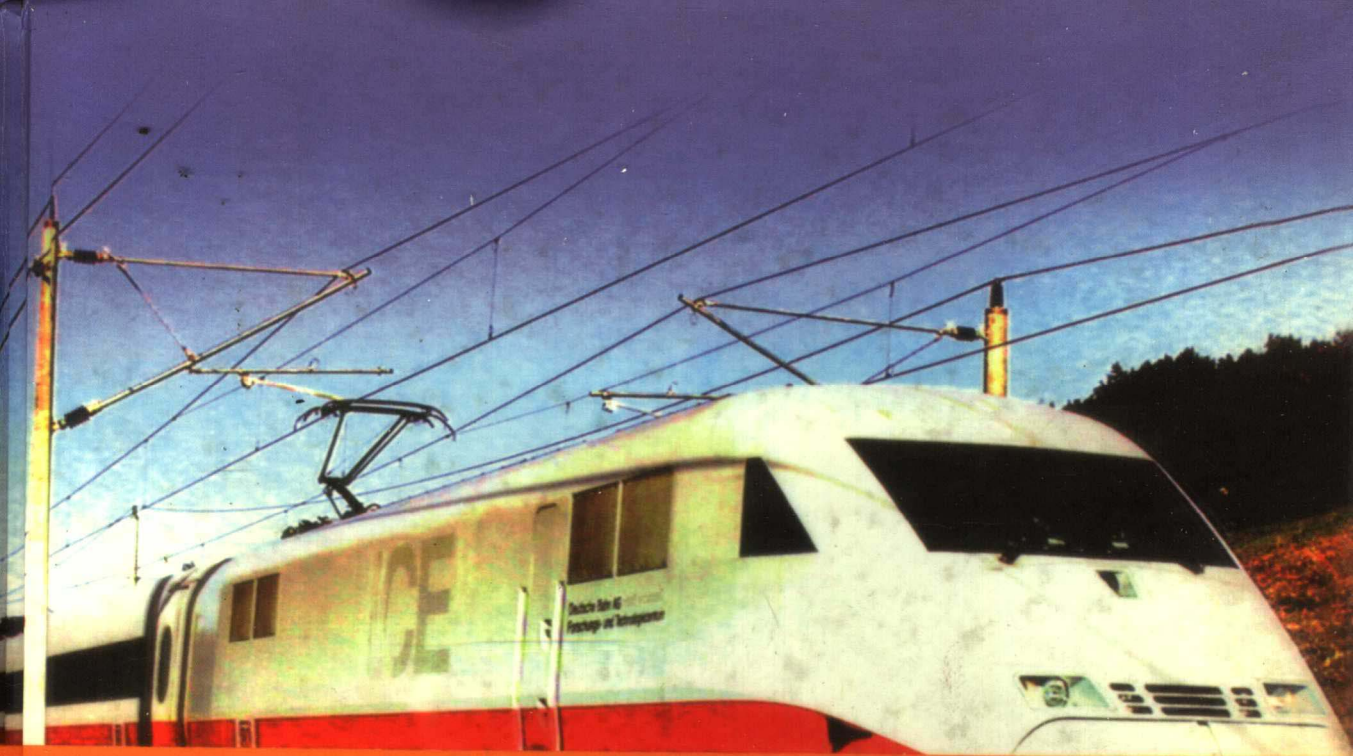




〔德〕 Kießling, Puschmann, Schmieder

电气化铁道接触网

中铁电气化局集团有限公司 译

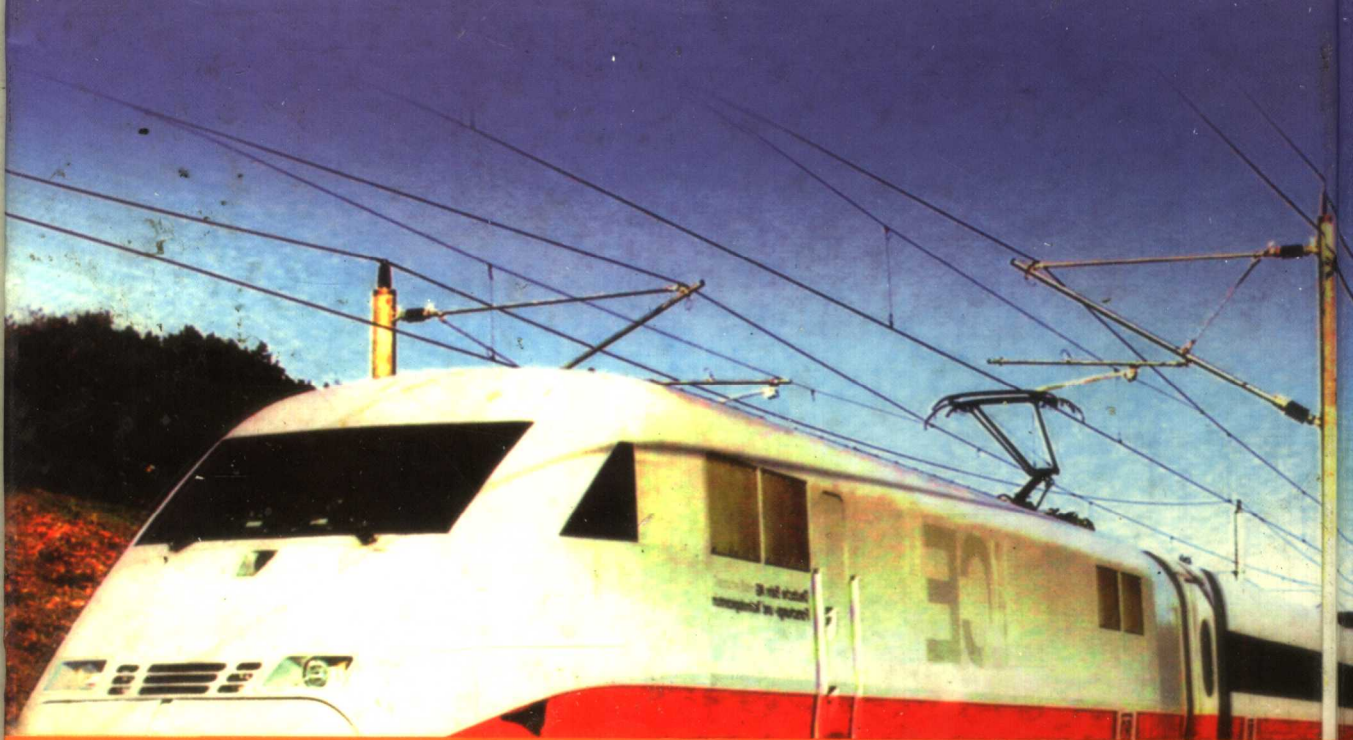
规划
设计
施工

SIEMENS



中国电力出版社

www.cepp.com.cn



〔德〕 Kießling, Puschmann, Schmieder
电气化铁道接触网

从生态和经济两个方面考虑,电力牵引是铁路供电的最佳方式,其可靠性主要取决于接触网在各种气候条件下的安全运行,并尽可能地减少了维护。为保证电力机车的运行速度超过 300km/h,则需要进行为牵引系统提供电力的接触网系统的极限设计。

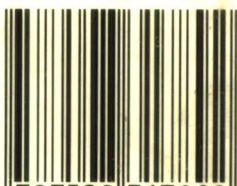
作者通过其在世界范围内获取的实际经验,对地方和长距离运输系统的电气化铁道接触网系统的构造、机电设计、安装和运营进行了详细和综合的描述。

本书为学生和那些从事本领域工作的人员提供了此专业详尽的说明,包括对机电和结构方面的要求。

铁路公司的专业人员和接触网系统的生产厂家将在系统工程的规划和实施过程中可以从本书中找到相应的应用指南,以及他们所需要的规范和技术数据,包括标准和规定。

由于本书的大部分章节比较全面地涉及了系统的各个方面,所以监理工程师还可以使用此书作为设计系统与电气化铁道工程的其他子系统接口的标准。

ISBN 7-5083-1789-0



9 787508 317892 >

ISBN 7-5083-1789-0

定价: 150.00 元

4225

3023477

51

电气化铁道 接触网

规划
设计
施工

〔德〕 Kießling,
Puschmann,
Schmieder
中铁电气化局
集团有限公司 译



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

本书被誉为世界电气化铁道、城市地铁和城市轨道交通技术的“圣经”。

本书是由德国西门子公司、德累斯顿大学及有关科研单位的5名享有国际声誉的技术权威在大批本专业技术专家的支持下撰写的。该书从理论和实践两个方面详尽地阐述了各种接触网（电气化铁道、城市地铁和轨道交通采用的直流和交流接触网及接触轨）的设计、计算、施工和运营维护的方法和手段及计算公式，并重点介绍了有关高速电气化铁路接触网的设计施工技术及理论研究的最新科技成果，附以翔实的技术数据和作为附件的有关技术标准及规范，图文并茂，切实可用。

本书读者对象为从事电气化铁道、城市地铁和城市轨道交通技术的设计、施工和运营维护的工程技术人员，同时本书是各种电气化轨道、城市地铁和轻轨项目、项、规划施工的必备参考书。

* * *

责任编辑 张运东

经德国埃兰根（巴伐利亚州）Publicis Kommunikations Agentur GmbH GWA 出版社授权中国电力出版社在中国出版《电气化铁道接触网》中文版。

Licensed edition of

