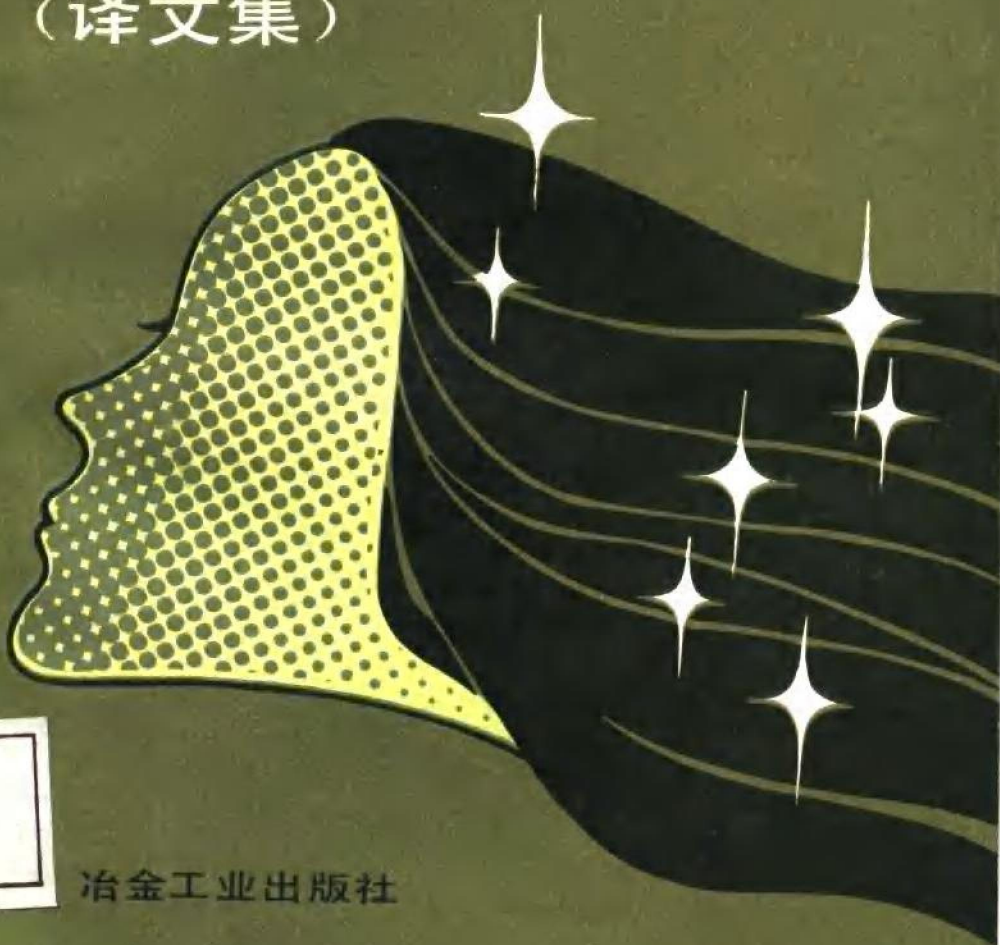


# 电子计算机及运筹学 在矿业中的应用

(译文集)



冶金工业出版社

## 内 容 提 要

本书选译自 11 届至 17 届 APCOM 国际会议宣读的论文, 论文共 26 篇, 其主要内容包括: 综述与教育; 电子计算机及运筹学在露天开采、地下开采和在矿业的其他方面的应用。

