

的应用性和技术性,可供广大铁路职工、工程技术人员和大专院校师生学习参考。

趁此修订再版之际,仅向热情支持、直接或间接提供资料的同志和厚爱本书的读者表示衷心感谢。由于编者水平有限,书中疏漏在所难免,诚恳希望广大读者提出宝贵意见。

编 者
1993 年 12 月

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

修订再版后的《电气化铁路行车组织》，比较全面系统地反映了我国电气化铁路的先进设备和行车组织方法。内容主要包括：电气化铁路的行车设备、车站工作组织、管内车流组织、重载列车行车组织、列车运行图编制、列车运行与指挥、施工条件下的行车组织，以及事故救援和人身安全等内容。

本书可供铁路运输职工和铁路院校师生学习参考。

电气化铁路行车组织

(第二版)

郑松富 编著

*

中国铁道出版社出版、发行

(北京市东单三条 14 号)

责任编辑 林瑞耕 封面设计 赵敬宇

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 毫米 1/32 印张：10.375 字数：236 千

1983 年 4 月 第 1 版 1994 年 6 月 第 2 版第 5 次印刷

印数：14501—19500 册

ISBN7-113-01726-6/U · 512 定价：11.15 元

再 版 前 言

承蒙广大读者厚爱,《电气化铁路行车组织》自 1983 年出版发行以来,已经先后四次重印,颇受读者欢迎。然而,第一版书稿是在 1980 年底完成的,由于受当时的条件限制,难免存在一定的局限性和片面性,有些章节内容和数据已经过时,急需修订再版。

电气化铁路建设初期,电气化铁路基本上停留在高坡、多隧道的山区铁路。现在,电气化铁路已经“出山”、“下岭”,开始走向运输繁忙的铁路干线。特别是大秦、郑武等高标准的双线电气化重载运输线的建成和投入运营,采用了各种现代化行车设备和先进的行车组织方法,需要我们消化吸收、认真总结提高。1991 年 8 月 15 日是我国第一条电气化铁路宝凤段通车 30 周年纪念日,部局领导和各方面的专家学者云集西安,发表了许多科技论文和经验材料,全面总结了我国铁路电气化 30 年来的科技成果和行车组织工作经验,为本次修订再版提供了丰富的参考资料,为编者修订本书创造了极为有利的条件。

本次修订再版,基本上保留了原书章节结构。但删除了第四章列车重量、速度与耗电量计算的全部内容;增加了铁路发展重载运输、开行重载列车的方式方法和现代化铁路行车设备等章节内容;对其余七章进行了大量补充和修改。全书共分九章。

修订再版后的《电气化铁路行车组织》,比较全面系统地反映了我国电气化铁路的先进设备和行车组织方法,内容更加充实、新颖,更结合我国电气化铁路的实际,更加体现本书

目 录

第一章 概 述	1
第一节 我国电气化铁路发展主要阶段	2
第二节 电气化铁路的优越性	4
第三节 电气化铁路行车组织的特点和变动	11
第二章 电气化铁路行车设备	21
第一节 电力机车	23
第二节 牵引供电设备	28
第三节 电气化铁路线路特点	46
第四节 通信信号防干扰设施	48
第三章 铁路重载运输简介	57
第一节 发展重载运输势在必行	59
第二节 重载列车的组织形式	61
第三节 发展重载运输应具备的条件	63
第四节 组合式重载列车行车组织方法	67
第四章 车站工作组织	72
第一节 接发列车工作	72
第二节 调车工作	83
第三节 衔接技术站工作组织	90
第四节 货物装卸作业	98
第五章 长交路条件下区段管内车流组织方法	116
第一节 电力机车交路及其长度选择	116
第二节 电力机车轮乘制及其优点	122
第三节 长交路条件下区段管内车流	

