

列车运行组织及通过 能力理论

胡 思 继

中 国 铁 道 出 版 社

1993年·北京

运输服务质量提出新的要求。因此可以设想，我国铁路的行车组织体制也必将逐步由组织型向规划型的方向发展。

我在德国学习期间，不仅有机会由铁路基层站段、铁路局到联邦铁路公司总部的运输指挥中心全面、深入地观察了原联邦德国铁路的行车组织体制及其列车运行组织方法，搜集到了大量第一手的材料，而且也还有机会在亚琛大学运输科学研究所就德国铁路行车组织理论，尤其是铁路通过能力计算理论进行了深入的研究，积累了大量珍贵的研究资料。我想通过这本书的出版向国内同行较系统地介绍德国铁路的列车运行组织方法及其理论，以期推进我国铁路行车组织体制及其理论的研究，改善我国铁路行车组织方法，提高我国铁路运输组织水平和运输服务质量。

铁道部石希玉副部长在百忙中特为本书作序。北方交通大学运输系郑时德教授在对本书审阅和定稿的过程中提出了许多宝贵的修改意见。在此谨向石希玉副部长、郑时德教授表示衷心的感谢！

限于作者的理论和业务水平，书中个别名词还没能给出结合我国铁路实际的提法，在一些理论问题的论述方面也可能还有不妥之处，甚至可能还有谬误之处。所有这一切都期望读者能给予批评指教。

作 者

1991年2月10日于北方交通大学

(京)新登字063号

内 容 简 介

本书是作者两次赴原联邦德国铁路学习进修,根据参加科研活动所收集的资料及国内所作的相应研究资料编写而成。全书共分八个部分:1. 列车运行图系统;2. 列车运行过程分析;3. 列车运行图结构分析;4. 列车晚点和缓冲时间;5. 列车越行时间的计算;6. 铁路区段通过能力及其计算;7. 编组站设备能力及其计算;8. 最佳区段负荷的分析计算。

书中系统地介绍了原联邦德国铁路编制和执行列车运行图和货物列车编组计划的一套较为完整的制度及列车运行组织和通过能力计算方法的理论。在一定程度上反映了作者的科研成果。

本书可供铁路运输工程技术人员、科研及教学人员学习、参考。

列车运行组织及通过能力理论

胡 恩 继

*

中国铁道出版社出版、发行

(北京市东单三条14号)

责任编辑 褚书铭 封面设计 翟达

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 850×1168毫米 1/32 印张: 19 字数: 470 千

1993年2月 第1版 第1次印刷

印数: 1—1000册

ISBN7-113-01262-0/U·391 定价: 11.95元

序

北方交通大学运输系胡思继教授编著的《铁路列车运行组织及通过能力理论》系统地论述了德国铁路编制、执行列车运行图和货物列车编组计划的一套完整制度以及列车运行组织和通过能力计算方法的理论。是一本既有理论，又有实际参考价值的好书。这一著作的出版将对我国铁路运输组织水平的提高，促进铁路运输组织管理科学的深入发展起到积极的作用。

我希望这本书能对我们从事运输管理和理论研究工作的同志们有所帮助。

石希玉

一九九一年二月廿一日

前言

为安全、迅速、高效率、高质量地实现铁路运输过程，世界各国铁路的行车组织工作，通常都包括列车运行图、列车编组计划和调度指挥工作等几部分基本的技术组织环节。其中列车运行图和列车编组计划是年度规划性的行车组织基本技术文件，而调度指挥工作则是日常组织性的行车组织具体工作。因此，也可以将行车组织工作划分为年度性和日常性两部类工作。

尽管世界各国铁路行车组织工作的基本原理是完全一致的，但是对行车组织两部类工作的设计及其地位和作用的处理却是不完全一致的。以对行车组织两部类工作的设计及其地位和作用的处理为特征，可将世界各国铁路行车组织体制归纳为规划型和组织型两种类型。