本书可供采矿科技人员、大专院校师生以及地质、机修、运筹学和电子计算机应用等领域的有关人员参考。

## 电子计算机及运筹学在矿业中的应用 (译 文 集)

张永高 熊国华 等译校

\*

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

\*

850×1168 1/32 印张 9 1/4 字数 244 千字

1988 年 2 月第一版 1988 年 2 月第一次印刷

印数 00,001~1,900 册

ISBN7-5024-0319-1

---

TD·56 定价 2.70 元

## 前 言

第一届“计算机及运筹学在矿业中的应用”会议是1961年在美国亚利桑那大学召开的，而后发展成国际性学术会议。会议以“APCOM”命名是在1972年第10届会议上完成的。至1981年，该会议已召开了17届，共宣读了近千篇论文，其内容涉及矿山设计、计划、生产、管理、组织和控制等各个方面。为了适应我国实现四个现代化发展形势的需要，大力发展和应用矿山系统工程，由西安冶金建筑学院和北京钢铁学院翻译了这本文集。参加译校工作的有张永高、熊国华、云庆夏、桂中岳、任天贵、王辉光、丁延稜、王静英和李国乔等同志。全书由张永高和熊国华审校。

本文集选择了由第11届至17届APCOM会议的26篇论文(参考文献从略，个别篇有删节)，这些文章对从事矿山设计、生产、科研和教学工作的同志均有一定参考价值。

由于我们的水平有限，书中不妥和错误之处在所难免。诚恳希望读者提出宝贵意见和批评。

编 者

1983年12月

# 目 录

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 一、综述与教育                           | 1   |
| 1. 人在APCOM发展中的作用                  | 1   |
| 2. 电子计算机在培养矿冶专业大学毕业生中的作用          | 10  |
| 3. 科学技术进步与矿业高等教育                  | 19  |
| 4. 矿山系统工程教学工作的发展                  | 24  |
| 二、露天开采                            | 31  |
| 5. 露天矿三维设计中模拟矿床的新方法               | 31  |
| 6. 露天矿设计的新方法——露天矿最终境界的参数化         | 46  |
| 7. 露天矿设计中Lerchs-Grossman算法的新程序    | 57  |
| 8. 露天矿的最优境界——动态规划的一种应用            | 74  |
| 9. 露天矿采掘计划编制的最优化                  | 90  |
| 10. 露天铁矿短期生产计划编制的最优化              | 104 |
| 11. 露天矿生产的电子计算机控制                 | 114 |
| 三、地下开采                            | 125 |
| 12. 瑞典LKAB公司应用电子计算机和运筹学的几个实例      | 125 |
| 13. 在矿山企业管理中用电子计算机运筹评价有用矿物的质量和储量  | 135 |
| 14. 有色多金属矿石采选联合企业确定最优生产能力的经济-数学模型 | 143 |
| 15. 非线性规划在采矿计划中的实际应用              | 151 |
| 16. 一个通用的生产计划电算系统                 | 164 |
| 17. 分段空场采矿法中矿石破碎和生产费用的随机模拟        | 193 |
| 18. 爆破漏斗的岩石块度计算                   | 202 |
| 19. 用电子计算机描述爆破                    | 215 |
| 20. TRANSIM II——一个新的通用地下运输模拟模     |     |

|                                            |            |
|--------------------------------------------|------------|
| 型 .....                                    | 226        |
| 21. 控制矿井通风网路的数学模型 .....                    | 233        |
| 22. 地下金属矿山设计工艺参数综合最优化的可能性 .....            | 244        |
| <b>四、其它方面 .....</b>                        | <b>250</b> |
| 23. 加拿大铁矿公司预防维修进度计划的计算机编制系<br>统 .....      | 250        |
| 24. 采矿设备的检修安排策略 .....                      | 259        |
| 25. 应用费用效果分析方法评价金属矿床开采科研和设<br>计工作的价值 ..... | 266        |
| 26. 电子计算机图形显示在采矿设计中的应用 .....               | 275        |

# 一、综述与教育

## 1. 人在APCOM发展中的作用

Danie G. Krige●

桂中岳 译      云庆夏 校

能在第十五次APCOM年会上致开幕词，这确是一种特殊的荣誉和光荣。自1961年在亚利桑那大学第一次召开了“计算机及其在矿业中的应用”会议以来，尽管它走过的路程很短，但这些年来它已在我个人的经历中居于重要地位。我相信，它在其他数千名参加者的许多人的经历中也是同样如此。在已过去的十四次会议上所提出的技术论文和报告明确地记载了计算机应用领域里的持续进步和成就。这里，我不准备分析APCOM的技术方面，而是尽可能地向你们揭示我们迄今所走过的这条广阔的道路以及它今后发展的远景。

