

B2 66 40 7

第31篇 电气化铁路与交通管制

主 编	松 尾 哲 男	(日本国有铁道)
执笔者	木 村 脩 之	(日本国有铁道)
	佐 川 俊 一	(日本国有铁道)
	寺 戸 浩 二	(日本国有铁道)
	丹 羽 正 信	(日本国有铁道)
	新 實 茂 夫	(日本国有铁道)
	浜 田 霏	(东 京 大 学)
	福 田 安 孝	(运 输 省)
	藤 井 弥 平	(运 输 省)
	前 川 典 生	(日本国有铁道)
	松 尾 哲 男	(日本国有铁道)
	水 町 守 志	(东 京 大 学)
	宫 本 俊 光	(日本国有铁道)
	八 木 正 夫	(日本国有铁道)
	米 山 仁 英	(日本国有铁道)
译 者	何 璧 牟俊文	龚深弟 张志全
	夏岩栋 潘海绵	夏顺炎 胡海林
校 者	刘声远 李定邦	翌国理 徐锁龙
	黄辉光 张学勤	朱昭春 俞成麟
	贾日学	

目 录

第1章 概述	31-1	6.7 电力再生变电所	31-69
1.1 运输方式及其分工	31-1	第7章 接触网	31-70
1.2 我国各种运输方式的概况	31-2	7.1 接触网的构成	31-70
1.3 铁路事业与铁路电气化	31-5	7.2 架线方式	31-70
第2章 列车牵引	31-9	7.3 接触网的架线特性及有关装置	31-71
2.1 牵引计算	31-9	7.4 支柱设备	31-74
2.2 信号系统	31-13	7.5 绝缘	31-75
2.3 列车运行计划	31-17	7.6 第三轨式	31-75
2.4 行车管理系统	31-19	7.7 回流电路	31-76
第3章 电气车	31-21	第8章 信号安全设备	31-77
3.1 电气车一般概念	31-21	8.1 信号设备概况	31-77
3.2 电机车的额定工况和运行性能	31-24	8.2 自动信号设备	31-80
3.3 电机车的控制	31-27	8.3 列车自动停车装置 (ATS 装置)	31-82
3.4 转向架和传动装置	31-36	8.4 列车自动控制装置 (ATC 装置)	31-83
3.5 车体	31-38	8.5 调度集中设备 (CTC 设备)	31-84
3.6 制动装置	31-40	8.6 列车防护装置	31-87
3.7 电机车的主要电气设备	31-42	8.7 道口安全设备	31-87
3.8 保养	31-46	第9章 铁路通信设备	31-89
第4章 线路	31-48	9.1 通信系统的组成	31-89
4.1 线路构造	31-48	9.2 列车无线通信	31-90
4.2 线路标准	31-49	第10章 电子计算机在铁路上的应用	31-92
第5章 供电系统	31-50	10.1 概要	31-92
5.1 电气化方式	31-50	10.2 旅客运输上的应用	31-92
5.2 供电系统的构成	31-52	10.3 货物运输上的应用	31-93
5.3 供电回路	31-55	10.4 列车运行上的应用	31-95
5.4 绝缘配合	31-58	第11章 特种电气化铁路	31-97
5.5 保护配合	31-60	11.1 概要	31-97
5.6 感应干扰	31-61	11.2 缆索铁路	31-97
5.7 电蚀	31-63	11.3 索道	31-98
第6章 电气化运行变电所	31-63	11.4 无轨电车	31-100
6.1 变电所设备的构成	31-63	11.5 独轨铁路	31-100
6.2 直流变换设备	31-65	11.6 导轨式铁路	31-102
6.3 馈电变压器	31-66	11.7 新交通系统	31-103
6.4 直流变电所的馈电设备与保护装置	31-67	第12章 空中交通	31-105
6.5 交流变电所的馈电设备和保护装置	31-68	12.1 概况	31-105
6.6 运动(遥控、遥测、通信)装置	31-69		

12.2 进场管制和航空港管制.....	31-107	14.1 交通流理论.....	31-121
12.3 航线管制.....	31-108	14.2 交通信号控制.....	31-124
第13章 海上交通	31-110	14.3 交通流的监视引导.....	31-127
13.1 海上交通概要.....	31-110	第15章 法规	31-128
13.2 海上交通的特点.....	31-114	15.1 铁路法规.....	31-128
13.3 海上交通管制系统.....	31-115	15.2 道路法规.....	31-129
13.4 海上交通系统的构成.....	31-119	15.3 海上交通法规.....	31-129
13.5 海上交通系统小结及今后的动向.....	31-121	15.4 航空.....	31-130
第14章 道路交通	31-121	参考文献	31-131

第1章 概述

1.1 运输方式及其分工

1.1.1 主要国家运输业的分工 交通运输业起社会经济的动脉作用，在现代的经济、文化基础上建立起一个有效而安全的运输业是很必要的。因此，在国民经济中交通的地位非常重要，一般也认为交通运输量是标志一个国家经济增长的一项指标。

主要的运输方式有船舶、铁路、汽车、飞机等。有效的交通系统取决于地形、人口分布、经济活动，但需考虑各种运输方式所具有的特点，使其能力得以充分的发挥。

世界上主要国家的主要运输方式的分工如表1所示。

在客运方面，各国的公路运输均占很大比重，其增长率也很高；但日本和联邦德国的铁路仍然承担了很大运量。

在货运方面，各国的公路运输比重也都相当高；然而，在美国、法国、联邦德国，铁路担负的运输任务也很重。

1.1.2 我国运输业分工的变迁

(a) 旅客运输 我国各种运输方式中旅客周转量的变迁情况如图1所示。

近年来随着公路的整备，汽车运量有显著增长。虽然铁路的运量比重在逐渐降低，但其运量的绝对数仍然在继续增加，起着重要的作用。特别是在以大城市及其周围的通勤通学运输为中心的城市内运输方面，以及由于新干线与主要干线的高速运输体

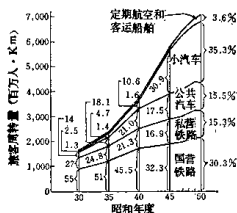


图1 旅客周转量的变迁

表1 主要国家运输方式的分工

(a) 旅客运输 (以人·公里计, %)

项 目	国 别		美 国		法 国		英 国		联邦德国		日 本	
	年 度		1960	1974	1960	1974	1960	1974	1960	1974	1960	1974
铁 路			3	1	25	16	16	8	49	35	76	46
汽 车			92	88	71	77	84	91	49	58	23	50
航 空			5	11	4	7	—	1	2	7	1	4
其 它			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(b) 货物运输 (以吨·公里计, %)

项 目	国 别		美 国		法 国		英 国		联邦德国		日 本	
	年 度		1960	1974	1960	1974	1960	1974	1960	1974	1960	1974
铁 路			44	39	55	35	31	18	49	36	40	14
汽 车			22	22	34	43	49	65	18	30	15	35
海 运			17	16	10	6	20	15	31	26	45	51
管线, 其它			17	23	1	16	—	2	2	8	—	—

