



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

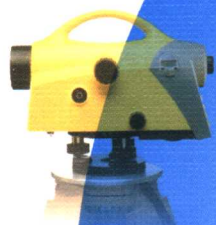


高等学校土木工程专业系列教材

线路工程信息技术

XIANLU GONGCHENG
XINXI JISHU

易思蓉 • 编著



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

U2/2

2007



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高等学校土木工程专业系列教材

线路工程信息技术

易思蓉 编著

（电话：87600264）

50372

册

印刷

西南交通大学出版社

（成都）

图书在版编目 (C I P) 数据

线路工程信息技术 / 易思蓉编著. —成都: 西南交通大学出版社, 2007.11

普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 高等学校
土木工程专业系列教材

ISBN 978-7-81104-632-8

I. 线… II. 易… III. 信息技术—应用—铁路线路—铁路工程—高等学校—教材 IV. U21-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 169603 号

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高等学校土木工程专业系列教材

线路工程信息技术

易思蓉 编著

*

责任编辑 张 波

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都市二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川森林印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 20.375

字数: 510 千字 印数: 1—3 000 册

2007 年 11 月第 1 版 2007 年 11 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-81104-632-8

定价: 29.50 元

图书如有印装问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

线路工程信息技术是铁路线路工程中规划、勘测设计、施工、工务管理技术和计算机信息技术及现代测绘技术相融合而形成的交叉科学技术。

利用现代计算机技术和测绘技术提高线路规划、勘测设计、施工和工务管理的质量和速度,是近 30 年来国内铁路与道路工程界的学者和工程师们追求的目标。经过近 30 年的努力,在铁路工程领域,得益于计算机技术的迅速发展和应用,广泛采用现代化测绘技术和网络技术,应用优化理论、智能决策技术、计算机辅助设计技术进行线路规划、勘测设计和决策管理,实现了铁路工程各阶段工作的一体化、信息化和智能化,从根本上变革了铁路勘测设计、建设管理和运营管理的方法和手段。线路工程信息技术作为一种高科技,正以其巨大的经济效益和社会效益在铁路工程实际中占据越来越重要的地位。线路工程信息技术这一课程也正是为了适应这种形势而设立的,它已成为本科土木工程专业、交通土建专业、工程测量专业及研究生道路与铁道工程专业等的必修或热门选修课程。它内容新颖,反映了使用计算机信息技术改革铁路规划、勘测设计、施工与管理的传统做法,在学术上是多种学科交叉的产物。

作者自 20 世纪 80 年代初以来,长期致力于计算机技术和现代测绘技术在铁路工程领域的应用研究,参与了铁道部重点项目——铁路勘测设计一体化、智能化研究的全部过程,主持或主研完成了包括自然科学基金项目——基于 GIS 的虚拟环境选线系统智能环境建模方法及应用和铁路勘测设计一体化、智能化项目——铁路新线智能 CAD 系统研究在内的近 10 项线路工程信息技术领域的重要科研项目,取得了多项很有价值的成果。在线路工程信息技术的理论研究、系统开发和应用研究方面积累了丰富的知识和经验。

在从事线路勘测设计一体化技术科研工作的同时,作者还致力于用现代勘测设计技术变革传统的选线设计教学内容和教学手段。早在 1986 年和 1993 年,便为本科生开设了“铁路纵断面自动设计”和“铁路纵断面计算机辅助设计”课程,并编写了《铁路纵断面自动设计》、《铁路纵断面计算机辅助设计》讲义;该两讲义已经使用了 10 多年。在此期间,作者结合新的科研成果,不断充实和完善教学内容,2000 年编写了《线路工程信息技术》讲义,在教学中使用多年,教学效果良好。

线路工程信息技术的关键技术包括信息采集、识别、再现、利用、传输和管理。本书以铁路线路工程的关键技术为主线,系统介绍线路工程信息技术的理论基础、技术基础、系统构成原理和系统开发方法,内容包括支撑环境、现代线路勘测技术、数字地形建模、工程数据库、优化技术、线路 CAD 技术、铁路既有线改建与增建二线 CAD、计算机辅助线路工程制图、铁路工程智能决策技术和工务管理信息系统。

本教材是作者在铁路勘测设计一体化、数字化和智能化方面的开发研究和“铁路纵断面计算机辅助设计”、“铁路线路 CAD”、“铁路勘测设计信息技术”等教学实践的基础上编写而成的。目前国内尚无“线路工程信息技术”课程的教材出版,全面系统地介绍工程信息技术

基本理论和系统设计方法的书也很少。本书正是从这点出发,结合作者数年来对线路工程信息技术科研、教学和实践经验以及线路工程信息技术软件开发体会,把诸多具体操作上升为一般概念,提供给读者的是一本全面系统地介绍线路工程信息技术基本理论和系统设计方法的书。

本书必将对进一步提高我国铁路勘测设计一体化系统、铁路工程辅助决策系统和工务管理系统软件的开发水平,推动铁路规划、设计及管理中的高科技应用发挥较大作用;特别在培养较高层次的复合型人才方面起独特的作用。

