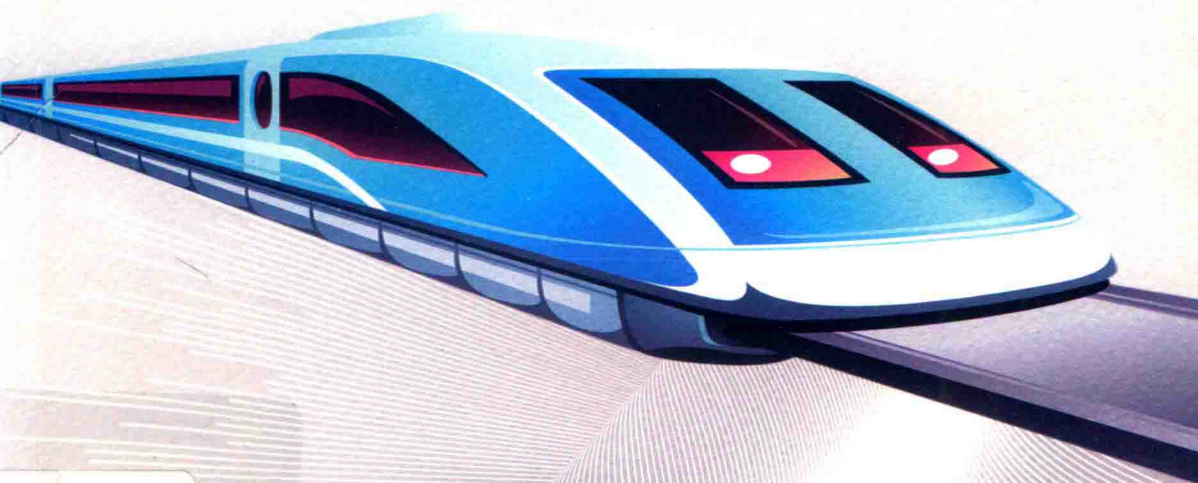


贴地飞行

中国自主创新发展磁浮交通纪实

王握文 著

王握文 著



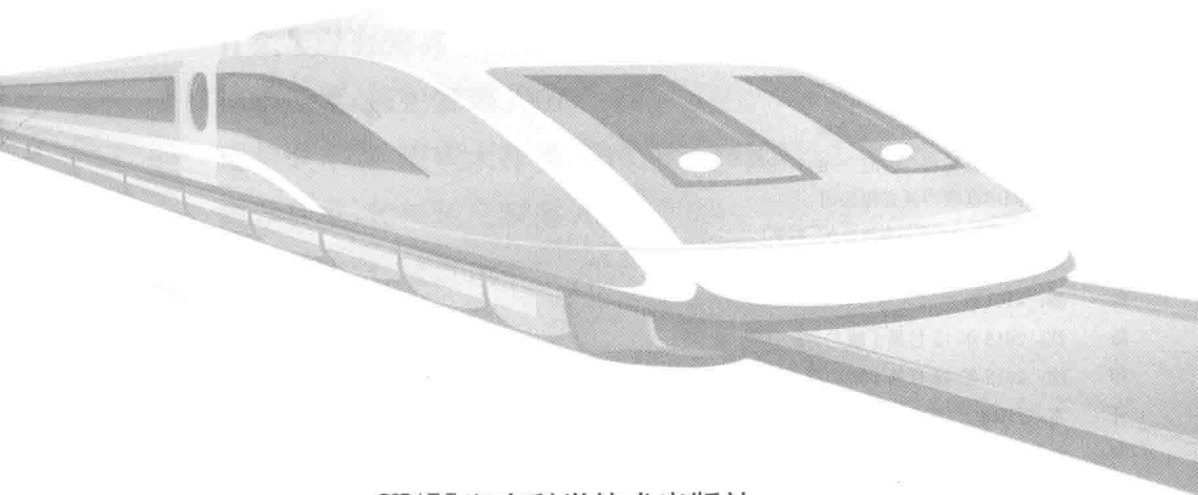
CS|K 湖南科学技术出版社

献礼改革开放40周年

贴地飞行

中国自主创新发展磁浮交通纪实

王握文 著



CS | K 湖南科学技术出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

贴地飞行 : 中国磁浮交通发展纪实 / 王握文著. --长沙 : 湖南科学技术出版社, 2018.12

ISBN 978-7-5710-0023-3

I. ①贴… II. ①王… III. ①纪实文学—中国—当代IV. ①I25

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 268108 号

TIEDI FEIXING ZHONGGUO ZIZHU CHUANGXIN FAZHAN CIFU JIAOTONG JISHI

贴地飞行 中国自主创新发展磁浮交通纪实

著 者: 王握文

责任编辑: 王 斌

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

邮购联系: 本社直销科 0731 - 84375808

印 刷: 湖南众鑫印务有限公司

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址: 长沙县榔梨镇保家工业园

邮 编: 410129

版 次: 2018 年 12 月第 1 版

印 次: 2018 年 12 月第 1 次印刷

开 本: 710mm×1000mm 1/16

印 张: 15.25

字 数: 280000

书 号: ISBN 978-7-5710-0023-3

定 价: 54.00 元

(版权所有 · 翻印必究)



001

目
录

目 录

CONTENTS

引子 遥远的东方有一条“龙” /001

第一章 什么车没有轮 /006

追求速度,催生梦想 /007

理想很丰满,现实太骨感 /010

磁浮列车,如何超凡脱俗 /013

优势很明显,缺点也不少 /014

德国的尴尬 /017

“第一个吃螃蟹”的中国 /019

第二章 梦想启航 /024

追赶,蕴含着一个民族的多少苦涩 /025

我们现在干的,将来也许就是一桩大事业 /028



东瀛触动 /032

钱学森的勉励 /035

小型实验原理样车问世 /036

第三章 创新突破 /042

“国”字头科技攻关计划 /042

打开创新突破口 /046

联合打造磁浮列车试验线 /053

