

计算机 实时 控制系统

牟广森 陈龙甫 汪德模 编著

计算机实时控制系统

牟广森 陈龙甫 汪德模 编著

中 国 铁 道 出 版 社

1988年·北京

内 容 简 介

本书重点介绍了计算机实时控制系统的设计方法、系统的仿真技术、数学模型的确定等优化设计问题,以铁路驼峰调车自动控制为实例,详细地介绍了计算机实时控制系统的优化设计以及系统的配套发展问题。内容包括:驼峰计算机实时控制系统的概述、总体设计、可靠性与故障-安全、硬件系统和一次仪表、软件系统的结构原理、各部位出口速度的计算及误差分析、车组的追踪管理、减速器控制、系统的发展及编组站综合自动化等。

本书可供从事计算机实时控制和自动控制系统的科研人员学习、参考。

JS450/34 33

计算机实时控制系统

牟广森 陈龙甫 汪德模 编著

中国铁道出版社出版、发行

责任编辑 魏京燕 封面设计 安宏

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 $\frac{1}{32}$ 印张:12 字数:274千

1988年10月 第1版 第1次印刷

印数:0001—6,000册 定价:2.65元

前 言

随着计算技术的飞速发展和使用,特别是电子计算机进入控制领域之后,电子计算机的优越性越来越突出。因为它能与各种过程通道以极高的速度交换信息,并具有实时地进行判断、推理、决策的功能,人们更感觉到它是工业、农业、国防等领域,代替人的部分思维、实现过程控制自动化的重要工具。但要理想和全面地发挥其作用,则必须对所需的系统进行分析、研究优化其各个环节的设计,并重视系统的不断改进和进一步配套发展,才能达到完善、适用,真正提高生产能力。

基于上述认识,本书在同行们和有关领导热情地鼓励下,根据多年来从事计算机实时控制系统的研究和实践,结合驼峰实时控制系统的实例,从尽量满足上述两个目标出发,就系统的总体设计、可靠性与故障-安全、硬件系统和一次仪表、软件系统的结构原理、各部位出口速度的计算及误差分析等做了介绍,为适应铁路运输急于加快步伐和扩大编组站自动化范围的需要,还对实时控制系统软件的发展、推峰机车速度的自动控制以及发展为编组站综合自动化的问题进行了探讨。

本书改变了一般实时控制书籍以大量的篇幅介绍控制机本身及其各种外围通道的写法,把介绍的重点放在了计算机实时控制系统的优化设计及其配套发展等问题上。因为就目前及今后的发展情况来看,计算机及其外围通道的质量在日益提高,已趋向于工厂化施工,即由工厂根据用户所提的技术要求,设计、制造并负责在现场开通,甚至负责维修。设计部门的任务主要是进行系统功能、应用软件及一些接口电路的设计,故本书没有介绍计算机本身结构方面的问题。

本书共分九章。其中第五、八章为陈龙甫编写，第六、七章为汪德模编写，其他五章由牟广森编写并主编了全书。由于本书是以研究南翔、丰西等站驼峰溜放自动化的报告、资料为基础，并使用了南翔站的具体试验数据编写的，因此，也包含了铁道部科学研究院通号所“驼峰溜放自动化专题组”全体成员及南翔自动化段参加此项研究工作人员的劳动成果。

计算机实时控制系统涉及的范围和要求的知识面都很广，由于作者水平有限，错误和不当之处一定难免，恳切希望读者给予批评指正。

编 者

1987. 3.