组织方法.....	130
第六章 编制列车运行图的特点.....	143
第一节 列车运行图组成要素的变化.....	143
第二节 区间通过能力计算特点和方法.....	150
第三节 接触网检修及其影响.....	161
第四节 在运行图中预留接触网检修天窗 的方法.....	174
第五节 列车运行图铺画的特点.....	181
第七章 列车运行组织与指挥.....	192
第一节 超限(超高)货物运送组织.....	192
第二节 高坡地段列车运行组织.....	204
第三节 调度指挥的特点.....	220
第八章 电气化铁路施工条件下的行车组织.....	236
第一节 概 述.....	236
第二节 施工期间加强通过能力的措施.....	240
第三节 安排施工时间的基本方法.....	253
第四节 施工期间的行车组织.....	267
第五节 电气化铁路开通使用办法.....	282
第九章 行车事故救援.....	291
第一节 行车事故救援组织与指挥.....	291
第二节 行车事故救援方法.....	298
第三节 接触网事故抢修与行车事故救援 的配合.....	309
第四节 触电抢救.....	319

第一章 概 述

自从 1879 年 5 月 31 日德国西门子和哈尔斯克公司修建了世界上第一条电气化铁路和试制成功第一台电力机车到现在,电气化铁路(即电力机车牵引的铁路,以下同)距今已有 110 多年的历史。目前,全世界大约有 17 万多公里电气化铁路,约占世界各国铁路通车里程 130 万公里的 13%。电气化铁路占铁路通车里程一半以上的国家有:瑞士、奥地利、苏丹、瑞典、荷兰、意大利、挪威和日本等。

根据 1985 年统计,世界上几个主要工业发达国家铁路电气化情况如表 1—1 所示。

几个主要工业发达国家铁路电气化情况表 表 1—1

国家	统计年份	全国铁路营业总里程(公里)	电气化铁路营业里程(公里)	电气化铁路里程所占比重(%)	电气化铁路完成运量所占比重(%)
前苏联	1985	145630	49390	33.4	60
西 德	1985	31088	12270	40.5	86
法 国	1985	37134	11651	31.4	81.6
日 本	1985	28917	16013	55.3	88
意大利	1985	19598	9943	50.8	90

从表 1—1 可以看出,前苏联、西德、法国电气化铁路通车里程所占的比重为 30~40%,而完成铁路运量的比重却为 60~86%;日本、意大利电气化通车里程所占比重虽然在 50~55%,但其完成铁路运量的比重则为 88~90%。由此可见,主要工业发达国家十分重视在繁忙铁路干线上实施电气化。这种做法,值得我们借鉴。

第一节 我国电气化铁路发展主要阶段

我国铁路电气化发展较晚。1958年试制成功第一台电力机车,1961年8月15日建成第一条电气化铁路宝(鸡)——凤(州)段,从此揭开了我国铁路电气化的序幕。30多年来,我国铁路电气化大致经历了10年起步、10年徘徊、10年发展的曲折前进之路。主要可以分为以下三个阶段:

60年代为起步阶段。自1961年8月15日宝凤段91公里电气化铁路通车之后,直至1969年10月广元——马角坝100公里电气化铁路建成为止,60年代建成191公里电气化铁路。

70年代为徘徊阶段。由于当时我国铁路牵引动力改革的技术政策争论不休,在发展方向上是以电力牵引为主、还是以内燃牵引为主,决策部门对此举棋不定,致使发展铁路电气化处于徘徊阶段。10年共开通电气化铁路843公里,年平均只有84.3公里。然而,与我国铁路情况相似的前苏联,在这10年间平均每年开通电气化铁路1940公里。