突破稳定悬浮导向控制 /056

驱散随机振动“幽灵” /058

标本兼治解决“车轨共振”难题 /060

首创 F 型钢热轧成型技术 /063

攻克高速磁浮关键技术 /064

工程化应用通过可行性评审 /069

第四章 磁浮列车，想说爱你不容易 /071

京沪高速铁路论证，引发磁浮列车争议 /072

支持与反对 /075

磁浮列车好，为何国外不推广 /078

电磁辐射是个伪命题 /081

理性的声音 /085

第五章 “雅典娜密码”的中国答卷 /089

百舸争流“红军渡” /090

南北联姻 /093

“融合”的列车如何开 /096

多赢的格局 /099

向深度融合发展 /103



第六章 艰难跋涉 /106

十年“嫁女” /107

S1 线艰难推进 /111

可贵的坚守力量 /115

湖南果断决策 /118

05 号“神车” /122

捷足先登 /126

第七章 梦想成真 /131

国产磁浮列车来了 /132

首都一道亮丽风景线 /136

东方“巨龙”吸引着世界目光 /138

磁浮效应 /141

广阔的产业化前景 /143

第八章 “磁浮人”风采 /147

中国磁浮交通开拓者 /148

结缘磁浮闯新路 /155

年轻的总设计师 /158

科研打擂竞风流 /161

小将出马 /164

创新勇士 /168

中国磁浮列车首位“驾驶员” /172

“80 后”博士的创新奇招 /175

编织磁浮交通产业“神话” /179

磁浮情怀成就磁浮事业 /184

逐梦磁浮立潮头 /187



第九章 磁浮文化 /191

敢为人先,艰苦创业 /192

拼搏奉献,追求卓越 /194

团结协作,集智攻关 /198

军民融合,胸怀全局 /200

第十章 磁浮技术的军事应用 /203

磁浮火箭橇 /204

航天器发射 /205

电磁弹射 /207

电磁炮 /209

磁悬挂风洞 /212

第十一章 未来更美好 /215

磁浮让城市更美好 /216

混合悬浮,抢占磁浮交通新高地 /218

时速 600 千米指日可待 /220

真空磁浮,一个美丽愿景 /223

中国磁浮必将走向世界 /225

尾声 “磁浮热”的冷思考 /229

后记 /235



引子

遥远的东方有一条“龙”

龙是中华民族图腾。《辞海》中解释：龙，古代传说中一种有鳞角须爪，能兴云作雨的神异动物。

在中国人眼里，龙是祥瑞的化身、中华民族的图腾，自古以来就有着特殊而重要的地位。过去，至高无上的皇帝穿的服饰绣有龙，名曰“龙袍”；坐的椅子雕有龙，称为“龙椅”；睡觉的床铺有龙的图案，叫作“龙床”；出行乘坐的船自然就叫“龙船”。世界上大概只有中国人最尊崇龙了，在那些古老而庄重的建筑物上，龙也成了最为常见的图案，蕴含着庄严、正气和吉祥。

