界。

路基保护层。铺在土地基面之上,采用或没有采用附加措施由颗粒混合料组成的保护层,用于分布荷载、防冻保护、过滤层稳定性保护和密封(即防水)等。

地下排水系统。指靠近线路建筑物或在线路建筑物内部设置的渗水槽,由在槽底铺设的用于汇集和引导渗流水、层间水和地下水的渗水管和回填透水层组成。

承载板。指分布荷载的水硬性胶结层,通常将轨道嵌入或铺设在水硬性胶结层上面。

承载层。道路的上部建筑或铁路无砟轨道中用于分布荷载的水硬性胶结层或非水硬性胶结层。

过渡层。由土或岩石构成的上层结构(地基),可通过换填、加固、改良、夯实、排水等建筑技术措施改良而成。

原地基面。贴近路堤、依照给定的高度和坡度平整而成的既有土或岩石的表面。

表 2.1 碎石道砟的概念

总体概念	结构面	结构面以下的层	材料
上部建筑	轨顶面(SO)	轨道 (轨道和道岔结构)	钢轨、轨枕、钢轨扣件
	钢轨底面(SwUK)	道床	道砟
下部建筑	路基(PL)	保护层	颗粒混合料 土工合成材料
	土路基(EPL)	过渡层(ÜDS) 路基(路堤)	填方土、改良土、颗粒混合料、矿渣混合料
地基	地基面(UPL)	地基	既有土或岩石

表 2.2 无砟轨道的概念

总体概念	结构面	结构面以下的层	材料
上部建筑	轨顶面(SO)	轨道 无砟轨道结构 承载板	钢轨、轨枕、钢轨扣件、混凝土、沥青
		承载层	水硬性胶结颗粒混合料、矿渣混合料
下部建筑	路基(PL)	保护层 (防冻保护层)	颗粒混合料 矿渣混合料
	土路基(EPL)	过渡层(ÜDS) 路基(路堤)	填方土、改良土、颗粒混合料、矿渣混合料
地基	地基面(UPL)	地基	既有土或岩石

2.3 断面形状

土工建筑物的几何尺寸和形状必须符合行车道的空间布置,以确保运营安全和线路设施的安置,因此对铁路的横断面形状提出了一系列建筑、运营和安全技术的要求,参见参考文献[4]。断面形状由下列一些因素决定:

- (1)标准的建筑限界图(标准建筑限界、车辆轮廓线 GC);
- (2)轨道的数量和布置(轨道中心距);
- (3)危险区;
- (4)危险区外的安全区;
- (5)行车道路的断面。

建筑限界图考虑了车辆运行时所需要的自由空间,包括所有的动力学、轨道位置和安全性等因素需要考虑的附加值,同时也要考虑建筑设施(如站台肩)和施工对空间的要求。

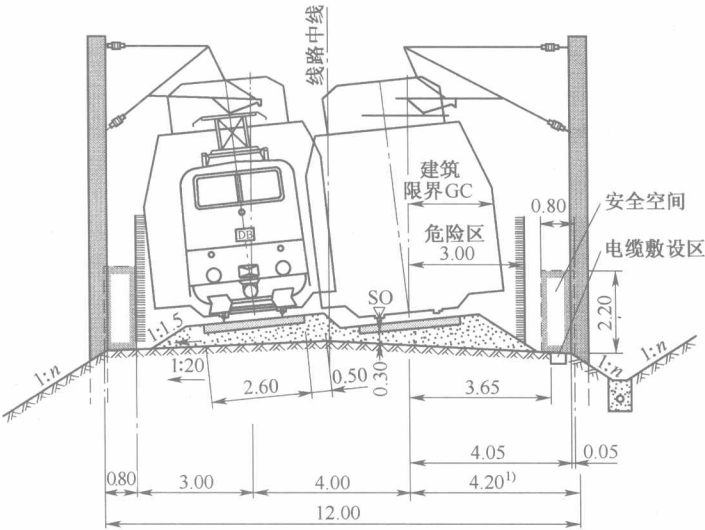
新建和改扩建线路的行车道横断面尺寸根据表 2.3 来确定。

表 2.3 新建线路和改扩建线路的行车道路尺寸

	设计速度 $v_e \leq 200$ km/h	设计速度 $v_e > 200$ km/h
行车道路高度 ¹⁾		
—有砟轨道	0.70 m ²⁾	0.76 m ³⁾
—无砟轨道	0.50~0.70 m ⁴⁾	0.50~0.71 m ⁴⁾
—低荷载轨道	0.60 m	
轨枕长度	2.60 m	2.80 m ⁵⁾
在轨枕端部之前的道砟宽度		
$v \leq 160$ km/h	0.40 m	
$v > 160$ km/h	0.50 m	0.45 m
道砟边坡坡度	1 : 1.5	1 : 1.5

- 注:1)行车道路的高度在非超高钢轨设计规定的顶面下测得。
- 2)行车道路的高度为 0.70 m 时,由 UIC60 钢轨高度(0.17 m)、B70 轨枕高度(0.23 m,包括轨枕的垫层)、道床厚度(0.3 m,对于低荷载轨道可以为 0.20 m)构成。
- 3)行车道路的高度为 0.76 m 时,由 UIC60 钢轨高度(0.17 m)、B75 轨枕高度(0.24 m,包括轨枕的垫层)、道床厚度(0.35 m)构成,在桥梁上和隧道里道床厚度为 0.39 m,这样就得出行车道路的高度为 0.80 m。
- 4)无砟轨道安装时由于结构形式的不同有不同的尺寸。
- 5)即使在开始时仅打算铺设 2.60 m 长的轨枕,也还是要考虑 2.80 m 轨枕的平整性,轨枕端部的道砟宽度应为 0.45 m。

在碎石道砟的线路中,轨道或道岔和辙叉依靠道砟来支撑,其断面参见表 2.3 和图 2.2。



1)有砟轨道的尺寸加宽根据超高要求来确定。
提示:
对于改建线路而言,上述断面只适用于速度 $v_e \leq 230$ km/h,轨道间距 $a=4.00$ m的情况。若要提高速度,只有采用更为优良的空气动力特性的列车(如ICE列车)。

图 2.2 速度 $160 < v_e \leq 200$ km/h,碎石道砟上部结构超高 $u=160$ mm 的
土工建筑物上的复线铁路横断面