

[希腊] 普尔菲勒迪斯 著

铁路管理与工程

TIELU
GUANLI
YU
GONGCHENG

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

铁路管理与工程

〔希腊〕普尔菲勒迪斯 著

中国铁道出版社

2012年·北京

北京市版权局著作权合同登记 图字:01—2012—1130 号

图书在版编目(CIP)数据

铁路管理与工程/(希)普尔菲勒迪斯著;佚名译
北京:中国铁道出版社,2012.5
ISBN 978-7-113-14655-9

I. ① 铁… II. ① 普… ② 佚… III. ① 铁路运输管理
IV. ① F530.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 089737 号

Railway Management and Engineering

© V. A. Profillidis 2006

Published by Ashgate Publishing Limited.

书 名:铁路管理与工程
作 者:[希腊]普尔菲勒迪斯 著(V. A. PROFILLIDIS)
译 者:佚 名

策 划:吴 军
责任编辑:吴 军 刘 钢
封面设计:冯龙彬
责任校对:龚长江
责任印制:陆 宁

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)
网 址:<http://www.tdpress.com>
印 刷:北京华正印刷有限公司
版 次:2012年5月第1版 2012年5月第1次印刷
开 本:700 mm × 1 000 mm 1/16 印张:24.5 字数:463 千
书 号:ISBN 978-7-113-14655-9
定 价:70.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。

电 话:市电(010)51873170,路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504,路电(021)73187

目 录

1 铁路与交通运输	1
1.1 铁路发展史	1
1.2 铁路运输的特点	3
1.3 流动性增加对铁路的影响	5
1.4 经济发展与铁路的关系	5
1.5 铁路旅客运输	6
1.6 铁路货物运输	9
1.7 铁路运输、线路里程、铁路员工和生产效率	10
1.8 客运优先还是货运优先	11
1.9 给铁路带来利好的运输服务	13
1.10 铁路运输和航空运输:竞争与互补	15
1.11 国际铁路组织	17
1.12 机车车辆制造业	18
1.13 铁路互联互通	18
1.14 GPS 在铁路中的应用	18
2 高速铁路和磁悬浮列车	20
2.1 高速铁路	20
2.2 伦敦和巴黎之间的海底隧道和高速铁路	23
2.3 摆式列车	24
2.4 空气悬浮列车	25
2.5 磁悬浮列车	25
3 政策和法律	29
3.1 国际竞争环境和铁路行业组织结构的演变	29
3.2 铁路的双重属性:商业和技术	29
3.3 铁路市场的全球化和自由化	32
3.4 网运分离以及铁路的新挑战	33

3.5	铁路基础设施的定义	35
3.6	欧盟铁路法	36
3.7	欧洲网运分离代表性模式	37
3.8	美国和加拿大的铁路法	42
3.9	日本铁路法	43
3.10	澳大利亚和新西兰铁路法	43
4	铁路需求预测	45
4.1	铁路需求预测的目的、意义和方法	45
4.2	影响不同类别铁路需求的参数	46
4.3	定性法	48
4.4	统计预测	51
4.5	计量经济模型	53
4.6	引力模型	55
4.7	模糊模型	55
4.8	时间级数模型	57
4.9	模型预测效果的统计评估	59
4.10	各种模型效果的比较分析	60
4.11	铁路货运需求模型	61
5	成本和费用	62
5.1	铁路成本的定义	62
5.2	新线的建设成本	64
5.3	线路的维护和运营成本	66
5.4	高速车辆的采购成本	66
5.5	铁路公司的运营成本	67
5.6	用货币量化外部因素	69
5.7	收费和线路	71
5.8	一些国家的线路定价模式	74
5.9	运营收费	77
5.10	客运收费	79
5.11	货运收费	81
6	铁路规划和管理	82
6.1	铁路与社会经济环境	82

