



真空管道交通工程技术丛书

刘本林 赵勇 著

速车系统概论

SUCHE XITONG GAILUN



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)



真空管道交通工程技术丛书

速车系统概论

刘本林 赵 勇 著

西南交通大学出版社

• 成 都 •

图书在版编目 (C I P) 数据

速车系统概论 / 刘本林, 赵勇著. —成都: 西南交通大学出版社, 2009.6

(真空管道交通工程技术丛书)

ISBN 978-7-5643-0249-8

I. 速… II. ①刘… ②赵… III. 高速铁路—列车—概论
IV. U238

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 043617 号

真空管道交通工程技术丛书

速车系统概论

刘本林 赵 勇 著

责任编辑	刘娉婷
封面设计	本格设计
出版发行	西南交通大学出版社 (成都二环路北一段 111 号)
发行部电话	028-87600564 87600533
邮 编	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	成都蜀通印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	16.625
字 数	394 千字
版 次	2009 年 6 月第 1 版
印 次	2009 年 6 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-0249-8
定 价	42.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前言

将真空环境应用于交通运输是人们由来已久的理想。多年来，将真空环境应用于交通运输这一新颖的构想在世界范围内受到了众多的关注，其在节能、环保等诸多方面的优势得到了比较充分的探讨和论证。然而，迄今为止，对于这一具有极大应用潜力的交通运输方式的研究还不够深入、系统，相关技术的开发还没有取得显著的进展。

几年来，经过反复的思索、研究与探讨，我们认识到，对于交通运输而言，真空环境不但具有不可替代的优势，同时也面临不可避免的挑战。如果对其缺少充分的认识，则很难实现将真空环境用于交通运输从设想到实际应用的跨越。

在对真空作为交通环境的特点（包括优势与弱点）作了深入探讨之后，我们发现，真空环境在交通运输中具有市场价值的应用应当着眼于长途的、超高速的旅客运输。至少在起步阶段，真空管道交通应当作如此定位。

作为真空环境应用于长距离高速客运的前提，大容积、具有恰当真空度的真空管道应当能够通过现有的工程材料与作业技术来完成施工与建造。为此，我们提出了一种称为“承载-密封分置”的真空边界方案，从而将大规模、具有较高标准的真空管道建设工程转化为基于钢筋混凝土技术与塑料（或者橡胶）薄膜密封技术的、与现代土木工程中的建筑与装修相类似的工程，从而大幅度降低这类大型真空系统的造价。

如果“承载-密封分置”的目标是处理用于交通的真空管道“做得起”的问题，根据真空环境特点提出另一个称为“有速乘客交换”设想之目标则在于使真空管道交通“用得起”。也就是说，真空管道交通应当具有恰当的性能、价格比，从而在商业竞争中能够生存与发展。“有速乘客交换”对在真空管道中运行的车辆的设计提出了一些具体要求。比较幸运的是，在具有适当真空度的真空环境中，这些要求基本上都可以得到满足。

为了方便起见，我们将在“承载-密封分置”真空管道中能够作“有速乘客交换”的高速长途客运车辆称为“速车”。

为了实现速车的运行，除了真空管道以外，还必须设置轨道与驱动、车站与应急救援等设施。速车，以及这些所有保证速车能够正常运行的设施则构成“速车系统”。这也是本书的基本内容。

速车的轨道与驱动技术应当视为目前已经得到开发与应用的技术，尤其可以视为磁浮列车技术的推广与延伸。因此，本书对磁浮列车及其驱动等技术作了一个简短的综述，并且对延伸到用于高速运行的速车的可能性以及相关问题进行了初步探讨。

速车的轨道和驱动技术与现有的轨道交通技术具有较高的兼容度。然而，速车的车站与现有的列车车站在概念上则具有很大的差异。书中提到的“气闸站”概念可以看成是空

间飞船“气闸舱”的合理延伸；而“渡机-渡口”的概念则是为了避免速车系统中出现复杂的“道岔”问题而提出的，它是用于速车进入（退出）真空环境和速车轨道的简捷方案。

包括机械制造、计算机与电信等技术在内的现代技术为速车系统的实现提供了充分的技术可能性，这种技术在19世纪甚至在20世纪上半叶是难以想象的。

为了讨论与表达方便，本书在提出速车系统概念的同时，也为建立与“速车系统”概念相适应的术语系统进行了初步的尝试。

我们将“速车系统”的概念通过本书表达出来的一个重要目的在于“抛砖引玉”。希望读者在读完本书后，对于真空管道交通的概念、技术，以及工程前景有所认识和启发，从而一起推动真空管道交通的研究与开发工作。