Contact Lines for Electric Railways

by Friedrich Kießling, Rainer Puschmann, Axel Schmieder

1st edition, 2001

with the permission of

Publicis Corporate Publishing, Erlangen, Germany

© 2001 by Publicis KommunikationsAgentur GmbH GWA, Erlangen

The original German edition of the book has been published by B. G. Teubner

Verlag, Stuttgart·Leipzig, Germany

© 1998 by B. G. Teubner Stuttgart·Leipzig

图书在版编目（CIP）数据

电气化铁道接触网/[德]基布岭(Kießling)等编著;中铁电气化局集团有限公司译. —北京:中国电力出版社, 2003
ISBN 7-5083-1789-0

I. 电… II. ①基…②中… III. 电气化铁道-接触网 IV. U225

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 088230 号

著作权合同登记图书 01-2003-6068 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2004 年 1 月第一版 2004 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 42 印张 948 千字

印数 0001—3000 册 定价 150.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

译 者 的 话

这本《电气化铁道接触网》一书，是由德国西门子公司、德累斯顿大学及有关科研单位的5名享有国际声誉的技术权威在大批本专业技术专家的支持下撰写的。该书于1997年9月出版发行第一版；经过修改和补充于1998年3月出版发行第二版；再次进行修改和补充后于2000年10月出版发行第三版（英文版）。该书从理论和实践两个方面详尽地阐述了各种接触网（电气化铁道、城市地铁和轨道交通采用的直流和交流接触网及接触轨）的设计、计算、施工和运营维护的方法和手段及计算公式，并重点介绍了有关高速电气化铁路接触网的设计施工技术及理论研究的最新科技成果，附以翔实的技术数据和作为附件的有关技术标准及规范，图文并茂，切实可用。

为借鉴发达国家在高速电气化铁路、城市地铁和轨道交通方面的先进技术和最新科技成果，缩短我国与发达国家铁路先进技术的时空距离，加快技术创新，形成后发优势，加速高速电气化铁路的建设步伐，实现铁路跨越式发展。中铁电气化局集团有限公司组织有关人员翻译了这本书。我们相信这本书能成为本专业技术人员的亲密助手，能较好地吸收和运用德国高速铁路、城市地铁和轨道交通成熟的技术，科学地审慎地选定适合我国国情的接触网模式和参数。