6.2	铁路管理的竞争和影响	85
6.3	可行性研究和融资方法	86
6.4	规划铁路	89
6.5	铁路项目管理	91
6.6	基础设施管理	95
6.7	铁路客运的管理和政策	97
6.8	铁路货运的管理和政策	100
6.9	人力资源及其重新估值	101
6.10	铁路私有化	104
6.11	公共服务义务的判断和计算	106
7	轨道系统	107
7.1	铁路系统划分:轨道、牵引和运营	107
7.2	轨道系统及其组成	107
7.3	有砟轨道与混凝土无砟轨道	109
7.4	轨距	110
7.5	轴重和运量	111
7.6	轨枕间距	113
7.7	轮轨接触	113
7.8	钢轨方向的车辆横向摆动	114
7.9	钢轨在轨枕上的坡度	116
7.10	限界	116
7.11	车辆系统动力学——静态分析和动态分析	119
7.12	力对乘客舒适度的影响	121
8	轨道的机械特性	122
8.1	适用研究问题属性的方法	122
8.2	轨道系数和 Bousinesq 分析	122
8.3	垂直作用的近似单向弹性分析	124
8.4	轨道机械特性的精确分析——有限元法和弹性分析	127
8.5	轨道—路基系统的动态分析	134
8.6	轨道缺陷和附加动力荷载	136
8.7	动态影响要素系数	136
8.8	轨道—路基系统设计	137
8.9	钢轨的振动和噪声	137

8.10	钢轨精确机械特性研究·····	140
8.11	单向接触理论在铁路研究中的应用·····	141
9	路基——勘察和地质分析·····	143
9.1	铁路路基对轨道质量的重要性及其功能·····	143
9.2	分析勘察研究·····	143
9.3	土壤勘察分类·····	147
9.4	水文地质条件·····	148
9.5	铁路路基分类·····	149
9.6	路基的机械特征·····	150
9.7	基床·····	151
9.8	运量对路基的影响·····	153
9.9	路基养护条件的影响·····	153
9.10	路基的疲劳性能·····	155
9.11	铁路线路的防冻保护·····	156
9.12	路堑和路堤的路基——坡度·····	157
9.13	土壤加固技术·····	158
9.14	水工分析和流量计算·····	159
9.15	路基中的土工布·····	160
9.16	路基和道砟上的植被·····	162
9.17	地震与轨道及路基的性能·····	163
10	钢轨·····	165
10.1	钢轨类型·····	165
10.2	钢轨钢的生产·····	166
10.3	钢轨钢的机械强度和化学成分·····	166
10.4	钢轨轮廓的选择·····	168
10.5	钢轨的运输·····	172
10.6	钢轨的应力分析·····	172
10.7	通过有限元法和光弹性法对钢轨的机械性能进行分析·····	174
10.8	钢轨疲劳·····	175
10.9	钢轨缺陷·····	178
10.10	允许轨道磨损·····	182
10.11	钢轨的最佳寿命·····	183
10.12	扁轨连接板·····	184

10.13	连续焊接钢轨	184
11	轨枕—扣件	190
11.1	轨枕分类及功能	190
11.2	钢制轨枕	191
11.3	木制轨枕	192
11.4	混凝土轨枕	194
11.5	双块式增强混凝土轨枕	196
11.6	单块式预应力混凝土轨枕	198
11.7	混凝土轨枕的生产、质量控制和测试	200
11.8	轨枕下的应力	201
11.9	扣件	202
11.10	弹性衬垫	206
11.11	各轨道部件尺寸的数值应用	208
12	道砟	210
12.1	道砟和底砟的功能	210
12.2	道砟的几何特征	210
12.3	道砟的机械性能	213
12.4	道砟硬度	214
12.5	道砟合理厚度的确定	218
12.6	轨道横截面	221
12.7	道砟的寿命和再利用	225
13	横向效应——脱轨	226
13.1	横向效应	226
13.2	横向轨道力	226
13.3	横向轨道阻力	227
13.4	道砟特征对横向轨道阻力的影响	227
13.5	轨枕类型和特征对横向轨道阻力的影响	230
13.6	用来增加横向轨道阻力的附加措施和专用设备	231
13.7	脱轨	232
13.8	横向风力的影响	235