本书适用于本科教学,其中 2/3 可选用为课堂教学内容,1/3 作为要求提高的学生的补充材料。本书可作为研究生的教材或参考书使用,也可作为相应专业工程技术人员的参考书。

考虑到近年来高等学校中已加强了计算机软件和编程的基础课程教学,本书在编写中着重于介绍线路工程信息系统软件的基本原理、开发战略和研究方法,而不再包括具体的语言编程和源程序举例等内容。教师在教学中如果发现学生尚缺乏计算机语言和编程方面的基础知识,可以在讲授相应章节时补充一些编程实例和布置一些作业。在书末附有参考文献,教师和学生都可从中获得参考知识。希望在本课程教学中着重于开拓思路,扩大视野,发挥创造性,让学生自己在科学研究和软件开发中根据自己的特长和爱好,在动手实践中学到更多的知识,增强计算机应用能力。

在本教材的编写过程中,参阅了大量国内外优秀教材和学术论著。在此,谨向书中提到的和参考文献中列出的诸位学者表示衷心的感谢。

感谢西南交通大学出版社对本书编辑出版过程的热心支持和许多建设性的建议。

由于编写这方面的教材还是初次尝试,书中内容不尽完善,热忱希望同行专家及使用本书的读者提出宝贵意见,并将其函告西南交通大学土木工程学院道路与铁道工程系(邮政编码 610031),以便修订时参考。

编著者

2007 年 3 月 于成都

目 录

绪 论	1
第一节 线路工程信息技术概念的形成	1
第二节 线路工程信息技术的研究内容	3
第三节 线路工程信息系统的体系结构	4
第四节 线路工程信息技术发展趋势与展望	7
第一章 线路工程信息技术的支撑环境	10
第一节 硬件支撑环境	10
第二节 运行软件环境	17
第三节 计算机网络及 Internet 技术	18
思考题	21
第二章 现代线路勘测技术	22
第一节 概 述	22
第二节 全球定位系统 (GPS) 概述	22
第三节 数字摄影测量技术	34
第四节 线路工程中的遥感技术	44
第五节 地面数字测图	49
思考题	53
第三章 数字地形建模	54
第一节 概 述	54
第二节 获取数字地形数据的方法	55
第三节 数字地形数据预处理	60
第四节 数字地形模型	65
思考题	79
第四章 工程数据库系统设计	80
第一节 工程数据库系统分析	80
第二节 DBMS 的数据模型	83
第三节 EDBMS 的专业信息处理设计	84
第四节 线路工程数据库原型系统 (RLEMDBS)	91
思考题	94
第五章 铁路线路设计优化技术	95
第一节 工程优化技术的基础	95
第二节 线路优化设计的数学模型	108

第三节	路基土石方计算方法	126
第四节	数字地价模型与铁路用地征用费计算	132
第五节	纵断面优化设计	135
第六节	线路平面优化技术	151
思考题		168
第六章	铁路新线设计 CAD 系统	169
第一节	线路 CAD 系统的人机界面设计	170
第二节	线路平面 CAD 系统	173
第三节	线路纵断面 CAD 系统	184
第四节	路基横断面 CAD 系统	190
第五节	排水用地 CAD 系统	201
第六节	铁路站场 CAD 系统	206
思考题		222
第七章	铁路既有线改建计算机辅助设计方法	223
第一节	既有线改建计算机辅助设计方法	223
第二节	增建二线计算机辅助设计方法	239
思考题		244
第八章	线路工程计算机制图	245
第一节	计算机绘制工程图的基本知识	245
第二节	线路工程图参数化设计方法	247
第三节	等高线地形图绘制	251
第四节	线路工程图绘制	257
思考题		263
第九章	铁路工程中的智能决策技术	264
第一节	计算机信息技术在铁路工程决策分析中的地位和作用	264
第二节	铁路线路走向选择智能决策方法	265
第三节	线路方案综合评价方法	272
第四节	新建铁路中间站、会让站分布决策分析	282
第五节	既有铁路技术改造决策专家系统	289
思考题		296
第十章	铁路工务管理系统	297
第一节	工务管理系统总体设计	297
第二节	工务养护维修信息管理系统	301
第三节	铁路轨道养护维修计算机辅助决策系统	306
第四节	国外典型系统介绍	314
思考题		318
参考文献		319