目 录

第一章 驼峰计算机实时控制系统概述	1
第一节 实现驼峰实时控制的必要性.....	1
第二节 基础条件和调速方式.....	3
第三节 工作原理简介.....	5
第二章 驼峰实时控制系统的总体设计	8
第一节 用系统工程的方法做总体设计.....	8
第二节 采用系统仿真技术.....	13
第三节 各个制动部位的设计.....	21
第四节 站场其他设备的优化设置.....	26
第五节 计算机的功能和容量分析.....	31
第三章 系统的可靠性与故障 - 安全	34
第一节 可靠性的特征量和相互关系.....	34
第二节 计算机系统的可靠性设计.....	38
第三节 抗干扰和稳定供电.....	43
第四节 系统的故障 - 安全措施.....	59
第四章 硬件系统和一次仪表	65
第一节 硬件系统.....	66
第二节 测速雷达.....	71
第三节 测长器.....	78
第四节 测重器.....	85
第五节 测阻器与传感器.....	95
第六节 人 - 机联系设备.....	107
第七节 一次仪表的改进和发展.....	114
第五章 软件系统的结构原理	120
第一节 软件系统的技术要求.....	120
第二节 实时操作系统.....	123
第三节 应用软件的设计.....	156
第四节 驼峰实时控制应用软件的实例.....	181

第五节	应用软件的调试·····	247
第六章	各部位出口速度的计算及误差分析·····	255
第一节	第一部位出口速度的计算·····	255
第二节	第二部位出口速度的计算·····	258
第三节	第三部位出口速度的计算·····	263
第四节	第四部位出口速度的计算·····	265
第五节	出口速度的允许误差·····	271
第六节	出口速度的实际误差·····	273
第七节	误差的计算和综合分析·····	278
第七章	车组的追踪管理·····	286
第一节	车组追踪管理的原理·····	286
第二节	咽喉区车组的追踪管理·····	288
第三节	编组线内车组的追踪管理·····	290
第四节	车组信息的追踪传递·····	292
第八章	减速器控制·····	295
第一节	减速器的闭环控制·····	296
第二节	闭环控制的动态分析·····	299
第三节	提高减速器对车组的控制精度·····	304
第四节	增强减速器控制的灵活性和安全性·····	318
第九章	系统的发展及编组站综合自动化·····	326
第一节	软件系统的发展及应用软件标准化·····	326
第二节	推峰机车速度的自动控制·····	344
第三节	编组站综合自动化系统·····	354
附 录	·····	367
附录一	小型多功能计算机指令系统·····	367
附录二	RTOS 命令表·····	372
参考文献	·····	376

第一章 驼峰计算机实时 控制系统概述

驼峰计算机实时控制系统,简称驼峰实时控制系统,又称驼峰过程控制系统,泛称驼峰溜放自动化。驼峰计算机实时控制系统,主要是对驼峰溜放速度的自动调整,在有些驼峰上也包括溜放进路的自动排列。

第一节 实现驼峰实时控制的必要性

在铁路网中,编组站一般设在有大宗车流产生或消逝的地点,或在铁路网上大量车流集散的地点。到达编组站的货物列车,通常都要按照每辆车或几辆车组成的车组去向不同先解体,然后将同一去向的车辆重新编组成新的列车,发往不同的地点。因此,编组站工作质量的好坏,对保证铁路网上列车安全、正点、加速机车车辆周转以及全面超额地完成整个铁路运输任务起着重要作用。

从编组站的作业来看,驼峰的解体能力直接关系到编组站的通过能力,调车事故和工伤也多发生在驼峰区,工人的劳动条件很差,所以,国内外在编组站的各个工作环节中,都首先提出用现代化的技术装备改造驼峰溜放作业的问题。

为此,国外首先在驼峰上研制了半自动排列溜放进路代替人工手扳道岔,而后,美国于30年代研制了车辆减速器,安装在驼峰加速坡上,这使得从峰顶溜放下来的车组的速度可按需要进行调整,这就为以后自动调整溜放速度打下了基础。随着驼峰平、纵断面设计理论的发展,到了40年代,已建立了

机械化驼峰,即以继电器为主要元件设计的自动排列进路装置和在咽喉部分安装有车辆减速器(即设有第一、二两个制动部位,对溜放的车组进行间隔速度调整和粗略地目的连挂速度调整),在编组线内再辅之以铁鞋。