14 轨道布局	237
14.1 曲线上运行的车辆	237
14.2 超高理论值和实际值——横向加速度的允许值	238
14.3 超高和加速度的限值	241
14.4 过渡曲线的计算	242
14.5 圆曲线的计算	244
14.6 连续同向圆曲线和反向圆曲线分析	244
14.7 超高坡道	245
14.8 组合最大和最小速度	246
14.9 列车速度和曲线半径的关系	247
14.10 坡度	248
14.11 垂直过渡曲线	248
14.12 两条轨道轴线之间的距离变化时的过渡曲线	249
14.13 米轨轨道的一些考虑	249
14.14 使用表格进行布局设计	250
14.15 使用计算机进行布局设计	250
14.16 新建线路	251
14.17 轨道布局的环境因素	253
15 单开道岔和交分道岔	254
15.1 单开道岔和交分道岔的功能	254
15.2 单开道岔的构成	255
15.3 道岔的各种形式	256
15.4 道岔上的运行速度	258
15.5 道岔的几何特征	258
15.6 单开道岔和交分道岔的脱轨标准	259
15.7 干线曲线上的单开道岔	260
15.8 提速时的单开道岔	260
15.9 单开道岔和交分道岔处的轨枕和轨道布局	262
15.10 单开道岔的手动和自动操作	263
15.11 单开道岔和交分道岔的设计原则	263
16 轨道的铺设和维护	265
16.1 轨道的铺设	265

16.2	轨道维护和维护任务影响的参数	266
16.3	和轨道缺陷相关的定义和参数	267
16.4	轨道缺陷	268
16.5	轨道缺陷的记录方法	269
16.6	轨道缺陷的极限值	270
16.7	轨道缺陷的发展	273
16.8	维护需要的机械设备	275
16.9	养护计划	277
16.10	轨道养护工作的技术考量	278
16.11	轨道养护、植被和杂草控制	279
17	板式轨道	280
17.1	有砟轨道和无砟轨道的选择	280
17.2	板式轨道的力学特性	281
17.3	无砟轨道的各种形式	282
17.4	使用轨枕的板式轨道	283
17.5	无轨枕的板式轨道	284
17.6	沥青层上的无砟轨道	286
17.7	有砟轨道和板式轨道之间的过渡	286
17.8	板式轨道的成本	287
18	列车动力学	288
18.1	列车牵引	288
18.2	列车运行中的阻力	288
18.3	运行阻力 R_L	288
18.4	轨道曲线上的阻力 R_c	296
18.5	重力引起的阻力 R_g	296
18.6	惯性(加速度)阻力 R_{in}	296
18.7	列车的起动力和牵引力	297
18.8	黏着力	298
18.9	列车所需功率	299
18.10	列车加速度和减速度的值	300
18.11	列车制动	301

19 机车车辆	305
19.1 拖车部件	305
19.2 车轮	305
19.3 车轴	306
19.4 转向架	307
19.5 弹簧	309
19.6 车钩和缓冲器	309
19.7 车辆设计	310
19.8 使用 GPS 对铁路车辆定位	312
19.9 摆式列车	312
20 内燃牵引和电力牵引	316
20.1 不同的牵引系统	316
20.2 蒸汽牵引	316
20.3 从蒸汽牵引到内燃牵引和电力牵引	317
20.4 内燃牵引	318
20.5 电力牵引及其子系统	320
20.6 电力牵引系统	321
20.7 电气化的可行性分析	325
20.8 架空接触网系统	326
20.9 架空线支柱	330
20.10 变电站	331
20.11 同步电动机和异步电动机	333
20.12 电力机车养护机务段	334
21 信号、安全和互联互通	336
21.1 信号的作用	336
21.2 臂板信号	337
21.3 灯光信号的操作原则——轨道电路	338
21.4 灯光信号系统的设备和部件	341
21.5 灯光信号系统中的列车运行过程	343
21.6 速度控制	345
21.7 列车运行图安排	346
21.8 线路能力计算轨道容量	347

21.9 互联互通	348
21.10 平交道口安全措施	351
21.11 管理铁路安全	351
22 铁路的环境影响	352
22.1 地球环境恶化与铁路	352
22.2 空气污染和铁路	353
22.3 噪声污染和铁路	354
22.4 能源消耗和铁路	354
22.5 事故、安全和铁路	355
22.6 土地使用和景观	356
22.7 拥堵	356
参考文献	358

1 铁路与交通运输

1.1 铁路发展史

1.1.1 铁路的出现

自从人类文明的第一道曙光出现至今,安全而快速地运送旅客和货物就是每个组织化社会的不断追求。一般来说,运输发展史上最基本的发明包括车轮(约公元前3 000年)、航行技术(内河航行技术约公元前3 000年出现在埃及的尼罗河流域,而海洋航行技术则由腓尼基人在约公元前2 000年发明)、铁路和飞机。现代意义的铁路,最早出现在19世纪早期英国的矿山中,其主要特征是通过金属与金属的接触,让车轮沿着轨道的既定方向移动。

