

中等专业学校教材

调度监督与调度集中

南京铁路运输学校 过惠庆 主编
武汉铁路运输学校 余红梅 主审

中国铁道出版社

2000年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

调度监督与调度集中是铁路行车指挥系统的两种现代化设备。本书主要介绍 DJ4 型、TY DJ 型调度监督设备和 D5 型、CTC4000 型调度集中设备,并全面系统地阐述了行车调度自动化系统及铁路运输指挥管理系统(DMIS)的系统结构和系统功能、网络结构等内容。

本书为中等专业学校铁道信号专业教材,也可作为信号专业工作人员的技术培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

调度监督与调度集中/过惠庆编著.—北京:中国铁道出版社,2000

中等专业学校教材

ISBN 7 113 03693 7

. 调... . 过... . 铁路信号 集中控制 设备 专业学校 教材 铁路信号 调度集中 设备 专业学校 教材 .U284.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 14816 号

书 名:调度监督与调度集中

作 者:南京铁路运输学校 过惠庆

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街 8 号)

策划编辑:

责任编辑:倪嘉寒

封面设计:

印 刷:中国铁道出版社印刷厂

开 本:787×1092 1/16 印张: 插页: 字数: 千

版 本:2000 年 月第 1 版 2000 年 月第 1 次印刷

印 数:1~册

书 号:ISBN7 113 03693 7/U·1021

定 价: 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

前 言

行车调度指挥自动化是铁路现代化的重要内容和主要标志,是铁路信号现代化的关键技术。它随着微电子技术、计算机技术和现代通信技术的发展而迅速发展,无论在信息交换、实时控制和调度决策,还是在控制范围等方面都越来越显示出它的优越性。它代表了铁路行车信息和控制技术的发展趋势。行车调度指挥自动化的应用和发展将大大提高行车调度指挥的水平和质量,最大限度地提高运输效率,确保行车安全。作为行车调度自动化的基础设备——调度监督和调度集中技术已趋成熟,达到了实用化程度并发展迅速。

本教材是在调度监督和调度集中迅速发展的形势下应运而生。它是根据教卫企函[1997]42号文“铁路中等专业学校铁道信号专业教学计划教学大纲”的要求,并结合我国铁路调度监督和调度集中设备发展的具体情况编写的。全书分六章,其中第五、第六章可作为选学内容。

远程控制系统的的基本环节在相关课程里未作系统介绍,为了掌握学习调度监督和调度集中系统的基础知识,本教材专辟第二章介绍时钟与时序、编码电路、译码电路、调制与解调、混合线圈及滤波器等内容。

鉴于目前我国铁路调度监督的发展远快于调度集中的实际情况,在征求了各方的意见之后,将本教材定名为《调度监督和调度集中》,介绍的重点自然就改为调度监督了。

根据我国铁路调度监督和调度集中的运用情况,本教材介绍了DJ4型、TYDJ型调度监督和D5型、CTC4000型调度集中。

行车调度自动化系统是在调度集中基础上发展起来的行车现代化系统,并也开始在我国铁路开发研制,为使读者了解其情况,本教材也作了介绍。

我国铁路正在实施的铁路运输调度指挥管理系统(DMIS),将带动铁路运输指挥现代化建设,促进铁路信号技术的网络化、智能化发展。为紧跟铁路信号技术的发展趋势,本教材介绍了它的简况。

对于各种行车指挥系统,本教材着重介绍它们的基本结构和基本工作原理,未对电路细节进行介绍。旨在帮助读者掌握基本概念和基本原理,为进一步掌握遥信、遥控技术奠定基础。

本教材由南京铁路运输学校过惠庆主编,并编写第一章至第四章;南京铁路运输学校林瑜筠编写了第五章、第六章;武汉铁路运输学校余红梅主审。参加审稿会的有柳州、西安铁路运输学校,兰州、内江铁路机械学校,天津铁路工程学校,洛阳铁路信息工程学校的任课老师,在教材编写过程中受到各校教师的大力支持和许多单位的帮助,于此一并表示由衷的感谢。

由于编者水平有限,搜集资料不全,教材中有疏漏、不妥和错误之处恳请提出批评和指正,以不断提高本教材的质量。

编 者

一九九九年十一月

目 录

绪 论.....	1
第一章 远程控制基础.....	5
第一节 远程控制的基本概念	5
第二节 信道及网络概念	7
第三节 电码结构及组成	18
第四节 同步	23
第五节 远程控制系统的参数	26
第二章 远程控制系统的部件	28
第一节 时钟与时序	28
第二节 编码电路	29
第三节 译码电路	33
第四节 调制与解调	36
第五节 发送和接收通道	41
第三章 调度监督系统	45
第一节 行车指挥对调度监督的基本要求	45
第二节 DJ4 调度监督	45
第三节 TY - DJ 型调度监督	65
第四章 调度集中	65
第一节 D5 型调度集中	65
第二节 CTC4000 型调度集中	76
第五章 行车调度自动化	90
第一节 行车调度自动化概述	90
第二节 CATD - 1 型计算机辅助行车调度系统	95
第三节 CAD5000 计算机辅助行车调度系统	99
第六章 铁路运输调度指挥管理系统(DMIS)	108
第一节 DMIS 网络结构	108
第二节 DMIS 系统功能	110
第三节 调度中心 DMIS 结构和原理	113

绪 论

行车调度控制系统是铁路行车调度指挥的现代化设备,对于提高行车调度指挥的水平和质量起着关键的作用。行车调度控制系统包括调度集中、调度监督和计算机辅助行车调度系统等。行车调度控制系统的普及程度,代表着铁路行车调度工作的现代化水平。

一、调度集中和调度监督

调度集中和调度监督是应用远程控制原理构成的铁路行车调度控制系统。借助调度监督系统,行车调度员可在调度所直观地了解所管辖调度区域内信号设备的状态、各次列车的运行状况等行车信息。调度集中则更进一步,调度员不仅可直观地了解各种行车信息,而且可实现一些调度命令(如接发列车进路)的直接实施,对于提高铁路运输调度指挥的质量和水平,充分发挥铁路线路的通过能力等方面起着积极的作用。它主要体现在以下几个方面:

1. 可提高线路的实际通过能力

在调度集中区段内,调度员可直接办理列车进路,这就显著地缩短了列车会车时间、同方向列车间隔时间,并减少了列车停站次数和时间;能通过表示盘了解列车运行情况,及时调整运行计划,从而使区段的实际通过能力得到提高。据统计,单线铁路运用调度集中后可提高实际通过能力 20% 至 30%,如配合双线插入段,则可提高 50% 至 70%。

2. 可提高列举的旅行速度

采用调度集中后,由于缩短了列车停站时间,减少了停站次数,从而提高了列举的旅行速度。据统计,一般可提高列车旅行速度 20%,并能减少列车晚点,缩短晚点后运行图的调整恢复时间。

3. 节省运营人员

采用调度集中后,接发车进路由行车调度员集中办理,车站运营人员工作量大大减少,可节省运营人员,提高劳动生产率,一般每 100km 可节省运营人员 45 至 50 人。

4. 改善劳动条件

采用调度集中后,行车调度员与车站值班员的通话量大为减少,行车调度员的许多事务性工作由计算机代替,把他们从繁重的手工劳动中解放出来,劳动条件大大改善。

5. 提高行车安全程度

行车调度员掌握全区段列车的运行情况和设备状况,直接办理接发列车进路,减少了中间环节,消除了因其他人员中介所带来的差错,故进一步提高了列车运行安全程度。

6. 为行车调度自动化创造了条件

调度集中设备不仅提高了运输调度指挥的水平和质量,而且可以作为行车调度自动化的基础设备,为更高层次的调度指挥控制系统准备了条件,并可作为行车调度自动化的备用手段。

采用调度集中,还可推迟双线建设,合理使用铁路建设资金和运营开支。

二、行车调度自动化

行车调度自动化是在调度集中的基础上用计算机模拟调度员的工作,将一些事务性或程序判断性工作由计算机承担,实现行车调度的自动控制和自动调整,调度员仅作复杂的调度判断工作。行车调度自动化是新型的信号系统。

因为采用调度集中后,为调度员指挥列车运行提供了便利的条件,实现了集中控制。但是一切有关的判断、操作、统计均要由调度员直接参与才能完成,在繁忙区段,调度员的工作处于高度紧张状态。所以,要改变这种状况,就必须进行更高层次的自动化改造,引入计算机代替调度人员的繁琐操作,从而使调度员把主要精力用于判断和调整运行计划上。

行车调度自动化除了完成调度集中的所有功能外,主要扩展的功能是:自动排列列车进路、自动进行列车运行调整,此外还能完成与行车有关的统计、自动传递显示行车信息、旅客向导等。

行车调度自动化,按自动化程度的不同,也有不同的形式。但不管何种形式,行车调度自动化都应该是一个完备的计算机系统。

根据我国铁路现阶段的情况和特点,最适宜的形式是计算机辅助的行车调度系统,其基本任务是三小时计划运行图的自动生成。

三、铁路运输调度指挥管理系统(DMIS)

DMIS(铁路运输调度指挥管理系统)采用现代信息技术改造传统的落后铁路调度方式,建立融信号、通信、计算机、数据传输和多媒体技术为一体的运输调度指挥系统。DMIS设计为四级网络结构:铁道部调度中心的调度管理信息系统、铁路局调度中心的调度管理信息系统、铁路分局调度中心的调度管理信息系统、基层网。各级调度中心自身构成局域网,相互间通过X.25和专线构成广域网。

DMIS的功能可分为实时信息处理和管理信息处理两大部分。实时信息处理是对基层网采集到的各种动态信息进行处理。如区段、枢纽、分界口和港口、口岸、大型企业站等的列车运行情况 and 现场状态等动态信息,通过调度监督、调度集中采集到地区控制中心(调度所),再经过广域网传输到各上级调度中心,进行处理,并以图形、图像、图表、文字等形式,向调度员和有关领导传达及时、准确、直观、可靠、灵活、丰富的运输状态宏观显示、列车运行情况和现场动态显示、作业情况和实时动态统计表等信息。为协调运输、科学决策、实现现代化管理提供了重要手段。管理信息处理主要是对调度中心的日常工作进行管理,自动完成信息收集、各种报表编制、信息传送或输出,方便、快捷地查询各种资料。DMIS不仅提高了调度工作的质量和效率,大大提高了调度指挥的整体技术水平,而且改善了调度人员的工作条件,实现了铁路运输调度指挥的现代化。

DMIS工程的实施还带动了整个铁路信号向网络化、智能化方向发展,从根本上改变我国铁路信号在调度指挥手段、调度控制技术和信号技术设备功能等方面的落后面貌,从而提高铁路干线的运输能力和效率,全面提高行车安全程度。

四、行车调度控制系统的发展

1. 国外行车调度控制系统的发展

调度集中最早由美国研制成功,安装数量也最多,俄罗斯次之,日本发展较晚,但推广较迅

速。目前,不仅发达国家,而且发展中国家,如印度、埃及、巴西等都大量安装调度集中。

调度集中的应用范围不断扩大,控制距离不断延长,而且迅速地实现电子化、集成化。1966年,美国在匹兹堡联合铁路上安装了第一个采用计算机的调度集中系统,各国70年代普遍在调度集中中引进计算机,80年代则广泛采用微型计算机。

现代调度集中系统直接利用微型计算机构成,信息传送质量高,灵活,体积小,采用模块化设计,控制范围扩大时用积木拼装方式即可扩大容量,便于系统扩充和改动。传输通道可采用电缆、光缆、无线以及卫星通信等多种方式。

60年代末以来,一些发达国家用计算机模拟调度员的工作,将一些事务性或判断性工作让计算机来承担,而调度员仅作复杂的判断工作,构成行车调度自动化系统。行车调度自动化是比调度集中层次更高的行车调度控制系统,它具有自动编制运输计划、自动排列进路、自动运行调整等一系列智能化功能。行车调度自动化系统,已越来越多地运用于高速铁路、城市铁路以及其它路网。

2. 我国铁路行车调度控制系统的发展

调度指挥是保证铁路运输安全和提高运输效率的关键环节。但长期以来,我国铁路调度指挥部门基本上沿用铁路历来所采用的“一部电话、一支笔、一把尺、一张纸”的原始作业方式,已非常不适应铁路运输发展的需要,急需发展行车调度控制系统。

我国铁路于1962年在宝成线宝鸡——凤城段首次安装调度集中,为继电式极性频率制。1969年在成昆线成都——燕岗段安装了采用晶体管分立元件的DD2型、DD3 F型,以及采用集成电路的DD4型、D4·D型等。最多时达一千多公里。其中有些区段如陇海线郑商段曾发挥过应有的效能,对于提高运输效率以及推迟双线建设起到过重要作用。但终因改建双线、区间无空闲检查设备、设备不配套、本身不稳定等,各安装调度集中的区段相继于70年代末停止使用。

在这一期间,我国铁路调度集中发展缓慢,其原因是多方面的:如由于我国铁路小站摘挂列车作业较多,致使调度控制权经常下放;又因单线区段列车成对运行,难以收到理想的效果;设备所用器件可靠性不高,设备不配套,技术经济效果不显著;运营部门没有采取相应措施,建立必要的规章制度,调度人员素质有待提高,未进行系统培训,使得设备效能不能充分发挥;在铁路建设中缺乏经济观念,忽视技术改造的作用,在单线运能不足时就等待修建双线。

我国第一套实际安装的调度监督设备是从原苏联引进的,1959年安装在北京——天津段,为继电器系统,容量小、速度慢。70年代自行研制了由晶体管分立元件或集成电路组成的调度监督设备,分别为DJ1型和DJ2型。由于设备尚不完善,未能大面积推广。

进入80年代,我国铁路在调度集中、调度监督的微机化及相关性能的研究上取得了突破性的进展,在应用上取得稳步发展。微机化调度集中和调度监督的特点是:设备由分立元件向大规模集成电路转化;由布线逻辑向计算机系统转化;由零散设计向标准化、模块化、积木式、高可靠及无维修化转化;由单一功能向多功能扩展;表示设备由盘面式向屏幕式发展;调度集中由单线向双线扩展,调度监督由区段向枢纽、分界口等多方面发展。

加上逐渐配套的运行图自动描绘、自动报点和车次号自动传递等设备,我国调度集中,尤其是调度监督有较快的发展。到1998年底,我国铁路有调度集中一千二百多公里,区段调度监督九千一百多公里,枢纽和分界口调度监督55处,已占营业里程的16%以上。

宝成线(宝鸡至凤州段)D4型单线调度集中于1991年开通,是我国第一段正式开通的微机化调度集中。用于大秦线的是D5型双线调度集中。在兰新线哈密——柳园段安装的是引进的CTC4000型调度集中。广深准高速铁路中运用了全微机的调度集中。京广线郑州——武

昌段安装了具有计算机辅助调度功能的 4000 型全微机调度集中。

目前我国铁路使用的调度监督有自行研制的 DJ4 型和 TY DJ 型以及引进的 DSS3000 型,各有两千多公里。

从 1970 年开始,就在京山线天津——古冶段进行过行车调度自动化的研究,1975 年又进行京津段行车调度自动化的研究。但终因我国铁路运输情况过于复杂,虽进行了大量工作,但未有满意效果。

D5 型全微机调度集中,是大秦铁路的配套工程,采用进口部件,自行组装并开发软件,可按运行图自动指挥列车运行,并可通过人工干预进行修改变更。

广深准高速铁路中采用了全微机调度集中系统。系统分为计算机辅助调度和调度集中基本级两大部分。车站接发车可由控制中心计算机自动控制、程序控制、调度集中控制、调度员储存控制和车站控制等多种方式实施。实现了列车运行图的管理,包括基本运行图的存储、显示和更新,班计划运行图的编制、修改和显示;三小时计划运行图的编制、变更和显示;实绩运行图的描绘及数据统计。实现了对列车运行的调整,对在线列车运行进行监视,不断与三小时计划运行图比较,实时地提出运行调整方案。

京广线郑州——武昌段的 4000 型全微机调度集中系统具有计算机辅助调度功能。在京广线保定——石家庄段的调度监督系统,进行了三小时计划运行图自动生成试验。

1996 年开始实施的 DMIS 工程,是铁路现代化的重要标志工程,是增强各级运输调度指挥手段、提高运输效率和效益的重要技术改造项目,也是提高铁路信号整体水平,向网络信号发展的龙头工程。随着 DMIS 工程的实施,调度监督要有较大的发展,尤其是 4 大干线要对原调度集中进行改造,并新建相当数量的调度监督。

DMIS 工程要求入网的调度监督均预留调度集中的条件,待时机成熟和运输需要时,即可改为调度集中控制。以后的调度集中也不再是传统意义的调度集中,仅仅为人工集中控制,而要引入更多的功能,如自动选路、计算机辅助调度、列车运行自动调整,即逐步实现行车调度自动化。

行车调度自动化是铁路信号技术发展的关键技术,随着微电子技术、现代通信技术、尤其是计算机技术的发展而发展起来,无论在信息交换、实时控制及调度决策,还是在控制范围方面,越来越显示其优越性。它代表了铁路行车信息与控制技术的发展趋势。随着现代科学技术的不断发展,调度集中、调度监督技术已趋成熟,达到了实用化程度。和 TMIS(铁路运输管理信息系统)的建设相协调,积极开发 DMIS,将逐步形成我国铁路完整的运输管理现代化系统。

第一章 远程控制基础

第一节 远程控制的基本概念

一、远程控制系统

对分散的设备、器件等进行远距离集中的操纵是人们早就梦寐以求的事情。随着社会的进步、科学技术的不断发展,实现远距离操纵已不再是梦想,人们不仅用越来越先进的技术使之付诸实现,而且使其控制的距离越来越远,控制的范围越来越广、控制的内涵越来越丰富。远距离操纵已经成为一门专门的技术——远程控制技术。近年来,由于计算机技术、现代通信技术的迅猛发展,远程控制技术发展越来越迅速,无论是在控制距离上还是在控制功能、容量和自动化程度上均有了阶跃性的发展,因而远程控制系统已得到了更为广泛的应用。如电力部门的供电远程控制系统、石油部门的输油远程控制系统、城市地下铁路部门的行车指挥自动控制系统、铁路行车指挥部门的调度集中和调度监督控制系统以及更大的 DMIS 系统等正在迅速发展。

远程控制系统与一般控制系统的区别在于信息的远距离传输。因而它必须解决信息远距离传输过程中的损耗、干扰以及传输的经济性、可靠性等问题。将信息进行远距离的传输有两种方式,一种是模拟传输方式,一种是数字传输方式。大家知道为了利用电信号传递信息,人们把消息依托在电信号的某个参量上。模拟传输,通过把某种需传输的模拟变化量转变为电信号的某个参量的连续变化来进行传输。数字传输则首先把需传输的信息转变为数字量,以数字信号的形式进行传输,数传技术是专门解决数据远距离传输的技术。所以借助于信息传输技术实现对被控对象的远距离监视和控制的系统就是远程控制系统。如今,由于数据传输技术的成熟及其无可比拟的优越性,信息传输通常采用数据传输技术。而且远程控制功能也因数传技术和计算机技术的发展,不再是单纯的监视和控制,其信息处理和自动控制的能力越来越强。远程控制系统正在向远程自动(智能)控制系统的方向发展。

二、远程控制的分类

远程控制系统种类很多,就其功能之差别来分有遥控系统、遥信系统、遥调系统和遥测系统:

遥控系统由控制设备、信道、执行设备三大部分组成。遥控系统是一个能够借助于电码把控制设备产生的状态命令通过信道从控制端传输到执行端,并由执行设备转变为被控设备的状态变化的远程控制系统。其结构框图如图 1 1 所示。



图 1 1 遥控框图

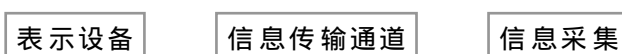


图 1 2 遥信框图

遥信系统由表示设备、信道、状态表示信息采集等三大部分组成。遥信系统能够把从执行端采集到的被控设备状态转变成信息代码,并经过信道把表示信息从执行端传送到控制端,使得被控设备的状态能够在控制端的表示设备中表示出来。遥信系统的结构如下图 1 2 所示。

遥测系统由记录显示设备、信道、信息测量采集等三大部分组成。遥测系统的功能同遥信系统类似,所不同的是其采集传送的信息不再是状态信息,而是测量信息。其特点是采集的信息不再是少数几个极限量,而是在一定范围内可变的模拟量。这给信息的采集、传输均带来了一定的难度。其结构框图如下图1 3所示。



图 1 3 遥测框图

遥调系统的结构类似于遥控系统。所不同的是遥控系统只能控制被控对象的状态变化,而遥调系统不仅能够控制被控对象的状态而且能够控制被控对象的参数,即还可实现对被控对象的调节,所以其结构要比遥控系统来得复杂。在实际使用中遥控、遥信系统用得较多,而且在远程控制系统中大多采用的是遥控遥信系统或单独的遥信系统,而单独的遥控系统则用得很少。

按系统产生传输信号的方式不同可分为:

非周期型远动系统 系统中信号的产生与发送是随机的,平时系统在不动作状态,控制端有要发送命令或执行端被控对象状态发生变化时整个系统才开始动作。

周期型远动系统 该系统不管信号变化与否,整个系统始终处于循环不停的周期性工作状态之中。

按采用的电码单元特征来分有:

利用脉冲的宽度特征和幅度特征(有振幅或振幅为零)来构成电码的时间电码制;

利用脉冲极性和频率特征来构成电码的极性频率制;

利用脉冲频率特征来构成电码的频率制。

在极性频率制、时间电码制远程控制系统中遥控和遥信采用不同的信号特征来构成电码,以便减少相互间的干扰。

远程控制系统的分类除按照其功能分类外还有许多其它分类方式,如按照采用的信道类型分有无线传输远程控制和有线传输远程控制之分;按照其工作方式分有 1 1、1 N 和 M N 等工作方式之分等。

三、远程控制系统的的基本组成

远程控制系统一般有命令形成、变换器、信道、反变换器、执行设备等五部分组成,其相互



图 1 4 远控系统一般框图

关系如图 1 4 所示。

即控制端通过命令形成、变换器把控制命令转换成适合信道传输的信号,执行端通过反变换器、执行设备把接收到的信号恢复成控制命令,并完成命令的实施。

现代远程控制一般采用数据传输技术,所以其基本结构就应该为图 1 5 所示。

信息源简称信源。因为在数据传输系统的发送端,发信者可能是人也可能是机器,所发送的信息形式各不相同,为了便于分析,通常把它们概括为信源。

信源编码器是把信源送出的消息变为数字编码信号。若信源送出的是模拟信号,信源编码器需对模拟信号进行抽样、量化和编码。通常把量化器和编码器合称为模/数转换器。这样模拟信号经模数转换器便直接加工成数字编码信号,显然就无需信源编码器了。信源编码器的另一个作用是提高数字信号的有效性,解除信号之间的内在联系,以压缩传输原始消息所需

的数据速率。

信道编码器又称抗干扰编码器。它是把信源编码器输出的数字信号(电码序列)人为地按一定规则加入多余码元,以便在接收端发现错误或纠正错误,降低差错概率,提高正确识别的能力,从而提高信号传输的可靠性。

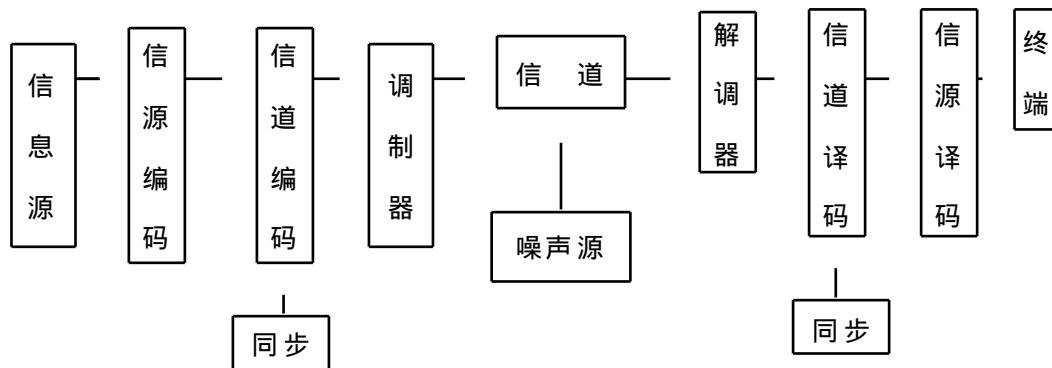


图 1 5 数据传输基本框图

调制器是把信道编码器输出的数字信号变为适合于信道传输的信号。例如用数字信号对一载波振荡器的载波信号进行调制,使载波信号的振荡的幅度、频率或相位发生变化,即通过调幅波、调频波或调相波来传输信号。

信道是指信号传输需借助的媒体。信道的种类很多,概括起来有两种,即有线信道和无线信道。有线信道如架空明线、对称电缆、同轴电缆、光缆等;无线通道则是利用空间的各个通信频段进行传播。

信道传输性能的好坏直接影响到数据传输的质量。而噪声和干扰是影响信道传输的主要因素。实际信道中产生噪声的来源很多,外界干扰源也很多,且具有分散性、随机性。如:各种电子器件内的噪声、导线内的噪声及来自宇宙空间的各种噪声;再如工业干扰、电台干扰、雷电干扰等。

解调器的作用与调制器相反,它把接收的波形转换成数字信号序列。

信道译码器的作用与信道编码器相反,在译码过程中它可以发现或纠正信号传输过程中产生的差错。

信源译码器的作用与信源编码器相反,一般它具有量化、译码和滤波三种功能。量化器起着再生数字序列的作用。译码器又称数/模转换,它输出一系列量化的双电平或多电平抽样脉冲。这些脉冲通过滤波器滤掉基带以外的频率分量,恢复成原来的模拟信号。

终端设备可以是设备或仪器。如显示器、计算机、操纵设备等。

第二节 信道及网络概念

一、信 道

(一)有线物理信道

1. 架空明线

架空明线指的是由电线杆架起的相互绝缘的平行裸线线路,这是早年长途有线电话通信的主要线路。目前,这种线路已很少使用,市内已为音频对称电缆所取代,在长途线路上已逐步让位于同轴电缆。架空明线的优点是线路损耗低,缺点是对外界的干扰较敏感,易受暴风雨和冰雪的影响,也易遭受人为破坏。

2. 对称电缆

对称电缆是装在同一保护套内的许多对相互独立的平行双线。各导线间隔着绝缘材料,导线采用直径为 0.4mm 至 1.4mm 的铜线或铝线。为减小各对线之间的干扰,每一对线拧成一定扭绞节距的传输线。由于这些结构上的特点,对称电缆的传输损耗要比架空明线大得多,但它的传输特性比较稳定。

3. 同轴电缆

同轴电缆由同轴的内外两个导体组成,两个导体之间填充着介质,介质可能是空气,也可能是塑料或其它绝缘材料。单根同轴电缆的基本结构如图 1.6 所示。

通常将几个同轴线管套在一个大的电缆内,其间还装入一些二芯或四芯线组,作为传输控制信号之用。在实际应用中,同轴线管的外导体是接地的,由于它的屏蔽作用,外界噪声很少能进入内导体。

4. 光导纤维(简称光纤)

光导纤维是一种新的传输媒质,它能传输光信号,具有损耗低、频带宽、线径细、重量轻、可弯曲半径小、不受电磁干扰且原材料丰富等特点。以光波为载波,以光纤为传输媒质的光纤信道,可以提供极大的传输容量,是目前我国正在大力发展的新型信道,在长途通信中,正在逐步取代电缆。

图 1.6 单根同轴电缆的基本结构

(二) 通信线路工作方式

数据在传输通道中传输是按照一定方向进行的,按其传输方向和处理方式的不同可将通信线路的工作方式(简称通信制式)分成三种:单工通信制式、半双工通信制式和双工通信制式。

1. 单工通信制式

所谓单工通信,就是指信息在通道中传输始终是一个方向,而不进行与此方向相反的传输,如图 1.7 所示。单工通信中发送端只有发送装置,接收端只有接收装置。



图 1.7 单工通信

2. 半双工通信

半双工通信是指信息可双方向传输,但同一个时刻只能单一方向传输,如图 1.8 所示。半双工通信的始、终端均具有接收和发送装置,但信道只有一个,传输时需按信息流向轮流使用信道和发送、接收装置。

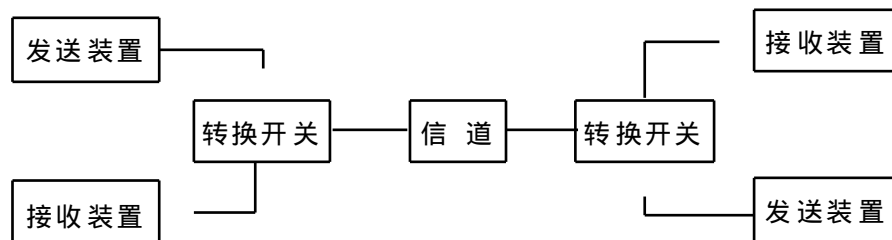


图 1.8 半双工通信

3. 双工通信制式

双工通信制式中信息同时能进行双向传输。从图 1.9 双工通信制式原理图可看出,双工通信实际是采用了二个单工通信方式。其线路结构常采用四线制。若采用频率分割方法,传输信道可分为高频群信道和低频群信道,这时就可采用二线制了。

二、信息发送方式

对于铁路的调度集中或调度监督系统来说,对象大多处于成群沿线分布状态,其网络大多采用图 1 10 所示结构,也即系统中通常只有一个总机但有多个分机。其信息发送方式有以下几种。

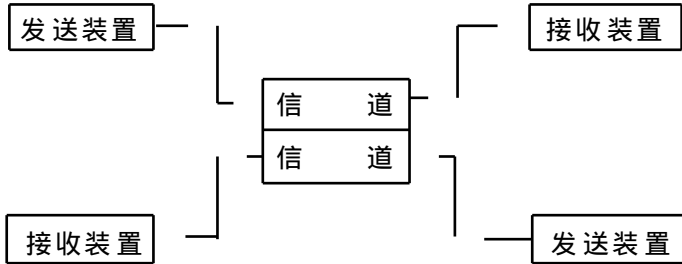


图 1 9 双工通信制式

图 1 10 沿线分布式远程控制网络结构

1. 采用双工通信或两个单工信道

在此情况下,遥控、遥信系统各有自己独立的信道,何时发表示信息、何时发控制信息互不干扰。因而控制信息可随机发送,N 个分机的表示信息则需按照一定的规律有序发送。

选控逐验制

控制命令的发送是随机的,表示信息的发送可根据执行端离控制端的距离由近至远自动依次发送,也叫周期扫描式。其信息发送形式如图 1 11 示意图所示。

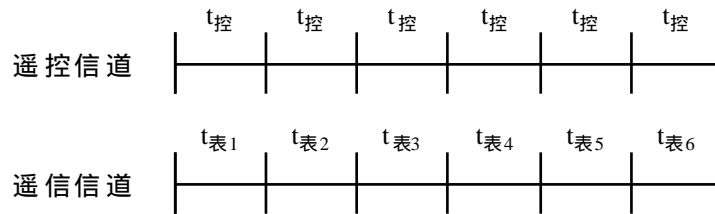


图 1 11 选控逐验制

控制应答制

执行端发送表示信息要由控制端呼叫,如控制端呼叫第一个执行端,当呼叫码发完后第一个执行端就可向控制端发表示信息,呼叫各执行端的次序依照执行端距控制端的距离由近及远进行。控制命令的产生是随机的,但发送时机的选择有三种方案。

第一种方案:控制命令按组插入。这时控制命令的发送呼叫一致,轮到给那一个执行端发呼叫码的同时就给那个执行端发控制命令,也可停发呼叫改发控制命令。例如呼叫第三个执行端后要给第六个执行端发控制命令,那么就等到给第六个执行端呼叫码时再向第六个执行端发控制命令。如图 1 12 所示。这种方案控制命令有暂时积压。

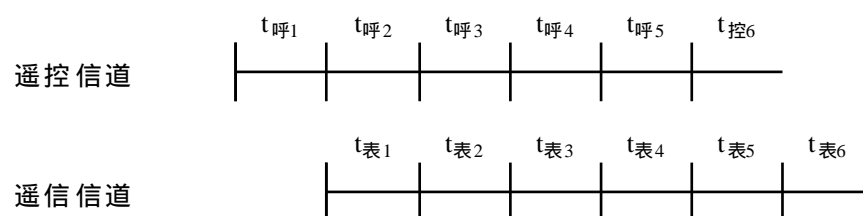


图 1 12 控制命令按组插入

第二种方案:命令优先。仍以上例,不同之处是呼叫完第三执行端后,跳过四、五执行端向

第六执行端发控制命令,接着从第七执行端开始按序发呼叫码。这种方案的缺点是停止了某些执行端的发表示信息机会。如图 1 13 所示。

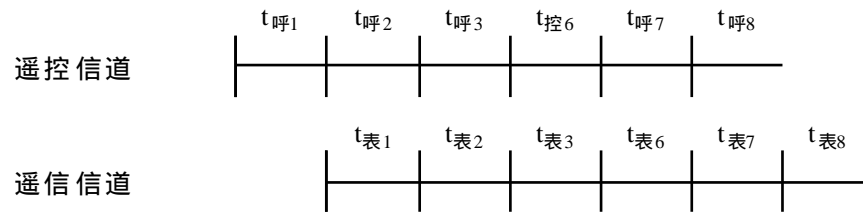


图 1 13 命令优先

第三种方案:保证命令优先的前提下,仍保留原呼叫次序。仍以上例分析,如图 1 14 所示,向第六执行端发控制命令后,返回向第四执行端发呼叫码。

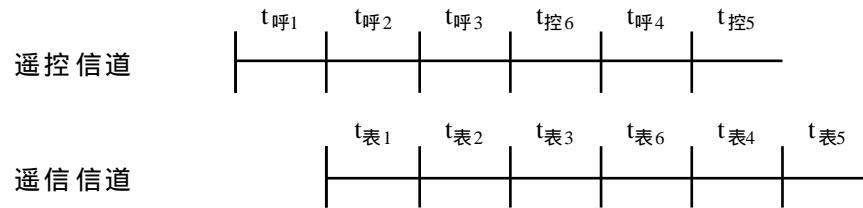


图 1 14 命令优先且恢复原呼叫顺序

2. 采用半双工通信制式

半双工通信制式中,遥控、遥信系统共用一个信道,只能在时间上进行分割,即轮流占用一段时间。

查询应答制

类似于双工通信制式中的控制应答制,但控制端、执行端轮流占用信道。首先由控制端占用信道向第一执行端发呼叫码或控制命令,而后第一执行端占用信道向控制端发表示信息,再把信道转让给控制端向第二执行端发呼叫码或控制命令,依此类推信道轮流使用,如图 1 15 所示。

自动应答制

查询应答制的缺点是工作周期较长,这样控制和表示的实时性较差,而实际上一个周期中控制端只可能对一、二个执行端有控制命令所以采用自动应答制更实际些。如图 1 16 所示,自动应答制中信道在固定时间给控制端发送控制命令、固定时间向第一执行端发呼叫码,此后

图 1 15 查询应答制

图 1 16 自动应答制

信道让给执行端以次发送表示信息,表示信息发送完后给予一定的恢复时间把信道交给控制端,如此周而复始。

半双工通信制式情况下,控制命令不能保证立刻送出,所以需有存储器,防止在执行端占用信道时命令丢失。

三、信道的多路复用

在数据传输系统中,信道中传输的是电信号,电信号有模拟信号和数字信号之分,无论哪

一种信号都具有固有的基本频率范围,我们把电信号所具有的固有的基本频率范围称为基带。如电视信号的基本频率范围为 0 至 6 MHz,数字信号的基带为 0 至若干 MHz,话音信号的基带为 0 至 4000 Hz 等。基带信号是各种信号源产生的源信号。宽带信号是指比音频信号更宽的频带,包括大部分的电磁波频谱。宽带传输是指用宽频带进行传输的系统,它可以容纳全部广播频道,并可进行高速数据传输。宽带传输系统是模拟信号传输系统,允许在同一信道上进行数字信息和模拟信息的服务。数据信号未经调制直接在信道中传输称为基带传输,基带传输不适合远距离传输,且影响信道的利用率。所以传输距离较远时,常常对信号进行调制,使其变为适合于信道传送的信号,即采用频带传输。频带传输可采用共用信道的方式,即实现多路信号共用一个物理信道进行传输。为了使各路信号均能在通道中正确可靠地传输,共用信道首先必须解决的问题是避免各信号间的相互干扰。所以对信道进行像城市的马路一样划分是不可避免的。把一个物理信道划分成多个逻辑信道有频分制和时分制两种方式。

1. 频分制

大家知道,各种信道其传送信号的能力可用其频带来衡量。所为频分制就是按频谱划分信道,就是把各路信号按排在互不重叠的频带内,在接收端用带通滤波器把它们区分开来。图 1 17 所示是频分制多路复用的划分原理框图。图中: $F_1 \sim F_n$ 为基带信号; $M_1 \sim M_n$ 为调制器; $f_1 \sim f_n$ 为载频信号发生器; $\omega_1 \sim \omega_n$ 为带通滤波器; $D_1 \sim D_n$ 为解调器; $F_1 \sim F_n$ 为解调后恢复的基带信号。

图 1 17 频分制原理示意图

把各路信号放在不重叠的频带上是通过基带信号对不同的载频信号进行调制实现的,也就是通过一定带宽的频带来完成数字信号传输。

2. 时分制

由抽样定理可证明,对于一个时间和频谱都受限的连续函数,可用相应的一个离散函数代替。即当 t 满足一定的条件时,只需要每隔一定时间 t 传送一瞬时值就够了,就能够在接收端恢复传送的连续信号。也就是说存在着空隙时间 t ,这个空隙时间就可用来传送其它类似的抽样信号,这就是时分制的理论依据。时分制的工作原理如图 1 18 和图 1 19 所示。

3. 频分制和时分制的比较

在频分制系统中传输的信号是连续信号,多路信号从波形角度看是杂乱无章的,但是各已调信号的频率成份在频域里占有不同的频带,因此可以由适当的滤波器将它们分离。这样,各个已调信号虽然从时间特征已面目全非,但在频率角度看却保持了它们的个性。

在时分制系统中,每一个信号的抽样保持其特性,故可从波形上辨别和分离。就是说,在频率划分中信号保留了频谱特性,而在时间划分中保留了波形的个性。由于一个信号完全由其时域特性或频域特性所规定,因此在接收端总可以在相应的领域里用恰当的技术将各路信号分离。

图 1 18 三个信号的时分复用

图 1 19 时分制原理示意图

两种系统间的区别可用图 1 20 表示。频分复用系统中,每个信号在所有的时间里都存在于信道中,而且是混杂的,但是每个信号占用的频道是有限的,而且互相不重叠,如图 1 20(a)。在时分复用系统中,每个信号占据互相不同的时间区域,但占用整个频带,如图 1 20(b)。

频分制系统中每一信道会产生不同的副载波,而且每一信道占据不同的带宽,所以需要设计不同的带通滤波器。这当信道比较多时,就显得很复杂。此外频分制系统中会由于在传输过程中的非线性失真以及滤波器特性的不理想,容易产生信道间的相互干扰。

在时分制系统中,各信道的信号不是同时加入系统中,而是分配不同的时间区域,因此时分制系统对非线性要求是不高的。由于数字电路的高度集成化,计算机的应用给时分制系统创造了良好的条件,它特别适合于大容量、多目标的遥控系统。

图 1 20 频分制与时分制的区别

四、计算机网络的概念

计算机技术与通信技术相结合,便出现了计算机网络。发展近三十年以来,计算机网络已逐步走入人们的工作、生活,而且关系越来越密切。

计算机网络发展如此迅猛,这是因为它的产生给人们带来了许多便利。计算机网络具有如下特点:

1. 数据的快速传递和处理

终端与计算机间,或计算机与计算机间可快速可靠地相互传递数据、程序和信息。根据需要可对这些数据、程序和信息进行分散、分级或集中管理与处理,这是计算机网络的最基本功能。

2. 计算机系统资源共享

计算机的许多资源是十分昂贵的,通常计算机网络可使其分散的资源达到共享的目的。可共享的资源有数据(数据库)、应用程序、软件和硬件等。

3. 提高系统的安全可靠性

计算机网络中的各种设备相对分散设置,既便于进行分散处理,体现了分散处理的优越性,又可以通过通信子网把设置在各地的设备连接起来,也体现了信息的集中管理,从而使用户的使用方便灵活。在工作过程中,一台机器出了故障,可以使用网中的另一台机器,网中一条通信线路出了故障,可以取道另一条线路,从而提高了可靠性。解决可靠性技术对于军事、银行和工业过程控制部门的应用尤为重要。