系的整備、在中长途客运方面,可以看到运量的增长及占有重要地位。

汽车运输方面,尽管以私人汽车为中心的运量在显著增长,但是公共汽车的运量,由于大城市道路状况的恶化、地方上私人汽车迅速普及等原因,近年来有减少的倾向。

(b) 货物运输 我国各种运输方式的货物周转量的变迁如图2所示。

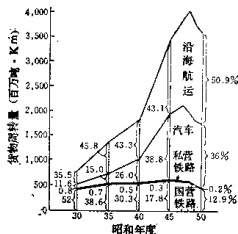


图2 货物周转量的变迁

从运输方式来看,汽车和沿海航运的运量比例大幅度增长,近十年间分别增加一倍以上;然而铁路方面则有所减少,其所占比重在显著下降。

同时,昭和40年各种运输方式所占的货运量比重依次是:沿海航运、铁路、汽车;到昭和50年,汽车超过铁路,呈现沿海航运、汽车、铁路的顺序。这是因为:我国的能源从煤炭转为石油,资源对外依赖程度增加,沿海工业地带建设等因素的影响,使工业基础物资的运输由以内陆为主体变为以沿海为主体;原来铁路运输的大宗货物煤炭、木材等一次产品减少了,而因工业结构的变化二次产品需要运量在增加;铁路运输体制的现代化进展迟缓,不能充分适应需要等缘故。但是,从本质上讲,因为铁路承担中长途的大量运输任务在省力方面具有优越的经济性,能量利用效率比其它运输方式高(见1.3.4节),今后需要注意将铁路和船舶所具有的宜于大量运输的特点与汽车的机动性相配合,以形成有效的交通系统。

1.2 我国各种运输方式的概况⁽¹⁾⁽²⁾

1.2.1 铁路

(a) 公司数和营业里程 国营铁路的营业里

表2 私营铁路公司数和营业里程

(昭和51年10月31日)

种 别	公司数(家)	营业里程(km)
地方铁路	128	4964.4
轨道	28	631.2
专用铁路	76	266.6
索 道		
普通索道	86	104.8
甲种特殊索道	87	57.0
乙种特殊索道	437	656.2
丙种特殊索道	29	10.7

程,昭和51年3月为21272km,私营铁路公司数和营业里程如表2所示。

(b) 铁路的整備状况 在新干线铁路方面,昭和39年建成东京至新大阪线,46年通车到冈山,49年延伸至博多。现在,东京至博多长1069km在运营中。

在原有线路方面加强了主要干线,整顿了有关设备,其结果,50年末复线达到5424km,复线率为25.5%(40年为16.9%);电气化线路达到7628km,电气化率为35.9%(40年为20.4%),均有所进展。

另一方面,大城市地区的人口集中现象虽然近年来有放慢的倾向,但仍任增加。东京、中部、近畿三大城市地区占全国人口的45%。特别是由于城市中心部分机关频增,建造住宅困难,出现市中心人口向市郊移动的倾向,通勤通学行程延长,导致需要整備大量公共运输交通工具。为此,除了增加列车的编成辆数、提高行车量以外,在进行原有线的复线化、多线化的同时,谋求促进新市镇线、地下铁道等新线的建设,以图改善客运高峰时的运输混乱状况。

在货运设备方面,为了提高货运的服务质量,在建立集装箱运输网,建设石油、水泥等大宗货物的专用基地,以及致力于运输体制的整備。

(c) 运输实绩

(1) 旅客运输 昭和50年铁路旅客运输实绩如表3所示。

客运量为175.9亿人,较上年度几乎没有变化;旅客周转量为3238亿人·km,较上年度减少0.1%。铁路客运量和旅客周转量分别占国内总客运量和总

表3 铁路旅客运输实绩
(昭和50年度)

国营铁路	客 运 量 (百万人)	定 期 不定期 计	4490 2558 7048
	旅客周转量 (亿人·公里)	定 期 不定期 计	760 1393 2153
私营铁路	客 运 量 (百万人)	定 期 不定期 计	6691 3849 10540
	旅客周转量 (亿人·公里)	定 期 不定期 计	719 366 1085
合 计	客 运 量 (百万人)	定 期 不定期 计	11181 6407 17588
	旅客周转量 (亿人·公里)	定 期 不定期 计	1479 1759 3238

旅客周转量的38.1% (较上年度减少0.9%) 与45.6% (较上年度减少1.1%)。

从国营铁路主要干线的客运量来看, 随着新干线网山至博多段投入运营, 原有线的特快列车以及航空运输的原有客流部分转向新干线, 致使新干线的运量较上年度大幅度提高, 旅客周转量增长31%, 客运量增长18%, 但原有线的特快运量却比上年度减少了8.2%。由于新干线通车至博多, 从铁路与航空的运量比重来看, 在大阪至广岛、大阪至福冈、东京至广岛、东京至福冈间, 铁路的运量大幅度增长, 而航空运输, 除东京至福冈间以外, 上述方向的运量均大幅度减少; 东京至福冈间以及大阪至福冈间的铁路与航空的运量比重已倒过来, 铁路超过了航空, 而大阪至广岛间的航空运量比重几乎变成了零。

大城市地区的客运量, 尽管首都地区、中京地区、近畿地区的运输需要都在增长, 但由于地方运输萧条化以及自备汽车得到普及, 客运量有停滞乃至减少的倾向。

(2) 货物运输 昭和50年货物运输实绩如表4所示。

由于受到经济萧条的影响, 货运量较上年度减

表4 铁路货物运输实绩
(昭和50年度)

铁 路	货运量(kt)	货物周转量($\times 10^4 t \cdot km$)
国营铁路	141691	46577
私营铁路	42737	770
合 计	184428	47347

少10%, 其幅度很大。从物资类别来分析, 石灰石、矿物油、酒、纸等下降幅度较小; 煤炭、木材、鲜冻鱼、钢铁等下降幅度大。

1.2.2 公路运输

(a) 公路的整備状况 我国的公路自昭和29年实行第一次公路整備五年计划以来, 经过了七个五年计划, 以期将高速国道等国土开发基于公路和作为生活道路用的地方公路置于整備的重点。其结果如表5所示, 公路铺设延长里程约30万km, 铺设率超过30%, 整備状态堪与西欧诸国并驾齐驱。

表5 公路整備状况
(昭和51年3月末)

公路种类	延长(km)	改良完成 [km, (%)]	舗装完成 [km, (%)]
高速国道	1888	1888(100)	1888(100)
一般国道	38610	38220(96.0)	35305(91.4)
都道府县道	124046	71947(58.0)	90645(73.1)
市町村道	894992	189799(21.2)	229094(25.6)