感谢张耀平、葛同勋、魏乐汉、王怀玉、张卫华、高仕斌、张勇、林国斌、何明旗、赵立明、张家铝、邹逸平、王正、王琼、刘溪清、凌厚麻、徐国友、杨华芬、陈董康等同志对于速车系统以及本书的写作给予的帮助或提出的宝贵意见。此外，我们感谢微软等公司为我们提供了物超所值的文字与图片处理技术，使我们得以在不是很长的时间内完成写作任务。

本书的出版，得到了西南交通大学出版社的领导与有关编辑人员的大力支持，在此表示诚挚的谢意。

本书的撰写和出版还得到了西南交通大学“磁浮技术与磁浮列车教育部重点实验室”、“磁浮技术与磁浮列车”长江学者与创新团队计划（IRT0751），以及国家杰出青年基金（50588201）的部分资助，在此表示衷心的感谢。

由于作者的水平有限，本书中难免存在错误和不当之处，欢迎读者批评、指正，或讨论。作者的联系方式为：刘本林，常州市思索数码科技有限公司，benlinliu@untc.edu；赵勇，西南交通大学超导研究开发中心，yzhao@swjtu.edu.cn。

作 者

2009年4月

Preface

It has been an ideality for many years to use vacuum surroundings into transportation, and, comparatively detailed probing and research on advantages in aspects of energy saving and environment protection has been elaborated on. However, progress on the development of how to apply vacuum surroundings into transportation is not prominent.

After studying and probing for several years, we are cognizant that vacuum surroundings possess irreplaceable and distinct advantages, but a lot of serious challenges as well. Without sufficient emphases on the potential challenges, it would be very difficult to achieve the metamorphosis from assumption to reality in the efforts of applying vacuum surroundings in transportation.

As a result of the deep probing into the characteristics of vacuum as transportation surroundings, including advantages and disadvantages, we find that the vacuum-surroundings-based-transportation should be focused on the long-distance super-speed passenger transportation, at least in its primary stage.

Construction of vacuum surroundings with large capacity and right vacuum degree by means of existing engineering materials and technologies should be a precondition of applying vacuum surroundings into the long-distance, super-speed passenger transportation. This enlighten us to propose the concept of "bearing-airproof separation arrangement" for constructing vacuum boundary, which make it possible to convert the vacuum surroundings construction engineering with a large scale and high vacuum degree to a common civil engineering based on some simple technologies such as reinforced concrete construction and plastic or rubber film airtight.

If the target of "bearing-airproof separation arrangement" is to cope with the "cost-effective issue" for constructing the vacuum surroundings for transportation, another scheme proposed according to vacuum surroundings characteristics, which is called "marshalling passengers in motion" is aimed to run the vacuum surroundings transportation in a "payable" way, that is, to achieve a right cost-performance ratio, so that vacuum tube transportation will be competitive in business and has essential survival potential. "Marshalling passengers in motion" also puts up some specific requirements on the design of vehicles running in the vacuum tube. Fortunately, these can be fulfilled when a right vacuum degree of the vacuum surroundings reaches.

For the convenience of description, we call such a long-distance super-speed passenger vehicle "Speed Train", which possesses the feature of "marshalling passengers in motion" and runs in the vacuum tube with "bearing-airproof separation arrangement".

Besides the vacuum surroundings, the facilities including rail, drive, station and emergency rescue are indispensable to the running of Speed Train. All of these constitute "Speed Train System", which is the core part of this book.

In general, the rail and driving technologies of Speed Train can be considered as an extension and development of those of the current railway transportation system, especially, as an extension and development of current Maglev technology. A brief review on Maglev and

related driving technologies is given in this book. In addition, feasibility and challenges in adopting these technologies into Speed Train System are also discussed.

Rail and driving technologies of Speed Train are highly compatible with existing technologies. In contrast, station concept in Speed Train System is largely different from the current railway station concept. The “airlock station” mentioned in this book is an extension of spacecraft airlock. The “ferry truck” is the simple scheme for Speed Train entering into (or exiting from) vacuum surroundings or Speed Train rail, which will help to avoid the use of complex rail-switch system.

Current technologies, including manufacture, computer engineering, telecommunication, etc., provide us with strong technological background for achieving Speed Train System. These technologies were unimaginable either at the 19th century or even at the first half of the 20th century.

For the convenience of discussion and expression, a terminology system relevant to the Speed Train System is created tentatively while constructing the Speed Train concept.