这一系列年会的名称曾作过多次更改，以往的各次会议曾采用过诸如“数学与统计技术”、“采矿与勘探”、“技术决策”等名称。直到1972年南非筹备委员会在筹备召开第十次会议时才提出会议以APCOM命名，从此把它固定了下来。这个名称之所以易于被大家接受，是因为它代表了如下的含义：

计算机（或计算机技术）和运筹学在矿业中的应用。英语的全名是：

APplications of  
Computers (or computer techniques) and  
Operations research in the  
Mineral industries

---

●南非约翰内斯堡，盎格鲁德兰士瓦联合投资有限公司财务工程师。

字母C不仅仅位于我们所用名称的正中间，而且它还反映了我们整个学术活动领域的中心。它不但代表着计算机及其技术，即我们所用的硬件和软件工具，而更主要的是代表了人，即有关的各种人员或人的因素。我认为APCOM的活动应体现在以字母C开头的三个基本方面，即人（Characters）、概念（Concepts）和计算机（Computers）。其中人的因素是头等重要的，因为没有它也就没有概念和技术（即软件）的发展，至于计算机本身即使发展到了现阶段，如果没有人也不过是一件无用的电子设备而已。所以，我为本次年会所作开幕词的中心主题就是人在APCOM活动中的作用。

更具体地说，为使计算机技术和运筹学在矿业中得到成功应用，就要求提供合格的人员：

1. 拥有一支具有广泛学科而又协调的人员队伍。这些学科有采矿工程、冶金、选矿、地球物理学、地质学、数学、统计学、矿物估价、投资分析、金属或其他采矿产品的销售，当然，还要有计算机人员。

上述这些学科可分散在很多人身上，或集中在少数几个人身上，在极个别情况下甚至只集中在一个人身上。自然，这样的一个人肯定是非凡的，然而，这些年来在APCOM的范围内我已亲身遇到过许多这样非凡的人物。

2. 对课题的恰当管理和实施，包括命题、规划、组织、推动、通讯和支配等的相互联系。

3. 发展和探索必须的工具：a）软件，即模型和程序；b）硬件。

如果我们成员的工作活动果真是上述的内容，那么，我们就能了解APCOM会议迄今所开展的各种活动的梗概。

第一次APCOM会议是1961年在亚利桑那的图森 Tucson 举行的。筹备委员会由四名教授和一名当地大学的研究人员组成，他们是：

Drevdahl、Dotson、Krumlauf、Wymore 教授和 Dick

Hewlett先生。在此之前，他们已认识到在矿业中的一些方面是可以采用计算机的。今天，应向为筹办第一次会议并作出贡献的先驱者们表示敬意。在那次会议上另一个值得提出的人是Scott Hazen，他同Hewlett先生合作提出了第一篇关于矿物估价方面的应用数学技术和计算机的论文。

在第一次会议上总共宣读了21篇论文。这些论文主要侧重于基础部分，诸如硬件、程序设计原理、管理、组织以及论述使用计算机的合理性等，但也涉及了我们在第十五次会议上的所有主要方面，即勘探、矿物估价、运筹学、过程控制、冶金和矿山规划设计。那次会上的十五名论文作者都是美国人，其中十二名是当地大学的，两名是美国矿业局的，另一名是来自私营工业的。

我们要特别感谢亚利桑那大学，这不仅是因为它首先开创了这一方面的工作，而且它在四所发起大学中开展活动也最为积极。至今，它已承办了四次会议，它所提交的论文数几乎占四所发起大学论文总数的40%。科罗拉多矿业学院也承办了三次会议，宾洲大学承办了两次会议。宾洲大学除第一次会议外，在以后的历次会议上都提交了论文，它所提交的论文数甚至超过了亚利桑那大学，占44%。