资料来源:《交通年鉴》, 1977年。

(b) 汽车保有辆数 我国的汽车保有量昭和51年8月突破3000万辆, 仅次于美国, 居世界第二位。28年的汽车保有量为100万辆; 38年为500万辆; 42年为1000万辆; 46年增至2000万辆。昭和四十年代前半期平均每年递增20%, 增长显著, 而最近其增长率有所下降(见图3)。另外, 持有汽车驾驶执照的人数也在逐年增加, 50年末达到3350万人。

但是, 随着汽车的普及, 交通事故、汽车排气和噪声的公害、公路交通混乱等不利因素也一并趋于表面化, 使汽车本身的运用效率下降, 并对公共运输部门带来很大的影响。

(c) 运输实绩 我国的汽车运输近年来迅速增长。昭和50年度客货运输实绩如表6和表7所示。

客运量284亿人, 旅客周转量3609亿人·公里,

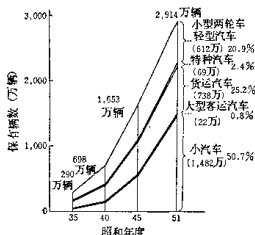


图3 汽车保有量的变化

注：图中数据均为各年度3月末的统计资料。

表6 客运汽车运输实绩
(昭和50年度)

汽车种类		客运量 (百万人)	旅客周转量 (亿人·km)
营业用	公共汽车	9119	475
	出租公共汽车	175	326
	包租汽车、出租汽车	3220	156
	计	12514	957
私用	大型客车	1437	300
	小汽车	14460	2352
	计	15897	2652
合计		28411	3609

表7 货运汽车运输实绩
(昭和50年度)

汽车种类		货运量 (Mt)	货物周转量 ($\times 10^8$ t·km)
营业用	普通汽车	1024	623
	小型汽车	57	16
	特种汽车	171	53
	计	1251	692
私用	普通汽车	2107	417
	小型汽车	758	150
	特种汽车	277	37
	计	3141	605
合计		4393	1297

分别占国内总运量的61.5%和50.8%。特别是私人小汽车所占的比重很大，并且呈现着很高的递增

率。

货运量为43.9亿吨，货物周转量为1297亿吨·km，分别占国内总运量的87.3%和36.0%。在客货运输中都发挥着重要的作用。

1.2.3 海上交通

(a) 港口 昭和51年10月末，全国港口（除渔港外）1086处，其中123处为重要港口（内17处为特定重要港口）。此外还有963处是地方性港口（其中36处为避难港）。

昭和49年度末，全国港口（包括民间的在内）系船设备总延长达1500km，其利用实绩是进港船舶969万艘、311080万总吨，货物吞吐量达到25亿吨（见13.1节）。

(b) 沿海航运 昭和50年度沿海航运运输实绩为4.5亿吨和1836亿吨·km，分别占国内货物总运量的9%和50.9%，在国内货物运输中发挥着很大作用。就其所运送的货物类别来看，石油类、钢铁、石灰石、水泥等若干工业物资占80%。从所谓能以低廉的运价运送大宗货物这一海运的特点来分析，可以预见今后对此类运输的需要也将是稳定的。

沿海航运的船舶艘数及其载重量如表8所示。

表8 沿海航运船舶艘数及其载重量
(昭和50年度末)

船舶种类		艘数(艘)	总吨数(总千吨)
钢船	货船	6468	2530
	油轮	2824	1229
	计	9292	3759
木船	货船	6403	360
	油轮	247	17
	计	6650	377
合计	货船	12871	2890
	油轮	3071	1246
	计	15942	4136

注：货船包括囤船和水泥专用船；油轮包括特殊油轮。

石油短缺冲击以后对运输需要减少，船舶的艘数及其载重量处于过剩状态。另外，由船舶的种类构成来看，木船尚存约6600艘、38万总吨，钢船船龄超过十年的所谓老化船舶约占总吨位的40%。这些问题致使船舶质量的改善也成为重大的课题。

昭和50年度末旅客航运事业中，有916家公司

经营着 1496 条航线, 就航船舶 2771 艘、92 万总吨 (其中渡船航线 227 条、476 艘、73 万总吨)。50 年的运输实绩为客运量 15100 万人, 旅客周转量 66.4 亿人·km; 渡船的小汽车运量为 2100 万辆、16.7 亿台·km。

(c) 远洋航运 我国的远洋商船保有量仅次于利比里亚, 居世界第二位。50 年 6 月末, 载重 2000 总吨以上的远洋船舶保有量为: 油轮 258 艘、1685 万总吨, 货船 1059 艘、1664 万总吨, 合计 1317 艘、3349 万总吨。油轮的艘数与吨数均在继续增加, 而货船有减少的倾向。

另一方面, 我国海运公司租用的外国商船继续在逐年增加。昭和 50 年 6 月末载重 2000 总吨以上的外国商船达 1152 艘、2600 万总吨, 在我国商船队中占 43.7% (44 年为 16%) 的大比重。

我国商船队在昭和 50 年度的运量为: 出口 3407 万吨, 进口 41557 万吨; 其装载比率为: 出口 55%, 进口 75%。

1.2.4 空中交通

(a) 航空港 50 年度民用航空港 68 处 (40 年度为 46 处), 其中供喷气式客机用航空港 18 处 (见表 9)。

表 9 航空港整備状况
(昭和 50 年度)

第一种航空港	2(2)
第二种航空港	19(13)
第三种航空港	40(0)
此外的机场	7(3)
合 计	68(18)

注: 括号内数据为供喷气式客机用机场数。

(b) 航空公司和飞机的现状 经营联结札幌、东京、大阪、福岡、那覇各城市间干线的是日本航空、全日本空输、东亚国内航空 (限东京至札幌、东京至福岡间) 三家航空公司。就航于地方性航线的有全日本空输、东亚国内航空、西南航空 (限冲绳县内各岛间)、日本近距离航空 (限北海道内以及新潟、佐渡间) 四家公司。

在国际航线方面, 日本航空、日本亚洲航空有班机航行; 全日本空输有亚洲短途包租飞机。51 年 10 月飞往我国的外国定期航空公司有 29 家, 每周往返飞行 301 次。

50 年度末定期航空运用的飞机类型和数量: 国际航线有 B-747 (18 架), DC-8 (46 架, 包括国内航线), B-727-100 (2 架); 国内航线有 B-747SR (6 架), L-1011 (15 架), DC-8, B-727-200 (23 架), B-737 (14 架), DC-9 (14 架), YS-11 (64 架), DHC-6 (5 架)。

(c) 运输实绩 昭和 50 年度国内航空客运量为 2500 万人, 旅客周转量为 191.4 亿人·km, 与上年度相比较继续处于停滞状态。货运以大型喷气式飞机就航的干线为中心, 货运量为 16.5 万吨, 货物周转量为 1.4 亿吨·km。