The book contains 10 chapters: 1. Introduction; 2. The Features and orientation of Evacuated Tube Transportation; 3. The bearing-airproof separation arrangement of vacuum boundary; 4. The speed train; 5. The support, driving and guide of speed train; 6. The line of speed train; 7. The speed train station; 8. The circulation of speed train system; 9. The rescue of Speed Train in emergency; and 10, The prospect of exploitation and application of speed train system.

One of our key purposes to introduce Speed Train System in this book is to “throw out a brick to attract a jade”. We hope that the book can not only inspire readers with interests but also encourage them to promote the research and development of the vacuum tube transportation.

We are greatly grateful to Zhang Yaoping, Ge Tongxun, Wei Lehan, Wang Huaiyu, Zhang Weihua, Gao Shibin, Zhang Yong, Lin Guobin, He Mingqi, Zhao Liming, Zhang Jialv, Zou Yiping, Wang Zheng, Wang Qun, Liu Xiqing, Lin Houxiu and Xu Guoyou for their valuable discussion on the Speed Train or kind assistance given for writing this book. In addition, thanks should also be extended to Microsoft company and other companies for providing the efficient processing technologies on words and pictures, so that we could finish this book within a not-long term.

We would also like to acknowledge the leaders and editors of Southwest Jiaotong University Press for their strong support in publishing this book.

We are grateful for the financial support of the Key Laboratory of Magnetic Levitation and Maglev Trains (Ministry of Education of China), Southwest Jiaotong University; the Ministry of Education of China under Yangtzy Scholar and Innovation Research Team Program (IRT0751); and the National Natural Science Foundation of China under Grant No. 50588201.

Readers are welcome to send their comments and suggestions to the authors through the contact details below: Ben-lin Liu, Changzhou Sisuo Digital Technology Co. benlinliu@ustc.edu; Yong Zhao, Superconductivity R&D Center, Southwest Jiaotong University, Chengdu, Sichuan 610031, China; and School of Materials Science and Engineering, University of New South Wales, Sydney, 2052 NSW, Australia. y.zhao@unsw.edu.au or yzhao@swjtu.edu.cn.

Author

2009-04

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 交通的概念与历史回顾	1
1.1.1 交通的概念	1
1.1.2 从远古走来的交通	1
1.1.3 牲畜作为交通工具的驯化与使用	2
1.1.4 道路的出现与开拓	2
1.1.5 轮子与车辆的发明	3
1.1.6 道路的延伸——桥梁	3
1.1.7 道路的扩展——隧道	4
1.1.8 马车的兴起与应用	4
1.1.9 公路机动车辆的兴起	5
1.1.10 水面运输的源与流	5
1.1.11 船舶的驱动与操纵	5
1.1.12 轨道运输工具的兴起：火车与铁路	6
1.1.13 速度是交通运输中永恒的课题	6
1.1.14 航空的优势与问题	7
1.1.15 飞机高速飞行的一些启示	8
1.2 真空技术的由来及其应用	9
1.2.1 古代排斥的真空概念	9
1.2.2 真空概念的建立	9
1.2.3 活塞抽气机的发明	9
1.2.4 真空技术的早期研究与演示	10
1.2.5 真空技术的早期工业应用	10
1.2.6 真空技术应用于轨道交通事业的早期尝试	11
1.2.7 现代真空技术	11
1.3 真空管道交通研究的现状与任务	12
1.3.1 高速管道运输的概念	12
1.3.2 运输之星地铁系统概念	12
1.3.3 瑞士地铁研究计划	12
1.3.4 “美国地铁”概念与“美国地铁”同盟会	13
1.3.5 架空真空管道概念	14
1.3.6 我国近年真空管道交通的研究概况	14
1.3.7 本书宗旨	15
第2章 真空管道交通的特点与应用定位	16
2.1 真空环境用于交通的一些技术优势	16
2.1.1 低阻力	16
2.1.2 高精度	17
2.1.3 形状无关	17
2.1.4 良好的安全特性	18