亚利桑那大学的深谋远虑在于它没有把APCOM仅限于本校范围，它早就联络其他三所发起大学，即斯坦福大学、科罗拉多矿业学院和宾洲大学，建立了一支论文作者和参加者较协调的队伍。1962年的第二次会议也是在亚利桑那大学举行的，论文作者的人数已倍增至40人，其中半数来自矿业，另一半来自大学和政府的研究院所，除原来的四所发起大学外又新增加了五所大学。并且，这次会议已成为国际性的了，有三名论文作者是来自欧洲（英、法和瑞典），另有三名论文作者是来自非洲（南非和赞比亚）。第四次会议是1964年在科罗拉多矿业学院举行的，论文作者的人数又复倍增，几乎达90人，他们代表了北美、南美、西欧、东欧、亚洲和非洲地区的十一个国家。



分析APCOM至今的发展和成长，我愿将过去的十四次会议分为两个时期。前七次会议（1961年至1968年）是一个时期，在这个时期内的各次会议都是在四所发起大学中召开的<sup>●</sup>。后七次会议（1969年至1976年）是另一个时期，这个时期是以美国采矿冶金石油工程师联合会的采矿工程师协会1969年在盐湖城承办第八次会议为开端，以后历次会议的东道主除美国外，还有加拿大矿冶学会（1970年）、南非矿冶学会（1972年）和克劳斯塔耳技术大学（1975年）。这两个时期有关的统计数参见表1。

从表1的统计中可以明显地看出APCOM的成长状况，它不仅反映了在学术活动上数量的增长，而且还反映了论文课题和作者的分布也日益合理，无论在国籍或成员组成上也都趋于平衡。

迄今几乎有50个国家和1000名论文作者参加了APCOM会议，登记总数可能已超过6000人。研究一下参加的有关国家就可看出，来自南美、东欧、中东、远东和澳洲的参加者的比重在增大。

论文作者的组成已近于理想，每20名论文作者中现在有九名是代表矿区的专业人员，八名是学者（但幸亏他们不是纯理论家），其余三名则代表政府部门和院所。论文课题的广度现在也很平衡，宣读的每五篇论文中就包括有勘探、估价、采矿、选矿和其他等五个方面的课题。无疑，采矿是领先于其他课题的，但依我的意见，选矿值得给予更多的重视。然而，我们知道，选矿更趋于包括在国际自动控制联盟的学术活动中。

上述所有这些成长和平衡协调方面的成就都是通过近些年来正式建立的这个组织来实现的，这个组织本身只有很少一点经费或没有经费。这里，应再次强调指出的是，四所发起大学以及后来参加的其他组织中的少数热心人员起了很大的作用。这个组织的管理在很大程度上仍是以非正规的私人基础进行的，它避免挫

---

●原文是“在这个时期内的各次会议只包括四所发起大学”，疑有错，已改正。——

APCOM—1961~1976年

| 成长情况<br>登记人数           | 1~7次会议      | 8~14次会议     | 迄今总计  |
|------------------------|-------------|-------------|-------|
|                        | 250* $\phi$ | 600* $\phi$ | 6000* |
| 论文数                    | 38 $\phi$   | 68 $\phi$   | 743   |
| 论文作者人数 <i>f</i>        | 48 $\phi$   | 109 $\phi$  | 843   |
| 参加的国家数 <i>f</i>        | 16          | 46          | 49    |
| × 参加的地区数 <i>f</i>      | 6           | 8           | 8     |
| 论文作者队伍的平衡情况：<br>国家和地区： |             |             |       |
| 美国                     | 84%         | 39%         | 54%   |
| 加拿大                    | 6%          | 11%         | 9%    |
| 北美                     | 90%         | 50%         | 63%   |
| 南美                     | 0.5%        | 2%          | 1.5%  |
| 西欧                     | 3%          | 19%         | 14%   |
| 东欧                     | 0.5%        | 7%          | 4.5%  |
| 远东                     | 1%          | 2.5%        | 2%    |
| 澳洲                     | —           | 3.5%        | 2.5%  |
| 非洲                     | 5%          | 16%         | 12.5% |
| 成员组成：<br>大学：           |             |             |       |
| 四所发起大学                 | 61%         | 21%         | 35%   |
| 其他                     | 39%         | 79%         | 65%   |
| 总计                     | 44%         | 39%         | 40%   |
| 研究院所                   | 12%         | 14%         | 13%   |
| 矿业部门                   | 44%         | 47%         | 47%   |