国际航线客运量为 260.7 万人, 旅客周转量为 138.8 亿人·km; 货运量为 11.8 万吨, 货物周转量为 8.4 亿吨·km。在世界国际航空运输中我国所占的比重: 旅客周转量为 4.6%、居第 4 位, 货物周转量为 6.2%、居第 5 位。

1.3 铁路事业与铁路电气化

1.3.1 我国铁路的种类

(a) 按法律区分的铁路种类如表 10 所示。

表 10 按法规的铁路分类

种 别	备 注
日本国营铁路	依据日本国有铁道法 (昭和 23 年 12 月 20 日, 法 256), 是我国的运输干线
地方铁路	依据地方铁道法 (大正 8 年 4 月 10 日, 法 52), 是地方性专用铁路
轨道	依据轨道法 (大正 10 年 4 月 14 日, 法 76), 原则上系铺设于公路上
专用铁路	依据专用铁路规程 (大正 8 年 8 月 13 日, 内閣令 19), 供公共团体或私人用的铁路中与其它铁路直通或联络者
索道	依据索道规则 (昭和 22 年 12 月 27 日), 运输省令 34), 在架空索道上悬挂搬运容器进行运输

(b) 按线路构成区分的铁路种类 如表 11 所示。

表 11 按线路构成的铁路分类

种 别	备 考
普通铁路 高架铁路 地下铁道 索道铁道 无轨电车 轻轨铁路 导板式铁路	即电车 即市内无轨电车 分为跨座式和悬挂式

(c) 按运输目的区分的铁路种类如表12所示。

表12 按运输目的的铁路分类

种 类	备 考
市内铁路	在市内以低速频繁运行
郊区铁路	由城市中心延伸至近郊的交通工具
城市高速铁路	大城市内的高速大运力交通工具, 采用高架线或地下线
城市间铁路	用于城市之间运输的交通工具
游览铁路	以游览名胜古迹为主
登山铁路	
森林铁路	供运出木材等企业专用
矿山铁路	矿山内企业专用
干线铁路	国内及国际性的主要干线
支线铁路	由干线引出的地方交通用铁路

1.3.2 铁路牵引动力

铁路牵引最初使用的动力机是蒸汽机, 其后随着电动机和内燃机的发展, 它们也被应用于铁路上。

由于对蒸汽机车的要求是: 在有限的重量和体积的状况下能够发出适应于广泛速度范围的功率, 虽然它基于往复运动原理而效率较低, 但因构造简单, 曾被广泛采用。然而, 世界各国铁路都在继续进行牵引动力现代化的改造工作, 将蒸汽牵引改为电力或内燃牵引, 且这一进程在主要工业发达国家几乎均已结束。

蒸汽牵引、电力牵引和内燃牵引的燃料能量利用率以及单位重量的功率的比较如图4和表13所示。

用水力发电的交流电气化运行 用火发电的交流电气化运行

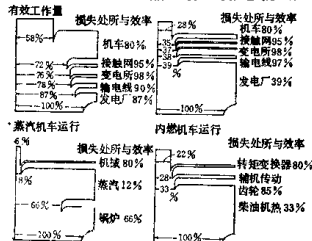


图4 能量-效率的比较

表13 机车的单位重量功率比较

机 车 类 型		整备重量 (t)	持续额定功率		单位重量的 动轮轮 周功率 (PS/t)
			机 车 (PS)	动轮周 (PS)	
电 力	ED75	67.2	2530	2460	36.6
内 燃	DD51	84.0	2200	1540	18.3
燃 汽	D51	126.9	1600	1280	10.1

采用电力作为牵引动力有下列优点:

(1) 节省动力费用 (见表14);

表14 经费比较

(a) 车辆养护维修费 (日元/机车车辆km) (50年度国营铁路实绩)

电 动 车	内 燃 动 车	电 力 机 车	内 燃 机 车
动车 48.51		(动轮轮周功率 2500PS用)	(动轮轮周功率 1500PS用)
附挂车 29.34	91.76		
平均 38.94		133.96	341.95

(b) 动力费

	电 动 车 组 内 燃 动 车 用	旅 客 列 车	货 物 列 车
动力消耗量	电力 (kW·h / 千吨·km) 柴油 (千吨·km)	38.4 14.8	24.6 9.6
动力费 (日元/千吨·公里)	电 力 柴 油	390.5 490.6	249.7 316.6
		151.5 225.4	

注: 动力费单价: 电力为10.2日元/kW·h, 柴油33.2日元/1 动力消耗量按客车千吨km计算。

(ii) 提高输送能力和速度 (由于单位重量的马力增大);

(iii) 运转操纵容易, 降低机车车辆维修费用 (见表14);

(iv) 由于实现了无烟化, 提高了客运服务质量。

然而, 铁路电气化的固定设备投资需要很多, 因此, 通常将运输密度大的线路实行电气化, 而运输密度小的线路采用内燃牵引, 这样是经济的。一般行车量超过40列的线路进行电气化是有利的。

国营铁路牵引动力方式的变迁如图5所示。到昭和50年度全部废除了蒸汽牵引。

1.3.3 铁路电气化的现状与供电方式 虽然

表15 世界主要国家的电气化铁路状况

序 号	项 目	直 流		单 相 交 流				三相交流	方 式	电气化 线 路 (km)	总营业 里 程 (km)	电气化率 (%)	
		1 kV以下	3 kV	60Hz	20kV	25kV	50Hz						6.6kV
1	苏 联		42	22710				13382			36134	130294	26.5
2	日 本	1439	8202	1077	(1177)			1960			12678	27016	46.6
	(国营铁路)		4591	1077	(1177)			1960			7628	21272	35.9
	(私营铁路)	1439	3611								5050	5744	86.2
3	联邦德国		149						9629		9778	28885	33.9
4	意大利		9451						181		9632	16079	59.9
5	法 国	355	~4861				4390				9506	34834	27.6
6	瑞 典		101					7420			7521	12104	62.1
7	瑞 士	204	251	(J) 53				418	4344	(H) 589	5009	5009	100.0
8	波 兰	40	4660								4700	23573	19.9
9	南 非		4639								4639	22150	20.9
10	印 度		358				(H) 3802				4160	60149	7.0
11	英 国	2167	129				(V) 1589				3988	18227	21.8
12	西班牙	243	263	(W) 3142							3648	16167	22.6
13	巴 西	61	170	2330							2561	32015	8.0
14	挪 威							(W) 2456			2456	4256	57.7
15	奥地利						(W) 91				2450	6492	37.3
其 它		374	3081	5036	833	126	7077	1501	135		17652	773917	2.3
合 计		4883	17607	52064	1077	333	126	103	1960	30240	1552	418	25493
		33839(55.2%)											
		27503(44.8%)											
		61342(44.9%)											
		74554(54.5%)											
合 计		136623											
		1217167											
		770(0.6%)											
		11.2											