随着电子技术的发展,50年代在驼峰上相继应用了:测速雷达,测试车组在减速器区段的速度;测长器,测试每条编组线的空闲长度;测重器,测量每个车组的重量;测阻器,测试每个车组的走行性能;与雷达配套使用的减速器控制电路等。这些设备的出现,构成了驼峰半自动调速系统的实际应用。所谓半自动调速,即车组自每个制动部位应保持的出口速度值是由操作人员给定的,但整个系统能自动地指挥减速器动作,使车组达到人工给定的速度值。这比机械化驼峰中全凭操作人员判断而作出决定的手动方式有效得多。特别当在编组线内又增设一个或两个制动部位的半自动设备后,比机械化驼峰又可提高能力约15%,铁鞋制动的工作量也大为减少了。

半自动调速系统虽大大改善了峰下制动人员的劳动条件,但使信号楼内操作人员的责任加重了,对每个车组检查、判断的工作量增加了,且要求精力必须非常集中,然而实际控制效果却与人的操作水平和精神状态大有关系。

随着电子计算机的发展和逐渐达到实用控制阶段,人们提出了用计算机实时检测站场和车组的各项随机信息的问题,这样可减轻操作人员的劳动强度,进一步提高解体能力。实践证明,采用驼峰实时控制系统,可比机械化驼峰提高解体能力约25%,基本上能取消铁鞋制动,避免了对车轮和钢轨的擦伤,极大地减轻了操作人员的劳动强度,安全情况明显得到了改善。虽然这种实时控制系统技术综合,基本在露天作业,控制距离远,难度较大,对实时性和可靠性的要求都很严格,但随着电子元件、计算机质量的提高和在设计中不断

总结经验、改进提高,现在已成为一种能实用、可靠和很有效益的工业过程控制系统。

第二节 基础条件和调速方式

驼峰实时控制系统自 50 年代初在美国开始试验以来发展很快,功能和可靠性亦不断完善。至今在美国已投入运营的约有 50 个站,联邦德国及英、法、日、苏等国也都分别安装了若干个站。我国也有若干个站投入了运营。各个国家在系统设计方面虽各有特色,但基本原则大体相同。总的看来,此系统在保证安全连挂上还未达到完善和定型的程度,还需要进一步研究、改进。

大多数国家搞驼峰实时控制追求的目标,首先是减少人员,改善劳动条件,而提高能力不做为主要追求目标。我国和苏联则与他们相反,搞驼峰溜放自动化的目的,主要是希望提高驼峰的解编能力。

我国搞驼峰溜放自动化的基础条件比其他国家困难程度较大,因此技术难度较高。主要是:列车长度和编组线都较长,要求控制距离不小于 800m (国外为 400~500m); 允许连挂速度低,为 5km/h 以下(美国为 9.6km/h,其他国家多为 5 ± 2 km/h); 车辆类型杂,走行阻力值较国外分散且编组线数量少,造成在溜放过程中隔钩、跟踪的车组多,且控制困难。国外一般大驼峰的编组线多在 40~90 股,我们几乎都在 40 股以下。这些基础条件都直接影响控制质量和精度的提高,给系统设计带来很大的困难,使系统在功能上达不到理想的程度。

为此,我国在使用减速器控制的同时,还研制了减速器以外的其他多种调速工具。如:减速顶、绳索牵引加速小车等,安装在峰下编组线内,谋求能得到更好的安全连挂率。用这

些调速工具进行调速,有以下几种不同的调速方式(见图 1—1):