本书由中铁电气化局集团有限公司门汉文（现在西门子公司工作）（第1章）、陆钢（第2、3章）、李玉芹（第4、5章）（电化局宝鸡器材厂）、李华存（第6章）、吴锦青（第7章）、王秀娟（第9章）（电化局电气化勘测设计研究院）、赵龙泉（第10、11章）、甘建东（第12章）、周畅（第13章）（电化局电气化勘测设计研究院）、朱飞雄（第14章）和西门子公司石晓莉（第8章）同志翻译。

由中铁电气化局集团有限公司赵龙泉、李华存、缪耀珊、王秀娟同志译校。

由中铁电气化局集团有限公司单圣雄、容仕宽、缪耀珊、李学林、邓美薇、曹丽白、朱飞雄、甘建东、陈建明、沈九江、齐大明、孙万启同志审校。

全书由吴锦青同志校阅。

限于水平，书中翻译内容难免出现不确切之处，敬请读者批评指正。

中铁电气化局集团有限公司

2003年11月30日

前 言

自从“电气化铁道接触网”第一版于1997年出版后，该书已成为讲德语地区的标准参考书，该书英文版的发行给予国际铁路工程部门得以使用这本书的机会。

接触网是各种电气化铁道牵引供电系统的主要部分。它是固定设备和移动能量消耗设备（即车辆）之间联系的纽带。接触网设计必须满足不同的铁道电气化系统相应的技术和运行要求，特别是随着高速铁路运输的发展，其差异已明显扩大。一般而言，对这些要求的理论分析及其相应合理的设计方法是保障电气化铁道接触网的可靠性和经济运行的先决条件。

这本书的结构和内容涉及这种系统方法：

一它包括所有既有的交直流系统和基本要求的详细说明，对于利用接触网的基本要求及其两种基本设计的主要特征：接触网和接触轨。受电弓与接触网的相互作用以及铁路用户和第三方设备的干扰问题将在专门的章节中讲述。

一接触网的机械参数和电气参数、结构设计方法、工程方案、施工和运行，包括维修也都作了详尽的讨论。

另外，在该书的附录中列出了与之相关的国际标准、欧洲标准、德国的国家标准以及铁路运行方及铁路协会的规程。这些标准和规程都是非常有用的。在此，我想提请读者注意，通过可操作性方面的EC规程的指导促进欧洲铁路公司研究技术和运行的协调。在这个过程中，对主要参数产生约束力的“可操作性的技术标准”已拟定用于供电部门内部，其中，专门涉及到了接触网。必须仔细选择采用这种方法标准化的参数，要考虑到技术和经济方面的因素。我非常高兴报导这本书提供的知识概要，“电气化铁道接触网”是完成这个任务的最好助手。

我祝贺并感谢作者组和出版商，由于他们的积极努力，为全世界这个专业的同行们编辑和出版了这本重要的著作。

2001年10月于巴黎

Werner Breitling

UIC 副总经理

英文版第一版前言

1997年由B.G.Teubner-Verlag Stuttgart在德国出版了“电气化铁道接触网”的第一版。第一版很快售空，因此于1999年发行了第二版（修正版）。该书的合著者，教授sc. Anatoli Ignatjewitsch Gukow博士和sc. Peter Schmidt博士于1999年和2000年先后意外去世，他们为该书的德文版做出了重要贡献。

没有著作和书能与该书相比较，它有着如此深远影响，并且引起了极大关注，以至非德语国家需要将其译成其他文种出版发行。

在英文版第一版之前，这本书的变电部分已作修改，以适应包括国际接触网在内的设计要求。修改的内容是基于国际标准，如IEC和EN已出版的标准进行的。

修改版中还采纳了读者的意见和建议。更多的注意力放在了50Hz的铁路和地方公共运输系统，而且还包括了新的计算方法，已完成的电气化工程的最新实例以及最近研制的接触网零部件。

编写该书的目的在其第一版的前言中已作阐述，在此次出版中仍然出现。高速铁路现已遍及世界各地，确保内部可操作性的需要以及地方公共交通系统的发展提高了对电气化铁道、有关人员的资质以及支持文件的要求，所以，这一版的特别目的是在考虑这个复杂领域的最新国际发展时阐述接触网的理论原理、提供可能的解决方法，同时也打算把这本书作为对不讲德语的地区进行的工程的一个合作性贡献。

作者感谢西门子公司AE的传输系统电气化部门的支持，尤其是感谢该部门的领导Werner Kruckow博士和Peter Schrt博士，他们支持了英文版的准备工作。瑞士伯尔尼的Furrer和Frey AG公司的Beat Furrer主持了原稿的准备工作，作者还要对出版公司的一流技术设施表示谢意。感谢的还有为翻译作准备的Gernot Hirsinger，以及来自澳大利亚墨尔本的Bela Jozsa, Norm Grady, Terry Wilkinson, John Allan和Jan Liddicut编辑的英文版本，他们编辑了该书的英文版并且保证完成的著作能使英语读者明白。作者感谢德国波恩AG的Dr. Wilhelm Baldauf和西门子AG的Dr. Egid Schneider为修订版的一些章节作出了贡献，以及Michael Schwarz的桌式编辑工作。