80年代为较快发展阶段。1983年我国正式颁布《铁路主要技术政策》,确定“内电并举,以电为主”的铁路牵引动力的发展方向。1988年,我国对此又作了补充规定:“要坚定不移地推进电气化建设,逐步提高电力牵引承担换算周转量的比重。”“到本世纪末,在三种牵引方式中,电力牵引要占主导地位。”在几点说明中提到:到本世纪末,力争电气化铁路通车里程占营业里程的25%左右(编者注:约1.7万公里),电力牵引承担换算周转量的比重达到45%。因此,电气化铁路在这一阶段得到较快地发展。10年共建成电气化铁路5907公里,相当于前20年修建电气化铁路里程总和的5.7倍。截至1990年底,我国已建成电气化铁路6941公里。

30 多年来,我国铁路电气化还经历了从“山上”到“山下”的发展历程。六七十年代,我们主要在山区和运煤的线路上修建电气化铁路,先后修通了宝(鸡)——成(都)、阳平关——安康、石家庄——太原、襄樊——达县、宝鸡——兰州——武威、丰台西——沙城——大同、成都——重庆、贵阳——昆明、鹰潭——漳平、长治北——月山等电气化铁路区段。后来,我们根据自己的国情,吸取国外铁路电气化的经验,开始在平原地区和繁忙的铁路干线上修建电气化铁路。先后修建的电气化铁路有:郑州北——西安——宝鸡东、衡阳——郴州——广州——深圳、大同——大石庄——秦皇岛、丰台西——山海关、太原——大同、郑州——武昌、株洲——怀化等。目前,尚有数条电气化铁路正在施工之中,这里不再一一列举。至 1992 年底,全路共有电气化铁路 8700 公里,占营业里程的 16.2%。

总之,自 1985 年以来,铁路牵引动力政策确定以发展电力牵引为主之后,我国电气化铁路发展较快,电力牵引承担运量所占的比重逐年增加,电气化铁路里程占营业铁路总里程

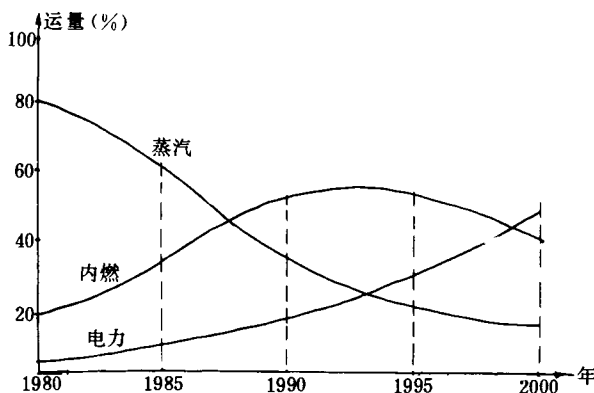


图 1—1 电力、内燃、蒸汽牵引承担运量比重变化情况

的比例逐年上升。逐年变化情况(1993年以后为估计数)如图1—1、图1—2所示。

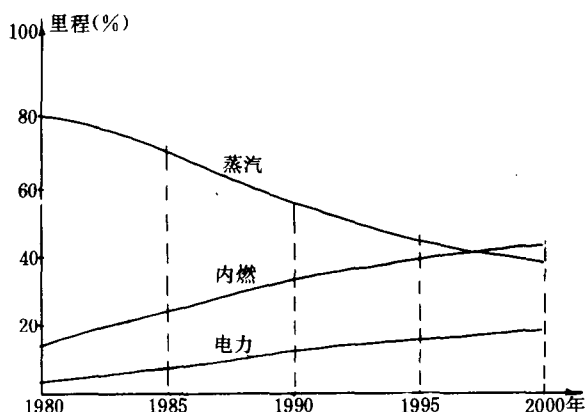


图 1—2 电力、内燃、蒸汽牵引里程变化情况

第二节 电气化铁路的优越性

30多年运营实践证明,电气化铁路具有以下五个方面的优越性:

一、提高铁路输送能力

铁路输送能力(G)系指该铁路线路一年所能输送的货物吨数。可按下列公式计算:

$$G = 365 \times N \times Q \times 10^{-4} \quad (\text{万吨/年})$$

式中 N ——一昼夜所能通过的货物列车数(列);

