

编 号: (77) 002

内 部

出国参观考察报告

罗马尼亚建筑工程中
电子计算技术的应用

U

79068

科学技术文献出版社

出国参观考察报告

罗马尼亚建筑工程中
电子计算技术的应用

(内部发行)

编辑者：中国科学技术情报研究所

出版者：科学技术文献出版社

印刷者：中国科学技术情报研究所印刷厂

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

开本 $787 \times 1092 \cdot \frac{1}{16}$ 5 印张 128 千字

统一书号：15176.221 定价：0.55元

1977年5月出版

毛主席语录

自力更生为主，争取外援为辅，破除迷信，独立自主地干工业、干农业，干技术革命和文化革命，打倒奴隶思想，埋葬教条主义，认真学习外国的好经验，也一定研究外国的坏经验——引以为戒，这就是我们的路线。

目 录

一、罗马尼亚建筑工程中电子计算技术的应用概况	(1)
二、计算中心等单位的应用情况	(3)
三、在建筑结构分析和设计中的应用	(7)
四、在建筑施工中的应用	(25)

TU/1
Da 1 2 3 4
9.1.10.11.12.13.14
9Y 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

罗马尼亚建筑工程中 电子计算机技术的应用

赴罗电子计算技术在建筑工程中应用考察组

国家建委赴罗马尼亚电子计算技术在建筑工程中应用考察组于一九七五年十月六日至十一月七日，访问了布加勒斯特、布拉索夫、彼代什蒂和德尔果维什德等城市的十一个单位。重点对计算技术在建筑工程的科研、设计和施工方面的应用进行了考察，现将考察到的情况作简要介绍，由于考察时间较短，加之我们的水平有限，错误和不妥之处，请批评指正。

一、罗马尼亚建筑工程中电 子计算技术的应用概况

罗在建筑工程中应用电子计算技术是从1967年开始的。初期只用于结构分析。1970年后，将研究重点放在建筑施工组织管理方面。1971年在工业建筑部专门成立了一个计算中心，全面开展计算技术的研究和应用。

现就考察了解到的几个主要问题分述如下。

（一）建立了中心，形成了网

罗工业建筑部对全国工业建筑部门应用计算技术采取集中领导，统一规划。其措施是，建立工业建筑部计算中心和研究应用网。

该计算中心有300人，其基本任务是：制定工业建筑部门计算技术的发展规划；协调研究应用网内各单位的任务；对本部门基础数据和技术经济指标进行统一编码，并建立数据库；集中管理计算机，承担部属单位的计算工作；培训应用计算机技术的干部等。

研究应用网由计算中心和部属科研、设计、施工单位的计算处（站）组成，建立固定的协作关系，根据工业建筑部制定的规划进行分工，开展电子计算技术的研究的推广。规划中制定的综合程序系统，由许多子程序组成，设想较大，一般需要三、五年以至十年才能完成。虽然投入人力较多，但其中的子程序是陆续完成的，每个子程序完成后即可发挥其使用效果。

目前，研究应用网基本上有两类：第一类以工业建筑部设计院为主，由计算中心、建筑和建筑经济研究院及有关高等教育单位相配合，开展建筑结构分析与设计方面的研究和应用；第二类以计算中心为主，由建筑和建筑经济研究院及部属建筑公司相配合，开展建筑施工组织管理方面的研究和应用。这个包括各专业工种的计算技术研究应用网对于加快计算技术在建筑工程中应用的速度，扩大应用领域，起到了良好的推动作用。

（二）在建筑设计上已从单一程序进入到综合程序系统的研究

罗在1967年开始将计算技术应用于结构分析。目前，在建筑设计的一些工种（建筑结构、采暖通风、上下水、供热供气）和设计工作的各个阶段（场地规划、方案选择、设计优化、自动绘图），都已不同程度地应用了计算技术，并能用计算机绘制结构计算简图、内力图和部分施工图。在城市规划设计工作中，亦已初步得到了应用。如建筑物的场地选择、住宅区的合理规划布局、城市交通网以及城市供水供气网络设计等，都已编制了一些程序供设计应用。

在国际上，随着计算机在建筑领域中的应用越来越广，程序的发展经历了三个阶段，即由为单项服务的单一程序，发展到同时能为两个以上单项服务的组合程序，进一步发展到能满足多方面要求、可以进行综合分析、使用灵活、应用方便、采用土建专业语言的综合程序系统。从而促进了计算技术在设计中的广泛应用。罗的发展也是如此，在不到十年时间内，已初步建立结构分析设计的组合程序，并开展了综合程序系统的研究。其中：“结构强度（组合）设计程序”采用了按“组合”概念设计的新方法，将整体结构和可选用的构件同时进行内力分析，然后由计算机自动选用最好的构件。“工业厂房多功能综合经济分析最优设计程序”，采用厂房的造价和投产后每年设备动力等的消耗值作为总指标，对所有可能满足结构和设备要求的设计方案进行比较，然后找出一个最经济的设计方案。这两套程序，在减少设计计算工作量，提高设计质量和加快设计进度等方面都获得了较好的效果。