作者希望这本书将促进本领域中工作的同事之间在尽可能多的国家中进行合作，促进他们相互间的技术沟通。他们期盼着读者对本书的内容和设计提出意见和建议。

2001.9 Erlangen

Friedrich Kießling, Rainer Puschmann, Axel Schmieder

德文版第一版前言

1866 年德国工程师兼企业家 Werner von Siemens 发现了电动原理，它创造了迄今我们所知的生产和应用电能的可能性。应用此原理，他也建造了用于铁路上的第一辆电力机车。此机车带着 3 节车厢在 1879 年 5 月 31 日的柏林贸易会上首次运行。大家知道，在车辆上储存必要的电能用于非低功率的发动机（即车上电池）是不可行的。因此，应用电能时要求在电力站和机车之间有着连续的联系。第一辆电气列车需要 2.2kW，由直流 150V 经两条轨道供电。Siemens 在 1881 年也采用此技术，以直流 180V 供电替代直流 150V 在柏林—施潘道（Berlin—Spandau）世界上第一辆有轨电车上使用。不幸的是，此供电系统在马匹穿越轨道，同时接触双轨时常遭受电击而造成事故。

这种传送电能的方法对广大的铁路设施来说，在技术上是不适宜的。此外，它是危险的，尤其当功率较高时（就像上述的马匹例子那样）更是如此。为了在施潘道（Spandau）延续有轨电车的服务，1882 年采用轨道上方架设两条接触线的办法。在轨道上方导线处悬挂了双接触电车排，由一连到有轨电车的软电缆拖曳。但电车经常脱轨，系统被证实对商业运行来说是太不可靠了。在 1889 年西门子公司的德国工程师首次提出使用弓状电流集电器。该集电器使电流从轨道上方的单根导线供给牵引单元并经轨道返回，从长远来看，这对传送电力到行驶列车的架空接触网发展来说是一重大突破。

第一批电气运行的铁路线采用非常适宜铁路操作的直流供电系统，然而该系统的缺点是：车辆要装备低电压操作的电机，致使功能受到限制，而且导线截面加大，接着所做的是努力尽早采用三相或单相交流系统来供给铁路电源，寻找途径使得传输电压独立于电机电压，进行在车上就能转换电流的研究，最后终于完成了频率低于公共配电网的铁路用交流电压网络。采用了降低频率的交流网络后就能生产出简易而又可靠的列车用电机。在德国的木尔瑙（Murnau）—奥伯阿莫尔高（Oberammergau）和比特菲尔德（Bitterfeld）—德骚（Dessau）线路上采用了 16.7Hz 的频率，接着是：根据普鲁士（Prussian）—黑森州（Hessian）之间在 1912~1913 年间达成的协议，巴伐利亚（Bavarian）和巴登州（Badian）铁路线在全德国范围内都采用该频率，也同意采用 15kV 电压、架空接触线高度 6.0m 和电流集电器宽度为 2.10m。

功率电子学的发展和应用经验最终为在铁路系统采用工频电源开创了道路，所以今天的全新铁路系统主要运行在 50Hz 或 60Hz 频率及 25kV 电源下。大约在 25 年前，铁路供电进入了一新纪元，那时的电机电压变得独立于供电电压。在牵引电机方面应用了有利的三相电流技术，使用不同和适宜的频率及电压系统来传输电力。由于这些发展，电气化铁道在技术上进步到 20 年前乌托邦所想像的那样水平。运行速度已增至 300km/h，不久将提高到 350km/h。在 1988 年德国联邦的城际快车（ICE）达到 407km/h 的最高速度，第一次超越 400km/h 的铁路轨道记录。然后法国国铁（SNCF）的 TGV-A 列车打破世界纪录，达

到至今未被超越的 515km/h。在此两项成功的事件中，起决定性作用的是经过架空接触网和集电弓的可靠的高压电力供电。

铁路工程的发展是和列车速度的提高及传送至列车上电力的增加平行进行的，德国铁路（Deutsche Bahn）所设计的用于 160km/h、200km/h、250km/h 及 330km/h 速度的架空接触网的进步就说明了这点。

在铁路供电系统中，架空接触网不仅作为配电线路而且是车辆集电弓的滑动接触点，它必须在极端的气候条件直至最高的速度情况下可靠地履行其职责。为了能使成千上万的安培电流流经接触点，提出了极其严格的电气及机械要求。为数众多的动力标准当速度增加时显得尤其重要。供电和回流路径在空间上的分离会对其他系统造成各种形式的干扰以及危及人身安全。与其他轨道工程组件相比较，出于技术和经费上的考虑架空接触网不能够设计得太富裕。这就是为什么架空接触网在决定铁路运行（尤其经常运行在传送电流和完成速度的上限）可靠性方面扮演着如此重要的角色。铁路供电系统、特别是架空接触网是铁路系统的主要组成部分，代表着包括庞大财经投资在内的长期经济资产，所以对接触网组件进行专业化的设计、对每个个别设施进行有意识的计划、精心安装使用那些先进而又经过试验的部件是至关重要的。所有这些再加上正确的运行和维护将保证设施耐久的使用寿命。

随着技术的发展，文献资料也相应扩大。1929 年 Höring 在他的“电气铁路”一书中写了专门章节——“架空接触网”。1938 年 Sachs 首次在其“电气铁路运行的固定设施”一书中讨论了架空接触网，它详尽综合地谈及了电气和机械方面的前景。然后，1971 年 Süßerkrüß 在他的“铁路架空电力线工程”一书中主要谈了电力传输机械方面的问题。1975 年出版的“电气铁路电力供应”VEM 手册中也集中谈及电力供应的电气方面课题。

在 1985 年由 Schwach 出版的“德国、奥地利和瑞士的单相高压交流用架空接触网”书中叙述了中欧地区 16.7Hz 架空接触网的演变过程，此书在技术上是正确合理的，且包含丰富的信息资源。

行驶速度和对电源的要求随着高速轨道运输一起增长，架空接触网不得不执行新的标准，而这正是撰写这些书籍时所不完善的。架空接触网与集电弓间动态相互作用的重要性、在非常大电流下的系统定额、由于高负载和新型上部结构引发的安全问题等与如何降低能量消耗，抗腐蚀和易于维修的设计一样都是需要涉及的，所有这些在降低运行和维修成本方面都起着重要作用。