规划型行车组织体制是指以年度规划性的行车组织基本技术文件为基础，辅之以日常组织性的行车组织具体工作的行车组织体制。在这一体制下，要求严格按列车编组计划和列车运行图组织行车。

规划型行车组织体制以详尽的货流、车流调查资料和准确的运输统计分析资料、车流调查资料为依据，运用系统规划的原理编制确定流线紧密结合的列车编组计划和列车运行图。因此，在通常情况下，对于列车编组计划和列车运行图的系统设计既可以达到较为优化的结果，又可以满足日常运输工作的需要。

质量良好的列车编组计划、列车运行图的系统设计，达到了可直接执行的要求。因而在日常工作中除特殊情况者外，车站可直接组织“按图行车”。显然，在这一体制下，调度指挥工作是辅助性的，它的职责在于更好地组织实现“按图行车”，并完成日常运输统计分析工作。

组织型行车组织体制是指以年度规划性的行车组织基本技术文件为依据，以日常组织性的行车组织具体工作为主的行车组织体制。在这一体制下，要求按调度工作的日常运输工作计划组织行车。

组织型行车组织体制以货源、货流调查资料和运输统计分析资料、车流调查资料为依据，运用系统规划的原理编制确定普通列车编组计划和列车运行图。在这种情况下，列车编组计划和列车运行图具有一定的假定性和轮廓性，通常没有流线结合的设计。因此，它既不能保证系统工作达到优化的结果，也还不能满足日常运输工作的需要。

组织型列车编组计划和列车运行图的性质，决定了调度指挥工作在行车组织工作中的主导地位 and 重要作用，即行车组织工作在列车编组计划和列车运行图的指导下，必须根据日常运输工作变化了的情况，通过调度指挥的日常运输工作计划来具体组织行车工作。

显然，按规划型组织行车工作具有铁路运输工作程序化、列车运行规律化、站段作业标准化的特点，因而它可以取得运输生产秩序稳定、运输服务质量高、日常运输组织工作简化、铁路运营工作自动化便于实现的必然结果。但是也应该指出，列车编组计划和列车运行图适应变化的能力是有一定限度的。为此，采用规划型行车组织体制的铁路，必须具有完善的规章制度、较高的基层工作水平和一定的铁路通过能力储备，并允许货物列车不满轴发车。这样，它在一定程度上将降低铁路运输设备的利用率。

日本及德国等西欧国家铁路基本上采用规划型行车组织体制，并可以以德国铁路的行车组织方法为代表。我国、前苏联及部分东欧国家铁路则基本上采用组织型行车组织体制。从发展趋势上看，现代化管理科学在铁路运输工作中的应用，将大大提高铁路行车组织水平，新技术、新设备的应用，将大大改善铁路技术设备及铁路通过能力；铁路运输职工文化素质的提高，将大大改变铁路基层工作的面貌。另一方面，客观生产的发展又将对铁路

目 录

序

前 言

1. 列车运行图系统

1.1 列车运行图概述	1
1.1.1 列车运行图的基本概念	1
1.1.2 列车运行图的任务	1
1.2 列车的分类	3
1.3 供铁路内部使用的列车运行图	4
1.3.1 列车运行图系统技术文件	4
1.3.2 图形列车运行图	4
1.3.3 列车时刻表和跨局货物列车时刻表	11
1.3.4 列车目录	16
1.3.5 区段别列车运行计划	16
1.3.6 道口列车运行计划	17
1.3.7 车站接发列车程序	18
1.3.8 货物列车编组计划	22
1.3.9 货车输送过程计划	33
1.3.10 始发直达列车运行计划	54
1.4 供社会使用的列车运行图	67
1.4.1 时刻表系统技术文件	67
1.4.2 旅客运输列车时刻表	68
1.4.3 货物运输时刻表	71
1.4.4 国际货物列车时刻表	85
1.5 货物列车运行图的编制工作程序	85
1.6 按列车运行图组织日常运输工作的方法	89
1.6.1 空车供应计划	90
1.6.2 货车输送计划	92