2.1.5 稳定优越的物理环境.....	19
2.2 真空环境用于交通的一些难点.....	20
2.2.1 昂贵的边界.....	20
2.2.2 人不能生活在真空中.....	21
2.2.3 进出真空环境开销巨大.....	22
2.2.4 对流冷却功能缺失.....	22
2.3 真空管道交通的应用方向.....	23
2.3.1 真空管道交通应用方向的选择原则.....	23
2.3.2 真空管道交通的军事应用潜力探讨.....	24
2.3.3 真空管道的货运交通应用潜力探讨.....	24
2.3.4 真空管道个人交通应用潜力探讨.....	25
2.3.5 真空管道应当着眼于高速长途客运.....	25
2.4 速车系统的基本概念.....	26
2.4.1 速车系统的基本技术特点.....	26
2.4.2 基本术语说明.....	26
2.4.3 有速乘客交换基本思路.....	26
第3章 承载-密封分置真空边界.....	28
3.1 真空技术概观.....	28
3.1.1 真空系统的基本组成与分类.....	28
3.1.2 真空系统的基本方程.....	28
3.1.3 真空系统中的气流状态.....	29
3.1.4 真空系统的气体负荷.....	30
3.1.5 低真空抽气时间的计算.....	31
3.2 速车运行环境的真空指标.....	32
3.2.1 高速列车的牵引功率.....	32
3.2.2 速车系统的功率消耗特点.....	33
3.2.3 初期速车的功耗选择.....	34
3.2.4 速车运行环境的真空度.....	34
3.2.5 速车真空环境的体积与密封面积.....	34
3.3 真空环境边界承载-密封分置设计方案.....	35
3.3.1 真空边界的基本要求.....	35
3.3.2 材料按照真空性能分类.....	36
3.3.3 承载-密封分置方案.....	37
3.3.4 卸压型承载密封分置的基本结构.....	38
3.3.5 卸压层与卸压泵.....	38
3.4 承载结构的类型与材料.....	39
3.4.1 承载结构的功能与类型.....	39
3.4.2 基础结构材料选择.....	39
3.4.3 承载材料的扩展讨论.....	41
3.4.4 挂座与承载结构的现场施工连接方式.....	42
3.5 分置真空边界的密封材料与结构.....	42
3.5.1 薄膜气体围护的历史回顾.....	42
3.5.2 薄膜在承载-密封分置真空系统中的应用特点.....	43
3.5.3 卸压层与承载结构的连接.....	43
3.5.4 密封膜条状悬挂的力学分析初步.....	44
3.5.5 薄膜材料的泄漏特性.....	47

3.5.6 真空边界密封材料的选择	48
3.5.7 塑料与塑料薄膜	48
3.5.8 塑料薄膜的阻透性能	49
3.5.9 塑料的水蒸汽渗透系数	52
3.5.10 橡胶(薄膜)的阻透性能	54
3.5.11 挂座间距与安全系数	54
3.5.12 多层塑料薄膜	55
3.5.13 漏孔的泄漏特性	55
3.6 承载-密封分置真空边界研究的一些延伸课题	56
3.6.1 多层密封真空边界系统及其优势	56
3.6.2 缓冲层	56
第4章 速 车	57
4.1 速车设计的一些原则	57
4.1.1 有速乘客交换是速车的基本特点	57
4.1.2 有速乘客交换对速车结构的要求	57
4.1.3 速车的兼容性问题	58
4.1.4 速车截面形状的选择	58
4.1.5 速车头尾非对称结构	59
4.1.6 速车车舱的概念	59
4.1.7 速车与飞机相比的一些优势	60
4.1.8 一些说明	61
4.2 速车车体的基本结构	61
4.2.1 交通工具的座位与通道概念	61
4.2.2 有速乘客交换的特点	61
4.2.3 双通道的要求	62
4.2.4 两种双通道的模式	63
4.2.5 双层双通道速车	63
4.2.6 单层双通道速车	65
4.2.7 双层4通道速车	67
4.2.8 速车乘客行李随身的特点	69
4.3 速车的对接与连通	69
4.3.1 速车对接连通的特点	69
4.3.2 空间飞船对接的历史回顾	69
4.3.3 速车对接与空间飞船对接特点比较	70
4.3.4 速车对接与连通机构	71
4.3.5 速车连通机构	75
4.3.6 速车对接连通过程举例	76
4.4 速车的空气调节与冷却	81
4.4.1 速车环境特点	81
4.4.2 速车生命保障系统的基本负荷	82
4.4.3 二氧化碳吸收	83
4.4.4 其他有害气体控制	84
4.4.5 氧气供应	84
4.4.6 速车系统的热负荷特点	86
4.4.7 转移冷却概念	86
4.4.8 转移冷却工质选择	87

