

铁路节能环保与劳动卫生

阮志刚 等 编著



“十二五”国家重点图书出版规划项目
轨道交通科技攻关学术著作系列

铁路节能环保与劳动卫生

阮志刚 等 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是中国铁道科学研究院节能环保劳卫研究所近十年来在铁路环境保护、节能减排、卫生防疫、职业健康等方面科研成果的总结提炼,主要内容包
括:铁路环境保护法律法规、环境保护管理的介绍,噪声振动、生态保护等
污染治理与监测技术,以及青藏铁路施工期环境监理、京津城际噪声振动试
验等典型案例;铁路管理节能、技术节能和结构节能技术,以及地源热泵、空
气源热泵、新型客车上水设备、铁路站场综合管理控制平台等典型节能技术
案例;铁路卫生防疫和职业健康的介绍,如高原铁路卫生保障技术、铁路餐
营食品安全卫生、铁路站车环境卫生控制技术、铁路突发公共卫生事件应急
处置、铁路职业安全与卫生、铁路职工疾病控制与健康促进。

本书适合于从事铁路节能环保、卫生管理研究与工作的工程和技术人
员学习参考,也可作为高等院校铁路类相关专业本科生学习的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

铁路节能环保与劳动卫生 / 阮志刚等编著. —北京:科学出版社,2016

(轨道交通科技攻关学术著作系列)

“十二五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978-7-03-049441-2

I. ①铁… II. ①阮… III. ①铁路-节能-研究②铁路-环境保护-研究
③铁路-劳动卫生-研究 IV. ①U2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 170985 号

责任编辑:刘宝莉 周 岩 陈 婕 / 责任校对:桂伟利

责任印制:张 伟 / 封面设计:陈 敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京教图印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 8 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2016 年 8 月第一次印刷 印张:23 1/4

字数:450 000

定价:135.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

“轨道交通科技攻关学术著作系列”编委会

主任委员:康 熊

副主任委员:聂阿新 董守清 赵有明 叶阳升

委 员:王 澜 罗庆中 孙剑方 黄 强 王悦明

韩自力 江 成 柯在田 刘虎兴 杨志杰

段 武 熊永钧 杜旭升 李学峰 周清跃

史天运 王富章 朱建生 阮志刚 李耀增

朱少彤 傅青喜 常 山 贾光智 黎国清

王卫东 王俊彪 姚建伟 刘 越 周虹伟

孙 宁 刘国楠

“轨道交通科技攻关学术著作系列”序

“涓涓溪流，汇聚成河”，无数科技工作者不辍的耕耘，似在时刻诠释着这一亘古不变理念的真谛，成就着人类知识财富源远流长的传承与积累。

回溯新中国成立后中国铁路发展历程，特别是我国铁路高速、重载、既有线提速、高原铁路建设等一系列令世人瞩目的辉煌成就，无不映衬着“铁科人”励志跋涉的身影，凝聚了“铁科人”滴滴汗水与智慧结晶。历经六十多年的发展，中国铁道科学研究院充分发挥专家业务水平高、能力强，技术人才队伍集中，专业配套齐全，技术手段先进等综合资源优势，既历史性地开创了中国高速铁路联调联试、综合试验技术、无砟轨道技术，完成了重载运输、既有线提速和高原铁路等关键技术研究，实现了互联网售票、运营调度、应急管理，以及高速动车组牵引、制动系统及网络控制系统等大批技术创新和成果转化，又在铁道行业重大技术决策信息支持、基础设施检测、产品认证、专业技术培训等技术服务领域发挥了重要作用，成为集科研、开发、生产、咨询、人才培养与培训等业务为一体的轨道交通高新技术企业，是全路当之无愧的科研、试验、信息、标准制修订的研发中心。业已完成的大量重大、关键技术攻关与试验研究，积淀了厚重的专业基础理论，取得了 2300 多项科研成果。其中，有 170 多项获国家科技奖，600 多项获省、部级科技奖。

此时，由中国铁道科学研究院(以下简称“我院”)统筹组织科研人员，深入系统梳理总结优质科研成果，编著专业技术专著形成系列丛书，既是驱动我院科研人员自我深入总结，不断追求提高个人学术修养的发展动力，也是传承我院多年科研积累的知识结晶，有效夯实提升人才培养与培训内在品质的重要举措，更是打造我院核心竞争力，努力建设铁路科技创新研发中心并做大做强，彰显责任与担当的真实写照。