这些课题促使作者要提出一部当代的电气铁路架空接触网参考书，它覆盖了计划、设计、建设和运行的基础。此书讨论了近年来在理解电力传输上取得的进步，包括对架空接触网的现代规划和设计方法。此书是接触网部件在机械、电气及热性能方面进行规划、设计以及其实施过程的参考文献，它是针对感兴趣的学生、早期职业人士、铁路公司的有经验工程师以及对这方面感兴趣的承包商而撰写的。

欧洲共同体内部应用的所有技术标准的重建工作在电气化铁道架空接触网方面也有其分枝内容。尽管重建工作还在进行，尚需全面完成，但本书已包括了在 1997 年 7 月涉及的或与架空接触网设施有关的全部标准之总和。对那些在书中标出数字的参考标准，读

者可以从附录 1 的相应标准标题中浏览参考。附录 2 是书中应用缩写的词汇表。

本书在准备时得到西门子公司埃尔朗根运输部、德累斯顿技术大学电气运输系统学院以及铁道技术研究所德累斯顿分所的友好支持，作者感谢上述机构的大力帮助，没有他们的帮助本书是不可能出版的。

作者也对博士工程师 K. Müller、博士工程师 A. Kontcha、注册工程师 R. Seifert、注册工程师 M. Semrau 和注册工程师 (FH) K. Dollack 所提供项目作出的贡献、忠告和建议表示谢意，还有 rer. nat. H. Wonn 博士协助稿件的构成并提供了许多有益的建议。作者也感谢 M. Schwarz 和 D. Schlegl，他们在原稿付印中准备了主要部分。

出版商在本书的规格及设计方面对作者是非常慷慨的。值此西门子公司 AG150 周年之际，作者将本书献给西门子公司 AG 的运输系统部，是西门子的创始人及雇员们在此特定项目中做出了关键性的重要贡献。

菲科斯、埃尔朗根、德累斯顿
1997 年 9 月

*Anatoli Ignatjewitsch Gukow, Friedrich Kießling,
Rainer Puschmann, Axel Schmieder, Peter Schmidt*

目 次

译者的话

前言

英文版第一版前言

德文版第一版前言

1 牵引供电系统	1
1.1 牵引供电的作用	1
1.2 牵引供电网	1
1.2.1 牵引供电系统的种类	1
1.2.2 牵引供电系统的基本结构	3
1.2.2.1 牵引电能的产生	3
1.2.2.2 牵引配电	3
1.2.3 直流牵引供电网	5
1.2.4 16.7 Hz 单相交流牵引供电网	6
1.2.4.1 牵引电能的产生	6
1.2.4.2 16.7Hz 牵引供电网的类型	7
1.2.5 50Hz 单相交流牵引供电网	9
1.3 德国铁路的 16.7 Hz 牵引供电系统	11
1.3.1 电能的产生	11
1.3.2 电能传输和接触网供电	11
1.3.3 德国铁路的 16.7 Hz 标准变电所	12
1.3.3.1 标准变电所的功能和种类	12
1.3.3.2 110kV 户外设备	13
1.3.3.3 15kV 户内设备	15
1.3.3.4 自用电的供给	17
1.3.3.5 保护	17
1.3.3.6 监视、控制和数据采集系统 (SCADA)	19
1.3.3.7 建筑物和支持结构	21
1.3.4 电力控制系统	21
1.3.4.1 发展、功能和设计	21
1.3.4.2 当地控制单元和远动线路	22
1.3.4.3 SCADA 远动控制技术	23
1.3.4.4 转换器、远动节点和 分控制中心	24

1.3.4.5 主控制中心	24
1.3.4.6 输电调度中心和电网 指挥中心	25
1.4 马德里—塞维利亚线路的 25kV、 50Hz 牵引供电	25
1.4.1 牵引供电及其连接	25
1.4.2 牵引变电所及其设备	26
1.5 安卡拉地下铁路的 750V 直流牵引 供电系统	27
1.5.1 牵引供电及其开关控制	27
1.5.2 牵引变电所及设备	28
1.6 参考文献	29
2 要求与规格	31
2.1 接触网要求	31
2.1.1 概述	31
2.1.2 机械要求	31
2.1.3 电气要求	32
2.1.4 环境要求	32
2.1.5 运行和维护要求	33
2.2 轨道、线路和工作条件的要求	33
2.2.1 对接触网的要求	33
2.2.2 运行要求	33
2.2.2.1 干线、长距离运输	33
2.2.2.2 管内运输	34
2.2.3 与轨道有关的要求	36
2.2.3.1 干线、长距离运输	36
2.2.3.2 城市及管内的运输	36
2.2.4 铁路线位置的要求	36
2.2.4.1 干线长距离运输	36
2.2.4.2 管内运输	37
2.2.5 限界要求	37
2.2.5.1 干线长距离运输	37
2.2.5.2 管内运输	40
2.3 气候条件	43