“二月二，龙抬头。”在我国民间，农历二月初二被称为“龙抬头日”，亦称“春龙节”。此时，春天真正来临，万物复苏，人像龙一样从冬眠中醒来，生龙活虎，龙马精神。大约从唐朝开始，中国人就有过“二月二”的习俗，吃面条称之为吃“龙须面”，水饺称“龙耳”，饼子称“龙鳞”，所有食物似乎无“龙”不成席。这一天，也是家长们送孩子入学读书的日子，有“望子成



龙”之寓意。

早在战国时期，我国就有“龙舟竞渡”的习俗，这种兼具祭祀与娱乐的传统，既娱神又乐人，很受民众喜爱。公元前 278 年，秦军攻破楚国都城，含冤流放的楚国贤臣屈原闻讯后，于五月初五这天写下《怀沙》绝笔，抱石投汨罗江而死。当地民众纷纷到汨罗江边凭吊，渔夫们划着龙舟在江中击鼓疾驶，以此驱散江中的鱼，以免它们吃掉屈原的身躯。此后，每年农历五月初五，当地民众都以划龙舟来纪念屈原，于是，形成了“端午节赛龙舟”的文化传统。今天，在屈原投江的湖南省汨罗市等地方，每年五月初五都要举办盛大的国际龙舟节，龙舟竞渡，百舸争流，热闹非凡。1980 年，赛龙舟正式列入中国国家体育竞技项目，吸引着广大体育爱好者的参与。

“古老的东方有一条龙，它的名字叫中国；古老的东方有一群人，他们全都是龙的传人。巨龙脚底下我成长，长成以后是龙的传人。黑眼睛、黑头发、黄皮肤，永永远远是龙的传人。”这首歌曲《龙的传人》，在海内外华人中耳熟能详，广为流传，经久不衰。黑眼睛、黑头发、黄皮肤的中华儿女，无论走到哪里，身处何方，都将自己比喻为“龙的传人”。

龙象征着吉祥，龙代表威武与力量。人们喜欢将那些能在地上奔跑的庞然大物，比喻为“巨龙”。比如，火车出现后，将其称为“钢铁巨龙”。因为火车重量大、体形长、跑得快，比喻为“钢铁巨龙”，可谓名副其实。

但是，仔细一想，这个“钢铁巨龙”又缺少“龙”的一个要素——腾空飞翔。“火车不能飞翔，怎能称其为“巨龙”呢？当然，这不过是一种比喻罢了，火车那么重，怎么可能像龙一样“飞”起来呢？

飞翔，是人类的一个梦想。随着热气球、飞机、宇宙飞船的出现，人类的飞行梦想，早已变成了现实。被称为“钢铁巨龙”的火车，也能“飞”起来吗？这个问题似乎有点偏离常识，在现代交通工具中，在陆地行走的都被称为“车”，它依靠“车轮”行驶，车与轮相辅相成，是车必有轮，有轮才称之为车。几十上百吨重的火车，也是以轮子为支撑沿着轨道向前行驶的，它没有翅膀，怎么可能“飞”起来呢？



仅仅因为火车被比喻为“钢铁巨龙”，就要求它具有“龙”的飞翔功能，太过天真了吧，简直是异想天开。

然而，“异想天开”正是人类进行科学创造与创新的动力源泉，更是科学家们不可或缺的创新思维。让“钢铁巨龙”摆脱地球引力，消除轮轨接触产生的摩擦阻力，让其沿着轨道“飞行”，这个在常人看来是异想天开、匪夷所思的“白日梦”，有人就真把它当成一项科学来研究。20世纪初，一位名为赫尔曼·肯佩尔的德国科学家，就别出心裁地提出了电磁浮列车的概念。他的创新设想原理很简单，即利用电磁铁“同性相斥、异性相吸”特性，让列车“悬浮”起来“贴地飞行”。这样，列车没有了轮轨接触产生的摩擦阻力，速度就可以大大提高，也不会产生震动与噪声，乘坐更加舒适。

它是多么神奇而新颖的列车，又多么值得科学家去研究探索。然而，赫尔曼·肯佩尔这个大胆而奇妙的创新设想，历经几十年研究，却没有引起人们的关注，尽管研制与试验取得阶段性进展，却始终不被政府和民众看好，推广应用更是毫无进展。

