

车站运营可靠性

〔苏〕П.С. 格伦托夫 著

陈秀凤 阎长安 译

郑时德 石玉林 校

中 国 铁 道 出 版 社

1984年4月北京

以及旅客列车和货物列车的阻塞滞留，从而造成很大的经济损失。而且这类故障，还会在一个相当长的时期内产生影响。

可见，在研究线路、机车、车辆、供电设备、自动化装置、遥控技术和通信设施等技术装备的可靠性时，不仅要考虑在工厂生产这些设备时的质量（在机械制造方面结构的可靠性具有第一重要的意义，应不断提高），而且从人机系统的观点出发，还要充分考虑管理、运营和服务水平对可靠性的影响。因为服务和运营制度的破坏，管理中的失误以及管理人员业务能力的低下，都将降低技术装备工作的可靠性。

近来，可靠性理论已在各生产领域中得到了广泛的推广。其方法，最初应用于论证高效工作和评估大作业系统的功能。而这些系统本身又是一些复杂的技术、信息、管理系统和子系统相互联系的集合体。在工业部门中，它是连接一个和几个车间的输送线、供电系统等等。在铁路运输业中，属于这样的复杂系统有：编组站、区段站、中间站、客运站、技术站及其它车站或它们的各个技术作业线。

本书阐述了铁路编组站和其它几种主要车站的工作可靠性问题、车站发展的依据，以及经济合理的能力水平和工作可靠性的确定。车站工作的可靠性与区段工作、技术设备的可靠性密切相关，而且对铁路区段和整个方向的工作效率，都有一定的影响。因此，本书也就下述问题：铁路区段工作的可靠性、作为技术作业系统的运行图的可靠性、运输过程的可靠性、完成货物达标准期限以满足发货人对运输的要求等等，作了相应的叙述。

作者对П. А. Сыцко和И. Г. Тихомирову教授，В. А. Захарову和В. П. Ярошевицу技术科学副博士，В. Г. Кузнецов、А. А. Михальченко和Г. В. Коэлову工程师在编写本书的过程中提出的宝贵意见和给予的帮助表示感谢。

(京)新登字063号

内 容 简 介

本书以编组站、区段站、货运站、客运站以及列车运行图为例,系统地阐述了运输系统运营可靠性的理论基础和计算方法;研究了铁路运输技术设备和机车车辆的可靠性对运输过程可靠性和指标的影响问题;介绍了站场配线的计算方法和实例,以及预测可靠性指标和车辆在站停留时间的方法。最后,书中对提高车站运营可靠性最佳阶段性的研究和计算方法,也作了相应的叙述。

本书可供铁路运输工程技术人员及勘测设计院的专家参考,也可作为铁路运输院校教学参考书。

Эксплуатационная надежность станций

Петр Степанович Грунтов

Москва, «ТРАНСПОРТ», 1988.

车站运营可靠性

〔苏〕П.С.格伦托夫 著

陈秀凤 阎长安 译

郑时德 石玉林 校

*

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 陈东山

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: 70 字数: 227 千

1991年11月 第1版, 第1次印刷

印数: 1—1000 册

ISBN7-113-01047-4/U·323 定价: 4.70元

序 言

加速苏联国民经济的发展，要求提高工作效率和加强运输系统。铁路运输是运输系统的重要组成部分，它完成了国内总货运量的三分之二，并在实现苏联粮食计划方面起到了巨大作用：到1990年，铁路运输的农产品和农-工联合体的货物将超过总运输量的20%。

苏联铁路工作的特点是技术设备和机车车辆的使用强度高，运营工作的质量指标优异，而且其货运密度大大超过了发达资本主义国家的铁路。

众所周知，现代化的工业和农业生产是相互高度配合的。运输货物不仅为着贮备和长期保管，还应在最短的时间里快速地运达目的地。工业和农-工联合体的协作产品，通常直接送到输送带，运往再加工或消费地。在每列货物列车中，平均有25~30%的货物对运输期限和运输过程的可靠性有较高的要求。

目前，在苏联运输部门对机车车辆（电力机车、内燃机车、车辆，电动车组）、自动化系统、遥控和通信装置以及铁路线路的可靠性进行着大量研究工作。制定了机车车辆和其它技术设备的装置与部件的故障原因分类表，建立和改进作业故障及事故的统计方法，并开始着手研制技术设备工作可靠性自动化管理系统。