第 5 章 速车的支撑、驱动与导向	88
5.1 概 述	88
5.2 机械轮轨驱动	88
5.2.1 由来已久的轮轨交通	88
5.2.2 轮轨车辆的运行阻力、功率以及影响	88
5.2.3 轮轨作用以及轮轨的黏着力	89
5.2.4 不懈的努力	91
5.2.5 钢铁轮轨承重, 直线电机驱动的支撑与驱动组合	91
5.2.6 轮轨在速车系统中的潜力与限制	91
5.3 磁浮技术的经典研究与开发	93
5.3.1 一点说明	93
5.3.2 磁悬浮交通技术的由来与发展经历	93
5.3.3 经典磁浮列车技术研究现状	94
5.3.4 电磁式长定子 (EMS)	94
5.3.5 电磁式短定子 (HSST)	95
5.3.6 电动制悬浮 (EDS)	97
5.3.7 上海磁悬浮列车	98
5.3.8 成熟磁浮技术在速车系统中的应用潜力	100
5.4 磁浮技术发展的新方向	100
5.4.1 持之以恒的努力	100
5.4.2 永磁体悬浮尝试与约束	101
5.4.3 高温超导磁浮研究与开发	101
5.4.4 永磁材料的由来与现状	101
5.4.5 磁阵列磁浮结构与原理	102
5.4.6 综合评论	103
5.5 无接触输电概念	103
5.5.1 车辆能源系统概述	103
5.5.2 滑动输电技术的历史与现状	105
5.5.3 无接触输电基本方案	106
5.5.4 等离子体无接触输电原理	106
5.5.5 等离子弧 (焰) 的基本物理特性	108
5.5.6 等离子体无接触输电装置基本结构	109
5.5.7 等离子体输电系统的材料消耗与效率	112
5.5.8 接触-非接触输电技术的组合运用	112
第 6 章 速车线路	114
6.1 速车线路的特点与选择	114
6.1.1 速车线路的土木工程特点	114
6.1.2 真空管道交通的隧道概念	114
6.1.3 真空管道交通的架空管道概念	115
6.1.4 速车线路 (真空管道) 的浅埋选择	115
6.1.5 速车线路概念	116
6.1.6 速车线路的复线选择	116
6.1.7 速车线路复线单通道方案	117
6.1.8 速车线路复线夹墙双通道方案	117
6.1.9 速车线路的截面尺寸选择注意问题	119

6.1.10 夹墙的通风驱动与控制	119
6.1.11 夹墙的气密方案	120
6.1.12 环形速车线路	121
6.2 速车线路的弯曲与交叉	121
6.2.1 速车线路的弯道的曲率、速度关系	121
6.2.2 速车线路在丘陵地区的曲率策略	122
6.2.3 穿越峡谷水面的速车桥概念	122
6.2.4 穿越宽阔水底与山岭的速车隧道概念	122
6.2.5 速车线路的交叉	124
6.2.6 速车线路的连网问题	125
6.3 速车线路真空管道的密封结构	125
6.3.1 速车线路中薄膜与基础管道的连接	125
6.3.2 速车线路底部的连接与密封	127
6.3.3 卸压段概念	127
6.3.4 长挂座与卸压道	128
6.4 真空泵与真空机组	128
6.4.1 真空泵与真空机组的概念	128
6.4.2 机械真空泵概览	129
6.4.3 几种大流量机械真空泵	130
6.4.4 蒸汽流真空泵	132
6.4.5 气体捕集式真空泵	132
6.4.6 低温泵在速车转移冷却系统中的应用	133
6.5 速车线路的施工	135
6.5.1 速车线路建设主要施工项目	135
6.5.2 速车线路的施工准备	135
6.5.3 速车线路建设的集成施工作业	136
6.5.4 速道(速车线路)地表的恢复与使用	137
第7章 速车车站	138
7.1 速车车站的特点与功能	138
7.1.1 速车车站的选址	138
7.1.2 速车车站的分区与功能	138
7.2 速车的渡口与渡机	139
7.2.1 无道岔的速车线路系统	139
7.2.2 列车轮渡技术回顾	139
7.2.3 速车系统的渡口与渡机概念	140
7.2.4 渡机的基本结构驱动方式	140
7.2.5 渡机机轮的载荷与数量估算	142
7.2.6 渡机接送速车的基本操作流程	143
7.2.7 渡口移动台辅助套准装置	148
7.2.8 渡机纵向移动微调辅助套准装置	149
7.2.9 渡口、渡机设计中一些值得注意的特点	150
7.3 速车气闸站	150
7.3.1 速车进出真空环境的概念	150
7.3.2 气闸装置的由来与空间实践	150
7.3.3 速车(渡机)进出真空环境操作的特点	151
7.3.4 气闸站的三级阶梯方案	151