当这项创新研究在德国屡屡受挫之时，却引起了“龙的传人”的极大兴趣。从1980年开始，国防科技大学以常文森领衔的创新团队开始了近40年的探索与攻关，尽管也遇到了赫尔曼·肯佩尔相同的窘境，但几十年来不曾停止过创新的步伐。

光阴似箭。当人类进入21世纪，赫尔曼·肯佩尔让火车“贴地飞行”的梦想，在“龙的传人”的创造性劳动中，已经变成了现实。这种没有轮子、依靠电磁力悬浮在轨道上行驶的列车，科学家为它取得了一个美丽而名副其实的名字——“零高度飞行器”。

2002年12月31日，世界第一条高速磁浮交通商业运营示范线在中国上海建成通车。如果说，这条线是引进德国技术而不足为奇的话，那么，我国拥有完全自主知识产权的中低速磁浮交通商业运营线——长沙磁浮快线、北京S1线的相继建成通车，则是打下了“龙的传人”烙印的“中国智造”。

2016年5月6日，长沙磁浮快线正式通车运行，标志着我国成为世界上



极少数能够研制、设计、制造和建设磁浮交通系统的国家。全长 18.55 千米的“贴地飞行”，将长沙高铁南站与长沙黄花机场两个现代化交通枢纽，紧密地衔接起来，时速 100 千米，全程只要约 18 分钟，它是目前世界上线路最长的中低速磁浮交通运营线。

截至 2017 年 12 月 31 日，长沙磁浮快线安全运营 605 天，共计开行列车 70734 列次，总运营里程 133.8 万千米，累计发送旅客 456.63 万人次，全线单日最高客流达 11503 人次。

而 2017 年 12 月 30 日，我国最早启动建设的“中低速磁浮交通示范线”——北京 S1 线正式开通运营。

北京 S1 线西起门头沟，东至石景山苹果园，全长 10.236 千米，设有 8 个高架站，采用 10 列 6 辆编组，平均时速为 80 千米，额定载客数为 1032 人，每天载客量可达 16 万人次，全年客运量为 5600 多万人次，它因此成为世界上目前运能最大的中低速磁浮交通商业运营线。

放眼全球，当今世界只有中、德、日、美、韩等少数国家掌握了磁浮交通技术。德国虽然最早开展磁浮交通研究，却没有在国内建设运营线路，2003 年，我国引进德国高速磁浮交通技术，在上海建成了 30 千米的高速磁浮交通商业运营线，这是该国技术首次用于运营线路建设。2005 年，日本建设了世界上第一条低速磁浮运营线，长度仅有 8.9 千米。此后，韩国在仁川修建了一条 6.1 千米的中低速磁浮交通线，仅提供免费乘坐体验，并没有投入商业运营。

遥望东方，一南一北两条磁浮交通运营线交相辉映，带着“中国智造”的荣耀“贴地飞行”，向世人展示着新型绿色交通工具的方便、舒适、快捷，开启了中国磁浮交通的新时代。

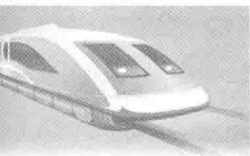
中国，一个孕育了飞天梦想的浪漫国度，一个饱经沧桑的东方大国，一个诞生了四大发明的文明古国，从此以更加自信的姿态屹立于世界轨道交通舞台。

业内人士预计，到 2020 年我国有望建成 5 条以上中低速磁浮交通商业运



营线路，而时速 200 千米左右的中速磁浮和时速 600 千米的高速磁浮，已列入国家轨道交通装备关键技术产业化实施方案，正加紧研发和开展前期建设。可以预见，代表中国高端制造的磁浮交通将迎来一片产业蓝海。

环顾世界磁浮交通，风景这边独好。



第一章



什么车没有轮

“什么车没有轮？”这是一个谜语，谜底是“风车”。

猜中这个谜语，需要来一次“脑筋急转弯”，因为它偷换了“车”的概念。自古以来，车与轮是密不可分的，是车必有轮，轮是车的依托，没有轮子怎能称其为车呢？在我国文字形成发展过程中，“车”这个象形字，最能说明这个问题。

车属于陆地交通工具，由于受地球引力作用，必须安装轮子用于承载和移动，“轮”也就成了“车”的不可或缺的重要部件。没有轮子的“车”，大概也只有“风车”了，而“风车”不是交通工具，当然不是真正意义上的“车”。