在研究运输工作可靠性问题的同时，还有一些其它问题也在进行研究，例如：处在高速运行，接近极限负荷和客货列车在重载条件下工作的技术装备，机车车辆的可靠性等。这些问题，由于运输系统（车站、枢纽和铁路线路）负荷的增加以及通过能力的高度饱和而日益显得迫切。在此情况下发生的任何技术和工作故障，均会给运营工作带来极大的混乱

目 录

使用符号	1
第一章 运输系统的可靠性及故障分类	3
第一节 运输系统的一般特点	3
第二节 可靠性理论的基本概念和定义	6
第三节 运输系统工作故障的分类	9
第四节 储备、运输系统的通过能力、改编 能力和输送能力的储备	14
第二章 可靠性的理论基础	18
第一节 运输系统无故障工作指标	18
第二节 运输系统可靠性的定量评定	23
第三节 计算可靠性参数的最简单的数学模型	42
第三章 研究运输可靠性的参数法	46
第一节 运输过程规则化	46
第二节 在放行直达列车和执行列车编组计 划方面的车站工作可靠性	53
第四章 技术设备对列车运行图及车站工作可靠 性的影响	56
第一节 内燃牵引整体可靠性的统计与分析	56
第二节 电力牵引设备可靠性的影响	64

第三节	车辆的可靠性.....	68
第四节	线路设备可靠性的影响.....	78
第五节	自动装置、遥控设备和通信系统可靠性的影响.....	83
第六节	车站和技术设备对完成列车运行图可靠性的影响.....	90
第五章	铁路局和分局分界站工作的可靠性.....	97
第一节	系统间或子系统间衔接点的类型及其分类.....	97
第二节	分界站工作的故障.....	98
第三节	铁路局和分局分界站工作的可靠性	103
第六章	车站系统和子系统的负荷	111
第一节	运输流及其特性	111
第二节	车站系统和各子系统运输流的转化	114
第三节	运输流的分布规律和主要参数.....	115
第七章	编组站、区段站、客运站、客运技术站和其它车站车场状态的研究	120
第一节	车站子系统作业过程的公式化	120
第二节	各时间车站车场状态的变化 车站和各子系统工作的平衡方程	123
第三节	运输系统的最大饱和期	129
第四节	区段站和编组站主要车场饱和时期的计算	134
第五节	客运站和客运技术站各车场的最大饱和时期	146