绪 论

工程信息技术 (Engineering Information Technology, 简称 EIT), 是把计算机信息技术应用于工程规划、勘测、设计、管理等中, 而发展起来的交叉科学技术, 主要研究基于计算机及其辅助设备, 对工程建设与运营中各种信息的采集、识别、再现、利用、设计计算与决策管理的方法, 并探讨系统开发原理和方法。线路工程信息技术以其巨大的社会和经济效益在铁路工程实际中占据越来越重要的地位。在我国, 铁路工程 EIT 的研究和实践已有近 30 年的历史, 取得了长足的进步, 但系统开发及应用与国外相比还有很大差距, 原因之一就是缺乏针对铁路建设 EIT 系统的设计理论、方法和实践的指导。为此, 本书将以线路工程信息技术 (简称 REIT) 软件的系统分析和铁路工程的各个阶段为主线, 介绍铁路 REIT 软件的组成及其开发战略; 详细论述铁道工程中的勘测数据采集、规划、方案研究、初步设计和施工图设计等各个阶段的数字化勘测、计算机优化和辅助设计的理论和方法; 结合作者的多年研究和开发经验, 较系统地介绍建立包括铁路勘测、铁路选线设计、铁路既有线改建设计、铁路工程辅助决策、铁路工务管理等在内的完整的铁路 REIT 系统原理与开发方法。

第一节 线路工程信息技术概念的形成

一、信息技术

信息技术是一种渗透性极强的技术, 凡是能扩展人的信息功能的技术, 都是信息技术。现代信息技术主要是指利用电子计算机和现代通信手段实现获取信息、传递信息、存储信息、处理信息、显示信息、分配信息等的相关技术。

具体来讲, 信息技术主要包括以下几方面技术:

1. 感测与识别技术

它的作用是扩展人获取信息的感觉器官功能。它包括信息识别、信息提取、信息检测等技术。这类技术的总称是“传感技术”。它几乎可以扩展人类所有感觉器官的传感功能。传感技术、测量技术与通信技术相结合而产生的遥感技术, 更使人感知信息的能力得到进一步的加强。

信息识别包括文字识别、语音识别和图形识别等, 通常采用一种叫做“模式识别”的方法。

2. 信息传递技术

它的主要功能是实现信息快速、可靠、安全的转移。各种通信技术都属于这个范畴。广播技术也是一种传递信息的技术。由于存储、记录可以看成是从“现在”向“未来”或从“过去”向“现在”传递信息的一种活动, 因而也可将它看做是信息传递技术的一种。

3. 信息处理与再生技术

信息处理包括对信息的编码、压缩、加密等。在对信息进行处理的基础上, 还可形成一

些新的、更深层次的决策信息，这称为信息的“再生”。信息的处理与再生都有赖于现代计算机的超凡功能。

4. 信息使用技术

是信息过程的最后环节。它包括控制技术、显示技术等。

由上可见，传感技术、通信技术、计算机技术和控制技术是信息技术的四大基本技术，其中现代计算机技术和通信技术是信息技术的两大支柱。

二、现代线路工程信息技术

修建铁路需要大量的人力、物力和资金。并且线路一旦建成后将对国家的政治、经济和文化等各方面产生巨大的影响。为了保证铁路的投资效益，必须经过详细的勘测设计，提高铁路建设管理的质量。

从信息的角度考察，线路勘测设计和建设管理的过程可以看做是对线路工程领域内信息处理的过程。在某个具体铁路工程建设中，首先要收集经济信息和勘察信息，然后根据一定的原理对信息进行处理，并提交设计部门进行设计。因此，线路勘测设计和建设管理本身就是一个信息采集、处理、利用和储存管理的过程。

由于线路在空间位置的确定依赖于设计人员对自然条件的分析，所以铁路线路设计比其他许多工程设计对环境具有更强的依赖性。以前由于计算和绘图手段落后，只能对有限的方案进行研究，从而影响了设计质量，设计周期也很长。电子计算机及其辅助设备为线路勘测设计理论和方法的发展提供了能够进行严密、快速演绎的工具。为了提高设计质量和设计速度，自 20 世纪 50 年代以来，道路与铁路领域的专家和学者们就开始探索用计算机辅助线路设计的理论和方法。

在线路设计中，为了进行线路的纵、横断面设计与计算土石方工程数量，就需要有线路纵、横断面方向的地形资料。手工设计方法中所采用的等高线地形图、断面图等资料不能被计算机所识别，因而难以用计算机自动提供所需的地形资料。要进行线路自动设计，就必须实现地形信息数字化。20 世纪 50 年代，美国麻省理工学院的米勒教授及其同事在为联邦公路局所做的公路项目中，为了寻求最优方案，将线路经行区域的地图数字化，并且依据这些数字地形信息建立数学模型来模拟地形表面；根据数字地形信息建立数字地形模型，把选线设计的要求，转化为数学模型，加上设计的出发数据，通过程序输入计算机，运算以后，即可输出所要求的资料。在米勒教授的研究中，首先实现了将地形表面用密集点的 x 、 y 、 z 坐标的数字形式来表达，并将其定义为数字地形模型 (Digital Terrain Model)。米勒教授的方法实质上是最早的计算机信息技术在线路工程中的应用。

线路工程中的信息除了具有信息的一般特性外，还具有线路工程的特性。首先，线路工程涉及的信息量很大，一条铁路线路长几百千米甚至上千千米，涉及自然、社会、政治、经济的方方面面，其信息交换可能有几十万个节点。其次，它的信息很复杂，在一个独立的工程中要处理各类信息，主要包括经济资料、地形资料、地质水文资料、建筑材料、线路空间位置、构造物结构形式、动力特性、理论与规范、环境和景观等。另外，它的信息具有专业性，只有掌握了相关的专业知识才能对它进行识别，进而进行处理。最后，它的信息具有不确定性，可能包含经验等不确定因素，并受到施工等其他因素影响，还具有动态信息的特