Q ——货物列车平均牵引重量(吨/列)。

由于电力机车的功率比内燃、蒸汽机车大,如韶山₄型电力机车的功率(6400千瓦)比东风₄型内燃机车的功率(2426

千瓦)大约 1.5 倍,比前进型蒸汽机车的功率(2190 千瓦)大约 3 倍,能提高货物列车重量(Q);电力机车速度快,能缩短区间运行时分,缩短运行图周期,提高区间能通过能力(N)。因此,电力牵引能大幅度提高铁路输送能力。

例如,我国第一条电气化铁路宝凤段高坡地区电化后,上下行列车牵引定数由 650 吨/960 吨增加到 2100 吨/2400 吨,列车重量提高了 1.7 倍;列车运行限制速度由 25 公里/小时提高到 50 公里/小时,平行运行图通过能力由 20 对提高到 36.3 对;年输送能力由 250 万吨提高到 1350 万吨,输送能力提高 4.4 倍。石太线 1980 年电化前,上行方向列车牵引定数为 2400 吨,年输送能力为 2100 万吨;电化后,上行重车方向列车牵引定数提高到 3300 吨,特别是开行组合列车以来,列车重量进一步提高,1991 年输送能力提高到 6200 万吨,提高输送能力近 2 倍。1992 年 12 月开通的郑州北——武昌电气化铁路,年输送能力将由 3700 万吨提高到 6500 万吨。

二、合理使用能源

电力牵引合理使用能源主要表现在节约能源和广泛使用能源两个方面。

第一,节约能源。据宝成铁路三种牵引方式平均一万吨公里实际消耗能源统计:蒸汽机车耗煤量为 162 公斤;内燃机车耗油量为 64.2 公斤,折合标准煤 128.4 公斤;电力机车耗电量为 146 度,折合标准煤 73 公斤。由此可见,电力机车比内燃、蒸汽机车分别节约能源 43~55%。如按 1976 年宝成铁路全线所完成的工作量(吨公里)计算,电力机车每年用电约 1.8 亿度,折合标准煤 9 万吨;若使用蒸汽机车牵引,需要优质煤 20 多万吨;使用内燃机车牵引,需要消耗柴油 7.8 万吨,折合标准煤 15.6 万吨。按目前宝成铁路的运量计算,采用电力

牵引每年可节约优质煤 10 万多吨,或节约柴油 3.4 万吨。

第二,广泛使用能源。电力机车本身不带动力能源,它的能源依赖于外部电网或发电厂。正因为电力机车由电网或发电厂经过铁道供电系统供电,它不仅具有较大的过载能力和电阻制动力,而且用于发电的能源更加广泛。例如,煤、油、水力、地热和原子核等均可用于发电。电厂发电,既能提高燃烧效率,又可集中处理污染问题。

我国水力资源丰富,总储量约为 6.8×10^8 千瓦,其中可以开发利用的水力资源约 3.7×10^8 千瓦,居世界首位。随着葛洲坝、龙羊峡、安康等大型水电站建成和投入运营,为我国铁路电气化创造了十分有利的条件。

大力发展电力牵引,节约蒸汽机车用煤,不仅可以减少运营支出,降低运输成本;而且可以减轻铁路运输煤炭的压力,缓和工业用煤的紧张局面。在目前运量和机车类型条件下,我国铁路每年需要消耗优质煤炭 2000 万吨左右。根据我国六大干线(京广、京包、京沈、津沪、哈大、陇海)采用电力、内燃牵引技术经济比较表明,在这些运输繁忙的干线上采用电力牵引代替蒸汽牵引,不仅可以提高输送能力 50%,而且可以节省机车用煤 50%,从而缓和主要干线运输能力紧张的局面。