7.3.5	移动门气闸站方案	160
7.3.6	气闸站的真空机组系统	162
7.3.7	速车气闸站的密封、承载结构特点	164
7.4	速车车站内区以及气闸站的配置	165
7.4.1	速车车站内区的功能与影响	165
7.4.2	单渡口速车简单车站内区	165
7.4.3	多渡口简单车站内区配置	167
7.4.4	具有综合配置的车站内区	169
7.4.5	车站内区站门	171
7.5	内区空载渡机缓冲区在速车线路中的形成方式	172
7.5.1	对称速车车站弯道	172
7.5.2	半对称速车车站弯道	173
7.5.3	单边全弧车站弯道	174
7.5.4	组合曲率弯道车站内区	175
7.5.5	组合曲率缓冲区间隔形成中的速道偏转角度的选择	176
7.5.6	具有直道穿插的组合曲率车站弯道	178
第 8 章	速车系统运行	180
8.1	速车系统运行的概念	180
8.2	速车关联运行	181
8.2.1	速车对接与关联运行的安全基础	181
8.2.2	空中加油的实践	182
8.2.3	空间对接的实践与应用	182
8.2.4	速车线路、车站的模型	185
8.2.5	速车的关联运行中速度-距离安全判据	186
8.2.6	速车关联发车	187
8.2.7	速车的前关联发车	187
8.2.8	速车的后关联发车	190
8.2.9	速车的对接与连通	193
8.3	速车有速乘客交换模式	193
8.3.1	有速乘客交换的一些特点	193
8.3.2	有速乘客交换的一些注意问题	194
8.3.3	座位 i 座- j 行间隔座位配置	195
8.3.4	多轮梯次转座	196
8.3.5	转座控制与引导系统	196
8.4	有速乘客交换图示方法与应用	197
8.4.1	有速乘客交换的图示方式	197
8.4.2	速车有速乘客交换过程示例	197
8.4.3	速车转座结果讨论	200
8.4.4	转座时间探讨	201
8.5	速车系统的辅助运行	201
8.5.1	速车辅助运行的基本概念	201
8.5.2	载客辅助运行	202
8.5.3	调度辅助运行	203
8.5.4	速车的维护	203
8.5.5	速车线路的维护	204
8.5.6	系统的启动与试运行	205

8.6 速车系统的运力	206
8.6.1 决定速车系统运力的几个因素	206
8.6.2 速车系统运力估算举例	209
8.7 与速车运行相关的一些延伸课题	210
8.7.1 运行抽气	210
8.7.2 速车系统的真空环境的氦气或者氮气的填充	222
第 9 章 速车应急救援	223
9.1 速车运行的安全性特点	223
9.2 速车自检与自救系统	224
9.2.1 速车常规的应急救援系统	224
9.2.2 速车车舱的泄漏问题	224
9.2.3 速车车舱泄漏的检测与监测	224
9.2.4 速车非破坏性泄漏事故应急处理	225
9.2.5 一种常规的应急供氧装置	226
9.2.6 对于处理支撑与驱动系统故障的初步设想	229
9.3 速车的应急转移救援	229
9.3.1 交通工具的应急转移	229
9.3.2 速车的车、站应急转移	229
9.3.3 速车的车、车应急转移	230
9.4 速车的应急充气救援	230
9.4.1 速车线路应急充气的需求	230
9.4.2 卸压泵站、爆炸充气复合结构	231
9.4.3 爆炸螺栓	232
9.4.4 应急充气过程	232
9.4.5 部分速车线路应急充气协调操作	233
9.4.6 应急充气速率与速车线路充气-抽气复合装置的密度选择	237
第 10 章 速车系统的开发与应用展望	239
10.1 速车系统的投资与运营成本问题	239
10.1.1 概 述	239
10.1.2 基础管道建设与施工	239
10.1.3 密封层的材料与施工	240
10.1.4 速车磁悬浮驱动(轨道)设备	241
10.1.5 速车车辆的开发与制造	242
10.1.6 车 站	243
10.1.7 速车的运营成本	244
10.1.8 速车系统的性能价格比探讨	245
10.2 速车系统的应用前景展望	245
10.2.1 亚洲、欧洲高速交通通道	245
10.2.2 交通事业远景展望	247
10.2.3 速车系统的运行速度极限	248
10.3 速车系统开发的机遇与挑战	249
附录 术语简表	250
参考文献	251