本套专业技术系列丛书作为“十二五”国家重点图书出版规划项目，充分反映了我院在推动轨道交通领域技术进步与学科发展中取得的基础理论研究和最新技术应用成果，内容囊括铁路运输组织、机车车辆及动车组技术、工务工程、材料应用、节能环保、检测与信息技术、标准化与计量，以及城轨交通等专业技术发展。丛

书在院编委会的指导下,尊重个人学术观点,鼓励支持有为的“铁科人”将科技才华呈现于行业科技之巅,并为致力于轨道交通现代化发展的追“梦”者们,汇聚知识的涓流、铸就成长的阶梯。

中国铁道科学研究院常务副院长
丛书编委会主任



2013 年 12 月

前 言

中国铁道科学研究院节能环保劳卫研究所(铁路卫生技术中心、铁路节能环保技术中心)是中国铁道科学研究院所属的从事节能、环保、卫生等领域科研、技术服务和产品研发的研究机构,简称铁科院环保所。其前身为铁道部劳动卫生研究所,始建于1960年10月,1999年11月并入铁道科学研究院,2001年7月与铁道科学研究院环评中心等相关业务部门合并,重新组建为铁道科学研究院环控劳卫研究所,2008年10月名称变更为中国铁道科学研究院节能环保劳卫研究所。截至2014年年底,全所在职编内职工126人,其中各类专业技术人员119人,占职工总数的94%;专业技术人员中具有高级技术资格55人、中级技术资格39人。

目前,环保所主要承担节能、环保、卫生、职业安全健康等专业的基础性、前瞻性、公益性科学研究及相关技术标准、规范的制修订,污染防治工程设计、建设项目职业病危害评价、职业病危害因素检测与评价、建设项目环境影响评价、水土保持方案编制、施工期环境监控与监理、竣工环境保护验收调查、环保节能和卫生产品研发、节能评估、产品质量检验、环境监测、健康教育与促进、专业学术期刊出版等工作。

铁科院环保所紧密围绕铁路总公司党组对院提出的成为“行业科技创新最高院府和研发中心,铁路技术创新实施平台,铁路基础性、前瞻性、关键技术的引领者”的定位和要求,以“规范企业管理、增强顾客满意、创新绿色技术、实现守法承诺、保障健康安全、追求持续发展”为目标,结合铁路运输生产需求,在职业卫生、环境保护等方面取得了数十项研究成果,完成了数百项环境影响评价、施工期环境监控与监控、建设项目环保验收调查、职业病危害评价、尘毒治理工程、环保工程设计、标准制修订、监督检测等技术服务工作。

本书的编写是依托环保所近年来承担的科研、咨询及产品开发项目,由铁科院环保所员工集体完成,其中,阮志刚(所长,副研究员)为主编,李耀增(副所长,研究员)、白晓军(总工,研究员)为副主编。全书共三篇13章,第一篇由谢汉生、周新军、陈泽昊、侯世全编写,第二篇由辜小安、尹皓、刘兰华、姜海波、郭怀勇、徐学存、

陈泽昊、侯世全、步青松编写,第三篇由李谊、施红生、邱永祥编写。周新军负责第一篇的统稿,辜小安负责第二篇的统稿,施红生负责第三篇的统稿。阮志刚、李耀增、白晓军负责全书的统稿。