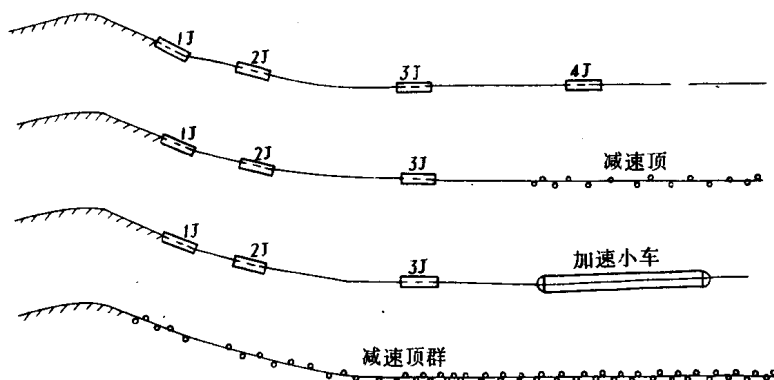


图 1—1 驼峰溜放四种调速方式示意图

J——减速器; 1J~4J——第一至第四部位减速器。

1. 全减速器点式(打靶式)调速方式

这种方式在咽喉区与编组线内都安装了减速器做为调速工具。咽喉区安装了第一和第二两个制动部位,主要负责调整溜放中车组之间的间隔。编组线内安装了第三和第四制动部位,用于调整溜放中的车组与停留车之间的连挂速度。这种调速方式解体能力高,股道坡度改造的工程量小,5km/h 以下安全连挂率略低,约为 90%,是各国采用最早、使用广泛的一种调速方式。

2. 减速器—减速顶点连式调速方式

这种方式在咽喉区及编组线的入口处仍使用减速器,组成第一、二、三制动部位,分别负责间隔和目的制动,只是在第三制动部位打靶控制能力以外,代替上述点式第四制动部位,在每股道的第三制动部位之后,安装了 100 多个减速顶,进行编组线后半股车组连挂速度的控制。这种调速方式在解体能

力上略低于点式,股道坡度改造量较大,5km/h 以下安全连挂率略高于点式。

3. 减速器—加速小车点连式调速方式

这种调速方式中,第一、二、三制动部位减速器的设置与前两个方案相同,但在第三制动部位打靶控制能力以远,安装了绳索加速小车,在进行第三制动部位控制能力设计时,要使不能安全连挂的误差尽量向拉“天窗”方面偏移,然后由绳索牵引加速小车把即将开“天窗”和已开“天窗”的车组拉向已停留的车体,并与之安全连挂。这种方式的性能和效果与第二种调速方式相当。

4. 全减速顶式连续调速方式

咽喉区与编组线内全部采用减速顶调速,每溜放一个车组,要经过数百个减速顶的调速。这种调速方式没有用减速器调速时可制动也可不制动来得灵活。特别对在咽喉区拉间隔来说,更显得不方便。这种方式虽在国内外个别驼峰上有采用,但解体能力很低,安全情况也不理想,很少有推广的可能性。

上述几种调速方式,除第四种外,都应该安装各种测试设备,并用计算机进行实时控制。这样才能使各个制动部位相协调地调整每一车组的速度。

第三节 工作原理简介

驼峰实时控制系统的工作原理示意图如图 1—2 所示。

在图 1—2 中,测重器安装在峰顶加速坡处,用计每个轴重的方式,测出每次通过车组的平均重量。在每个分路道岔区段,安装轨道电路,用以判别车组的进入和出清,并做为数据传送站传递每一车组的信息。每个制动部位处分别设置轨道电路或计轴器,用以判定车组的进入或出清,并在入口处设

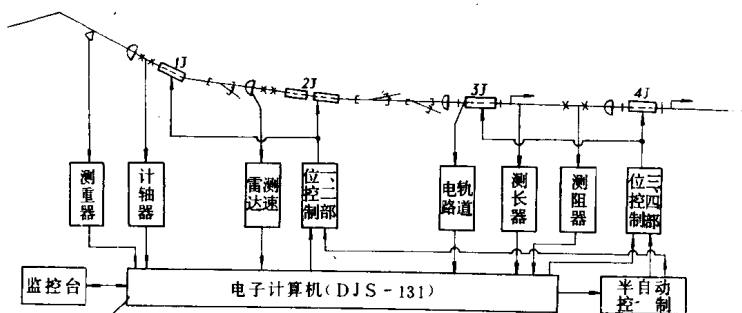


图 1-2 驼峰实时控制系统工作原理示意图

置一台测速雷达，以使计算机连续掌握车组在各个制动部位上的实际速度。对应各个部位还设计了不同的控制程序，以便因地制宜地使速度控制达到最好的效果。在每条编组线内设有测长器，用以测量每股道当时的空闲长度。在第三和第四制动部位前面还设有测阻器，用以测量每个车组的走行性能。

