

# 高速磁浮与高速轮轨 交通系统比较

Transrapid und Rad-Schiene-Hochgeschwindigkeitsbahn  
Ein gesamtheitlicher Systemvergleich

[德] 赖纳·沙赫 彼得·耶勒 勒内·瑙曼 著  
莫凡 许晶 翁秀玲 译  
李晓龙 审校



中国科学技术出版社

# VDI

高速磁浮交通系统是一种极具吸引力的高速交通解决方案。本书的作者系统地比较了高速磁浮交通系统在150~800千米线路上和点对点短线上相对于传统轮轨交通系统的优缺点。本书在作这种比较时,考虑了与之相关的重要技术、经济和生态学因素,而且还对高速磁浮交通系统的经济学和生态学进行了重新讨论和评估。

本书是面向那些致力于通过实践寻找新的技术、经济和政治决策出路的决策者、工程师和科学家们。



**赖纳·沙赫 (Rainer Schachl)**, 工程学博士, 大学教授, 1951年生, 毕业于斯图加特大学建筑工程系, 研究方向为建筑结构工程。沙赫先生曾在加拿大某工程师事务所担任建筑结构工程师。1982年, 在斯图加特大学建筑管理研究所德累斯 (Drees) 教授指导下, 沙赫先生获得博士学位, 并在一家中型建筑工程公司担任管理工作, 从事组织工作和电子数据处理工作, 最后成为分公司负责人。自1996年以来, 沙赫一直担任德累斯顿工业大学建筑管理学院院长, 其研究和教学的重点为: 项目组织和项目管理、设备管理、建筑结构和基础设施的成本核算、高速磁浮和高速轮轨交通、建筑工程企业内部的组织、项目进展以及建筑工地的安全和人身保护。



**彼得·耶勒 (Peter Jehle)**, 工程学博士, 大学教授, 1957年生, 毕业于斯图加特大学建筑工程系, 研究方向为重大建筑工程、结构静力学、设计和建造, 并具备从事常规爆破和建筑物爆破的爆破工程师资格。1989年, 在爱森综合大学建筑管理和建筑经济研究所冯·库内 (V·Kuhne) 教授指导下, 耶勒先生获得博士学位, 并作为一家拆迁和地下建筑公司的合伙人在该公司任领导职位。他于1995年成立了一家项目规划设计和项目管理公司。自2001年以来, 耶勒博士在德累斯顿工业大学建筑管理研究所任职, 其研究和教学的重点为: 建筑施工、拆迁、回收利用和爆破技术、项目进展和项目管理、高速铁路的建造和运营。



**勒内·瑙曼 (Rene Naumann)**, 工程学硕士, 1975年生, 毕业于德累斯顿工业大学建筑工程系。瑙曼先生曾在一家中型建筑工程公司从事建筑施工管理和工程策划工作。自2002年以来, 瑙曼先生在德累斯顿工业大学建筑管理研究所任助理研究员, 其研究和教学的重点为: 建筑行业的信息技术和通信技术、生命周期成本研究、建筑结构和基础设施的维护、高速磁浮和高速轮轨交通的建造和运营、风险管理和控制、公私合营。



# 高速磁浮与高速轮轨 交通系统比较

[德] 赖纳·沙赫, 彼得·耶勒 勒内·瑙曼 著  
莫凡 许晶 翁秀玲 译  
李晓龙 审校

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

## 图书在版编目 (CIP) 数据

高速磁浮与高速轮轨交通系统比较 / (德) 萨赫, (德)

耶勒, (德) 璩曼著; 莫凡, 许晶, 翁秀玲译. —北京:

中国科学技术出版社, 2008. 6

ISBN 978 - 7 - 5046 - 4890 - 7

I. 高… II. ①萨…②耶…③诺…④莫…⑤许…⑥翁…

III. ①磁浮铁路 - 交通运输 - 研究②高速铁路 - 交通运

输 - 研究 IV. U237 U238

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 077780 号

自 2006 年 4 月起本社图书封面均贴有防伪标志, 未贴防伪标志的为盗版图书。

著作权合同登记: 01 - 2007 - 2201

This translation from the German language edition:  
*Transrapid und Rad-Schiene-Hochgeschwindigkeitsbahn*  
by Rainer Schach, Peter Jehle, and Rene Naumann  
Copyright © 2006 Springer Science + Business Media  
All Rights Reserved