由于作者水平有限,书中难免存在不足之处,欢迎专家和广大读者批评指正。

目 录

“轨道交通科技攻关学术著作系列”序

前言

第一篇 铁路节能篇

第 1 章 国内外铁路节能减排现状	3
1.1 国外铁路节能减排现状	3
1.1.1 国外铁路能耗现状	3
1.1.2 国外铁路节能技术及政策	4
1.1.3 国外铁路新能源利用技术	9
1.2 国内铁路节能减排现状	11
1.2.1 主要能源消耗趋势	12
1.2.2 铁路主要耗能设备	13
1.2.3 铁路能耗构成及分布	13
1.2.4 机车能源消费情况	14
第 2 章 节能技术	16
2.1 铁路建设项目低碳关键技术	16
2.1.1 道路条件及车重对列车碳排放的影响	16
2.1.2 太阳能在铁路客运站建设和运营中的应用	19
2.2 铁路应用地源热泵系统能效评价技术	23
2.2.1 地源热泵系统在铁路建筑中的应用现状	24
2.2.2 地源热泵系统在铁路建筑中的适用性	28
2.3 二氧化碳空气源热泵在铁路沿线供暖应用技术	29
2.3.1 空气源热泵系统在我国铁路中的应用实例	29
2.3.2 二氧化碳空气源热泵项目设计及实施	31
2.4 铁路利用新能源和可再生能源的节能效果与投资效益	36
2.4.1 我国铁路利用新能源和可再生能源的现状	36
2.4.2 节能减排效果及投资效益	43

2.4.3 我国铁路利用新能源和可再生能源的思路及对策	47
2.5 铁路站场能耗监测控制技术	52
2.5.1 武汉动车段能耗现状	52
2.5.2 武汉调度楼能耗现状	53
2.5.3 武汉站能耗现状	54
2.5.4 节能改造综合解决方案	54
2.5.5 技术经济分析	62
2.6 大秦线再生制动降耗技术	63
第3章 结构节能	64
3.1 铁路行业结构节能评估方法	64
3.1.1 铁路对公路替代的节能评估方法	64
3.1.2 铁路电气化节能评估方法	65
3.1.3 铁路电气化节油评估方法	66
3.1.4 铁路对公路替代节油评估方法	67
3.1.5 铁路能效提高的节能评估方法	67
3.1.6 铁路内部节能的因素分析评估方法	67
3.2 铁路行业结构节能的战略需求	68
3.2.1 中国铁路能耗结构演变的阶段性特征	68
3.2.2 铁路能耗结构面临的新形势	69
3.2.3 未来中国铁路运输低碳发展的重大战略需求	71
3.3 中国铁路节能减排的政策措施	72
3.3.1 中国铁路运输低碳发展的财政支持政策	72
3.3.2 中国铁路运输低碳发展的技术政策	73
3.3.3 完善铁路低碳减排制度体系	76
第4章 节能管理	77
4.1 运输组织优化管理	77
4.1.1 实施重载运输	77
4.1.2 提高货物装卸效率	78
4.1.3 改进列车调度技术,实现信息现代化	78
4.1.4 优化运输中间环节的资源配置	78
4.2 节能制度精细化管理	79
4.2.1 铁路行业节能管理规定	79

4.2.2 路局、站段节能管理规定	80
-------------------------	----

第二篇 环 保 篇

第5章 铁路环境污染特点	83
第6章 铁路污染治理与监测	85
6.1 水污染治理	85
6.1.1 水污染特点	85
6.1.2 水污染治理要求	87
6.1.3 水污染治理技术	89
6.2 噪声及振动防治	109
6.2.1 铁路环境噪声排放标准	109
6.2.2 噪声源及振动源特性	111
6.2.3 噪声及振动控制技术	137
6.3 生态保护技术	151
6.3.1 概述	151
6.3.2 铁路建设生态保护原则与技术	156
6.3.3 典型生态问题或典型项目评价案例	162
6.4 固体废物处理处置	177
6.4.1 站车垃圾	177
6.4.2 废弃泥浆	180
第7章 典型案例	182
7.1 青藏铁路环境保护	182
7.1.1 基本情况	182
7.1.2 环境监理	183
7.1.3 实施效果	188
7.2 京沪高速铁路环境保护	190
7.2.1 京沪高速铁路环境监控	190
7.2.2 京沪高铁声屏障第三方检测	200