1.6.3	调度指挥工作	93
2.	列车运行过程分析	109
2.1	列车运行过程的单项作业时间	109
2.1.1	单项作业	109
2.1.2	列车运行时间	109
2.1.3	列车在站停留时间	119
2.1.4	列车占用区间、运行进路和站线时间	123
2.2	列车间隔时间	127
2.2.1	单向行车区间的列车间隔时间	127
2.2.2	闭塞区间的划分	133
2.2.3	自动闭塞区间的信号机分布	139
2.2.4	多显示的区间信号	143
2.2.5	双向行车区间的列车间隔时间	147
2.2.6	区域列车间隔时间	150
2.2.7	德国铁路确定最小列车间隔时间的实用方法	151
2.3	车站列车运行进路	164
2.3.1	敌对进路汇总表	164
2.3.2	运行进路图	166
2.4	车站列车间隔时间	167
2.4.1	一般车站的列车间隔时间	167
2.4.2	具有跟踪列车行进信号机车站的列车间隔时间	168
2.5	随机的列车运行交叉干扰	173
2.5.1	干扰概率	173
2.5.2	干扰时间	175
2.6	车站等待发车时间的计算	180
2.6.1	排队模型的描述	180
2.6.2	车站发车平均排队长度	181
2.6.3	车站发车等待时间	182
2.7	非正常列车运行情况	184
2.7.1	列车运行干扰	184
2.7.2	铁路行车事故	186
2.7.3	作业干扰	186
2.7.4	列车晚点	187

3. 列车运行图结构分析	192
3.1 列车运行图结构	192
3.1.1 运行列车组	192
3.1.2 列车运行间隔时间的概率分布	200
3.1.3 车站列车出发的概率分布	202
3.2 列车对区段的占用	204
3.2.1 一个区段的占用	204
3.2.2 区间占用的排队问题	215
3.2.3 整个区段的占用	219
3.3 越行和会车	223
3.3.1 列车运行图的列车置换	223
3.3.2 停车越行	227
3.3.3 不停车越行	234
3.3.4 停车会车	235
3.3.5 不停车会车	239
4. 列车晚点和缓冲时间	243
4.1 进入晚点的分布函数	243
4.2 缓冲时间的分布函数	246
4.3 单个列车后效晚点的数值	247
4.3.1 列车等级相同时晚点向第二列车的传播	247
4.3.2 列车等级相同时第一列车的列车后效晚点	250
4.3.3 第一列车为优先列车时第二列车的列车后效晚点	250
4.3.4 第二列车为优先列车时第一列车的列车后效晚点	251
4.4 两特定列车间的平均列车后效晚点	253
4.4.1 列车等级相同时与有效缓冲时间相关的第二列车平均列车 后效晚点	254
4.4.2 列车等级相同时与有效缓冲时间相关的第一列车平均列车 后效晚点	255
4.4.3 第一列车为优先列车时与有效缓冲时间相关的第二列车平 均列车后效晚点	256
4.4.4 第二列车为优先列车时与有效缓冲时间相关的第一列车平 均列车后效晚点	256
4.4.5 列车等级相同时的综合列车后效晚点	256