版权所有 侵权必究

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码: 100081

电话: 010 - 62103210 传真: 010 - 62183872

<http://www.kjpbooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行

北京中科印刷有限公司印刷

\*

开本: 720 毫米 × 1000 毫米 1/16 印张: 23.5 字数: 400 千字

2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5046 - 4890 - 7/U · 61

印数: 1 - 1000 册 定价: 60.00 元

# 序

无论是在教育、科研方面，还是在基础设施方面的投资都极大程度地决定着一个国家国民的生活水平。这种中长期投资是一个国家所有国民的责任，也是社会的责任。因此，制定教育政策、研究政策和交通政策，不仅是政治意志，也是管理部门十分重要的工作。上述领域的决策往往和大型项目联系在一起，因此需要进行经常性的、仔细的长期研讨。

尽管作者对有关教育和研究政策问题有自己的看法，但书中提到的交通政策确实是非常重要的。

基础设施对社会的影响要持续很长时间（包括正、负两个方面的影响），对基础设施建设的决策也需要相当长时间，有时要经过几十年，因此所有的决策都必须在深思熟虑后做出。决策要符合全体国民的利益和需求。过去 150 年历史表明，基础设施建设是长期任务，仅仅一个项目成功是不够的。这里需要特别强调的是为了满足人们的需求，一定要使得新旧系统顺利过渡、新旧设施有效衔接。

历史上有许多（正反两方面）事例。本书将提及其中的几个例子。法国高速铁路就是成功案例之一。该项目于 1955 年 3 月 29 日以 331 km 时速记录达到了第一个高峰，又于 1990 年以 515.3 km 时速达到最高峰。如今法国已建成世界上最完善的高速铁路交通网。德国的高速铁路则名声稍逊。1903 年秋，德国开始用电气化机车头牵引，曾创造了令人震惊的 210km 时速，然而后来发展速度变缓。这期间尽管德国形成了一个高速铁路网，可时间却明显比法国晚。在世界高速铁路市场上，德国的产品不如法国占有率高。

遗憾的是在过去的一个世纪里，高速铁路在德国和另一个项目平行地缓慢发展，该项目同样也是源自德国，如今却在别的国家实现，这就是高速磁浮交通（Transrapid）。

本书从技术、经济、生态环境方面对实际上不算新的高速磁浮交通系统进行描述，并与现有的高速铁路系统进行比较。几乎涉及工程技术科学的所有领域：机械制造、电子技术和建筑工程技术。所有这些领域都涌现

出了新的思想，都找到能够解决现实问题的创新手段，并且进入了一个全新领域。如在建筑技术方面，研制成功了高精度、低变形的轨道梁。

在德国，如将高速磁浮交通付诸实施，一定能促进许多领域的专有技术发展。像德国这样一个将人类思想看作最重要资源的国家，除了需要创意外，还应将它变成现实。

如果高速磁浮线能成为欧洲高速轨道交通网的一部分的话，德国工程师协会（VDI）建筑技术分会将支持在德国建设一条高速磁浮示范线。

教授工程博士 曼弗莱德·库尔巴赫（Manfred Curbach）  
德国工程师协会建筑技术分会会长  
2005 年 7 月于德累斯顿

# 前 言

2001 年以来，每年都在德累斯顿科技大学举行磁浮交通专业会议，即德累斯顿磁浮论坛。目前论坛已成为磁浮专家、政治家、科学家、教授、联邦各有关部门的官员和所有对磁浮感兴趣的人交流磁浮最新发展信息的平台。论坛召集人是 R. 沙赫 (R. Schach) 教授 (工程博士)，他在德累斯顿科技大学建筑工程学院担任建筑管理学教授；P. 耶勒 (P. Jehle) 教授 (工程博士)，也在同一个学院建筑生产工艺技术教授；工程硕士 R. 瑙曼 (R. Naumann) 先生是该学院建筑管理学研究人员。

早在第一届德累斯顿磁浮专业会议之前，德累斯顿科技大学各有关院系，特别是弗里德里希·利斯特 (Friedrich List) 交通科学系，就已经对高速铁路和高速磁浮技术开展了全面的研究。2003 年，高速铁路和高速磁浮系统研究中心成立。该中心对所有人和机构开放，为高速铁路和高速磁浮系统研究和交流提供了平台。