4. 方便用户,易于扩充

当计算机网络建成后,用户便可通过自己的终端方便地得到各类服务,因而要扩大网络或增加工作站时,只需通过把相应的设备“挂”到网上去即可实现。

计算机网络根据不同的着眼点有多种不同的解释。一般来说我们把在一定的网络通信协议控制下,通过数据通信技术把众多不同地点的独立的计算机联系在一起,实现各计算机间资源共享的系统称为计算机网络。计算机网络有很多种,按其作用范围分类有广域网、局域网之分。

1. 广域计算机网络

广域计算机网络(Wide Area Network, 简称为 WAN)也称为远程计算机网络。这种网络在地理位置上可以跨越很大的距离,其作用距离通常为几十到几千公里。如大家熟悉的 INTERNET、CHINET、美国的 ARPA 网络等均为广域网。远程计算机网络的通信设备通常是使用共用通信设备、地面无线电通信及卫星通信设备等。

2. 局域计算机网络

局域网(Local Area Network, 简称为 LAN)是一种限定在地理位置上很小范围内(如半径一公里左右)所组成的计算机网络,如学校的校园网、图书馆的图书管理网等。局域网的通信线路通常为电话线、同轴电缆、双绞线和光纤等。

局域网通常具有三个基本特点:

局域网分布的范围通常限止在一个单位内,如一所大学的校园范围内,一个工厂或企业范围内,甚至是一个大楼的范围内。机器相隔的距离为一公里至几公里内,整个局域网系统为一个单位所有;

局域网的通信传输速率较高,一般在 1Mbit/s 左右,并且采用基带传输或宽带传输两种数据传输方式;

(3)连接在局域网上的计算机采用多路访问技术来访问信道。

以太网是一种局域网。以太网标准又称 DIX 标准,是世界上第一个局域网标准。它选用 CSMA/CD 介质访问控制方式(将传输的频带有效地分配给网上各站点的方法,称为介质

访问控制方式),采用总线型拓扑结构,可达到 10Mbit/s 的数据传输速率,支持基带和宽带同轴电缆,干线电缆长度为 500m,最大网络覆盖范围可达 2.5km,允许最多有 1024 个网络站点,可使用最多 4 个中继器进行网段的连结,具有较好的响应速度和可靠性,成为第一代局域网代表产品。目前世界有三百多家公司拥有以太网生产许可证,生产了各种类型的符合以太网标准的局域网络硬件产品,具有广泛的兼容性和适应性。

五、网络通信协议

按照一定协议工作是计算机网络的一大特征。在计算机网络中各计算机间进行信息交换,双方必需遵守预先所作的某些约定。而这种用于保证计算机间通信能正常进行的约定就称为通信协议。国际标准组织 ISO 推荐的用于计算机网络的开放系统互连(OSI)参考模型把网络通信协议分为七层,它们由低层至高层分别为:物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层。

1. 物理层

大家知道,要传递信息就要利用一些物理媒体,如双绞线、同轴电缆等。具体的物理媒体信道不在 OSI 的 7 层协议之内。有人把物理媒体当做第 0 层,因为它的位置处在物理层的下面。物理层的任务就是为它的上一层(即数据链路层)提供一个物理连接,以便透明地传送比特流。在物理层上所传数据的单位是比特。

“透明”是一个很重要的术语。它表示,某一个实际存在的事物看起来却好像不存在一样。“透明地传送比特流”表示经实际电路传送后的比特流没有发生变化,因此,对传送比特流来说,这个电路好像是看不见的。也就是说,这个电路对该比特流来说是透明的。这样,任意组合的比特流都可以在这个电路上传送。当然,哪几个比特代表什么意思,则不是物理层所要管的。

物理层要考虑多大的电压代表“1”或“0”,以及当发送端发出比特“1”时,在接收端如何判别这是比特“1”而不是比特“0”。物理层还要确定连接电缆的插头应当有多少根引脚以及各个引脚应如何连接。

物理连接并不永远在物理媒体上存在的。它要靠物理层来激活、维持和去活。

具体来说物理层的主要任务是描述、确定网络设备与传输媒体接口的一些特性,即:

机械特性——说明接口所用接线器的形状和尺寸、引线数目和排列、固定和锁定装置等,这很像平常时常见的各种规格的电插头尺寸都有严格的规定一样。

电气特性——说明在接口电缆的哪条线上出现的电压为什么范围,即什么样的电压表示 1 或 0。

功能特性——说明某条线上出现的某一电平的电压表示何种意义。

规程特性——说明对于不同功能的各种可能事件的出现顺序。

232 口: EIA - 232 - D 是美国电子工业 EIA 制订的著名物理层标准。它的前身是 EIA 在 1996 年制订的 RS - 232 - C。这里 RS 表示 EIA 的一种“推荐标准”,232 是一个编号,C 是标准 RS - 232 以后的第三个修订版本。事实上,RS - 232 - C 早已成为了各国厂家广泛使用的国际标准。1987 年 1 月,RS - 232 - C 经过修改后,正式改名为 EIA - 232 - D。由于标准修改得并不多,因此现在很多厂商仍用旧的名称,有时甚至说得更简单些——“提供 232 口”。

2. 数据链路层

数据链路层负责在两个相邻结点间的线路上,无差错地传送以帧为单位的数据。每一帧

包括一定数量的数据和一些必要的控制信息。和物理层相似,数据链路层要负责建立、维持和释放数据链路的连接。在传送数据时,若接收结点检测到所传数据中有差错,就要通知发方重发这一帧,直到这一帧正确无误地到达接收结点为止。在每一帧所包括的控制信息中,有同步信息、地址信息、差错控制,以及流量控制信息等。

这样,数据链路层就把一条有可能出差错的实际链路,转变成为让网络层向下看起来好像不出差错的链路。

3. 网络层

在计算机网络中进行通信的两个计算机之间可能要经过许多个结点和链路,也有可能还要经过好几个通信子网。在网络层,数据的传送单位是分组或包。网络层的任务就是要选择合适的路由和交换结点,使发送站的运输层所传下来的分组能够正确无误地按照地址找到目的站,并交付给目的站的运输层。这就是网络层的寻址功能。

当一个通信子网中到达某个结点的分组过多时,就会彼此争夺网络资源,这就可能导致网络性能的下降,有时甚至发生网络瘫痪的现象。防止产生这种网络拥塞,也是网络层要做的事。

这里要强调指出,网络层的“网络”二字,已是 OSI 的专用名词。它已不是我们通常谈到的网络,而仅仅是开放系统参考模型中的第 3 层的而已。当可能引起含糊不清时,我们就把现实世界中的网络称为“实子网”,以便不和 OSI 的网络层的“网络”相混淆。对于由广播信道构成的通信子网,选路问题很简单,因此这种子网的网络层非常简单,甚至可以没有。

对于一个通信子网来说,最多只有到网络层为止的最低 3 层。

X.25 是数据终端设备接入公用分组交换网必须遵循的接口规范,是物理层、数据链路层和分组层三层协议的集合。由于 X.25 是 OSI 参考模型出现前就已制订,因此采用名词同 OSI 参考模型不太一样。通过 OSI 和 CCITT 的共同努力,X.25 与 OSI 参考模型的下三层协议可以对应起来,仅第三层与 OSI 模型的不同,当然内含也不完全一样,这里不再详述。

4. 运输层

这一层曾经有过几个译名,如传送层、传输层或转送层。现在比较一致的意见是译为运输层。在运输层,信息的传送单位是报文。当报文较长时,先要把它分割成好几个分组,然后再交给下一层(网络层)进行传输。

运输层的任务是根据通信子网的特性最佳地利用网络资源,并以可靠和经济的方式,为两个端系统(也就是源站和目的站)的会话层之间,建立一条运输通道,以透明地传送报文。或者说,运输层为上一层(会话层)提供一个可行的端到端的服务。运输层屏蔽了会话层,使它看不见运输层以下的数据通信的细节。在通信子网中没有运输层。运输层只能存在于端系统(即主机)之中。运输层以上的各层就不再管信息传输的问题了。正因为如此,运输层就成为计算机网络体系结构中最为关键的一层。

5. 会话层

这一层也可称为会晤层或对话层。在会话层及以上的更高层次中,数据传送的单位没有另外再取名字,一般都可称为报文。

会话层虽然不参与具体的数据传输,但它却对数据传输进行管理。会话层在两个互相通信的应用进程之间,建立、组织和协调其交互。例如,确定是双工工作,还是半双工工作。当发生意外时,要确定在重新恢复会话时应从何处开始。

6. 表示层

表示层主要解决用户信息的语法表示问题。表示层将欲交换的数据从适合于某一用户的抽象语法,变换为适合于 OSI 系统内部使用的传送语法。有了这样的表示层,用户就可以把精力集中在他们所要交谈的问题本身,而不必要更多地考虑对方的某些特性。例如,对方使用什么样的语言。

对传送的信息的加密(和解密)也是表示层的任务之一。由于数据的安全与保密这一问题比较复杂,在 7 层中的其他一些层次也与这一问题有关。

7. 应用层

应用层是 OSI 参考模型中的最高层。应用层确定进程之间通信的性质以满足用户的需要(这反映在用户所产生服务请求);负责用户信息的语义表示,并在两个通信者之间进行语义匹配。这就是说,应用层不仅要提供应用进程所需要的信息交换和远地操作,而且还要作为互相作用的应用进程的用户代理,来完成一些为进行语义上有意义的信息交换所必需的功能。

在 OSI 的 7 层协议中,应用层是最复杂的,所包含的应用层协议也最多,有些还正在研究和开发之中。

以上所述各层的主要功能可归纳如下:

应用层——与用户应用进程的接口,即相当于:做什么?

表示层——数据格式的转换,即相当于:对方看起来像什么?

会话层——会话的管理与数据传输的同步,即相当于:轮到谁讲话和从何处讲?

运输层——从端到端经网络透明地传送报文,即相当于:对方在何处?

网络层——分组传送、路由选择和流量控制,即相当于:走哪条路可到达该处?

数据链路层——在链路上无差错地传送帧,即相当于:每一步应该怎样走?

物理层——将比特流送到物理媒体上传送,即相当于:对上一层的每一步应怎样利用物理媒体?

六、计算机网络拓扑结构

随着计算机在远程控制系统中的广泛应用,可以说现在的远程控制系统实际是一个计算机网。其信道网络结构相应地也与计算机网络相通。

1. 基本概念

网络拓扑结构指网络中通信线路和接点的几何排列,用以表示整个网络的整体结构外貌和各模块之间的结构关系。网络的拓扑结构是通信网络分类的标准之一,它对系统的设计、功能、建设费用和可靠性等诸多方面都有重要影响,所以了解网络拓扑结构非常重要。

网络由节点和链路组成。节点即网络中线与线的交结之点。在计算机网络中节点就是工作站点;在远程控制系统中节点就是主机和各个分机。它起着接收、发送、处理信息的作用或转送信息的作用。链路就是两个节点间承载信息的线路和信道。它仅指直接连接两个节点间的一段信道,中间不含其它节点。组成链路的线路可以是任何传输媒体,如有线或无线介质。根据链路是否是一条实际存在的物理信道,可以分为物理链路和逻辑链路。两个节点间只能有一个链路,但可以有多条路径。路径是从发送节点至接收节点间一串节点和链路的总称。

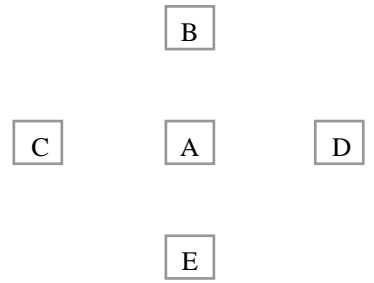
2. 网络结构

(1) 星型结构

星型网络结构中,每一个节点只与一个中央节点间存在点到点的通信链路,节点间通信必须通过中央节点才能进行,如图 1 21 所示。在这种结构中,中央节点起到集中通信控制的作用。

用,其它节点的通信处理负担均很轻。中央节点除了要对节点间通信进行控制外,往往还要作数据处理的工作,因此其负担很重。

星型结构的优点是扩展灵活,易于控制;故障诊断和隔离容易,便于维修;集中处理,便于服务。缺点是网络的容量和可靠性低;电缆长度和安装工作量大,因而整个系统建设费用高,性能价格比不高;由于采用集中控制,不便于分布式处理。



A 为中央节点,其它为站点。

图 1 21 星型结构

(2)总线型结构

如图 1 22 所示,所有节点都连在一公共的通信线路上,各节点地位平等,没有中央节点、从属节点之分,其中公共线路称为网络总线,这就是总线型网络结构。

特点是所有节点共享一个信道,所以任一时刻只能有一个站点发送信息,否则就会出现数据碰撞现象。

总线型网络结构的优点是可靠性较高,一个节点故障不会涉及整个网络;所需电缆量少、结构简单,因而成本较低、易于

图 1 22 总线型网络结构

扩充。缺点是系统控制范围有限;故障检测和维护隔离较困难;有数据传输的瓶颈问题;网络管理较复杂。

(3)环型结构

环型结构是将网络中节点与节点间的链路形成一个首尾相接的闭合环路,如图 1 23 所示。在环型结构中信号传输可以是单向的也可以是双向的。一般为单向结构,即信号只能沿一个方向在相邻节点间依次传输。在双向传输结构中,信号则可向任一个相邻的节点依次传输。

图 1 23 环型结构

环型结构同总线结构一样具有所需电缆少、结构简单、投资少的优点而且具有因单向传输而路由选择简单的优点。缺点是故障的检测与隔离较困难;环路首尾相接难以扩展和安装等。

(4)树型结构

树型结构可以看成是星型或总线型结构的演变形式,如图 1 24 所示。

图 1 24 树型结构

其中(a)可看成是有多级星型网结合而成的,而(b)则是将总线结构的某一节点再向下延伸成星型,即由总线与星型结合而成。它们都象一棵倒置的树,故称为树型结构。根节点可以起控制其它站点间通信的作用;也可以仅起一个转接节点的作用。站节点发送数据时,可以由根节点先接收该数据,然后再重新传播至全网各节点,也可由各节点自由选择路径,因而其节

点访问控制比较灵活,既可采用集中控制方式,也可采用分布式控制。

树型结构集中了总线型和星型结构的优点而且在一定程度上改造了它们的缺点,因此具有一些特殊的优越性:首先它具有极其灵活的可扩充性,增加或减少分支很方便;其次其故障的隔离及维修比总线结构有了改进。当然其缺点不可避免,如末梢节点对分支节点具有一定程度的依赖性;需增加分支节点设备等。

七、铁路远程控制系统网络结构

1. 控制对象成群分布的远程控制系统

图 1 25 所示是对象成群沿线分布的远程控制系统。在该系统中多个计算机通过共用的链进行数据交换,其中一个计算机指定为总机,总机与分机通过通信协议实现通信。铁路区段调度集中系统、调度监督系统采用这种结构。行车指挥自动化系统也是这种结构。

图 1 25 沿线分布式远程控制网络结构

图 1 26 辐射状远程控制

2. 控制对象辐射状分布的远程控制系统

如图 1 26 所示为控制对象辐射状分布的远程控制系统,类似于星型结构。中央节点为主机,其它节点为分机。铁路的枢纽调度集中、调度监督就属这种结构。

3. 总线多处理机系统

总线多处理机系统由一定数量的计算机、微处理机组成如图 1 27 所示,它们的数据、软件交换通讯是通过一个总线结构来进行,它们共享公用的存储器。这种系统具有

图 1 27 总线多处理机系统

较大的资源可用性和故障—安全性,它提供了数据通信的两种技术:其一是总线至公共存储器的传送;其二是把数据存在公共存储器以便以后被另一个微处理器读出使用。微机联锁、列车自动控制系统、调度集中和调度监督总机的主副机间采用这种结构。

第三节 电码结构及组成

从第一节的学习我们已知道,远程控制系统实际是数传系统与控制系统的结合,其信息的传输是靠电码来完成的。所以我们首先来了解什么是电码?所谓电码就是按照一定规律组织起来,代表一定含义的一组脉冲信号。

一个脉冲实际就是一个二进制码,由于一个二进制码所能代表的信息有限,而二进制码又

具有形式简单便于处理、存贮和交换,其相应的设备便于生产和集成化等优点,所以常用多个脉冲组合成一个码以保留二进制码的优点同时又提高其的信息容量。无论是一个脉冲构成的二进制码还是多个脉冲构成的码都称为电码单元,简称码元。几个码元构成一个码组,而一个电码就由几个码组来组成。整个电码才代表一个完整的信息内容,每个码组仅分别表达了信息内容的一部分。

一、电码的组成

电码种类繁多,采用何种电码、何种电码结构需综合考虑诸多因素,如动作方式、同步方式、系统的容量、系统的可靠度要求、系统接口等。远程控制系统中的电码必须包含信息、信息发往的地址等具体内容,应能解决同步问题、解决信息的可靠性问题。一般电码由六部分组成:

(一)前导码

放在整个电码的前部。它无任何具体意义,由全“1”或全“0”信号组成。它是为了在接收端建立同步信号和克服滤波器建立时间的影响而编成的码组,其码元数目根据位同步和滤波器建立时间而定。

(二)同步码

同步码的意思就是使接收端的工作与发送端的工作在时间上步调一致。同步码是为了建立帧同步或字同步而设立的码组,利用它提供准确的时间标准,实现帧同步或字同步。

(三)地址码

地址码是在有多个被控对象时,用来区别被控对象的一种码组。地址码要放在信息内容的前面,码组的长度和类型是任意的,其容量要满足被控对象的数目,并考虑一定的冗余信息量。采用地址码后,信息内容可以针对全部被控对象采用统一形式、共用。

(四)状态码

当发送端发出不同职能的多种电码,如控制命令、呼叫、执行命令等时,通过状态码的不同来区分电码的作用。

(五)信息码

用来代表具体的命令内容或表示内容,码组的长度应满足容量的要求。

(六)差错控制监督码

接收端通过差错控制监督码确定电码传输的差错情况,从而实现对电码的检错或纠错。根据采用的差错控制方式,决定这部分码元的长度。

二、信息码编码和检纠错编码

为了具有一定的信息量,满足信息传输的需要,实际应用中均是由多个二进制码来构成一个组合码。组合码种类繁多,各种编码所能携带的信息量和具有的抗干扰能力、检纠错能力是不同的。

(一)全组合码

由多个二进制码组成的电码,所有的状态均参与组合的即为全组合码。如三个二进制码构成的八进制码;五个二进制码组成的三十二进制码等均为全组合码。其特点是在相同位数的电码中携带信息量的能力达到最大值。如四位全组合码的信息量

$$I_Q = \log_2 16 = 4$$

但其可靠性则最差,因为只要有一位码发生错误,电码就变成了另一个编码,从而造成信息传

输错误。

(二) 单组合码

单组合码中“1”或“0”的状态数恒定不变的,因而又称恒比码。它与全组合码的差异如表 1 1 所示:

表 1 1

序 号	四位全组合码	奇校验码	单组合码 2 2	序 号	四位全组合码	奇校验码	单组合码 2 2
1	0000	——	——	9	1000	1000	——
2	0001	0001	——	10	1001	——	1001
3	0010	0010	——	11	1010	——	1010
4	0011	——	0011	12	1011	1011	——
5	0100	0100	——	13	1100	——	1100
6	0101	——	0101	14	1101	1101	——
7	0110	——	0110	15	1110	1110	——
8	0111	0111	——	16	1111	——	——

同样的四位码,全组合码有 16 种状态,单组合码只有 6 种状态。所以其所能携带的信息量比全组合码要小得多。四位单组合码的信息量

$$I_D = \log_2 6 = 2.583 < I_Q$$

但其可靠性大大增强了,传输中一位码出现差错在接收端通过检查“1”的占有比例能被鉴别出来,不再会造成错误接收。码的检纠错能力通常通过编码的最小码距衡量,所谓码距就是同一码组中两个编码对应位不同的个数,不同的个数越多码距越长,检错或纠错能力也越强。

(三) 奇偶校验码

奇偶校验码是在全组合码的基础上增加一位校验位来提高可靠性。它通过校验位的取值变化维持编码中“1”的个数为奇数个或偶数个,前者为奇校验码,后者为偶校验码。奇偶校验码所能提供的状态数为 2^{n-1} 其中 n 为编码的位数。如四位奇校验码的状态数为八,见上表,其所能携带的信息量

$$I_J = \log_2 8 = 3 \quad I_Q > I_J > I_D$$

它同样能检出传输中一位出现传输错误的错码。

(四) BCH 检纠错码

1. 线性分组码

如果一个码中有 r 个监督元,令每个监督元是 k 个信息元的信息组中所有信息元的模二和,如此组成的长为 $k+r$ 的码即为线性分组码。例如 $k=3, r=4$ 时的编码就如表 1 2 所示。

表 1 2

k 位 信 息 位			r 位 监 督 位			
C_6	C_5	C_4	C_3	C_2	C_1	C_0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	0	1
0	1	0	0	1	1	1
0	1	1	1	0	1	0
1	0	0	1	1	1	0
1	0	1	0	0	1	1
1	1	0	1	0	0	1
1	1	1	0	1	0	0

$$\begin{aligned}
C_3 &= 1 \cdot C_6 + 0 \cdot C_5 + 1 \cdot C_4 \\
C_2 &= 1 \cdot C_6 + 1 \cdot C_5 + 1 \cdot C_4 \\
C_1 &= 1 \cdot C_6 + 1 \cdot C_5 + 0 \cdot C_4 \quad \dots\dots\dots(1) \\
C_0 &= 0 \cdot C_6 + 1 \cdot C_5 + 1 \cdot C_4
\end{aligned}$$

表中 r 位监督位通过方程组(1)求得。因为是模二加和,方程组(1)可改写为:

$$\begin{aligned}
1 \cdot c_6 + 0 \cdot c_5 + 1 \cdot c_4 + 1 \cdot c_3 + 0 \cdot c_2 + 0 \cdot c_1 + 0 \cdot c_0 &= 0 \\
1 \cdot c_6 + 1 \cdot c_5 + 1 \cdot c_4 + 0 \cdot c_3 + 1 \cdot c_2 + 0 \cdot c_1 + 0 \cdot c_0 &= 0 \\
1 \cdot c_6 + 1 \cdot c_5 + 0 \cdot c_4 + 0 \cdot c_3 + 0 \cdot c_2 + 1 \cdot c_1 + 0 \cdot c_0 &= 0 \\
0 \cdot c_6 + 1 \cdot c_5 + 1 \cdot c_4 + 0 \cdot c_3 + 0 \cdot c_2 + 0 \cdot c_1 + 1 \cdot c_0 &= 0
\end{aligned}$$

用矩阵形式表示就为:

$$\begin{matrix}
& & & & & & c_6 \\
& & & & & & c_5 \\
1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & c_4 & = & 0 \\
1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & c_3 & = & 0 \\
1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & c_2 & = & 0 \\
0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & c_1 & = & 0 \\
& & & & & & & c_0 & = & 0
\end{matrix}$$

公式中四行七列的矩阵为一致校验矩阵,用字母 H 表示。利用它不仅可以编线性分组码,而且可以用于检查编码的传输错误。公式中等号右边的列矩阵为伴随式,用字母 S 表示。当编码发生传输错误时,其伴随式也将发生变化,产生所谓错误图样,通过它可判断编码是否发生传输错误,而且可判别是那一位发生错误。如“0011101”传输错误变为“0011111”,则其伴

$$\begin{matrix}
& & & & & & 0 \\
& & & & & & 0 \\
1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & = & 0 \\
1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & = & 0 \\
1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & = & 1 \\
0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & = & 0 \\
& & & & & & & 1 & = & 1
\end{matrix}$$

伴随式与 H 中第六列相同,所以可判断出编码的第六位发生传输错误,从而纠正编码。线性分组码可纠正一位错码。

2. 循环码

线性分组码 C 中,任一个码循环右移一位得出的新码仍为 C 中之码,则称 C 为循环码。循环码可通过下式产生:

$$c(x) = (m_{k-1}, m_{k-2}, \dots, m_1, m_0) \cdot \begin{matrix} x^{k-1} \\ x^{k-2} \\ \cdot \\ \cdot \\ x^1 \\ x^0 \end{matrix} \cdot g(x)$$

它与用乘法方式编码相比最大的优越性是信息位和监督位可完全分开来了,这给译码带来了很大方便。

表 14

	循 环 编 码			循 环 编 码	
	K 位信息位	R 位监督位		K 位信息位	R 监督位
0	0000	000	8	1000	101
1	0001	011	9	1001	110
2	0010	110	10	1010	011
3	0011	101	11	1011	000
4	0100	111	12	1100	010
5	0101	100	13	1101	001
6	0110	001	14	1110	100
7	0111	010	15	1111	111

3. BCH 检纠错码

BCH 码是能够纠正多个随机错误的循环码。它把码的生成多项式 $g(x)$ 与码的最小距离联系起来。适当选择 $g(x)$, 可以很方便地得到所需纠错能力的编码。

第四节 同 步

一、同步概念

在数据传输中,同步是一个非常重要的问题,一个不可缺少的环节。因为在数据传输系统中发送端所送出的消息已被变换成按照一定规律等间隔排列逐个传递的脉冲电码序列,并且在传输途中因失真、干扰等因素,到达接收端波形已变了样(如图 1 28 所示)。所以在接收端必须确定脉冲电码序列的起始位,必须以与发送端相同的间隔来逐个接收传来的脉冲,同时,还必须使接收机确定脉冲数值时刻,恰好位于最佳时刻。同步就是解决数据传输系统中这些定时和起始位等问题。

二、数据通信同步方式

图 1 28 位同步示意图

在远动系统中,收发双方相距很远,发送端和接收端的时钟又是独立产生的,难以保证收发两端时钟的始终保持一致。为了在这种条件下满足传输对时钟的一定要求,一般采用如下方式来解决时钟同步问题。

1. 异步通信

在通信过程中,同一群数据信息中任意两个码元间的距离都是单位码元长度的整数倍,而不同群之间的任意两个码元间的距离就不一定是单位码元的整数倍。这种通信方式称为异步

通信方式。异步通信时,对每一个数据编码需加上一个固定的特殊码位,组成一个数据群称为异步数据,其格式如图 1 - 29 所示。线路上没有数码传输时称为空闲态,线路保持为高电平,在数据正式开始传输前先发一个起始位,它占用一个码元时间且定为低电平,紧接着一般传送 5 至 8 个数据位,最先传送的是数据编码的最低位。在一次确定的传输中,每一个异步数据中包括的有效数据长度是相同的,如传送 ASCII 码的通信规定其数据位为 8 位。数据结束后可以再传送一位奇偶校验位对全部 9 数据位进行奇偶校验。最后必须加上停止位(规定为高电平)作为数据帧的结束标志。停止位的宽度可以是 1 位、1 位半或 2 位。当一个字符所组成的数据帧全部发送完毕后,下一个字尚未准备好,线路将回到空闲状态,延续前一个帧中停止位的高电平,直到出现下一个起始位为止。

图 1 29 异步数据格式

通常在异步通信的接收端都采用一个独立产生的频率为数据速率 16 倍以上的时钟振荡源,利用这个时钟检测线路上的状态。由于规定线路空闲态为高电平,所以一旦检测到低电平时就意味着可能出现起始位,因为时钟频率比数据速率高得多,所以检测到低电平可以认为是在起始位的下降沿即为下个字的开始。

异步通信时每个数据位的同步是依靠确定起始位和接收端时钟的频率准确性、稳定性来保证的。对数据字的同步,有赖于预知数据的位数以及可以在起始位和停止位之间检测到特殊位来保证。

2 .同步通信

异步通信最大的优点是设备简单易于实现,但是它的效率很低。例如一个数据帧由 10 个码元组成,其中一位起始位一位终止位八位数据位,所以不代表信号意义的码元占了 20%,使线路利用率降低。同步通信就是为了解决这个问题而提出的。

在通信过程中,数据信息的任意两个码元间的距离都是单位码元长度的整数倍,这种通信方式称为同步通信方式。同步通信的最基本特点是接收端的时钟严格与发送端的时钟保持一致,从而使接收时钟与数据位之间不存在误差积累问题,确保正确地将每一个数据位区分开并接收下来,这样省去了每个数据字传送时添加的附加位。也就是说同步通信把全部要发送的有效数据位紧密排成数据流在接收端把这些数据分成数据字。

为了区分数据流中各个数据字,同步通信时对数据格式作了一定的规定,这就形成了各种不同的协议。图 1 30 为同步通信时数据的形式,一个数据帧开头必须是规定的同步码,这是一组区别于一般信息码的一种特殊的二进制编码。通常选择在数据码中极少出现的码型,以免造成混乱。同步码后紧跟的是数据码,每一个数据字之间紧密排列不留空隙,原则上数据码的长度不作严格规定。但是在实用系统中,考虑到传输的可靠性及网络的工作环境,有时对一帧的长度作一些限制。数据流的最后部分是校验码,它对数据进行校验,以确认接收到的数据的正确性。

图 1 30 同步通信数据格式

三、同步通信系统的同步结构

铁路远程控制系统一般采用同步通信的方式。从上面的介绍可见,同步通信传输的数据串较庞大,提高了线路利用率,但同时提高了对同步的要求。为了使很长的数据串能被接收端准确无误地接收,同步通信系统通常采用了多级同步措施,一般来说有帧同步、字同步、位同步三级。系统中存在几级同步取决于系统对同步的要求。假如由 M 位二进制码构成一个字, N 个字构成一帧,如图 1 31 所示,则帧同步解决一帧电码的起止点的准确判断问题;字同步解决一个字的二进制电码的起止判断问题;位同步则保证接收、发送时钟在频率上的一致和相位差上的固定。

实现同步通常有自同步和外同步两种方式。外同步就是在发送端的电码中插入专门用于同步的信号。如:定

图 1 31 位、字、帧间的关系

时插入比普通电码电平高许多的高电平脉冲;或插入比普通电码宽许多的脉冲;或插入两个间隔小于正常信号的脉冲;或干脆插入特定的码组——同步码组。自同步则不然,不再在传输的数码中附加任何信号和电码,而是想法在接收到的数码序列中寻找同步成分来实现某种同步。当然一个系统中不可能帧同步、字同步、位同步均用自同步方式,否则将没有基准。

四、同步码

数据传输中采用外同步方式时常常在码组中插入同步码组如帧同步码、字同步码、位同步码等,这些同步码组通称同步码。由于同步是系统各环节工作的时间基准,所以对于接收端而言迅速检查出同步信号至关重要。同时因干扰等原因使其它码变成同步码造成错误的时间基准也是不允许的。所以一般来说作为同步码必须具有易于捕捉、与其它电码相关性小的特点。即具有抗假同步、漏同步的能力。一个好的同步码必须两者兼备,这是一对矛盾。因为一般来说码越复杂出现假同步的概率就越小,但漏同步的概率就越大,反之则相反。所以必须根据实际情况选择合适的同步码,如巴克码、伪随机码、最佳同步码、互补序列等均为常用的同步码。铁路信号远程控制系统中一般都采用巴克码。巴克码是一种非周期码组,它满足自相关函数:

$$C_x(j) = \sum_{i=1}^{n-j} X_i X_{i+j} = \begin{cases} n & j = 0 \\ 0 \text{ 或 } \pm 1 & 0 < j < n \\ 0 & j = n \end{cases}$$

式中 n 为二进制码的位数。计算时见 0 取 -1, 见 1 取 1 进行运算。现已证明 n 在小于 12100 位的范围内满足以上自相关函数的二进制码只有七种,如表 1 5 所示。

表 1 5

n	巴克码	n	巴克码
2	11	7	1110010
3	110	11	11100010010
4	1110 1101	13	1111100110101
5	11101		

铁路信号远程控制系统中帧同步码选用的是 16 位巴克码,字同步码选用的是 8 位巴克

码,显然均不在这八个巴克码之中,所以实际上准确地说它采用的是变异的巴克码。

第五节 远程控制系统的的主要参数

一、远程控制系统的的主要参数

远程控制系统是数字通信技术和数字控制技术的结合。所以对它既有与数据通信技术相通的技术指标又有对其的独特要求。

1. 码元:携带数据信息的信号单元称为码元。如“001”就是一个八进制全组合码的一个码元。

2. 码长:周期性连续传输时,一个码元开始至下一个码元开始的时间差称为该码元的码长。如二进制码元的码长就是代表这一码元的脉冲的周期。

3. 传输速率:指信道在单位时间里的传输能力,常有下述几种表示方式。

(1) 码元传输速率:每秒钟通过信道传输的码元数称为码元传输速率记为 r_s 。单位为波特(BD)。码元速率取决于码元的长度,若码长为 L ,则码元速率为:

$$r_s = \frac{1}{L} \quad (\text{BD})$$

若二进制码元码长 L_2 为一个脉冲周期,则 N 进制码元的码长 L_N 为:

$$L_N = L_2 \cdot \log_2 N$$

二进制码元传输速率 r_s 与 N 进制码元传输速率 r_{sn} 的关系为:

$$r_s = r_{sn} \cdot \log_2 N \quad (\text{BD})$$

(2) 信息传输速率(又称比特传输速率):每秒钟通过信道传输的信息量称为信息传输速率,记作 r_b 。单位为比特/秒,用符号 bit/s 表示。

信息量的单位为比特,用符号 bit 表示。若一个消息有 N 个不同的可能值,且每个可能值出现的概率相等,则此消息所含的信息量 I 为:

$$I = \log_2 N(\text{bit})$$

二进制码元的 N 为 2,并且“1”和“0”出现的概率是等同的,因而其每个码元所含的信息量为 1 比特。所以其信息速率与码元传输速率在数值上相等,只是单位不同。对于 N 进制码元来说信息速率 r_{bn} 与码元传输速率 r_{sn} 、 r_s 间的关系为:

$$\begin{aligned} r_{bn} &= r_{sn} \cdot \log_2 N \\ &= (r_s / \log_2 N) \cdot \log_2 N \\ &= r_s \end{aligned}$$

显然,采用同一种脉冲信号时 N 进制信息速率 r_{bn} 等于二进制码元传输速率 r_s ,而在数值上要大于 N 进制码元传输速率 r_{sn} 。

(3) 消息传输速率:每秒钟从数据源发出的数据比特数(或字节数)称为消息速率,单位是比特/秒(或字节/秒),简称消息率,记作 r_m 。

消息传输速率与信息传输速率的关系为:

$$r_m = \eta \cdot r_b$$

其中 η 是传输效率。通常在传输数据的过程中,总要加入一些多余度,多余的比特携带的不是数据信息,而是为数据可靠传输服务的信息,因而传输效率 η 总是小于 1。

4. 码距

一个码组中二个电码间对应位符号不同的位数称为这二个码之间的码距。码距越大两码传输过程中相互混淆的可能性越小。码组中存在的最小码距称为该码组的码距,它反映了该码组的抗干扰能力。

5. 差错率

差错率又称误码率、错码率。它反映了总的传输码元中错码所占的比率,通过它可了解系统传输的可靠程度。

$$\text{差错率} = \frac{\text{错误码元数}}{\text{总码元数}}$$

6. 可靠度

可靠度用以衡量设备正常工作的能力。通常用如下公式表示:

$$\text{可靠度} = \frac{\text{全年(或全月)正常工作时间}}{\text{全年(或全月)总工作时间}} \times 100\%$$

影响系统可靠度的因素很多,但分析起来不外乎这两个方面设备本身的可靠性和设备的外部环境(如外部干扰、信道传输条件、使用操作情况、维修情况等)影响程度。

二、远程控制与通信系统的区别

1. 远程控制的输入输出设备与通信系统不同,通信系统的输入输出设备是送受话器、扩音机等等,而远程控制系统一般是开关、按钮和其它执行设备。这些设备的辨别能力远远比不上人,因而对系统中所有环节的可靠性要求远比通信系统要高。

2. 远程控制的总体结构与通信系统不同。在通信系统中信息的交换是点对点的关系,如 A 对 B、C 对 D、C 对 A 等等,电话局的交换台或交换机只起转接作用。而远程控制系统中主要是控制端对各执行端间进行信息交换,它们是以集中形式出现的。

思 考 题

1. 信号传输与数据传输有何区别?
2. 远程控制与数据传输有何关系?
3. 遥控与遥测系统有何区别?
4. 为什么说实际的遥控系统中一般均包含着遥信?
5. 双工通信与半双工通信有何区别?
6. 信道为什么要多路复用?时分制与频分制有何不同?
7. 自动应答制适合于什么通信制式?
8. 奇偶校验码是信息码还是监督码?
9. 通过循环码的伴随式可知道什么?
10. 同步在数据通信中为什么非常重要?
11. 同步码需有什么特征?否则会出现什么现象?
12. 有如下一组编码,问 3、6 两个码的码距是多少?该组码的码距是多少?