续表 1

| APCOM—1961~1976年 |             |             |       |
|------------------|-------------|-------------|-------|
| 成长情况             | 1~7次会议      | 8~14次会议     | 迄今总计  |
| 登记人数             | 250+ $\phi$ | 600+ $\phi$ | 6000+ |
| 论文作者涉及的课题情况      |             |             |       |
| 勘探               | 27.5%       | 13%         | 19%   |
| 估价               | 13.5%       | 21%         | 18%   |
| 采矿               | 19.5%       | 33%         | 28%   |
| 选矿               | 16%         | 15%         | 15%   |
| 其他=              | 23.5%       | 18%         | 20%   |

注：+ 估计数，1969年登记人数超过2000人，这是由于与美国采矿工程师协会联合召开会议之故。

$\phi$  每次会议的平均数。

f 每一个（人、国家、地区）只计一次。

× 北美、南美、西欧、东欧、非洲、中东、远东和澳洲。

= 硬件，管理及情报系统，销售等。

表 2

| APCOM论文作者（1961~1976年） |        |             |           |
|-----------------------|--------|-------------|-----------|
| 参加会议的次数               | 论文作者人数 | 占论文作者总数的百分数 | 占论文总数的百分数 |
| 1                     | 714    | 85%         | 66%       |
| 2                     | 88     | 10.5%       | 17%       |
| 3                     | 22     | 2.5%        | 7%        |
| 4                     | 6      | 0.5%        | 2%        |
| 5                     | 1      | 1.5%        | 8%        |
| 6                     | 7      |             |           |
| 7                     | 3      |             |           |
| 8                     | 2      |             |           |
|                       | 843    | 100%        | 100%      |

伤其他的许多国际组织，我们应尽力在此基础上继续下去。

在我们对APCOM迄今所走过的道路作了广泛回顾后，再回到这篇演说的主题——“人在APCOM发展中的作用”上来。让我们分析前十四次会议论文作者的情况（见表2）。

由表2可看出，论文作者与论文数的百分数是很不匀称的，即使对于一个已习惯于金矿有用价值频率分布不均衡的人来说，也会有此感觉。有趣的是，有十三名论文作者（占论文作者总数的1.5%）参加过五次以上的会议，事实上他们提交的论文数占APCOM迄今论文总数的8%左右，而且，以后他们也是一支不可缺少的力量。这十三名论文作者是：

Agterberg、David、Elbrond、Griffiths、Harbaugh、Harris、Hijbrechts、Koch、Krige、Link、Manula、Weiss、和Wilke。

这十三个人中有几个再次出席了今天在这里举行的会议，并将以某种方式参加第十五次会议的活动。他们中的大多数人都为APCOM作出了重大贡献。他们与另一些富有经验的人员一起担任过会议主席、年会委员会成员、年会出版刊物的编辑以及APCOM理事会成员等。这里的另一些富有经验的人员是：

Dotson、Drevdahl、Krumlauf、Hewlett、Lacy、Frush、Sumner、O'Neill、Lane、Ramani和Johnson等。

但是，谈及上述这些人的名字并不是贬低所有其他人的作用，这些人即使他们可能只参加了一次会议，但他们也为APCOM的成功作出了贡献。

在这一方面人们无法推测大量论文作者的情况，每七个论文作者中有六个在他们初次显露时就已作出了显著的贡献，而自此之后他们就不露面了。但是，我相信，他们中的许多人都仍在继续从事他们的研究和（或）实际应用方面的工作，并对APCOM会议作出了更有价值的贡献。