4.4.6	列车等级不相同时的综合列车后效晚点	258
4.5	多种列车排列顺序组合条件下的平均列车后效晚点	260
4.6	有较大列车进入晚点时的晚点传播	261
4.7	列车后效晚点的传播	266
4.8	作为列车运行质量指标的列车后效晚点	269
4.8.1	列车后效晚点总值	269
4.8.2	列车后效晚点总值的检验	275
4.8.3	实际区段理论列车后效晚点总值的分析	278
4.9	列车后效晚点概率	284
4.9.1	按计划顺序运行两列车间的列车后效晚点	284
4.9.2	未按计划顺序运行列车间的列车后效晚点	288
4.9.3	出发晚点、原因晚点和列车后效晚点的总晚点	292
4.10	列车终点晚点	294
4.10.1	列车终点晚点分布函数的推导	294
4.10.2	允许的旅客列车终点晚点	299
4.11	必要平均缓冲时间的查定	300
4.12	短缓冲时间的随机聚集	304
4.12.1	列车束的缓冲时间	304
4.12.2	短缓冲时间的聚集 概率	305
4.12.3	最密集的列车束	310
4.13	较长缓冲时间的随机聚集及对区间通过能力影响	314
4.13.1	较长缓冲时间的聚集	315
4.13.2	与短时间双向行车延续时间相关的通过能力	320
4.14	按直通货物列车被越行频率测定的缓冲时间	327
4.15	按列车运行图的列车运行干扰测定的缓冲时间	331
4.16	按运行图最密集列车束测定的缓冲时间	335
4.17	常量缓冲时间的测定	341
4.17.1	常量缓冲时间下的第一层次列车后效晚点	341
4.17.2	在常量缓冲时间和少量进入晚点条件下的高层次列车后 效晚点	342
4.17.3	在出现部分列车运行干扰条件下的高层次列车后 效晚点	343
4.17.4	固定列车运行顺序条件下的计算公式	346

4.18 单线区间的平均缓冲时间	348
4.18.1 一次会车需要的缓冲时间	348
4.18.2 出现纯会车停车的概率	351
4.18.3 出现一定数值缓冲时间的概率	352
4.18.4 必要的平均缓冲时间	354
4.19 测定缓冲时间方法在实际工作中运用的处理	355
4.19.1 近似方法的处理	355
4.19.2 晚点统计表	368
5. 列车越行时间的计算	371
5.1 列车越行时间	371
5.1.1 区域列车间隔时间和运行图列车间隔时间	371
5.1.2 列车越行时间的构成因素	374
5.1.3 最小越行间隔时间	377
5.1.4 列车越行的分析	380
5.1.4.1 正常情况列车越行的分析	380
5.1.4.2 特殊情况列车越行的分析	382
5.1.5 越行引起的计划外等待时间	385
5.2 列车越行时间计算的基础	389
5.2.1 区域列车间隔时间	389
5.2.2 平均缓冲时间	397
5.3 计划列车越行时间的计算	398
5.3.1 运行列车组频数	398
5.3.2 列车越行次数	400
5.3.3 等待越行时间	411
5.3.4 等待越行时间的逆向移动	416
5.3.5 最小越行间隔的分析计算	418
5.3.6 越行后等待发车时间	421
5.4 计划外列车越行时间的计算	429
5.4.1 列车晚点情况	429
5.4.2 越行次数	430
5.4.3 等待越行时间	434
5.4.4 最小越行间隔时间和等待发车时间	435
5.5 等待越行时间的近似计算方法	435

5.5.1	慢速列车的最有利时间位	435
5.5.2	越行站的等待越行时间	438
5.5.3	越行停车次数	441
5.5.4	因越行产生的旅行时间损失总值	444
5.6	计算实例	444
5.6.1	区段的选择	444
5.6.2	列车运行状况分析	446
5.6.3	时间—距离曲线和区间锁闭时间梯形图	452
5.6.4	区域列车间隔时间的计算	453
5.6.5	等待时间的计算	455
5.6.6	计算结果的评价	462
6.	铁路区段通过能力及其计算	473
6.1	铁路区段通过能力	473
6.1.1	决定铁路区段通过能力的因素	473
6.1.2	铁路区段通过能力的种类	474
6.2	缓冲时间	475
6.2.1	单向行车区间的必要平均缓冲时间	475
6.2.2	双向行车区间的必要平均缓冲时间	476
6.3	区段通过能力的计算	476
6.3.1	区间通过能力	476
6.3.2	最小通过能力	477
6.3.3	受线路施工影响的限制通过能力	477
6.3.4	受夜间休息影响的限制通过能力	478
6.3.5	小时通过能力	478
6.3.6	没有缓冲时间的小时通过能力	478
6.3.7	常量缓冲时间的小时通过能力	479
6.4	计算单向行车区段通过能力的实例	479
6.4.1	计算任务	479
6.4.2	有关列车运行图的基本规定	480
6.4.3	最小列车追踪时间的确定	481
6.4.4	平均最小列车间隔时间的确定	488
6.4.5	缓冲时间的确定	491
6.4.6	通过能力的计算	493