注: (1) 表中直、1.5 kV指1.2~1.5 kV。
 (2) 日本、2 kV~271 km, (V) 包括2.2 kV~238 km; 表中括号内数字为架空线电气化长度, 不包括在总营业里程之内。
 (3) 外国的数据来源于《铁路指南》(1976) 以及《简氏 (JANE) 世界铁路 (1976)》等文献。

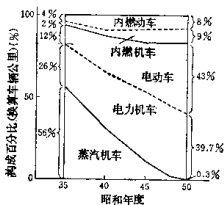


图5 国铁铁路牵引动力方式的变迁

世界铁路总营业里程超过120万km，但其中电气化线路只不过占11%（见表15）。按国别分析，电气化线路比重最高的是瑞士，电气化线路最长的是苏联。我国铁路的电气化率为47%，而私营铁路电气化比重之所以较高，是因为其大部分分布在城市内和城市近郊高密度运输区段的原因。

按世界电气化铁路的供电方式分，直流和交流兼半；但从其增长率来看，交流特别是工频单相交流制增加得快得多。一般来说，这是由于世界各国运行长大编成列车的干线区段采用电气化线路居多的关系（见5.1节）。

1.3.4 电气化铁路的特点 铁路与汽车等其它运输方式相比，最不同的特点是运行于自己专用的线路上，这一点是铁路的长处，同时也是其短处。兹列举电气化铁路的特点如下：

(1) 铁路运载工具的横向移动被钢轨所约束，因此只需考虑前后方向的交通安全即可，这在确保安全上与其它运输方式相比是非常有利的。

(2) 整个系统具有统一联动性，也比其它运输方式易于操纵，这一点是铁路的重大特征之一。由于运载工具被钢轨所约束自由度小，控制容易，不确定因素少，在定时等方面可靠性非常高。尤其是因为大量使用通信和信息系统，可以根据需要变更时刻表进行高质量的控制余地也多。

(3) 在地面运输方式中能量利用效率是最高的（见图6）。这是由于钢质车轮在钢轨上转动的方式运行阻力非常小，能量由外部供给，车上不装原动设备，有可能达到轻量化、大功率化，尤其是制动时电能可以再生等因素的关系。

(4) 土地利用率高（见图7）。在需要较大运

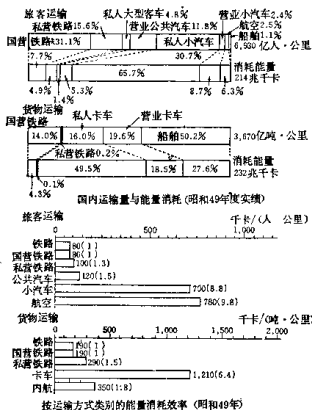


图6 国内运输量与能耗消耗

注：(1) 括号内数字表示以国铁铁路为1时的倍数；
(2) 图中数字来源于通产省能源统计、运输省陆运统计要览、情报管理部资料，由国铁铁路试算。

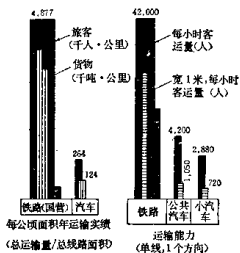


图7 铁道运输的大量性

输能力的情况下，由于能运行长大编成列车，径路单位面积运输能力远比汽车为大。这对于大城市及其周围是一重要的特性。

(5) 设备投资大。线路、电气设备等所需投资数量多，在运量小的线路上由于设备费负担大，

即使运转费少,经济上也不利。

(6) 由于运动受整体性约束,全体作为一个系统动作,因此存在着部分发生故障往往对全局引起很大影响的缺点。

电气化铁路具有以上的特点。由于这些特征,

电气化铁路特别适用于高密度运输,在大城市内部及其周围通勤运输和中长途大宗货物运输中起着重要的作用。尤其是因为我国是人口密度高的国家,作为中长距离城市之间的运输方式也将承担起重要的任务。

第2章 列车牵引

2.1 牵引计算

2.1.1 行车阻力 列车在运行时产生阻止列车前进的力总称为行车阻力,其值一般与列车的重量成正比,以列车每吨重量的阻力来表示(kg/t)。行车阻力一般可分为起动阻力、运行阻力、坡道阻力和弯道阻力。

(a) 起动阻力 它是在列车起动时产生的阻力。一般使用滑动轴承的车辆,在起动时由于车轴与轴瓦之间缺乏油膜,金属与金属直接接触,所以摩擦阻力极大。但一旦起动后即形成油膜,阻力便急剧减小。使用滚柱轴承的车辆,由于是滚动摩擦,起动阻力比滑动轴承的要小。

国营铁路牵引计算所用的起动阻力标准值如表16所示。表中分为通常发车时在坡道上起动时两种情况。这样区别的理由是:在坡道上起动时机车先要稍微退行一下,使车钩处于压缩状态,然后利用车钩的间隙一辆一辆地向前拉,则可减小视在的起动阻力;而在通常的车站上发车时,则与车钩的间隙无关,直接从列车的停车位置起动列车。

起动阻力随着速度的提高而急剧下降。牵引计

算中规定,当速度达到3 km/h时即过渡成为下述的运行阻力。

(b) 运行阻力 即车辆在平直线路上运行时产生的阻力,包括轴承部分的摩擦阻力、轮轨间的滚动摩擦阻力和空气阻力。

(1) 轴承摩擦阻力 即各轴承部分产生的摩擦阻力,其数值随轴承构造不同而有很大的变化,一般是与速度无关的常数。

(2) 轮轨间的滚动摩擦阻力 当车轮不完全圆形,或车轮重量使钢轨弯曲,轨面不平以及钢轨与轮缘发生摩擦时,根据这些不同情况其值有很大变化,一般是与速度成正比地增加。

(3) 空气阻力 指在无风情况下行车时列车所受的空气阻力,包括车辆前面遇到的前部阻力,车辆外侧面的表面阻力和车辆后部产生的空气紊流所引起的阻力。空气阻力与运行速度的平方成正比,并与车的断面面积成正比,它与车辆的重量无关。

综上所述,列车单位重量的运行阻力可表示为下列一般形式:

$$r = (a + bV + cAV^2) / W \quad (\text{kgf/t})$$

式中 V : 列车速度(km/h); A : 车的断面面积(m^2); W : 车的重量(t); a 、 b 、 c : 常数。

国营铁路牵引计算所用的运行阻力算式如下:

$$\text{旅客列车} \quad r = 1.74 + 0.00069V$$

$$+ 0.000313V^2 \ominus$$

$$\text{一般货物列车} \quad r = 1.60 + 0.00077V^2$$

电动车组 (n 表示编组的车辆数):

$$\text{滚动轴承} \quad r = [1.32 + 0.0164V + \{0.0280 + 0.0078(n-1)\} V^2] / W$$

表16 牵引计算所用的起动阻力

(国营铁路)(单位: kgf/t)

列车类别	轴承种类	通常发车时	在坡道上起动时
旅客列车	滑动	8	6
旅客列车	滚动	3	3
货物列车	滑动	7~10	5~8
电动车组	滑动	8	8
电动车组	滚动	3	3
机车	滑动	8	8
机车	滚动	5	5