此外，在应用计算机进行结构的抗震设计方面，也有较深的研究。例如，在设计中进行延伸性分析，从而提高了结构的抗震能力；由于直接采用地震区测出的地震波，对该地区的建筑物进行动力分析，其结果比通常按规范规定的分析方法精确。

（三）在建筑施工部门普遍应用电子计算技术，开展数据处理工作

国际上，计算机的应用已从十年前单纯用于科学技术的运算，逐步大量用于数据处理和自动控制。而数据处理已占计算机应用的大半数，其次是自动控制，科学技术运算不到10%。这说明计算技术对数据处理有很大作用。罗工业建筑部十分重视计算技术在建筑施工中的应用，这是由于随着工业化施工的迅速发展，施工组织管理中需要进行大量的统计、计算等数据处理工作，若用人工进行是非常费时费工的。从这一角度出发，部计算中心开展了这方面的研究，经过六年多时间，已初步建立了一个“建筑施工安装组织管理综合系统”，编制了许多应用程序，并相应建立了较大的数据库。

该综合系统综合进行建筑施工组织管理中的数据处理工作，包括分配投资、计划工程进度、统计建筑资源（包括材料、人员、运输工具和设备现有的和消耗的情况）和固定资产、掌握工程完成情况以及进行经济核算等。

据介绍，应用这套系统可取得有鉴别、有比较的详细数字，供有关领导部门查询和决策，以合理使用投资和建筑资源，避免材料积压，人员窝工，设备利用率不高等现象。同时，可以按照国家对工程项目要求的竣工日期，对施工方法进行多方案比较，确定最理想的施工方案和工程进度，以充分发挥投资效果。此外，还有助于减少施工管理人员，加速工作进程。

(四) 适应电子计算技术的应用和发展, 大力进行培训工作

为了适应计算技术普及、推广的发展要求, 需要培训大量的人员熟悉计算技术的有关知识, 学会掌握和使用。

工业建筑部计算中心承担培训任务, 有一名技术主任负责, 20名专职人员开展日常培训工作, 并请计算中心和科研、设计、教学单位的一些研究分析人员兼职讲课。培训工作有明确的培养目标和计划。培训对象以在职干部为主, 根据他们以后工作的实际需要, 区别对待, 采取短期分批轮训的办法进行。这项工作于1971年开始进行, 培训的人数逐年扩大, 今明两年计划各培训干部1500人。

(五) 机器稳定, 设备配套, 软件完善, 充分利用

罗工业建筑部计算中心现有两台计算机, 为让其充分发挥作用, 昼夜三班工作, 每台机器每月可稳定开机500小时以上。由于外部设备配套, 充分发挥了机器的功能, 进一步扩大了应用范围。例如快速交换的磁盘, 为计算机帮助进行建筑设计和施工管理中的大量数据处理提供了方便; 运行稳定的磁带机及质量良好的磁带, 为建立庞大的数据库和程序库提供了保证。此外, 应用的软件比较完善, 可用几种语言进行计算, 不仅适应了各种计算的需要, 而且缩短了程序编制的时间。

二、计算中心等单位的应用情况

(一) 工业建筑部计算中心

该计算中心受工业建筑部和中央管理及信息研究所双重领导。共有300人, 其中专业分析、研究人员100人, 信息和程序设计人员60人, 机器操作、穿孔和负责培训人员100人, 其余为行政管理人员。该单位设总主任一人, 负责总的工作; 主任四人, 分管计算机使用、体系的计划、经济和培训干部等四个方面的工作。

计算中心的任务是:

1. 制定工业建筑部门计算技术的发展规划; 指导研究应用网的发展; 提出用于计算技术资金分配的建议; 协调部属单位各计算处(站)的任务。

2. 制定研究计划, 包括建立数学模型, 研究软件和编制专用程序、综合程序系统; 根据国家的编码规定, 统一本部门的编码; 建立数据库。

3. 集中管理计算机, 承担部属单位的计算工作, 进行技术指导; 培训应用计算机技术的干部。

在日常工作中, 计算中心要对全国工业建筑项目基建投资的执行情况运用计算机进行分析, 并在每旬的第二天向工业建筑部、国家计委、国家统计局和建设银行提供详细的报表。

该单位自成立以来, 集中抓了计算机在建筑施工安装组织管理方面的研究和应用。对建筑工程其它方面的研究和应用也做了不少工作。

在建筑施工方面: 开展了“建筑施工安装组织管理综合系统”(称为SICOP系统)的研究。该综合系统由: 规划子系统, 计划、执行与检查子系统, 材料供应子系统, 运输与机械设备子系统, 人员子系统和财会子系统等构成。迄今已编制了许多应用程序, 并得到不同程

度的应用。

在建筑工程最优设计方面，开展了如下工作的研究：

- 工业地下管道网（供水、供气）的最优设计程序；
- 建筑结构的最优化设计程序（包括杆系以及平面、空间结构）；
- 城市交通运输的分析、预测和最优设计程序（街道网、公共交通网等）；
- 变量选择程序（厂址选择、最佳结构方案选择）；
- 热设备断面尺寸选择程序；
- 材料消耗的最优设计；
- 自动绘图；等等。