现在应当回答的问题，就是通过这这些年会APCOM已在下列几方面取得成功：

1. 拥有相当数量的国家、论文作者和参加者；

2. 对矿业起主宰作用的人员遍及全世界；

3. 提供出版一套参考书籍；

4. 通过人的彼此接触，形成一个世界范围的联络网，并致力于相互合作以及担负起近期我们这个学术活动领域的任务。

有关计算机在工业中应用成就方面的问题已在过去APCOM各次年会的小组讨论会上讨论过，但常得不到鼓舞人心的答案。就我个人来看，用上面的标准来衡量，APCOM已经取得了很大成功，尤其是它还提供了一个论坛来讨论在实际上没有使用计算机、计算机技术以及不挖掘人们潜力而造成失败的原因。在这方面APCOM正在协助培养能成功地选择、组织、操纵、通讯和使用的代表人选。除小组讨论的内容外，还涉及到我们工作中能出高质量论文的人选事宜。

回顾了APCOM迄今的发展后，请允许我重点谈谈这次年会的主题，即人的因素的重要性。对今后来说，无论对APCOM的发展，还是计算机技术和运筹学在矿业中的应用，人的因素都是很重要的。

首先就是要有一支各方面都很协调的队伍。APCOM的队伍就其国际组成、论文作者组成、课题和新、老人员的配备来看距理想状况并不远，但能够也应当从以下几方面加以改进：

1. 发展东欧、南美、远东和澳大利亚的参加者（本届年会给予澳大利亚极大的帮助）；

2. 在选矿和冶金上的应用应给予更多的注意；

3. 论文作者应得到鼓励，在他们第一次出现后要鼓励他们继续参加下去，并在适当的场合讨论和发表他们的经验及对我们工作、人事方面的各种想法。

对于专职人员，我要强调的是需要选择一支精悍而协调的队伍，无论这支队伍是大还是小，都要保证在这支队伍里除拥有技术熟练和有经验的人员外，还包括有管理、规划、组织、通讯和

工作推动方面的人员。无论在APCOM，还是在我自己的工作中，我的经验就是要正确地挑选人才，通过适宜的通讯、组织和管理去推动和使用这些人，并运用适宜的工具，他们就能取得杰出的成果。APCOM会刊记载了这样的成就，这些口头的和公开发表的通讯以及建立同有成就的人员间的联系就是APCOM的全部活动内容。

祝愿第十五次会议在各方面都符合上述标准并有新的发展。从我已见到的情况来看，我相信这一定会实现。

译自 15th APCOM

## 2. 电子计算机在培养矿冶专业大学毕业生中的作用

A.M.Henderson<sup>①</sup>

桂中岳 译 张永高 校

### 摘 要

矿冶专业的新型大学毕业生在他们学习期间就应当学习计算机的使用,了解多种计算设备的能力和费用,并且,为了适应矿业发展的需要,还应当努力鼓励他们去应用计算机。这一观点现在已被提出来了。

我们提出了一个计算机课程计划。按此计划,计算机应用和有关计算机的知识分别安排在矿冶专业大学课程的各个阶段。在这一方面,计算机课程的任务就是:帮助学生执行一些花费时间的工作;示范计算机的工业应用;扩大指导和深化课堂教学以及学生能够胜任的课题作业和科研设计工作,为他们在毕业后的工作期间继续使用计算机奠定一个重要的初步基础。

### 概 述

计算机在工业上的应用不断扩展到管理、项目评价、计划编制、财务计划、工程设计、研究和研制、过程控制以及人员的培训等方面。微信息处理机的最新发展,特别是在控制应用方面,已明显地降低了计算容量的成本。并且,它还为计算机的应用开拓了一个新的领域,使工业生产更加经济合理。