然而,铁路雏形的出现却要远远早于19世纪。在瑞士的巴塞尔发现了1550年的石刻壁画,上面就描绘了车厢在金属导轨上移动的情形,这说明在当时阿尔萨斯地区的矿山中,已经使用了这种运输方式。早在罗马时代(公元前8世纪到公元5世纪——译注),这种沿着既定方向移动的车厢就已经出现,他们通过在石头路面上开凿凹槽,以方便和加速车厢移动。

此外,据某些作家说^{[33]①},建造古希腊遗址所用的移动车厢,是通过在土路上放置滚木来实现的。那时候,两根滚木就可以移动一个车厢了。当两个车厢相遇的时候,年轻者应该为年长者让路。在一次类似的遭遇中,俄狄浦斯拒绝为迎面驶来的年长者让路,并且将其杀死,但他并不知道那个人正是自己的父亲拉伊俄斯^[33]。

1.1.2 铁路的黄金时代

随着第一次工业革命的爆发,蒸汽机出现了,煤和铁矿的开发进一步扩大,铁路也开始发展起来。大约在1830年,大部分欧洲国家都有了首条铁路;到20世纪初,大部分铁路网都达到了最大密度。促进铁路迅速发展的一个重要因素就是高速(依照当时的标准),它把各地区迅速联系起来。蒸汽机车已经有了惊人的表现(试验速度):1835年在英国,达到100 km/h;1890年在法国,达到144 km/h;1903年在德国达到213 km/h。尽管最高运营速度要低很多(试验速

① 括号里的数字指的是参考书目的编号,参考书目列表见本书末尾。

度的 $1/2$ 到 $2/3$),但是已经显著提高了铁路运营速度。

20 世纪早期,电力牵引的采用,促进了铁路的进一步的发展。随着信号和自动列车控制技术的发展,20 世纪 50 年代出现了现代意义上铁路。

1.1.3 铁路和其他交通模式的竞争

然而,时代在变,铁路这件 20 世纪早期惊天动地的大事很快变得越来越差强人意。飞机、小汽车、公共汽车和汽车在各个层面为人们提供了可选择的运输方式。伴随着竞争压力的出现,铁路必须实现现代化,不断提高速度、降低成本、改善组织和提高服务质量。因此,高速铁路(见第 2 章)时代来临了,运营速度高达 $250 \sim 300 \text{ km/h}$ (1990 年,法国铁路达到了 515 km/h 的试验速度),综合运输(公铁联运),大容量运输(客运通勤列车,大宗货物运输)时代同时到来;因此,到了 21 世纪前 10 年的后半段,铁路面临着全新的挑战^[17]。

不过,20 世纪 70 年代中期以来,随着科技的发展,一种不同于传统铁路(基于金属与金属接触)的新型试验铁路开始出现,尽管它还是使用导向车辆(和传统铁路一样),但车辆和承载基础设施已经不发生接触了,这就是磁悬浮列车。1969 年,它的试验速度达到 422 km/h ;1999 年,它的速度更是达到 552 km/h (见 2.4 节、2.5 节)。

由于一般经济活动的刺激,铁路才发展起来。这在世界范围内形成了三种清晰的经济周期^[20](图 1.1)。

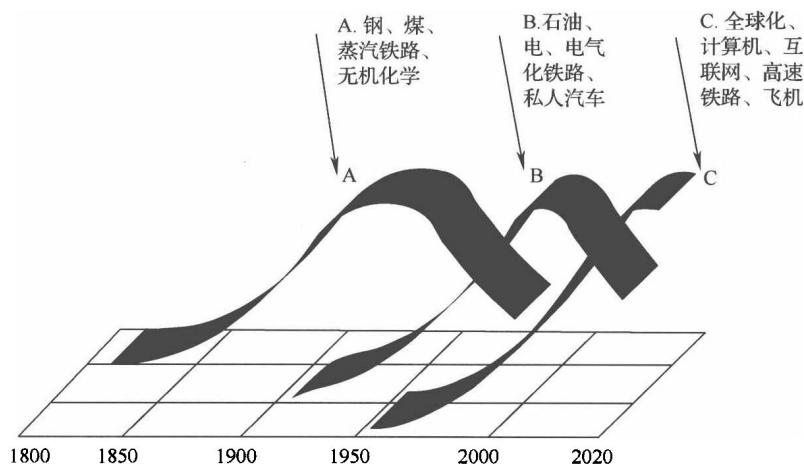


图 1.1 经济周期和运输技术^[20]