该中心配有第三代中型电子计算机两台，一台是法国进口的伊利斯—50（IRIS—50），已工作四年多；一台是罗自制的菲利克斯—C256（FELIX—C256），才使用几个月。两台计算机性能相仿，都配有较全的外部设备，详细情况见表 2 — 1 。

两种计算机性能及配套设备情况一览表 表2—1

型号 项目	罗制FELIX-C256	法制IRIS-50
内 存	现达到128k 字节	256k 字节
速 度	19多万次/秒	19多万次/秒
磁 带 机	6 台	2 台
磁 带	有1200呎和2400呎两种，都为半吋宽，记 录密度1600字节/吋	有1200呎和2400呎两种，都为半吋宽，记 录密度800字节/吋
磁 盘 机	2 台	4 台
磁 盘	每盘11片，20面，约可记录2500万字节	每盘 6 片，10面，约可记录600万字节
打 印 机	打印速度800行/分和 1600 行/分的宽行打 印机各一台	打印速度800行/分和 1600 行/分的宽行打 印机各一台
卡 片 机	卡片输入机和卡片输出机各一台	卡片输入机和卡片输出机各一台
绘 图 机	无	配有法国产本逊-411（BENSON-411）脱 机绘图机一台。此机性能为： 步长0.1毫米 速度400步/秒 基本方向 8 个，有 4 个笔头，可配各种颜 色和粗细的笔头。
显示设备	无	无

此外，该中心设有穿孔机20台，并配有从美国进口的磁盘和磁带净化机各一台。目前罗磁带、磁盘均从外国进口。由于磁带记录密度不同，两机的磁带不能互换。到目前为止，数据库内已储存1500盘磁带。

计算机房设在二楼，面积160米²，放置两台计算机。室内有空调、除尘设施，以及防火用的感烟报警器。室内温度20℃，湿度<55%。设备设施在一楼和机房隔开。机房空调示意
见图 2 — 1 。

机房管理和操作人员共有18人，三班制工作，每班 6 人，专门负责两台机器的操作。这些人员都是中学毕业生，经过 4 ~ 6 个月的培训参加工作的。此外，有绘图机操作 人 员 数

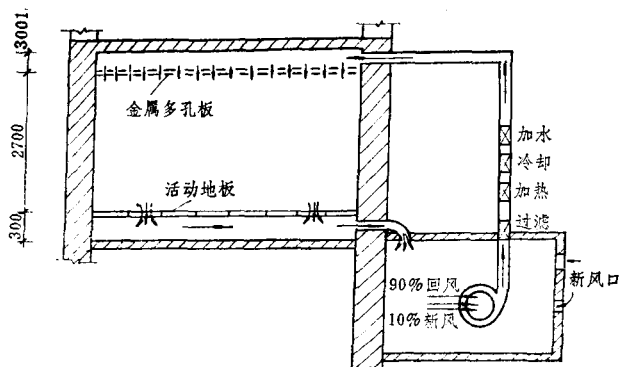


图 2—1 机房空调示意图

人，通常一班工作；穿孔人员 34 人，二班制工作，负责计算中心和外单位的所有穿孔任务。据介绍，计算机每月可稳定开机 500 小时以上，故障时间约占全部开机时间的 6~7%。机器维修每周 8 小时，由专门的计算机维修公司负责，平时该公司有一人长驻机房，大修或有严重问题时，再增派人员。计算中心无硬件研究人员。

计算机的使用情况是：用于建筑施工方面的时间约为 60%，结构计算方面约为 10%，研究工作方面约为 20%，故障与维修时间约为 10%。

(二) 工业建筑部建筑和建筑经济研究院

该院无专门的计算站，也无计算机，只有部分研究室，如建筑经济效果研究室、建筑力学研究室，结合本专业研究工作的需要，自己编制或和其它有关单位共同编制应用程序，并到计算中心上机计算。下面介绍两个研究室应用计算技术的情况。

建筑经济效果研究室：

1. 配合工业建筑部计算中心，研究编制“建筑施工安装组织管理综合系统”，承担这一系统的计划、执行与检查子系统的 30~40% 工作量（主要是分析工作）。

2. 采用单标准和多标准分析方法，以造价和主要材料的消耗量作为标准，研究建筑物最优设计方案。

3. 对工程进度开展临界线路法（网络图）的研究，并在实际工程中应用。

建筑力学研究室：

该室有一个电子计算机计算小组，有分析研究人员 5 人，其中 2 名为数学分析人员，3 名工程师。该小组已编出：平面、空间的桁架和框架，平板以及部分类型壳体的程序。这些程序都能作静力和动力分析。在动力分析中，考虑三个振型。此外，还用电子计算机计算了大坝、烟囱、悬索以及原子能反应堆内的格架等结构。目前正在研究和编制采用专业语言的综合程序系统。

该院还有一个金属结构研究室，编制了一个网架内力分析的程序，可进行静力的弹、塑性分析，目前已解的最大节点数为 200 个。据介绍，该程序还可自动形成规则网格的有关信息，简化输入数据。由于采用塑性分析方法，可节省材料 12~15%。