新的高速交通线路的设计和建设和是非常最复杂的。规划的一定会遇到很多困难，设计和审批时间也很漫长。合同谈判和签署，特别是同建筑建造公司的谈判，既复杂又困难。各种成本计算都有极大的不确定性。建筑生产工艺不仅在土建工程、隧道工程、大型桥梁建筑方面，而且也在整体道床建筑方面起着重要作用。所有这些领域都是建筑管理学的中心任务。现在大家可以理解，为什么本书的三位作者数年来一直致力于轮轨和磁浮系统的研究。

只有把高速轮轨铁路和高速磁浮所有的参数都考虑进去，才能对建筑方面的问题做出权威的回答。所有决策标准都是相互关联和互相影响的。因此会提出诸如磁浮是高架线路好？还是低置线路好？……等问题。对这些问题的回答不仅涉及对建筑成本的考虑。更难回答的一个问题是：哪个交通系统更好。仅仅局限于技术经济角度来考虑这个问题是不够的，因为如生态学、工业政策和国民经济等因素都会产生影响。另外还存在为什么要支持或者反对一种交通系统的问题。

过去几年中，曾经有一批出版物，描述了磁浮铁路和轮轨铁路的优

势，尤其是进行了技术经济比较，但许多观点都受到质疑。罗兰特·施莱尔（Roland Schleier）在他的硕士论文中第一个对磁浮铁路和轮轨铁路进行了深入比较。其中的许多观点（有些是对两个交通系统的优势的十分矛盾的观点）更坚定了我们要根据整体优势从工程学上来回答这个问题的决心。通过多次交流，同时结合他们的研究工作，我们认为，许多真实情况不是用“是或不是”、“好或不好”就能做出明确回答的。虽然在评价过程中人的因素起着至关重要的作用，但我们还是为自己设定了目标，尽可能客观地进行研究比较。

在此，我们要感谢施普林格出版社（Springer - Verlag）的雷纳特（Lehnert）先生，他在很短的时间内就采纳了我们计划出版这本略带有政治性的专业书的想法，并在我们的工作中给予了极大的支持。我们还要感谢交通设施学院的 W. 丰格勒（W. Fengler）教授（工程博士），德累斯顿科技大学机械和结构学院的 B. 查斯特劳（B. Zastrau）教授（工程博士）和建筑技术学院的 A. 施特凡（A. Stephan）教授（工程博士），感谢他们热烈的讨论和多方面的支持。此外，我们还要感谢工程硕士 D. 罗格先生（D. Rogg），工程经济硕士 M. 维特先生（M. Witt）和工程硕士 R. 克莱茨施玛先生（R. Kretzschmar），感谢他们提出的宝贵意见。

我们要特别感谢拉德罗夫女士（Radloff），她为我们制作了精美的插图、表格和目录，并帮助我们排版。还有沙玛尔女士（Scharmer）为我们校对。最后，我们要感谢我们的夫人和家人，特别是他们在最近的几周里给了我们足够的包容。

赖纳·沙赫（Rainer Schach）  
彼得·耶勒（Peter Jehle）  
勒内·瑙曼（Rene Naumann）  
2005 年 7 月于德累斯顿

# 缩写索引

| 缩写     | 全称             |
|--------|----------------|
| AFB    | 自动运行和制动        |
| B      | 运营成本           |
| BaSt   | 联邦交通事业机构       |
| Beschl | 加速度            |
| BHO    | 联邦预算标准         |
| BMBF   | 联邦教育、科学、研究和技术部 |
| BMFT   | 联邦研究和技术部       |
| BMG    | 巴伐利亚磁浮铁路筹备公司   |
| BMV    | 联邦交通部          |
| BMVBW  | 联邦交通、建设和住房部    |
| BR     | 产品系列           |
| BVU    | 交通和环境咨询小组      |
| BVWP   | 联邦交通道路规划       |
| C25/30 | 混凝土抗压强度等级      |
| CPS    | 无接触供电          |
| DB     | 德国铁路           |
| DB AG  | 德国铁路股份公司       |
| DIW    | 德国经济研究所        |
| Dkm    | 双线千米           |
| Dm     | 双线米            |
| E      | 特殊能量消耗         |
| E      | 草案             |