所有这些测试设备的信息，都通过专用接口电路和外围过程通道接到电子计算机。对要求实时性不太强的信息，计算机采取定测巡测的方式获取，而对各传感器和人-机联系等信息，则采用中断方式进入，以保证其实时性。

该系统大致的工作过程是：列车解体前，将解体计划从计划管理计算机自动打入，或通过监控台上的按键，人工打入计算机。开始溜放后，系统可自动测出车组的重量、轴数、走行阻力、通过各个区段的时刻、去往股道的空闲长度以及各个制动部位当时的实际速度。计算机根据获得的这些信息和参量，按各个制动部位计算出口速度的数学模型，计算出该车组自各个制动部位溜出时应保持的速度。同时根据其在各个部位当时的实际速度，发出制动和该部位减速器如何制动的命令，直到车组达到所要求的出口速度，从而在提高解体速

度的前提下,达到车组间仍能自动拉开适当的间隔,并保持在编组线内以允许的速度安全连挂,以及保证安全作业和减少作业人员的目的,与此同时随时控制车组前方的道岔,为该车组准备进路。分别设置在控制楼和机房里的人-机联系监控台,在车组溜放时,随时显示作业过程是否正常和溜放车组的有关实时数据,以供操作人员监督,在必要时,也可利用按键做人工参与或修正,在没有溜放作业时,则监督系统及各个有关设备工作是否正常。

驼峰实时控制系统可用一台小型计算机集中控制,也可采用多台微型计算机分散控制。

上述的控制过程可归纳成三个步骤:

(1) 实时数据收集。对控制过程中各个物理量的瞬时值进行扫描(或中断输入)。

(2) 实时决策。对收集来的表征控制过程的状态量进行分析,并按已定的原则决定进一步的过程控制。

(3) 实时控制。根据决策,适时地对各个控制机构(各个制动部位)发出控制信号。

整个控制过程根据每个摘钩的溜放车组不断地重复,保证整个系统能按照一定的动态品质指标进行工作,并能得到对控制过程与各种设备异常状态的及时监督,作出合理迅速的处理。显然,在机械化驼峰用人工控制时,不可能在监督、控制中进行实时决策和实时处理异常状态,因而得不到良好的监控品质,对一些临时异常的事件更达不到及时的可保证安全的处理。何况驼峰溜放作业是一个复杂的多参量的过程,用人工控制欲对之作协调地实时决策,更是不可能的。只有当计算机以每秒几十万次、几百万次的处理速度出现之后,高效率地支持驼峰实时控制系统的工作,使其达到优化控制,才能成为可能。

第二章 驼峰实时控制 系统的总体设计

第一节 用系统工程的方法做总体设计

一、系统工程和系统工程方法简介

系统工程是以研制大系统为对象的一门跨学科的边缘科学。它是把自然科学和社会科学中的某些思想、理论、方法、策略和手段等根据总体协调的需要,有机地联系起来,把人们的生产、科研或经济活动有效地组织起来,以便最充分地发挥人力、物力的潜力,使局部和整体之间的关系协调配合,实现系统的综合最优化。

系统工程,它的方法体系的基础,就是运用各种数学方法、计算机技术和控制理论来实现系统的模型化和最优化,进行系统分析和总体设计。从逻辑学的方法体系来讲,需要在理解上述各门学科的基础上来掌握系统工程的方法论,但是,从实践论的观点出发,则需要通过大量的社会实践,去总结供实际使用的各种方法和技术。