(三) 设计院

对工业建筑部设计院、布加勒斯特市设计院和国家地方经济委员会所属规划、居住和公用事业研究设计院等三个设计单位进行了考察，下面主要介绍工业建筑部设计院应用电子计算机的情况。

该院有一个计算处，共有 16 人。其中 13 人是各专业工种的工程师，3 人是数学分析人员，主要从事于编制程序。此外还有标准程序的推广应用人员 4 人，作为设计人员和计算处之间

的桥梁。计算处的任务包括：总设计方案的研究，确定设计原则，并和其它单位合作开展计算机辅助设计等；同时还和计算中心、建研院合作研究单一（专用）程序、组合程序、最优设计综合程序系统、自动绘图以及建立程序库等工作。

该院主要从事工业建筑的标准设计。电子计算机应用在设计上主要针对带有普遍性的钢筋混凝土单个构件、框架、排架、连续梁以及构筑物水塔、水池等结构的计算和自动绘图的研究。

钢筋混凝土单个构件计算程序有：构件受弯（单、双向）、弯压组合（单、双向）、受扭曲等情况的程序，目的是确定构件最优断面尺寸和配筋量。

框架、排架、连续梁等结构分析的计算程序都考虑了地震荷载并能进行塑性分析。

水塔、水池的程序是按通常计算方法编制的。水塔分水箱、支承部分、基础等三个部分进行计算。

该院还和计算中心等单位合作编制了“工业厂房多功能综合经济分析最优设计程序（SOPHIS）”。（详见本报告三）

在计算机绘图方面，编制了结构计算简图、内力图、柱子和基础平面图以及基础详图等程序，并已用于设计。

布加勒斯特市设计院，规划、居住和公用事业研究设计院也各有一个计算处，情况和工业建筑部设计院相似。

布加勒斯特市设计院主要负责市区和郊区的民用建筑设计和城市规划，电子计算技术已应用于场地选择、框架与剪力墙计算以及城市供水系统规划网络计算等方面。规划、居住和公用事业研究设计院编有高层建筑结构整体分析的程序，能计算出变位、分配水平力和内力。

（四）工业建筑部直属建筑公司

考察了布加勒斯特、布拉索夫、彼代什蒂等三个工业建筑公司，计算机应用情况基本相同，下面仅对布拉索夫工业建筑公司的应用情况作一介绍。

该公司计算站于1974年成立，有7个工程师、30个计算人员，主要任务是在公司范围内推广和应用“建筑施工安装组织管理综合系统”，并协助领导进行施工管理。

目前，公司已应用了该综合系统中的以下几个子系统：

1. 计划、执行与检查子系统，主要根据设计单位提供的工程图表进行施工准备工作；
2. 材料供应子系统，主要提供材料的消耗情况和现有库存量；
3. 财会子系统，主要计算固定资产折旧及折旧费在工程项目中的分摊；
4. 在工地一级范围内还应用了人员（劳动力）子系统和运输与机械设备子系统。

该公司计算站配有罗自制的菲利克斯C—15和菲利克斯C—30两种小型的数模混合式会计计算机九台，主要用于根据每月完成的工程量核算完成的投资数（包括材料、人力和设备等各项费用）、计算职工工资、会计账目以及结构试验的数据处理等。同时，还将计算机输出的部分信息数据，到工业建筑部计算中心或地区计算中心作为程序的原始数据供进一步计算。

（五）培训单位和学校

为了适应计算技术在建筑工程中应用的发展要求，工业建筑部和学校注重培训一支应用计算技术的队伍。

工业建筑部计算中心有一个干部培训处，主要负责对部属单位在职干部的培训工作。培

训的任务是使技术人员通过短期的轮训能够熟悉计算技术的有关知识,学会掌握和使用有关程序。培训要求视情况而定。对该单位刚从高等学校毕业的学生,由于他们已掌握电子计算技术的初步知识,则着重培养他们对程序系统的分析能力,学会建立数学模型,培训时间一般为六个月到一年半。此外,还对程序人员、计算机专业人员、操作人员以及穿孔人员进行培训。

为施工单位培训人员,主要是培训在职的生产管理人员,使他们熟悉“建筑施工安装组织管理综合系统”的有关部分,以便掌握和具体应用。培训要求是根据他们以后工作的实际需要,区别对待。如对公司经理和工区主任的要求是全面掌握该系统的应用;而对主管材料供应的副经理只要求掌握该系统的材料供应子系统和人员子系统,其它部分只是一般掌握。培训时间每年两次,每次约一周左右,一、二年内完成。

学校的教学情况,据对布加勒斯特建工学院的访问,该校三个系(土木工程系,铁路、公路和桥梁系,水利系)都开设了电子计算技术的课程,全部学时共150小时,其中学习编程序约100小时,上机实习约50小时。具体安排是:一年级就开始学习计算语言的基本知识(FORTRAN语言);三年级学习对实际结构工程的分析,包括编程序、填卡片、穿孔、上机实习。