第三篇 铁路卫生防疫和职业健康篇

第8章 高原铁路卫生保障技术	209
8.1 高原环境对人体健康影响	210

8.2	高原铁路建设劳动卫生与劳动保护	214
8.3	高原铁路建设职业健康监护	225
8.4	高原铁路运营卫生保障对策与技术	231
8.5	高原铁路站车富氧技术	244
8.6	高原铁路机车乘务员选拔	248
第9章	铁路餐营食品安全卫生	251
9.1	铁路列车餐营模式及其特点	251
9.2	铁路餐营食品安全卫生控制	253
第10章	铁路站车环境卫生控制技术	266
10.1	铁路站车病媒生物监测与控制	266
10.2	铁路站车旅行环境质量监测与控制	279
10.3	旅客列车空调通风系统清洗消毒	281
第11章	铁路突发公共卫生事件应急处置	287
11.1	铁路突发公共卫生事件的预防与控制	287
11.2	铁路突发公共卫生事件人才队伍以及装备建设	290
11.3	铁路突发公共卫生事件应急策略	296
11.4	铁路站车突发疫情处置技术系统	308
第12章	铁路职业安全与卫生	322
12.1	铁路职业危害作业	322
12.2	铁路职业病危害因素与防控技术	325
12.3	高速铁路司机驾驶适应性选拔	335
第13章	铁路职工疾病控制与健康促进	339
13.1	铁路职工慢性病防治	339
13.2	铁路职工传染病防控	349
13.3	铁路职工健康管理与健康促进	352
13.4	铁路站车健康教育宣传模式	356
参考文献		360

第一篇 铁路节能篇

第 1 章 国内外铁路节能减排现状

本章主要介绍国内外铁路近年来节能减排现状,以及为实现铁路节能而在实践中采取的一些主要技术措施。

1.1 国外铁路节能减排现状

近年来,国外很多发达国家都十分注重铁路领域的节能减排,试图以此来发挥铁路在节能减排中的积极作用,取得了比较好的效果。这些国家主要包括美国、欧盟部分成员国和日本等,它们的铁路节能效果要大大好于其他交通方式。铁路在构建低碳交通中的重要性日益彰显,成为许多国家未来交通结构调整中优先发展的运输方式。

1.1.1 国外铁路能耗现状

随着交通运输业的持续快速发展,交通能源消费也在不断增长。2005~2007 年交通能耗超过了工业而成为最大的耗能行业,2008 年交通能耗占终端能源消耗总量的 27.3%。但铁路是个例外,长期以来一直保持着低能耗的特征。本节以美国、欧盟和日本铁路为例,分析国外铁路能耗现状。

1. 美国铁路能耗现状

2008 年美国铁路能耗为 $1598.7 \times 10^4 \text{ t}$ 标准油,占美国交通总能耗($67593 \times 10^4 \text{ t}$ 标准油)的 2.4%,在所有交通方式中占比最低。从能效来看,美国铁路客运能效指数为 89.4,比 1990 年降低了 10.6%,年均下降 0.6%。铁路主要运输工具单位客运周转量能耗呈现下降趋势。但在铁路内部,下降幅度有所不同。城市轨道交通降幅最大,年均下降 1.0%;通勤铁路和长途客运铁路年均分别下降 0.3%。2007 年美国客运每万公里消耗的千克标准油,轿车为 544,轻型汽车为 542,城市公交为 672,长途铁路客运为 375,城市轨道交通为 395,通勤铁路为 415^[1]。通过比较可以发现,长途铁路客运为最低。如果进行综合考察,对铁路、公路和民航单位客运周转量能耗进行比较,可以发现铁路能耗最低,公路最高。2008 年铁路每万人公里能耗为 398kg 标准油,比公路低 21%,比民航低 13%。

近年来,美国铁路货运能效呈上升趋势。2007 年铁路货运能效指数为 76.2,比 1990 年降低了 23.8%,年均下降 1.6%。在各种运输方式中,铁路货运能效最高,其

次为水运、管道和公路。2007 年铁路每万吨公里的能耗为 55.3kg 标准油,仅为公路的 6.3%。两项比较,美国公路货运单位周转量能耗约是铁路货运的 16 倍。

2. 欧盟铁路能耗现状

交通运输是欧盟近 20 年来能耗增长最快的领域,从 2005 年起,交通超过工业而成为欧盟第一大能耗领域。2008 年交通能耗 3.7×10^8 t 标准油,占能源消费总量的 29.2%^[1]。在公路和民航能耗增长较快的情况下,铁路能耗呈下降趋势,所占比例由 1990 年的 3.2%降低到 2008 年的 2.5%。在各种运输方式中,欧盟铁路单位换算周转量能耗仅次于水运,为次最低。以 2008 年为例,每万换算吨公里能耗为:水运 38.5kg 标准油,铁路 99.2kg 标准油,公路 416.4kg 标准油,民航 962.5kg 标准油。