序 号	编 码	序 号	编 码
1	00011	4	01001
2	00101	5	01010
3	00110	6	01100

第二章 远程控制系统的基本部件

第一节 时钟与时序

对于依附于数传技术的远程控制系统来说按照统一的时钟有序地工作是至关重要的,所以准确的时钟和时序必不可少。

一、时钟脉冲发生器

为了得到较为稳定的时序,数传系统的时钟脉冲发生器非常重要。一般时钟脉冲发生器由一个晶体振荡器或其它较稳定的振荡器构成。晶体振荡器的核心是一个石英晶体,由于其等效电感 L 很大,等效电容 C 和等效电阻 R 都很小,因此回路的品质因数 $Q = \frac{1}{R} \frac{L}{C}$ 很大,可达几万甚至几百万。石英晶体本身的固有频率非常稳定,所以利用石英晶体代替一般 LC 谐振回路,可以得到高稳定度的振荡器。如图 2 1 所示为利用了石英晶体的环形振荡器。

晶体振荡器的输出频率一般远远高于系统的传输速度,因此振荡器的输出需经分频电路分频才能满足系统的需要。分频电路,由双稳态触发器组成,在启止同步方式的系统中,时钟脉冲发生器接入分频电路由启止开关控制,所以存在启止误差。振荡频率越高启止误差越小,所需分频单元越多;反之振荡频率越低所需分频单元越少,启止误差则越大。因而必须从两方面入手,使之不会影响码元造成码元畸变。

图 2 1 石英晶体的环形振荡器

二、时间分配器

在时分制远动系统中,对远动信号的加工是按时序进行的。为了把占据不同时域的远动信号区分开,时间分配器是必不可少的。分配器是控制整个系统有序工作的重要环节。

分配器又称时间划分开关和节拍脉冲发生器,它具有若干输出线,在这些输出线上按一定顺序逐个地出现节拍控制脉冲,这样每一个节拍时间可编一位码元。这种分配器多数是由计数器和译码器两部分组成。

(一) 计数器和译码电路组成的时间分配器

计数器一般由双稳态触发器构成,它具有这样一个特点,每输入一个计数脉冲,至少有一个双稳态触发器的状态发生变化,从而形成新的状态组合。与之相对应计数器有多少个变化状态译码电路就有多少个输出端。也就是说对于计数器的每一种状态组合,译码电路就有一相对应的输出端输出一个节拍脉冲,节拍脉冲的宽度取决于计数脉冲的周期。图 2 2 所示为四分配器,由四进制计数器和对应的二极管矩阵译码电路构成。

译码电路还可用于与门、或门、与非门、或非门来构成,这些前期课程中已讨论过,这里不再

重述。

图 2 2 四分配器

(二) 利用移位寄存器形成的时间分配器

如图 2 3 所示把 N 个双稳态触发器直接构成封闭式的移位寄存器,起始时通过附加的逻辑电路给其某一级触发器可靠地置“1”,而其余的触发器则置“0”,于是在时钟脉冲的作用下这个“1”就会在寄存器中逐位地循环输出,从而达到时间分配的目的。这种方式当位数要求较多时需要的触发器数量较多,大家知道电路越复杂抗干扰能力越弱,所以实际上常采用反馈的方式来得到较多的位数。

图 2 3 N 位移位寄存器式分配器

第二节 编码电路

在数据传输系统中,数据在时序的控制下有序地被传输和处理,自然编码电路亦依附于时间分配器输出的时序脉冲。前一章已提过编码电路有信源编码、信道编码之分,通常前者解决信息量问题;后者解决抗干扰问题。

一、信源编码

编码环节是一个信息变换环节,信源编码将输入信号转变为一定的代码信号,并把并行信号转变为串行信号以利传输。信源编码电路取决于电码的结构,受节拍信号及控制信号控制或表示信号控制。如在调度集中系统中,控制台上按钮动作所带动的相应继电器的接点动作就是一种输入信号。

1. 单脉冲编码电路

如图 2 4 所示,从电路结构可看出每一个节拍脉冲到达就可把对应开关的状态反应在输出端。假如第 11 个节拍脉冲代表 K_1 的状态, K_1 合上用“1”表示,断开用“0”表示,那么第 11 个脉冲“1”到达输出就取决于 K_1 的状态。同样第 12 个脉冲到达输出状态就取决于 K_2 ,第 44 个脉冲到达输出状态就取决于 K_{34} 。也即电路按照时序产生一系列串行信息,至于每一步是什么性质的信息则取决于对应开关的状态。

2. 多脉冲编码电路

单脉冲编码每一位编码均有一定的含意,多脉冲编码则不然,需多个脉冲组合起来才有含

义,这在前一章已经谈到。一般信源编码采用全组合码较多,图2 5所示为 2^5 全组合码编码电路。它通过32进制计数器产生32种编码,若我们仍然用它来表示开关的状态,那么32个开关的状态,就分别存贮在32种编码作为地址所对应的存储单元之中。5个节拍就能送出一个存储单元的地址。计数器的推动脉冲为32步,因而每个周期地址码就自动循环变化一次。

图 2 4 单脉冲编码电路

图 2 5 2^5 全组合编码电路

二、信道编码

信道编码的主要任务是解决抗干扰问题,运动信号从发送端传送到接收端不可避免地要遇到各种干扰,这就有可能造成电码的差错。由干扰引起的差错有两种,一种是随机错误,即数字序列中前后出现彼此无关的错误,是随机独立的;另一种是突发性的,即一个错误的出现往往影响后面错误的出现,错误之间不是彼此独立的,而是相互有关的。

信道编码的作用是根据一定的规则,把 k 个信息元组成的信息序列 M 变成 $k + r$ 码元组成的二进制数字序列。也即在 k 位信源编码的基础上增加 r 位监督位,使之具有发现错误甚至纠正错误的能力。

1. 奇偶监督信道编码电路

奇偶监督编码电路就是保证每个码字中“1”的个数是奇数个(奇数监督码)或是保证每个码字中“1”的个数为偶数个(偶数监督码)。这种监督码只能检出奇数个错误,而不能测出偶数个错误,而且不具备纠错能力。然而由于奇偶监督码的效率高,编码电路简单,又具有一定的抗干扰能力,所以得到了广泛应用。图2 6所示为奇偶监督编码电路。

图 2 6 奇偶监督信道编码电路

该电路由一个单稳态触发器、一个双稳态触发器、两个与门组成。由于编码中可能有几个“1”信号连在一起,所以不能用计数触发器直接计数。为此借用半拍信号通过与门把信息元中

连续的“1”分割开来并经过单稳态触发器整形后再送至双稳态触发器计数。双稳态触发器收到偶数次计数脉冲其 \overline{Q} 端输出为“1”，若用其控制输出与门，那么计数脉冲为偶数个“1”时，就会在 $k+1$ 个节拍时打开输出与门，送出这时时间分配器送来的“1”，反之则 \overline{Q} 端输出为“0”，输出与门被关闭，从而保证电码中“1”的个数为奇数个。显然图 2 6 所示实际为一奇监督编码电路。

图 2 7 $g(x) = x^3 + x^2 + 1$ 的除法电路

2. 循环编码电路

循环编码电路是采用除法方式来编制循环码的，图 2 7 所示为生成多项式是 $g(x) = x^3 + x^2 + 1$ 的一般除法电路。

图中 J_1 、 J_2 、 J_3 为移位寄存器，符号 \oplus 为异或门，各寄存器初始状态为“0”，该除法电路在输入 k 位信息码后需至 $k+3$ 个节拍才在三个寄存器中产生三位循环监督位。例如信息位为 1010 则至第七个节拍时在三个寄存器中产生三位监督位 001 见表 2 1。

表 2 1

节 拍	输 入	J_1 状态变化	J_2 状态变化	J_3 状态变化
1	1	1	0	0
2	0	0	1	0
3	1	1	0	1
4	0	1	1	1
5	0	1	1	0
6	0	0	1	1
7	0	1	0	0

图 2 8 所示为生成多项式是 $g(x) = x^r + g_{r-1}x^{r-1} + g_{r-2}x^{r-2} + \dots + g_1x + 1$ 的一般除法电路。

图 2 8 普通除法电路一般形式

根据它可画出任意 $g(x)$ 的一般除法电路。但该电路需等至 $k+r$ 个节拍才能得到监督位，在实际使用中不是很方便，图 2 9 所示为自动乘 x^3 、生成多项式是 $g(x) = x^3 + x^2 + 1$ 的除法电路。

图 2 9 自动乘 x^3 、生成多项式是 $g(x) = x^3 + x^2 + 1$ 的除法电路

当信息位为 1010 时它的编码过程见表 2 2 所示。

表 22

节 拍	输 入	J_1 状态变化	J_2 状态变化	J_3 状态变化
1	1	1	0	1
2	0	1	1	1
3	1	0	1	1
4	0	1	0	0

显然四个节拍后在三个寄存器中即产生三位循环监督位,因而用它来构成编码电路就来得较方便,图 2 10 所示就是相应的编码电路。前四个节拍输出信息位,后三个节拍接着输出循环监督位,只用七个节拍就完成了循环码的编码。

图 2 10 $g(x) = x^3 + x^2 + 1$ 的循环编码电路

图 2 11 为自动乘 x^r 除法电路的一般形式。

图 2 11 自动乘 x^r 除法电路的一般形式

三、同步码编码电路

同步码的编码电路一般采用初始置位的环形移位寄存器。有多少位同步码就采用多少位的移位寄存器,并把同步码预置其中,这样要发送同步码时就给移位寄存器提供与同步码位数相同的移位脉冲,从而周而复始地产生同步码如同一个同步码发生器,如图 2 12 所示为七位巴克码编码电路。显然同步码越长需要的移位寄存器位数就越多,为了简化编码电路常采用图 2 13 所示电路,即通过增加反馈及异或门来减少移位寄存器位数。

图 2 12 同步码编码电路

图 2 13 加反馈的同步码编码电路

第三节 译码电路

一、同步信号检出电路

图 2 14 所示是同步码为连续六个“1”和一个“0”的同步码检出电路。该电路由二个 RS 触发器 T_1 、 T_2 ，一个 D 触发器 T_3 ，八个与非门，一个启止开关组成。

开始工作前，电路中 T_1 、 T_2 、 T_3 状态分别为“0”、“1”、“1”；YFM₈ 输出为“0”，分频器、分配器没有信号输入而被置“0”，整个电路处原始状态。

图 2 14 同步码检出电路

正常工作情况下，电路接收到第一个“1”信号时，YFM₆ 输出为“0”，把 T_3 置“0”，其 Q_3 端输出使 YFM₈ 输出为“1”，从而打开启止开关，主振器输出至分频器推动分频器开始工作。为了避免后续接收到的“1”不再起把 T_3 置“0”的作用，这里适当设计了延时，让分配器之输出正好延迟于主振器输出近一个节拍的时间。用延迟了近一个节拍的分配器的第一步输出反馈到 T_2 的置“0”端，使之置“0”，进而关闭 YFM₆，使后续接收到的“1”信号，不再能把 T_3 置“0”。

在连续接收六个“1”信号时，YFM₃ 输出始终为“0”，YFM₂ 输出始终为“1”状态，在输入信号“1”的配合下使得 YFM₄ 和 YFM₅ 输出始终为“1”，从而保证 YFM₇ 输出为“0”，进而保证 T_3 状态不发生变化，启止开关处于打开状态。

为了保证在第七个节拍收到“0”时 T_3 状态仍不发生变化，启止开关处于打开状态，分配器第 6 个节拍输出负脉冲反馈至 YFM₃ 使 YFM₃、YFM₂ 状态分别变为“1”、“0”，这样输入为“0”时仍能保证 YFM₇ 输出为“0”。

分配器第七个节拍输出负脉冲反馈至 T_1 置“1”端， T_1 非端子输出“0”把 YFM₈ 锁住，使启止开关维持打开状态，不再受 T_3 的控制。 T_3 这时作为整形触发器不断将输入信号整形输出。表明同步信号已检出后续电路可以开始工作。

非正常情况下，假如接收到的不是连续六个“1”信号，例如第三个接收到的是“0”信号，则因 YFM₂、YFM₃ 处在接收“1”信号的状态，所以不能维持 YFM₇ 为“0”状态，因而使 T_3 触发器状态变为“1”。因为 T_1 这时为“0”状态，所以 YFM₈ 输出变为“0”，该信号使启止开关关闭，并使整个电路复原，电路进入重新开始接收同步信号的状态。它说明该电路只有当连续收到六个“1”和一个“0”后方能进入稳定工作状态。

在该电路中，启止开关打开表明已接收到同步信号或正在搜索同步信号，启止开关关闭表明电路复原。 T_1 触发器平时处“0”状态，只有当收到同步信号或复原时才处“1”状态； T_2 触发

器在接收到第一个“1”信号后就处“0”状态,只有当复原时才处“1”状态。 T_3 触发器有两大作用,一是参与检出同步信号,二是检出同步信号后对接收到的信号进行整形。 T_3 触发器有三种状态,起始状态时 T_3 触发器为“1”状态,搜索同步信号时为“0”状态,收到同步信号后为 D 触发状态。图 2 14 中“75#”是一个复原信号,它可使系统恢复到起始状态。

二、同步码译码电路

对于没有规律性的同步码采用以上同步信号检出方式来检出同步信号是很困难的。图 2 15 所示译码电路是通过与门电路来实现译码的,显然只有当寄存器中存入的同步码同预先选定的同步码一至,与门输出才是高电位,才表明同步码已收到。可以看出,与门译码电路对电码要求均很苛刻,不能有一点差错。但实际上由于干扰的存在,出现某一位错误是不可避免的,因而就有可能出现漏同步现象而造成系统工作不稳定。所以实际上常采用具有一定模糊能力的译码器,如相关译码器。图 2 16 所示为相关译码器,该电路当寄存器存入的码同预先选定的码一致时 a 点的电位达到最大值,出现某一位错码时 a 点电位就下降一点,错误的位数越多该点电位就越低,所以该电路就比较灵活,只要适当降低比较电压 E_c 就可使译码电路具有一定的宽容度。如果选择 E_c 等于出现一位错时点的电位值,那么该电路就具有容一位错的能力。当然容错能力增强错同步的概率也就增大,所以确定需慎重。

图 2 15 与门译码电路

图 2 16 相关译码器

三、位同步信号检出

铁路信号远程控制系统中位同步一般采用自同步方式,这在前面已谈及。位同步的自同步方式有滤波直接提取位同步信号法和数字锁相提取位同步信号法两种。

1. 滤波法直接提取位同步信号

采用滤波直接提取位同步信号法,首先要考虑接收到的数字信号序列中是否存在着要提取的位同步信息,也就是传输的信号中是否存在该频率成份。这与采用电码有关,如铁路信号远程控制系统中传输电码采用的是不归零码,因而在其接收端收到的数码序列中就不存在此成份,这时就必须想法加工恢复该频率成份。图 2 17 所示为滤波法直接提取位同步信号的处理框图。

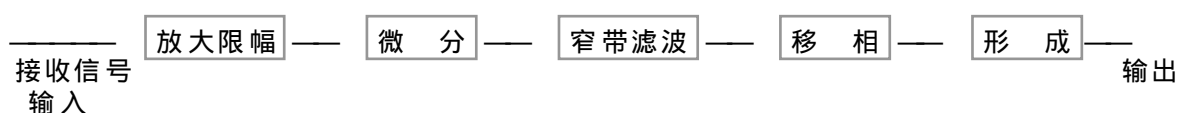


图 2 17 滤波法直接提取位同步信号框图

图中微分整流的作用是把不归零码转变成归零码,使之恢复位同步信号频率成份。窄带滤波器的作用是滤出位同步信号频率成份。图 2 18 所示为同步信号提取过程。从波形图可看出,若接收到的信号序列中出现连续的“1”或“0”时,位同步信号将提取不到。

2. 数字锁相法提取位同步信号

滤波法直接提取位同步信号法虽然结构简单,但可能短时失去位同步信号,因此系统就可能因失去时钟信号而进入混乱状态。数字锁相法提取位同步信号则可避免此现象发生。

可以想象如果接收端本身有一个振荡器来产生时钟信号,就不会因出现上述现象而失去时钟进入失步状态。但众所周知,振荡频率绝对相同的两个振荡器是没有的,因而如此产生的时钟信号不可能与发送端时钟存在任何固定的关系。单个周期相比较其微差可认为趋向于零,然而多个周期叠加在一起后相比较就不尽然了。微差积累的具体表现就是两振荡信号间相位差的不断变化,这与位同步(频率相同、相位固定)的要求是不相符的。所以还必须设法把两者间相位差锁在一固定值上,这种方法就叫锁相。

图 2 18 滤波法直接提取位同步信号波形图

图 2 19 所示为一数字锁相电路原理框图。其输入信号是由解调器解调后产生的基带信号 f_0 , 输出是可变分频器的分频输出 f_s 。由于锁相电路的工作使得 f_s 跟踪 f_0 , 从而保持它们的频率相同、相位差固定。该锁相电路锁相是根据 f_s 与 f_0 间相位差不断微调分频器输入脉冲数实现的。现在我们来简单讨论一下其工作原理。

图 2 19 数字锁相原理框图

基带信号经过过零检测器及单稳电路形成脉冲波形,其前沿准确对准基带信号过零点且具有一定宽度,反映了发送时钟,故用它作为基准信号。

本地振荡器的振荡频率 F_0 是 f_0 的 2^n 倍,即 $F_0 = 2^n \times f_0$ 。将 F_0 形成方波,取出它的原信号和非信号 a 和 b , 对两信号分别进行微分就得到频率为 F_0 的窄脉冲 c 和 d , 如图 2 20 所示。这两个信号在时间上相互错开,从而为调节分频器单位时间内输入的脉冲个数创造了条件。

比较电路根据 f_s 与 f_0 的相位差控制常开和常闭门的开关时间,从而通过微调分频器的输入脉冲数来实现相位的调节。如当 f_s 超前于 f_0 时,常开门就打开的时间长一些、常闭门关闭的时间短一些,使输入的脉冲个数多几个从而使 f_s 的相位延迟一些;当 f_s 滞后于 f_0 时,常开门就打开的时间短一些、常闭门关闭的时间就长一些,使输入的脉冲的个数少几个从而使 f_s 的相位向前移一些。通过这样不断的比较和调整,使 f_s 与 f_0 的相位差始终控制在某一定值前后,从而达到锁相的目的。图 2 21 所示为框图中各波形间相互关系,图 2 22 为八分频时

的移相情况。B组波形为增加一个脉冲时的状况；c组波形为减少一个脉冲时的状况；a组波形为正常时的情况，三组波形相比较可看出增加或减少脉冲时的移相情况。该电路的特点是维持 f_s 与 f_0 的相位差固定，而非相位差为“0”。

图 2 20 a、b、c、d 信号间的关系

图 2 21 数字锁相器工作原理

图 2 22 八分频时的相移情况

第四节 调制与解调

从第一章可知，数据传输系统中的数据传输简单来说经过这样几个环节，即把二进制数据序列转变成模拟调制信号的调制器及将模拟调制信号转变成二进制数据序列的解调器。把信息加到载波上，变成已调信号的过程称调制。相反在接收端把信号同载波分离，从已调制信号上取出原信号则为解调。

通信设备是运动系统最重要的组成部分之一，运动系统动作的精确度和准确度很大程度

上取决于信息传输质量的好坏。在远距离传输中建造传输信息用的通信线路之费用很大,因此在运动系统的总体设计时,在保证信号传输高可靠性的前提下,如何合理使用已有信道是非常重要的。为了避免运动信号传输影响其它通道所传输的信号,以及实现可靠的远距离传输,进入信道前一般需加以调制。调制有调幅、调频、调相等多种方式如图 2 23 所示。

一、数字调频

数字调频又称频移键控(FSK),它是利用载波振荡频率的变化来传递数字信息,如图 2 23 中波形(c)。由于调制简单、解调时也无需同频同相的相干载波,易于实施,再者其抗干扰性能较好,所以在铁路远程控制系统中得到了较多的应用。

(一)FSK 调制

数字调频有两种,一种是直接调频,其频率转变时相位变化是连续的;另一种为间接调频,频率转变时相位变化是断续的或者说是离散的。图 2 24 所示就为间接调频电路的方框示意图,代表“1”和代表“0”的两个频率信号间没有任何联系。控制门通常用正弦门,其电路如图 2 24(b)所示,它通过控制二极管的通断来控制正弦信号的输出。

图 2 23 各种调制波形

(a)数据序列;(b)调幅波;(c)调频波;
(d)二元绝对调相波;(e)二元相对调相波。

图 2 24 间接调频框图及正弦门电路

图 2 25 所示为直接数字调频电路框图,其代表“1”和代表“0”两个频率信号(f_1 、 f_2)来自于同一个振荡源 F ,只不过是经过的分频次数不同而已。经分析可发现为达到此效果, F 、 f_1 、 f_2 这三个频率以及调制速度间必须遵守一定的关系,这就是 F 必须是调制速度、 f_1 、 f_2 三者的公倍数。 f_1 、 f_2 如不是 F 的约数就无法通过对 F 的分频得到,而所谓调制速度在这里简单说就是两种频率信号交替的速度,显然这交替时间也一定应该是两个信号周期的倍数,否则就有可能取不到一个完整周期的信号。反过来说,若已经知道 f_1 、 f_2 和调制速度,可根据此关系选择 F 的值。如铁路远控系统要求 f_1 为 1300Hz、 f_2 为 2100Hz、调制速度为 1200Hz,则可知其 F 为 655.2kHz。其框图如图 2 26 所示。

图 2 25 直接调频框图(一)

从 FSK 调制框图可知调制后输出的波形是数字方波信号,而通常铁路信号远程控制系统

利用的是铁路通信线路的 300Hz 至 3400Hz 频段,为了使方波信号不对其它通道产生影响,远

图 2 26 直接调频法框图(二)

控调频信号需通过发送滤波器扼制其超出通道频带的频率成份才能进入传输通道。

二、数字信号的解调

数字调频信号的解调有相干解调和非相干解调两类,在这里只介绍非相干解调。所谓非相干解调就是接收端不需要相干信号,而是根据调制信号本身的特点来完成解调。非相干解调一般有鉴频法、零交叉解调和差分检波法等三种。

1. 鉴频法解调

鉴频法的实质就是将调频信号的频率变化转变为幅度变化,然后象调幅信号一样通过幅度检波而得到基带信号。所以鉴频器实际上就是频——幅变换器。图 2 27 所示为用鉴频法解调的原理电路图。接收滤波器限制带外噪声,对提高通信质量、减少误码率是不可少的。从限止噪声来说,接收滤波器通带越窄越好;从信号传输来说,通带越宽信号失真越

图 2 27 鉴频法解调框图

小。所以特定情况有一最佳带宽。限幅器将信号中的寄生调幅去掉,得到一个幅度恒定的调频波。鉴频器将频率变化转化为幅度变化,最后经整流而得到基带信号,低通滤波器除去基带信号以外的杂音,并经整形得到数据信号。

最常用的鉴频器有图 2 28 所示的为双失谐鉴频器,即平衡斜率鉴频器。移频自动闭塞设备中也采用这种鉴频器。

2. 零交点法解调

我们知道频率就是每秒内振荡的次数。所以单位时间内信号经过零点的次数可以用来衡量信号频率的高低。数字频率计数器就是利用这一概念。所以用计算信号过零点的数目来判断频率高低是完全可行的。零交点法又称零交叉法、计数法。图 2 29 给出了一种零交点法解调原理框图和波形图。

为了对零交点进行计数,将输入的调频信号进行限幅整形得到一个矩形方波,如图 2 29 (b)。再将矩形方波微分并进行全波整流,于是在每一个交点均得到一个正向的尖脉冲,如图 2 29(d)。此尖脉冲数量就是信号过零交点数,尖

图 2 28 失谐鉴频器原理图

脉冲频率是输入信号频率的两倍。为了能把两种频率区分开,我们再用每个尖脉冲去触发一个单稳态触发器,把所有尖脉冲转变成幅度、宽度相同的归零脉冲(见图 2 29(e)),显然频率高脉冲

数量稠密,频率低脉冲数量稀少,所以经过低通滤波器,滤除高频分量就能解调出基带信号。

3. 数字解调器

数字解调器利用周期 T 的长度来鉴别信息。从信道上传来的信号不是 f_1 就是 f_2 , 但当信号由 f_1 转变为 f_2 或由 f_2 转变为 f_1 时,不是跳变的,而是存在有过渡过程。也即它必然要经过 $f_{\text{中}}$ —— f_1 和 f_2 的平均值这样一个频率。以 $f_{\text{中}}$ 的周期 $T_{\text{中}}$ 作为参考来鉴别已调波的周期长度,从而分离出高频或低频,再经过半数判决达到将已调波还原成“1”信号或“0”信号这种基带信号,这个过程就是数字解调过程。

图 2 29 零交点法解调原理框图及波形图

图 2 30 所示为数字解调结构框图,接收到的调制信号经限幅放大后转变成方波序列,然后经过微分整流把方波序列频率扩大一倍后送到频率分离器进行频率分离,为后面的半周比较分离创造条件。这里频率分离采用比较方式, f_1 和 f_2 的平均值 $f_{\text{中}}$ 作为区分 f_1 和 f_2 的标准。假如已知“1”信号的载频为 $f_1 = 1\ 500\text{Hz}$,“0”信号的载频为 $f_2 = 1\ 200\text{Hz}$,则 f_1 和 f_2 的周期分别为 $t_1 = 0\ 666\text{ms}$ 和 $t_2 = 0\ 833\text{ms}$, f_1 和 f_2 的平均值 $f_{\text{中}}$ 就为 $1\ 350\text{Hz}$, $T_{\text{中}}$ 就为 $0\ 740\ 74\text{ms}$ 。为了提高准确性 t_1 、 t_2 的正负两个半周均需同 $1/2\ T_{\text{中}} = 0\ 370\ 37\text{ms}$ 进行比较,当接收到的信号半周大于 $0\ 370\ 37\text{ms}$ 时为低频 f_2 的半波;当信道上来的信号小于 $0\ 370\ 37\text{ms}$ 时为高频 f_1 的半波。分离后的信号分别进行高低频判决,一般采用计数方式判决。我们知道如果调制速度为 300Hz 则一个码元中包含高频 f_1 五个周期,低频 f_2 四个周期,

图 2 30 数字解调结构框图

图 2 31 为实际的数字解调器逻辑电路。晶体振荡器产生 216kHz 的时基信号输出经八进制、十进制两级计数器分频得频率为 $2\ 700\text{Hz}$ 、周期为 $0\ 370\ 37\text{ms}$ 的参考基准信号 $1/2\ T_{\text{中}}$ 。计数器常处“0”状态,只有当收到调制波形时才开始计数。而它的输出就是每隔 $1/2\ T_{\text{中}}$ 把 T_1 触发器清一次零。

图 2 31 数字解调器逻辑电路图

微分电路 1 和双稳态触发器 T_1 取出已调波的正半波, 利用微分电路的每一次输出代表每个正半波的前沿, 利用双稳态触发器 T_1 的 Q_1 端输出高电位代表收到调制波形的正半波; 同理, 微分电路 2 和触发器 T_2 取出已调波的负半波, 用 T_2 的 Q_1 端输出高电位代表收到调制波形的负半周。

若已调波的周期大于 $T_{\text{中}}$, 则在已调波的正半周(或负半周)还没有结束时, 触发器 T_1 (或 T_2) 就被计数器输出置“0”; 反之若已调波的周期小于 $T_{\text{中}}$, 则已调波正半周结束后触发器 T_1 (或 T_2) 还没有被置“0”, 计数器输出要待已调波的负半周(或正半周)时才到达。很明显用已调载波 A 与 T_1 的 $\overline{Q_1}$ 输出相与及 \overline{A} 与 T_2 的输出 $\overline{Q_2}$ 相与可证明收到的已调波周期大于参考周期; 用已调载波 \overline{A} 与 T_1 的 Q_1 输出相与及 A 与 T_2 的 Q_2 相与可证明已调波周期小于参考周期。判决器采用的是计数器, 这里用五进制计数器判断代表“1”的低频脉冲, 只要 YM_1 输出的脉冲达到五个就判断为“1”; 用四进制计数器判断代表“0”的高频脉冲, 只要 YM_2 输出的脉冲个数达到四个就判断为“0”。

图 2 32 数字解调电路各点波形

图 2 32 为数字解调电路各部分的动作时间分析图, 反映了各点波形间的关系。

三、软件调制和解调

利用软件实现调制解调的功能比用硬件实现结构简单、抗干扰能力强, 对增益起伏不敏感, 又便于与计算机衔接使用。目前大部分远动系统实现了全微机化, 所以采用软件调制解调器是一种非常好的方法。

1 软件调制

软件调制是根据要发送的数据位状态来判断向输出端发送何种频率的方波。若参数选用像前面讨论的数字解调器一样即传输速率为 300BD、代表“1”的信号频率选用 1500Hz、代表“0”的信号频率用 1200Hz, 则其流程图如图 2 33 所示。

2 软件解调

图 2 33 软件调制流程图

软件解调采用的方法从原理上讲同前面谈的数字解调方式相同,即也是“零交点”法。其框图如图 2 34。框图中 T 代表时间,时间参数的单位是 μs 。显然 1 500Hz 信号的周期处在 139 μs 至 185 μs 之间,1 200Hz 信号的周期处在 185 μs 至 231 μs 之间,所以这几个菱形判断框实际就是判断收到的是 1 500Hz 信号还是 1 200Hz 信号。同前面一样传输速率在 300BD 的情况下,每个节拍能传 1 500Hz 信号五个周期,1 200Hz 信号四个周期,所以通过检查收到的信号是否是五个或四个可进一步确认对收到的信号之判断是否正确。

图 2 34 软件解调流程图

第五节 发送和接收通道

一、混合线圈

在半双工通信制式下,同一个信道兼作发送信息和接收信息的通道,而两种情况下终端与通道间的连接要求是不同的。混合线圈的功能就是完成这两种情况的转换并使之的连接始终阻抗匹配。图 2 35 所示为混合线圈的电路和等效电路。

图中 Z_g 为发信端信号源的内阻; Z_p 接收端的等效阻抗; Z_l 为通信线路的等效阻抗, Z_n 为平衡网络的等效阻抗。所谓二——四转换就是把通道与接收端、发送端有机地相衔接,使接收和发送共用一对二线通道。可以看出,从电路演变成等效电路,仅仅是把分开在 Z_l 或 Z_n 两旁的线圈合二为一,且把点 1、2、3 合并为一个点,并未改变原支路和回路特性,改变的目的是为了用等效电路更便于分析。下面从二个方面来分析混合线圈的特性。

1. 发信端发信时

从等效电路可以看出,发信时,耦合到变压器次级的电压实际上就加在 1、3 两端,电桥的一个对角线上。显然若取 Z_n 等于 Z_l 就可使电桥进入平衡状态,自然,这时电桥的另一条对角线没有电流,也即接收端没有信号输入,从而避免出现本端发本端接收的自回路现象。阻抗匹配时分析该电路可得:

图 2 35 混合线圈的电路和等效电路

$$Z_{i4} = \frac{Z_l + Z_n}{(n + n)^2} = \frac{2Z_l}{4n^2} = \frac{Z_l}{2n^2} = Z_g$$

发送端功率与线路上的功率比为

$$\frac{P_4}{P_1} = \frac{\frac{i_g^2 \cdot Z_{i4}}{2n} \cdot Z_l}{\frac{i_g^2}{4n^2} \cdot Z_l} = \frac{2n^2}{4n^2} = 2$$

即发送的信号有一半送到线路上,另一半则消耗在平衡网络 Z_n 上。

2. 接收端接信号源时

为了分析方便,先假设接收端接有信号源向外发送信号,以此来分析 2 - 2 端功率 P_2 与 1 - 1 端功率 P_1 间的关系。图 2 - 36 为 2 - 2 端作发信端时的等效电路。

从等效电路可看出,流过 2 - 1 线圈和 2 - 3 线圈的电流大小相同、方向相反,所以线圈产生的磁通相互抵消,线圈成为无感电阻,且从 4 - 4 端反射到 1 - 2 - 3 端的反射阻抗很小,可忽略不计。这样分析等效电路可得 P_1 与 P_2 的关系为:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{\frac{e_s^2}{Z_p + Z_{i2}} \cdot Z_{i2}}{\frac{e_s}{Z_p + Z_{i2}} \cdot \frac{Z_n}{Z_l + Z_n} \cdot Z_l} = \frac{\frac{e_s^2}{4Z_{i2}}}{\frac{e_s}{2 \cdot \frac{1}{2} Z_l} \cdot \frac{1}{2} \cdot Z_l} = \frac{2Z_l}{4Z_l} = 2$$

图 2 36 2 - 2 端作发信端时的等效电路

即有一半功率传输到 1 - 1 端。

从以上两步分析并根据互易定律可知 P_1 与 P_2 、 P_4 间有如下关系存在:

$$\frac{P_1}{P_2} = 2 \quad \frac{P_1}{P_4} = 2$$

即线路送来的信号有一半到达接收端,另一半则消耗在本端的发信端。所以通过以上分析可知线路变压器有如下特点:对端传输阻抗达无穷大,临端传输损耗一半。这里对端指等效电路中的相对桥臂和两条对角线之间,临端则指相临支路之间。

二、发送和接收通道

1. 数——模转换电路

从前一节学习我们知道经调制后的信号仍为方波序列,包含许多频率成份不适合频带传输,需经滤波器处理才能进入通道,否则将影响其它频段。如果信道采用 300Hz 至 3400Hz 频段,载波频率选用 $1700 \text{ Hz} \pm 400 \text{ Hz}$,则因 1300 Hz 的三次谐波较接近所用信道频段的上限,就要求发送滤波器(低通滤波器)有非常好的性能,而这是比较困难的。所以通常采用数模转换电路来大大削减高次谐波,特别是三次谐波,从而放宽对发送低通滤波器的要求。图 2 37(a)所示为一简单的数——模转换电路,它由十二进制计数分配器、极性控制双稳态触发器、控制门等组成。电路中 R_1 至 R_8 阻值逐步变大,因此输出电压的大小是随着输入方波的序号不同而变化的。从电路可看出每输入 24 个方波信号电路输出一个近似的正弦波信号,也即用 24 个方波信号去逼近一个正弦波信号,如图 2 - 37(b)所示。因此,不难看出它还具有 24 分频作用。

图 2 37 数模转换电路

2. 接收滤波器

接收滤波器如图 2 38 所示,是一个带通滤波器,用以滤除带外噪声,减少误码率。

3. 发送滤波器

发送滤波器如图 2 39 所示,是一个低通滤波器,同数模转换电路相配合用以滤除高频谐波分量,减少对其它通道的影响。

图 2 38 接收滤波器

图 2 39 发送滤波器

4. 发送与接收通道框图

图 2 40 为发送与接收通道框图,调制好的信号经线路开关、模/数转换器、发送滤波器(低

通滤波器)、功率放大器和线路变压器送至外线;外线来的信号经线路变压器、接收滤波器(带通滤波器)送至译码电路。

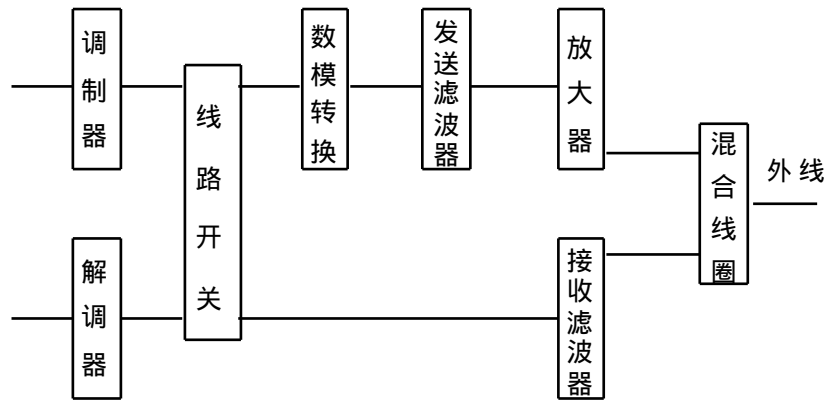


图 2 40 发送与接收通道框图

三、中继器

信息在线路上传输会产生衰耗和相移,距离较长时会因衰耗而造成信息失效。为了保证信息的有效可靠传输,邮电部门规定发送到通信线路上的电平一般为 + 5.21dB,而接收端的电平不得小于 - 37.35dB。所以传输距离超过一定长度时,传输衰耗增大,使远端接收不到额定电平,因而必须加设中继器。中继方式有两种:一种是直放式中继器,它是一个放大器,设备简单,但噪声和信号被同倍放大,造成噪声积累,多级中继将直接影响系统的信噪比,影响接收端的信号解调,所以在远程控制系统中一般不用;另一种为再生式中继器,它把接收信号进行解调后还原成电码信号,再重新调制放大发送,这种中继方式噪声不会积累,但增加了传输延迟,设备较为复杂。如图 2 41 为再生中继器框图。

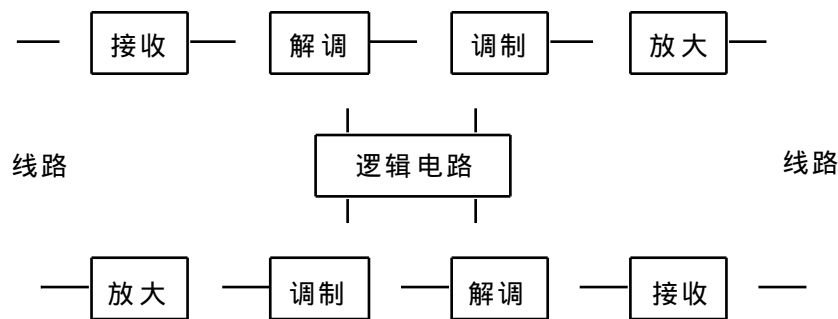


图 2 41 再生中继器框图

思考题

1. 时间分配器在数据传输中起什么作用?
2. 信源编码的作用是什么?全组合码的特点是什么?
3. 加信道编码的目的是提高编码的抗干扰能力,从编码角度看加信道编码主要是增加了码组的什么?
4. 若信息码为三位全组合码,试写出它的奇监督码。
5. 若循环码的生成多项式为 $g(x) = x^4 + x^2 + 1$,试画出其除法逻辑电路。并写出信息码为五位全组合码时的所有循环编码。
6. 上题中任意取出两个编码根据除法电路写出其编码过程。
7. 简述零交叉解调的工作原理。
8. 在同步中,锁相电路起什么作用?
9. 在输出通道中为什么要加数/模转换电路?
10. 线路变压器起什么作用?

第三章 调度监督系统

目前,我国调度监督主要有 DJ4 型、TY DJ 型和 DSS3000 型三种型号,随着计算机网络的发展,调度监督、调度集中常常以局域网为基础,以扩大系统的服务面和适应发展的能力。本章讨论 DJ4 和 TY - DJ 两种型号的调度监督设备,而 DSS3000 调度监督设备因与 CTC4000 调度集中设备的监督部分一致,所以不再在本章单独讨论。

第一节 行车指挥对调度监督的基本要求

调度监督是为铁路行车指挥服务的,所以它必须在功能、技术和性能上满足铁路运输生产的要求,必须综合考虑技术能力、经济力量等诸因素。一般来说它在性能上必须满足如下几个条件:

1. 具有实时性,要保证调度员能通过表示装置及时、准确地了解列车分布情况及道岔、信号的状态。
2. 具有安全可靠性,要符合故障倒向安全的原则。设备故障不应出现错误表示,不应影响车站控制设备的正常工作。
3. 既具有技术先进性又具有经济上的合理性。也即既符合目前的经济条件又留有一定的发展余量。
4. 具有通用性和可维护性。调度监督、调度集中、大站遥控和枢纽表示中心的软硬件设计因通用,也即因采用模块化结构,以便于发展和维修。

第二节 DJ4 调度监督

一、设备概况

DJ4 调度监督始于 80 年代,随着技术的发展系统已有了很大的改进。目前除了有针对一个调度区域的传统的小系统外还开发出了以分局为中心的大系统。

图 3 1 所示为传统的小系统,其的控制设备设在调度所,被控对象分布在沿线各站,大多是属于对象沿线成群分布的远动系统。调度所内设有调度监督总机、表示盘、CRT 显示器、列车运行图记录仪、电源等。各车站设有调度监督分机。总机与分机之间有传输线相联、传输距离较远时增加中继器。

图 3 1 调度集中设备概况总图

表示盘及 CRT 是各车站的股道、道岔、信号的状态和列车运行位置的表示设备。表示盘上还设有车次窗口,表示运行列车的车次号,帮助调度员更好地了解列车实际运行情况。

调度监督总机是帧同步信号的发送设备,又是表示信息的接收、译码设备,同时也是整个系统的核心部分。

调度监督分机是表示信息的编制和发送设备。

列车运行记录仪是用来描绘列车运行图的。在不装设调度监督区段,列车运行图由调度员根据各车站值班员通过电话告诉的各次列车到发时间人工绘制设备的,既增加了调度员的工作量,又分散了精力。调度监督能使各分机送来的列车运行信息经总机接收处理后送给多色绘图仪自动绘制列车运行图,使调度员能集中精力指挥行车。

信息在线路上传输会造成衰耗和相移,当传输距离超过一定长度时,传输衰耗增大以致远端接收信号电压已达不到可正确设别的额定值,这时线路中就必须增设中继设备——中继器。

图 3 2 所示为大系统构成框图。该系统的核心是一套局域网,网络服务器兼作文件服务器。为提高系统的能力和可靠性,系统选用较成熟的局域网络技术如 Ethernet、以太网等,同时亦可采用双网络和双服务器结构。调度所的其它设备,如行车调度台、系统工程师台、系统维护台、各种辅助调度台、前置通信机等均挂在网上。

图 3 2 大系统构成框图

图 3 3 所示为大系统的设备示意图。从该图可清楚地看出,该系统可面对多个调度分区,而且可为货调、特调、军调、机调、客调和调度长等提供综合调度信息。由于是以局域网络为基础所以在电务段还可设一套电务检测设备,用来检测监督系统和电气集中系统设备的工作状态,为状态修创造条件。

(一)系统特点

1. 透明传输

现代化计算机网络追求透明传输,DJ4 型调度监督按照透明传输设计。也就是说不管系统拓扑结构如何,传输网上任意一点均可接收到网络上的全部信号,可以实现邻站间信息交换、多点信息显示等。

2. 迂回通道

调度监督有较高的实时性要求,线路发生故障时会使系统中断影响行车,当系统具有迂回功能时,可以保证不间断工作。DJ4 型调度监督系统具有在线实时迂回功能,主用线为一对电缆线,迂回线为一个话路,调度所总机发送

图 3 3 大系统设备示意图

的信号经过主用线和迂回线从两个方向到达分机,分机发送的信号同样经过两个方向到达主机,正常传输时可以提高信息到达率,线路一处故障时信息不中断,并可以准确判明故障发生的地点。

3. 以分局为中心的综合信息系统

过去的调度监督系统都是针对一个区段设计的,DJ4型调度监督系统除了能适合于一个区段的情况外,还能适合于一个分局,把分局所有区段和枢纽组成一个综合网络,形成了功能分散、负荷分散、危险分散的高可靠性系统。实现多信息的集中管理,提高了控制管理的综合能力和管理水平,节省设备投资,便于维护。

(二) 系统主要功能

1. 实时管理

系统存有万年历,有后备电池,不受系统停电的影响,为系统提供标准的时间。

2. 列车运行和信号设备状态的采集、处理和显示

采集内容

列车占用股道、道岔区段、闭塞分区的表示信息,信号机关闭或开放、列车进路开通等表示信息,由调度监督分机通过与电气集中结合电路进行收集,通过信息经总机处理后分别显示在表示盘或彩色显示器上。

显示方式

为方便调度员快速、准确地掌握现场情况的变化,以形象的图形方式,以不同的颜色表示列车的位置和信号的状态。可以观察全貌也可以有选择地观察任一站的详细情况。在30s内总机接收不到某分机的信息时,总机自动把表示盘和显示器上该站的信息全部熄灭并发出报警信号,防止调度员误认。

3. 列车运行自动跟踪

列车运行时,表示设备上的车次号也相应移动,列车离开该调度台管辖范围时,该列车车次号自动消失。

当系统中出现没有列车车次号的列车时,发出车次报警信号。在列车所在位置出现明显的提示信号,输入车次号后报警信号自动取消。当有多个没有列车车次号的列车时,每个无号列车依次报警。此时调度员可以写入车次号而不用写入地址即可方便地输入车次号。

4. 电务设备监测系统

在电务段设置电务设备监测总机,总机设有大容量存储器和高分辨率显示器,实时地存储全区段24h信息,这些信息包括:列车是否占用,信号是否开放、进路是否锁闭和各种事故报警信息。在车站电气集中监测系统时,还可以将车站监测的结果储存、显示和打印,并具有判断模拟量超限报警、熔丝报警、灯丝断丝报警等功能。接收到事故报警信息后有音响报警信号,可以调出前24h内任意时刻信号设备的状态,检查事故前后信号设备状态的变化,便于事故分析。可以画面形式实时地观察一个站的信息,指导车站信号工区的维修工作。