2.3.1 温度	43	3.2.2.3 钢线	66
2.3.2 风速	43	3.2.2.4 绞线	66
2.3.3 覆冰	44	3.2.2.5 合成纤维绳	67
2.3.4 空气中的活性物质	44	3.2.3 简单悬挂接触网(无轨电车型 接触网)	67
2.3.5 雷电冲击过电压	44	3.2.3.1 定义和使用	67
2.4 受电弓的规格	45	3.2.3.2 接触线固定下锚的硬接触 悬挂	68
2.4.1 设计和功能	45	3.2.3.3 带自动补偿和不带自动补 偿的悬吊悬挂	68
2.4.2 受电弓滑板特性	48	3.2.3.4 拉线式悬挂	69
2.4.3 受电弓和架空接触网的接触压力	49	3.2.3.5 弹性支持装置	69
2.4.3.1 静态接触压力的要点	49	3.2.4 弹性简单悬挂接触网	69
2.4.3.2 空气动力接触压力	50	3.2.5 链形悬挂架空接触网	70
2.4.3.3 动态接触压力	50	3.2.5.1 基本设计	70
2.5 可靠性和安全性规定	51	3.2.5.2 在悬挂点处安装吊弦的接 触网	70
2.5.1 标准	51	3.2.5.3 在偏移悬挂点处安装吊弦的 接触网	70
2.5.2 负荷和强度	51	3.2.5.4 弹性悬挂接触网	71
2.5.3 绝缘要求	52	3.2.5.5 斜悬挂接触网	72
2.5.4 抗电击保护	53	3.2.5.6 带弹性吊弦件的接触网	73
2.5.4.1 抗电击的一般保护	53	3.2.5.7 带辅助承力索的接触网、 复链形接触网	73
2.5.4.2 直接接触电击保护	54	3.2.6 水平链形悬挂架空接触网	74
2.5.4.3 非直接接触电击保护	54	3.3 接触轨	74
2.5.4.4 防止由钢轨电位引起的 电击保护	56	3.3.1 第三轨设施	74
2.6 环境兼容性	57	3.3.2 接触轨类型	76
2.6.1 概述	57	3.3.3 接触轨设施的施工和运行	77
2.6.2 电力牵引的环境关系	57	3.4 架空接触轨设施	79
2.6.3 土地的使用	57	3.5 参考文献	81
2.6.4 自然和鸟类的保护	58		
2.6.5 美学	58		
2.6.6 电场和磁场	58		
2.7 接触网设备材料的物理特性	59		
2.8 参考文献	61		
3 牵引接触网系统和架空接 触网的设计	63	4 接触网与横跨设备的设计	83
3.1 术语	63	4.1 接触网设备	83
3.2 架空接触网类型	65	4.1.1 基本设计	83
3.2.1 基本特性	65	4.1.2 接触网设计方案的选择	85
3.2.2 线和绞线	65	4.1.3 导线截面及张力的选择	85
3.2.2.1 线和绞线类型	65	4.1.4 跨距的选择	87
3.2.2.2 接触线	65	4.1.5 结构高度的选择	88
		4.1.6 隧道内接触网设计	88

4.1.7 接触线预留弛度的采用	88	计算	119
4.1.8 吊弦间距的选择	89	4.6.2.5 选择与应用	120
4.1.9 弹性吊索的使用	89	4.6.3 线夹与连接件	121
4.1.10 锚段长度的选择	91	4.6.3.1 作用与参数计算	121
4.1.11 连接锚段关节和绝缘 锚段关节的设计	92	4.6.3.2 材料	121
4.1.12 架空接触网设备及其零部件的 设计	95	4.6.3.3 架空接触网零件	123
4.1.12.1 架空接触网设备的结构	95	4.6.3.4 管型旋转腕臂	125
4.1.12.2 中心锚结	95	4.6.3.5 软横跨结构	127
4.1.12.3 自动张力补偿	96	4.7 架空接触网及其零部件的系列化	129
4.1.12.4 固定下锚	98	4.8 已建成的接触网系统	131
4.1.12.5 吊弦	99	4.8.1 城市公共交通运输系统	131
4.1.12.6 电连接	99	4.8.2 干线铁路系统	136
4.1.12.7 电分段	100	4.8.2.1 直流 3kV 架空接触网	136
4.1.12.8 中性段和分相的设计	101	4.8.2.2 交流 15kV、16.7Hz 架空 接触网	140
4.2 横跨设备	103	4.8.2.3 交流 25kV、50Hz 架空接 触网	145
4.2.1 介绍	103	4.9 参考文献	151
4.2.2 旋转腕臂	104	5 架空接触网设备的计算	153
4.2.3 横跨多线路的腕臂	107	5.1 关于荷载和应力的假设	153
4.2.4 软横跨	107	5.1.1 基本原则	153
4.2.4.1 用途	107	5.1.2 自重荷载	153
4.2.4.2 设计原则	107	5.1.3 张力及其分力	154
4.2.4.3 详细结构设计	108	5.1.3.1 作用于导线和线索的张力	154
4.2.5 硬横跨结构	110	5.1.3.2 作用于导线张力的分力	157
4.2.6 接触网拉杆	111	5.1.4 风荷载	161
4.2.7 隧道内的横跨装置	111	5.1.5 冰荷载	162
4.3 牵引供电线路	112	5.2 弛度	163
4.3.1 定义	112	5.2.1 电车型简单悬挂接触网	163
4.3.2 牵引供电线路的布置和 支持装置	112	5.2.1.1 等高悬挂	163
4.4 电力牵引用的信号牌	114	5.2.1.2 不等高悬挂	164
4.5 防止意外接触的措施	115	5.2.1.3 链形悬挂接触网	165
4.6 零部件	115	5.3 物理状态变换方程式	166
4.6.1 接触网隔离开关	115	5.4 风偏移	169
4.6.2 绝缘子	117	5.4.1 直线区间的风偏移	169
4.6.2.1 作用和荷载	117	5.4.2 曲线上由于风和接触线的拉出 值产生的偏移	170
4.6.2.2 绝缘材料	117	5.4.2.1 无风时接触线的偏位	170
4.6.2.3 设计与应用	118	5.4.2.2 有风时接触线的偏移	171
4.6.2.4 电气与机械参数额定值的			