点。此外,有时在信息处理的时效性和信息利用的易用性上还有特殊的要求,所有这些都加大了线路工程中信息处理的难度。

尽管计算机辅助线路设计的研究开始于 20 世纪 50 年代,直到 90 年代之前,其在实际工程中的应用却遇到了困难,其关键问题就在于信息获取、传输和利用技术尚未解决。直到 90 年代中期,随着计算机信息技术领域的感测与识别技术、信息传递技术的不断成熟,加之优化技术和智能决策技术在工程中的应用,才使得计算机在线路勘测设计中的应用水平有了飞跃。

在测绘技术方面,计算机和信息技术的应用使得测绘逐步向自动、实时与多用途全方位发展,解决了地形资料的获取、识别和再现的技术难题。地图制图也由传统的手工操作逐步向自动化成图方向发展,并改变了地图单纯表示地形的概念,而拓展为包括图形、影像、数值及其他属性的多种用途,这不仅充实了图的内涵,而且便于使用、管理和维护。

交互式图形技术的发展,实现了线路工程设计图形可视化。交互式计算机图形技术为铁路线路计算机辅助设计提供了一个图形界面;设计人员在图形终端上,采用图形交互方式对自动设计过程进行人工干预,可充分发挥人的智慧,使设计系统更加完善。

近 10 年来,随着计算机技术、勘测技术和测量仪器的发展,把数字地形模型、最优化技术和计算机辅助设计(CAD)技术相结合,使铁路勘测设计已开始朝一体化、智能化方向发展,从而也使得线路工程信息技术逐渐完善和成熟起来。

第二节 线路工程信息技术的研究内容

线路工程信息技术,包括计算机辅助设计(CAD, Computer-aided Design),是近 50 年发展起来的一门新兴技术。随着计算机硬件和软件技术的巨大进步,REIT 技术已成为工程实施及科学研究不可缺少的组成部分。REIT 技术充分利用了计算机的高速运算、数据处理和绘图模拟等能力,不仅可以缩短工程规划、设计和施工的周期,减少工程技术人员的繁杂劳动,而且能够提高工程质量,降低成本。

广泛的应用和需求促使 REIT 技术不断发展和完善,概括起来,其内容主要包含有如下一些技术。

1. 计算机图形和几何造型技术

计算机图形技术是运用解析数据描述工程实体的点、线和面在空间的位置,然后运用几何造型技术构造工程实体的解析模型。由于计算机具备对大量数据进行快速处理并进行图形表达的能力,这种模拟的解析模型可以在计算机屏幕上方便而经济地用来代替工程实体进行设计和处理,因此,运用几何造型技术构造解析模型往往成为 REIT 系统中的核心技术。近年来,计算机几何造型技术得到越来越广泛的应用,工程实体在屏幕上的可视化和彩色渲染图,可以表达工程师头脑中多种方案的想象,有利于优化方案、提高质量、增强工程投标的竞争能力。

在解决图形和几何造型及建立解析模型的过程中,往往涉及解析几何、微分几何、矢量代数、拓扑等多门学科。

2. 工程数据库技术

描述工程实体的解析模型需要大量的数字、符号和各种其他信息,统称为数据。这些数据需要按一定的规则组织起来,形成有效的组合体,即所谓数据库。设计数据库的关键是建

立一个好的数据库结构,便于数据的存储、检索、增减和修改,在 REIT 系统中需要建立独立的工程数据库。工程数据库主要用来存放 REIT 系统中各应用子模块生成的模型、图形和其他有关数据,除此之外,也用来存放成套的典型设计和标准设计图。当需要检验、修改或设计一项新工程时,就可以把这些有关的设计图数据调出来使用。工程数据库技术,涉及数据结构、图论、矢量代数等学科。

3. 数字勘测技术

在数据采集方法上,传统的测量方法采用经纬仪、平板仪、水准仪等进行导线、平面和纵横断面的测量,费时费力,与快速高效的 REIT 难于配套。配合 REIT 采用的现代化数据采集方法可以直接建立三维数字地形模型,传输入计算机作为规划和设计的底图数据,直接提供 REIT 系统使用。数据采集的方法有地形图的数字化、全站仪地面速测、地面摄影测量、航空摄影测量等。近年来,可由测绘部门建立大面积的地理信息系统(GIS),以软件的形式直接与 REIT 或 CAD 系统接口;还可运用卫星全球定位系统(GPS)和 GPS 全站仪采集数据为 GIS 服务。为此,必须对现代化的工程测量方法和 GIS、GPS 技术有所掌握。

4. 设计方案优化技术

计算机的快速运算使我们有可能在短时间内形成多个甚至几十个设计方案,通过评价和优化可以选取最优方案,达到降低造价提高工程质量的目的。运筹学中的最优化技术、数学规划、层次分析、多目标决策等内容,使我们可将用于方案优化的计算机子模块纳入 REIT 系统中。