第1章 绪论

1.1 交通的概念与历史回顾

1.1.1 交通的概念

交通是与人们生活密切相关的一个概念。《辞海》中对于“交通”的解释是：各种运输与邮电通信的总称。《中国大百科全书·交通卷》对于“交通”一词作出的说明是：交通包括运输与邮政电信两个方面。上述概念似值得斟酌。

古代没有“电”的确切概念，自然无“电信”这一说。在电信出现以前，“交通”可以理解为运输（包括旅行在内）与以邮政为代表的通信两个方面。应当认为，在电信时代到来之前，涵盖旅行概念在内的“运输”构成通信的载体与基础，邮政依赖于运输而生存。就历史角度而言，旅行、运输、邮政、迁徙、步行、奔跑都与交通相关，或者可以理解为交通的组成部分。

到了现代，包括光纤通信在内的通信已经脱离对运输业的依赖而自主存在，并形成独立的行业。

根据现代人们的实际印象，应将交通理解为包括旅行、客运在内的各种运输以及以运输为基础的邮政的总称，而电信、传媒早已经成长为独立于交通运输的重要行业。

1.1.2 从远古走来的交通

不难想象，在远古时代，基于人类自身体力的步行与奔跑是人类最重要的交通方式，即使到了人类文明得到充分发展的时期，步行与奔跑仍然是重要的交通方式之一。

人类不但依靠体力与步行迁徙、搬运、采集与狩猎，而且还利用步行进行通信。

公元前490年，波斯大军横渡爱琴海，在雅典郊外的马拉松平原登陆。处境险恶的雅典，一面紧急动员加强戒备，一面派当时的长跑能手斐里底得斯日夜兼程去200多公里远的斯巴达城求助。这位长跑健将以惊人的速度只用了一天多的时间便到了斯巴达，但斯巴达人却以祖宗规定，月不圆不能出兵为由拒绝出兵。

雅典人得到斯巴达人不出兵的消息后并不气馁，他们立即把全体公民组织起来，甚至将奴隶也编入军队，赶往马拉松，占据有利地形，保卫自己的领土。

当时雅典军队只有一万人，加上一千援军，总共不过一万一千人。而波斯军队有10万人，而且装备相对精良。然而，雅典人万众一心，在智勇兼备的将领米太亚的指挥下，经过浴血奋战，最终在马拉松一举击败了入侵的波斯军队。

米太亚急于把胜利的消息告诉正在焦急等待的雅典人民，他又选中长跑能手斐里庇得斯去传送消息。当时，这位长跑者在战斗中已受了伤，可是，为了让他的同胞们早点知道胜利的消息，他依然全力奔跑。当他跑到雅典城的中央广场时，已上气不接下气，他用尽最后力气传达了获得胜利的消息后，便一头栽倒在地，就此长眠不醒。

为了纪念这场战役的胜利和表彰尽职尽责的英雄斐里庇得斯的功绩，1896年，雅典人在第一届现代奥林匹克运动会上，规定了一个新的竞赛项目——马拉松赛跑。马拉松战役与斐里庇得斯的业绩将随着奥林匹克运动会的圣火传诵千古。

经过现代人们的扩充与发掘，斐里庇得斯与众多的在马拉松英勇奋斗的古希腊英雄的精神与斗志已经变成了现代奥林匹克精神：“更快，更高，更强”，这也成为人类的宝贵精神财富，激励人类在包括交通在内的许多行业中不断进取与发展。

1.1.3 牲畜作为交通工具的驯化与使用

早期人类狩猎，如果猎物收获丰富，只能赶紧在死亡猎物腐败变质之前食用，而对那些仍然活着的猎物，则可能饲养起来，供以后食用。在饲养的这些猎物中，有经过驯化的牛、羊、猪、驴、马、骡、骆驼、象等牲畜，供人食用与役使。其中牛、马、骆驼成为供人类驮运物品的运输工具。

人们也利用畜力代替步行或者奔跑，进行更快的通信以及运输。就这方面而言，马的驯养与使用是最具代表性的。

一般认为，已知最早驯养的马出现在东欧地区。早期，人类将马与牛、羊、猪、狗等动物一起驯养，并作为一种家畜食用或者使用。后来，人们发现，马在奔跑方面具有出色的速度与耐力，可以用于交通。马不但可以直接快速骑乘，还可以拉车前行。一辆牛车一天行程难以达到 25 km，而马车可以超过 100 km。马使人类在其历史上第一次能够以超过自己的速度进行长途运输，从而导致了陆上运输的革命。