5.4.3 架空接触悬挂的风偏移	172	6.7.9 无交叉式线岔的平面布置	212
5.5 纵向跨距和锚段长度	175	6.8 接触网平面布置的控制点	214
5.5.1 跨距和锚段长度的关系	175	6.8.1 概况	214
5.5.2 最大可能的跨距	175	6.8.2 道岔	214
5.5.2.1 重要参数	175	6.8.3 信号机和信号能见度	214
5.5.2.2 受电弓弓头的工作范围	176	6.8.4 铁路平交道口	215
5.5.2.3 车辆的横向摆动	176	6.8.5 人工建筑物结构	215
5.5.2.4 受风偏移时的接触线的极 限位置	177	6.8.6 站内及区间内的电分段	218
5.5.2.5 纵向跨距的确定	179	6.9 平面图	219
5.5.3 锚段长度的计算	181	6.9.1 目标及信息	219
5.6 参考文献	181	6.9.2 架空接触网系统的符号	219
6 架空接触网系统的设计	183	6.9.3 接触网设备支持装置和支柱 位置	220
6.1 目标和程序	183	6.9.4 单支柱	224
6.2 基本原理和原始数据	185	6.9.5 软横跨结构	224
6.2.1 概述	185	6.9.6 多线路腕臂	224
6.2.2 技术要求	185	6.9.7 硬横跨	225
6.2.3 设计文件	186	6.9.8 隧道支持装置	225
6.2.3.1 引言	186	6.9.9 电连接	225
6.2.3.2 新线	188	6.9.10 回流回路和保护接地	225
6.2.3.3 既有线	189	6.9.11 电力牵引信号	228
6.2.3.4 既有接触网改造	189	6.9.12 制作平面图	228
6.2.3.5 铁路线路和地形	189	6.10 横截面图	230
6.2.3.6 供电示意图	190	6.10.1 目标和信息	230
6.3 接触线拉出值和水平张力	192	6.10.2 支柱的型号和分类	230
6.4 跨距的确定	196	6.10.3 支柱的几何结构	231
6.5 锚段长度	197	6.10.4 开关引线、柱上隔离开关	231
6.6 锚段关节	199	6.10.5 支柱长度的确定	231
6.7 道岔上方的接触网	200	6.10.6 腕臂	234
6.7.1 简介	200	6.10.7 支柱和基础的选择	234
6.7.2 道岔的标示及图纸	200	6.10.8 软横跨结构	236
6.7.3 岔群区接触网的平面布置原则	203	6.10.9 硬横跨	236
6.7.4 无线夹区	203	6.11 纵剖面图	240
6.7.5 道岔上方的交叉接触网平面 布置	204	6.11.1 内容	240
6.7.6 道岔处用于接触线交叉的支持 装置的确定	205	6.11.2 吊弦布置	240
6.7.7 道岔区域接触线的高度	208	6.11.3 接触线高度降低	242
6.7.8 道岔处接触网平面布置实例	209	6.11.4 牵引供电线的纵剖面图	242
		6.11.5 到接触网及牵引馈线的 最小净空	242
		6.11.6 牵引供电线	244

6.11.6.1 简介	244	7.4.3.1 简介	268
6.11.6.2 牵引供电线的架设	244	7.4.3.2 横承力索的载荷、内力 和弛度	268
6.11.6.3 最小允许绝缘间隙验证	245	7.4.3.3 安装高度和支柱长度 的确定	269
6.12 工程文件	248	7.4.3.4 定位索的载荷和内力	270
6.13 计算机辅助设计	249	7.4.3.5 横承力索、定位索和支持 装置的额定值确定	270
6.13.1 目标	249	7.4.4 水平定位设备的设置	271
6.13.2 结构和模块	249	7.5 支柱的容量	273
6.13.3 数据管理	251	7.5.1 简介	273
6.13.4 硬件和软件	251	7.5.2 支柱长度的确定	273
6.13.5 应用	252	7.5.3 荷载、内力和内力矩	273
6.14 参考文献	252	7.5.4 横截面的额定值确定	275
7 横向支持装置、支柱和基础	255	7.5.4.1 简介	275
7.1 荷载假设	255	7.5.4.2 桁架钢支柱	276
7.1.1 简介	255	7.5.4.3 双槽钢支柱	278
7.1.2 固定荷载	255	7.5.4.4 H 形钢支柱	279
7.1.3 变化荷载	256	7.5.4.5 钢筋混凝土支柱	281
7.1.3.1 概述	256	7.5.4.6 挠度	283
7.1.3.2 风荷载	256	7.6 土质	284
7.1.3.3 冰荷载	258	7.6.1 简介	284
7.1.3.4 风和冰的同时作用	258	7.6.2 原状土	284
7.1.4 安装和维修所致的荷载	258	7.6.2.1 分类	284
7.2 横向支持装置和支柱	258	7.6.2.2 非粘性的辗压土	285
7.2.1 横向支持装置	258	7.6.2.3 粘性土	285
7.2.1.1 支持装置的种类	258	7.6.2.4 有机土	285
7.2.1.2 旋转腕臂	259	7.6.3 岩石	285
7.2.1.3 多线路腕臂	259	7.6.4 填土	285
7.2.1.4 软横跨	260	7.6.5 土壤调查	286
7.2.1.5 硬横跨	260	7.6.6 获取土样的方法	286
7.3 支柱	260	7.6.6.1 简介	286
7.3.1 支柱的类型	260	7.6.6.2 钻孔勘察	286
7.3.2 荷载的确定	261	7.6.6.3 探测器勘察	287
7.3.3 结构设计和材料	262	7.6.7 探测	287
7.4 横向支持装置的规格	264	7.6.7.1 简介	287
7.4.1 简介	264	7.6.7.2 符合 DIN4094 标准要求的 打入式探测器	287
7.4.2 腕臂	264	7.6.7.3 标准贯入试验	288
7.4.2.1 荷载、内力和内力矩	264	7.6.8 土壤调查的评定	288
7.4.2.2 根据欧洲标准的额定 值确定	266		
7.4.3 软横跨结构	268		