3. 日本铁路能耗现状

长期以来,交通运输业一直是日本的第二大能耗产业。2009 年,日本交通能耗为 0.81×10^8 t 标准油,占能源消费总量的 23.6%^[1],比 1990 年增长 5.4%。从运输方式来看,公路年均增长 0.5%,铁路年均增长 0.3%,民航年均增长 1.7%,水运则年均下降 1.3%。从增长幅度来看,铁路要低于公路和民航。

日本交通能耗以公路为主,铁路所占比例很低。在 2009 年客运能耗构成中,公路占 90.0%,铁路占 3.5%,仅高于水运。日本货运能耗集中度比客运还要高。在 2009 年货运能耗构成中,公路占 97.2%,铁路占 0.4%,民航占 2.3%,水运占 7.8%。

从能效来看,铁路的情况最好。在各种运输方式中,铁路客运的能效最高,其次是民航和公路,水运最差。2009 年铁路每万人公里能耗为 44.9kg 标准油,仅为公路的 9%和民航的 12%。货运能效情况基本相似,铁路能效最高。不同的是水运和民航差别很大。水运和公路为其次,民航为最差。

1.1.2 国外铁路节能技术及政策

1. 日本铁路节能

1) 行车节能

按日本新干线的数据,用于行车方面的能耗约占铁路总能耗的 87%。通过在机车车辆及轨道设计上采取合理措施,可有效降低高速铁路的综合能耗。

(1) 机车车辆。

采用节能型车辆是铁路尤其是高速铁路节能的重要手段。在车辆设计中,通过减轻车体结构、转向架乃至车内设备的质量来减轻列车自重;通过气动特性设计

包括列车头型、断面外形和列车表面整体形状的良好气动性能,以减少列车的空气阻力。

采用适当的制动方式节能。动力制动和摩擦制动相结合,采用电动断路器、位相控制界磁断路器及VVVF交流异步电动机变换器等方式减少运行耗能,尤其是采用VVVF变换器制动车辆节能30%左右^[2]。

优先使用电动车组节能。根据运输需要编组多种不同单元的电动车组,最大轴重小,轨道及其相应构件的负担轻,能够适应短站距间的运输。列车减速时,将电动机转换为发电机运行,产生再生电力回馈电网达到节能效果。

(2) 轨道线路。

建设稳定性好、沉降较小的路基。加强车桥耦合动力响应分析,采取以下措施:①采用整孔箱梁,即使采用T型梁,铺架后也要整体连接;②提高简支梁的高跨比;③选用连续梁、结合梁、钢架和拱桥等刚度较大的结构;④桥梁墩台基础要有足够的纵向刚度;⑤桥梁的自振频率要小于限值要求。

一次性铺设区间无缝线路,充分发挥无缝线路优势,提供高平顺性线路,降低高速铁路能耗。

(3) 其他行车节能措施。

除了在高速铁路运输系统各个环节的设备设计中充分考虑节能需要外,在运行管理过程中,完善资源消耗奖罚制度,强化单位能耗限额管理和定额考核,加强运输行车组织,提高司机的操纵水平,重视司机操作技术培训,保证其熟悉线路,正确地加减速和起停车,减少不必要的能耗。

2) 非行车节能

按照日本新干线的统计数据,非直接行车方面的耗能约占铁路总耗电量的13%,包括车站和列车用照明、空调、热水、机器等的能耗。由于对旅客服务设施的不断改善,铁路在非行车方面能耗占总能耗的比例是逐年上升的。

非行车耗能有40%用于照明。可以采用节能型建筑设计站房,在车站设置转换开关式照明,站房、站台和车库顶部设顶光窗,以减少照明用电力,在建筑物的顶棚上加隔热层、加双层玻璃,以节省空调耗电。

对机务、电务、工务、车辆基地制定先进合理的定额,加强能源收、发、管、用各方面的管理,提倡和鼓励能源节约。完善能源的计量、记录、报告、奖惩等管理制度,把资源节约的责任纳入各工作岗位的职责之中,纳入各单位日常管理和工作考核之中,与经济利益挂钩,严格兑现,调动企业职工节约资源的积极性。同时,不断改善生产工艺,努力提高生产集约化程度,对大功率用电设备要合理安排工序,力争集中使用。积极推进技术进步,采用能耗低、科技含量高的设备。在非行车单位大力推广太阳能、风能、地热等可再生能源的使用,提高高速铁路的资源综合利用效率。