5. 旅客向导系统

在车站的播音室设一大套旅客向导系统,系统包括MODEM、计算机系统、语音存储系统、显示器等。MODEM与调度监督系统相连,通过显示器可显示出车站的站场情况,如列车位置、列车车次号、接近离去区段是否占用等。语音存储系统受计算机控制输出自然语言信息,接入车站的播音系统。播音的启动条件和播音内容可以人工设定。

6. 自检系统

自检设备是一套完整的微机系统,用来监视调度监督系统的工作状态,记录系统的故障。它的功能包括:监视总机发送的内容(帧同步信号、CRC码);监视接收到的分机发送的信号(地址码、信息码、CRC码);指示出接收到的每个分机同步信号是否正确;指示出接收到的每个分机CRC信号是否正确并记录错误次数;记录总机发送帧同步信号的次数;算出每个站的误字率;指示出每个分机发送的是哪一组信息,可以监视网络是否饱和;迂回系统指示出线路故障所在的区间。

(三)系统的主要工作指标

1. 工作方式

系统采用半双工通信制式,即控制端和表示端交替占用一定时间的信道发送信号。控制端占用两个字时间发控制字,调度监督系统中控制字只起发同步码的功能。表示信号的处理采用周期扫描变化检出的方式。对于调度区段内的各种表示信息我们希望系统始终处在实时监控之中,所以各个表示对象必须在不断的扫描监视之下,由于一个调度监督区段车站多时可达20个左右,每个车站的表示信息多的也可能达数百条,因此在目前的条件下(传输速度不可能很高),采用纯粹的周期扫描方式就可能丢失部分表示信息违背实时监控的原则。为了弥补这一不足所以该系统采用了周期扫描变化检出的方式,也就是把表示按等级进行分组,每个周期每个车站只向总机送一组表示(按变化优先、等级优先的原则排队发送),这样大大减少了一个周期要输送的信息量,从而不至於把一个工作周期拉得太长。

电码传输速率

为了适应载波长途通信系统,采用1200bit/s的传输速率;

通道频带宽度

通信长度载波线路中的一个话路,频带为300Hz至3400Hz;

调制方式为移频键控即FSK调制;

载频

采用 (1700 ± 400) Hz的不归零码,即低电平“0”用2100Hz表示,高电平“1”用1300Hz表示;

同步方式

由于总机分机间信息传输量大,为了提高码元利用率,系统采用同步通信方式。从后面系统工作周期的时间分配图及控制字、表示字结构可看出,数据传输过程中,每个周期有帧同步码,每个字有字同步码,这是同步通信的显著特点。

该系统选用16比特的“准”巴克码(1110101101100010)作为帧同步信号,其码距为8;选用8比特的“准”巴克码(1110010)作为字同步信号,其码距为4。

系统工作周期也即表示扫描周期 T 为2s。从理论上讲 T 应小于 $T_{占}$ 。

$T_{占}$ 可通过以下公式计算:

$$T_{占} = (L_1 + L_2) / V$$

式中 L_1 ——最短列车长度;

V ——列车最高运行速度;

L_2 ——最短道岔区段长度。

数据防护

通过BCH循环码检出线路传输过程中的数据错误,通过ARQ技术防止电路的逻辑故障。

环境温度

总机允许工作温度为 10 至 40 ；

分机允许工作温度为 - 20 至 55 。

(四) 系统的电码结构和信息发送方式

1. 控制字格式

帧同步字格式

帧同步字的结构如表 3 1:

表 3 1

字节顺序	1	2	3	4	5	6、7	8 至 10	11	12、13
码 型	0FFH	18H(70H)	53H(4CH)	XX	XX	XX	XX	BCH	00H
用 途	前导码	主同步 1 (迂回同步 1)	主同步 2 (迂回同步 2)	站号	命令	状态	呼叫	循环监督位	防止重复

前道码

前导码的码型为全“0”，主要作用是为了使信道进入稳定后再发送信息，同时为了防止传输过程中可能造成的信息重迭。

帧同步码

以 16 位的准巴克码作为帧同步信号，其作用是实现分机与总机间的起始同步，它是字同步的基础，只有帧同步可靠才能使位同步可靠。

站码、状态码、命令、呼叫码

系统为调度集中时才起作用，为了便于系统今后的发展，调度监督系统与调度集中系统的控制字结构是一至的。

校核码

采用 BCH 循环码为检验码，其生成多项式为 $g(x) = x^8 + x^2 + x + 1$ 。

防止重复码

用于避免因误差引起前后字间重叠时造成电码损失。

计划信息字格式

计划信息字格式如表 3 2:

表 3 2

字节顺序	1	2	3	4	5	6 至 10	11	12
码 型	0EAH	58H	XX	XX	XX	XX	BCH	00H
用 途	前导码	字同步	$D_5 D_4 D_3 D_2 D_1 D_0$	小时	分钟	车次	循环监督位	防止重复

其中字节 3 的 $D_7 D_6$ 为 01H 时 4、5 字节表示的时分为计划的到达时分， $D_7 D_6$ 为 10H 时 4、5 字节表示的时分为计划的到达时分。

2. 表示字格式(见表 3 3)

表 3 3

字节顺序	1	2	3	4	5 至 10	11	12
码 型	00H	58H	XX	XX	XX	BCH	00H
用 途	前导	字同步	状态及站号	状态及组号	表示信息	监督码	防止重复

(1) 字同步码

采用 8 位巴克码作为字同步信号，实现总机与分机每小周的同步。

(2) 站码及组码

站码采用 5 位全组合码,最大容量为 32 个站,组码也采用 5 位全组合码所以每个站最大容量为 32 组,每组 6 个字节,可有 48 个表示。

状态码在调度集中系统中才起作用。

3. 工作周期时间划分

图 3 2 所示为 DJ4 型调度监督系统工作周期的时间划分情况,帧同步字、计划信息字为系统总机的发送时区,分机发送时区的长短视分机的多少而定,最多为每周期发送 20 个表示字。另留有 4 个时区是控制机处理等所需要的时间。从控制字和表示字的格式来看系统工作周期 T 约为:

$$T = 96 \times (20 + 4) \times 833 \mu\text{s} = 2.16\text{s}$$

显然这个数值满足系统工作周期控制在 2s 左右的要求。

二、系统工作过程

1. 总机工作过程

DJ4 系统总机工作过程见图 3 5 所示流程图,从上电或 RESET 开始系统即按此流程一个周期一个周期周而复始地工作。从流程图可见,总机每个同期不断地重复发送帧同步信号,显然促使并保持系统进入同步状态是总机的一个重要任务。

图 3 4 系统工作周期时间划分

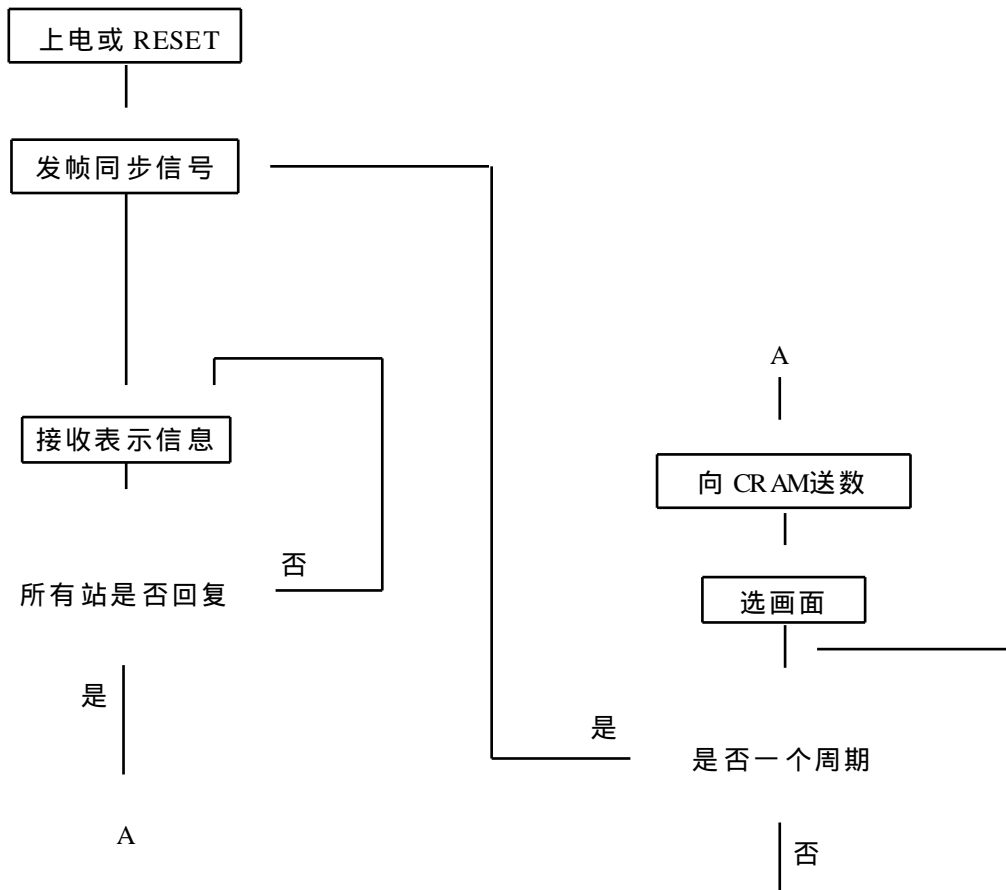


图 3 5 DJ4 系统总机工作流程图

2. 分机工作过程

分机工作流程图如图 3 6 所示。分机工作的首要任务是使已与系统取得并保持同步。分机与系统间的同步有这么四种状况:

- S₁ 与系统处于同步且工作于锁定状态;
- S₂ 与系统处于同步但工作于搜索状态;

S_3 与系统处于失步但工作于锁定状态;

S_4 与系统处于失步且工作于搜索状态。

分机上电启动后,一开始处于搜索状态,也即 S_4 状态。当它搜索到第一个帧同步信号后,即进入锁定状态(S_3),开始计算收到帧同步信号的个数,若分机再进一步连续收到二个帧同步信号,则与系统间进入同步状态并锁定在该状态(S_1)。由于传输的错误,分机在同步状态可能偶然收不到帧同步信号,若一次收不到帧同步信号,这时分机进入同步形式下的搜索状态(S_2),如果进一步连续收不到二个帧同步信号则分机会退入失步状态(S_4),重新开始搜索帧同步信号。

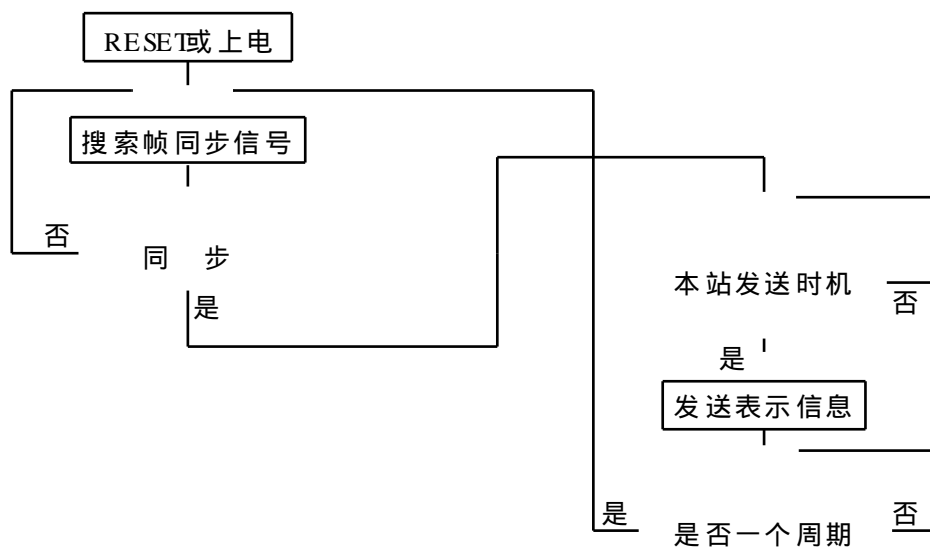


图 3 6 DJ4 系统分机工作流程图

三、DJ4 硬件简介

(一)前置通信机的组成和功能

DJ4 型调度监督的前置通信机是以工业控制单板机为核心的实时通信管理系统。图 3 7

图 3 7 前置通信机组成框图

所示为其组成框图,为提高通信系统的可靠性,它采用双机热备用和迂回传输通道的方式。

主前置通信机故障可自动倒向副前置通信机,某一分机故障不会影响其它分机正常工作。

(二)前置通信机通道板工作原理

由于电话通信发展的历史原因,目前我国有现成丰富的模拟信道资源可以利用,因此,现在大量的数据信号的传输是通过模拟信道完成。调度集中发送控制命令和表示信息都是由计算机产生的数字信号(直流电码),它的传输自然大多数亦是利用铁路现有的长度通信载波线路来完成的。所以传输过程中必须利用数字调制解调器对传输信号进行模数和数模转换。DJ4型调度集中采用的是AM7910单片调制解调器。

1. AM7910

AM7910是一个完整的可程式异步移频键控音频调制解调器。用引脚选择方式可选择300bit/s、600bit/s和1200bit/s三种不同的传输速率。AM7910采用数字信号处理技术来完成如调制、解调、滤波等主要功能,而且自己带有模-数、数-模转换电路和晶体振荡电路。AM7910虽然采用CMOS工艺,但其数据输入、输出及电源均与TTL电路兼容。所以采用AM7910不仅外部电路简单而且电路容易实现,同时也能符合DJ4传输速率要求。

数字调制解调原理在调制解调一节已作详细介绍,这里不再重述。AM7910的外部电路有二部分,一是设置和给AM7910提供工作条件使之工作在你所要求的工作状态,二是与外部进行信息交换。同外部进行信息交换主要有这么二类,一是同外线间传输信号的接收和发送(AM7910的TC和RC),这两个通道的交替切换通过本电路板的二——四转换电路实现;二是需调制输出的数码信号的输入和解调后数码信号的输出(TD和RD),这两路信号与CPU的交换通过I/O接口板完成衔接。AM7910的外部连接情况见图3-9。

图 3 9 AM7910 外部电路

2. 通道板接收、发送时钟的产生

AM7910内部晶体振荡电路(外接晶体)产生2.4576MHz的标准频率信号,经二级分频电路分别产生接收和发送二路时钟信号,如图3-10所示。74LS393是一个双四位二进制计数器,其1 Q_D 和2 A 相接即是把两个四位二进制计数器串起来使用,从电路可看出二路分频输出均经过了二个四位二进制计数器和一个三位二进制计数器分频,即通过了 2^{11} 分频,所以输出的时钟频率为1200Hz。

3. 接收时钟的位同步处理

图 3 10 分频电路

大家知道,要准确接收数据信号接收时钟与发送时钟的同步是必不可少的。由于采用的是准同步通信(接收端、发送端的时间基准不是来自于同一个振荡源),所以必须通过位同步来解决码元间的准确对应关系。图 3 11 所示为位同步提取电路,从电路可看出这是通过从接收数据中提取字同步信号后对本地接收时钟进行清零整步实现的。发送数据时因 RD 为高电位 74LS123 单稳态电路的 B 输入端被箝在低电位,所以其输出恒定为低电位,对分频器不起清零作用。进入接收数据状态时,当接收到字同步信号后, SY 由低电位变为高电位,所以 RD 一有下降沿,74LS123 的 Q 端就有上升沿使分频器清零。这样使得接收时钟的下降沿始终与接收到的数据序列中的下降沿相对应。

图 3 - 11 位同步提取电路

4. ARQ 电路

数字回送电路的作用是检查本地终端和远地终端是否正常工作。在全双工工作方式下,数字回送是让远地终端来检测本终端是否完好。DJ4 调度监督采用半双工工作方式,因此设计成本地终端检测本地终端工作是否良好。图 3 - 12 所示为数字回送电路,当想检查本地终端是否工作正常时,使本地终端处于接收状态,并通过数字回送来完成比较。

数字回送电路由 74LS91 八位移位寄存器和一些简单的逻辑电路组成。图 3 12 中 SX 是回送控制端, P_1 和 P_2 是回送比较引线。当 AM7910 用于发送时,不能回送, SX 置为“1”,打开与非门 2。由于发送时, RD 箝位于高电位,所以 74LS91 的 Q 输出始终为低电位,这样关闭与非门 1,打开与非门 3,VO 板上发送的数据 TXD 通过与非门 2、与非门 3 加到 AM7910 的 TD 端。

当 AM7910 用于接收时,此时允许进行回送比较。当想要检测本地终端时就置 SX 为低电位,关闭与非门 2、4,打开与非门 1、3,让 AM7910 解调后的数据由 RD 输出端通过 74LS91 移位寄存器、与非门 1、3 加到 TD 端,构成数据回送通道。这样 RC 输入端的输入载波信号则被分成二路:一路由 P_2 送到回送比较装置(当前来说未经处理过的原

图 3 12 数字回送电路

调制信号);另一路进入 AM7910 解调,从 RD 输出经数字回送通道重新进入 AM7910 调整成载波信号(当前经 AM7910 处理过的调制信号)从 TC 端输出经由 P_1 送到比较装置。注意此时的发送通路应关闭,不能向远端发送。 P_1 和 P_2 比较是否相同就可判断本地终端(通道板)是否良好。

5. 二/四转换电路

DJ4 采用的半双工通信方式,所以外线只有一对,而调制解调器与外线联系有二对通道,数据接收和数据发送,为此需用二/四转换电路使之交替与外线相通。图 3 - 13 所示为转换电路,MC4066 为双向模拟开关,74LS06 为六倒相缓冲器/驱动器。当 MODEM 处发送状态时,74LS07 输入高电位,用其输出打开 MC4066(1)、(2),用经 74LS06 倒相后的输出关闭 MC4066(3)、(4);从电路可看出二组模拟形状开关同时只能打开一组,所以当 MODEM 处接收状态时,模拟形状开关的状态则正好相反。其中 MC4066(3)的作用是在进行回送比较时防止信息发送出去。

图 3 13 二/四转换电路

(三)分机的组成和功能

分机处于调度监督管理区域中的各个车站,用于接收总机发来的帧同步信号并使本分机

与系统保持同步,以及采集本车站的信息并编码向总机发送。具体来说分机主要要完成如下功能:

(1)接收总机同步信号,建立分机和总机间的同步关系;

(2)采集车站控制设备的表示信息,按照变化优先、等级优先的原则进行可靠的处理和编码发送;

(3)故障时完成报警和自动倒机。

(四)分机基本组成和硬件电路

图 3 14 所示为分机组成框图,由于系统采用模块化结构,分机具有同总机类似的工业控制单板机系统,另外它还具有总机所没有的表示信息采样控制板、表示信息采样板。

1. 采样电路

(1)分机采样板

图 3 15 所示为分机采样板原理示意图。每块板可采六个字节(每个字节 8 位)的信息,每个字节由一个光耦与采样控制板的控制部分相隔离,每个字节的每一位均通过一个光耦与采样控制板数据输入部分相隔离。

图 3 14 分机组成框图

图 3 15 分机采样原理示意图

(2)采样板与电气集中接口

图 3 16 所示为与电气集中的结合电路。未选中时光电耦合管处于导通状态, A 点电位被箝在低电位无数据输出,字节被选中时光电耦合管截止, A 点电位被放开表示灯状况送给通道板的数据输入端。

(3)采样控制板采样控制部分原理

通道板采样控制部分电路示意图如图 3 17 所示。 A_0 、 A_1 、 A_2 为基本地址,通过三 - 八译码器产生八位地址(只用六位)用于选字, A_3 至 A_6 经两个三八译码器用于选采样板,给采样板上的三一八译码器以选通信号。

图 3 16 分机采样板与电气集中结合电路

(4)采样控制板采样数据输入部分

图 3 18 所示为通道板采样数据输入部分原理示意图。从电路可看出,它通过光电耦合把采样电路同通道板以后的数据处理电路完全隔离开来了。

(5)通道板中断请求电路

图 3 19 所示为通道板采样中断请求电路示意图。加中断请求电路的目的是为了选定最佳采样时机,选择控制台点灯交流 24V 的峰值进行采样,以确保采样的可靠性。

图 3 17 分机采样控制板采样控制部分示意图

从中断请求电路可看出,当交流信号为正峰值时光电耦合管才截止,才给 74LS123 触发信号(一个上升沿),通过 74LS123 送出采样请求。

图 3 18 分机通道板采样数据输入部分示意图

图 3 19 通道板采样中断请求电路示意图

第三节 TY DJ 型调度监督

TY DJ 型调度监督系统是一个适用性非常广泛的调度监督系统。它不仅可用于路局间、分局间等分界口,而且可用于铁路枢纽、编组场、区段等场合。在铁路上它可给车站行车值班员提供直观地站内和区间的信号设备状态和列车运行情况等实时信息;可给分局调度所有关调度员、调度长提供列车在站间、区间、枢纽、编组场及区段的实时运行情况;也可给路局调度科、铁道部调度处提供有关路局分界口、主要枢纽、主要编组场的列车运行情况。此外它还可配置车次跟踪,并可给运输部门显示并绘制三小时计划图表、列车计划运行图和实绩运行图以及枢纽示意图、营业线图。同时还能给电务部门提供有关集中监测信息等等。

一、主要功能及技术指标

(一)基本功能

由高分辨率彩色显示器屏幕或发光二极管表示盘向调度员提供所辖车站的监视;通过扩展器还可向其它有关人员提供屏幕显示。

(1)有与电气集中控制台上相同站形的所有表示。如:进站、出站、进路和调车信号的显示

状态。所有进路锁闭、占用和解锁；股道空闲、排列进路及占用；接近、离去区段表示以及半自动闭塞状态及区间占用情况等等。调度员可通过选择键选择所需车站的表示。向电务人员除提供以上表示外还有故障表示及报警。以便于判断并指导现场处理故障。

(2)有进路指示线的简化站形整体显示,调度员对所辖范围内全部车站和区间的信号设备状态及列车运行情况可一目了然。

(二)选择功能

根据需要由用户选择 TY DJ 调度监督系统可增加以下几项功能。

(1)车次号显示及跟踪。车次号采用调度中心和端站、编组站人工输入方式,有设置、修改和预存功能,由系统软件完成跟踪和显示;

(2)列车计划运行图和实际运行图屏幕显示,拷贝或自动描绘;

(3)24 小时信息储存及查询。

(三)可扩展功能

(1)可实现站间信息交换,为车站值班员提供相邻站的显示;

(2)区间信号点信息采集和记录报警;

(3)支持静像传送。

二、主要技术指标

系统工作方式:时间划分、周期扫描变化发送的周期工作方式;

通道数据传输速度:1200bit/ s

信息容量:容量可灵活增减,一般考虑能满足信息采集要求即可,一个分机的最大容量为 10×96 个两位式对象;

信道类型:适合应用符合通信标准的各种信道。如市话电缆、低频综合通信电缆、载波话路等;

系统网络结构:星形、链形及带分支的链形;

通信方式:半双工;

中继方式:再生中继;

信息传输方式:基带传输、频带传输均可;

环境温度:主机允许在 10 至 40 ,分机可工作在 0 至 45 范围内;

三、系统构成及工作原理

(一)系统构成及主要特点

分界口调度监督是由四级微机区域网络构成的分散目标多层监视的遥信系统。采用专用传输通道自成体系。它包括电务维修监视在内,一般至少有六个以上的远距离监视点,系统图见图 3 20(a)。

它的底层网络即与各车站信息采集分机连接的中心机信息处理及显示系统可构成分局的枢纽或区段调度监督。一般分界口连接的几个车站有区段特征,而大多数分界口都有大编组站和客站(如山海关、德州分界口),它又具有枢纽的某些特点,因之底层微机网有链式和辐射式等多种连接方式。

系统中的中心机(或主机兼)的任务是管理分机、收集分机发送的现场信息,向电务维修人员提供数据和站场显示;同时向车站值班员、有关分局、路局的主机发送信息,由主机进行处理

后向调度员提供显示。

中心机与各站信息采集分机通过实回线用再生中继方式连接,传输系统采用令牌探询方式,如图 3 20(b)所示。

图 3 20(a) TY DJ 调度监督系统框图

图 3 20(b) TY DJ 调度监督系统框图

其特点是提高了信噪比和抗干扰能力,并且连接简单,调试方便,便于扩展。适合于在市话电缆中采用基带传输的电流环通道或远程数据收发器。当采用长途综合电缆时才配置专用调制解调器。这种连接方式还可方便地实现站间信息交换,向车站值班员提供相邻站表示。而当某分机故障时,由通道自动短接电路连接后方分机,不影响其相邻站正常工作。

中心机与上位机的通信,目前均用载波话路通过分配器与相邻分局、路局的主机联网,向调度员提供显示。最后由分界口主管局的主机用与调度电话等级相同的干线话路向铁道部发送信息。

部调度中心的分界口调度监督系统框图见图 3 21 所示。

(二)工作原理

中心机和分机信息交换采用时间划分制、周期同步、信息变化发送的循环扫描方式。每个循环开始,中心机顺序向各分机链路发送同步信息,然后中断接收各分机链路顺序发送的信息,经处理后送屏幕显示并向各上位机发送信息。

在监视范围内的各站的信息采集分机在 8086—16 位单片机的控制下,不断从电气集中表

示灯条件上通过光电耦合器采集信息、接收来自车次号输入盘上输入的车次号信息,也可接收区间信号点处采集的信息并进行处理:发送、显示、报警、记录。对变化的信息进行存贮。当中心机方向中断接到同步信息后,则将本站信息向中心机发送,然后向下一分机转发同步信息,如该站无变化信息,则只发送站码及结束标志,由前方分机转发给中心机。

图 3 21 部调度中心的分界口调度监督系统框图

信息交换采用二线半双工异步通信方式。10bit 为一组,除起始和停止位外, D_0 至 D_7 比特均作信息位,其中一个二位式对象占 1bit(如出站信号的开放与关闭),三位式对象占 2bit(如道岔区段的占用、空闲和锁闭)。为了提高信息交换中数据的可行性,采用差错控制技术,实行冗余信息传输全码校核方式。信息流结构如表 3 4:

表 3 4

同步	起始标志	站码 1	站码 2	信息码 1	信息码 2	结束标志	结束标志	站码 1	站码 2	结束标志	结束标志
----	------	------	------	-------	-------	-------	------	------	------	------	------	------

当某站信息有变化时,该站信息全码重复发送。当某站信息无变化时,则只发站码和结束标志。当某站信息长时间无变化时,则每隔一定周期(一般为 20 个周期)连续发送三次全码信息,以进行自校正刷新画面,保证中心机在开机时能及时显示现场情况。

中心机的另一任务是向相邻分局或路局的主机发送信息,并由主管局进入铁道部的多路集中器,经集中器的软件处理后向调度处长提供实时监视信号,并可通过鼠标选择所要看的分界口。管理机则完成 24h 信息储存和再现,接收实时机的车次号信息,绘制实际运行图,并作运行资料统计,向调度员提供计划和实际运行图等显示。处长机则接收集中器的信息进行处理后,向调度处长提供实时显示或查阅图表资料等。

四、硬件配置

(一)主机配置

中心机或主机相当于传统遥信总机,是系统的核心。该系统采用市场上的通用微型计算

机(386 以上)作为总机。因为通用微型计算机性能价格比最高,而且具有容量大,有较完善的自检系统和丰富的支持软件等优点。因而易于开发其它管理应用软件,增强调监的其它功能。同时由于有扩展槽,可方便地使用鼠标、光笔、数字化仪和绘图仪等,更重要的是能紧跟市场发展更新设备,享受既有成果。微机发展迅速,从目前市场看,中心机对计算机的要求很低,目前市场上大众化微机配置均能远远超过其对基本配置的要求。因而仅需注意考虑特殊配置,如由于要带多个监视器需配一进多出的显示扩展器、异步通信口是否够用,是否需增加等。另外为了保证计算机正常不间断工作,需采用抑制干扰、防雷和稳压的交流稳压电源和隔离变压器。

(二) 专用调制解调器

由于本系统采用专用通信线路二线、半双工及“点——点”Token 通信工作方式,市购调制解调器许多地方不适合,所以采用适合本系统的专用MODEM,如图3 22所示,其特点是以两线半双工传输工作模式为目标,与 CCITT V.21、23 协议相符,接口满足 CCITT V.24 V.28 协议。

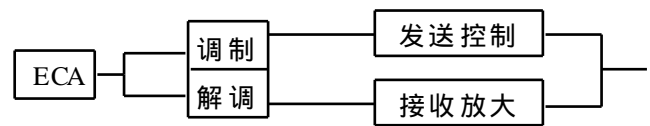


图 3 22 专用 MODEM 组成框图

该调制解调器把通用异步接收发送器与调制解调器合二为一,把两台调制解调器合为一体,增加了数字中继功能,按实际需要简化了不必要的电路功能,提高了调制解调器的适应性和可靠性,降低了造价。

(三) 提高系统数据传输可靠性的措施

提高系统数据传输可靠性的途径之一是改善信道的电性能,使传输中的差错降低到最低限度。但受经济技术的限制,不可能得到理想的结果。本系统传输信道采用点——点再生中继连接和令牌探询方式(Token),提高了信噪比和抗干扰能力;另一方面又采用“差错控制”实行信息冗余全码校核。程序设计成只有正确接收到指定车站的标志和站名后才接收信息,这样避免了因突发噪声造成的错码误认。只有当正确接收到站码信息后,程序才将收到的信息两两字节进行比较,辨别有无错误信息位,如有错误信息位拒绝送显,程序在信息发送结束后以判断码结束标志,保证码结构的完整性。

(四) 信息采集分机

信息采集分机,使用分散、数量多、工作环境恶劣。它是决定系统可靠性、稳定性和可维性的重要因素。一个多功能高可靠性的信息采集分机非常重要。

为避免因现场交流电源切换造成分机死机、信息丢失,分机采用了一套大容量的线性电源,能保证环境温度在 50 时连续正常工作,其指标满足 ISBC 工业单板机电源标准。

图 3 23 所示为分机硬件框图,系统板采用 8086CPU, RAM 为 64KB 通过 8255 快速通过总线与外设对话,框图如图 3 24 所示。

SWIN—96 为数据采集板,每块可采集 96 个二位式对象, SERB—8 是 8 口通信卡可扩展, 7988 是自启动电路。

分机除完成信息采集和总分机信息交换外,还可按车次号信息及区间信号点所采集的信息监测系统,显示、记录故障信息,进行故障报警,还可完成站间信息交换、向车站值班员提供临站信息。分机还设

图 3 23 分机硬件框图

图 3 23 所示为分机硬件框图,系统板采用 8086CPU, RAM 为 64KB 通过 8255 快速通过总线与外设对话,框图如图 3 24 所示。

置了系统运行监视电路(“看门狗”),当系统运行不正常且超过一定时间时,看门狗能使系统重新启动,使系统恢复正常运行。

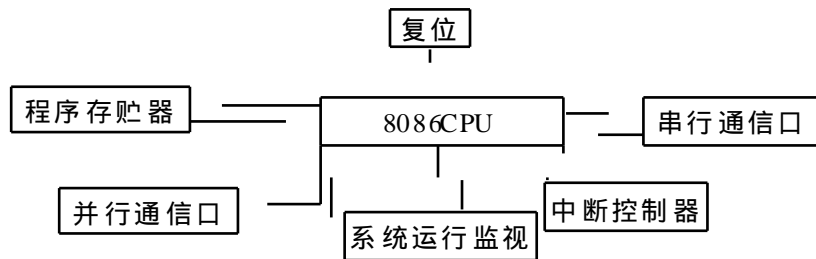


图 3 24 IC50—86 系统板框图

分机内采用 86 总线,对外连接通过电缆插头转换,合式结构装设在电气集中组合架上,型分机可插 6 块信息采集板,型分机最能插 10 块板。面板上有分机程序工作表示灯、通道工作状态表示类及电压指示灯,以便于判断故障和进行维修。

五、软 件

微型计算机采用 DOS 操作平台,用汇编语言和 C 语言结合编程。应用软件设计采用模块结构,设计有许多功能模块,而且各模块独立性很强、采用标准化设计,所以具有较强的通用性。模块化结构使得系统便于开发调试和扩充。

(一)中心机的工作过程

中心机的作用是向各分机发同步信号和接收分机发回的表示信息,并在显示器上显示出来的同时把信息发送给其它有关主机。具体工作流程如图 3 25 所示。

(二)主机(上位机)

其主要功能是接收中心机的转发信息,并对信息进行处理,送显。其工作流程如图 3 26 所示。



图 3 25 中心机工作流程图

图 3 26 主机工作流程图

(三)管理机

管理机的作用是接收集中器分配来的实时信息,存储 24h,并可方便地再现出 24h 任一时刻的调度监督显示。接收实时机传送来的车次号信息,绘制实际运行图,并与计划运行图进行比较,作出早晚点统计和股道效率统计。可将有关的统计资料拷贝或打印保存下来。同时,管理机可为调度员提供所需的图表资料档案,使调度员能随时快速地查阅到其所需资料;可与其它计算机网络联网,进行信息交换,达到信息共享。

(四)分机工作过程

分机的主要功能是采集本站信息,对有变化的信息依次存储。接收来自中心机的同步信息后,向中心机依次发送本站信息,并向下位机转发中心机的同步信息,接收下级分机的信息并向中心机转发该信息。其工作流程如图 3 27 所示。

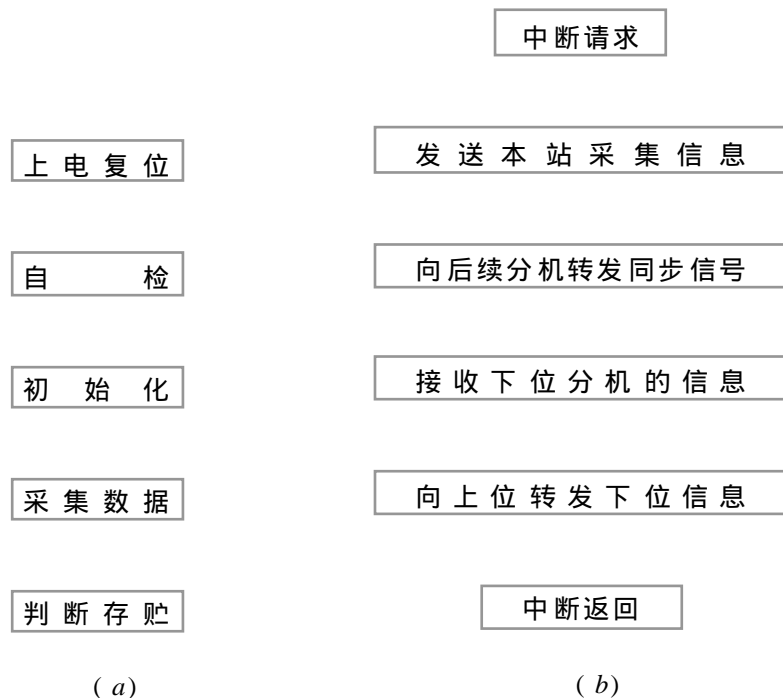


图 3 27 分机工作流程图

六、雷电防护

根据铁道部《技规》规定,凡是与交流电源线、架空线、电缆和钢轨连接使用信号设备均应装有雷电防护设施。为此,分界口调度监督设备的中心机和各分机均装了电源防雷组合 UL1—A220 和电缆防雷组合 ULB—5 或 ULB—12。

(一)电源防雷组合 UL1—A220

1. 用途

UL1—A220 直接接入机械室电源屏输出 220V 两端与分机电源的输入插口 2 和 5 两端,如图 3 28 所示。

2. 工作原理

图 3 29 所示为 UL1—220 的电路原理图。当室外 220V 架空线遇到雷害时,雷电浪涌信

图 3 28 电源防雷组合在系统中的位置

图 3 29 UL1—220 的电路原理图

号通过压敏电阻器 R_1 、 R_2 及陶瓷三极放电管 FG 加到 E 点进行纵向防护,由于采用了三极放电管,使两个放电间隙的冲击点火电压的时差限止在 $0.2\mu\text{s}$ 内,有效地降低了线间的电位差,从而起到了雷电信号的横向防护,保护了设备的安全。

(二)电缆防雷组合 ULB—5 和 ULB—12

1. 用途

中心机与分机、分机与分机之间的数据通信是通过电缆传输的,所以需加 ULB 防雷组合保护中心机和分机。ULB 串在通道电缆和中心机或分机通信接口之间。ULB—5 用于调制解调器(MODEM)传输,ULB—12 用于电流环传输。图 3 30 所示为防雷组合在系统中的位置。

图 3 30 电缆防雷组合在系统中的位置

2. 防雷组合工作原理

由于中心机或分机均为集成电路组成的微型计算机,工作电压低,承受过载能力较差,所以对雷电浪涌防护要求较高。ULB 采用四级防护。原理电路如图 3 31 所示。当雷电信号侵入时,雷电信号通过放电管 FG 到 E 进行纵向防护,在通过的瞬间起缓冲作用,再经 DW_1 、 DW_2 二级双向瞬态稳压二极管防护,使雷击时的电压控制在 5V 至 16V 左右,从而保护了调制解调器或电流环接口设备的安全。

图 3 31 ULB 原理电路

瞬态二极管 DW_1 和 DW_2 是为保护电信系统免遭雷击而特别设计的抑制浪涌电压的元件,它的显著特点是快速响应,响应速度小于 1ns。因为打雷时,雷电信号大约经 10ns 达峰值,并在 1ns 内浪涌电压消失,如果不想法保护,则电信设备立刻被浪涌脉冲毁坏。瞬态二极管能在小于 1ns 内起作用,主要是利用硅 PN 结通过某一大电流时雪崩击穿(即垂直箝位特性)达到抑制瞬态电压的性能,使电信设备在经受快速浪涌脉冲后被迅速箝位在某一要求的电压,保护了电信设备的安全工作。

ULB 将放电管和瞬态二极管一起使用,就更有效更迅速地保护了设备,免遭雷击浪涌的伤害。

思 考 题

1. 何谓透明传输?
2. DJ4 中迂回通道有何用途?
3. DJ4 是如何解决位同步的?
4. 为什么要加防雷组合?
5. 分机采样电路与电气集中是如何隔离的?
6. 简述 DJ4 分机工作流程。

第四章 调度集中

第一节 D5 型调度集中

一、D5 型调度集中概述

D5 型调度集中系统是以微机为基础的在线实时控制系统,用于监视和控制在地域上分布广泛的设备的工作,进行集中调度和数据采集、处理。这个系统在铁路上可用作:调度集中、调度监督系统、电务设备监视系统和供电系统的控制与监视,也可用于其它工业生产过程的控制与监视。作为调度集中系统,它具有以下功能:

1. 列车运行和信号设备状态信息的收集、处理和单端、多端显示;
2. 列车进路人工控制,进路存储控制和进路程序控制;
3. 列车运行监视,早晚点统计,晚点报警,越行预告;
4. 列车车次追踪、显示,列车车次的输入、传递、存储和修改;
5. 列车实际运行图记录;
6. 行车有关数据的处理、打印。

并预留列车运行调整、运行图管理以及与上层计算机进行信息交换的接口条件。

系统主要技术特征:

1. 容量:系统控制的车站数和对象数可灵活增减,基本容量为 20 个车站,每站 80 ~ 120 个二位式控制对象,56 ~ 448 个二位式表示对象;系统附有区间信号设备监视子系统时,每一套车站设备可监视 36 个区间信号点,每个信号点可采集 6 个二位式对象的信息;
2. 工作方式:控制随时输入,定时发送,被控分机返送回接收端的信息经比较正确后执行;表示采用循环扫描,变化信息组优先发送的方式;
3. 信息传输:采用速率 1200bit/s 的移频键控(FSK)调制方式,适合二线或四线制传输,并能满足控制命令不积压,在 2 ~ 4s 内将现场设备状态变化信息送至调度所的要求;
4. 控制范围:无中继直接控制距离不小于 50km,加中继后能满足各种实用要求;
5. 电源:总分机及外部设备均采用单相交流 220V、50Hz 的交流电源,总机最大消耗功率为 800W,分机最大功耗为 200W;
6. 工作环境:室内设备环境温度 0 ~ 40 ,室外环境温度 - 25 ~ + 60 时能正常工作,在耐震动、耐腐蚀等性能方面符合铁路一般电器设备标准。系统适用于电化和非电化铁路区段。

二、系统构成和工作原理

(一)系统的基本组成

D5 型调度集中由附有相应控制、表示设备的总机和若干台分机组成。分机以共线方式连接,根据各分机的地理位置及通信电线路方式可形成各种拓扑网络结构。

图 4 1 所示为典型系统构成示意图,总分机以一对通信电线路连接,各分机均采用环形引

入,实现站站中继,每台分机均有再生中继器。为了提高系统的可靠性,可设置迂回通道,即主通道的备用通道,迂回通道将总机发送的信息通过高频通道送至末端分机,以便在主通道电缆某处出现故障时,故障点以远分机可通过迂回通道接收到总机发送来的信息和向总机发送信息。图中运行子系统和区间信号设备监视子系统为选件,可根据实际需要取舍;表示盘与站场显示器也可任取一种。