三、改善劳动条件和行车安全条件

电力牵引与蒸汽机车牵引比,能大大改善乘务人员的劳动条件。不论刮风下雨或数九严寒,机车乘务员不用探身窗外去瞭望信号,也不用担心因大风或气温太低致使机车烧不上汽而造成中途停车或运缓。特别是当列车通过长隧道时,乘务人员完全免除了烟熏火烤和有害空气的侵害。

据测定,在蒸汽(内燃)牵引区段,一、二、三公里长的隧道要分别经过 10、18、27 分钟后,有害空气才能降至平均浓度标

准。

我国宝成、宝天、石太、丰沙、襄渝等铁路，地处山区、蒸汽（内燃）机车在隧道内排出大量的煤烟和有害气体，乘务人员不仅劳动强度大，而且劳动条件差。据测量，宝凤、宝天段使用蒸汽机车牵引时司机室内最高温度分别为 47°C 、 58°C ，有害气体也超过国家规定的最高限额，致使有些乘务人员在夏季行车时被熏倒，严重危及人身和行车安全。采用电力牵引后，不仅大大改善了乘务员、隧道内线路养护人员的劳动条件，而且免除了广大旅客“关窗受热，开窗烟熏”之苦。

蒸汽机车和内燃机车都要排烟，这将造成大气污染，不利于环境保护。随着我国社会主义建设事业的飞速发展，环境保护问题已提到重要的议事日程，特别在运输繁忙区段，工业也比较集中，保护环境、空气不受污染就更加重要。因此，采用电力牵引，保护环境不受污染，是关系到为子孙后代造福的重大问题。

电力牵引还能大大改善行车安全条件。30 多年来，电力牵引几乎消灭了闯坡、运缓等蒸汽机车难以克服的困难，列车运行正点率大幅度提高。电力机车装有电气制动装置，从根本上解决了蒸汽机车在长大坡道上长距离频繁交替使用空气制动带来的闸瓦熔化、车辆轮轴事故等。据宝凤段电气化铁路通车 10 年时间的统计，车辆轮箍松弛减少 99.6%，闸瓦熔化减少 98.8%，轮箍脱出减少 96.3%，闸瓦消耗量减少 50%，消灭了因列车制动时闸瓦发生火花而造成的火灾事故。

电力机车构造严实，运动摩擦的部件少，不需要经常大量更换零部件；电气部件也不象蒸汽、内燃机车那样受油尘、烟灰的影响，不仅维修工作量小，而且机车故障大为减少。据宝鸡电机段统计，每 10 万公里机破事故件数，由 60 年代初 6.05 件降为 80 年代 0.33 件，机车临修由 21.8 件降为 9.15 件，机

车完好率大幅度提高。

关于电气化铁路在战争中的工作可靠性问题,有人耽心发电厂、供电设备在战争中一旦被敌人炸毁,电力机车断了电源,铁路运输将要瘫痪。其实战争期间,敌人轰炸的目标岂止发电厂。从直接影响作战能源的意义上讲,石油比电用途更广、更重要,而且油田、炼油厂更不易隐蔽。在铁路设施上,敌人更注意的是枢纽和桥梁,如果这些铁路设施被炸毁,任何种类的机车一时都不能发挥作用。一切现代工业,包括钢铁、煤炭、军工生产甚至农业都离不开电力。这些建设项目,不能因为可能遭到未来战争的破坏而不敢发展。

牵引供电的接触网是沿着铁路架设的。铁路万一遭到破坏,抢修接触网要比抢修铁路线路、桥梁等设备快得多。同时,铁路牵引变电所绝大多数分散在中间小站,相隔 50~60 公里,每个变电所向两臂送电 20~30 公里,万一遭到破坏,可以采取越区供电或用移动变电所代替。至于发电厂一般都联接成网,一个发电厂被炸,其它电厂照常可以送电过来,可以保证电气化铁路运输不致于瘫痪。