⊖ 式中原义为0.0069。——校译者注

$$\text{滑动轴承 } r = [2.35 + 0.00623V \\ + \{0.0343 + 0.0161(n-1)\} \\ V^2]/W$$

$$\text{新干线 } r = [1.60 + 0.0350V \\ + \{0.0197 + 0.0024n\}V^2]/W$$

电力机车

$$\text{牵引时 } r = (1.72 + 0.0084V + 0.0369V^2)/W$$

$$\text{惰行时 } r = (2.37 + 0.0073V + 0.0369V^2)/W$$

(c) 坡道阻力 线路的坡度一般是以线路的始点和终点间的高度差与其长度之比来表示, 单位是‰。如图 8 所示, 坡度 g (‰) 为 $(b/a) \times 1000$ 或 $1000 \tan \theta$, 坡道上因重力作用加给列车的力即坡道阻力 R (t) 为

$$R = W \tan \theta = W \sin \theta = W_g/1000$$

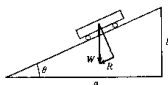


图 8 坡道阻力

此时列车单位重量的坡道阻力 r (kg/t) 为

$$r = 1000 R/W = g$$

即在坡度为 g (‰) 的坡道上有 g (kg/t) 的力在作用。当求行车阻力时, 在上坡道情况下要与运行阻力相加; 在下坡道情况下要与运行阻力相减。

(d) 弯道阻力 线路弯道的弯曲度以弯道半径来表示 (单位是 m), 如 $R=400$, $R=600$ 等。

车轮通过弯道时, 由于惯性作用, 会向弯道的外侧即切线方向前进, 使轮缘压迫钢轨。此外, 由于弯道内外侧钢轨的长度不同, 车轮在改变方向时, 使一侧或两侧的车轮在钢轨上又有滑动又有旋转而产生摩擦。这样, 在通过弯道时所产生的阻力总称为弯道阻力。

这种阻力与弯道半径、超高、轨距、车辆构造、固定轴距以及车轮和钢轨的磨耗状态等因素有关。在国营铁路的牵引计算中采用下式:

$$r = 800/R \text{ (kg} \cdot \text{t/l)}$$

2.1.2 牵引力

(a) 牵引力的分类 电力机车的牵引力, 根据其不同作用点和限制牵引力的因素可按下述分

类:

(1) 按牵引力的作用点分类

(i) 轮周牵引力 这种牵引力是利用动轮轮周与钢轨间的摩擦力, 实际上是作用在动轮轮周上的牵引力。

(ii) 车钩牵引力 作用在机车后部车钩上的牵引力, 也就是牵引客、货车辆的有效牵引力。

(2) 按限制牵引力的因素分类

(i) 起动牵引力 是起动时由牵引电动机的电流大小所确定的牵引力, 而牵引电动机的额定电流则根据机车种类和列车类别来确定。

(ii) 粘着牵引力 是在车轮不发生空转条件下所能发挥的最大轮周牵引力, 它由动轮载重和轮轨之间的摩擦系数来确定。

(iii) 特性牵引力 是由牵引电动机的特性和齿轮传动比所决定的牵引力。

在这三种牵引力中, 以其在各种速度下的最小值为有效牵引力。

(b) 粘着系数 以 T 表示不发生空转时的最大轮周牵引力, W 表示动轮载重, μ 表示轮轨间的摩擦系数, 则具有下列关系:

$$\mu = T/W$$

$T > \mu W$ 时动轮即空转。 μ 叫作粘着系数, 其值随钢轨状态、速度和气候而变化。因此, 车轮在不空转情况下能够充分发挥的轮周牵引力 (即为粘着牵引力 μW) 可以达到什么程度是一个重要问题。国营铁路牵引计算时, 根据各种测定结果采用下列数值:

$$\text{直流电力机车 } \mu = 0.265 \times (1 + 0.403V) / (1 + 0.522V)$$

$$\text{交流电力机车 } \mu = 0.326 \times (1 + 0.279V) / (1 + 0.367V)$$

$$\text{电动车辆 } \mu = 0.245 \times (1 + 0.05V) / (1 + 0.1V)$$

式中 V : 速度 (km/h)。

计算列车最大牵引重量时, 因为起动时的阻力大, 所以在起动时不发生空转情况下所能发挥的粘着牵引力特别重要。此时的粘着系数是上式中 $V=0$ 时的值。粗略计算时, 直流电力机车的粘着牵引力大致相当于动轮载重的 $1/4$, 交流电力机车的粘着牵引力大致相当于动轮载重的 $1/3$ 。

(c) 加速力和加速度 重量为 W (t) 的列车

按加速度 α (km/h·s) 加速时所需要的加速力 F (kg) 为

$$F = \frac{W \times 1000}{9.8} \times \frac{\alpha}{3.6} = 28.35W\alpha$$

列车的转动部分多, 在加速时需要额外的牵引力, 一般可以认为这额外的牵引力是用来牵引这部分增加的重量。这部分增加的重量称为转动部分的惯性重量, 它与列车实际重量之比称为惯性系数。由机车牵引的列车, 其惯性系数按6%计算, 电动车组按9%计算。因此, 以 r 表示惯性系数时, 则前述的加速力 F (kg) 应为

$$F = 28.35W\alpha(1+r)$$

单位重量的加速力 f (kg/t) 为

$$\text{机车牵引列车} \quad f = F/W = 30\alpha$$

$$\text{电动车组} \quad f = F/W = 31\alpha$$

2.1.3 制动力

(a) 制动 制动力是用来抵消列车动能的力。一般使用的制动方式有空气制动和电制动。为防止停止的车辆自然转动则使用手制动。

空气制动是利用压缩空气的作用力使闸瓦压在车轮上, 利用两者之间产生的摩擦力阻止车轮转动。制动力过大时, 车轮与闸瓦间的摩擦力会大于轮轨间的粘着力, 因而引起滑动, 这样不仅降低制动效果, 而且车轮踏面还会发生擦伤。

电制动是使牵引电动机起发电机的作用来消耗列车的动能。一种方式是利用电阻器将发生的电能变换为热能(电阻制动), 另一种方式是通过接触网将发生的电能送回变电所(再生制动)。电阻制动的制动力受电阻器容量的限制, 而且在过高的速度下制动时发生电能大, 致使牵引电动机的换向成问题。当电制动发生故障以及作为低速下的辅助制动, 一般都并用动作可靠的空气制动机。

(2) 制动距离 列车在施加制动时不能立即发生作用, 需要延迟一段时间。这段延迟时间称为空走时间, 它的值随制动方法、连结车辆数、列车种类而不同。现今制动初速度为 V (km/h), 空走时间为 t_1 (s), 则在空走时间内的走行距离(空走距离) s_1 (m) 为:

$$s_1 = Vt_1/3.6$$

从开始制动到停车的距离, 即实际制动距离 s_2 (m), 可用下列理论公式计算:

$$s_2 = 4.3b \log_e \left\{ 1 + \frac{V^2}{b(1000Bf_m + a_m \pm r_a + r_c)} \right\}$$