图 4 1 典型系统构成示意图

(二) 总分机通信

系统总分机间通信采用半双工工作方式,各分机同时接收总机发送的信息,并按时分制各占用一定时间段向总机发送信息,总分机按固定时间周期同步工作。每一周期开始,由总机向各分机发送帧同步信号,并且约定,分机必须收到 3 次帧同步信号才能进入与总机同步工作状态,这同 DJ4 型调度监督系统的同步方式基本相同。系统帧同步信号码型为:0000 1110 0011 0010(0E32H),向迂回通道发送的码型为:0001 1000 1101 1010(18CAH)。总机向分机发送的信号称控制字,分机向总机发送的信息称表示字。系统通信编码有以下几种格式:

(1) 帧同步字

字长 4 个字节 32bit,其中第 1 个字节(前 8 位)为前导码,第 4 个字节(后 8 位)用于防止信号重叠,中间第 2、3 二个字节(16 位)为同步码。

字 节 数	1	2、3	4
电码形式	00H	0E32H	00H
名 称	前 导 码	同 步 码	防 止 重 叠

(2) 控制字

字长 88bit 11 个字节。其中第 1 个字节前导码;第 2 个字节同步码,码型为 0001 1010 (1AH);第 3 个字节前 5 位是选站码,采用全组合码的奇数(其中 11111 不用),后 3 位为特征码,用于区别控制字性质,001 为控制命令,011 为数据传送,如车次等,101 为呼叫表示重发等。

第 4 至第 9 个字节为信息码,发送控制命令仅用 1 个字节,采用全组合码,其余 5 个字节备用,传送车次号等数据时,最多可用 6 个字节,传送呼叫重复发送表示时,所用位数与分机数

同,其余位不用。呼叫时,以单位比特顺位选叫要求重发上个周期发送的表示内容,可呼叫部分或全部分机重发上一周期表示内容。

第 10 个字节为校验码,采用 BCH 码,生成多项式为: $g(x) = x^8 + x^2 + x + 1$ 。最后 1 个字节用于防止信号重叠。

字节数	1	2	3	4至9	10	11
电码形式	00H	1AH	全组合码	全组合码	BCH	00H
名称	前导码	字同步码	选站码等	控制命令	校验码	防止重叠

(3)表示字

表示字字长和结构与控制字相同,只是第 3 个字节中 5 位选站码采用全组合码的偶数(其中 0000 不用),3 位特征码取值为 000。6 个字节位信息码按 $(8 \times 2) \times 3$ 组成,即 1 个字节组码,1 个字节信息码,每次发送 3 组计 48 比特,当发送其它数据时,第 3 个字节中的特征码值也做相应改变。

字节数	1	2	3	4至9	10	11
电码形式	00H	1AH	全组合码	全组合码	BCH	00H
名称	前导码	字同步码	选站码等	信息码	校验码	防止重叠

(三)控制命令的发送与接收

所谓控制命令就是调度员的控制意图。调度员通过在进路控制终端的键盘可将自己的控制意图送入系统,形成控制命令。控制命令的执行过程是这样的,命令经系统处理后送至相应分机,这时命令并没被马上执行,而被该分机返送回总机,总机接收到返回来的命令编码即要求操作人员确认,操作人员确认后按压按执行键再次发送执行命令,分机接收到执行命令后,才予以正式执行。这样做的目的显然是为确保系统执行调度员控制意图的准确性。进路控制终端的键盘上设有站名键、股道键、接发车信号键、上下行通过键以及其它辅助键,各种键的操作在终端显示器上都有相应的显示。调度员还可预办各车站接发车进路命令存储在系统总机内,总机会根据现场控制命令执行情况,顺序自动地发出。考虑到实际运营需要,现系统对每个车站按 4 个方向各可存储 3 个进路命令。

进路控制终端的显示器显示键盘操作内容以及与进路控制有关的信息,其主要内容有:

(1)显示管辖区段内被控制车站的储存进路状况。每个车站按 4 个方向(上发、下接、上接、下发)分别显示 3 个储存的进路名称,储存的第一条进路执行后,显示内容自动取消,原存储的第二条进路名称亦自动上移。对区段内的非控制站(表示站)则显示允许发车或取消允许发车字样。

(2)显示各车站所处的控制状态,即:站控(车站控制)、机控(调度集中控制)和试排(调度集中控制试排进路)。当车站值班员请求改变工作状态时,相应车站的状态显示闪烁并伴有音响,以提醒调度员注意。

(3)显示向各站正在发送或已发送的控制命令名称及其回执信息的命令名称,二者一致并发出执行命令后即显示执行字样。若已发送两次,回执信息均不一致时,则显示“??”并用音响报警。

显示系统时间,最小单位为秒。

(四)表示信息的采集、发送与显示

分机按照周期扫描变化检出的原则采集和发送信息。分机按 8 个一组定时采集车站道岔、轨道电路、信号等设备状态,并将刚采集到的各组信息与贮存的相应组号的信息进行比较,检出发生变化的信息组。各分机在每一个工作周期内发送一个表示字,各站发送信息的时序是固定的,这和通常的周期扫描制系统工作方式相同,但发送的表示字的信息组是变化的。如果车站设备状态在本扫描周期内无变化,则按该车站信息组编号顺序发出三个组的信息,若设备状态有变化,则有状态变化的信息组优先发送,如有三组以上信息组有变化,则按组的顺序号发送,显然这种变化检出的周期扫描方式具有周期扫描的特点,并缩短了有变化的信息发送等待时间。

总机接到各站送来的表示信息,经智能通信扩展器板处理后送至 CPU 板,再与车次数据结合,形成规定的表示信息格式,分别送至表示盘、站场显示器和维修监视系统的显示器,后者再利用其自身中央处理器将接收的信息变成各自所需的信息格式,显示在相应的屏幕上。

(五) 车次的输入、追踪与显示

该系统的车次输入采取在总机上人工输入和预存入口站时刻表相结合的方案。总机处设有车次输入终端,终端的键盘上设有站名键、数码键、方向键以及功能键等,可人工预排车次和对显示的车次进行修改或增减。终端显示器的上半部屏幕可兼作进路控制终端显示器使用(当控制站数较多一个屏幕不够用时),下半部屏幕则显示有关车次的如下信息:

- (1) 上、下行入口站按时刻表预排的或人工预排的 10 列车次;
- (2) 中间站上、下行方向始发列车预排的车次;
- (3) 操作键盘有关按键的回执信息,以及键盘操作对错的显示。

车次追踪功能是由软件实现的。在总机存储器中预置与区段内车站股道和区间闭塞分区相对应的车次单元,程序根据入口站预排的出发列车车次和列车占用股道或闭塞分区的表示信息进行处理后,把有关车次送入相应车次单元内;随着列车的前进及列车占用轨道区段信息的变化,车次数据被及时移入当时相应的车次单元,从而实现列车车次跟踪并同时获得列车位置和进出站的时刻。

同时列车位置信息与各站表示信息被送至表示盘和站场显示器的中央处理器,经处理后通过盘面和屏幕得到相应的车次号、时间和位置显示。

(六) 运行图显示与描绘

列车运行实绩的显示与描绘是根据总机送来的列车车次追踪数据和列车进出站时间通过高分辨率彩色显示器和描绘仪实现的。用显示器、数字化仪作为人机对话接口,以便选取所需画面,并作为修改计划运行图的预留接口。显示屏幕的画面按现行运行图格式设计,即横轴为时间,纵轴为距离,附带有各车站名称,画面时间轴为 5h,其中 2h 显示实绩线,3h 预留显示计划线,实绩与计划线的分界线即为实时时钟提示线,它随着实际时间的流逝,每分钟向右移一格。画面的右侧设有人机对话功能区,操作人员利用数字化仪移动屏幕上的光标,可获得功能区列举的功能,对画面进行修改补充。显示器所显示的列车运行实绩的数据,存放在运行图子系统的内存内,随时可根据操作人员的操作送至系统的描绘仪,按显示的图形描绘在记录纸上,描绘仪最大绘制面积为 864mm × 594mm,与现行使用的运行图记录纸尺寸相当,描绘仪有 8 支笔,可绘制黑、红、兰、绿四种颜色的各种符号和图形。

三、系统硬件配置

(一) 总 机

调度集中总机设置在调度所机房内,由二个机柜组成,其中一个为电源柜,内设 5 套直流

稳压电源,为总机电路提供 $\pm 5V$ 和 $\pm 12V$ 工作电源及备用电源,机柜前上方设有电源工作状态指示灯;另一个为电路插件柜,其前上方设有双机工作指示灯、倒机键、报警喇叭和报警清除键等,机柜内装有二只标准插件箱,上层插件箱内插装 A 机的电路插件,下层插装 B 机的电路插件,底层设有 9 只与外线路和外部设备连接的 9 芯插座。A、B 机的电路插件完全相同,主要有调制解调器、智能通信控制器、四通道通信扩展器、多总线中央处理器、RAM 扩展板、EPROM 扩展板和倒机板等电路板插件组成,其中除调制解调器、倒机板插件外均选用 INTEL 公司的标准插件。图 4 2 所示为各电路插件间的相互关系。

图 4 2 总机各电路插件间的相互关系

(1) 调制解调器

调制解调器插件的核心是 AM7910 单片移频键控音频调制解调器芯片,有 5 根方式控制线用来选择所希望的调制解调方式,芯片通过运算放大器 and 三态门与外线路连接。

(2) 智能通信控制器(iSBC544)

本电路板采用 8085ACPU 来进行通信控制和管理,有 4 个可编程同步/异步串行通道,10 个可编程并行 I/O 线,12 级可编程中断控制,16KB 字节双口动态读/写存储器。在本系统中智能通信控制器被用作“智能总线从属器(intelligent bus slave)”,处理总分机通信有关任务。智能通信控制器板按功能划分由三部分组成:I/O 口、中央计算机和双口随机存储器(RAM)。I/O 口部分围绕着 4 个 8251A 通用同步/异步接收/发送器(USART)提供完整的可编程串行接口,还包括一个 10bit 并行接口;中央计算机部分是由 8085ACPU、EPROM/ROM、静态 RAM、可编程时钟/计数器和可编程中断控制器组成,提供对板上通信工作进行管理的智能化,但作为智能总线从属器时,板上的 8085A 不能由系统总线上取送数据;双口 RAM 是智能通信控制器与系统主处理器间的关键通信线路。双口的概念使得动态存储器同一字段可被板上 8085ACPU 和板外的系统主处理器存取,系统程序可利用这个共用的双口 RAM,进行主从处理器间传送指令和状态信息的工作。

(3) 四通道通信扩展器(iSBC534)

该电路插件具有可接至多总线扩展系统的串行通信能力。板上有 4 个采用 8251A 的可编程通信接口,每个接口可由系统软件分别设定串行数据传输方式、数据格式、控制字格式、奇

偶校验和波特率。

(4)多总线中央处理器(iSBC8825)

该电路插件由十一个主功能区组成。其中央处理器是工作在 5MHz 的 8088CPU,它包含 4 个 16bit 字节可编址数据寄存器,2 个 16bit 存储器基数指针寄存器,2 个 16bit 变址寄存器。所有寄存器以总数为 24 个操作数的选址方式进行存取,以加强对存储器选址和高级语言数据结构的支持。CPU 的时钟电路是由时钟发生器 8284A 和驱动器件提供的,它采用 15MHz 晶体振荡器获得 5MHz 时钟频率输出,复原(RESET)和准备好(READY)功能也由 8284A 器件产生。板上随机存储器(RAM)采用二块 2168 器件,每个器件存储容量为(4K×4)bit;只读存储器(ROM)在板上有 4 个插座,可安装 4 种 ROM 器件(2716、2732、2764 或 27840)。地址译码电路是用来对 8088CPU 在选址时送出的几个状态比特进行译码的,以便确定是选存储器地址还是输入/输出接口地址。

串行接口电路,多总线中央处理器板利用一个 8251 可编程通信接口(PCI)器件进行串行通信,发送、接收的时钟由跳线选定,该器件构成一个适合 RS 232 C 通信协议的数据组。并行接口是用一个 8255A 可编程接口(PPI)器件,有 3 组软件可编程 8 比特 I/O 口,每一线的应用取决于方式选择和跳线状况。在多总线中央处理器板上的中断电路由中断源跳接线矩阵、8259A 可编程中断控制器(PIC)和中断确认逻辑组成,本板可处理三种基本中断形式:直接 CPU 输入非屏幕中断(NMI),通过板上 PIC 的中断,以及板外多总线向量中断。多总线接口是多总线中央处理器板与系统相联系的接口,也即多总线中央处理器板通过多总线接口与系统其它板通信。

(5)RAM 扩展板(iSBC028A)

iSBC028A RAM 扩展板通过多总线直接与多总线中央处理器连接,以扩展系统 RAM 容量,该板有 128KB 字节采用动态存储元件的读/写存储器,通过差错校验和纠正器件可提供单比特差错校正和两比特差错检测,RAM 阵列刷新控制由板上的 RAM 阵列控制逻辑执行,而不需要外部的刷新指令。

(6)EPROM 扩展板(iSBC464)

iSBC464 EPROM 扩展板通过多总线直接与多总线中央处理器连接,以扩展系统 ROM 容量,464 板有 16 个插座,最大可扩展 64KB 字节,其实际容量由插装的器件(2758(1K)、2716(2K)和 2732(4K))类型及多少而确定。EPROM 扩展板可按两种方式工作,纯 8bit 方式或 16/8bit 方式,本系统采用前一方式。

(7)倒机板

系统采用双机热备用方式时采用倒机板,A 机、B 机各设一块,以使某总机关机或故障时,系统仍能正常可靠地工作。倒机板电路由五部分组成,其核心是倒机触发器。倒机触发器的输入分人工倒机("0")和 A、B 机故障倒机信号("1")两种,无论是人工倒机还是故障倒机均是产生一触发信号(前者为人为产生,后者为自动产生),使倒机触发器翻转,实现主副机角式变换,同时在倒机时发出报警信号。

(二)控制表示设备

调度所供调度员使用的控制表示设备计有单元拼合式表示盘、站场显示器、进路控制终端和车次号输入终端等。现分述它们的特点和组成如下:

(1)单元拼合式表示盘:表面盘盘面由 25mm×25mm 单元块组成,站场图形用光带表示,单元共有 9 种,基本满足组成调度集中表示盘各种站场图形的需要,另外还有一种五位车次单

元,车次单元占用 3 个单元位置,车次由 5 只数码管组成,其译码电路也装在单元上,从而使车次单元的引线减少到 5 根。表示盘的框架也采取组合方式,以 1m 宽度为一个单元柜,其高度按实际需要可安排单层或两层站场图形,表示盘光带采用发光二极管,其点灯驱动电路和表示信息的接收与处理均由安装在单元柜下方的电路插件完成,表示柜与总机柜仅需要符合 RS 232 C 标准接口的相应连接线,从而大大减少了连接线的数量,表示柜的电路插件有以下几种:

多总线中央处理器板 iSBC8825,用来接收和处理总机送来的表示信息,并按表示盘盘面发光二极管的布置送出相应地址和数据信息,接通相应驱动电路。

表示盘点灯(选址)驱动板:本板是中央处理器与点灯驱动电路间的中介电路,它接收中央处理器送来的地址和数据信息,通过 74LS244 线驱动器增强其驱动能力,并将高位地址进行译码形成选板信号。本板可驱动 64 块表示盘点灯驱动板。

表示盘点灯驱动板:本板为表示单元的发光二极管和车次号数码管提供所需的点灯电流。

(2)站场显示器:这是采用阴极射线管(CRT)的站场模拟表示设备,它具有表示盘相同功能,由于它是应用软件技术实现站场模拟显示,画面更改较为灵活方便,并可增加需要显示的内容,站场显示器由 20 英寸彩色显示器、8825 多总线中央处理器板和彩色图形显示控制板组成,现分述如下:

20 英寸彩色显示器:本系统采用分辨率为 640×480 的彩色显示器,其电源为交流单相 50Hz220V,输入信号采用 TTL 电平,视频信号红、绿、兰三色为正信号 4V。同步信号水平、垂直均为 4V 的负信号。水平同步信号频率范围 15 ~ 32kHz,垂直同步信号频率范围 50 ~ 70Hz,显示器由彩色图形显示控制板接收三种基本颜色的视频信号和同步信号,组成所需的站场图形显示。

多总线中央处理器 iSBC8825:本插件由串行口接收由总机送来的表示信息,按彩色图形显示控制板输入信号要求对接收的表示信息进行预处理,然后送至多总线。

彩色图形显示控制板:本板以 INTEL82720 智能图形控制器芯片为核心,由多总线接口,显示存储器、移位输出电路、显示器接口、时钟和控制单元,以及汉字库等部分组成。本板通过多总线与主机联系,实现数据的并行交换。多总线上可连接多块图形显示控制板,以控制多台显示器。

进路控制终端和车次输入终端,本系统采用国光 CT - 925 中西文终端作为进路控制和车次输入终端,并将其键盘进行了改造,以适应行车人员操作的习惯。

终端显示器为 14 英寸中分辨率不反光棕色显示器,进路控制终端还并接有 OKI - 8320 型 24 针打印机,用于记录键盘操作和系统故障。

(三)运行图子系统

本系统为独立工作的子系统,接收由总机送来的数据,进行列车运行实绩和运行计划的处理,显示和描绘、打印。系统由彩色显示器、描绘仪、数字化仪、打印机和机箱组成。彩色显示器与站场图形显示器采用同型产品,只是其分辨率为 1024×1024 ;描绘仪为 DPX - 3300 型,打印机为 OKI - 8320 型 24 针,数字化仪为 ST - A2 型,均为通用产品。运行图子系统的电路插件装在独立机箱内,连同电源安置在站场显示器柜的下方,机箱内装有:多总线中央处理器、四通道通信扩展器、RAM 扩展板、彩色图形显示控制板等。

(四)维修监视子系统

本系统由彩色显示器、终端显示器及相应电路插件组成。彩色显示器与站场显示器相同,只是用一台取代多台站场显示器,各台站场显示器画面通过终端键盘被选到显示器的屏幕上,

显示器的接口和信息处理电路采用彩色图形显示控制板和多总线中央处理器各一块,这些电路板也插装在总机机柜内。维修子系统的中央处理器和终端均采用 RS 232 串行口与总机连接,终端为 AMPEX210 型,终端显示器显示系统工作状态。

(五) 分 机

调度集中分机设置在车站继电器室内,其结构尺寸与总机相同,只是机柜面板指示内容除双机工作状态外,还有帧同步和表示信息发送指示。机柜内设有分机用的直流稳压电源,两只标准插件箱和零层插座板,图 4 3 所示为分机标准插件箱内各电路插件间的相互关系,标准机箱内插装的电路板除调制解调器、四通道通信扩展器、倒机板与总机相同外,还装有以下电路插件:

图 4 3 分机各电路插件间的相互关系

(1)多总线中央处理器,分机的多总线中央处理器除主板外,其上还插装了并行 I/O 多模块板和存储器扩展板。

(2)表示信息采样板,表示采样电路用二极管矩阵结构,经光耦合器使内部电路与外部电路实现电隔离。二极管矩阵的一个输入为表示对象状态信息,另一输入为分组信号,矩阵的输出接至微机系统的并行口,由于机械结构上的考虑,采样电路分设在采样板和调制解调器板上,采样板上装有 56 组输入电路和选板选组电路,其输出电路经调制解调器板左侧光耦合器电路与微机系统并行口连接。调制解调器下方的三块电路分别用于选板和选组,其输出接至采样板的 P20、22、24、26、28 端。分机中央处理器通过可编程外设接口电路送出选组、选板信号的同时,读取其相应输出数据。

(3)控制执行板:采用小型密封继电器实现内部电路与外部电气集中电路的电隔离,分机接收的控制命令经中央处理器处理后,形成 10bit 命令执行码和 1 比特选通信号共 11bit。控制命令执行板现由两块组成,07 - 1 接收 7 位命令码(分为高位 3 位,低位 4 位)和 1 位选通信号,按高低位分别送至 3 - 8 译码器(74LS138)和 4 - 16 译码器(74LS154),其中高位输出选用 8 个经大电流驱动器送至 8 只高位命令继电器,低位输出选用 14 位经大电流驱动器送至 14 只低位命令继电器,两类继电器接点的组合形成 112 个控制命令输出,1 比特选通信号作为高位译码器输入使相应分机的执行电路有信号输出。图 4 4 所示为控制执行板执行电路示意

图 4 4 控制执行板电路示意图

图。另外 3 位为关闭信号命令由 07 - 2 板接收,通过 3 - 8 译码器驱动相应继电器。07 - 2 板上还装有 14 只低位命令继电器的复示继电器。

图 4 5 所示为控制执行板与电气集中的结合电路。

(六) 区间信号设备监视子系统

本系统用于监视区间自动闭塞分区和道口等设备状况,它是由车站电路、传输线路和区间点电路组成。系统的工作原理是车站电路定期向区间点电路发送查询信号,各区间点电路按时

图 4 5 控制执行板与电气集中的结合电路

序发回检测信号,线路传输的是音频脉冲信号。车站电路是结合调度集中分机设计的,仅增加

一块调制解调器板,查询信号发送控制和接收信息的处理由分机中央处理器 iSBC8825 板进行,调制解调器板由两部分电路组成,查询信号发送部分由 ZYY - 1 型音叉振荡器和发送控制电路组成,发送时机和脉冲信号宽度由分机中央处理器控制。

区间点电路用两块印刷电路板(QXC - 1、2)安装在一个安全型继电器罩壳内,由三部分组成:稳压电源、查询信号接收和检测信号发送电路。

四、系统的软件功能简述

系统软件采用模块化结构,各种功能的应用程序分别固化在相应子系统的只读存储器中,现分别简述其功能如下:

(一)总机软件功能:

向分机发送信息管理程序

该程序固化在总机主板内,其主要功能是:

- (1)发送帧同步信号;
- (2)发送进路命令和其它辅助命令;
- (3)发送车站各股道车次和由邻站开向本站的车次;
- (4)三小时列车运行计划;
- (5)天文时钟信息。

接收各分机信息管理程序

该程序固化在总机主板内,其主要功能:

- (1)接收各分机送来的表示信息并进行校验;
- (2)将接收的信息按约定的信息顺序存放于指定内存区。

内部通信管理程序

该程序都是成对的分别固化在双方单板内,内部通信采取两种方式:

(1)定时传送,发送侧缓冲区内容加校验后定时传送至接收侧缓冲区,经校验后不对时,再传送一次,二次仍不对时通过维修显示器报警;

(2)应答方式,甲乙两侧各设一相同的信息存放缓冲区和一个应答标志字节,初始状态各应答标志字节均为 0,有数据存入后为非 0,两侧应用程序按标志字节内容进行通信,当传送的数据两次校验不正确时,即通过维修显示器报警。

时钟管理程序

该程序固化在总机主板内,它定时从标准时钟取天文时间一次,为机内各程序提供以秒为单位的时、分、秒数据。

列车追踪管理程序

该程序固化在总机主板内,它完成的主要功能为:

- (1)当列车由区段入口站或中间站始发,将预排的车次数据写入内存相应位置;
- (2)根据信号设备状态变化,确定列车移动方向,并将车次号传递到相应位置,实现车次追踪;
- (3)当列车进站找不到车次时,产生假车次并报警;
- (4)处理键盘输入的预排、补写、改写的车次信息及选画面信息;
- (5)提供总机向各站发送车次的数据;
- (6)向表示盘、站场显示器等提供各站股道和区间车次信息;

(7)为运行图管理程序提供各次列车进出各车站的时间和车次。

进路控制管理程序

该程序是固化在总机主板内,主要功能:

- (1)根据运行图管理程序提供的数据,自动生成进路控制命令;
- (2)接收调度所进路控制键盘输入的控制信息形成进路控制命令;
- (3)将形成的控制命令发送给总机发送程序;
- (4)将车站办理进路命令的情况、开通进路时间等,以及办不通进路的报警信息送至打印机;
- (5)对系统控制状态——程序控制、人工集中控制、车站控制,进行管理与显示。

站场图形显示管理程序

该程序固化在站场显示器中央处理器板内,其主要功能:

- (1)接收主机送来的表示信息和车次信息;
- (2)根据各车站及器件表示信息的变化,改变显示图形上的相应状态标志;
- (3)根据列车追踪信息显示车次移动情况;
- (4)根据车次输入键盘输入修改车次的位置和内容,改变显示器相应车次显示内容;
- (5)产生假车次的实时闪烁。

表示盘显示管理程序

该程序固化在表示盘中央处理器板内,其功能与站场图形显示程序相同。

运行图管理程序

该程序固化在运行图子系统的中央处理器板内,其主要功能:

- (1)根据列车追踪程序提供的数据确定时间运行线;
- (2)向运行图显示器发送信息,并定时向描绘仪发送运行实绩描绘信息;
- (3)进行列车早晚点、旅速、技术速度等统计计算,向打印机送出打印的数据;
- (4)实时显示三小时运行计划线,接收数字化仪输入的信息,以人机对话方式对三小时计划线进行修改;
- (5)根据三小时计划,向列车车次追踪程序提供预排的车次,向进路控制程序提供各站各次列车到、开、通过的序列表,并将各次列车在各站的到发时刻送至各车站(第(3)、(4)、(5)项功能为预留功能,现不提供)。

(二)分机软件功能

分机各项程序均固化在中央处理器主板内。

接收总机信息管理程序

- (1)接收总机帧同步信息,按照约定连续三次正确收到帧同步后,该分机才与总机进入同步工作状态;
- (2)接收总机控制字、检出字同步信号,进行循环码校验,将有关控制字内容存放在指定内存区。

表示信息的采集

- (1)每一工作周期采集一次所有表示对象状态信息;
- (2)对采集的信息进行“变检”处理,即将本周采集的信息与上周采集的信息进行比较,检出有变化的表示信息组按组号顺序送至表示信息发送电路,若没有变化的表示信息组,则按原定顺序依次发送。

向总机发送信息

- (1)根据本分机建立同步的实绩,按约定的时序,确定本分机向总机发送表示信息的时机;
- (2)按信道编码格式组成本分机发送的表示字节,送至信息发送电路;
- (3)发送控制命令回执信息。

进路控制命令执行

(1)将接收的控制命令内容转换成与电气集中控制台按钮操作相对应的信息,并送至控制执行板,使相应按钮继电器动作;

(2)对接收的控制命令存储信息,按照命令存储顺序进行电气集中设备状态检查,确定存储命令的执行时机。

终端显示和键盘输入

- (1)将接收的控制字内容——开往本站的列车车次、命令内容送显示器;
- (2)显示本站各股道停留的列车车次及由本站接发列车车次与位置;
- (3)显示进路命令时机检查情况;
- (4)显示本站在本周期内发送的表示信息组号;
- (5)显示收到的区间点信息;
- (6)接收键盘输入的信息,并向显示器回送相应键输入的信息;
- (7)按照不同功能键要求将有关数据送相应程序进行处理。

区间点通信

- (1)定期向区间点发送查询信息;
- (2)按约定的时序接收各区间点设备发来的信息,经处理后送至有关程序。

第二节 CTC4000 型调度集中

CTC4000 型调度集中是一个以通用微型计算机为基础的远程控制系统。系统可靠性高、控制范围广、技术先进、适合对多种类型的设备进行远程控制。

一、系统概述

(一)系统特点

CTC4000 调度集中系统是引进美国 GRS 公司的技术及硬件,根据中国铁路运输的实际情况,经过数年的不断开发而逐步完善的系统。系统具有以下特点:

1. 设计灵活,便于扩容及增加功能。系统的上层可根据需要分别采用微机或带有多个工作站的微机网络控制。
2. 技术先进,采用世界名牌接插件。总分机配线全部采用压接方式,可靠性高。
3. 单元电路板品种少(只有四种),通用性强,总机及各分机间,均可相互换用。
4. 防雷设备采用进口优质元器件,性能优良。

(二)主要设备

1. 调度集中显示屏

显示管辖区段内各车站及邻接区段车站的进路排列、信号开放、进路占用、车次号跟踪及站控、局控、进路试排、封锁等有关表示对象的状态。显示屏由若干彩色显示器构成。

2. 操作员台

供操作员办理发送至现场的各种控制命令。操作员通过鼠标可按要求随时调出有关的站

场显示,并采用与 6502 电气集中一致的操作方式实现对管辖区段内各车站的控制。

3. 调度员台

供调度员指挥列车运行。调度员可调看各站的实际显示,还可显示计划及实绩运行图,并通过鼠标实现三小时阶段计划的人工编制,同时通过菜单方式实现车次号管理、描绘实绩运行图及打印有关列车运行报告等功能。

4. 调度集中总机

接收主计算机发送来的控制命令并向分机发送,接收分机发送来的表示信息并往主计算机发送。由调度集中总机、分机实现调度所与所辖车站间的数据传输和信息传递。

5. 调度集中分机

接收总机发送来的控制命令以动作车站的被控对象,将收集到的车站和区间的有关表示信息发送至总机。

6. 中央计算机

中央计算机是整个系统的中心环节,所以为了可靠中央计算机有主机和备机两个,采用了双机热备用方式。中央计算机负责处理调度集中总机、显示屏、操作员台及调度员台的各种信息,完成整个系统功能并提供系统维护所需的信息。

7. 系统维护台

供系统维护用。可调看系统各设备的工作状态,各站输入码位状态,记录系统各种操作命令的执行时间及系统、电气集中各种告警的发生和复原时间等运行信息,系统最多保留 48 小时内的运行信息,并可拷入软盘或由打印机输出。

图 4 6 所示为系统配置框图。

图 4 6 系统配置框图

(三) 主要技术条件

系统在下列环境、条件下能正常工作

1. 电源电压:交流 50Hz 220V,允许 +10% 至 -5% 的波动;
2. 环境温度:总机允许 10 至 40 ;分机允许在 -40 至 +70 ;
3. 相对湿度:温度为 25 时要求小于等于 90% ;
4. 大气压力:74.8 至 106kPa;
5. 工作方式采用四线制全双工或二线制半双工;
6. 传输速率为 1200bit/s,传输频带采用 300Hz 至 3400Hz;
7. 调制方式采用 FSK 移频键控;
8. 发送电平:0 至 -30dB 连续可调;
9. 接收电平:要求大于 -35dB;
10. 误码率要求小于 10^{-7} 。

(四)数据传输格式:

传输字格式:

名称	帧头	目的地址	源地址	序列号	长度	长度 2	信息组	CRCL	CRCH
长度(字节)	1	1	1	1	1	1	n	1	1

帧头 采用八位帧同步码;

目的地址 这个字节指明了通信中的目的地址,也即数据传往何处。

源地址 这个字节指明了信息的源地址,告诉你信息出自何处。

序列号 这个字节分成三个部分,即

2 至 0 位为接收序号,指明最后收到的信息序号;

5 至 3 位为发送序号,指明最后发出的信息序号;

7 至 6 位为控制域,反映后续信息的类别。

长度 表明后续“信息”的总字节数 n , n 最长达 16 字节,当“信息”总字节数 n 超过 16 个字节时起用长度 2。

长度 2 起用长度 2 后总信息数 n 可达 32 个字节。

信息组 信息组中包函多个信息,每个信息结构为 <信息号> <长度> {数据}

信息号为该信息的标识号;

长度为该信息的长度;

数据为该信息的内容。

CRCL,CRCH 高低两个字节,构成 16 位循环校验码,其生成多项式为 $x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$ 。

二、系统主要硬件

(一)分机设备

分机设在各车站的电气集中继电器室内,由 CPU 电路板,电源板及若干数字信息输入板、数字信息输出板组成。分机的主要作用是调度中心的总机通信,收集车站电气集中的表示信息,向电气集中发送控制命令的作用。

1. CPU 板上备有四个 28 脚的存储器插座,可根据需要插入不同规格的 RAM、EPROM 或 EEROM 芯片。板上备有四个串行异步通信接口,其中一个接口通过板上的 MODEM 芯片,以高阻跨接方式与外线通道连接。板上的 8 位 DIP 开关用以设置本板(也就是本分机)的板号,唯一可调的电位器用以调节 MODEM 对外的发送电平。另一接口与本板的 15 芯插座相

连,定义为维修通信口。用户可以使用智能终端或普通微机经过该口调用 CPU 板上的自检程序,在 CPU 板在线运行的情况下,检测 CPU 板的工作状况。另一个口以 RS - 422 形式通过本板的插座与本分机的数字信息输入板及数字信息输出板连接。还有一个口可以做为端站车次号输入或保留做其他功能使用。所有四个接口都可以利用简单的小短路插头很方便的设置为 RS - 422 或 RS - 232 方式。

2. 数字信息输入板上带有 80C31 单片微处理机芯片及 8KB RAM、8KB EPROM。芯片内部的串行通信口对外接成 RS - 422 形式,与本分机 CPU 板的一个串行通信口连接。每块数字信息输入板上有 64 路分别带有光电隔离器件的数字信息输入口,直接采集车站电气集中控制台上的各种表示信息。输入的表示信息可以是直流,也可以是 50Hz 交流,电压要求大于 12V。超过 64 路输入信息时分机可增加数字信息输入板,增加的板,可直接并联在对 CPU 板的同一个串行通信口上。不同的数字信息输入板可用本板上的开关设为不同的板号。

3. 数字信息输出板同样带有 80C31 单片微处理机芯片及 8KB RAM、8KB EPROM。80C31 片上的串行通信口以 RS - 422 方式与数字信息输入板同时并接在 CPU 板的一个串行通信口上。一个 CPU 板串行口最多可联接 16 块输入、输出板。各以板上的开关号的不同设定来区别。

数字信息输出板上共有 64 个并行输出口输出控制命令,直接驱动电气集中设备的继电器。每一路输出都带有绝缘电压高达 2kV 的光电隔离器件。

4. 电源板系交流输入直流输出的开关电源。输入电压范围为 90 ~ 240V 交流。输出为 +5V 及 $\pm 12V$,供 CPU、数字信息输入、数字信息输出等电路板使用。

(二)数据传输系统(DTS)设备

在调度中心的总机房,设有同分机数量相应的 CPU 板,承担数据传输系统中心端的任务(CDTS)。每一块 G88 板通过板上的 RS - 422 通信口与中心计算机通信,同时以一对多的方式,用 MODEM 接口与并联在通道线路上的各分机 CPU 板(LDTS)连通。一般情况下,一个 CDTS 连接一个调度区段内的 LDTS,叫做一个 DTS 系统。在一个 DTS 系统中最多能连接 16 个分机 LDTS。一个调度中心一般都有若干个 DTS 系统,在每个 DTS 系统中,各分机都有自己的分机号。这个分机号可方便地由分机 CPU 板上的 DIP 开关设置。同样,每一块 CDTS 的 CPU 板也必须用板上的 DIP 开关设置自己的 CDTS 板号。因为在一个调度中心中,若干个 CDTS 也是用“多对一”方式与中心计算机相联接的。

通道线路为干线音频电缆。可以是加感电缆,也可以是非加感电缆。根据通道线路实际衰耗情况,每个 DTS 系统中需设一到几个中继分机。

每一个 CDTS 经中心计算机启动后,即开始轮流呼叫其下属的 LDTS,所有的 LDTS 都在收听,但只有被叫到的 LDTS 才发回应答,同时启动本分机的数字信息输入板,开始采集电气集中传来的表示信息并将其暂存在 CPU 板的存储器中,待下一次 CDTS 呼叫到本分机时,将本站的表示信息发回 CDTS。LDTS 第一次发回给 CDTS 的表示信息是本分机的全部信息位,即如果本分机的全部表示信息共有 300 位,则将这 300 位的状态全部发回,但当接下来以后的应答中则仅发回变化了的信息位,这就大大节省了传输时间,缩短了查询周期。又由于每一次的信息位变化在发回到 CDTS 以前都无一遗漏的暂存在 LDTS CPU 的存储器中,所以即使个别信息位在一个查询周期中变化了两次,仍可以如实地发回 CDTS,不会漏掉表示信息。

在调度信息系统中,控制命令等亦需通过 CDTS 下达给被控制的分机。

CDTS 与 LDTS 间采用移频键控异步通信方式,传输速率为 1200bit/s,符合 CCITT V.23

标准,并采用 CRC16 循环码校验检错。

(三)调度中心总机房设备:

可以有两种结构形式:

1. 中心计算机加多路接口板结构:

以互为热备的两台微机作为中心计算机,计算机通过多路串行接口板与外部连接,接口为标准的 RS - 422 通信速率为每秒 9600bit 或 12800bit。用一路接口以“一对多”方式与装在总机房的多个 CDTs(CPU 板)相连,收集全系统的分机发来的表示信息。经中心计算机处理后,通过其他接口,送给设在各调度台的 GPC 微机。调度员即可以操作 GPC 微机的键盘或鼠标,察看车站的股道及信号表示、列车实迹运行图、输入或修改车次号,打印列车实迹运行图及某些统计报告。或在调度集中系统中向车站发出列车控制命令。

2. 局域网(LAN)结构:

整个调度中心为一双层以太网结构,网 A 及网 B 互为备用。所有设备同时联接网 A 及网 B。网络标准为 IEEE802.3,网络协议使用 TCP/ IP 协议。最高速度 10Mbit/ s。

网上两台互为备用的主计算机 IBM RISC/ 6000C10,既作为网络服务器,同时又是处理表示信息和 CAD(计算机辅助调度)工作站。网上的通信服务微机以单通道或单通道加迂回通道的方式与各个 CDTs 联接,构成网络与各车站分机的通信。调度中心的调度员台、操作员台、计划员台、系统维护员台等都作为微机工作站挂到网上。各工作站可根据自己的需要从网上迅速获得各种信息,通过联在网上的系统接口计算机,还可以获得多个对外的接口。如 X.25 接口及与其他网络、其他系统的接口等。

三、系统主要功能

(一)控制功能

1. CAD 控制功能(中央自动控制)

CAD 控制功能指系统根据预先储存的运行计划进行自动排路。

2. 调度员控制功能(中央人工控制)

操作员通过控制台办理接发列车进路、关闭、开放信号机;允许调度集中区段与其他区段的交界站发车等作业。

3. 储存控制

操作员通过控制台可以在每个站每个入口预设最多三条进路,这些进路的排列命令由调度集中系统自动分析确定在适当的时机发出。

4. 车站控制(站控)

包括一般站控和非常站控(紧急站控)两种,一般站控指车站值班员按照正确的步骤申请站控,中央操作员可以同意或拒绝申请,一旦同意,则由车站值班员控制车站。非常站控指当系统设备故障时,车站值班员可以按压非常站控按钮控制车站。在这种情况下,中央操作员要等至车站值班员取消非常站控后才能得到对车站的控制权。

5. 局部控制功能(局控功能)

若车站电气集中部分区段设计有局控,则在调度集中系统中车站值班员在需要时经过正确的操作仍可以申请该区域的局控权,不过需经中央操作员的同意。中央操作员可以同意也可以不同意车站的申请,中央操作员同意后,车站实现对申请区域的局部控制权,而车站的其它部分仍由中央操作员控制。

6. 中央操作员的控制权限

- (1) 排列或取消列车进路；
- (2) 储存进路及对储存进路进行编辑；
- (3) 试排进路；
- (4) 同意或拒绝局控申请；
- (5) 收回局控；
- (6) 同意或拒绝站控申请；
- (7) 同意或拒绝向 CTC 区段发车；
- (8) 选择控制页面；
- (9) 清除告警信息。

(二) 表示功能

1. 显示屏显示内容

- (1) 接发车信号机开放状态；
- (2) 进路排列和锁闭情况；
- (3) 道岔区段占用情况；
- (4) 区间列车运行方向；
- (5) 车站控制方式(计算机辅助调度控制或中央人工控制)；
- (6) 站控及局控状态；
- (7) 区间封锁情况；
- (8) 股道封锁情况；
- (9) 车次窗显示车次；
- (10) 分机告警表示灯；
- (11) 挤岔、灯丝(站内、区间)等各告警表示。

2. 操作员工作站显示内容

除了显示屏显示的所有内容外,操作员工作站还显示以下内容:

- (1) 显示功能或选择菜单；
- (2) 告警窗显示操作错误信息；
- (3) 分机故障信息显示；
- (4) 进路排列取消过程显示；
- (5) 换页提示；
- (6) 进路排列取消过程；
- (7) CAD 进路命令窗。

3. 调度员工作站显示内容

除了显示屏显示的所有内容外,调度员工作站还显示以下内容:

- (1) 功能及选择菜单；
- (2) 列车运行图功能；
- (3) 告警窗显示告警信息；
- (4) 分机故障信息；
- (5) 换页提示；
- (6) 冲突告警；

(7)显示实际和计划运行图。

4. 计划员工作站显示内容

除了显示屏显示的所有内容外,还有以下显示内容:

- (1)功能和选择菜单;
- (2)列车运行图;
- (3)换页提示。

5. 维修人员工作站显示内容

除了显示屏显示的所有内容外,还有以下内容:

- (1)功能和选择菜单;
- (2)整个系统、网络的工作状态和设备故障告警;
- (3)分机故障信息。

6. 信号设备微机监测工作站显示内容

除了显示屏显示的所有内容外,还有以下内容:

- (1)功能和选择菜单;
- (2)信号设备工作状态的监视和报告,实时告警;
- (3)换页提示。

(三)辅助调度功能

在网络结构支持下,主计算机的计算机辅助调度(CAD)系统可以实现以下功能:

1. 编制基本运行图;
2. 编制基本日班计划;
3. 自动形成三小时阶段计划;
4. 人工介入编制三小时阶段计划;
5. 向各站发送阶段计划;
6. 列车晚点报警及计划冲突预测;
7. 自动或人工介入解决运行冲突;
8. 按阶段计划自动控制列车进路。

四、控制和表示逻辑

(一)控制信息逻辑

控制信息逻辑——操作员在进行直接控制或储存进路命令发送时,系统在将命令发至现场执行前,中央计算机要进行有关联锁条件等控制信息逻辑的“软件检查”,其目的在于防止非法的或不能执行的命令错误发出,以免造成电气集中有关继电器的错误保留而影响设备的正常使用。

如操作员进行进路办理时,系统将进行以下各项检查:

1. 按钮的合法性;
2. 分机处于正常工作状态;
3. 被控车站处于遥控状态;
4. 检查进路是否与处于局控状态的区段有关;
5. 检查能否建立进路的其它基本联锁条件。

操作员在按始、终端按钮后,相应的按钮显示绿色,表明操作员已按压了该按钮,最后按压

“执行”按钮,表示该条进路命令应予以执行,系统即开始上述联锁条件的软件检查,如果检查发现联锁条件不满足,则始终端按钮复原显示灰色,并在文字告警窗内给出相应告警提示,如果检查条件满足,则始终端复原,在显示器上将需办进路显示灰光带,给出排路示意图,并向车站发送控制命令,动作电气集中有关按钮继电器实施排列进路,车站电气集中始终端按钮吸起后“排列进路”灯显示红色,表明正在选路,选路完成后“排列进路”灯灭灯。进路建立后进路显示白光带,信号机开放。如果车站电气集中因故在30s内排不出,系统在显示器上将该需办理的进路显示浅红光带,表示该进路排路超时,通知操作员进路未建立,此时操作员可办理取消进路等作业。

对于重复开放信号、取消进路、进入或退出试排状态、试排进路办理或取消站局控申请、同意站局控、收回站局控、同意端站发车等各项操作均有联锁条件检查。

1. 车站进入储存状态

(1)车站进入储存状态,储存进路窗底色显示黄色,此时办理的进路均作为储存进路命令显示在储存进路窗内;车站退出储存状态,储存进路窗底色显示为黑色,此时储存进路命令处于待发状态,如时机及联锁条件满足,储存进路就发至车站执行,并且此时操作员办理的进路均为直接发至车站的控制命令。

(2)储存进路命令的办理、插入、删除及修改等各项操作,必须在该站先进入储存状态方可进行。

(3)储存进路命令办理后在该进路所属咽喉区域的储存进路窗内显示该进路命令,通过进路显示在接车区域内。

(4)按全站先存先发的原则,全站储存进路命令标有序号,前一序号的储存进路命令未发出,后一序号的储存进路命令不能发出。车站每个咽喉可储存三条进路命令。

(5)车站进入储存状态或试排状态,系统自动进入抑制储存进路命令发出状态;车站退出储存状态或试排状态,则系统自动退出抑制储存进路命令发出状态。

(6)车站进入站控、局控,系统自动取消该站原有全部储存进路命令,进入站控不能进行储存进路作业;进入局控遥控区域允许重新储存进路命令。

2. 储存进路命令的发送

储存进路命令的发送需检查二方面条件,一是时机,二是联锁条件。

(1)发送时机:

接车进路——当接车方向区间有车或列车到达接近区段时,该方向接车储存进路或通过储存进路命令发送时机满足。

发车进路——本股道有车占用或有本股道的接车进路时,则该股道发车储存进路命令发送时机满足。

(2)联锁条件

储存进路命令满足发送时机,系统继续检查需办进路的联锁条件,联锁条件一满足即发至车站执行。

3. 抑制储存进路命令发出

经操作员操作,可抑制某站的储存进路命令发出,相应的抑制表示灯点黄灯。车站进入抑制储存进路命令发出状态后,储存进路命令不再发出,包括发送时机已满足但联锁条件不满足还未发至车站执行的储存进路命令。

4. 列车车次跟踪

列车在端站发车时,端站值班员由车次号输入终端输入车次号,此车次号底色显示黄色,经调度员确认后,底色改为黑色,然后,随着列车的行进,系统车次号才能自动跟踪。接车时当列车压入进站信号机内方区段时,系统即将车次号由区间窗移入股道窗;发车时当列车压入出站信号机内方区段,系统即将车次号由股道窗移入区间窗。

5. 列车记点

接车时,列车完全进入股道的时刻为到达时刻。

发车时,列车压入出站信号机内方区段的时刻为发车时刻。

当接、发车时间间隔小于 2min,则认为该列车为通过列车,以到达时刻作为通过时刻。

(二) 表示信息逻辑

表示信息逻辑——调度集中显示屏、操作员台和调度员台上的彩色显示器所显示的管辖区段内车站和区间有关表示对象状态以及调度集中控制时的有关表示等,在显示内容上保持一致。

1. 信号机

进站或进路信号机:用亮绿灯表示信号开放;亮白灯表示引导信号开放;红灯表示信号关闭。

出站信号机:绿灯表示信号开放,信号关闭时无显示。

调车信号机:用白灯表示信号开放,蓝灯表示信号关闭。

2. 进路光带

进路光带按轨道区段显示,轨道区段分为三类,分别为道岔区段、无岔区段和股道,道岔区段的进路光带按道岔开通方向来显示。

平时显示蓝色的站场;当轨道区段锁闭时,显示白色光带;当轨道区段有车占用时,显示红色光带。

3. 区间运行方向

以白色箭头来显示区间的开通方向。

4. 遥控表示灯

当车站处于遥控状态时亮绿灯;

当车站处于站控状态时亮蓝灯。

5. 站控表示灯

当车站处于车站控制状态时点绿灯;

当车站处于申请车站控制状态时点黄灯;

当车站处于上交车站控制状态时点白灯;

当车站处于非常车站控制状态时点红灯;

当车站处于遥控状态时亮蓝色灯。

6. 局控表示灯

当局控区处于车站控制状态时点绿灯;

当局控区处于申请车站控制状态时点黄灯;

当局控区处于上交车站控制状态时点白灯;

当局控区处于遥控状态时点蓝灯;

如某站的局控区已处于车站控制状态(即该局控区处于局控状态),车站其他部分仍处于遥控状态,则该站的遥控表示灯及局控表示灯都点绿灯。

7. 端站发车表示灯

当端站请求发车时点黄灯；

当端站处于允许发车时点绿灯；

当端站处于故障发车时点红灯；

当端站列车发出后恢复点蓝灯。

8. 排列进路灯

遥控时车站电气集中接收到进路排列命令及选路时点红灯,选路完毕灭灯。

9. 取消进路灯

遥控时车站电气集中接收到取消进路命令取消进路时点红灯,取消进路完成,灭灯。排列进路灯、取消进路灯在站控状态时不亮灯。

10. 分机故障灯

当调度集中分机正常工作时点绿灯,分机故障、停电或通信中断时点红灯。

11. 挤岔报警灯

当车站道岔正常工作时点绿灯；

当车站道岔发生挤岔或道岔内有杂物发生空转时点红灯。

12. 灯丝断丝报警灯

当车站或区间信号灯灯丝完好时点绿灯,出现主灯丝断丝时点红灯。

13. 储存表示灯

当车站进入储存状态时点黄灯;退出进路储存状态,且本站有存储进路命令但发送时机不满足时点绿灯;退出储存状态,但本站第一条储存进路命令发送时机满足,并触发该储存进程命令时点红灯;平时点白灯。

五、系统软件

(一) 软件模块功能简介

1. 人机界面模块

使用鼠标或键盘进行人机对话,人机对话内容要简捷、方便和快速,要求输入信息量压缩到最低限度,输出信息量大,所有提示/提案准确明了。

2. 基本运行图管理模块

主要管理基本运行图的输入、储存、查阅。

3. 实际运行采集模块

本模块采集 DSS 系统中的列车报点数据、维护、储存、查阅该数据。

4. 日/班计划管理模块

管理日/班计划的输入、储存、查阅。

5. 其它列车信息管理模块

管理列车信息及其它车站信息等的输入、储存、查阅。

6. 冲突检测

该模块自动检测计划图中任何可能发生的冲突,定位该冲突将发生的位置及车次,通知其它模块并向调度员告警。

7. 晚点列车运行线处理模块

即对晚点列车作顺延处理的模块。

8. 日/班计划自动生成/自动调整模块

通过人机对话之后,自动生成或自动调整日/班计划的模块。

9. 系统维护模块

该模块维护整个系统的数据库,系统的各种资源,输出各种维护信息。

10. 通信模块

本模块是负责 CAD 子系统(计算机辅助调度子系统,以上所有模块都是属于 CAD 子系统)与 DSS 子系统(调度监督子系统)进行通信的模块。

(二) 软件系统的数据库及数据结构

软件系统中维护着若干个数据库,其一是拓扑数据库,它包括各种列车的运行信息,每列列车的位置,车站股道的使用情况等现场各种信息的反映。其二是冲突检测数据库,它包括各种冲突检测所必需的信息及区间和股道,三小时阶段中的使用情况。其三是冲突解决数据库,它包括各种冲突解决所必需的信息。其四是额外信息数据库,它包括各种计划员或调度员人机对话中输入的各种命令、各种信息。

六、软件平台说明

(一) 系统软件

1. AIX3.2.5

在系统主机上(RS/6000C10)使用 Unix 系统 AIX3.2.5。此操作系统基于 BSD4.3 及 AT&T 的 UnixV,且比之功能更强。它满足所有常用的工业标准,而且将 IBM 的高技术用于实时控制、虚存、系统和网络管理、逻辑体控制、安全防护和 DOS 与 Windows 的兼容和其它方面。

AIX3.2.5 具有下述优点:

- (1)支持 POSIX1003/ a, XPG/ 3, 系统 V, DOS4.3 等
- (2)在用户图形接口方面,支持 OSF/ MOTIF, WINDOWS11.5, GRAPHICS 等
- (3)通信规程方面,支持 TCP/ IP, SNA, NFS, NCS, OSI, SNMP, DCE 等
- (4)高级语言,支持 C, C⁺⁺, COBOL, FORTRAN, PASCAL, ADA 等
- (5)硬件接口,支持 ETHERNET, TOKENRING, FDDI, X.25, RS232, RS422 通信

2. OS/2 2.1

OS/2 2.1 是用于 PC 机的操作系统(PC 机用 Compag psolinea 是 IBM 公司开发的),是 32 位的实时多任务操作系统,适用于许多场合包括工业控制系统,而且这系统的中文版也已发布。

OS/2 2.1 有下述优点:

- (1)32 位操作系统;
- (2)多任务、多线索;
- (3)可以运行 DOS/ Windows 应用程序;
- (4)面向对象的用户接口。

在这系统中也可使用 OS/2 的 PM,网络,数据库和多媒体技术。系统还有高分辨率用户接口,图形及安符的放大缩小,移动,带图形和文字的帮助信息等。

3. 编译语言

系统工具软件可用于系统资源管理,全屏幕编辑,链接,汇编,调试,系统诊断等其它系统

管理软件,还提供 C++ 编译器。

C++ 和 C 是世界上最通用的语言,而且 C++ 比 C 的功能更强。

4. 网络服务器及 Netview(用于 OS/2):

连接整个系统的以太网用 IEEE802.3 标准和 TCP/IP 规程。TCP/IP 是世界上最通用的网络通信规程,几乎已成行业标准。本系统采用 TCP/IP 规程,易于与其它网络系统相连(包括广域网,如 X.25,和其它局域网)。

本网络系统,RS 6000C10 上运行 LANMANAGER,作为服务器,维护工作站上,Netview 运行于 OS/2,以便监视网络和每一工作站的运行状态。

(二)系统数据库

在 RS 6000 服务器及 PC 机工作站上均采用 IBM DB2 系统,它可运行于不同的计算机上,功能很强,如有事务管理、开发与数据完整性管理、数据安全性能优化和各种系统管理工具等。

(三)应用软件

应用软件分为 CAD 系统,基本级系统,工作站系统和其它系统。整个系统是分布式系统当一个系统关闭时不影响其它系统。

应用软件是在 AIX 系统和 OS/2 上开发的,它们都是多进程和多线程的操作系统。在每一个系统内,不同的模块用于不同的系统功能,模块间通常用标准的先进先出队列和管道来传送数据。每一模块在相当程序上是独立的这是一种标准的设计,易于移植。

对主计算机采用热备技术,在通信上使用冗余校核。对每一个系统,均带有彩色 CRT 的维护控制台来显示系统的诊断,硬件状态校核以系统运行状态。在系统加电启动后立即运行一个杀毒程序。

七、设备的防雷系统

调度监督设备上浪涌及雷电防护,主要是防止由电源线或信道上雷击时过压的侵入(使加至信号设备上的电压不超过能承受的绝缘电压或半导体元件的耐压)。该设备采用美国引进的电路,此电路设计比国内相应的防雷组合的电路设计更合理。我国设计电源防雷组合电路是采用三极放电管与氧化锌压敏电阻串联形式作纵向防护。因这三极放电管切断续流能力差,氧化锌压敏电阻漏流大,串联应用互为补偿,但是它们的通流容量受到限制,目前此电路纵向防护所受的通流容量不超过 10kA,而该设备采用空气隙型的阀片避雷器作电路纵向防护,其通流容量可达 50kA,而且在电路中采用多级防护处理,因此能防护雷击时大电流的侵入。在现场实际应用中反映极好。

(一)交流 220V 电源防护及信道防护

1. 交流 220V 电源防护

图 4 7 所示为电原理图。

本组合有二级防雷电路组成,第一级由避雷器 XFD1000/115 起纵向防护作用;第二级由 LY 浪涌防护器起线间横向防护作用。其中避雷器 XFD1000/115 是由 5 个 XFD200/25 串联而成的如图所示(有 5 个阀片及 5 个气隙),每个 XFD200/25 的交流工和电压为 25V,因此 XFD1000/115 的交流工作电压为 $25 \times 5 = 125$ 。2 只 XFD1000/115 避雷器串联用于 220V 电源前级防护(其中有 10 个阀片及 10 个气隙)。

图 4 7 UX4—避雷器 XFD1000/115;LY—浪涌防护器

2. 信道防护

电原理图如图 4 8 所示。

本组合由三级防雷电路组成,第一级是由避雷器 FD1000/ 175 对地纵向防护及两线间的横向防护,FD340/ 60 过压防护器将过电压限制到设备能承受的范围内。其中避雷器 FD1000/

175 为气隙型避雷器,其结构设计成阀片的一面带 16 只尖齿的金属碗,另一面是放入阀片金属碗,安装时尽可能使尖齿向上,使避雷器受雷击时浪涌大电流可能使一个或几个齿熔化掉熔化的金属液由于重力淌离气隙,保证金属液不流入

图 4 8 UX4—避雷器 FD1000/ 175;FD340/ 60 过压防护器 气隙,造成外线电路对地短路,此 16 个齿提供了多次防护浪涌大电流的机会,如发现点火电压在允许值范围外时,用云母片调节气隙距离,达到允许的点火电压值。

此避雷器用螺钉攻入两个撑脚把阀片组装起来,当受到强大电流浪涌时,气隙内的空气膨胀力使螺钉松动,加大气隙,增加击穿电压,此外撑脚的形状设计特殊,当强大的电流产生的磁力给避雷器加上一个力矩时,此力矩可以击飞撑脚,从而达到良好的防护效果。但在大部分浪涌情况下,经多次的放电,直流击穿特性基本保持不变。

主要的技术特性见表 4 1、表 4 2、表 4 3。以上防雷器件几年来经过现场的考验,证明质量可靠,通流容量大,漏流不大,断续能力强,技术参数稳定,能承受多次雷电的袭击,使用寿命长,组合电路安排合理,现场维修量极小,性能优良。

表 4 1 防雷元器件电性能

名 称 技 术 条 件	压 敏 电 阻 防 雷 器 件		
	XFD200/ 25	XFD1000/ 125	FD1000/ 175
最大直流工作电压(V)	20		50
最大交流工作电压(V)	25	115	175
直流点火电压(V)	75 ~ 200	375 ~ 1000	700 ~ 1000
最大冲击点火电压,10kV/ μs(V)	600	3000	2000
通流容量(8/ 20μs 波)(kA)	50		20
对地是否适用于安全电路	否	否	是
G = 空气隙, VG = 芯片和空气隙串联 V + G = 芯片和空气隙并联	V + G	V + G	G

表 4 2 防雷器件电性能

型 号	最大交流工作电压(V)	最大电 流 (A)	电 阻 ()	电 感 量 (μH)
LY—20(IA)	115	20	0.01	18
LY—20(IB)	230	20	0.01	18

表 4 3 防雷器件电性能

型 号	直流点火电压(V)	最大弧光电压(V)	通 流 容 量 (kV)	最大输出电压(V)
FD340/ 60	300 ~ 500	30	20	60

1. 电源防雷组合

(1)D—380V 交流电源防雷组合(20A、40A、60A、80A)。

(2)D—220V 交流电源防雷组合(20A、40A、60A、80A)。

(3)D—110V 交直流电源防雷组合。

(4)D—60V 以下直流回路电源防雷组合。

以上组合分别用于 380V、220V、110V、60V 以下回路的电源防雷组合。

2. 线路防雷组合

(1)X—1 通道用(室外架空线及电缆)防雷组合。

(2)FD340/60 通道用(室内电子设备)防雷组合。

3. 轨道电路的防雷组合

(1)YF1 发送, JF1 接收移频防雷组合。

(2)D—60 移频接近防雷组合。

(3)WD 微电码交流计数防雷组合。

八、电务维修监督子系统

(一) 概 述

本子系统可将装有调度监督调度集中分机的各车站内及区间信号设备的故障信息位分别传送到各有关电务段,实时显示在电务维修监督终端上,使电务段值班人员及时发现故障及时维修。

系统能自动储存和记录各站每次故障发生和恢复的时间,供值班人员随时查阅或打印输出。

(二) 硬件配置

1. 在每个调度监督调度集中分机柜内增设 DIB 信息输入极一块。故障信息位由车站信号设备输出后直接引入分机零层端子。输入电压不低于 12V。

2. 在调度监督调度集中总机房内增设多路通信机及调制解调器(MODEM)若干台,分别与各有关电务段的电务维修监督终端通信。

3. 电务段的电务维修监督终端包括带有 MODEM 的微机一台,可显示各站站场表示的彩色 CRT 一台,显示信号故障信息的 VT—100 单色显示终端一台及打印机一台。

思 考 题

1. 何谓周期扫描变化检出?

2. 生成多项式 D5 中的 $g(x) = x^6 + x^2 + x + 1$ 和 CTC4000 中的 $g(x) = x^{16} + x^{15} + x^2 + x + 1$ 代表什么意义?

3. 简述 D5 总机的工作过程。

4. 简述 D5 分机的工作过程。

5. CTC4000 对控制命令的处理同 D5 有何区别?

6. 简述 CTC4000 电源防雷电路的工作原理。

7. 简述 CTC4000 信道防雷电路的工作原理。

第五章 行车调度自动化

行车调度自动化系统是在 CTC(调度集中)的基础上,引入计算机实现行车指挥自动化的控制系统。在繁忙区段安装调度集中,虽然实现了一定范围内的集中控制,但调度员的业务量仍很大,一切操作、判断、统计都要由人去直接参与才能完成,特别是运行图被打乱时,调度员既要办理调度业务,又要整理行车秩序,设法恢复正点运行或将紊乱情况控制在最小范围内,因此调度员常常忙得无法应付,劳动强度很大。

60 年代中期以来,日、美、德、瑞典等先后在 CTC 的基础上引入计算机,用它来分担调度员的部分工作。如用计算机编制列车运行图,在显示器上以图形和文字表示出来,调度员可随时了解整个区段或指定区域的列车运行情况,并利用计算机来调整打乱了运行图。

实现行车调度自动化是铁路现代化的重要内容之一。它虽然不是解决运能与运量矛盾的主要手段,但能为铁路运输提供安全和效率的保证,即提高了劳动生产率,改善了劳动条件,一般估计可提高线路通过能力 20% 左右。

第一节 行车调度自动化概述

一、行车调度自动化的任务

铁路运输的管理和指挥,包括列车、机车、车辆运用计划的制定,实施计划的调整,事故统计等一系列内容,是一个复杂的系统。行车调度自动化是其中的一部分,即有关列车控制、指挥、统计的系统。

行车调度自动化的主要功能有:编制运输计划,自动排列进路,自动调整运输计划,编制车辆运用计划,传递列车晚点信息,传递调度信息,传送为旅客服务的各种信息及各种统计工作。

行车调度自动化系统应完成的基本任务有:

- (1)自动显示区段内列车位置、车次、车站股道情况和信号设备情况;
- (2)自动记录实绩运行图;
- (3)自动监督列车运行情况,不正常时自动报警;
- (4)自动控制列车进路;
- (5)自动进行列车运行调整;
- (6)自动进行与行车有关的统计;
- (7)自动预告和显示接近的列车车次及正晚点情况。

行车调度自动化系统在 CTC 的基础上引入计算机,代替调度员的繁复的事务性工作,使之从紧张繁重的脑力劳动中解放出来,从而把主要精力放在判断和调整运行计划上。

二、行车调度自动化系统的基本结构

以调度集中为基础的行车指挥自动化系统的基本结构如图 5 1 所示。

调度集中总机接收计算机或调度员下达的各种命令,向各分机传送命令及车次号,同时接收各分机送来的表示信息,向计算机、表示盘、车次表示窗传送各种信息。在人工操作时,仍然完成调度集中原来的各项功能。

计算机要完成各种输入信息的分类、复核、确认,实现列车追踪、逻辑判断,完成列车运行的调整、命令的下达,并用外存储存基本运行图,用 $X-Y$ 描绘仪描绘实绩运行图,打印机打印各种统计资料。图形显示器显示计算机提供的实际执行运行图和运行图的调整方案,供调度员参考。字符显示器用以传达命令。表示盘用来表示列车运行状态,各车站的信号、进路状况及车次号。

调度集中分机与原来一样。车站的应答盘是车站值班员与计算机进行对话的设备,用以办理运营业务,始发站输入车次号。

行车调度自动化系统的程序分为应用程序和管理程序,应用程序分成多任务,由管理程序进行监督。

任何自动化设备都不可能完全摆脱人的控制和监督,行车调度自动化同样要由调度员参与监督、判断和分析、下达命令等工作。但随着自动化程度的不同,人参与的程度也不同。

图 5 1 行车调度自动化系统的基本结构

三、几种行车调度自动化系统

(一) 计算机辅助的行车控制系统

计算机辅助的行车控制系统(COMTRAC)用于客运专线等运营要求较简单的线路,如日本的新干线即采用之。它运用计算机及其外围设备实现调度工作的自动化,除自动排列进路、自动报送车次号、自动描绘实绩运行图和自动通知列车正晚点情况外,在运行图局部打乱时,可及时进行自动调整,调度员不必介入。当运行秩序较大范围打乱时,计算机及时提供恢复方案,供调度员选择和修改,以便较快地恢复正常的运行秩序。在运行过程中,计算机通过图形显示器向调度员预告未来 3h45min 范围内的列车运行计划,允许调度员用光笔在显示器上进行修改和补充。系统还具有自动编制车辆运用计划、统计、旅客向导等功能,整个系统的自动化程度较高。

系统的设备构成如图 5 2 所示,其中运行调整计算机采用单机运行,而进路控制必须用高可靠性的系统来完成实时控制,故采用三机二重系方式。本系统为实现列车追踪,在每个车站设五个地点信息(接近、进站信号机、停车、出站信号机、列车车次检查)。计算机检查地点信息的合理性后,启动一系

图 5 2 计算机辅助的行车控制系统

列程序,以掌握列车位置。排列进路的程序也由表示列车位置的地点信息来启动,按照计算机内的列车运行时刻表,依据标准时钟,顺序发出进路控制命令。

(二) 程序进路控制系统

程序进路控制系统(PRC)是在调度集中的基础上增设计算机,其主要功能是自动排列进路,自动显示运行状况、信号机状态和车次,自动描绘实绩运行图和自动统计列车走行公里等。当运行秩序打乱时,计算机在控制盘上表示出来并告警,调度员可通过人工操作进行变更(如变更进路、变更列车顺序、修正车次等)。与计算机辅助的行车控制系统相比,自动化程度有所降低。系统构成如图 5 3 所示。

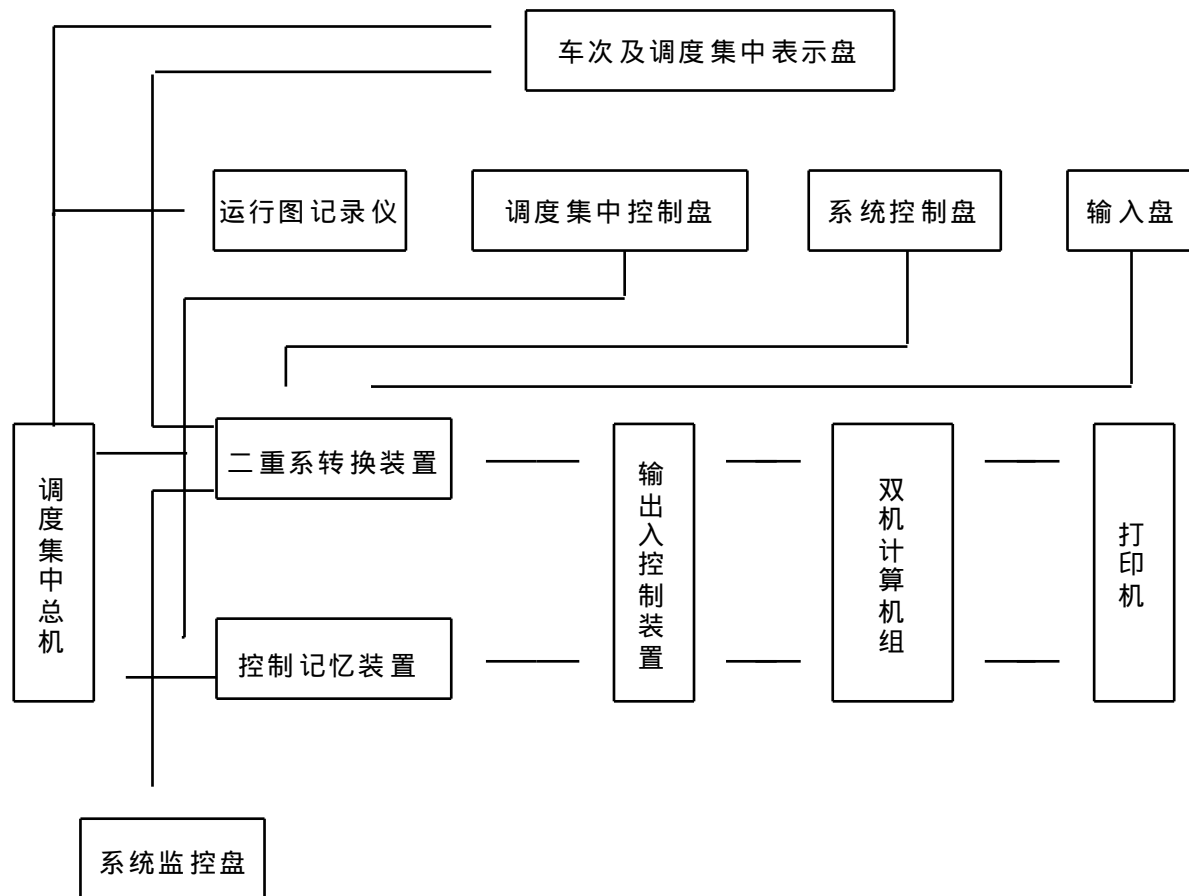


图 5 3 程序进路控制系统

系统控制盘用来在运行秩序打乱时输入修改数据。输入盘是专为修改计划运行图而设的。系统监控盘用来表示和制定系统的运行方式以及表示各种设备的工作状态。控制记忆装置除了把计算机输出的进路命令转换为调度集中的控制码贮存起来外,也可用转换开关把调度集中控制盘的控制贮存起来。

两台计算机采用非同步并列运行方式,平常一机运用,一机待用。主机完成列车追踪和车次表示,与调度集中相连,输入表示信息,输出控制命令,还能使用系统控制盘、输入盘和输出打印机。备机接收调度集中的表示信息,与主机一样进行列车跟踪,并通过机间通信设备从主机接收系统控制盘和输入盘的信息。当备机转成主机时,经过 20s 后就能进行进路控制,保证了信息处理的连续性。

本系统依靠计算机,根据调度集中送来的轨道电路、信号机状态的信息,及时掌握列车所在位置,将列车位置对应于车次进行跟踪。然后再按运行图所预定的时间规律,自动地进行进路控制。控制命令由计算机发出,经调度集中传至各站。执行后的信息和由调度集中传送来的表示信息,再进入计算机,作为计算机查询和下次控制时用。

(三) 采用过程控制计算机的行车控制系统

本系统(ITC)的主要功能是进路控制和运行调整,也分为计算机控制、CTC控制和车站控制三种方式。计算机系统保证辅助操作的安全,并进行正常和辅助操作可靠性的检查。计算机系统有两种方案:双组计算机方案和三组计算机方案。

双机计算方案,将调度区段分为两个分区,每组计算机负责一个分区。对于分区 1,计算机 1 组是执行组,计算机 2 组是检查组。对于分区 2,则两组计算机作用相反。如图 5 4 所示,每组计算机由两台计算机组成,一台是控制计算机,另一台是管理计算机。管理计算机接收各外围设备和调度集中送入的信息,并向控制计算机提供各项命令编码。执行组控制计算机追踪并指挥列车运行,而检查组计算机不介入。

每项命令,例如办理进路,只要一到规定时间,就进行“允许检查”。执行组对各项程序进行允许检查后,这个经第一次处理后的命令暂存在执行组计算机内。检查组也要对办理该进路的程序进行允许检查,检查完毕后将这个经第二次处理的命令传给执行组。两个分开处理的命令送入控制计算机,然后经管理计算机和调度集中送至车站。命令传到车站后,经故障—安全比较器,在执行组与检查组发出的命令一致时,才予以执行。

此方案的两组计算机分别承担执行和检查的任务。对每一分区只有一组计算机担负调度指挥工作,另一组只起检查作用。但一组计算机故障后,另一组要担负两个分区的任务。

三组计算机方案如图 5 5 所示。三组计算机完成全区段的调度指挥任务,每组计算机的管理计算机都能接收全区段所有的表示信息。三组计算机都能追踪列车运行,并以相同的程序发出各项命令。3 取 2 比较器既要保证故障—安全,又要检查三组计算机的处理结果是否一致。3 取 2 比较器的输出经调度集中动作电气集中。

图 5 4 双组计算机方案

图 5 5 三组计算机方案

四、我国对行车调度自动化的研究

我国铁路是客货混运,许多中间站有调车作业,变化因素较多,各国实现行车调度自动化的经验只能作为我们的借鉴,不能搬用。要根据各国行车调度工作的内容和特点,把各国的做法结合起来,形成适合我国路情和特点的方案。在我国,应用计算机的行车调度自动化系统应以调度集中为基础,其主要功能有:

1. 自动显示区段内列车位置,车次、车站股道情况和信号设备状态;
2. 自动记录列车实绩运行图;
3. 自动控制列车进路;
4. 自动进行列车运行调整;
5. 自动统计有关列车的报表;
6. 在车站自动预告和显示接近列车车次及正晚点情况。

我国曾就行车调度自动化先后作过一些试验。1970年,在京山线天津——古冶段试验行车调度自动化,即在DD4型调度集中(采用集成电路)的基础上用计算机实现行车调度的自动控制和自动调整,是计算机辅助的行车调度自动化试点工程。1975年,又进行京津段行车调度自动化的试验。虽进行了大量工作,但终因我国铁路运输情况过于复杂,未有满意的效果。

80年代研制成功的D5型全微机调度集中,是大秦铁路的配套工程,可以按运行图采用进路存储控制和进路程序控制方式来自动指挥列车运行。

广深准高速工程的全微机调度集中系统分为计算机辅助和调度集中基本级两大部分。车站列车进路分为控制中心计算机自动控制、程序控制、调度集中控制、调度员储存控制和车站控制等五种方式。实现了控制中心对列车运行状态的检测,将收集到的列车运行和被控对象信息进行处理和显示。可进行列车车次号输入、传递和跟踪。实现列车运行图的管理,包括基本运行图的存储、显示及更新;班计划运行图的编制、修改和显示;3小时计划运行图的编制、变更和显示;实绩运行图的描绘和统计数据。实现对列车的运行调整,对在途列车运行进行监视,不断与3小时计划运行图比较,实时地自动提出运行调整方案。实现对列车运行的监视和报警。

繁忙干线的双线调度集中在京广线郑州——武昌段试点,其可实现智能化,按计划运行图的程序预排进路。在运行图打乱的情况下,自动给出调整方案,可辅助调度员进行行车调度指挥。

“CATD—1型计算机辅助行车调度系统”于1992年列入“八五”国家重点科技项目。该系统从1995年底开始在京广线石家庄至保定区段安装试验,1996年3月通过了国家验收和技术审查。

五、计算机辅助行车调度系统的发展方向

当今世界各国铁路都在积极推进调度中心的建设,实现铁路调度现代化,保证铁路运输安全、提高铁路运输效率从而增强铁路运输的竞争力,已经是铁路发展的共同目标。铁路调度中心的建设已不仅涉及铁路信号领域,而且是实现铁路运输现代化的重大步骤之一。

计算机辅助行车调度系统的应用作为现代化铁路调度的手段,不但将得到大力推广,而且其发展趋势将是:

(一) 网络化

随着铁路X.25网的开通应用,计算机辅助行车调度系统不但自身构成局域网,而且通过X.25网联通,形成铁路分局调度、铁路局调度、铁道部调度的层次结构。铁路分局调度通过计算机辅助行车调度系统实施列车调度的现场指挥,铁路局和铁道部调度可以实时地了解每条铁路的列车实际运行情况。铁道部、铁路局可以将宏观调度命令直接发送到铁路分局。

(二) 集成综合化

计算机辅助行车调度系统不但是实时控制系统,而且也向着集成综合化的智能信息管理

系统发展。它将与旅客向导系统、电务维修系统、电力遥控系统、车站监视系统、铁路运输管理信息系统(TMIS)协同工作。

(三) 技术多样化

随着计算机技术的不断发展,硬件平台将向大型机、中小型机、PC 机的混合系统发展,以适应不同应用的需要。网络技术、数据库技术、面向对象技术、窗口式图形界面、多媒体技术的应用,使系统具有更好的适用性。

总之,计算机辅助行车调度系统将向网络化、集成综合化和智能化方向发展,将形成铁道部、铁路局、铁路分局三级调度信息管理中心,使系统具有行车计划、运营管理和信息服务等功能,保证运输的安全和提高运输效率,更好地为中国铁路的现代化服务。

第二节 CATD 1 型计算机辅助行车调度系统

计算机辅助行车调度系统是以调度监督、调度集中系统为基础,实现三小时阶段计划的 6 种自动功能,即冲突的自动监测、三小时阶段计划的自动编制、自动调整、自动传递、自动下达和自动执行。这样不但有效地提高了铁路调度工作的效率,同时也减轻了调度员的工作负担和劳动强度,从而保证行车安全。

CATD 1 型计算机辅助行车调度系统采用客户机/服务器策略,便于按相同的结构扩展,以广域网互联,可以形成纵向分层横向分散的覆盖全路的系统。

铁路分局行车指挥系统既包含实时控制又包括运营管理,是很有代表性的一级。因此,CATD 1 系统首先是针对分局级系统。分局级系统包括以下几个部分:调度集中(或调度监督,采用 DJ4 型)系统;计划系统(日班计划、三小时计划、货运计划、客运计划、机车计划、远程显示、运营指标分析);信号设备监测系统;车站行车信息系统;旅客信息系统;开发系统。图 5 6 所示为分局级计算机辅助行车调度系统框图。

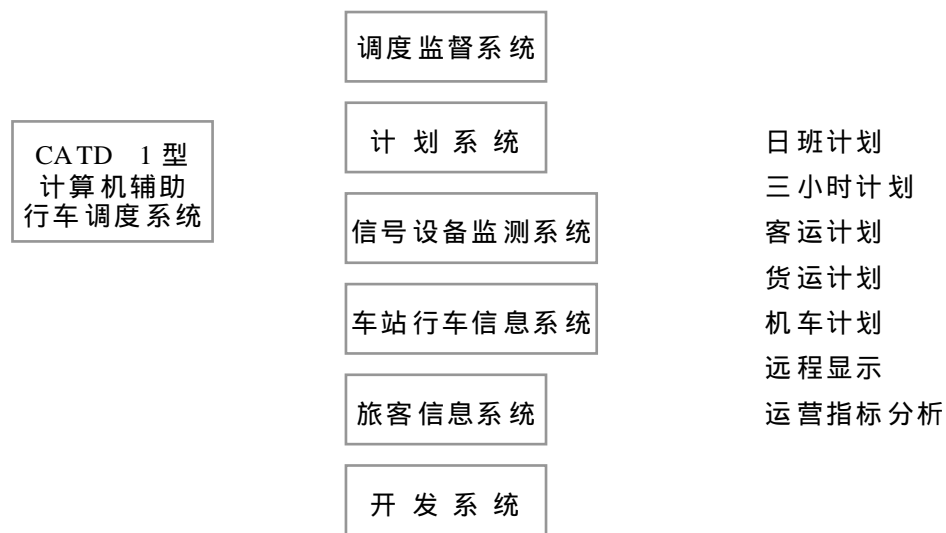


图 5 6 分局级计算机辅助行车调度系统框图

一、系统的特点

(一) 客户机/服务器策略

客户机/服务器策略的基本思想是在网络的环境中提供共享服务的硬件、提供系统的软件支持和共享信息(文件)。采用客户机/服务器可以实现高可靠的服务和灵活易于扩展的结构。图 5 7 所示为客户机/服务器结构框图。

铁路分局的客户机/服务器系统包括分局内所有的应用系统:计划系统、统计、实时控制、电力遥控、维护系统、开发系统等。实现全分局的信息共享。



图 5 7 客户机/服务器结构框图

覆盖分局的系统要同其他分局、路局等交换信息,因此对外有很强的接口能力。该系统留有一个 X.25 接口和数个 RS 232、RS 422 接口;系统还能非常方便地增加接口以满足各种需要。

(二)高可靠性

过去我国的调度监督系统一直作为行车辅助手段,而今天计算机辅助调度系统研制成功和应用,使作为计算机辅助行车调度系统一部分的调度监督系统成为行车必不可少的设备,调度监督系统的中断将严重影响正常的行车指挥工作。为了保证系统不间断工作,必须提高系统的可靠性,改进工厂的生产工艺是提高产品可靠性的基础;针对系统不同的特点采用可靠性设计技术,是提高产品可靠性的重要措施。行车指挥设备是个可维护的设备,对于可维护设备采用缩小平均维护时间和采用多级并联冗余方法可以有效地提高系统的可靠性。

二、计划系统

计算机辅助行车调度系统是建立在调度集中或调度监督上的运营辅助系统。它处理来自调度监督或调度集中的原始列车运行信息和人工输入的列车信息,然后在此基础上统计班运行计划,自动生成阶段运行计划。系统遵循《铁路技术管理规程》及《铁路行车调度规则》采用现代决策理论及人工智能方法,可以为调度员实时提供未来三小时甚至更长时间的实用的、有价值的、不同目标的列车运行调整计划,并为调度员人工参与提供了非常便利的接口,进一步保证了系统的实用性。

分局级计算机行车辅助调度系统的计划部分包括:日班计划系统、三小时计划系统、机车计划系统、货运计划系统、客运计划系统以及运营技术指标的统计等。在这些系统中的核心部分是三小时计划系统。

(一)三小时计划系统

我国铁路运输能力小于运量需求,为了最大限度地满足用户的要求,运行计划排得满满的,没有必要的余量以满足客观情况的变化,计划(日班计划)难以兑现,不得不随时制定三小时的计划指挥列车运行。由此可见三小时计划的特点是:三小时计划是针对列车当前实际运行情况制定的,只有实时地掌握列车运行情况才能制定出三小时计划;三小时计划仍不是百分之百能够执行的,因此是个滚动的计划;制定好的三小时计划要及时通知给车站。