7.6.9 土壤特征	289	性增加接触线高度的布置	328
7.6.10 实际应用	290	8.7.3 接触网的间隔布置	329
7.7 基础	291	8.7.4 通过移动腕臂临时提升接触网	329
7.7.1 设计原理	291	8.7.4.1 概述	329
7.7.2 无阶梯形整体基础	292	8.7.5 通过手动操作临时提升和拆除	
7.7.3 阶梯形整体基础	294	接触网	331
7.7.4 打入式桩基础	297	8.8 集装箱终点站、装载和检测轨道、	
7.7.5 下锚基础	300	矿区铁路	331
7.8 例题	301	8.8.1 旋转接触网	331
7.8.1 接触网参数	301	8.8.2 装载和检测轨道的电路图	332
7.8.2 采用最新欧洲标准的设计	302	8.8.3 矿区用旋转和侧向安装的	
7.8.2.1 荷载	302	接触网	333
7.8.2.2 支柱的设计	303	8.9 参考文献	335
7.8.2.3 腕臂	305		
7.8.3 基础	308	9 受电弓与接触网的相互作用	337
7.9 参考文献	309	9.1 概述	337
8 特殊应用的接触网设计	313	9.2 技术原理	337
8.1 概述	313	9.2.1 横向冲击沿带张力接触线锚	
8.2 维修设备	313	段的传播	337
8.3 隧道封闭	315	9.2.2 当一个恒力作用在接触线(带张力)	
8.4 不同牵引供电系统间的电气分离	315	的一个点上并沿着该线移动时的	
8.4.1 概述	315	接触线特性	338
8.4.2 区间线路的系统分离区	316	9.2.3 高速时的接触线抬升	339
8.4.3 供电系统转换车站	317	9.2.4 集中质量引起的横向冲击如何	
8.5 移动桥	318	沿接触线传播	341
8.5.1 介绍	318	9.2.5 吊弦对沿接触线传播的横波的	
8.5.2 接触网设计	319	反射	343
8.5.2.1 开合桥	319	9.2.6 多普勒系数	344
8.5.2.2 旋开桥	320	9.2.7 接触网的固有频率	346
8.5.2.3 提升桥	322	9.2.8 典型接触网设计的动态特性	346
8.5.3 电连接和信号	323	9.3 接触网和受电弓的相互作用	347
8.6 不同牵引供电系统线路的平交道口	324	9.3.1 宗旨和目标	347
8.6.1 干线铁路和有轨电车线路的		9.3.2 受电弓系统的模型	349
平交道口	324	9.3.3 接触网模型	350
8.6.2 轻轨和无轨电车线的交叉	326	9.3.3.1 基本思路	350
8.7 平交道口处接触网的设计	327	9.3.3.2 借助有限元法进行模拟	351
8.7.1 为在标准高度下通过运输车辆		9.3.3.3 频率范围内的解析方法	351
进行的布置	327	9.3.3.4 采用频率相关的有限元法	351
8.7.2 为通过超大型运输车辆而永久		9.3.3.5 根据艾拉姆波特(Alambert)的	
		波动方程[9.5]进行模拟	352

9.3.4 应用频率相关有限元法的接触网装置模型	352	9.6.2 接触网的要求	393
9.3.4.1 数学描述	352	9.6.3 受电弓的要求	393
9.3.4.2 固有频率计算实例	355	9.6.4 关于接触网和受电弓相互作用的要求	395
9.3.4.3 接触压力的计算	355	9.7 参考文献	395
9.3.4.4 接触压力计算实例	357		
9.4 测量和试验	358	10 牵引供电网中的电流和电压	401
9.4.1 概述	358	10.1 引言	401
9.4.2 接触压力的测量	359	10.2 接触网的电气特性	401
9.4.2.1 基本原则	359	10.2.1 基本关系	401
9.4.2.2 测量技术	360	10.2.2 阻抗	402
9.4.2.3 测量量	363	10.2.2.1 组成部分	402
9.4.2.4 对空气动力引起滑板抬升的修正	365	10.2.2.2 单位长度电阻	402
9.4.2.5 测量结果的评价和评估	365	10.2.2.3 单位长度电感	405
9.4.3 接触网位置和接触线厚度的测量	369	10.2.2.4 单位长度阻抗	407
9.4.4 受电弓动态特性的评价	371	10.2.2.5 接触网阻抗的测量	408
9.4.5 测量接触网抬升和接触网的动态弹性	372	10.2.2.6 单位长度阻抗的计算值和测量值比较	411
9.4.5.1 固定测量接触线抬升	372	10.2.3 单位长度钢轨对大地的漏泄电导	417
9.4.5.2 移动测量接触线抬升	374	10.2.4 单位长度电容	417
9.4.5.3 接触网动态弹性的测量	374	10.3 接触网网络中的电压调整	419
9.5 设计参数的影响	374	10.3.1 基本要求	419
9.5.1 概述	374	10.3.2 基本原理	420
9.5.2 接触网设计标准	375	10.3.3 电压降的计算	421
9.5.2.1 弹性和抬升	375	10.3.3.1 引言	421
9.5.2.2 动态标准	377	10.3.3.2 单边供电	421
9.5.3 接触网的设计参数	379	10.3.3.3 双边供电	423
9.5.3.1 接触线截面和抗拉应力	379	10.3.4 其他计算法	425
9.5.3.2 跨距和悬挂高度	381	10.4 运行电流	427
9.5.3.3 预弛度和弹性吊索	382	10.4.1 引言	427
9.5.3.4 调整精确度的作用	384	10.4.2 牵引单元的牵引电流	427
9.5.4 受电弓设计参数	384	10.4.3 接触网区段中的电流	427
9.5.4.1 概述	384	10.4.3.1 基本原理	427
9.5.4.2 受电弓设计的特点	385	10.4.3.2 一般用途的铁路线	427
9.5.4.3 带多个受电弓运行的列车	387	10.4.3.3 高速铁路线和繁忙运输铁路线	430
9.5.4.4 滑板和接触线的材料	389	10.5 接触网回路	430
9.6 结论	392	10.5.1 对接触网回路的基本要求	430
9.6.1 接触网和受电弓电能传输的限制	392		