式中 B : 列车制动率, 等于全部闸瓦压力 P (kg) 除以列车重量 W (t); a 、 b : 运行阻力 $(a + V^2b)$ 系数; r_a : 坡道阻力; r_c : 弯道阻力; f_m : 平均摩擦系数(见后述)。

但是, 这个公式计算复杂, 一般是根据平均减速度 f_d (kg/t) (即制动力与行车阻力之和)、平均减速度 β 和制动距离之间的关系进行计算:

$$s_2 = V^2/7.2\beta \quad f_d = 28.35\beta(1+r)$$

如2.1.2节的(c)所述, 由机车牵引列车的 $f_d = 30\beta$, 电动车组的 $f_d = 31\beta$, 所以

$$s_2 = 4.17V^2/f_d \quad (\text{机车牵引列车})$$

$$s_2 = 4.29V^2/f_d \quad (\text{电动车组})$$

$$f_d = 1000Bf_m + r_m \pm r_a + r_c$$

式中 r_m : 平均运行阻力。

由此得出全制动距离 s (m) 如下式:

$$s = s_1 + s_2 = Vt_1/3.6 + (4.17 \text{ 或 } 4.29)V^2/f_d$$

车轮和闸瓦之间的摩擦系数 f , 因铁路条件认为是随列车速度和气候而变化, 可用下式计算:

$$f = C(1 + 0.01V)/(1 + 0.05V)$$

式中 C 是取决于气候的常数, 标准值为0.32, 在阴雨天条件不好时为0.29, 晴天条件好时为0.42。由这一公式计算从速度 V 到停车为止的平均摩擦系数 f_m 如下:

$$f_m = \frac{0.5CV^2}{2.5V^2 - 400V + 40000 \log_e(1 + 0.01V)}$$

2.1.4 牵引曲线

(a) 牵引曲线 是表示列车的运行状态, 例如列车的运行速度、运行时间、走行距离、电力消耗等相互关系的曲线, 在进行各种牵引计算时使用(图9)。

如果已知动力车的牵引力和行车阻力, 则可根据两者的关系求出列车运行速度在行车过程中的变化, 即可求解列车运动方程式。现在都使用电子计算机计算基本性能曲线(牵引重量曲线、加速力曲线、不同坡度上的速度-距离曲线、制动曲线等)和各种牵引曲线。

(b) 牵引重量曲线 如图10所示, 它表示在不同坡度上的牵引重量和均衡速度的关系, 牵引电动机的电流、牵引力、功率等与速度的关系。此曲线所表示的牵引重量在不同坡度和速度下的数值可

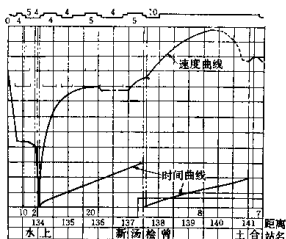


图9 牵引曲线一例

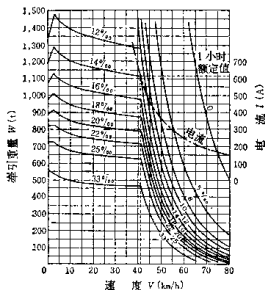


图10 不同坡度下的牵引重量曲线

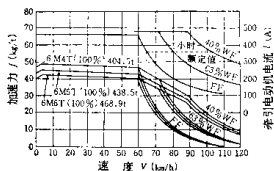
按下式求出:

$$W = \frac{T - W_i(r_i + r_g)}{r + r_g}$$

式中 W : 牵引重量(t); T : 动力车的牵引力(t); W_i : 动力车运行整备重量(t); r_i : 动力车的起动阻力或运行阻力(kg/t); r : 客货车的起动阻力或运行阻力(kg/t); r_g : 坡道阻力(kg/t)。

(c) 加速力曲线 系指牵引力减去行车阻力除以列车重量之值, 即每吨列车重量的加速力与速度的关系(图11)。加速力曲线表示列车在平直线路上运行时的情况, 不同速度下每吨列车重量的加速力按下式计算:

$$f = \frac{T - (R_i + R_r)}{W_i + W_c}$$



M: 电动车; T: 附挂车;
WF: 弱磁场; FF: 全磁场

图11 加速力曲线

式中 f : 加速力(kg/t); T : 动力车牵引力(kg); R_i : 动力车的起动阻力或运行阻力(kg); R_r : 客货车的起动阻力或运行阻力(kg); W_c : 客货车的重量(t); W_i : 动力车的运行整备重量(t)。

(d) 不同坡度下的速度-距离曲线(图12) 从速度 V_1 变化到速度 V_2 时的平均加速力与走行距离的关系按下式计算:

$$F_m = \frac{3.94(1+r)W(V_2^2 - V_1^2)}{S}$$

式中 F_m : 平均加速力(kg); V_1 、 V_2 : 列车的初速与终速(km/h); W : 列车重量(t); r : 惯性系数; S : 加速或减速所需距离(m)。

考虑惯性系数时

$$F_m = \frac{4.17W(V_2^2 - V_1^2)}{S} \quad (\text{机车牵引列车})$$

$$F_m = \frac{4.3W(V_2^2 - V_1^2)}{S} \quad (\text{电动车辆})$$

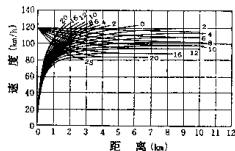


图12 不同坡度下的速度-距离曲线

(e) 制动曲线(图13) 减速度一定时制动曲线可用下式求得:

$$t = V/D \quad s = Vt/7.2$$

式中 t : 制动时间(s); V : 制动初速度(km/h);

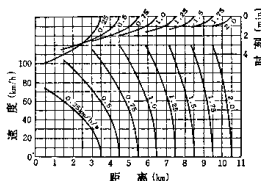


图13 制动曲线

D : 减速度 ($\text{km}/(\text{h} \cdot \text{s})$); s : 制动距离 (m)。

2.2 信号系统

2.2.1 闭塞

(a) 列车的运行方式 为了安全行车，先行列车和续行列车之间要按一定的间隔运行，以免发生撞车事故。按一定间隔行车的方法有两种：一是时间间隔法，另一是距离间隔法。采用时间间隔法时，列车是按一定的时间间隔运行，当先行列车没有按预定时间到达下一车站而在中途停车时，而续行列车到达一定时间后也照样发车，这样安全性就低。在行车速度低、重量轻、制动距离短的路面电车多采用此方式。

采用距离间隔法时，前后列车之间经常保持一定距离，并能了解先行列车是否处于危险压内，所以它适用于高速行驶。为保持一定距离，一般规定在一定区间内只允许有一列车运行，这个区间称为闭塞区间。按照闭塞区间行车的方式称为闭塞行车。目前，国营铁路的许多线路开始采用这种行车方式。