因此,三小时计划系统的功能是:自动记录列车运行时分;自动记录列车实绩运行图;自动生成三小时计划;自动下达三小时计划。

计算机辅助智能行车计划系统框图见图 5 8 所示。

显而易见,系统结构遵循控制系统的一般原则,可简化成输入、主体、输出和反馈四部分。

虽然如此,由于影响系统输入的因素非常复杂且难以预测,因而,就必然导致系统主体的复杂性和输出不断漂离预定目标。为了保证系统输出最大限度地贴近预定目标,系统的模型及智能决策方法将是系统实用与否的前提。同时,如何实现反馈分析环节也是十分关键的。

图 5 8 计算机辅助智能行车计划系统框图

软件设计采用面向对象的技术,模块分明,易于扩展,便于移植。

软件设计自始至终体现面向对象的设计思想,系统对象各模块独立性强,功能单一,因而易于扩展。系统软件在投入使用以前,用专业的测试手段进行测试,因而保证了软件的可靠性,由于采用 C++ 语言编程,因而系统硬件配置改变时,很容易移植到新的设备上,保证了系统的更新。

(二) 三小时计划系统的功能

1. 基本功能

(1)基本运行图的储存、显示、修改和更换。将基本运行图储存于系统,供调度人员随时调出参照,并可以把基本运行图与实绩运行图重叠比较,使调度人员清楚地了解当前运行与基本运行图的差异。

(2)行车信息(人员、车辆、股道占用和计划占用、故障、施工、车辆编组、站存车、车次表示信息、班计划等)动态管理。

(3)班计划输入。系统提供两种班计划输入方式:人工输入和自动输入。自动输入是指本系统与班计划系统联网,班计划自动地输入到本系统。

(4)实绩运行图自动描绘。定时描绘、显示和必要的信息标释。采用平板式绘图仪,行车人员可以从绘图仪上随时观察到列车实际运行情况。

(5)三小时计划自动辅划、显示、自动调整以及人工修改。在高分辨率运行图显示器的中间标有一条实时线,实时线的右半面绘制的是实绩运行图,左半部是计划图。这种方式与我国现行调度人员的工作方式十分相像。

(6)相邻区段三小时计划的自动协调。

(7)12h 的统计报表。对本调度区域内有关列车运行数据具有 12h 运营统计功能。统计的内容为始发正点率、运行正点率。统计工作以基本图为依据。

(8)车站接发车计划的编制与下达。根据三小时计划,自动编制各车站接发车计划,并及时下达给各车站。在车站把接发车计划作为旅客向导系统和客运广播的依据。

2. 辅助性功能

- (1) 实时钟管理;
- (2) 运行图定时滚动;
- (3) 查询计划、晚点报告;
- (4) 人工添补调度监督系统丢失的信息;
- (5) 特殊运行线的显示;
- (6) 行车指挥资料储存。

(三) 行车调度台

行车调度台是为行车调度员设置的,是计算机辅助行车调度系统的主要用户它是一个智能化的计算机系统,一般包括计算机、高分辨率的显示器、绘图仪、打印机以及键盘和鼠标,可以输入、储存和显示标准计划、输入每天的班计划,系统自动地接收列车运行时刻、自动绘制列车运行图、自动通报早晚点;在调度集中区段系统根据列车运行情况自动按计划排列进路;利用人工智能技术,当列车运行计划被打乱时自动编制运行计划;系统自动地完成必要的统计工作。行车调度台采用高分辨率显示器作为调度人员和计划系统之间的一个非常友好的人—机界面,形象地显示各种图表便于调度员了解计算机制定的计划,同时也便于调度人员修改计划。计划系统可以代替调度人员频繁、琐碎的事务工作,提高调度工作质量、减轻劳动强度。

(四) 系统工程师台

系统工程师台简称为系统台。系统台是为安装调试、改进系统、系统扩容和扩展、软件的改进而设置的。系统台配置的硬件有计算机、运行图显示器、运行图描绘仪、表示信息显示器、打印机等。系统台配有系统开发的工具软件。系统台也可作为运输和电务人员的培训台。

三、信号设备监测系统

该信号设备监测系统是计算机辅助行车调度系统的一部分。监测分机设备安装在调度监督的分机内,借助调度监督的通信线路将监测信号传至电务段和铁路分局,在电务段和铁路分局设监测总机。在分局调度所,监测的信号接入网络和服务器,在电务科或电务调度所在地设置客户机。为节省投资和实现集中维护,车站的监测分机一般不设处理和显示设备,设备集中设置在调度所。如果用户有特殊需要,分机也可以接有处理和显示设备。

信号设备监测系统采用集中监督、检测、记忆、判断等技术手段,监视运用中设备状态,预测和发现设备故障,为实现设备状态修创造条件。监测设备与应用设备之间有可靠的隔离,监测设备的任何故障均不影响应用设备。所有记录均可存储 24h。监测的内容有:

- (1) 信号电源输入交流电压,输出交、直流电压,信号电源系统接地;
- (2) 电动转辙机动作次数,工作电流曲线;
- (3) 轨道继电器端电压;
- (4) 信号电缆对地绝缘;
- (5) 信号机主灯丝工作状态;
- (6) 关键的熔断器;
- (7) 登记进路排列的情况与相应的时间;

(8) 登记关键继电器(按钮继电器,反映道岔、轨道电路、信号机状态的继电器)和带铅封按钮的动作和时间;

(9)故障和超限报警;

(10)监测和记录灯丝断丝和熔断器熔断。

四、车站行车信息系统

车站是行车指挥过程中的重要环节,车站工作的好坏直接影响到行车的效率和安全。车站应设置一个高可靠的信息系统,及时接收调度所下发的调度命令和计划,同时及时将列车运行的情况报告给调度所。

车站设计算机和打印机可以记录和打印列车运行计划和调度命令。车站的微机监测系统是信号设备监测系统的基础,监测和记录联锁设备主要部件动作次数、各种电压(交直流电源电压和轨道电压)数值;电动转辙机工作电流曲线、记录所测量的绝缘电阻。

五、旅客信息系统

计算机辅助行车调度系统存有列车运行的实际情况和运行计划,是唯一的可以向客运人员提供确切信息的地方,借助于多媒体技术还可以代替重复繁琐的事务工作,如自动广播、旅客向导、工作分析和记录等。

第三节 CAD5000 计算机辅助行车调度系统

一、系统功能

计划调度员根据货运日班计划和基本运行图来编制日班计划,并将日班计划通过计划员台输入到计算机辅助行车调度系统(当计算机辅助行车调度系统与列车信息管理系统联网时,日班计划也可以由计算机辅助行车调度系统自动生成),计算机辅助行车调度系统根据日班计划、列车运行的实际情况、车站线路的情况自动编制出列车运行的三小时阶段计划,包括甩挂计划、待避计划等。调度员可以选择、修改计算机根据多种算法自动生成的三小时阶段计划。经调度员确认后,该计划通过调度监督系统或调度集中系统自动下达到车站,并根据该计划自动地向车站发遥控进路命令。

三小时阶段计划系统具有 6 种自动功能,即冲突的自动监测、三小时阶段计划的自动编制、自动调整、自动传递、自动下达和自动执行。

系统功能框图如图 5 9。

(一)基本运行图和日班计划的输入和编辑

基本运行图是铁道部颁布的年度计划中的列车运行图。日班计划是根据基本运行图及当日列车的运行要求而制定的,它包括机车周转计划、列车工作计划、货运工作计划。基本运行图包括车次号、列车类别、运行等级、到发时刻表、区间运行时分、作业情况等信息。日班计划包括列车停运、列车增开、列车改线运行、股道或区间封锁、施工开天窗、货车甩挂作业等信息。基本运行图和日班计划可以由计划员通过计划台以图形或表格的方式输入和编辑。

(二)三小时阶段计划冲突的自动监测

由于列车晚点、股道或区间的封锁、区间限速等原因引起的列车不能按原有的三小时阶段计划继续运行的情况,定义为“冲突”。三小时阶段计划系统能自动监测出因为以上原因引起的三小时阶段计划中的冲突情况,将冲突点及时地通知调度员。

(三) 三小时阶段计划的自动编制和调整

三小时阶段计划系统根据日班计划结合列车运行的实际情况(包括冲突情况)由计算机辅助调度系统自动地进行编制或调整三小时阶段计划。三小时阶段计划系统是根据铁路运输的规律和调度员的经验,抽象出人工智能数学模型,结合铁路现场的具体情况加以实现的。

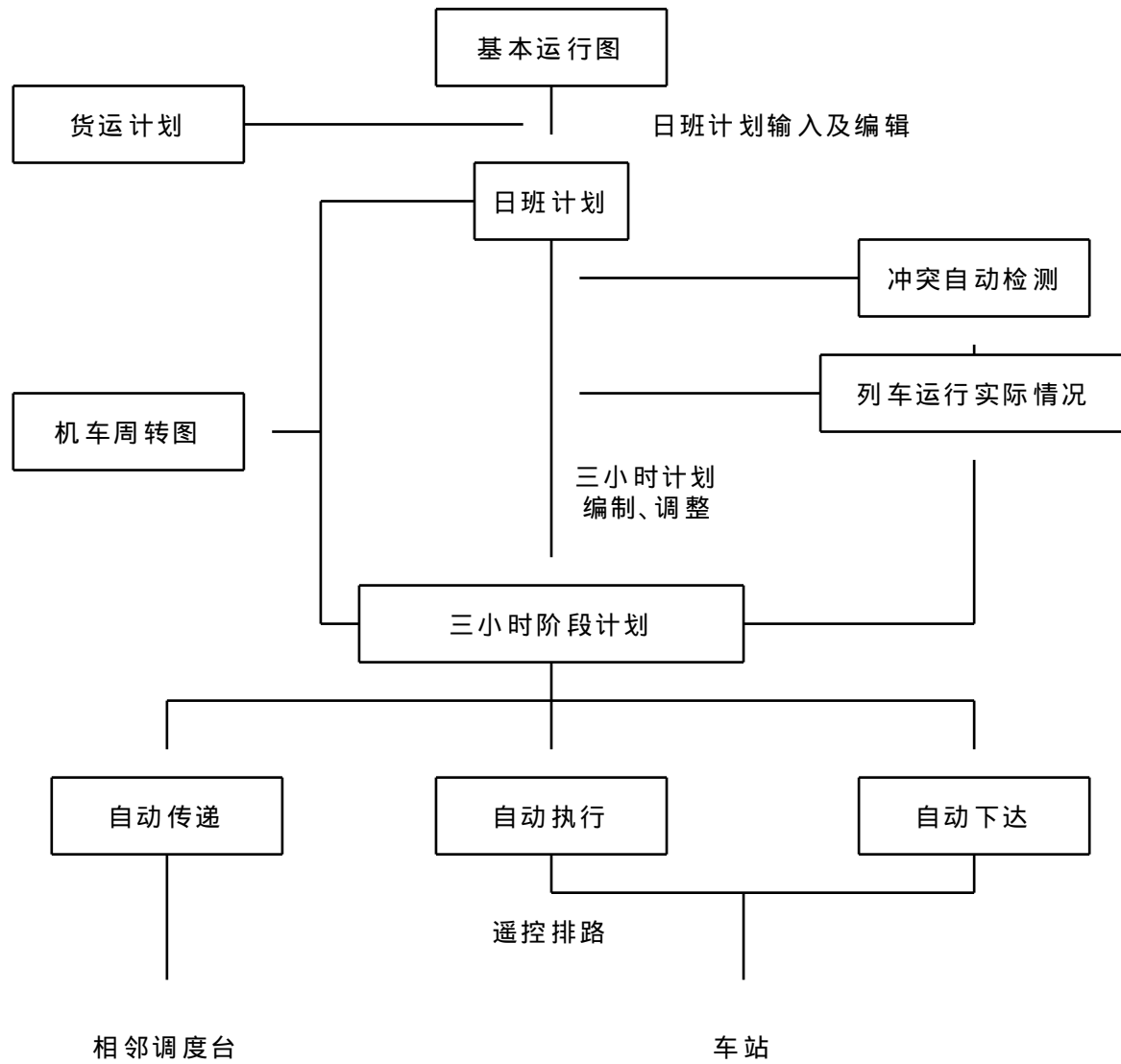


图 5 9 系统功能框图

三小时阶段计划系统根据多种策略自动编制和调整三小时阶段计划,保证所编制出的三小时阶段计划不但是可行的,而且是接近最优的。三小时阶段计划系统考虑的主要策略有:列车运行调整高优先级优先;正点列车保正点;总通过能力最大;总晚点时分最小;总启停时分最小等等。在具体编制和调整时,充分考虑以下因素:列车的速度;列车的运行间隔时分;超长、超限列车;机车的周转;股道、区间因施工而封锁;区间运行限速;客车的时刻表;机车的运行速度极限等等。

三小时阶段计划的调整策略不是单纯地使用一个策略,而是基于人工智能的综合策略的优选组合。调度员可以设定策略的优先等级,三小时阶段计划在运用中不断地记录、学习、适应该区段的运行规律,以期达到最佳的编制和调整效果。

(四) 三小时阶段计划的人工调整 and 确认

调度员可以通过图形或表格的方式对计算机编制和调整的三小时阶段计划进行人工编辑和确认。

(五) 三小时阶段计划的自动传递

在调度员确认后,三小时阶段计划自动地传递到相邻的调度台。

(六) 三小时阶段计划的自动下达

三小时阶段计划经调度员确认之后,通过调度监督系统或调度集中系统自动地发送到车站。车站值班员可以及时地了解当前的三小时阶段计划。

(七)三小时阶段计划的自动执行

三小时阶段计划系统根据三小时阶段计划和当前列车的运行实际情况通过调度集中系统自动地向车站发遥控进路命令。以此实现对列车运行的自动控制。

二、系统的技术特点

计算机辅助行车调度系统划分为三个子系统,即调度监督、调度集中子系统,列车工作日班计划子系统,三小时阶段计划子系统。三个子系统运行在公共信息数据库的基础上。该公共数据库包含了基本运行图、车站站细参数、列车运行参数等信息。

系统结构框图见图 5 10。

图 5 10 系统结构框图

(一)整体性

计算机辅助行车调度系统充分考虑了铁路调度工作的实际情况,调度员台、操作员台、计划员台、调度长台等的功能配置,与广域网及其他系统的连接,使整个系统发挥出最佳效益。

(二)技术的先进性

1. 计算机人工智能的应用和自学习、自适应功能的开发使计算机辅助行车调度系统的列车调度更具准确性和科学性。

2. 计算机辅助行车调度系统,使用了当今世界上最先进的客户机/服务器系统结构,系统中使用超级小型机、工作站、PC 机的混合配置,以适应不同用户的需求。

3. 通过局域网技术和 TCP/ IP 网络通信协议将系统中的超级小型机、工作站、PC 机连接起来,同时使用 TCP/ IP 网络协议与广域网连接。

4. 超级小型机作为应用服务器,大大提高了系统的处理能力。使系统有更大的容量和更高的处理能力。

5. 超级小型机、工作站上使用 UNIX 操作系统,在 PC 机上使用 OS/ 2 多任务操作系统,保证系统信息处理的实时性。

6. 工作站和 PC 机上均使用高分辨率窗口式图形界面,使得系统具有良好的用户界面。

7. 分布式数据库的采用达到了系统信息的共享和保护的目的。

8. 多媒体技术的使用,使调度员更方便、更直观地得到所需各种资料。

9. 面向对象技术的采用,使系统与世界的先进技术接轨。

(三) 可靠性

计算机辅助行车调度系统是 24h 不间断运行。硬件设备要求安全可靠,因此在车站采用工业标准的单片机进行数据的采集、数据的远程传输、控制命令的下达。调度中心使用双层以太网,主备应用服务器。软件具有自动保护和主备自动切换功能。主备应用服务器保证关键数据和数据库同步备份,以达到系统可靠运行。

(四) 可扩展性和可移植性

因为使用主流硬件平台、主流操作系统、主流的开发环境和主流的计算机语言、主流的系统结构,所以该系统具有很好的扩展性和移植性。

三、计算机自动形成三小时阶段计划

计划员每天根据下达的日计划制定本区段的日计划及班计划,行调根据下达的日、班计划及掌握的列车运行实际情况,及时编制并下达三小时阶段计划。

为提高行车组织及指挥的效率,采用计算机自动生成三小时计划,能提高自动化程度,减轻调度员劳动强度。

(一) 运行图分类及相互关系

运行图可分为:基本运行图、日/班计划运行图、三小时阶段计划运行图、实际记录运行图。

基本运行图是铁道部颁布的年度计划中的列车运行图。一般在一年内更改二次。

日/班计划运行图是由当日 18 时至次日 18 时一日内的运输计划。日/班计划运行图是根据基本运行图及当日列车运行要求而作出的。

日计划分为两个班计划:

当日 18 时至次日 6 时为第一班计划,次日 6 时至 18 时为第二班计划,铁路分局可根据第一班计划的执行情况和日计划任务,对第二班计划内容进行部分调整。

三小时阶段计划运行图是保证实现班计划任务的 3~4 小时具体行动计划,是调度员组织实现计划任务的主要手段。

实绩运行图是三小时阶段计划执行的历史记录。又是下一个日/班计划和三小时阶段计划编制的参照。

它们的关系是:

(二) 系统的主要功能

系统主要功能如表 5 1 所列,包括:

基本运行图的输入、显示、绘制(图形/表格式输入);

日/班计划运行图的输入(表格式输入);

三小时阶段计划的自动生成或者人工输入(图形/表格输入);

三小时阶段计划的自动调整或者人工调整(图形编辑);

三小时阶段计划的显示、绘制;

实绩运行图自动纪录、显示、绘制;

表 5 1 三小时阶段计划系统功能

	输 入	显 示	绘 制	自 动 生 成	自 动 调 整
基本运行图					
日/班计划运行图					
三小时阶段计划运行图					
实绩运行图					

(三) 日/班计划

1. 日/班计划的输入手段

系统对日/班计划的输入采用表格方式,中文提示。

使用命令输入方式和弹出式中文菜单相结合,在输入同时可以查询必要的系统信息。

2. 日/班计划的输入内容

(1) 列车运行计划

更改车次:使该车次以另一车次的运行线路运行。

取消车次:取消一列车次的运行。

增加车次:增加一列车次的运行。

(2) 列车停点计划

货车装卸停点计划,客车停点计划,……。

(3) 其它信息

车辆的超长、超限指数,列车的其它信息。

(四) 三小时阶段计划

1. 编制三小时阶段计划所必需的信息

(1) 日/班计划

(2) 实绩运行图

(3) 其它信息

列车停点计划、客车停点计划、货车停点计划;

运行列车的信息:超长、超限;

静态的站场信息:股道长度信息、……。

2. 三小时阶段计划自动生成和调整的步骤及原理

(1) 取日/班计划,实绩运行图及其它列车或站场信息

取日/班计划、列车信息、站场信息在系统启动的时候或者在计划调度员输入时储存在计算机内存的数据库中,并可以自由地取出或由调度员输入修改。

(2) 人机对话的方式输入各种限制条件及额外信息

人机对话使用清晰明确的中文菜单或命令输入方式。当调度员输入一个命令时,计算机自动提示调度员下一步应该输入的内容,或者使用弹出式菜单方式来输入各种条件。当调度员有所不明白之处时,可以使用帮助键来显示帮助信息,如:

当列车按图行驶发生冲突时,应该待避哪一辆列车,即指定列车的优先级(或者客车优先级最高,准点货车其次,其它列车最低,或者某些重点车优先级最高等等);

某些货车的超长数,超限数;

某些客车在某些车站中的最短停车时间;

某些货车在某些车站的最短装卸货物时间；
某些站间闭塞分区进行维修,该区间列车以单线方式组织行车；
改变某些车的待避位置。

(3)“自动”顺延处理

晚点报警:列车晚点超过预定值时,向调度员报警。根据实绩运行图按该车次的最后一个报点对日/班计划进行调整。

早点列车:按正点运行处理。

正点列车:正点运行。

晚点列车:顺延处理。如按日/班计划 97 次列车 12:00 离开某站,而实际 97 次列车以 12:30离开某车站,晚点 30min 运行,对该车次的运行线调整顺延处理。

(4)冲突检测

在一定时间范围内(如 1h)和在一定距离范围内(如 5 个站距离内),对因列车晚点而作顺延处理的运行图进行冲突检测。

冲突及冲突检测。冲突即按现行的运行图行车,由于列车的晚点,造成一定时间后,两列车在区间内的间隔小于某限制值或两相邻站同时间向同一区间发车,或者在某车站的接发列车间隔时分不符合铁道部的安全规定等等,涉及行车安全的情况都叫冲突。冲突检测即对可能引发的冲突进行检查。

区间冲突检测。如果预计两列列车的运行方向在单线区间内交叉,这两列列车将发生冲突;如果预计两列同向列车在区间内超越,这两列列车也将发生冲突。对可能引发这类冲突进行检查称区间冲突检测。

站内冲突检测。站内冲突检测比较复杂,不但要考虑车站各股道的使用情况,而且要考虑列车的超长、超限、车站接发车的安全标准(时间间隔)等。

一般系统中采用定图定进路的原则,如按运行图,某车次要进入某车站,该车次进入该站的进路是固定的。这固定进路可分第一预选进路,第二预选进路,第三预选进路。对某些客车或有装卸作业的货车只有第一预选进路,这类车是必须停在指定的股道。

系统为了检测站内冲突,在内存中建立一个股道使用情况的数据库,这数据库是检测站内站突的依据,也是解决站内列车冲突的标准。

如果车站的三个股道的使用情况如图 5 11 所示,在 12:00 有一辆 550 次列车要进该站,需停车 20min,其第一预选股道是 1 道,第二预选股道是 3 道,第三预选股道是 2 道。显然,已知该车站的 1、2、3 股道的使用情况之后,不能按计划安排 550 次列车入该车站,即将在该车站发生站内冲突,需要去解决这一情况,才能继续行车。

图 5 11 站内股道使用情况

(5)冲突解决

冲突解决包括人机对话之后计算机自动解决或人工修改/人工确认。

列车运行将发生冲突时的调整基本原则:

- a. 正点运行列车保正点;
- b. 客车/重点列车保正点;
- c. 缩短/伸长列车应安排交会的停留点;

- d. 提高区间运行速度;
- e. 其他预先设定或临时输入的限制条件等等。

图 5 12 冲突计算机自动解决工作流程图

计算机自动解决的工作流程:如图 5 12 所示。根据用户的要求,计算机自动解决的运行图调整必须至少提供两个方案。调度员通过人机对话输入决定计算机对日/班计划调整的原则及策略。如一系列正点货车与一系列晚点客车在单线区段内发生冲突,如图 5 13(a)所示。

调整方案一 正点车保正点,调整结果如图 5 13(b)所示。

调整方案二 保客车正点。调整结果如图 5 13(c)所示。

图 5 13 计算机自动调整运行图

3. 三小时阶段计划自动生成的软件设计

三小时阶段计划自动生成的软件系统设计遵循如下原则:采用世界上最新流行的面向对象的设计方法;采用模块化程序设计,明确了模块的功能,按系统标准设计调用接口和调用方式;统一数据结构通信协议以及公共模块;在详细的总体方案技术和实施方案的指导下,设计

分工协作独立开发调试,最后联调。

系统只设计存在调度监督或调度集中控制的区段。机车交路图为单列课题,本系统只留出一定的接口。

(1)系统设计目标

输入、修改、显示、绘制基本运行图。

输入、修改、班计划运行图。

编制、修改、显示、绘制三小时阶段计划运行图。

采集运行实际报点数据,显示绘制实绩运行图。

自动进行各调度台间的计划信息传递和衔接。

人机界面采用图形、汉字或约定的符号。

要确保基本信息不丢失,保证连续运动。

冲突自动检测、自动报警。

(2)基本运行图

基本图可以由人工在终端上使用表格方式或图形方式输入、修改、增删。

基本图包括下列信息:车次,各站到发时间,到发进路等。

还应具有以下基本信息:站间线路长度(上、下行),站间技术速度(分客货,上、下行),各站内每条股道长度,股道类别等。

保证新老基本图的独立操作和及时取代。

(3)日/班计划运行图

日/班计划编制以人机对话命令方式或者人工表格方式输入。

日/班计划以基本运行图为基础,如全部按基本运行图运行仅需要输入增减的车次,或是本图中第2、3项内容有变,仅输入变化的内容。

加开基本运行图外列车,需人工输入基本运行图的第2项信息。

具备基本运行图的第4项功能。

(4)三小时阶段计划运行图

阶段计划以基本运行图、班计划为依据,根据做计划时的列车运行实际,计算机编制本调度区段内三小时计划运行图,并做好衔接。

计划运行图本身不允许冲突发生,会让策略、股道使用要符合现行运输原则,要允许站内某些股道或区间方向线路封闭。

阶段计划应按调度员的要求编制,由调度员输入调整方法及原则。

列车运行偏离计划时,计算机自动调整的方案应经调度员确认后方能执行。

调度员可以对调整的运行图进行人工修改。

(5)软件系统的模块

功能模块划分如图5-14所示。

人机界面模块。使用鼠标或键盘进行人机对话,人机对话内容要简捷,方便和

图 5-14 CAD 系统软件功能模块示意图

快速,要求输入信息压缩到最低限度,输出信息量大,所有提示/方案准确明了。

基本运行图管理模块。主要管理基本运行图的输入、储存、查阅。

实际运行采集模块。采集 DSS 系统中的列车报点数据、维护、储存、查阅该数据。

日/班计划管理模块。管理日/班计划的输入、储存、查阅。

其它列车信息管理模块。管理列车信息及其它车站信息等的输入、储存、查阅。

冲突检测。自动检测计划运行图中任何可能发生的冲突,定位该冲突将发生的位置及车次,通知其它模块并向调度员告警。

晚点列车运行线处理模块。即对晚点列车作顺延处理。

日/班计划自动生成/自动调整模块。通过人机对话之后,自动生成或自动调整日/班计划。

系统维护模块。维护整个系统的数据库、系统的各种资源、输出各种维护信息。

① 通信模块。是负责 CAD 子系统(计算机辅助调度子系统,以上所有模块都是属于 CAD 子系统)与 DSS 子系统(调度监督子系统)进行通信。

(6) 软件系统的数据库

软件系统中维护着若干个数据库,其一是拓扑数据库,它包括各种列车的运行信息,每列列车的位置,车站股道的使用情况等现场各种信息的反映。其二是冲突检测数据库,它包括各种冲突检测所必需的信息及区间和股道在三小时阶段计划中的使用情况。其三是冲突解决数据库,它包括各种冲突解决所必需的信息。其四是额外信息数据库,它包括各种计划员或调度员人机对话中输入的各种命令、各种信息。

思考题

1. 何谓行车调度自动化?它与调度集中有何区别?
2. 行车调度自动化的基本任务有哪些?
3. 简述行车调度自动化系统的基本结构。
4. 比较 COMTRAC、PRC、ITC 系统的异同。
5. 简述 CATD 1 型计算机辅助行车调度系统的组成。
6. CATD 1 型计算机辅助行车调度系统有哪些特点?
7. 三小时计划系统有哪些功能?
8. 简述 CAD5000 计算机辅助行车调度系统有哪些功能?
9. 比较 CATD 1 型和 CAD5000 型计算机辅助系统的异同。
10. 简述计算机辅助行车调度系统的发展方向。

第六章 铁路运输调度指挥 管理系统(DMIS)

DMIS(铁路运输调度指挥管理系统)工程采用现代信息技术改造传统的落后的铁路调度方式,建立起融信号、通信、计算机、数据传输和多媒体技术为一体的开放、集中、透明的运输调度指挥系统,以提高行车指挥水平。DMIS工程的实施将带动整个铁路信号系统向网络化、智能化方向发展,从根本上改变我国铁路信号在调度指挥手段、行车控制技术和信号技术设备功能的落后面貌。DMIS为调度人员和有关领导及时提供丰富、可靠的信息和决策依据,为调度人员提供先进的调度指挥和处理手段,提高其应变和处理能力,减少调度人员通话和手工制表,充分发挥现有铁路运输设备的能力,并改善调度人员的工作条件和环境,满足改善铁路运输服务质量、适应市场经济发展的能力。

第一节 DMIS网络结构

我国铁路调度指挥管理是以行车调度为核心、站段为基础,实行铁路分局、铁路局和铁道部三级调度管理的体制。故DMIS设计为四级网络结构,其总体结构如图6-1所示。DMIS是一个覆盖全国铁路的大型网络,由铁道部调度中心局域网、各铁路局调度中心局域网以及各分局调度中心构成。局域网间通过铁路分组交换数据网(X.25)和专用线远程连接,进行远程信息交换。铁路分局调度中心通过通信服务器对基层调度监督设备进行信息采集和处理。

一、铁道部调度中心运输调度管理系统

它是DMIS的最重要组成部分。部调度中心是现代化铁路运输调度指挥的核心,位于整个DMIS系统的最高层。部调度中心运输调度管理系统以铁道部调度中心大楼为主体,包括直属通信处、部办公大

图6-1 DMIS网络总体结构

楼相关业务局设施,构成一个为调度指挥服务的局域网。通过铁路分组数据交换网(X.25)或专用线路与各铁路局调度中心远程连接,进行信息交换,并建立全路各专业技术资料库。部调度中心能获得全路各局间分界口、重要铁路枢纽、主要干线、关键港口口岸、煤炭装卸点及大企业站等的运输状况和调度监督的实时信息。同时还与 TMIS(铁路运输管理信息系统)及其他系统网络互联,获取大量的运输管理信息。

二、铁路局调度中心运输调度管理系统

它是 DMIS 的第二层,在各铁路局所在地建有局调度中心局域网。它是一个覆盖全铁路局的信息采集、传输、处理系统,主要为铁路局调度服务。其设备组成与部调度中心相似,只是规模略小。它通过局域网实现铁路局内各运营管理部门间的调度信息的现代化管理,并通过 X.25 或专用线路由器接收各铁路分局调度中心的信息与交换,与铁道部调度中心,相邻铁路局调度中心远程连接。其系统功能和显示内容与部调度中心相同,只是范围较小。

三、铁路分局调度中心运输调度管理系统

它是 DMIS 的第三层。主要完成基层调度监督信息的汇总、处理和标准化,为分局有关调度提供实时监视信息,并将基层网采集的信息、TMIS 系统的信息和分局调度员键入的信息,向分局调度提供监视的同时,通过 X.25 或专线为路局调度中心提供本分局信息,以及和相邻分局进行信息交换。它通过网桥或通信服务器连接基层调度监督。其功能和显示内容与路局调度中心基本相同,只是范围更小。

四、基层网

是 DMIS 的最下层,主要是分界口、枢纽(含编组站和大型客运站)、区段调度监督以及其它基层网络(港口、口岸、大企业站),负责信息的采集,向分局调度中心提供实时信息。它是整个 DMIS 系统信息的来源,是 DMIS 系统的基层。

TMIS(铁路运输管理信息系统)是 DMIS 的一个重要信息来源。另外,车辆管理信息系统、集装箱管理系统等需要向各级调度中心移设或互联。

在这四层网络结构中,存在以下主要系统接口:

基层调度监督与分局调度中心的接口;

分局调度中心与铁路局调度中心的接口;

铁路局调度中心与铁道部调度中心的接口;

DMIS 与 TMIS 的接口;

DMIS 与其它系统的接口。

第二节 DMIS 系统功能

DMIS 系统建立一套高性能、高可靠的局域网和广域网,通过局域网实现管内各运营管理部门间的调度信息的现代化管理,并通过广域网实现与上、下层的的信息交换。接收下层发送的有关列车运行位置、列车车次、现场设备运行状态、计划运行图和实绩运行图,有关施工、气象、事故、灾害等信息。宏观显示管内分界口、枢纽(含编组站和客站),主要干线、关键港口口岸、煤炭装卸点及大企业站等的运行秩序,显示各主要干线及分界口运输指标,监视调度监督设备

的运行状态。

一、显示内容

DMIS 系统为各级调度指挥部门提供调度监督和运输状况的实时信息,同时还与 TMIS 及其它系统网络互联,获取大量的运输管理信息。

铁道部调度中心、铁路局调度中心、铁路分局调度中心信息显示内容大多相同,主要是范围大小不同,部分显示内容不同。

铁道部调度中心可显示全路各局间分界口宏观显示及展开,主要干线运输状况宏观显示及展开,线路列车密度显示,全路枢纽运输状况宏观显示及展开,全路港口、口岸作业状况显示,全路煤炭装卸点作业情况显示,其它视图、图像显示。

(一)全路路局分界口显示

1. 路局分界口宏观显示

可以以地图形式显示全路路网图为基图的路局分界口拓扑图,显示全国铁路示意图为基图的东部路局分界口拓扑图,显示全国铁路示意图为基图的西部路局分界口的拓扑图及日历、时钟。显示路局分界口标志、分界口站名及交换列车数、交接列车正常与否情况。还可查询开窗显示各阶段(日计划分为 6 点—12 点—18 点—0 点—6 点)交接列车数。

2. 分界口现场实时显示

可显示带进路指示线的简化站形和带早晚点时间的车次号显示;计划和实绩运行图显示;气象灾害、施工等停运显示;主要干线分界口交接列车和车辆数。

可调出任一分界口、二口、三口及多口的现场实时或计划、实绩运行图,可调出一个分界口现场实时显示或计划、实绩运行图,并可局部放大。

进行 24h 内现场动态及运行图的存储、再现。

3. TMIS 信息显示

显示各分界口按局别、分局别装车去向等信息;分界口排空及交接车情况日表;早 6 点保留列车数。显示由统计中心提供的分界口信息图表、分界口交接车统计表、分界口交接列车早晚点统计表。

(二)主要干线运输状况显示

1. 主要干线运输状况宏观显示

(1)以地图形式宏观显示主要干线运输状况。宏观段划分以路局分界口、枢纽、大型客运站为段点,显示正点率。

(2)宏观显示主要干线示意图运输状况。

(3)显示主要干线列车车次号及位置状况。在主要干线示意图运输状况宏观显示上显示车次号,以不同颜色显示在站以及在区间运行的正点、晚点、客车、货车车次,可开窗显示某干线列车车次号及位置,双线区段分上、下行分开表示。

2. 主要干线运输状况展开显示

(1)某铁路局运输状况展开显示。显示内容同全路。

(2)某铁路局主要干线列车车次号及位置显示。

(3)某铁路局运输状况中宏观显示。它包括全局中宏观显示,某线中宏观显示,客货车车次号及位置显示,晚点客车及位置显示。中宏观段划分,以路局分界口、枢纽、大型客运站和分局分界口为段点。

(4)某铁路分局运输状况中宏观显示。它包括全分局中宏观显示、某线中宏观显示、客货车车次号及位置显示、晚点客车及位置显示。

(5)某区段运输状况及调度监督显示。它包括调度区段入口和出口列车车次号显示,调度区段简化站形、股道占用、进出站信号机及车次号显示。在大屏幕上可整屏显示这些内容。

(6)任意一个站(段点)显示。它可显示简化站形、股道占用、进出站信号机及车次号。

(7)查询显示。它可查询全路、路局、分局、某段晚点列车或晚点客车显示,某次客车所在位置显示。

(8)统计显示。它包括各段点列车实际运行时刻表、客车实际运行时刻表、重点客车晚点及分析,用不同颜色表示晚点客车、货车车次,并带晚点时间的显示。

3. 线路列车密度显示

列车密度是指单位时间内在该段的在途列车数。线路列车密度显示包括全路线路宏观显示、路局线路显示、分局线路显示和某段线路显示。双线区段按上、下行分开表示。以不同颜色显示列车密度正常、不足、饱和的情况。

4. 晚点原因显示

按铁路局分析晚点原因,包括施工影响、事故中断、灾害中断、设备故障等,用不同颜色显示。并显示接入本局的晚点车。

5. 客车中转冲突

显示提供中转冲突表示及分局提出的解决方案。

(三)全路枢纽运输状况显示

1. 全路枢纽运输状况宏观显示

以地图形式显示全国铁路网图为基图的枢纽布置图,显示枢纽名和调度监督状况,调度监督故障时告警及语音提示。开窗显示各枢纽布置图。

2. 枢纽运输状况展开

枢纽运输状况展开是以枢纽实时动态显示为内容,包括:

(1)车次号、股道占用及进出站信号机简化站型,区间显示,股道占用接近满线提示。

(2)编组站的到达场、出发场放大显示,车次号和发车正点情况。TMIS提供的编组站自动化作业信息,如装卸车、列车编组等情况。

(3)大型客运站放大显示,包括股道占用、列车到发情况、车次号、列车编组、机车号、接发列车正晚点设计。

(4)客技站放大显示,内容同大型客运站。

(四)全路港口、口岸作业状况显示

1. 宏观显示

以地图形式显示全国路网图的港口、口岸分布,以不同颜色显示港口名、口岸名、内河港名,交接车统计设备状况,故障时发出告警和语音提示。

2. 开窗显示

(1)交接车辆数动态,包括交港口车/辆数、接港口车/辆数、当日存辆数、累计存辆数。

(2)装卸车作业信息。在TMIS显示区显示计划装车数、已装车数、预计装车数、实际装车数和计划卸车数、已卸车数、预计卸车数和实际卸车数。

(3)所在铁路站站场股道占用及进出站信号机显示,可调出任一口数据显示。

(五)全路煤炭装卸点作业情况显示

1. 宏观显示

显示以地图形式的全国路网图为基础的全路煤炭装卸点分布情况,装卸点名和标志。

2. 开窗显示

显示日要车、日计划、6点装车、全日预计数。

(六)其它视图、图像显示

包括天气形势预报,各种机车车辆图像技术数据资料,静止图像传输系统提供的图像,首长和有关人员的图像、图形、文字、指示,视带、盘录放,电子地图等。

铁路局调度中心显示内容主要包括主要干线运行秩序、路局分界口运行秩序、路局枢纽运行秩序、港口作业状况,显示内容更为具体。

铁路分局调度中心的显示内容主要包括主要干线运行秩序、分局分界口运行秩序、铁路枢纽运行秩序、主要客运站运行状态等、显示内容更为细致。

二、调度信息管理和统计

调度信息管理是指铁路局和铁路分局调度中心的行车调度信息管理、机车调度信息管理、车辆调度信息管理、客运调度信息管理、货运调度信息管理和运输统计报表。

(一)铁路局调度中心调度信息管理及统计

1. 行车调度信息管理

列车实迹运行图的自动连续绘制;列车、机车、货运日常调度日班计划的自动编制和下达;三小时列车运行图调整计划的编制和下达;路局调度命令自动发布;列车编组顺序表的实时跟踪查询;列车运输工作方案自动编制;事故、自然灾害、施工、故障等自动通报;“现在车”动态跟踪管理。

2. 机车调度信息管理

机务段、机务折返段的机车停留、机车动态的监测;客车机外停车时状态监测;分界口机车状态监测;与相邻铁路局机车资料的查询;全局救援列车监测,包括状态、停留位置及编组情况;依据列车工作计划编制、修订机车工作计划;绘制计划/实际机车周转图,统计机车运用效率指标;跨越正线调车作业监视;机车乘务员超劳预报、提示、监控;列车区间故障停车、救援监控。

3. 车辆调度信息管理

编组站列车线路占用状况显示;客技站列车线路占用状况显示;有客车列检的车站列车线路占用状况显示;CMIS(车辆管理信息系统)信息引入。

4. 客运调度信息管理

主要客站客车运行状况显示;主要干线客车运行位置显示、车次跟踪显示;客车正晚点统计分析。

5. 货运调度信息管理

从TMIS接收编组站始发列车编组信息;集装箱信息查询;商检站信息查询、局管内主要站6点、18点零担装卸信息查询;分界口接入列车数。

6. 运输统计报表

自动统计分界口列车运行数据、各主要枢纽、编组站、区段站、港口站、装卸作业站等现在车及作业情况;客、货列车运行实迹正、晚点分析;各项运输指标完成进度情况;对列车运行影响情况的统计与分析;日班计划、阶段计划的统计和分析;车流预测和分析;各区段、分界口、编

组站、区段站及装卸作业站、口岸能力利用情况分析。

(二) 分局调度中心调度信息管理及统计

分局调度中心调度信息包括行车调度信息管理、机车调度信息管理、客运调度信息管理及运输统计报表。具体内容同路局调度中心。

第三节 调度中心 DMIS 结构和原理

各级调度中心建立以各有关专业调度及调度主任为主要用户的调度中心局域网,该局域网与上层、相邻同层、所属下层相连接成实时骨干网,包括网管监视;建立调度中心大厅投影仪大屏幕显示系统、调度管理信息系统和技术资料数据库;与 TMIS 及其它已有运营管理系统网络互联,实现资源共享。