| 缩写       | 全称              |
|----------|-----------------|
| EBA      | 联邦铁路局           |
| EBO      | 铁路建设和运营标准       |
| EDS      | 电动悬浮            |
| EMS      | 电磁悬浮            |
| EN       | 欧洲标准            |
| Ene      | 能源              |
| Ent      | 离开              |
| ET       | 列车系列的名称         |
| EU       | 欧盟              |
| EW       | 道岔类型的名称         |
| F        | 离心力             |
| FAZ      | 法兰克福汇报          |
| FFH      | 植物群、动物群栖息地      |
| FFH - VE | 植物群、动物群栖息地兼容性评估 |
| G        | 重力              |
| GC       | 大型箱体            |
| Ges      | 总的              |
| Gl       | 方程式             |
| GOK      | 地形上缘            |
| GR       | 滑动摩擦            |
| GVFG     | 乡镇交通财政法         |
| HGrG     | 关于联邦和地区财政基本法的法律 |
| HR       | 静摩擦             |
| HOAI     | 建筑师和工程师服务费法定标准  |
| HSB      | 高功率快车           |
| HSST     | 高速地面运输车辆        |
| HTE      | 欧洲高速列车          |
| I        | 投资              |

续表

| 缩写     | 全称                 |
|--------|--------------------|
| ICE    | 城际特快               |
| ICE S  | 城际试验快车             |
| ICE T  | ICE 摆式列车           |
| ICE TD | ICE 摆式柴油驱动列车       |
| Indusi | 感应列车保险             |
| IPS    | 感应供电               |
| JR     | 日本铁路               |
| K      | 顶点                 |
| KEB    | 德国铁路股份公司股份公司成本估算手册 |
| KGK    | 德国铁路股份公司股份公司成本分组目录 |
| KGr    | 成本分组               |
| Kin    | 动力的                |
| KKK    | 德国铁路股份公司股份公司成本参数目录 |
| KNA    | 成本—效用—分析           |
| LCC    | 生命—周期—成本           |
| LGV    | 法国高速铁路线            |
| Lw     | 空气阻力               |
| Lwz    | 列车空气阻力系数           |
| LZB    | 连续式列车自动运行控制        |
| Mag    | 磁的                 |
| MEM    | 最小内在死亡率            |
| MVP    | 磁浮系统试验和规划有限公司      |
| N      | 标准                 |
| NBS    | 新建线路               |
| NEAT   | 新的阿尔卑斯横线           |
| NKV    | 收益—成本—比例           |
| NL     | 净载重量               |

续表

| 缩写    | 全称              |
|-------|-----------------|
| NRW   | 北莱茵—威斯特法伦州（北威州） |
| NWA   | 使用价值分析          |
| OCS   | 运行控制系统          |
| OK    | 上缘              |
| ÖPNV  | 公共短途客运交通        |
| P     | 压力水平            |
| PAN   | 泛欧组织            |
| Pkm   | 人·千米            |
| Pl    | 位               |
| PMS   | 永磁浮             |
| R     | 摩擦              |
| R     | 半径              |
| R + L | 滚动摩擦和轴承摩擦       |
| RAMS  | 风险分析和管理系统       |
| RVU   | 空间兼容性研究         |
| RWA   | 空间影响分析          |
| Schw  | 悬浮              |
| SNCF  | 法国国家铁路公司        |
| SO    | 轨道上缘            |
| SPFV  | 轨道客运长途交通        |
| SPNV  | 轨道客运短途交通        |
| T     | 特（斯拉）（磁通密度单位）   |
| Tkm   | 吨·千米            |
| TEN   | 欧洲交通网           |
| TGV   | 法国高速列车          |
| TR    | 高速磁浮            |
| Trans | 高速磁浮列车          |

续表

| 缩写     | 全称                    |
|--------|-----------------------|
| TSI    | 通用技术标准                |
| TVE    | 埃姆斯兰高速磁浮试验线           |
| UIC 60 | 铁路的轨道系统               |
| UITP   | 公共运输国际联盟              |
| UK     | 下缘                    |
| URE    | 环境风险预测                |
| UVPG   | 环境兼容性检测法              |
| UVS    | 环境兼容性研究               |
| VCS    | 列车安全计算机               |
| VDI    | 德国工程师协会               |
| VOB/A  | 关于建筑任务分派的工程量总的要求的分包标准 |
| VOB/B  | 关于建筑任务实施的总的合同条件的分包标准  |
| VOFI   | 完整的财政计划               |
| VSL    | 统计寿命的价值               |
| Vk     | 垂直特征的                 |
| W      | 功率电平                  |
| W      | 槽                     |
| WTP    | 支付意愿                  |
| Zkm    | 车·千米                  |
| ZSG    | 列车控制设备                |