目前该校正在筹建一个计算站。

三、在建筑结构分析和设计中的应用

这部分内容是考察罗马尼亚工业建筑部计算中心(COCC)、建筑设计院(IPC)、建筑和建筑经济研究院(INCERC)、建工学院等七个科研、设计、教育单位汇总而成。

(一) 综合系统简介

罗马尼亚在建筑结构分析和设计中应用电子计算技术的范围比较广,近年来已编制了不少程序。根据自动化设计的总原则,罗设想在现有程序的基础上,经过必要的完善,从而形成一套建筑设计最优化的综合系统—SINPTIC,力图在设计的全过程中有效地使用电子计算机,帮助设计人员加快设计速度和提高设计质量。

该系统的设想示意图3—1,它是由许多程序组成的,并且具有下列特点:

1. 应用功能大

从综合系统的设想示意图中可以看出,综合系统可用于下列四个阶段的设计任务:

第一阶段:建筑物总体分析。包括选址,交通网规划,建筑物的功能分析及平、立面设计;

第二阶段:建筑设计。包括结构分析和设计,构件截面尺寸设计及设备设计(水、暖、电);

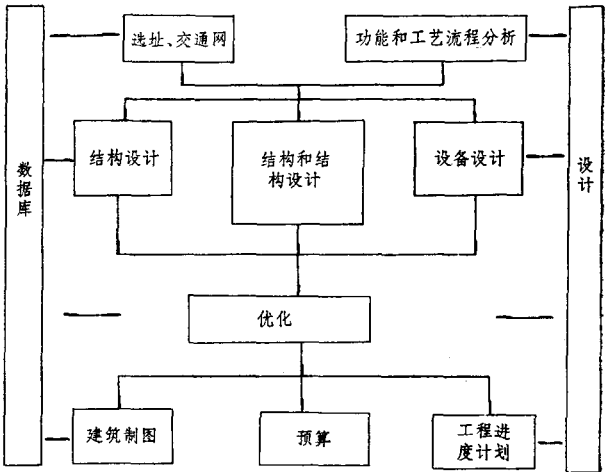


图 3—1 建筑设计最优化的综合系统设想示意图

第三阶段：建筑设计的优化。即单体设计方案的最优组合设计；

第四阶段：建筑施工设计。包括自动绘图，预算和工程进度计划。

2. 采用了某些新颖的分析和处理方法

在截面、构件设计中进行延伸性分析；

在抗震分析中直接采用地震区测出的地震波对该地区的建筑物进行动力分析；

在结构分析中部分采用塑性分析；在综合最优化设计中选用造价和投产后设备的使用费作为比较标准进行分析；

综合系统中的个别程序的数据信息部分使用了低级专门语言。

3. 有一个较大的数据库

为了简化输入信息以及完成多种功能，综合系统建立了一个数据库。它的主要内容是：

——设计计算说明；

——价格目录和预算标准；

——设施和建筑构件成品材料目录；

——建筑设备和建筑机械目录；

——关于设计投资和技术经济指标；

——结构构件（截面、构件、结构层等）的详细资料数据；

——建筑结构的详细类型；

——有关建筑结构物的材料组成和功能的统计数据。

（二）应用程序

罗至今编制的程序有金属或钢筋混凝土的工业和民用建筑的结构强度设计，建筑设备设计，场地选择，城市系统化研究设计和自动绘图机制图等。现将几个较有特色的程序作一介绍，以便了解罗的应用水平。

1. 场地选择程序（ALADIN）

选择问题就是在现有多数解决方案中选择最优的一种。这种问题在建筑业中大量存在着，例如厂址选择、各种预制构件的最优组合等。以往的解决方法往往是根据设计人员的经验和一些粗糙的计算作出判断。如果通过适合于计算机的计算方法和各种经验因素相结合，将使问题的解决更为合理和可靠。当然经验因素在计算机分析中仍是决定性的。

本程序的功能就是解决这样的选择问题，可进行单标准分析和多标准分析，采用的数学方法是简单实用的。

（1）单标准分析

在建筑物的设计中，会遇到如何在满足各种要求的各类构件和设备中选择一种最好的组合方案。当比较的标准是一个，例如以用钢量最小作为比较标准，则这个问题就可用单标准分析方法解决。

程序所用的单标准分析方法是序列图法。这是一种简单而有实效的求解方法。分析过程是确定变量间所有可能的联系，画出网络图和计算最优路线。详细内容可见本部分6：工业厂房多功能综合经济分析最优设计程序中（2）最优选择方法。

（2）多标准分析

由于在厂址选择中，如果只用折合成的总造价最小作为衡量一个地点是否合适的标准是不够的，一般还要考虑其它方面的因素，如社会政治、污染、劳动力和投产后原料来源等

等，这些因素往往更为重要。这就要求进行多标准分析。
 本程序中采用ELEOTRE法进行多标准分析，其计算步骤简述如下：
 ①列出判别标准——地点变量关系表。表的一般格式为：

判别标准—地点变量关系表							表 3—1
标准名称 标准比重 地点名称 Pi	1	2	3		n-2	n-1	n
	造 价 (百元)	运 输 费 (百元)	燃 料 费 (百元)		施工期限 (年)	投 产 后 支 出 费 (百元)	社会政 治因素
	50	50	50		40	60	60
1							
2							
⋮							
⋮							
m							