随后，人们把马作为交通工具用于战争，并且很快将战马发展成为具有决定性意义的战略资源。就此角度而言，马的驯养与使用不但推动了交通的发展，也改变了人类历史的发展进程。

1.1.4 道路的出现与开拓

人类作为大气层的底栖生物，道路运输是人类很早就应用的基本交通方式。

原始的道路是由人践踏而形成的小径。东汉训诂书《释名》解释道路为“道，蹈也；路，露也，人所践踏而露见也”，最初的道路是人们在原野上反复行走而踩踏出来的。这也正如鲁迅先生所指出的那样：世上本没有路，走的人多了，也就成了路。

据推测，人类在史前就开始对踩踏形成的道路加以修整，并逐步转变为主动开拓道路。

根据史料记载，在 4000 年以前，中国已经开始修建可以行驶牛、马车的道路。西周时（公元前 1088—771 年），我国道路已经初步形成网络。《周礼》记载，匠人营国，国中九经九纬，经涂九轨，环涂七环，野涂五轨。由于道路已经形成规模，同时形成了“司空视途”的初步管理规则。根据《周语》记载：“列树以表道，立鄙食以守路”，“雨毕而除道，水涸

而成梁”；这时人们已经开始对道路规划与道路质量有所重视，《诗经》记载：“周道如砥，其直如矢。”

作为一种交通基础设施，道路大规模的开发与使用，使人类进一步脱离了一般意义上的动物群体，不但加速了人类文明的进步，同时大规模地改变了地面的自然面貌，从而在相当程度上影响了地面生态系统的自然演化。

1.1.5 轮子与车辆的发明

一般认为，轮子与车辆的发明与橇的发明与使用具有相当的关联。而橇的使用应当理解为直接起源于人类拖动猎物或者物料的过程。对于一些大型的猎物，人们不便抬着走，也不便于用家畜驼着走，于是就地拖着走。但是，就地拖动对于猎物或者物料具有较大损伤，于是人们在被拖动的猎物或者物料与地面之间加上一层木料，这就形成了原始的橇。

橇可以用于雪地、土地或草地。在坚实土地上用橇时，在橇板底下安放圆木，以滚动代替滑动，从而可以有效地减小摩擦阻力。有了橇就能搬运较大的重物，可以集合多人一齐用力，可以拉也可以推。橇也可用家畜来拉。公元前 5000 年，北欧人已使用鹿拉雪橇，公元前 3500 年，在美索不达米亚平原已有牛拉橇。橇曾为古人类文明作出贡献。中国《尚书》记载了“泽行乘车盾”。车盾就是橇一类的运输工具。

相传我们的人文始祖黄帝，因看见蓬草随风吹转而发明了车轮，于是以“横木为轩，直木为辕”制造出车辆，对交通运输作出了伟大贡献，故尊称黄帝为“轩辕氏”。一般认为，车来源于在底部安装了圆木的橇。人们削去橇下圆木的中间部分，成为中间细两端粗的形状，从而减少了运行时的摩擦阻力。再进一步的改革是分开制作，中间部分变成细长的轴，两端部分变成圆板形的轮，于是出现了锥形的车。从圆木滚子分离出轴和轮两部分，既体现了橇进一步发展而形成车的过程，也是橇和车的明显区分。

早期的车轮是实体车轮，由 2~3 块木板拼制而成。公元前 20 世纪出现了有辐车轮。有辐车轮的应用使车的结构轻巧，重量减轻，是车与车轮发展进程中的一项重大改进。

中国周代已使用油脂作为车辆的润滑剂。汉代创造了先进的马用挽具，使车辆行驶轻快并便于驾驭。

相传公元前罗马人发明了转向前轴，开始出现四轮车。中国在汉代以前就出现了四轮车。四轮车较两轮车行驶平稳，运输量也增大。到中世纪欧洲改用悬置车厢和较小的前轮，提高了四轮车的舒适性。

中国东汉和三国时期出现的独轮车是一种经济而又适用的运输工具，特别适宜于羊肠小道。

1.1.6 道路的延伸——桥梁

河流对道路形成天然的阻隔，而桥梁是人们打通河流阻隔的基本方法。早期人类在河流上横上树干即可以供人通过，这是最初的桥梁。

到人类有文明史记载的时候，桥梁技术已经比较成熟。

公元前 2000 多年前，巴比伦人曾在幼发拉底河上建石墩木梁桥，且木梁可以在夜间撤除，以防敌人偷袭。在中国，有关桥梁最早的文献记载见于公元前 13 世纪。《水经注》记