# 符 号

| 符号        | 名称    | 量纲                                     | 备注            |
|-----------|-------|----------------------------------------|---------------|
| $\theta$  | 切线旋转角 | rad                                    |               |
| $\rho$    | 密度    | $\text{kg}/\text{m}^3$                 |               |
| $\mu$     | 系数    | —                                      | 滑动摩擦、静摩擦和滚动摩擦 |
| $\mu$     | 导磁性   | —                                      |               |
| $\tau_p$  | 极距    | m                                      |               |
| A         | 面积    | $\text{m}^2$                           |               |
| A         | 特殊荷载  | —                                      |               |
| a         | 加速度   | $\text{m}/\text{s}^2$                  |               |
| $\dot{a}$ | 冲击    | $\text{m}/\text{s}^3$                  |               |
| B         | 磁感应   | $\text{V} \cdot \text{s} / \text{m}^2$ |               |
| c         | 电阻常量  | —                                      |               |
| D         | 修正因素  |                                        |               |
| d         | 厚度    | mm                                     |               |
| e         | 轨道中心距 | mm, m                                  |               |
| E         | 能量    | J                                      |               |
| f         | 频率    | Hz                                     |               |
| F         | 力     | N                                      |               |
| g         | 重力加速度 | $\text{m}/\text{s}^2$                  | 9.80665       |
| H         | 磁场强度  | A/m                                    |               |
| I         | 倾斜度   | $\%$ , $\text{‰}$                      |               |
| k         | 因素    |                                        |               |
| k         | 成本    | 欧元                                     |               |

续表

| 符号 | 名称     | 量纲         | 备注 |
|----|--------|------------|----|
| K  | 资本价值   | € (欧元)     |    |
| L  | 压力水平   | db         |    |
| m  | 重量     | kg, t      |    |
| n  | 数量     |            |    |
| p  | 利率     | %          |    |
| P  | 功率     | W, N · m/s |    |
| Q  | 交通单个负载 | kN         |    |
| q  | 交通单个负载 | kN/m       |    |
| R  | 堵塞度    |            |    |
| r  | 半径     | m          |    |
| s  | 轨距宽度   | mm         |    |
| s  | 线路     | m, km      |    |
| T  | 时间间隔   |            |    |
| t  | 时间     | s, min, h  |    |
| u  | 加高     | mm         |    |
| v  | 速度     | m/s, km/h  |    |
| w  | 阻力系数   |            |    |

责任编辑 单亭  
封面设计 福瑞来书装  
责任校对 孟华英  
责任印制 李春利

# 目 录

序

前 言

缩写索引

符 号

|                        |    |
|------------------------|----|
| 1 引 言 .....            | 1  |
| 2 轮轨系统 .....           | 5  |
| 2.1 轮轨原理 .....         | 6  |
| 2.2 轮轨过去和将来的意义 .....   | 7  |
| 2.3 速度和距离 .....        | 12 |
| 2.4 ICE .....          | 14 |
| 2.4.1 ICE 1 .....      | 15 |
| 2.4.2 ICE 2 .....      | 17 |
| 2.4.3 ICE 3 .....      | 18 |
| 2.4.4 ICE T .....      | 21 |
| 2.4.5 其他列车 .....       | 22 |
| 3 磁浮快速铁路系统 .....       | 25 |
| 3.1 磁浮快速铁路的发展 .....    | 25 |
| 3.2 牵引 .....           | 27 |
| 3.2.1 磁场 .....         | 28 |
| 3.2.2 高速磁浮的悬浮和驱动 ..... | 33 |
| 3.2.2.1 轨道上的驱动 .....   | 34 |
| 3.2.2.2 悬浮 .....       | 35 |
| 3.2.2.3 供电 .....       | 37 |
| 3.3 高速磁浮列车 .....       | 39 |
| 3.4 其他的磁浮列车 .....      | 42 |