表3—1中，标准名称表示标准名、代号及其单位。标准比重表示各种标准在多标准系统中的重要程度，采用比分表示。地点名称表示地点名和代号。其它则填写某一地点在某种标准下的值，用矩阵形式表示则称变量标准矩阵。

标准一般可分为两类：一类与价值有关，用实际价值数表示，如造价、运输费、燃料费等；另一类是估计优劣程度的值，用比分表示，如安全性、社会政治因素等。

②变量标准矩阵转化为比较标准矩阵

用变量标准矩阵直接进行比较是不方便的，只有通过一定的统一折算后，才易于用数学方法进行比较。

折算一般是逐列进行的，即对每一标准而言。在变量标准矩阵中的每一列，先找出最差的值，并规定为1；然后找出最好值规定为100；其它值用线性插值方法求得，从而形成统一的比较标准矩阵。在实际计算中应注意，消耗值和估计值是不同的，它们转换的方式也不同。其不同处参考图 3—2。

以比较标准矩阵和标准比重为基础，即可进行多标准分析。

③地点变量之间的关系

- 用 S_i 和 S_j 表示地点变量的第 i 点和第 j 点，它们之间的关系有下列几种：
- 若 $S_i \leftarrow S_j$ 表示 S_i 完全优于 S_j
- 若 $S_i \Rightarrow S_j$ 表示 S_i 完全劣于 S_j
- 若 $S_i \Leftarrow \Rightarrow S_j$ 表示 S_i 等价于 S_j
- 若 $S_i :: S_j$ 表示 S_i 和 S_j 之间关系不能确定

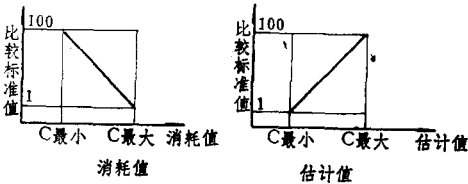


图 3—2 消耗值和估计值转换成比较标准矩阵

这里 S_i 完全优于 S_j 的意思是对于任何一个标准, i 点都比 j 点为优。在通常情况下, 确定前三种关系的条件是不足的, 为了能对第四种不定关系进行分析, 需要引进比较系数的概念。

④ S_i 对于 S_j 的比较系数

比较系数有两个: 优系数和劣系数。优系数 c_{ij} 表示 S_i 比 S_j 优的程度; 劣系数 d_{ij} 表示 S_i 比 S_j 劣的程度。

只有两者共同考虑, 才能确定某种关系的性质。当 $c_{ij} = 1$, $d_{ij} = 0$ 时, 才能定为 i 点完全优于 j 点, 即为 $S_i \leftarrow S_j$ 。

比较系数的计算公式参见图 3—3

图 3—3 中, 横坐标轴表示标准比重, 按比较标准次序及其比重的比例依次分段取作横坐标的值。纵坐标轴表示 S_i 的比较标准值减去 S_j 的比较标准值, 按比较标准次序画出相应比较标准差值的折线。这样

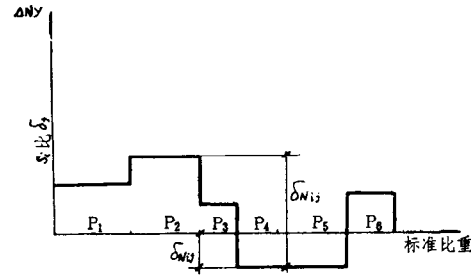


图 3—3 比较系数的计算

$$c_{ij} = \frac{\sum_{N_{ik} \geq N_{jk}} P_k}{\sum P_k}$$

$$d_{ij} = \frac{\delta^- N_{ij}}{\delta N_{ij}}$$

注: 图中 δ_1 应为 S , δN_{ij} 应为 $\overline{\delta N_{ij}}$ 。

其中 N_{ik} 和 N_{jk} 分别表示第 i 点和第 j 点的第 k 个比较标准的值, P_k 是第 k 个标准的比重。应注意 $C_{ij} + C_{ji} \geq 1$ 。

⑤ 在不能确定的关系中, 通过给定的两个值 p_c 和 p_d , 可定出某种关系

$$\text{若 } c_{ij} \geq p_c$$

$$d^{ij} \leq p_d$$

则称在 (p_c, p_d) 条件下, S_i 优于 S_j ;

在某个 (p_c, p_d) 条件下, 对所有的地点变量进行分析, 可得出关系箭头图, 从而确定若干个较可取的点。

例如, 对图 3—4 的七个点, 通过在某个 (p_c, p_d) 条件下进行分析, 可画出图上表示的箭头图, 从而确定较可取的点是 S_4 , S_5 和 S_7 。

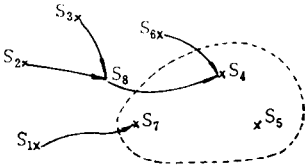


图 3—4 关系箭头图

⑥ p_c 由 1 到 0.5, 相应的 p_d 由 0 到 0.5, 逐级进行分析 (应使 $p_c + p_d = 1$), 可以得到满足要求的最优点, 从而完成整个多标准分析。

多标准分析程序的输入输出内容:

输入 (初始数据):