1.1.4 垄断与竞争时期的铁路

1850 年后,铁路在第一次工业革命中扮演了一个催化剂的角色。大多数情况下,铁路都由私有公司投资,进行铁路基础设施建设并拥有其产权,运营也是

自己负责,同时配置合适的车辆和人员。然而,铁路投资的回报却比预期的低,其缺点很快显现出来。由于铁路对一个国家的经济和安全起着决定性的作用,1935年以来,许多国家开始进行铁路国有化。这样,铁路就变成了国家垄断行业。其优点就是可以在国家层面整合铁路服务,缺点就是不够灵活,不能适应经济社会发展的需要^[35]。

1950年后,国有铁路在运输市场所占的份额和收入都进入了一个下降期(见1.5节、1.6节)。为了停止并扭转这种局面,开始考虑引入内部竞争,即多家铁路公司在同一条铁路线上运营。在许多国家,例如美国,基础设施继续归一家公司所有,同时,另外一家铁路公司支付适当的费用后获得在这些基础设施上运营的权利。但是,在欧洲,则是通过网运分离改革来引入内部竞争,其目的是确保不同的铁路运营者在同一条铁路线上获得公平的机会。

1.2 铁路运输的特点

1.2.1 大规模运输能力

铁路运输实现大运量的主要特点就是将若干个单元组合在一起形成列车。在货运方面,美国日常开行的是1.5万t的组合列车(实际上,试验中开行的是5万t重载列车);而澳大利亚的矿物列车超过2.5万t。美国的货运列车长2000m,用100节车厢运载1万t货物和400个集装箱。2004年,中国已经开行了2万t重载货物列车。在客运方面,铁路有能力运送大量的旅客。日本的东京和大阪之间的高速铁路(515km)每日最高客运量达52万人,而两个城市之间的正常日运量为37万人。

和公路运输的双自由度相比,铁路运输的另一个特点就是单自由度。单自由度使铁路不可能实现门到门运输,但却可以大规模地使用自动控制、计算机和电力。这使得铁路的单位运量很高,例如,通勤列车每小时单向客运量可达6万人^[21]。

1.2.2 能源消耗

铁路运输的特点是通过金属与金属的接触,让车轮沿着铁轨朝既定的方向移动,这将运送每吨重量的滚动阻力减小到3kg。因此,相同的推进力下,铁路车辆的载重量比公路车辆要多。因此,相同的运量下,铁路消耗的能源只有公路的1/3,飞机的1/7~1/5^[15,16](图1.2)。

目前,为了保证私有公司和团体的利润,在制定运输政策时,都不得不放弃考虑能源消耗的因素。可是,全世界的石油储量最多也仅能满足从现在往后两代人的需求(图1.2)。相比较前几年,20年(1983~2003)来,低油价一直刺激

着石油的消耗(图 1.3)。而这个可消耗年限,还只是按照目前的消耗速度算出来的,并没有考虑一些新兴经济体,如中国、印度及其他国家和地区的需求。能源专家预测,2005 年到 2010 年期间可能出现能源危机。

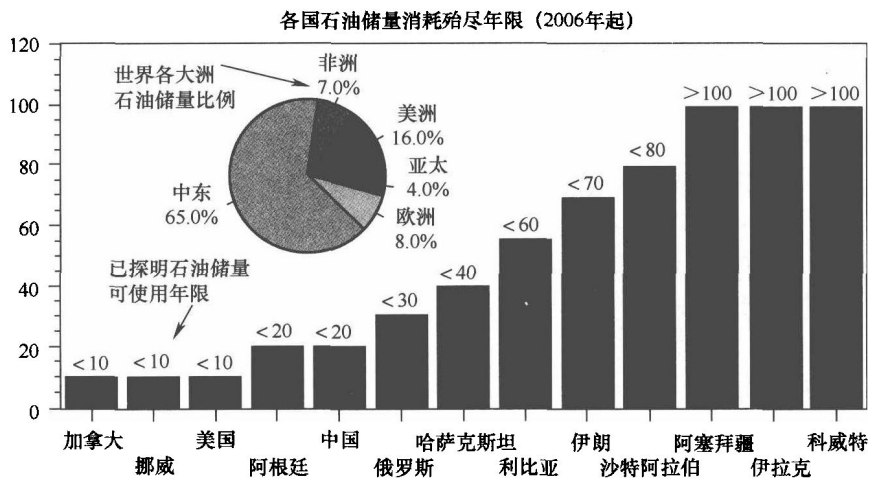


图 1.2 世界石油储量(由参考书目[3]中的数据整理得出)