一、DMIS 系统工程主要技术标准和设计原则

DMIS 系统工程是一项面向 21 世纪的现代化工程,系统的设计主要基于以下的技术标准和设计原则:

1. 先进性

系统设计应具有高起点,采用先进并且成熟的技术和产品,使系统在一定时期内保持技术领先性。

2. 可靠性

系统要具有高可靠性,能有多种安全控制,能提供系统容错机制,保证数据信息的安全性。

3. 可用性

提供可靠的数据后备和恢复手段,提供系统故障恢复功能,保证系统不间断运行能力。在系统失效时,尽可能减少数据丢失。

4. 开放性

采用符合国际标准和工业标准的开放式系统平台。提供开放环境,便于系统扩展。

5. 可维护性

系统应便于维护和维修,提供方便的维护手段,维护、维修工作应不导致整体系统停机或中断。

6. 互操作性

系统设计要考虑与异种机、异种网的互联,在不同系统间要提供相互访问的能力。铁道部、铁路局和铁路分局之间能够方便地进行数据传输和交换,分布式数据库系统应便于访问和维护管理。

7. 友好性

应用系统设计要充分考虑方便用户,提供友好的人机界面,方便灵活的使用方法,最大限度地满足用户需求。

8. 可扩展性

系统能方便地进行 CPU、内存、磁盘容量升级和扩展。

二、硬件系统结构组成

(一) 局域网硬件结构

1. 局域网结构概述

(1)组网手段:根据计算机网络发展的现状,可以利用的媒体访问技术和交换技术很多,就高速网的组网手段有 FDDI(光纤分布数据接口网)、交换以太网、快速以太网、ATM 等。

以太网。这种网络是总线型结构的网络,采用无源介质(如同轴电缆)作为总线来传递信息,由于没有集中式控制中心,所以无需路由选择,故费用较低。传统以太网采用共享型,即全部接入总线的微机均共享总线带宽,工作站增加时,分配到工作站的带宽将下降。当并发工作站增多时,工作站有效速率将急剧下降,冲突加剧,网络性能变坏,可能导致瓶颈与拥塞。传统以太网传输速率为 10Mbit/s。

交换以太网。这种网络采用交换技术,改变共享方式为独占带宽方式,克服了共享型以太网的缺点。

高速交换以太网。这是一种选用高速处理器及带宽足够的传输媒体(如五类双绞线或光纤),使总线传输速率提高到 100Mbit/s。但高速以太网仍属共享媒体方式,因此工作站增加时,每个工作站的有效速率仍会下降。必须引入交换技术,形成高速交换以太网,改共享方式为独占带宽方式。

ATM。这是一种异步转移模式,采用异步时分复用技术,以固定长度的信元作为基本单位进行传输和交换。ATM 网络提供高带宽、低延时、动态带宽适配,先进的拥塞控制及差错控制等网络技术,支持多种信息媒体对不同速率、延迟、突发量、差错率与丢失率等服务质量的需求,是迄今为止适应多媒体业务传输与交换的最佳网络技术。

(2)主干网:是调度中心网络系统的核心,采用交换机进行交换,这是一个端口交换式的网络,其网络解决方案,可以通过软件进行局域网配置,为每一组用户提供所需带宽。

(3)计算机网络拓扑结构:可采用总线结构、星型结构、树型结构、环型结构及网状结构。调度中心由于采用交换以太网,故网络采用树型网络结构。其中双服务器到网络交换机的主干网采用 100Mbit/s 以太网,传输介质为光纤;交换机到各楼层间集线器采用 10Mbit/s 以太网,传输介质为 10BASE T(传输速率为 10Mbit/s 的用于基波段网络的非屏蔽双绞线电缆),为保障网络的可靠,交换机到每个集线器设有两条双绞线,集线器上提供主/备接口,这种结构的特点是:

- 克服了总线结构中总线故障引起网络整体瘫痪的可能;
 - 单个用户的故障不会影响整个网络的运行;
 - 结构简单,便于网络的建立与重新配置;
 - 便于控制与管理;
 - 每个客户机独享 10M 带宽;
 - 堆叠式 HUB(多口中继器)可以非常容易扩充网络上的用户;
 - 允许网络进行重新配置;
 - 同一集线器上的用户间通信可以由集线器提供路由;
 - 不同集线器上的客户机间通信可以由交换机提供路由;
- ① 网络管理系统可对各用户端口进行控制。

2. 铁道部调度中心局域网

铁道部调度中心局域网总体结构如图 6 2 所示。主要由数据库服务器、工作站、显示系统及各种报表输出系统通过高速以太网联在一起,构成一个为调度指挥服务的局域网。数据库服务器为双机热备方式,双服务器使用共享的磁盘存储器。工作站包括显示器和键盘,供调度

人员进行日常调度工作。大屏幕投影系统不仅能宏观显示工作站内容,并提供多种信息。打印机和绘图仪用于输出资料。光盘阵列用于存储资料。

主干网是部调度中心网络的核心,其配置如图 6 3 所示。用交换网进行信息交换。两组 ATM 交换机设于部调度中心大楼六层。双服务器通过 SCSI(小型计算机接口,是当前最流行的微机、小型机和 workstation 输入输出设备的标准接口)和共享盘连接。双服务器连至 ATM 交换机。路由器提供多个高速通信接口。调度监督实时信息通过专线传输,管理信息通过 X.25 网传输(因其信息传输延时较长不宜传输实时信息)。ATM 交换网与各层快速以太网交换机采用传输速率为 100Mbit/s 以太网,传输介质为光纤,与各层以太网交换机采用传输速率为 10Mbit/s(以下采用俗称 10M)以太网,传输介质为 10BASE T。

图 6 2 铁道部调度中心硬件系统逻辑结构图

图 6 3 部中心 ATM 主干网络配置图

六层各工作站用于开发、维护、值班管理和网络管理,接至本层交换机。六层网络结构如图 6 4 所示。

九层、十层网络结构如图 6 5 所示,除各工作站外,接有大屏控制台和大屏控制器。七层、八层网络结构与之相似,只是不设大屏幕显示器。

3. 铁路局调度中心局域网

局调度中心调度管理系统由高性能、高可用的计算机网络构成,其系统网络结构如图 6 6

所示。局调度中心网络采用交换以太网,网络拓扑结构采用树型网络结构。其中双服务器到网络交换机的主干网采用 100M 以太网,传输介质为光纤;交换机到各楼层间集线器采用 10M 以太网,传输介质为 10BASE T。为保障网络的可靠运行,交换机到每个集线器设有两条双绞线,集线器上提供主/备接口。

图 6 4 部调度中心六层网络结构图

图 6 5 部调度中心九层及十层网络结构图

局调度中心通过 X.25 和专用线路与所属分局调度中心及铁道部调度中心远程连接,进行信息交换;采用网桥与 TMIS 网络及现有微机网络互联。

数据库服务器配置为双机热备工作方式,两台主机互为备份。正常情况时两台主机分别完成不同的功能,以此来均衡负载,当其中一台出现故障时,另一台可自动接替它的工作,以保证系统的连续运行。

双服务器使用共享的磁盘存储器,它不因其中一台服务器出现故障而不可用。系统数据库及主要应用数据均在此共享盘上存储。

图 6 6 路局调度中心局域网结构图

工作站提供客户应用,调度人员使用工作站进行日常调度工作。工作站能提供图形界面,它们通过网络访问数据库服务器所提供的数据库服务和应用服务。工作站还用于培训和网络管理。

大屏幕用于实现大屏显示的各种功能,显示控制系统连接在网络中以支持用户使用大屏幕,并控制大屏幕的显示。

4. 分局调度中心局域网

分局 DMIS 系统工程是铁道部调度指挥系统(DMIS)工程的重要组成部分,是一个覆盖全分局的信息采集、传输、处理系统,它通过安装在各车站的调度监督、调度集中、计算机联锁、微机检测等设备采集有关列车运行及现场设备状态等信息,所有信息经通信线路传送到分局调度中心,中心的计算机设备对所有信息进行处理,向分局内列车运行指挥、管理及维护等部门提供有关列车运行秩序、位置、状态等实时监测信息;同时安装在分局的数据库服务器可以存储分局内列车运行的动态信息及分局有关运行技术资料,供有关部门使用。此外,分局调度中心通过分组数据交换网(X.25)和专用传输线路与铁路局及铁道部联网,实现分局、路局和铁道部间的信息共享。

分局调度中心局域网结构如图 6 7 所示。为 100M 快速以太网,由 64 位高性能网络服务器、64 位高性能图形工作站、高性能工业控制计算机、堆叠式网络集线器、远程通信路由器、网桥、高速调制解调器等组成。

(二)广域网系统硬件结构

各调度中心通过 X.25(铁路分组交换数据网,符合 X.25 建议)和专用线路由器(能使各

图 6 7 分局调度中心局域网结构图

运行相同规程的局域网之间互连的端口设备,可以是带有网络接口卡和执行路由功能的软件的计算机,具有路由选择的功能)远程连接,进行信息交换。多协议路由器能提供多个高速通信端口,能支持 X.25(X.25 建议包括 OSI 开放系统互连参考模型中的低三层),TCP/ IP(运输控制协议/ 国际协议),IPX(国际分组交换),DECNET(Digital 公司推出的计算机网络),T1/E1, Frame Relay 等通信协议。

路由器的连接方法如图 6 8 所示。

局调度中心设两套路由器设备,对所属分局及铁道部,每方向具有两条专用通道,两条通道能均衡信息流量并互为主备,保证远程通信的可靠性。另外,局调度中心设有两个 X.25 端口,为所属分局及铁道部设置永久虚电路(虚电路是数据网源点传向目标点逻辑通道的集合,永久虚电路是固定配置的),并具有备用路由。

通过广域网进行交换的信息主要分为两类:即调度监督实时信息和报告、资料等管理信息。由于 X.25 网的信息传输延时较大,不适合用来传输实时数据,因此拟采用实时信息通过专线传输,管理信息通过 X.25 网传输的方案。

图 6 8 广域网路由器连接

(三)服务器系统硬件结构组成

为了资源共享,计算机网络通常采用用户机/ 服务器方式。它要求局域网中用一个计算机来专门承担网络资源的管理和向网络其它计算机提供服务,这台计算机称为服务器。数据库

服务器用于数据管理,它犹如各计算机的文件柜。

数据库服务器是局域网中的重要设备,它将完成系统的最主要任务,如:数据通信;信息处理;数据库访问服务;应用软件服务等。数据库服务器配置为高性能集群系统,支持共享盘连接,提供主/备工作方式,能运行通用的商业数据库并行版本。通过分布式管理,能在集群内对信息同步存取访问。集群内双服务器能进行负载的均衡,在正常情况时分别执行不同的任务,完成不同的功能,当其中一台服务器出现故障时,任务能自动转向另一台服务器继续工作,以保证系统的连续运行。

双服务器使用共享的磁盘存储阵列。共享磁盘存储阵列能支持 RAID(磁盘冗余阵列)功能,具有高性能和高可用性,通过 SCSI 与双服务器连接,它不因其中一台服务器出现故障而不可用。系统数据库及主要应用数据均在此共享盘上存储。

借助于高可用软件,共享磁盘阵列上的信息能被双服务器并发访问,一台主机系统的故障不会影响另一台主机对磁盘的访问。

采用 RAID 技术能使磁盘信息安全可靠,磁盘阵列中的所有磁盘、磁带设备均能带电拔插,故障盘更换时不需要停机。更换镜像卷组中的磁盘后能自动同步。使数据具有高度安全性。

服务器是调度指挥系统的关键设备,它负担着整个系统的绝大部分任务,为此应选择性能高、吞吐量大、扩展力强,能支持超大规模内存和超大规模数据库,技术先进的 64 位体系结构的开放系统。配合扩充能力强的大容量磁盘阵列,构成一个高可用集群系统。

每台服务器配有 100M 以太网网络适配器,连接到主干网交换机上,以提供高性能、高可靠性的网络访问能力。

调度中心服务器系统配置如图 6 9 所示。

图 6 9 调度中心服务器系统配置图

(四) 工作站系统硬件结构组成

网络中非服务器的计算机称为工作站(客户机)。调度人员使用工作站进行日常调度工作。工作站能提供图形界面,它通过网络访问数据库服务器所提供的数据库服务和应用服务。网管工作站用于网络的监视和管理。

每台工作站配有网络控制卡,提供工作站对服务器的网络访问服务。

调度中心工作站采用目前最快的处理器技术。可以支持 MCAD/ ECAD(机械辅助设计/电子辅助设计),CASE(公共应用服务元素),软件开发,图形信息系统,图象、财务及桌面系统;提供基于 PCI(协议控制信息)快速总线和 I/O 通道;支持 UNIX、OpenVMS for Alpha、Win-

dowsNT、for Workstation 等多种操作系统;并配有图形加速器及箱外多媒体。

(五)大屏幕投影系统硬件结构组成

大屏幕投影系统能集多种信息于一体,提供高清晰度、大画面的宏观显示,是调度指挥中心的最理想选择。大屏幕不仅能将调度工作站的显示内容宏观地显示,而且能将影视、新闻、气象等活动图像直接以大画面显示出来,为调度人员及有关领导提供图形、图像、文字等多种方式的信息。

借助于显示控制系统,控制人员能控制信息显示的来源,在多路视频输入信号中选择何种信息能在大屏幕上显示。控制人员还能将大屏幕授权给某些工作站用户使用,使他们能将各自屏幕上的显示内容送至大屏幕上显示,以提供现场人员注意。

局调度指挥中心调度大厅设置的投影大屏幕墙由 10 台投影机投影的大屏幕组合而成。10 个屏以 2×5 (高 \times 宽)矩阵排列。

大屏幕的划分可根据具体情况来决定,如将屏幕划为三部分,对应于一台三屏工作站的显示,显示效果与工作站完全相同。也可将整个大屏幕作为一个具有高分辨率的显示器来使用。能对任一路视频及 VGA(视频监视)输入信号进行放大、缩小及漫游等操作。

大屏幕投影显示系统一般由以下几个部分组成:投影屏幕、投影机及显示控制系统。投影屏幕、投影机配合使用,投影机具有多路视频输入。

大屏幕投影系统的关键是显示控制系统。目前的控制系统主要分为两类:一类采用 Windows 技术,控制系统连接在网络中,通过 Windows 技术模拟工作站的各种功能,另外通过适当的硬件及软件,将视频信号与工作站图形信号混合输出。这种控制器控制灵活,显示窗口能任意移动到屏幕的任意位置,显示效果同工作站输出完全一致。另一类控制系统是将要送到大屏幕显示的视频及图形信号接入控制器,由控制器控制哪些信号在屏幕的哪个位置显示,显示效果要事先预定,而且能使在大屏幕上显示的信息源固定不变,因此灵活性较差。

调度中心大屏幕投影系统采用基于 Windows 技术的显示控制系统,基于客户机/服务器模式,运行于不同平台的应用能够随时在大屏幕上显示,并能够动态地调整窗口外观。操作人员使用鼠标能方便地处理本地工作站上显示的信息,或直接处理显示墙上的信息。

(六)其他设备

除前面涉及的局域网、远程网、服务器、工作站以及大屏幕系统外,调度中心还需要许多相关的设备,主要包含:光盘阵列、打印机、绘图仪、UPS 电源、电源自动切换设备、防雷设备等。

光盘阵列:用于存储大量的固定资料,如各种图像资料。光盘阵列要求能以共享盘的形式与服务器集群系统连接。

打印机和绘图仪用于输出报表、图纸以及图形资料,在各分局行调台上设置绘图仪,并在各工作站上联接打印机。

电源自动切换设备及 UPS 电源:为保障系统不间断工作,在系统中设有一套电源自动切换设备和一台 UPS 电源。

防雷设备:为防止雷电对系统设备的干扰和损害,在电源引入及通信通道引入上均安装防雷设备。

三、系统运行环境

调度指挥中心 DMIS 系统采用客户机/服务器(Client/Server)结构,客户机/服务器技术是 90 年代的新技术,这一技术将单一的集中管理系统变成每个用户都可以快速、经济地访问信

息的分布式系统。采用客户机/服务器技术是基于以下因素：

- (1)在任何时间签约使用系统的用户数；
- (2)同时实际使用系统的可能用户数；
- (3)数据库的容量；
- (4)系统支持的事物处理类型和速度；
- (5)事物和数据的完整性要求；
- (6)应用程序可能要求处理的数据量；
- (7)应用程序对网络负载的要求；
- (8)在不同硬件平台上的性能；
- (9)服务器与工作站的负载平衡；
- (10)响应时间；
- (11)开发费用；
- (12)维护成本；
- (13)扩充费用。

在客户机/服务器模式下,应用被分为前端(客户机)和后端(服务器)两部分。客户运行在工作站上,服务器可运行在从微机到大型机等各种计算机上,客户机和服务器工作在不同的逻辑体中,但彼此协同工作。客户机/服务器模式的重大技术特点是系统使用了客户机和服务器两方面的智能、资源和计算能力来执行一个特定的任务,负载由客户机和服务器共同承担。

在客户机/服务器系统中,客户机是与用户交互的部分,它具有以下特点:

(1)客户机提供了一个用户界面,这个界面负责完成用户命令和数据的输入,并根据用户要求提供所得到的结果。

(2)客户/服务器系统中可包括多个客户机。

(3)客户机用一个预定义的语言构成一条或多条到服务器的查询或命令,客户机或服务器使用一个标准的语言或该系统内特定的语言来传递信息,每个用户在客户机上的查询命令不必对应从客户机到服务器的查询。

(4)客户机可以使用缓冲或优化技术,以减少到服务器的查询或执行安全和访问控制检查,客户机还可以检查用户发出的查询和控制命令的完整性。

(5)客户机通过一个进程间通信机制和服务器通信,并把查询或控制命令传到服务器。

(6)客户机对服务器送回的查询和命令结果数据进行分析处理,然后将它们提交给用户。

在客户机/服务器系统中,服务器是一个或一组进程,向客户提供服务,系统的服务器负责系统管理、网络管理、信息交换、信息处理、数据库管理,其大容量的具有数据保护功能的存储系统用来存储所有有关运输数据,各种服务进程监听客户的服务请求,并向用户提供应用服务、通信服务、数据库服务、NFS(网络文件管理)服务、打印服务等,它具有以下特点:

(1)服务器向客户提供一种服务,服务的类型由客户机/服务器系统确定,可以是数据存取,也可以是集中计算。

(2)服务器只负责响应来自客户机的查询或命令,服务器不主动和任何客户建立会话,它只作为信息的存储者或服务的提供者。

客户机/服务器系统从整体上看有以下一些特点:

- (1)桌面上的智能。
- (2)最优化地共享服务器资源。

(3)优化系统网络。

(4)允许应用程序有较好的可维护性和可移植性。

客户机/服务器采用 WindowsNT 操作系统。这是一种开放式的公共台式机环境(DCE),带有优先权的多任务/多线程环境,支持对称多处理(SMP),支持 POSIX 及 TCP/IP 协议的网络功能,独立于硬件平台。它是一种新型的操作系统,它将多任务处理和存储管理的能力与 Windows 的用户界面统一起来,是一个模块化的可移植的操作系统。WindowsNT 具有高性能的应用程序接口(API)通信功能及管理功能。

WindowsNT 以客户机/服务器模型为它的主要特征,同时采用当今流行的面向对象的设计思想,是客户机/服务器系统理想的操作系统。

四、系统及应用软件

DMIS 系统软件是整个系统功能实现的核心,应用软件是调度人员与系统的直接接口,显示各种动态信息和管理信息,并接受调度人员的指令下发相关信息。因此软件设计必须使系统的能力充分满足用户的需求,并具有良好的用户界面和维护手段。

(一)设计原则

根据 DMIS 的系统结构和应用服务,也考虑整个系统的功能扩展和灵活性,系统及应用软件设计将按以下原则进行构造。

1. 采用客户机/服务器结构

DMIS 是一大型软件系统,它能提供多种应用服务,这些服务如采用集中方式运行于某个工作站系统,必然给系统带来一定的局限性,不易扩展。同时也会加重工作站的配置要求。

当多台工作站运行同样的应用时,如果所有信息的处理都基于本地完成,必然会在某些方面产生系统的不一致性,限制了系统的灵活性。

采用客户机/服务器结构很容易实现客户机的扩充,结合使用多服务器能减小系统的处理瓶颈,提高系统的性能。

WindowsNT 操作系统和数据库系统为客户机/服务器结构的应用提供了可靠的技术支持及标准的用户界面。

采用客户机/服务器结构,用户能在自己的工作站上运行系统所提供的所有应用,并能共享网络中的所有资源。

2. 远程通信由服务器统一处理

远程通信包括基层实时信息的收集与转发、运输管理信息的全路共享和日班计划等信息的下达。服务器处理远程通信可直接更改数据库,对信息的来源和目的地的配置也比较方便。

客户机数目众多,如用客户机来管理远程通信,则每一个客户机均需要一套独立的管理程序,工作量大且不说,修改也很不方便。由服务器来管理远程通信可使其对客户机透明,有利于客户机数目和功能的扩充。

3. 采用标准数据库访问和应用网络服务两种通信接口

服务器上面的数据主要存放在数据库,也有一部分数据库难以维护的数据(如临时数据)或实时性强的数据(如调监数据)将存放于内存。这样,服务器单纯提供标准数据库访问通信接口将不能满足要求。另外,服务器在进行远程通信时也需要应用网络服务通讯接口来提供数据通信的灵活性和保证数据的实时性。

客户机将通过标准数据库访问接口和应用网络服务通信接口访问服务器。原则上客户机

访问数据库中的数据通过标准数据库访问接口,访问服务器内存中的数据通过应用网络服务通信接口来进行。另外,客户机具有应用网络服务通信接口也为客户机访问客户机、客户机访问远程服务器提供了可能性。

基于以上考虑,DMIS 的软件系统的设计应符合客户机/服务器结构的要求,合理地划分系统服务和客户应用的边界,使应用系统能成为独立于硬件平台的开放式应用环境。

(二) 软件结构

DMIS 软件系统实现客户机/服务器的结构。客户软件提供访问 DMIS 所有功能的用户使用环境,服务器软件向客户提供各种不同的功能服务,如:通信服务、数据库服务等。

1. 客户机功能分析

站场图的显示:包括路局分界口、区段、枢纽、编组站、港口、口岸、大企业站。

运行图的显示:包括计划运行图和实绩运行图。

宏观监视画面的显示:包括分界口的宏观监视、干线区段的宏观监视、枢纽和编组站的宏观监视、口岸和港口的宏观监视、大企业站的宏观监视。

统计分析结果的显示:以文字、表格和视图的方式。

资料库查询结果的显示:以文字、表格和视图的方式。

日班计划及调度命令的编制与下达等。

其他显示。

2. 客户机软件结构

根据软件的设计原则和客户机的功能,客户机的软件结构设计如图 6 10 所示。从上到下依次为人机界面、信息处理、服务访问接口三个层次。需要说明的是,针对不同的客户机应用,人机界面和信息处理模块将完全不同。应对客户机的每一个功能进行具体分析,设计相应的人机界面和信息处理模块。不过,不同的客户机中应用服务访问接口和数据库服务访问接口是相同的。

3. 客户机软件的模块

将客户机的人机界面和信息处理模块按功能可分为
分界口调监、区段调监、枢纽和编组站调监、口岸和港口调监、大企业站调监、分界口的宏观监视、干线区段的宏观监视、枢纽和编组站的宏观监视、口岸和港口的宏观监视、大企业站的宏观监视、行车调度、货运调度、机车调度、客运调度、燃料调度、事故救援、专运调度、电力调度、电务调度、统计分析、资料库查询、网络管理、系统培训、大屏幕显示等。这些模块的信息处理所需要的信息均从服务器获得。为减少网络的通信信息量,减轻服务器的负载,可采用信息本地存放和使用动态内存的方法,对于客户经常使用的而又长期不变的数据,将它们存储在本地磁盘文件上,在用户调用有关应用时装入内存。另外,在客户工作站系统内开辟一动态缓存区,从数据库服务器中获得的静态数据,首先存入动态缓存中,应用程序首先从动态缓存中读取信息,动态缓存中没有时向数据库服务器请求获得,而获得的信息再存入动态缓存中。如果动态缓存区已满,则将访问机会最少的信息替换掉。

图 6 10 客户机软件的结构图

4. 服务器功能分析

服务器的功能分为:

行车调度作业信息的收集、处理和存储。

货运调度作业信息的收集、处理和存储。
客运调度作业信息的收集、处理和存储。
机车调度作业信息的收集、处理和存储。
车辆调度作业信息的收集、处理和存储。
实时信息的获取、处理与存储。
网络的维护与管理。
资料库的维护。
日常管理信息的维护。
内存信息的管理。
应用服务。
数据库服务。
日班计划与调度命令的下达。
双主机任务的调度与切换。
其它处理。

5. 服务器软件的结构

服务器负责进行系统间的信息交换、信息处理以及数据库的管理,其核心是内存数据和数据库数据。应用服务、应用远程访问、数据库服务、数据库远程访问、数据库维护均是通过服务通信接口对内存数据和数据库数据的访问、管理和维护。服务器软件结构如图 6 11 所示。

图 6 11 服务器软件的结构图

数据库维护模块通过数据库服务通信接口完成数据库的建立、数据录入、数据修改、数据删除等,以保证数据的完整性。数据库远程访问模块通过数据库服务通信接口访问远程数据库中的数据,以增加或更新数据库中的数据。数据库服务模块通过数据库服务通信接口接受本地或远程客户的数据库服务请求,并提供相应的服务。若有些数据不在数据库中,则数据库服务模块将启动数据库远程访问。应用远程访问模块通过应用服务通信接口接受或访问远程的数据。应用服务模块通过应用服务通信接口接受本地或远程客户的应用请求,并提供相应的服务。若内存数据和数据库数据不能满足要求,则启动应用远程访问。

6. 服务器软件的模块

服务器的日常工作是以数据管理为核心,并对外提供服务。服务器上的数据包括资料数据、动态数据、日常管理数据和系统内部管理的数据。动态数据的一部分(主要为调监数据)将

常驻内存。因此,服务器软件的模块按数据管理和对外服务可划分为内存数据的管理与维护、数据库资料数据的管理与维护、数据库动态数据的管理与维护、数据库日常管理数据的管理与维护、系统内部数据的管理、应用服务、应用远程访问、数据库服务、数据库远程访问。

7. 双主机任务的调度和切换

调度中心服务器采用双主机。两主机之间通过 TruCluster(群集器)与共享硬盘相连接,数据库存放于共享硬盘上。采用并行数据库服务,能支持双主机同时访问数据库。并借助于双机集群软件,可将应用分在两台主机上运行以均衡服务器的负载。另外,双主机通过相互间的通信可检测到对方的工作状态,当发现故障时能进行快速的切换,以保证系统无单点故障,从而使系统能够连续运行。

(三) 数据库设计

数据库系统是 DMIS 系统的一个核心系统,它是整个系统的信息仓库,不仅为管理信息系统服务,而且还为实时系统服务。不仅为调度指挥系统服务,还要能为铁路运输各部门提供服务。因此数据库系统要力求设计成为一个独立于客户机、独立于网络、独立于操作系统的共享信息资源。

1. 数据库结构设计

为满足铁道部、路局、分局三级调度指挥管理中心高性能访问数据信息的需要,应该建立相适应的数据库系统结构。典型的数据库系统一般有两种结构,即:集中式和分布式。

集中方式要求在部调度中心建立唯一的一个信息数据库供整个三级调度指挥系统使用。这种方式由于数据可得到集中维护,数据的一致性和安全性程度高。但该方式对部调度中心计算机系统的配置、性能和可靠性要求高,而且对于路局、分局等远程用户,要求计算机网络通信性能有可靠保证,才能具有良好应用效果。

分布方式是根据铁道部、路局和分局的行政区划情况,在不同地区建立各自的信息数据库,各地区之间依靠通信网络和分布式数据处理来共享信息资源。这种方式对信息的一致性要求不高,系统性能由分布式处理来平衡,系统可用性较高。

根据铁路调度指挥管理系统(DMIS)的三级结构和用户环境,由于铁路分局、铁路局和铁道部,各有不同的职权范围,他们所关心的信息内容和对信息的要求也各自不同。因此采用分布式数据库系统是最适当的选择,在铁路调度指挥管理三级系统的基础上,建立管理信息系统的三级分布式数据库系统。三级分布式数据库结构如图 6 12 所示。

图 6 12 DMIS 数据库系统结构

采用上述结构的主要优点是:

- (1) 数据被均匀地分布在网络中,对数据库服务器的要求不高;
- (2) 网络活动可降低到最低程度,能减小通信瓶颈;
- (3) 局部故障不会影响全局,整体系统可用性得到提高;

(4)减少远程访问,提高系统性能。

2. 数据库服务器设计

调度中心数据库是调度中心 DMIS 系统的一个核心系统,不仅为管理信息系统服务,而且还为实时信息系统及其它应用提供多种服务,因此本系统的数据库是一个独立于客户机、独立于网络、独立于操作系统的分布式数据库。

调度中心 DMIS 系统的数据库服务器的技术要求如下:

- (1)支持客户机/服务器体系结构;
- (2)具有很强的分布式处理能力;
- (3)具有数据库一级的并行处理能力;
- (4)具有多线索服务器体系结构;
- (5)支持 SMP(对称多处理)硬件结构;
- (6)支持并行服务器;
- (7)支持集群系统和其它复合并行系统;
- (8)具有良好的数据库管理功能和直观的图形化系统管理工具;
- (9)具有先进的数据库并发控制机制,支持行级锁定;
- (10)具有可靠的数据库安全性控制机制;
- (11)具有国际支持语言和汉字支持能力;
- (12)客户机工作站具有良好的应用编程接口和自动的应用生成工具,同时支持标准的 GUI(图形用户)接口;
- (13)能与现有其它系统连接。

数据库采用客户机/服务器结构设计,支持并行数据库处理和大规模分布式数据处理能力,同时具有高度的可用性和可靠性,并具有良好的数据库管理能力。本系统设计采用 Oracle 数据库。Oracle 采用多线的、非专用的数据库服务器和智能缓冲型技术,可以在各种硬件及操作系统平台上移植,如 UNIX、VMS、VM、HP MPE/ XL、Novell Netware、OS/ 2、Windows、WindowsNT,它具有如下关键特性:

(1)事务处理。它具有多线程服务器体系结构;可伸缩的 SMP 性能;共享数据库高速缓冲区;共享 SQL(结构化查询语言)高速缓冲区;共享字典高速缓冲区;快速提交和成组提交;延迟写;可串行化的事务处理。

(2)并行服务器。它支持集群、MPP 和复合并行系统;对单一 Oracle 数据库共享的多节点访问;方便的处理资源渐进递增;性能的线性化扩展;高可用性应用;并行磁盘。

(3)SQL 优化器。它具有基于成本、不依赖于语句的优化方法;ANALYZE(分析)表统计生成;嵌套循环和排序;支持“星”型串行算法。

(4)并行控制和可靠的结果。它具有无限制行级锁定;独特顺序号生成;无锁定多版本读一次性查询结果。

(5)高可用性。它具有文件、表空间和数据库的联机备份;联机恢复,并行恢复;并行备份/复原实用工具;只读表空间;镜像多段日志文件;数据库文件动态改变大小;独立数据库。

(6)分布式系统。它具有分布式查询和事物:透明远程和分布式查询;分布式、透明连接;位置透明性、网络透明性;集成式的分布式查询体系结构;透明的多点分布式事物;分布式 SQL 更新和远程过程调用(RPC);提交透明性;自动差错检测和解决方案提供。

Oracle 数据库具有操作的高可用性,其联机备份工具允许系统管理人员在数据库运行时

不中断事物的处理,就可以进行数据的备份操作。一旦某个包含用户数据的设备无法正常工作,Oracle 继续处理针对数据库的其它备份的请求,同时丢失的数据文件可以恢复到其它设备上,Oracle 可以使用多个进程来并行地恢复数据库,从而加速联机恢复工作。

Oracle 数据库具有网络安全性保障,在对用户登录时提供的口令进行加密之后,再在客户机/服务器网络中进行传输,同时可对客户机/服务器、服务器/服务器、服务器/网关(又称网络协议转换器,用于两种高层协议不同的网络系统之间互连,实现协议的转换)间的数据流进行加密,以保障网络通信的隐秘性与完整性。

此外 Oracle 数据库还提供 Web(“超级文本”技术为基础的信息查询系统)集成、先进的文本处理、空间数据管理、集成声音和图像、本地语言、数据库触发器、编程接口等多方面支持。

3. 数据库组织

调度中心数据库可按以下四部分设计。

(1)资料数据库。它是用来储存全局运输技术资料及运输数据历史记录,主要包括:全国路网图;全局路网图;分局路网图;枢纽线路图;编组站线路图;站场线路图;线路、桥梁、隧道断面图及技术资料;机务牵引区段图;牵引供电图;电网图;运行图技术资料。

(2)动态数据库。它包括:分界口运输实时信息;区段运输实时信息;枢纽(含编制站和客站)运输实时信息;实际运行图信息;施工、事故、灾害、故障信息。

(3)维修数据库。它是用来储存日常管理信息。

(4)永久保留数据。它包括运输报表;历史运行图。

(四)软件开发项目

1. 系统管理软件。

2. 远程通信管理软件。

3. 局域网管理软件。

4. 数据库服务软件。

5. 数据库远程访问软件。

6. 数据库资料维护软件。

7. 应用服务软件。

8. 双机热备及任务切换管理软件。

9. 分界口运输秩序宏观显示软件。

10. 区段运输秩序宏观显示软件。

11. 枢纽运输秩序宏观显示软件。

12. 编组站运输秩序宏观显示软件。

13. 港口运输秩序宏观显示软件。

14. 计划运行图编制与维护管理软件。

15. 实绩运行图显示、存储、绘制软件。

16. 历史运行图回放软件。

17. 站场运行状态实况显示软件。

18. 车次跟踪、记录、显示、输出软件。

19. 运输技术资料的建立、查询、修改、报表输出软件。

20. 日班计划编制、下达软件。

21. 调度命令编制、下达软件。

22. 运输方案编制、下达软件。
23. 车流预报、分析、统计、报表输出软件。
24. 货调资料的建立、查询、修改、报表输出软件。
25. 港调资料的建立、查询、修改、报表输出软件。
26. 煤调资料的建立、查询、修改、报表输出软件。
27. 特调资料的建立、查询、修改、报表输出软件。
28. 机务技术资料的建立、查询、修改、报表输出软件。
29. 车辆技术资料的建立、查询、修改、报表输出软件。
30. 工务技术资料的建立、查询、修改、报表输出软件。
31. 电力技术资料的建立、查询、修改、报表输出软件。
32. 电务技术资料的建立、查询、修改、报表输出软件。
33. 多媒体的采集、传输、播放软件。
34. 调度员培训软件。
35. 维护人员培训软件。

五、系统接口设计

局调度中心 DMIS 系统在整个铁道部 DMIS 系统中处于第二层,它所涉及的系统接口比较复杂,主要包括下列内容:

1. 与铁道部调度中心的 X.25 远程网络接口及 DDN 接口

铁道部调度中心 DMIS 系统与铁路局调度中心 DMIS 系统之间采用 X.25 分组数据交换网和 DDN(公用数字数据网)专线进行互连。

2. 与所属各分局调度中心的 X.25 远程网络接口及 DDN 接口

铁路局调度中心 DMIS 系统与所属分局调度中心 DMIS 系统之间采用 X.25 分组数据交换网和 DDN 专线进行互连。

3. 与 TMIS 系统接口

TMIS 是铁路运输管理信息系统,其中包含了 DMIS 系统所需的丰富的铁路运输管理信息。TMIS 系统是一个大型集中式管理信息系统,它提供主机—终端工作方式,用户通过在终端上输入查询命令来获取信息。目前 TMIS 应用开发人员已设计了约 50 条查询命令供用户使用。

DMIS 为访问 TMIS 信息,首先通过网桥(用于连接两个使用相同通信方式、相同传输介质和相同地址访问结构的局域网的设备)将 TMIS 局域网与 DMIS 局域网连接起来。信息交换可采用几种方式:

采用远程终端注册,通过 TMIS 查询命令获得信息资料。此方法不能对数据进行加工。

通过数据库访问接口,进行分布式数据访问获取信息,此方式需要了解 TMIS 数据库的具体结构。

根据 DMIS 所提信息要求,由 TMIS 获取并建立标准信息交换格式的文件,通过网络将文件传送到 DMIS 服务器上,由 DMIS 进行处理。

4. 预留与其它运输管理系统接口,如电子售票系统、人事管理系统、财务管理系统等。

六、X.25 网络及专线对 DMIS 系统的支持

根据铁路通信设施的现状,能够对铁道部、各路局、各铁路分局信息交换提供支持的通信方式只有两种:一是利用铁路专用 X.25 网传输信息;二是在部至路局间和路局至分局间使用专线连接实现信息交换。

通过广域网进行交换的信息主要分为两类:即调度监督实时信息和报告、资料等管理信息。目前,大多数铁路地区中继线路的传输能力较低,而调度监督系统信息采集对信息传输的连续性和实时性要求较高,所以数据传输线路上会有持续性的繁重通信负载。由于 X.25 网的信息传输延时较大,不适合用来传输调度监督实时信息,为了保证实时信息的完整性和有效性,因此必须采用专线方式传输调度监督实时信息。另一方面,报告、资料等管理信息则通过 X.25 网进行传输。

(一) 专线方案

部调度中心至路局调度中心,专线 2 条,每条速率 64kbit/s。

路局调度中心至分局调度中心之间,专线 2 条,每条速率视传输信息量大小而定,可为 4.8、9.6 或 19.2kbit/s,其中每个 19.2kbit/s 以下速率的数据通道利用长途话路加 MODEM 构成,64kbit/s 的数据通道利用数字通道构成。专线网中的长途线路利用既有通道解决。

(二) X.25 方案

调度中心 DMIS 系统局域网通过路由器接入分组网,分组网按其信息量、信息流向和时延的要求提供各局域网之间的交换虚电路(SVC)或永久虚电路(PVC)。

入网协议为 X.25,选用同步端口。入网端口 2 条。速率按信息量而定,可为 19.2、64 或 128kbit/s。接口类型 19.2kbit/s 的为 V.24,64kbit/s 及以上的为 V.35。需要线对 2×2 对。

七、电源、地线及防雷

(一) 电 源

为保证局调度中心 DMIS 系统设备可靠、不间断工作,必须采用高质量电源设备。应提供两路独立的单相/三相交流电源(220V, 50Hz/ 380V, 50Hz),并将电源引至调度中心机房。在调度中心机房设有一台两路电源自动切换设备,双向自动切换设备可在 0.15s 内完成两路独立的单相/三相交流电源的自动切换。以保证对局调度中心 DMIS 系统设备都由两路低压电源供电,并且两路电源能自动进行切换。

在局调度中心机房还设有 UPS 电源。从电源自动切换设备出来的电源分两路,一路经 UPS 从调度中心机房引至各调度室对 DMIS 系统计算机、网络等设备供电;另一路不经 UPS,直接从调度中心机房引至各调度室。UPS 能可靠地提供无噪音的稳定电源,保证在停电时至少再持续 15min 供电。UPS 设备具有事故报警检测装置,置于局调度中心机房。

UPS 可在发生异常时通过 RS 232(电子工业协会创立的串行通信标准)口及面板发出事故告警信息,该 UPS 为在线式设备,经过交—直—交的转换过程可隔离电力供电系统中各种干扰。尽管 UPS 本身满足 A 级和 B 级防雷要求,但仍在调度中心机房设置防雷设备,对 UPS 进行保护。

(二) 地 线

对系统所有设备应提供下列三种地线:工作地线;安全地线;保护地线。这三种地线应分别设置,距离不小于 20m,接地阻抗小于 15 Ω 。

(三)防 雷

为防止雷电对调度中心 DMIS 系统设备的干扰和损害,在电源引入和通信通道引入上均安装防雷装置。

思 考 题

1. 何谓 DMIS ? 实施 DMIS 工程有何意义 ?
2. 简述 DMIS 网络结构。
3. DMIS 系统有哪些主要功能 ?
4. 简述调度中心局域网结构。
5. 简述 DMIS 广域网结构。
6. 服务器在 DMIS 中有何作用 ? 简述其结构。
7. 工作站和大屏幕投影系统有何作用 ?
8. 简述 DMIS 的系统软件和应用软件的作用。
9. DMIS 系统有哪些接口 ?
10. DMIS 通过广域网交换的信息主要有哪两类 ? 各采用何种传输方式 ?

主要参考文献

1. 谢希仁, 计算机网络, 北京: 电子工业出版社, 1996 年
2. 张凤翥, 铁道信号自动控制基础, 北京: 中国铁道出版社, 1984 年
3. 邵军力, 数据通信技术基础, 成都: 成都电讯工程学院出版社, 1988 年
4. 聂培尧, 计算机网络原理与 NOVELL 网实用技术, 北京: 国防工业出版社, 1997 年