5. 集成化技术

集成化系统的发展是当今 REIT 技术的主要趋向之一。在土木、交通建设行业中,从工程规划、设计、施工到管理,可以统一享用地理信息系统和工程数据库,在评价、决策、分析、计算、管理等各方面构成一体化的计算机辅助系统,即 REIT 系统。为适应 REIT 集成化、一体化的需要,向网络化、分布式 REIT 系统发展也是今后的一个趋向。利用网络技术,使多个用户能共享网络中的软硬件资源。

6. 智能决策技术

智能决策是新一代 REIT 系统发展的一个重要方向,也是目前正在研究中的热门课题。其基本目的是通过分析人类的智能活动,力图由计算机实现类似的功能。例如,在铁路规划、设计、工务管理过程中,有很多属于经验性和推理性的复杂问题,它的处理一般需由有经验的专家分析解决。在 REIT 系统中引入人工智能和专家系统,就能扩展计算机处理这些复杂问题的能力。智能化的铁路工程 REIT 系统更能在总结各方面专家的宝贵设计经验,继承已有优秀设计成果的基础上推陈出新,提高工程师的设计水平。另外,采用人工智能改进线路工程 REIT 系统,着手建立一种知识处理机构控制下的模块集成系统,从而可以达到增强系统的柔软性,便于适应不断变化的新环境。

本书以下各章节将就以上各项技术的基础知识结合铁路工程 REIT 系统的开发研究分别给予叙述。

第三节 线路工程信息系统的体系结构

线路工程信息系统实际上是若干 CAD 系统、辅助决策系统、计算机信息系统的集合。根据铁路建设中规划、勘测设计、建设管理及工务管理的目的不同,其系统功能模块不同。

下面以选线设计 CAD 系统为例，介绍线路工程信息系统的体系结构。

选线设计系统 (RLCAD) 是铁路勘测设计信息工程中的重要组成部分，是增强铁路产业实力的关键技术，也是国内近期着力开发的主要目标。

一个功能完整的选线设计 CAD 系统包括数据采集、优化技术以及设计和绘制图表 3 个子系统及 1 个数据库。图 0.1 是铁路新线选线设计系统模块构成示意图。系统的各子系统及子系统内的各个程序都成为单个独立的模块。在系统使用时，运用菜单和按钮技术，通过数据库，采用数据通信的方式，有机地将各模块联系起来。在此，数据库起到了桥梁的作用。这种模块化了的程序系统，不仅节省了有限的计算机内存空间，而且还增加了系统的灵活性，即可以不断地把新模块增添到系统内，加强系统的功能。

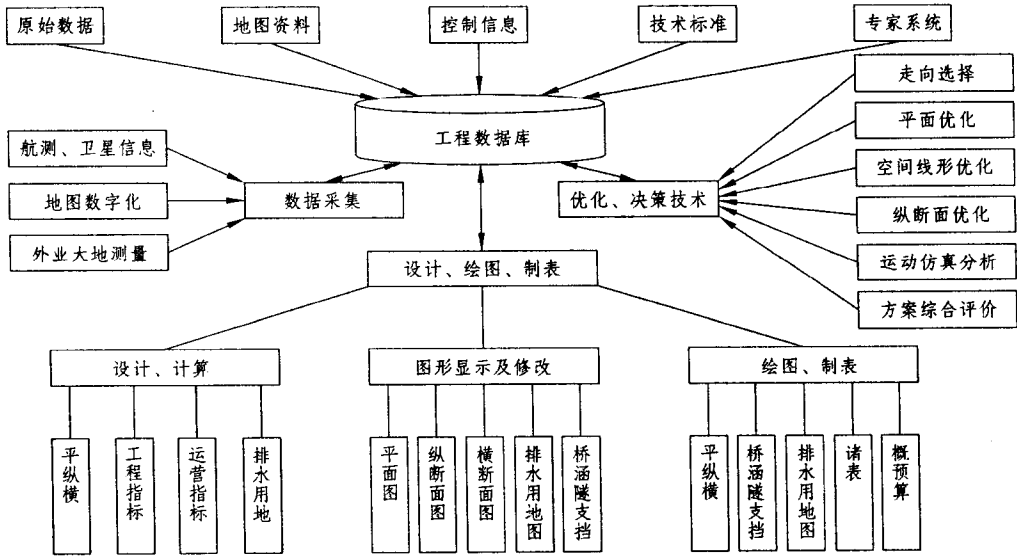


图 0.1 线路 CAD 集成系统结构示意图

一、地理环境建模

铁路选线设计必须依靠大量的地面信息和地形数据。数据采集必须采用快速和自动化的现代化手段，建立易于调用的数据库。

收集地面信息和地形数据可依据航测、卫星信息和外业大地测量资料。由于各个设计阶段所需数据的广度范围和精度要求不同，所采用的手段也不同。预可研阶段，主要在大范围内研究线路的可能通道，并估算工程数量，因此可采用大地卫星资料或 1 : 50 000 军用地图进行数字化。在进行可行性分析时，宜采用高空航测成果或采用现成的 1 : 10 000 ~ 1 : 50 000 航测像片或地形图提供宽约为 10 km 的地带建立数字地面模型；在初步设计时宜于采用 5 000 m 高度带状航测成果，或现成的 1 : 2 000 或有足够精度的大于 1 : 10 000 可资加密放大的航测像片或地形图，建立 1 km 宽度范围内的数字地形模型；在施工图设计阶段，如采用航测则必须作 1 000 m 以下低空摄影，这在国内目前还难于大面积推广应用。