6.4.7	最小通过能力的计算	493
6.4.8	最繁忙阶段小时通过能力的计算	494
6.4.9	没有缓冲时间的小时通过能力	494
6.4.10	受线路施工影响的限制通过能力	495
6.5	计算地铁区段(固定缓冲时间)通过能力的实例	496
6.5.1	计算任务	496
6.5.2	计算的依据	496
6.5.3	平均最小列车间隔时间的确定	496
6.5.4	缓冲时间的确定	496
6.5.5	小时通过能力的计算	498
6.6	计算单线双向行车区段通过能力的实例	498
6.6.1	计算任务	498
6.6.2	计算的依据	499
6.6.3	最小列车间隔时间的确定	499
6.6.4	平均最小列车间隔时间的确定	500
6.6.5	缓冲时间的确定	504
6.6.6	通过能力的计算	507
7.	编组站设备能力及其计算	509
7.1	编组站设备能力	509
7.2	驼峰设备改编能力的计算	512
7.3	车站其他设备通过能力对编组站通过能力的影响	513
7.3.1	到达场接车能力的影响	513
7.3.2	调车场容车能力的影响	515
7.3.3	出发场接车能力的影响	519
7.4	牵出线改编能力的计算	520
7.5	双峰编组站和双推双溜驼峰编组站通过能力的计算	521
7.5.1	双峰编组站通过能力	521
7.5.2	双推双溜驼峰编组站通过能力	521
7.6	计算实例	523
7.6.1	驼峰设备改编能力	523
7.6.2	编组站通过能力	524
7.6.3	驼峰设备小时改编能力	525
7.6.4	编组站车流结构条件通过能力	525

7.6.5	到达场接车能力的影响	526
7.6.6	调车场容车能力的影响	531
7.6.7	出发场接车能力的影响	535
8.	最佳区段负荷的分析计算	537
8.1	计算方法的描述	537
8.1.1	问题概述	537
8.1.2	列车运行的相关因素	538
8.1.3	时间消耗的分析	539
8.1.4	能源消耗的分析	539
8.1.5	生产率	539
8.2	列车牵引支出	541
8.2.1	列车牵引支出的计算方法	541
8.2.2	计算公式	542
8.3	计算过程的说明	551
8.3.1	生产支出的计算	551
8.3.2	生产率的计算	552
8.3.3	等待时间的计算	554
8.3.4	消耗的计算	557
8.3.5	列车牵引支出的计算	557
8.4	计算实例	557
8.4.1	计算区段	557
8.4.2	客货列车数比例关系模型	559
8.4.3	列车运行数据的计算	561
8.4.4	列车牵引支出计算参数的说明	567
8.4.5	计算结果的分析	581

1. 列车运行图系统

1.1 列车运行图概述

1.1.1 列车运行图的基本概念

通常列车运行图是指用为表示列车在铁路各区间运行时刻及在各车站停车和通过时刻的线条图，它规定了列车占用区间的次序，列车在每一车站出发、到达或通过的时刻，在区间的运行时分，在车站的停站时分以及列车的重量和长度等。在列车运行图这一基本概念的基础上，一些国家铁路列车运行图还有某一列车的列车运行图、区段列车运行图、铁路网列车运行图和时间段列车运行图等概念。