第八章 对编组站工作运营可靠性计算的经济要求149

第一节 基本原则和原理149

第二节 计算子系统《到达区段-到达场-驼峰》运营可靠性的经济原则154

第三节 子系统《驼峰-调车场-编组牵出线》工作可靠性的经济水平164

第四节 子系统《编组牵出线-出发场-出发区段》工作可靠性的经济水平171

第九章 区段站、编组站和货运站主要车场最佳配线数的计算方法及计算实例176

第一节 《到达区段-到达场-调车驼峰》子系统的最佳配线数176

第二节 子系统《驼峰-调车场-牵出线》的最佳配线数190

第三节 子系统《牵出线-出发场-出发区段》的最佳配线数208

第四节 子系统《到达区段-直通车场-出发区段》的最佳配线数215

✓第五节 区段站配线计算的特点220

第六节 地方编发场配线计算的特点223

第十章 客运站和客运技术站配线的计算方法229

第一节 客运站及客运技术站工作的可靠性229

第二节 客运站到发场线路数的计算233

第三节 客运技术站接、发车场线路数的确定237

第十一章 用计算机模拟法预测编组站运营可靠

性和车辆停留时间指标243

第一节 模拟的目的和任务243

第二节 对车站技术作业模拟的基本原则244

✓第三节 车站工作指标的计算245

第十二章 提高车站运营可靠性的最佳阶段249

第一节 车站系统任务量的预测249

第二节 编组站技术作业的优化及其扩能的原则254

第三节 对编组站的发展预测时优化标准计算方法的研究262

第四节 编组和放行重载、长大列车运营可靠性高的编组站267

第五节 编组站配线布置图 提高车站通过能力和改编能力的对策279

第六节 选择编组站最佳发展实例284

第七节 分阶段提高车站运营可靠性303

参考文献307

使用符号

- L_0 ——故障作用距离
 T ——系统工作的计算时间, 或为分析系统工作能力所选定的时间间隔
 T_0 ——进行预防性检修的时间
 T_1 ——系统运营当年的储备时间
 T_2 ——客体在系统初始阶段到来之前, 完成近期工作量的储备时间
 T_r ——技术作业时间
 β_0 ——进行预防性检修的时间储备系数
 β_1 ——运营当年系统在发生故障的条件下, 仍保证有一定工作能力的储备系数
 β_2 ——客体完成近期工作量的储备系数
 β ——总的储备系数;
 均方根差
 $P_N(t)$ ——给定的系统工作运营可靠性水平
 K_r ——系统无故障工作的可用性系数
 $P(t_0)$ —— t_0 时期中系统无故障工作的概率
 $N(t_0)$ ——在 t_0 时间未受延误(没有故障)的列车数
 $n(t_0)$ ——在 t_0 时间被延误的列车数
 $F_1(t_0)$ ——无故障工作的时间分布函数
 $\lambda(t)$ ——故障强度, 在 t 时刻之前系统未曾发生故障的概率密度;
 在研究运输流时, 为运输流密度
 $\bar{\lambda}(t)$ ——用统计方法计算的故障强度
 θ_i ——从第1到第 i 个故障之间的无故障作业时间
 T_p ——故障产生前系统工作时间的数学期望值
 T_B ——系统停工时间和恢复不间断工作时间的数学期望值
 $t_{延}$ ——列车延误的平均时间
 $n(t)$ ——因故障而被延误接车的列车数

- $n_0(t)$ ——因故障而被延误发车的列车数
 $N_0(t)$ ——无故障通过的列车数
 $\mu(t)$ ——系统恢复工作能力的密度;
 系统设备使用密度
 t_B ——系统停工时间和恢复不间断工作时间
 V, U ——系统输入和输出流的集合
 G ——系统预报输出流(列车、车组等)的集合
 $z(t)$ ——系统在 t 时刻的状态(在 t 时刻列车、车列、车辆等等的数量)
 $T_{\text{满期}}$ ——系统状态函数达到最大值的时间
 $M(T_i)$ ——在 T_i 时期运输流的数学期望值
 $\Delta(T_i)$ ——在 T_i 时期运输流的离差
 $\sigma(T_i)$ ——在 T_i 时期运输流的均方根差
 $v(T_i)$ ——在 T_i 时期运输流的变异系数
 $x(T_i)$ ——在 T_i 时期运输流输入系统的模数
 $Y(T_i)$ ——在 T_i 时期运输流输出系统的模数
 γ ——系统负荷系数
 Π ——车站子系统的股道数
 $B_{\text{车辆}}$ ——车辆费用
 A ——1公里线路或其它客体的工程造价
 Δ ——基本建设投资的标准效果系数
 η ——贴现系数
 $c_{\text{货物}}$ ——1吨货物的平均费用
 $c_{\text{车辆 小时}}$ ——停留的每一车辆小时费用
 $c_{\text{延}}$ ——列车因故障(延误) $t_{\text{延}}$ 时间的费用
 $c_{\text{机车 小时}}$ ——1机车小时的费用
 $t_{\text{还}}$ ——基本建设投资标准还本期
 E ——换算费用
 Θ ——运营费
 $P_{\text{经济}}$ ——系统工作可靠性的经济水平

第一章 运输系统的可靠性及故障分类

第一节 运输系统的一般特点

运输的可靠性问题有其本质的特点，它不仅取决于技术设备的可靠性，还取决于运输流的通过条件和规律性。无论是在满足国民经济和客户的运输需求方面，还是在保障列车运行和调车作业安全以及确保货物完整性方面，通常都会对铁路运输工作提出很高的要求。

运输系统可靠性的特点，一般由下述因素确定：

1. 大运输系统，如车站、枢纽、区段、线路、网区等工作的动态性。

2. 系统彼此间互相联系互相作用的特性。所以在这些系统的工作中，应尽量避免出现较大范围的故障和混乱。即使是短暂的运行延误，都将使一昼夜或几昼夜的运营工作复杂化。

3. 运输流既是运输系统的工作对象，本身也是一个系统。在这一系统里各个单元（列车）的运行状况是相互联系的，并且受自动闭塞、调度集中和调度监督的控制。无约束的运行（在一定范围内无关联）状况只在运输流的特定条件和参数下发生。