“什么车没有轮？”这个谜语，其实寄托着人类的一种梦想，就像对飞行的梦想一样，经过莱特兄弟的大胆尝试，最终不也变成现实了吗？

不过，人类对没有“轮”的“车”的追求，比实现飞行的梦想要迟来了



上百年的过程也长得多。从1922年梦想萌芽，到2002年在中国梦想成真，经过几代科学家与工程技术人员的拼搏奋斗，人类才真正有了没有“轮子”的“车”，这一过程经历了整整80年的漫长探索与创新过程。

这种没有轮子的“车”，就是利用磁铁同性相斥、异性相吸的特性，以信息技术为纽带，整合传统交通工业而诞生的新型交通工具——磁浮列车。

“什么车没有轮？”如果现在有人让你猜这个谜语，再回答“风车”，就有些“OUT”了，正确的答案是，有着“零高度飞行器”美誉的磁浮列车。

追求速度，催生梦想

人类的发展总是以追求速度与效率为牵引。19世纪，发端于英国的工业革命，动摇了几千年来的运输模式，汽车的出现实现了动力革命，速度大大提高，从此使速度与效率联系在一起。如今，随着高速公路的大量建设，汽车时速普遍达到100千米以上，极大方便了人们的出行，节省了路途中的时间。

速度与效率是人类永恒追求的目标。1825年，世界上第一条标准轨铁路问世，火车便成了人们生活中不可或缺的重要交通工具，它承载量大、速度更快、更加安全。作为工业化水平的标志，铁路交通体现着一个国家的综合国力，于是，随着科技的发展，铁道线越来越多，火车速度节节攀升，人员与货物的运输越来越便捷，这是铁路交通对人类社会进步发展的贡献。

人类追求速度是无止境的。然而，速度越高，阻力也就越大，因为列车行驶的阻力与速度的平方成正比，所以，当列车的时速达到或超过一定值时，就很难再提速了。现在，即便是在专用轨道上行驶的高速列车，时速一般都在300千米左右，很少能超过400千米。

为什么列车的速度不能持续往上提升呢？这就涉及成本和性价比的问题了。轮轨列车提速的代价是相当昂贵的，科学家曾进行过计算，时速300



千米的高速铁路，其造价比时速 200 千米的准高速铁路要高出近两倍，比时速 120 千米的普通铁路高 3 至 8 倍，如果列车速度继续提高，其造价还将急剧上升。

速度提升带来的另一个问题是，高速行驶的列车由于轮轨之间的摩擦，会引起的强烈震动和噪声，以及拐弯时产生的离心力，使人乘坐产生不舒服的感觉，还会带来安全和维修成本等一系列问题。

科学家们经过深入分析研究，认为进一步提高列车速度，首先需要解决的关键问题是，如何消除列车轮轨因机械接触而造成的摩擦与震动，必须综合考虑震动、噪声、安全、造价、维修等一系列因素。但这些问题解决起来相当难，因为列车是个笨重的“铁家伙”，一节列车重达几十吨，加上载客或是货物就是几百吨，要让它能摆脱地球的引力，消除轮轨之间的机械接触产生的摩擦与震动，简直“难于上青天”，科学家普遍认为，现在的高速铁路时速已经接近极限。

善于探索与创新的科学家们，却从没有放弃对速度的追求，世界上的事情“只有想不到，没有做不到”，办法总比困难多，任何问题都是有解的，只是要找到解决的路径与方法。

科学家们经过长期研究与分析，认为消除轮轨列车摩擦与震动的办法无外乎两种：一种是气浮法，在列车车体底部安装一个喷气装置，通过向铁道上喷气，利用反作用力使火车浮起，从而摆脱地球的引力；另一种是磁浮法，即利用磁铁同性相斥和异性相吸的特性，使列车在铁轨上悬浮起来，车与轨不接触，自然就没有了摩擦阻力，震动也随之消失。

第一种气浮法，原理并不复杂，问题是列车过于笨重，喷气面也大，只有当喷气产生的推力比列车重量更大，才能将车厢托起。但要让它沿着铁道前进，且不说能否实现稳定控制，光是喷气产生的噪声、扬起的尘土、对路基的破坏等就是一大难题，如果再考虑到造价与乘客舒适性，此法根本行不通，故不宜采用。