在日常工作中,愈来愈多的人员在多方面使用计算机,其中也包括采矿工程师和冶金学家在内。

那么,大学生的计算机课程教学的目标是什么?在学生的课

---

<sup>①</sup>皇家墨尔本技术学院冶金学高级讲师。

程里应当用多少时间操作计算机？应当采用什么形式的计算机以及采用什么型号的设备？

这些问题对于那些担负着制定和执行大学课程计划的人来说都是非常重要的。本文就是介绍皇家墨尔本技术学院矿冶系提出的观点和目前正在编制的课程计划，其范围自然仅限于采矿和冶金专业。本文并不准备回答与此有关的所有问题，而只是提出一个尚处于发展的早期阶段的课程计划，并为进行有益的讨论和交换意见提供一个基础。

## 开设计算机课程的目的

开设计算机课程的目的不是培养计算方面的专家。学生的大部分时间和主要精力应当用在采矿和冶金专业技术知识的学习方面。然而，这些专业技术知识要用到计算机，因此，这门课程的重点应放在计算机的应用上。新型的大学毕业生应具有使用计算机的足够知识，了解在没有或有计算专业人员特别协助时各能在什么范围内取得成功。基于这一观点，开设计算机课程的目的几乎就已很清楚了，它可表述如下：

1. 使学生熟悉计算设备大体类别及其性能、适用条件、用途和价格。
2. 培养学生对计算机的持续兴趣，以使这些毕业生——采矿工程师或冶金学家能在矿业中有效应用计算机方面作出显著贡献。
3. 为与计算专业的专家们有效结合打下基础。

## 计算机课程的专门任务

### 为学生准备的课程需要的内容

上面所述的目的意味着新型大学毕业生应具有一些用高级语言编制计算机程序的知识。采矿工程师或冶金学家如果能阅读和分析源程序，就可以更有效地应用计算机。一个专业人员通常能写出和执行不包含特殊数学技术的程序，此时，他所用的时间要比



他向一个不懂专业的专职程序设计人员解释清楚所需的时间还要少，而且，如果稍有一点差错，就会浪费程序设计人员的许多技巧和时间。

当需要计算专业的专门人员协助时，程序设计的基础知识就有助于专业人员鉴别计算机在什么范围和限度内能取得有效成果。在专业人员已经懂得专门程序设计人员工作所需的参数和约束条件的情况下，他就能迅速而准确地向专门的程序设计人员更有效地阐明他的切实需要，而程序设计员几乎可不需一点专业知识，并且，他设计出来的程序就可以使用。

### **程序设计语言的选择**

选择的程序设计语言是Fortran IV，其原因如下：

使用广泛。Fortran语言广泛用于工业研究和研制，并且，工业管理团体所拥有的大部分计算机都是Fortran语言的编译程序。

**模拟语言的基础** 模拟数字的混合计算机所用的许多专门模拟语言都是以Fortran语言为基础的，如Hytran, APSE和CSMP等。

**学会较简单语言的基础** 虽然在使用较简单语言(如Basic或Focal)的小型计算机上能处理许多应用课题，但是对于已掌握Fortran语言的某个人来说，这些语言都能很快地学会和应用，而无任何困难，反之，则会困难得多，费时也长。

### **学生程序设计的内容**

计算机程序的编写不能使学生负担过重，并要避免使他们的兴趣很快下降。给学生的程序设计的重要习题作业应当仔细推敲，并且，应当尽可能地结合其他所学课程里的习题作业进行，这样就可能省出时间，以补偿他们用于准备程序而耗去的时间。

如果可能的话，设计的程序应尽量短一些，这样，既没有占用学生过多的时间，又达到了程序设计的目的。用于计算物料平衡，如选矿回收率的计算和冶炼炉的物料平衡变化等程序设计都提供有多个变量，嵌套do循环和格式输出的练习。在学生完成他的课程时，便可以安排这些程序，作为更深入一步的练习。