系统工程方法论的基本特点为:

1. 研究方法上的整体化

把研究对象看作一个系统整体,同时,把研究过程也看作一个整体。可把系统作为若干子系统有机结合成的整体来设计,对每个子系统的技术都要求首先从实现整个系统技术协调的观点来考虑,对研制过程中子系统与子系统之间的矛盾或者子系统和系统整体之间的矛盾都要从总体协调的需要来

选择解决方案。同时,把系统作为它所从属的更大系统的组成部分来进行研究,对它的所有技术要求,都尽可能从实现这个更大系统技术协调的观点来考虑。

2. 技术应用上的综合化

系统工程致力于综合运用各种学科和技术领域内所获得的成就。这种研究能使各种相互配合达到整体系统的最优化。一般大规模的复杂系统几乎都是一个技术综合体。所谓技术的综合运用,并不是将各种技术进行简单的堆砌,而是从系统的总目标出发,将各有关的技术协调配合,综合运用。技术的综合应用是一个很重要的问题,应用的水平如何,能使系统所取得的效果相差很大,它的另一个重要方面是创造新型的技术综合体。例如,一个电子计算机控制和管理的生产系统是当代先进的技术综合体,是综合应用自动控制技术、电子计算机技术和管理科学的成果所获得的成就。

3. 管理科学化

一个复杂的大规模工程往往有两个并行的过程,一个是工程技术过程,一个是对工程技术的控制过程,后一过程包括规划、组织、控制工程进度,对各种方案进行分析、比较和决策,评价选定方案的技术经济效果等,统称之为管理。管理工作对促进科学技术发展,提高效率和合理使用资源有着重要意义。只有科学地管理,才能充分发挥技术的效能。由于现代化的设备系统具有高度复杂性和综合性,需要多种行业和各种专业人员参加,使用各种技术,投入巨额资金和材料,仅凭经验、直观的管理方法是不能适应的,这将使工程的质量、周期得不到保证,因此,管理的科学化成为系统工程极为重要的一个研究方面。

用系统工程的方法做系统的总体设计的大体步骤可概括如下:

(1) 系统目的的分析 and 确定。该步骤的作用是为以后的各项设计取得依据, 为模型化取得必需的信息。分析和确定对象系统的目的和目标, 分析和定义系统需要的功能, 是为了进而以这些数据作出概略模型, 进行仿真, 据此研讨成功的可能性, 并借以得到模型化所需的概略技术条件。

(2) 模型化。模型化是系统设计和分析过程中比较重要、工作量比较大的一个步骤。模型化的作用是为对象系统建立所需的各种模型。根据不同的目的, 可以做成各种不同模型。

(3) 系统最优化。系统最优化的作用在于运用最优化的理论和方法, 对若干替换模型进行最优化, 求出几个替换解。

(4) 系统评价。根据最优化所得到的替换解, 考虑前提条件、假定条件和约束条件, 在经验和知识的基础上决定最优解, 从而为选择最优系统设计方案提供足够的信息。

二、做好驼峰实时控制系统的总体设计

驼峰实时控制系统是一个综合应用自动控制技术、电子计算机技术和运营管理科学的生产系统, 是一个技术综合体。为了使该系统达到完满的性能指标、较好的性能价格化、缩短建设周期, 也应充分重视并采用上述系统工程的方法做好总体设计。

驼峰实时控制系统是从峰顶到峰下由若干个环节组成的, 是一个相互密切相关的统一整体。有一个环节达不到最佳控制, 即会影响全局, 达不到快速解体的要求。因此, 要追求解体能力的大编组站, 就必须将这些环节都实现计算机控制。

实现计算机控制, 必须达到六项指标: 提高解体速度、提高编组线内安全连挂率、保证作业安全、保证系统稳定可靠、减少工作人员的劳动强度、降低工程费用。其中第三项保证