二、线路优化和决策技术

优化设计和最优决策技术是线路计算机辅助设计系统中获得技术经济效益最佳的方案

的重要功能。在进行优化设计时，对各个不同设计阶段，应有不同的重点要求，建立从粗到细逐级优化的思路。还应注意到多种复杂因素的干扰，在优化设计过程中，可不断发挥人机交互作用，以获得切合实际的最优方案。以下提出几项优化技术的子项目：

(1) 在可行性研究阶段，适宜于采用在宽带范围内线路走向方案的优化。特别在平丘地区，工程师往往难于直接在地形图上评判出较佳线路走向。利用计算机程序系统，设计人员可对线路可行区域的各种因素作出定量评价。这些定量评价值可以按点、按线或按面列成费用值表，然后建立地面费用模型。计算机将可行区分成联结的网络结点，自动生成所有可能的线路走向方案，计算出通过各联结结点方案的费用总和，采用动态规划法优选出路线方案。

(2) 在初步设计阶段宜于采用在平面或空间一定范围内移线以改善设计方案的优化技术。目前国内外对平面和空间线形优化，采用单个或多个目标函数，已开展了不少研究。但如果优化选择可行区的范围过大，涉及的地形数据和其他因素过多，要使程序系统达到实用有效的目的，难度较大。如果能在可行性分析阶段已经优选出合理的最佳走向（或走廊），并通过工程师的经验选定合适的转折点和曲线要素（也可在计算机显示器上以人机对话的方式进行），然后在窄带范围内实现小距离移线（在小范围内移动折点或改变曲线半径等）以获取最优方案，看来更为切实可行。在采用平面优化方案时，也必须平纵优化交叉多次进行，此时对纵断面线形设计要采用某些概略化的措施；如采用空间优化方案时，则可使转折点在一个较小的空间范围挪动搜索优化方案。

(3) 在施工图设计阶段宜采用多个目标函数的铁路纵断面优化程序系统。经过在初步设计中运用上述方法进行平面或空间线形优化后，从宏观上看方案已基本确定，在平面上再次移线或作方案比较已属个别现象，此时应集中注意力把纵断面最佳方案优选出来。一个好的线路方案，除工程量和造价较小外，还必须考虑运输经济、行程时间、线形质量（包括行驶安全和舒适）等指标，研究沿线随线形变化的行车速度和燃料消耗等，建立具备若干个目标函数的优化程序。此外，还可建立对局部路段、个别平曲线或竖曲线（包括半径改变和缓和曲线段改变）优化技术的程序，以便在技术设计与施工图编制时视需要随时采用。

在铁路选线设计的软件系统中如能按各个不同设计阶段纳入如上的优化技术内容，可以有把握地使设计方案的土石方、桥涵、挡土墙、用地等工程费用降低 10% 左右。并可提高线形质量，明显降低运营费用，达到线路的行车安全、平顺和良好景观的要求。

三、计算机辅助设计、绘图和制表

现代计算机辅助设计一般具备在显示器上显示并采用人机对话对设计方案进行修改的功能，在设计完成后可以用绘图机输出各阶段所需的相应图纸，并用打印机输出工程量表和概预算等。

在可行性分析阶段，可根据小比例尺的数字地面模型绘制出包括各个可行方案的线路基本走向图，通过投资估算提供费用效益评价表等。

在初步设计阶段，根据按 1:2 000 航测成果建立的数字地面模型，可以绘制出平面图和纵断面图等，并编制土方量、工程量及概算文件。

在施工图设计阶段，如果没有精度很高的航测成果，则需要用地面实测方法或传统的技术测量方法建立沿线的鱼骨状数字地面模型，据此可以绘出带状等高线线路平面图，详细的

纵断面图,大比例尺的横断面图以及桥梁、涵洞、隧道、挡土墙等的施工图纸。最后由打印机输出各种设计报表、工程量详表和施工预算文件。

第四节 线路工程信息技术发展趋势与展望

线路工程信息技术的发展已有 50 多年的历史。它与工业生产实际和社会需求密切相关,与信息技术和信息产业的发展密切联系,随着技术应用的需要,计算机的新技术、新算法、新成果在线路工程信息技术中不断得到应用和发展,计算机图形学、虚拟现实技术、建模技术与仿真技术,特别是多媒体技术和网络通信技术在近年来快速发展,为线路工程信息技术带来了巨大的发展和变化。