某一列车的列车运行图是指用为对某一指定列车的运行路线、允许运行速度、必要的制动比、牵引机车的类型和数量、列车重量及运行时刻作必要说明的技术文件；区段列车运行图是指对整个区段列车运行计划及区段运行列车负荷作安排的技术文件，从中可以得出所有在该区段运行列车的运行方向、运行时刻、列车越行或会车地点及列车间的相互衔接；铁路网列车运行图是用为考虑车辆中转衔接条件不同区段列车运行图的汇总文件，利用路网列车运行图可以将铁路运输工作组成一个完整的综合作业系统；时间段列车运行图用为规定一定时间段内各天开行列车的列车运行程序，因而它是企业和车站安排作业人员值班计划的依据。

1.1.2 列车运行图的任务

列车运行图一方面是铁路运输企业实现列车安全、正点运行和经济有效地组织铁路运输工作的列车运行生产计划，它规定了

铁路线路、站场、机车、车辆等设备的运用，以及与行车各有关部门的工作；另一方面它又是铁路运输企业以旅客列车运行图和货物列车运行图的形式向社会提供铁路运输能力的一种有效方式。从这—个意义上讲，供社会使用的铁路列车时刻表实际上就是铁路服务能力目录表。因此，也可以说列车运行图是铁路组织运输生产和产品供应销售的综合计划，是铁路运输生产联结厂矿企业生产和社会生活的纽带。

基于对列车运行图任务的这一分析，理论上和实用上完整的列车运行图系统应包括供铁路内部使用和供社会使用两类列车运行图技术文件，其中供铁路内部使用的列车运行图技术文件是铁路组织运输生产的依据，是实现严格“按图行车”的技术组织措施，是确保铁路运输产品质量的基础；供社会使用的列车运行图技术文件对铁路来说，它是铁路运输产品的供销计划，而对社会用户来说则是旅客安排个人旅行计划或货主安排货物运输计划的依据。

列车运行的安全应包括员工、旅客和运输货物的安全以及线路施工等所有与列车运行过程有关的安全。

铁路运输能力与列车正点运行及列车运行的流水性是紧密相关的。列车运行生产计划的实现有赖于区段通过能力的保证，特别是当列车运行过程发生波动，亦即发生偏离于计划的情况时，只有在有充分能力保证的条件下才能确保按计划过程准时进行，列车晚点时才能重新恢复正点运行。

列车运行图决定性地影响着铁路运输企业的经济效果。所谓经济性的目标应是以一定资金的投入力争最大可能的收益或以最小可能的支出力求一定的效果。对铁路运输企业来说给定的资金是指铁路运输线路、桥隧、站场、信号等固定设备，机车、车辆等活动设备以及铁路员工的支出，而生产的效果是运输的旅客人数或货物吨数、人公里或货物吨公里、列车公里、车辆公里、总重吨公里和净重吨公里。

1.2 列车的分类

不同国家从各自的运输组织要求出发，可能采用不同的列车分类方法。

在我国，列车按运输性质和用途分为旅客列车、货物列车和客货混合列车。旅客列车按运行速度又分为特别直达旅客快车、特别旅客快车、旅客快车和普通旅客列车；货物列车按其编成地点、用途和货车运用方式，分为始发直达列车、技术直达列车、直通列车、区段列车、摘挂列车、沿零摘挂列车和小运转列车。

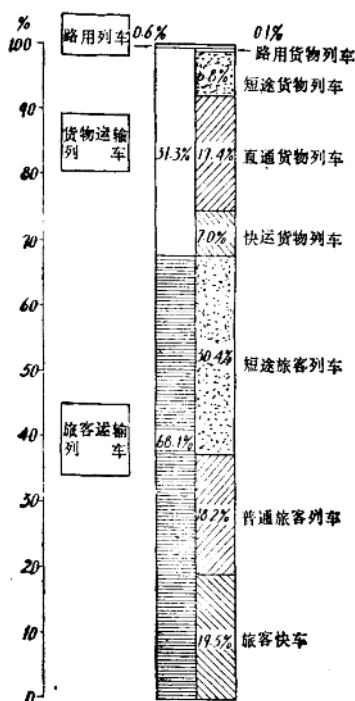


图1.2.1 列车种类别列车公里比例概况图