- 地点数—— n 个
- 标准个数—— m 个
- 标准比重—— m 个
- 变量标准矩阵—— $n \times m$ 个

输出 (结果):

- 比较标准矩阵—— $n \times m$ 个

优系数—— $n \times n$ 个

劣系数—— $n \times n$ 个

在 $c_{ij}=1, d_{ij}=0$ 条件下, (关系箭头图)

起点 $\times \times \quad \times \times \quad \times \times \quad \dots\dots\dots$

终点 $\times \times \quad \times \times \quad \times \times \quad \dots\dots\dots$

淘汰点 $\times \times \quad \times \times \quad \times \times \quad \dots\dots\dots$

在 $C_{ij}=0.95, d_{ij}=0.05$ 条件下,

起点 $\times \times \quad \times \times \quad \times \times \quad \dots\dots\dots$

终点 $\times \times \quad \times \times \quad \times \times \quad \dots\dots\dots$

淘汰点 $\times \times \quad \times \times \quad \times \times \quad \dots\dots\dots$

$\vdots$

直至确定最优点

2. 交通运输程序 (SAPOC)

本程序的目的是帮助人们进行交通道路的规划, 即如何制定满足交通运输需要的城市街道网和确定每条街道的宽度。

研究工作分为两个阶段。首先为总体研究阶段, 即根据国家的现有可能条件制定交通系统的总则或限制条件, 一般五年一次; 第二阶段为详细研究, 即在总体研究制定的总则下, 对现行流通情况和现有交通运输网设计能力之间进行平衡。若某处车辆流量折算后大于街道宽度, 则属不正常状态, 即应采取调整措施。同时也开展长远规划的研究。

在整个分析中, 现有情况的调查是极为重要的。进行长远规划时需要建立比较复杂的数学模型。

交通运输的SAPOC程序包括现有情况的分析, 将来计划和问题的最优解决。目前尚未全部完成。

现有情况的分析主要是通过调查得到的第一手数据, 用计算机进行统计处理后, 可以得到 (通过宽行打印机和自动绘图机) 检查现有交通网流通情况的重要数据。

现有情况的调查采用多种方法进行。例如, 在城市的某些点设观察站, 调查各种车辆的经过情况; 对特定车辆填写一天运行路线时间和载旅客的详细情况表。经过程序综合分析处理后, 可由自动绘图机绘出城市街道交通流通图。在图上可以看出各条街道的繁忙程度, 并且用红色线表示出危险道路。同时在宽行打印机中印出详细数据, 供道路扩建或调整交通路线之用。

3. 结构分析程序

这方面的程序较多, 仅介绍其中的三个。

(1) 杆系结构截面设计程序 (SAS)

本程序的主要功能可对杆系结构的梁、柱进行三个截面的配筋计算。其中每个截面可打印出杆号, 钢筋量, 钢筋型号, 混凝土面积, 截面的高、宽, T型截面的翼长、厚, 上筋面积, 下筋面积, 钢筋面积/截面面积 (配筋率) 等。同时也能计算支座反力, 并进行平衡校核。

程序具有输入信息检查功能, 可打印出四种错误标志。

荷载分组, 也可人为组合。改变输入信息可计算一般变截面杆件。

配合绘图程序, 可自动绘出结构计算简图 (编有杆号、节点号、支座形状和 外力), 以及内力图。

程序最近已扩充到弹塑性分析。
 地震力分析是以每层作为质点的，考虑三个振型。
 结构分析方法采用刚度矩阵法。

(2) 杆系和连续体结构的静力和动力分析程序 (SIAS)

本程序功能较大，有不少类型单元，可解决桁架、悬索、框架、平面问题、平板弯曲、圆柱壳以及某些混合结构。分析是用刚度位移法和有限元法进行的，可确定位移、应力和温度变化。混合结构采用子结构法求解。地震力一般考虑三个振型。有限元中使用的单元类型都为普通的三角型或矩型元。框架带剪力墙结构的分析中，采用了三次位移函数的矩形元，使二维元和杆元能较好地协调。

(3) 钢筋混凝土结构设计程序 (ASTRU)

本程序的目的是对杆系结构进行静力的弹塑性分析，它的主要特点是输入信息采用了 SEDDES 语言。这是一种罗工业建筑部计算中心自行设计的土建术语和代码结合的叙述语言，亦可称初级专门语言。

SEDDES 语言通过自行的编译程序转化成一般目的数据，供程序调用。工作示意图 3—5。

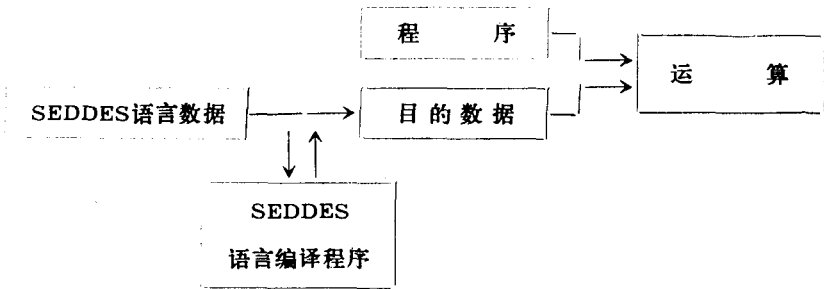


图3—5 SEDDES语言工作示意图

SEDDES 语言的语句有：
 方向，点，几何特征，基本荷载，荷载组合，平面二维元，杆元，模型，结构组合，一般参数以及结束等。用这些语句可以描述结构计算的初始信息。