(b) 闭塞方式和闭塞装置

(1) 复线区间的自动闭塞装置

闭塞装置 如图14所示，在闭塞区间的终端设置轨道电路电源，在始端设置轨道继电器 (TR)，按与列车前进方向相反的方向送电。没有列车时轨道继电器动作，列车进入区间后便失磁而显示停车信

号。当改变送电方法时可显示注意信号。

(2) 单线区间的自动闭塞装置 和上述复线区间的装置基本相同，但因为是单线，在两站之间需要避免同时有对向运行的列车通过。为此，需用方向手柄来确定列车运行的方向并实行联锁，以防止有对向列车同时进入同一区间。

如图15所示，在甲乙两站间设一对方向手柄，由两站共同办理。图15是列车从甲站驶往乙站时的情况。先将乙站的方向手柄 (1) 向 R 方向转动，然后将甲站的方向手柄 (6) 向 R 方向转动，轨道电路的送电方向即按列车运行方向转换，同时反方向的全部闭塞信号机显示停车信号，这样来设定列车的运行方向。

(3) 连动闭塞装置 甲乙两站间设置连续轨道电路，通过它来表示闭塞区间有无列车，办理行车闭塞作业。因此，所用的一对闭塞柄与方向手柄不同，除左反位 (L) 和右反位 (R) 外，还有中间位置 (N)。只有在办理闭塞时才转换到 L 或 R 位。此时，必须两站间没有列车，而且需要两站间协同办理闭塞，站内没有连续轨道电路，需要由站长确认站内有无列车。

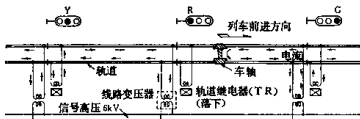


图14 复线区间的自动闭塞装置

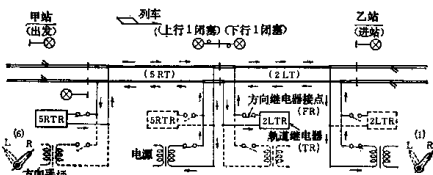


图15 单线区间的自动闭塞装置

各站在进站信号机的内方设一小段轨道电路，借此使进站和出发信号机成为“防重显示”信号

“防重显示”意即防止重复显示，一旦关闭后不能自动显示。——译者注

机, 并和进路联锁一样实行联锁。

(4) 半自动闭塞装置 在进站信号机的外方和内方设一小段轨道电路OT(约50m)和CT(约20m), 用这一组轨道电路来记忆列车的运行方向。列车以相反的顺序通过下一站的轨道电路, 即表示列车从闭塞区间出清。

(5) 路牌闭塞装置 现在在单线区间使用最多。由两站的站长用一对路牌闭塞机办理闭塞作业, 从发车站的路牌闭塞机取出路牌。取出的路牌是该区间专用的, 由乘务员携带, 这样来保证一个闭塞区间只有一个列车通过。

(6) 其它闭塞方式 除上述外, 在部分单线区间(主要是地方性铁路线)还用路牌和路票闭塞法和只有一个路牌的方式, 但这些方式正在逐渐减少。

(c) 最小行车时距 两列车之间的行车时间间隔称为行车时距, 其最小值称为最小行车时距。为了最有效地利用线路通过能力, 需要使行车时距最小, 通过的列车尽可能多才好。为此可使闭塞区间的距离短些。但在自动闭塞区间情况下, 这个距离不能短于列车的制动距离, 而且还受车站停站时刻等的限制。缩短最小行车时距的方法, 首先是采用自动闭塞方式, 此外还要附加以下几种方法:

- (i) 使用加减速性能好的机车和动车;
- (ii) 交互使用到发线;
- (iii) 使用引导信号机;
- (iv) 使用0号信号机;
- (v) 使用时间信号。

2.2.2 信号方式 信号的基本方式有两种: 一是进路表示方式, 另一是速度控制方式。

(a) 进路表示方式 每个进路都设信号机, 显示是否允许列车通行。此方式的信号显示比较简单, 司机能预先知道列车要进入的线路, 并适当地操纵列车。它适用于站内股道少的车站。如果站内股道复杂, 信号机数量多时, 司机确认信号会有困难。

(b) 速度控制方式 此方式是通过信号显示来表示应控制的行车速度。因为是根据各进路的不同情况表示速度, 所以司机不必熟悉进路的状态。站内股道复杂时信号机的数量也可以少, 但是信号显示的种类多。所以用数量有限的灯光显示信号时, 需要把各种灯光组合起来, 比较复杂。当行车

速度高速化和站内股道复杂时, 就应逐渐采用速度控制方式。

这种信号方式根据其不同的显示方法可分为地面信号机和机车信号两种方式。

(1) 地面信号方式 在线路附近设地面信号机来显示信号。显示信号的地点总是固定的。

(2) 机车信号方式 在运行的列车或司机室内设信号机来显示信号。

2.2.3 联锁

(a) 联锁的作用 列车或车辆在站内开始发车之前, 要扳动道岔排列所需的进路。进路排列好以后, 在列车或车辆没有全部通过之前不得中途转换。另外, 为确保这个进路, 不允许再排列其它敌对的进路。因此, 各个设备之间需要有相互联锁关系。具有这种功能的设备称为联锁装置(见8.1.5、8.2.4节)。

(b) 锁闭的种类

(1) 表示锁闭 表示信号机和道岔处于定位或反位。万一动作不完全时, 握柄就不完全密贴。

(2) 道岔锁闭 在有道岔的区间有列车或车辆占用时, 通过锁闭道岔防止道岔因有列车或车辆占用而被扳动。

(3) 进路锁闭 列车根据信号机或调车标志的显示进入指定的进路时, 在列车没有全部通过该进路之前, 进路上的有关道岔不能被扳动。

(4) 进路分区锁闭 列车根据信号机或调车标志的显示进入指定的进路时, 信号握柄即使复位, 列车也能使该进路的有关道岔锁闭, 直至列车完全通过该分区时有关道岔才能解锁。

(5) 接近锁闭 列车正在接近进站信号机时, 如果信号握柄突然回到定位, 显示停车信号, 此时立即扳动与进路有关的道岔就会发生脱轨事故。为防止这种事故, 在一定时间内不使信号握柄完全恢复定位, 而将该进路的有关道岔锁闭。

(6) 保留锁闭 信号机显示通过信号时列车进入该信号机的内方, 或者在该信号机显示停车信号以后不经过一定时间信号握柄不完全复位。这种锁闭叫做保留锁闭。

(7) 闭路锁闭 当与信号机进路有关的轨道电路上有列车通过时, 信号握柄锁闭在定位上, 不会移到反位。这种锁闭叫做闭路锁闭。

2.2.4 列车自动停车装置 在确保安全行车