一、数字地球系统技术的应用

从 1998 年 1 月美国提出“数字地球”构想后,我国科技人员在这方面已经结合国情进行了大量的工作。数字地球的核心是全球信息化,是一个庞大的系统工程,在其研究发展中,与线路工程领域具有广泛的密切关系,受到本领域专家的重视。

地理信息系统(GIS)是用于管理地理空间分布数据的计算机信息系统。它用直观的地图方式录入、管理、显示和分析与地理空间相应的各类数据,铁道工程中的工务管理、路网规划、勘察设计、防灾减灾等都与 GIS 有密切关系。

我国数字铁路的研究实际上已有多年积累,它是铁路领域科学和技术的一项重要的基础设施。在建设数字地球系统中,它将得到更大的发展,从某种意义上讲,数字铁路也是数字地球的一个部分。

地理空间数据库涉及的多维时空属性相关数据,其主要内容都与铁道工程领域多年积累或需要应用的信息分不开。铁路建设中的现代测绘技术,既为铁路线路工程提供了应用,也为数字地球建设提供了基础。特别是在数字地球建设提出后,这些系统的继续开发和改造,或者新开发的系统,在考虑综合集成和发挥更大效益的目标要求上,有了明确的技术方向。

二、智能决策技术的应用

专家系统在铁路工程建设管理、勘测设计、工务管理中的应用是智能化的重要标志,应大力开展铁路工程领域专家系统的研究。比如,在线路方案选择,复杂桥梁方案拟订,隧道洞口、洞身设计方案确定,工程地质问题评价咨询,遥感图像不良地质判识等领域,专家系统是对设计方案、设计参数进行决策的有力咨询工具,它能使设计在某种程度上达到优秀领域专家水平。

智能化 CAD 系统(Intelligent CAD system,缩写为 ICAD system),是一种引进人工智能、知识工程,使计算机智能地辅助解决整个设计过程(决策、优化、分析、绘图)各方面的复杂问题,达到自动化程度更高的系统。也有称为基于知识的 CAD 系统。由于设计本身包含着创造性的思索和判断、决策的理解力,因此 CAD 通向智能化是必然的发展趋势。设计的处理过程涉及的不仅有概念知识,也有专家知识。智能化、基于知识的 CAD 系统正是考虑概念知识与专家知识的组合,以期增强 CAD 解决问题的能力。线路信息系统中的智能功能包括智能规划、智能优化、智能分析以及智能绘图等。

三、嵌入式系统的应用

计算技术在各行各业的广泛渗透,使得嵌入式计算机在应用数量上将远远超过传统意义上的计算机。所谓嵌入式系统是指以应用为中心,以计算机技术为基础,软件硬件可裁剪,适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗要求严格的专用计算机系统。科技发展的动力在某种程度上总是使人类自身更为舒适,所以未来必定是一个“普及计算”的时代,在诸如家庭网络等普及计算的重要内容中,大量高效而廉价的嵌入式系统都将是核心的组成部分之一。嵌入式系统的基础是以应用为中心的“芯片”设计和面向应用的软件产品开发,线路工程信息技术要解决的就是面向线路工程应用的软件,即嵌入式软件的开发。嵌入式软件是线路工程专门知识的软件表现形式,是嵌入式系统的核心,也是线路工程信息技术的主要研究内容之一。嵌入式软件的具体应用主要表现为各类检测仪器(用于信息的采集)和控制系统(信息的施用)等的研究与开发。“摩尔定律”在这里意味着10年后“芯片”的功能是现在的100倍。因此,未来嵌入式软件的功能将十分强大,即使不考虑与网络的联合,也可能完成现在只在PC上完成的工作,因此线路工程整个流程的工作分配将发生根本性的变革。利用全球定位系统(GPS)和遥感(RS)等各种手段,它可用于现场数据的自动采集,并以数字化的标准格式保存下来,利用嵌入式软件可以分析、加工或转化这些数据,得到有用的信息并表现出来,供决策或进行智能监控。目前,嵌入式系统在线路工程中已经开始应用,但无论是功能还是成本都与大面积的广泛使用有相当大的差距。而这一问题必然会随嵌入系统技术的发展得到有效的解决。

四、虚拟现实(VR)技术的应用

虚拟现实技术是一种可以创造和模拟体验现实世界的计算机技术,它将真实世界的各种媒体信息有机地融合进虚拟世界,构造用户能与之进行各个层次的交互处理的虚拟信息空间。这种技术在工程中的应用目标,正在派生出一系列应用系统,例如:铁路规划方案的虚拟漫游及环境评价,铁路设计方案建成后的效果展示与评价,设计方案的演示与论证,铁路沿线构造物的虚拟模型和性能测试,铁路三维可视化动态建模与运动仿真等。

在现实的铁路工程设计、管理和分析研究中,人们花了大量的物力、财力和精力,创造特定的工作方式和环境来解决所面临的问题,虚拟现实和多媒体技术为我们提供了建立铁路工程多维感知模型,使铁路工程专家获得一个先进的认识和改造世界的工具,并且在开发和使用这些系统中,表现出巨大的热情和创造能力。