电气化铁路在战争时期照常发挥重要的作用,在国外也是有先例的。前苏联在卫国战争时期,面临德国法西斯的狂轰滥炸,但是为了满足战时大量军运的要求,仍继续建设了 439 公里电气化铁路,有力地支援了卫国战争。据报导,前苏联在卫国战争中有一条通往摩尔曼斯克港的电气化铁路,距离前线只有 50~80 公里,不断遭受敌机的疯狂轰炸,仍比其它蒸汽牵引区段有更大的输送能力。据《日本国营铁路百年史》记载,认为牵引变电所目标小,炸弹命中率很低,电力牵引在空袭情况下损失较少,对“维护战时东京的机能作出了极大贡献。”因此在第二次世界大战期间,主要交战国为了抢运军用物资和军队,增加军事运输能力,都继续发展电气化铁路。

四、技术经济效益好

电力牵引的技术经济效益比较好,主要表现在以下两个方面:

第一,扩能提效。如上所述,电力机车牵引力大,不仅可以大幅度提高铁路输送能力,而且利于开行重载、组合列车,降低运输成本,提高经济效益。据有关资料介绍,丰沙大、京秦电气化铁路自 1985 年 3 月至 1986 年 12 月开行组合式重载列车,多运煤 640 万吨,增加铁路留利 642 万元,为国家增加产值 109 亿元。

第二,技术经济指标高。据宝鸡电力机车段统计,1978 年电力牵引与 1958 年蒸汽牵引相比较,机车日车公里提高 83.7%,技术速度提高 88%,机车日产量提高 5.4 倍,列车平均牵引总重提高 2.5 倍,机务成本降低 61%。1991 年实际完成的各项技术经济指标比 60 年代电气化铁路通车初期又有了较大提高。其中:机车日车公里增长 80%,机车日产量增长 2.83 倍。

马角坝机务段电气化初期,由于电力机车不足,除使用韶山₁型电力机车外,还运用了一部分东风₄型内燃机车和 FD 型蒸汽机车。三种机车混合牵引的结果表明,电力机车完成的各项技术经济指标均高于内燃和蒸汽机车。其中:机车日车公里比蒸汽提高 36%,比内燃提高 19%;技术速度比蒸汽提高 46%,比内燃提高 13%;机车日产量比蒸汽提高 70%,比内燃提高 26%;列车平均牵引总重比蒸汽提高 31%,比内燃提高 26%。

五、降低运营支出,投资回收期短

电气化铁路具有上述四个方面的优越性,集中表现在电

力牵引可以扩能提效、降低运营支出。电力牵引每公里运营支出,随线路坡度和运量增长而明显减少。例如,单线运量为2000万吨、线路坡度为9‰的条件下,电力牵引每公里的运营支出与蒸汽牵引相同,比内燃牵引低30%;当运量、坡度分别增长为2500万吨和12‰时,每公里运营支出电力牵引比蒸汽约低50%,比内燃约低85%。

采用任何一项新技术,都需要一定数量的投资。电力牵引与内燃、蒸汽相比较,需要增加一套牵引供电系统,需要较多的投资。但是电力牵引运营支出较少,投资回收期较短。据有关资料介绍,宝成电气化铁路宝鸡——广元段,按1965年实际完成换算周转量计算,电力牵引每年节省的运营费约为该段电气化总投资的1/10。也就是说,10年时间即可收回电气化全部投资。广元——绵阳段若以1974年实际完成的运量计算,电力牵引每年的运营支出比内燃减少45.6%,只需6.5年时间即可收回电气化投资。根据我国京广、京沪、京沈、陇海、哈大、京包六大干线采用电力、内燃牵引技术经济比较表明:按燃料(电力)价格计算运营支出时,电气化投资回收期为6.3年;按燃料成本计算运营支出时,电气化投资回收期为3.8年。