第二种磁浮法，利用电磁铁“同性相斥、异性相吸”的特性，使列车在



铁轨上悬浮起来运行，原理简单也很好理解，问题还是因为列车太过笨重，实现稳定悬浮与控制，困难重重，相比于前者，磁浮法似乎要科学现实一些，也许是一个好的选择。

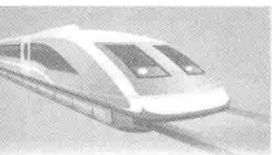
1922年，德国科学家赫尔曼·肯佩尔第一个提出了“电磁悬浮铁路”的设想，并开始着手研究。此后，他获得了世界上第一项有关磁浮技术的专利。1953年，赫尔曼·肯佩尔写出了他一生最具开创性的研究成果——《电子悬浮导向的电力驱动铁路机车车辆》科学报告，却并未引起多少人关注，人们觉得这只是一种科学“幻想”罢了，将笨重的列车悬浮起来行驶，是多此一举，也不现实，没有任何工业和商用价值可言。

赫尔曼·肯佩尔的研究尽管没有引起什么反响，但他坚持“走自己的路”，始终没有放弃他的研究。作为一位有创新追求的科学家，他相信只要坚持不懈地探索创新，这一设想最终是可以实现的，坚持率领自己的研究小组不断地探索前行。

根据电磁原理来研究磁浮列车，在当时别说是普通人，就是一些科学家们也认为赫尔曼·肯佩尔的研究没有任何可行性，更不要说应用了。人类自从发明了轮轨列车以来，列车就是依靠轮子承载在轨道上运行。如果凭着简单的磁铁特性原理，就想去掉承载重量的轮子，让列车以悬浮状态在轨道上运行，简直是痴人说梦，就当作茶余饭后的一个话题罢了。

俗话说：“屁股决定脑袋。”在交通部门和政府决策者看来，轮轨列车技术已经成熟，时速可以达到100千米，甚至200千米，已经是够快的了。如果要想再快，可以选择乘坐飞机。没有必要别出心裁去研制一个没有轮子的列车，不仅投资看不到回报，更是一个“无底洞”。即便技术突破了，能否实现，是否可行，安全性怎样？性价比如何？一切都还是未知数。

在科学家眼里，创新是没有禁区的，更不能受传统思维的禁锢。从创新实践看，凡是原理上行得通的，就一定能找到成功的路径。把“不可能”变成“可能”，这就是创新的价值和意义，特别是磁浮列车，其创新更是具有划时代的意义——它第一次打破“车”必有“轮”的概念，让车不依赖于轮子



而能“贴地飞行”，这是多么具有变革性的科学创造！

当普通人认为磁浮列车只是一个“神话”或是“科幻”时，科学家们却认定它或许就是未来的一种新型交通工具。

当然，这只是科学家们的一个美好梦想。美梦能否成真呢？

理想很丰满，现实太骨感

每一个勇闯禁区的科学家都是一位浪漫主义诗人。

“磁浮列车”这一概念的提出，源于追求列车速度和乘坐舒适度的朴素想法。运用电磁铁原理，让列车摆脱地球引力，实现轮轨不接触消除摩擦与震动，从而提高列车的速度，增强乘坐的舒适度，原理可行，依据充足，其前景也十分诱人。

科学研究的道路上，总是充满着矛盾与不确定性，理论上可行是一回事，实践中能否实现却又是另一回事。任何事情如果“想得到”就能“做得到”，那就没有科学家什么事了，创新也就可有可无。

科学研究的作用和价值在于找到一条通向彼岸的桥梁。从轮轨列车到磁浮列车的这座“桥梁”，如何设计、怎样建造？能否通向理想的彼岸？这些问题，恐怕连最早提出“磁浮”概念的赫尔曼·肯佩尔心里也没谱，也就怪不得有大当作“神话”和“科幻”了，以当时的科学水平和人们的认识程度，不拿它当回事也很正常。

事实也的确如此。磁浮列车作为一种新生事物，与其他新技术容易被人们理解、接受、快速发展不同，它从萌芽到发展，进展十分缓慢且倍受质疑。从1922年赫尔曼·肯佩尔最早提出“电磁悬浮铁路”概念，到1934年获得有关磁浮技术专利，10多年时间未引起人们的关注。从1934年到1968年的34年间，除了赫尔曼·肯佩尔和他的课题组，并没有其他研究机构进行研究，只有极少数人关注 and 观望，赫尔曼·肯佩尔的创新之路十分寂寞，与其他科