结构的描述采用树状组合法，即把一个结构看成许多不同（或相同）类型的基本子结构（模型）的集合。图 3—6 表示某个结构的树状组成。

经过这样处理后，这个结构可以看成为子结构 M120、M103 和 M120 的组合。其中 M103 是个基本模型；M120 是由子结构

M110、M101 和 M110 组成的组合模型。这里 M101 是个基本模型，而 M110 是由基本模型

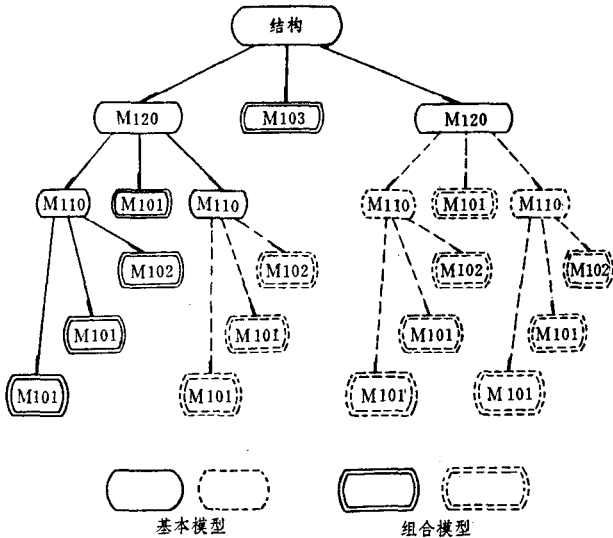


图 3—6 结构树状组成

M101, M101 和 M102组成的组合模型。这样对结构解剖后,结构的描述可以简单化了。只要描述清楚基本模型M101, M102 和 M103, 则组合模型以及整个结构仅只考虑这些基本模型次序上的联系就可描述清楚了, 这样整个结构计算简图就可用很少的初始信息来表示, 从而减少了输入的初始数据。

例如, 某剪力墙的分析, 程序只能把剪力墙简化成一个带无限刚度的框架来计算, 并考虑了轴向力和剪力对剪力墙的影响。这里, 初始数据的描述是以一个基本模型 M101 为基础集合而成的。此基本模型具有四个接触截面的杆系子结构。处理形式详见图 3—7。初始数据采用SEDDDES语言填写, 格式见表 3—2 (填写在FORTRAN源程序纸上)。

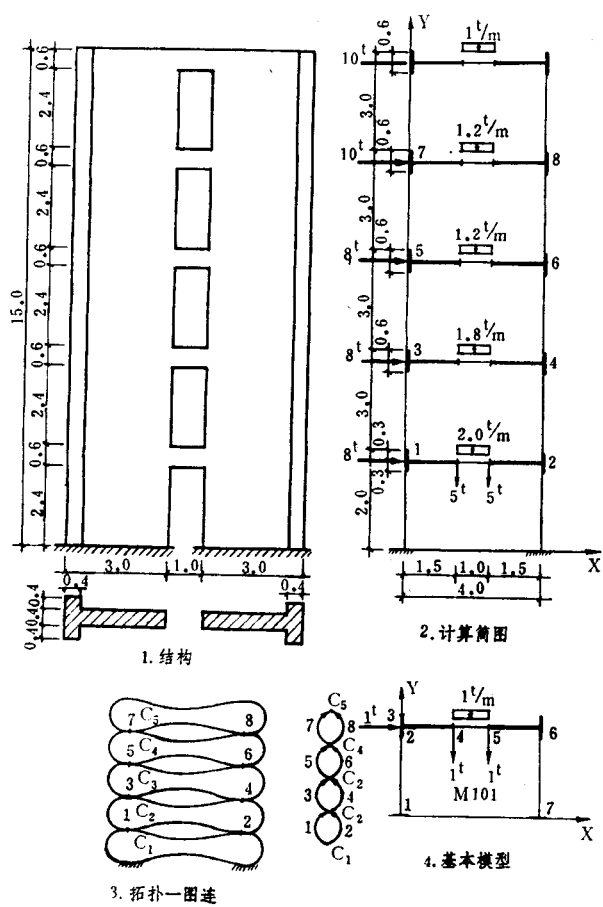


图 3—7

最近, 罗已开始研究高级的专业语言, 如同美国的ICES系统所采用的 ICETRAN 语言, 并着手编制可用专业语言描述的结构分析和设计的综合程序系统。据介绍, 计划在1980年前后综合程序系统中的子系统将陆续投入使用。

专业语言具有灵活性大、使用方便的特点, 易于被技术人员所接受。国际上, 许多国家都非常重视这项工作的研究。我们认为, 研究并建立我国的土建设计专业语言以及与之相适应的建筑设计综合程序系统是很有必要的, 这可在全国范围内加速土建系统的工人和技术人