关于电气化基本投资的回收期问题,国外铁路也有所介绍。法国以年运量相当于2000万吨的双线铁路为基础,通过20年的统计,比较电力与内燃牵引的情况是:内燃牵引的基本投资比电力牵引低78%,但年度运营费用比电力牵引高26%。近年来,由于电气化改造费用有所降低,而内燃牵引的运营费用却仍见涨势,因而电力牵引的回收期比内燃牵引要短。据国外有关资料介绍,电气化工程费用回收期约为5年。苏联经验认为,货运密度为2000~5000万吨时,电力牵引的基本投资偿还期为4~6年。

第三节 电气化铁路行车组织的特点和变动

电力牵引与蒸汽牵引相比较,无论在技术设备上,还是在行车组织方面,都具有一系列的特点和优点。为了充分发挥电力牵引的优越性,进一步挖掘铁路技术设备的潜力,不断提高行车组织水平,蒸汽、内燃牵引的铁路进行电力牵引改造时,需要研究解决以下一些主要问题:

一、计算和确定列车重量和速度

电力机车比蒸汽、内燃机车的牵引力大,拉得多、跑得快。所以,当蒸汽、内燃牵引区段改为电力牵引时,应重新确定列车重量和速度。能否准确地确定电气化铁路的列车重量和速度,直接关系到电气化铁路技术设备是否充分利用、铁路输送能力是否大幅度提高的问题。

电力机车牵引列车的重量和速度,应根据《列车牵引计算规程》规定的标准、先进司机的工作经验及牵引试验所得资料,在充分利用机车牵引力和列车动能的条件下,通过牵引计算和实际试运行后确定。为了达到规定的列车重量和技术速度,必要时应考虑使用补机、多机牵引或采用功率更大的电力机车。

确定列车重量和速度,还必须考虑牵引变电所的供电能力(主要是牵引变压器的容量)和接触网导线的截面积。牵引供电设备的能力,不仅对确定经济合理的列车重量和速度有影响,而且还会限制列车运行的条件,给行车组织工作带来困难。

如何计算列车重量和速度,编者曾在第1版的第四章详细介绍过。在这次修订过程中,为了突出行车组织的特点,删

掉了第四章。根据运输职工的需要,保留“货物列车重量的确定和划一重量标准的采用,”并把它放在这里,供读者参考。

列车重量是按区间分别进行计算的。由于各个区间的线路平纵断面等条件不同,计算出来的列车重量也不一致。除摘挂列车采用区间差别重量标准外,直达、直通、区段列车一般都采用区段统一重量标准。

为了确定全区段统一的列车重量标准,应绘制区间吨公里图,图内注明充分利用机车牵引力和列车动能时,每一区间的列车最大重量(如图 1—3 所示)。当一个牵引区段各区间的列车重量不相同,一般取最小的作为该区段统一重量标准,但要考虑该铁路方向划一重量标准的需要。特别是当各区间的列车重量悬殊较大时,采用最小的区间重量,大多数区间将浪费机车牵引力。

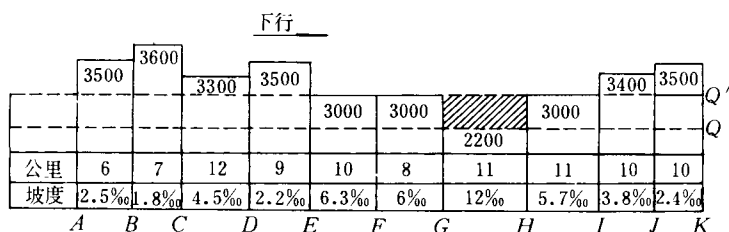


图 1—3 区间吨公里图

如图 1—3 所示, A——K 区段各区间的货物列车重量,以 G——H 区间为最小,只有 2200 吨,其他区间的列车重量均在 3000 吨以上。那么, A——K 区段统一的列车重量标准究竟采用 2200 吨,还是采用 3000 吨或 3500 吨,要根据该区段输送能力的需要,并考虑采用方向划一重量标准的可能性。如采用 3000 吨作为该区段列车统一重量标准, G——H 区间可采用推送补机,以提高该区间的列车重量。