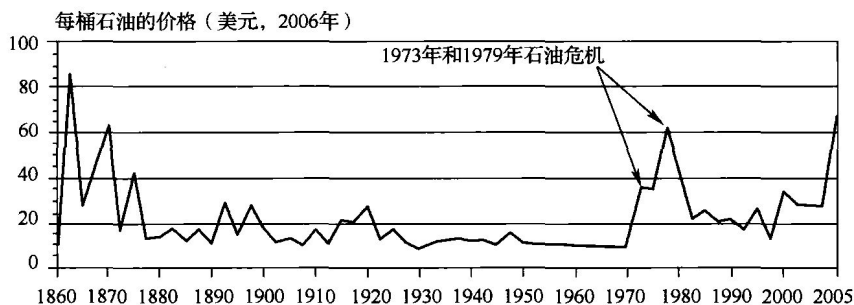


图 1.3 1860 年到 2005 年石油价格(2006 年)变化

(由参考书目[3]中的数据整理得出)

1.2.3 环境影响和安全

铁路运输的另一个优点就是污染较少。电力机车几乎没有污染,相同运量下,内燃机车的污染不到汽车的 $1/15$ ^[15,26]。

全世界的人们对运输安全都越来越重视。相同运量下,公路运输发生人员死亡的风险是铁路运输的 7 倍^[26]。铁路在安全方面有着不俗的表现。

最后,铁路运输占用的土地也比其他运输方式少很多,不到公路的 $1/3$ 。和飞机相比,就巴黎到里昂的高速铁路(427 km)来说,其占地只相当于位于鲁瓦西的巴黎机场。

1.3 流动性增加对铁路的影响

1950 年后的几十年来,人口的流动性显著地增强了。主要有以下原因:

① 人口增加;

② 随着私人轿车指数的提高,生活水平提高。2003 年,这个指数在欧盟 15 国(欧盟 15 国:奥地利、比利时、丹麦、芬兰、法国、德国、希腊、爱尔兰、意大利、卢森堡、挪威、葡萄牙、瑞典、英国。——原注)是每 2 个人拥有 1 辆汽车,估计到 2010 年将达到每 1.72 人拥有 1 辆汽车^[10](图 1.4)。私人轿车拥有指数和人均国民生产总值直接相关,但是并不成比例,因为它也受各国不同交通模式发展状况和地理位置的影响;

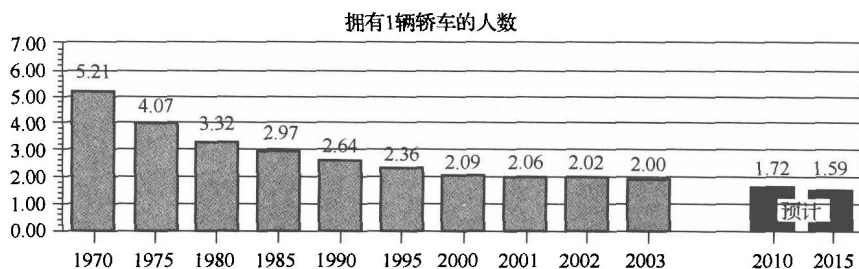


图 1.4 欧盟 15 国平均私人轿车拥有指数

③ 经济全球化导致国界的重要性逐渐降低。

但是,最近 20 年流动性的增加并没有使铁路运输获益。铁路运输停滞不前的原因,主要是因为公路运输所具有的以下优势^[31]:

① 门到门运输;

② 较高的舒适性;

③ 灵活性;

④ 私人轿车形象的改善(系统性市场营销和宣传的结果)。

直到 20 世纪 80 年代至 90 年代,铁路行业才开始提出一些应对措施,针对公路运输的上述优势展开竞争。

1.4 经济发展与铁路的关系

据估计,综合交通运输的发展速度和国民生产总值(GDP)发展速度相同。航空的发展速度比 GDP 高(几乎达到 2 倍),而铁路发展速度却比 GDP 的发展速度低很多^[2,4,20,24,28]。