4. 消除运输系统工作故障后果的复杂性。例如，把晚点列车重新纳入运行图时需要一定的备用通过能力。晚点列车停站时，需占用站上的额外线路。

5. 时间因素与运行图所规定的客货列车运行程序对运输系统工作的影响较大, 而且在昼夜以至全年中运输过程有连续性。

6. 运输系统的多维性和管理的复杂性。当系统的某个环节发生故障时, 例如机车、车辆的延误, 必须对系统的其它各环节可能产生的故障后果采取预防措施。

为了减少系统故障对运输经济的影响, 客观上不仅需要储备通过能力, 而且还需要储备一定数量的机车、车辆和技术物资。在缺乏这些储备的情况下, 系统只能在通过能力和机车车辆极其有限的条件下工作, 这样, 故障的后果将更加严重, 系统的调整和管理将更为复杂。

信息流和信息管理系统的可靠性对铁路运输工作有很大的影响。信息失效会堵塞滞留运输流。因此, 在现代化信息接收和处理设备、微处理机和电子计算机基础上建立起来的信息管理和计划编制系统应具备高度的可靠性, 否则它们将很难用于管理。

在铁路运输中, 建立能在货物运输过程根据列车、车辆、机车分布的联合数据库进行实时处理的信息管理系统, 保证其可靠性十分重要。事实上, 目前研究和应用的这类管理系统, 其可靠性起初满足不了实际需要, 而且在第一阶段建立的信息系统只能代替人的管理功能。

在运输部门的人-机系统中, 管理因素的作用很大。尽管已经有了很多能简化运行管理和在某种程度上能实时反映系统状态的控制台、调度监督系统、以微处理机和电子计算机为基础的信息系统等技术设备, 管理功能仍由人来完成。人-机系统的特点是: 系统功能的总体可靠性取决于操作员、调度员, 取决于他们领悟信息以及拟定调整措施所必须的时间。运输系统技术设备的能力不能完全决定系统的安全性。

这是运输系统可靠性的必要条件，但并非充分条件。因为车站、枢纽通过能力和改编能力不足，缺少信息或信息不准确，以及制定调整措施的时间不够都会产生故障。此外，由于从事车站或铁路其他部门工作人员的信息过量也会导致故障。

△ 对于任何类型和复杂程度不同的系统，其中包括铁路车站这样的大系统，关于可靠性问题的研究有两个方面。第一方面，是研究可靠性的计算方法。要解决这个任务很困难，特别是对于那些由复杂的互相作用的各个单元所构成的大系统。这里分析法不能完全采用，因为它们不完全适用于实际的结构和生产过程。模拟法对这类系统有一定的实用价值，采用这种方法能成功地、足够准确地模仿复杂系统的作业，查明主要职能的相互联系和依从关系，计算工作指标，确定主要的原始参数和可靠性指标。

系统工作的可靠性与表示系统特征的所有物理指标和参数有关。对于运输系统，还有一些综合性能，如通过能力、输送能力和改编能力等，同技术性能一样，对可靠性程度也有很大的影响。研究可靠性程度的计算方法和进行可靠性计算，既要对运营系统，也要对重新设计或被改建和增强的系统（车站、枢纽、区段、机车、车辆、自动化系统、遥控和通信、管理等）。虽然在这些情况下，可靠性的计算方法有若干区别，但这里所谈的是可靠性的确定问题。

可靠性问题的另一方面是确保给定的或经济上已证明合理的可靠性水平。这里所谈的是关于系统的技术、工艺、信息和其它特性，这些都在给定的荷载下相互联系地确定着系统工作能力的某种水平。

如果可靠性问题的第一方面，是与计算、标定可靠性水平的方法论有关的话，则第二方面是评定已建立和正在运营

的系统的技术和工程水平，并且与建设、经营和发展系统的基本建设投资的效益有关。可靠性的保证取决于国民经济各部门、工艺过程和生产组织中的技术进步水平。

第二节 可靠性理论的基本

概念和定义

可靠性理论的大部分名词术语和概念，在苏联已标准化（苏联国家标准 27002—83《技术可靠性。名词术语和定义》）。但是，它们的对象主要是一些非常特殊的技术项目，显然没有考虑到运输系统的工作特点。所以，这里需要根据运输部门人-机信息系统的功能，作一些必要的说明和补充。