五、分布式多媒体通信技术的应用

由于现代铁路勘测设计、建设和管理的基本特征是群体的、协同的、国际化的,因而工程领域对多媒体协同环境,从需求到实现,具有极其大的热情。

计算机从支持个体工作(单个系统应用)发展到支持群体协同工作(地域分散的不同专业的系统协作),即群体中的人们利用计算机系统联网工具,协同完成某项共同承担的工作任务。它适应了现代科学和市场经济的需要,适应了现代工程建设的需要。

六、多媒体仿真技术的应用

多媒体仿真是在科学计算可视化和可视仿真技术基础上发展起来的。在计算机图形学和

工程研究与设计领域中，科学计算可视化被定义为：对科学计算数据进行可视化加工和三维图形显示，并且通过系统的交互方式能够改变其参数，以观察计算结果的全貌及其变化。把传统的计算机仿真技术同科学计算可视化相结合，发展了可视化仿真技术，运用多媒体系统的多维信息综合处理平台，实现了人们对于仿真对象的多种表现信息的更全面的感受仿真，即不仅是可视，还可听，有些系统已经具有可接触，并能模拟力的动态变化响应。这就是多媒体仿真。

多媒体仿真采用不同媒体形态描述不同性质的模型信息，将系统行为和形态、数学模型和物理模型以及它们的时空表现模式，有机地统一地建模和求解。多媒体仿真技术在铁路线路规划、建设管理、勘测设计、工务管理中均有很好的应用前景。

七、工程信息管理技术的应用

工程多媒体数据资源的获取和处理是人们关心的首要问题。一项铁路建设工程，从规划、设计、施工到建成后的使用、维修，存在大量的不同媒体形式的工程数据文档；在铁路规划、勘测设计、建设和运营养护过程中，还必须提供有关铁路沿线的地理信息、水文气象、人文景观、社会经济等信息，需要同基于 GIS 的空间信息管理平台结合，才能有效地实现铁路工程信息管理和应用。支持多媒体数据结构的工程数据库技术近年来取得了实质性的进展，运用面向对象技术进行多媒体工程数据库设计，是铁路工程系统中建立工程数据库的有效解决方案。

第一章 线路工程信息技术的支撑环境

线路工程信息技术是线路工程技术和计算机信息技术相融合而产生的交叉科学技术；它是在计算机硬件系统、软件系统和现代网络技术的基础上发展起来的，其功能是在一定的硬件和软件支撑环境下实现的，硬件和软件系统的配置水平，在一定程度上决定了线路工程信息系统的开发水平，并影响以后的推广应用。所以，开发线路工程信息技术领域的计算机应用系统应充分重视系统的硬件、软件和网络支撑环境的配置。

第一节 硬件支撑环境

各类计算机是线路工程信息系统硬件的核心。在微机领域中，信息工程系统所用的设备，主要有普及型的微型计算机系统和专用的工作站。目前，选择一台 PIV 或更高级的微机，再选配必要的输入输出设备，如扫描仪、绘图机、打印机等，组成一个廉价的信息工程系统，适合于中小设计单位使用。为了解决设计中较复杂的问题，比如，航测信息采集与建模、线路三维设计等，应选择较高档的图形和科学计算工作站。

一、工程信息系统硬件系统的组成

工程信息系统的硬件系统是一个能进行图形操作的具有高性能计算和交互设计能力的计算机系统，其基本配置由通用计算机部分和专用图形设备部分组成。

工程信息系统的硬件系统包括一个适用的 PC 机、高分辨率显示器、外存储器、图形输入/输出设备等。一个典型的工程信息系统的硬件系统配置结构如图 1.1 所示。

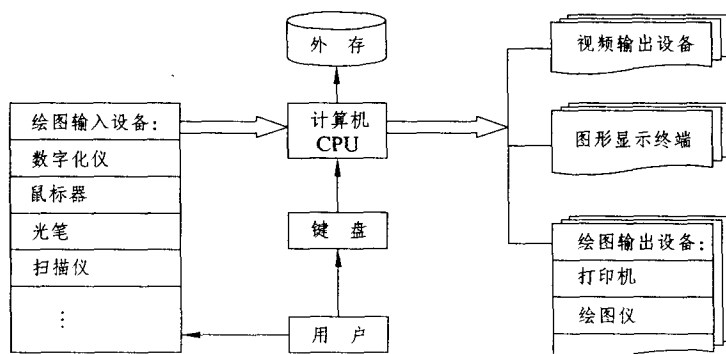


图 1.1 工程信息系统典型配置示意图

目前在铁路勘测设计单位采用的高性能工程信息系统，在硬件系统方面采用高级的配置结构，并综合运用了网络通信和集成技术解决方案，系统所配置的硬件设备具有如下特点：

(1) CPU 采用 RISC (Reduced Instruction Set Computer: 精简指令集) 技术，速度在