客体、系统、系统的单元都已列入了可靠性理论的一般概念中。“客体”这个术语应理解为在设计、生产，运营和可靠性试验期间所研究的具有指定用途的对象。这个概念包括了与研究可靠性问题有关的设施、设备、装置、制品、机器和器具等。

对于“系统”这一术语，若干定义已人所共知。在运输业中，我们把“系统”这个概念理解为互相作用、互相依赖的单元组合成的总体。大多数运输系统，例如编组站或客运站，枢纽的信息管理系统等，以其各单元的相互作用特性相区别。同时，这些相互作用会在反复地有规律地对列车、车辆、货物、票据和信息进行各种作业的过程中反映出来。而在完成作业的延续时间方面，这个过程是不均等的。运输客体的特点是一个发达的系统，或者也可看作是许多独立的管理系统或子系统。

“单元”是组成系统的最简单的客体。有些单元可以联

合到子系统中，并实现一些规定的功能。这些功能（或称为子功能），是整个系统工作的组成部分。

运输系统——车站、枢纽、区段、网区、车库、货场和仓库等，是具有入口和出口的系统和子系统。入口和出口能以一个单元（装置）连接起来，例如：单线线路引入车站是入口和接向每一方向是出口。

运输系统同样具有一些十分重要的指标，例如容量。它取决于线路的数量和长度（对于车站、枢纽、线路、网区来说），装卸作业场长度（对于专用线、货场来说），仓库容量（对于仓库系统和子系统）等。系统的容量要同出、入口的能力（通过能力）相互联系起来研究。

由于消耗劳力、材料、能源和宝贵时间的各种技术作业都是在线路上完成的，所以入口和出口的列流（车流）强度、容量和作业的不间断性之间存在着一定的互相依赖关系。例如，当线路、线群、仓库等的容量饱和时，入口流将停滞。相反，当系统的出口被堵塞或发生故障时，由系统输出的流（列车、车辆、货物等）将不能发出，容量将无法释放，这不仅会使列流或车流在本系统中发生阻滞，而且还将引起入口流接踵而来的延误。

在可靠性理论中，“不间断性”这个术语可理解为系统的性能连续地保持着已有工作能力。对于车站、货场、仓库、集装箱站、旅客站舍这样一种运输系统的工作能力，要保证入口运输流能按时接入（无流时保持准备接车状态），在按规定的技术作业过程工作的同时，能不间断地输出运输流或保持准备发车状态。“工作能力”这个术语，在可靠性理论中已标准化，它是系统的主要参数保持在技术标准文件所规定的范围内时，系统可以给定功能的状态。

如果系统的主要参数达不到标准规定的范围，则系统的

工作能力就要降低，这就需要采取相应的措施来改进各个单元、子系统或整个系统的工作。对于铁路运输系统来说，除了技术设备和机车辆的标准说明书外，列车编组计划、运行图、技术计划以及车站、机务段、车辆技术检修所的技术作业过程等都是技术标准文件。而这些文件中规定的诸如此类行车速度、列车和车辆停留时间、车辆和列车接交数量等等标准和指标，应客观地并充分地考虑到系统的实际运营条件、负荷、系统各单元及整个系统的通过能力和工作能力。亦即对系统的管理、分析系统功能及其可靠性，应当实事求是并有科学的依据。

“可靠性”是个包含系统工作的不间断性及其工作能力的复杂概念。系统的可靠性，是指在一定的运营条件下完成指定任务的特性。不能把系统功能的可靠性（即一些无量纲的概率值）与系统的其它参数和特性，如通过能力和改编能力等混为一谈。系统越复杂，影响其运营可靠性的因素越多。

可靠性指标规定了鉴别系统可靠性的一个或几个特性的数量特征。线路、自动化技术设备、遥控技术和通信、机车、车辆等系统的各技术单元的可靠性，以及线路的数量和长度、通过能力和改编能力、系统负荷、管理机制都影响车站（编组站、货运站、客运站、技术站）、枢纽、区段和线路的可靠性。

对于每一种类型的系统，都把状态（通常也包括极限状态）看作是时间的函数。技术上不可能和系统进一步运用不合理的极限状态，受安全要求或降低效益的允许程度所决定。状态和极限状态与线路、机车、车辆等技术系统的使用期限有关，因随着设备逐渐“衰老”，系统的初始参数及其工作能力会逐渐降低。例如，当一部分机车故障产生的损失