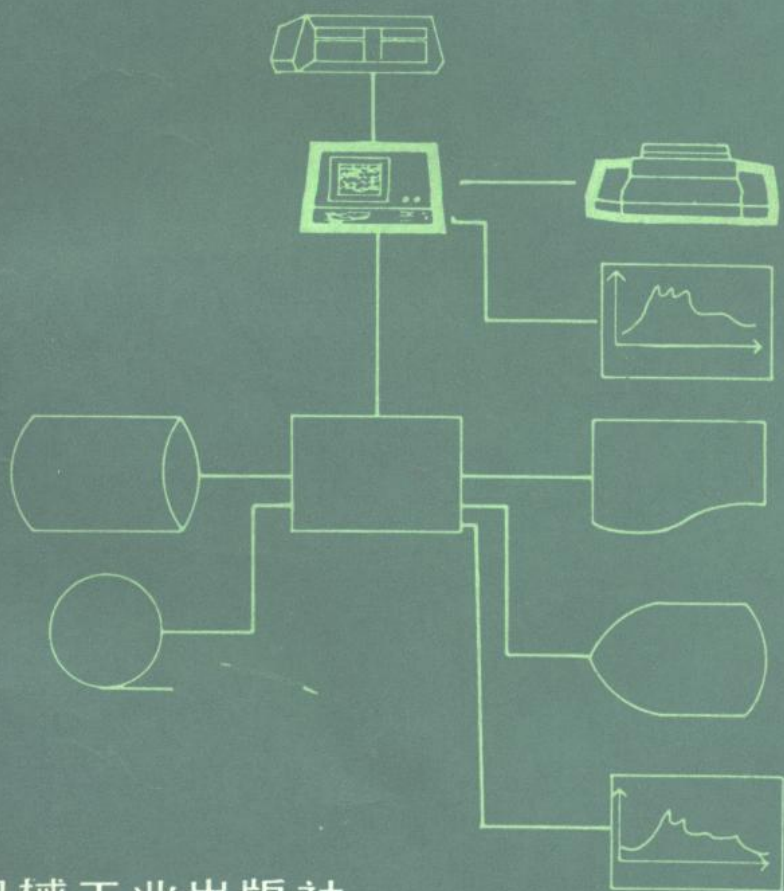


# 计算机在材料 工艺中的应用

[瑞典] T·埃里克森 编



机械工业出版社

TB3

K/1

711:99:7B2  
ALK/1

# 计算机在材料工艺中的应用

[瑞典] T·埃里克森 编

许昌淦 译

陈国良 朱沅浦 校



机械工业出版社

JS57A9

本书译自1981年英文版“Computers in Materials Technology”一书。该书由1980年6月在瑞典召开的《计算机在材料工艺学中的应用》国际会议上发表的21篇论文组成，内容涉及材料的数据库、钢的热处理和淬透性控制、材料成分的设计、定量金相学、相图计算及材料的力学性能等。本书反映当前国际上材料工艺领域中计算机技术应用的情况和水平。这些材料科学工作者和计算机应用工作者所关心的资料，是科研、设计和试验人员以及大专院校的教师、研究生和高年级学生所需要的。

Computers  
in  
Materials Technology  
Proceedings of the International  
Conference held at the Institute of  
Technology, Linköping University,  
Sweden, June 4-5, 1980  
《Pergamon Press》1981

\* \* \*

### 计算机在材料工艺中的应用

1980年6月4~5日瑞典 Linköping 大学工艺学院召开的  
国际会议论文集

瑞典 Linköping 大学工艺学院

T·埃里克森 编

许昌淦 译

陈国良 朱沅浦 校

\*

责任编辑：程淑华 版式设计：胡金英  
封面设计：郭景云 责任校对：李广孚

\*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄邮局一号楼）

（北京市书刊出版业营业登记证出字第117号）

河北省永清县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

\*

开本 850×1168<sup>1/32</sup>·印张 6<sup>3/8</sup>·字数 165千字  
1988年10月北京第一版·1988年10月北京第一次印刷  
印数 0,001—2,150·定价：2.00元

\*

ISBN 7-111-00571-6/TP·35

## 译者的话

本论文集是根据1981年首次出版的瑞典 Linköping (林克平)大学 T. Ericsson 汇编的“计算机在材料工艺学中的应用”英文版译成的。原著汇集了1980年6月4~5日在瑞典召开的国际会议上所发表的21篇论文。这次会议全面地反映了国际上材料工程中应用计算机的概况，对加速这一领域内技术的发展具有指导作用。为了适应当前应用电子计算机技术飞速发展的形势，加速传递信息，该论文集是直接用作者提供的打印英文稿编辑、出版的，使得会议结束后的一年内即公开发行。由此可见，世界各国要求在材料科学与工程中应用计算机技术的迫切性和对这次会议的重视。

我国近年来，不少同志对计算机技术应用于材料科学与工程方面也做了许多工作，只是尚未见到系统的报导。译者几年前就希望介绍这方面的情况，做到“洋为中用”。因为种种原因和条件的限制，现在才能使此论文集的译文与读者见面。由于本人水平所限，难免出现缺点和错误，希望读者不吝指正。

译者

1987年2月1日

## 前 言

计算机在许多科学领域内已经成为必备的工具；现在，机械制造业已为 CAD 和 CAM 所占领。材料工艺也缓慢地应用了计算机方法。因此，感到介绍现代计算机在材料工艺中的应用是有益的，对今后进一步工作可能起推动作用。这次题为“计算机在材料工艺中的应用”的国际会议是1980年6月4日至5日，由瑞典的 Linköping 大学工艺学院组织的。所广泛选择的应用范围包括：

- 包括金属和聚合物计算机数据库在内的材料选择；
- 钢的热处理和淬透性的控制；
- 相图计算；
- 合金设计和复合材料设计；
- 定量金相学。

一些论文不完全符合所列的议题，这正好说明列举的议题可以更加广泛。例如，我认为实验室内计算机可以应用于控制实验设备和数据处理。但在控制方面，发展的下一步将可能控制工艺过程，例如钢的轧制和热处理。某些讲演涉及固体力学方法。当然，人们会有争议，认为应包括断裂力学计算和有限元方法。目前，限制论文选择的明显理由是会议的规模。另一个理由是用计算机方法，已是很好解决了固体力学有关的问题。我们希望展示扩大计算机方法应用领域的可能性。

会议最后提出一个问题，即计算机是否改变了议题涉及到的工作的性质。回答是，在材料选择、钢的热处理、合金设计和定量金相学方面正在开始改变，而在复合材料设计和相图计算方面，计算机已经成为必不可少的工具。

会议实际组织者是我们短期课程管理班及其领导人 Leif Bolin。深深地感谢他极其宝贵的帮助。感谢他的秘书 Ingrid Nyman。同时感谢瑞典技术发展部对会议慷慨的资助。

# 目 录

会议 I 包括金属和聚合物计算机数据库的材料选择.....	7
特邀讲演	
J. A. Graham: 材料性能数据的储存、检索和使用的计算机化.....	7
T. Svinning: 中、小规模企业用的数据库 .....	11
L. Olsson, U. Bengtson和H. Fischmeister: 依靠计算机辅助 选择材料.....	16
讨论.....	26
会议 II 钢的热处理和淬透性控制.....	28
特邀讲演	
J. S. Kirkaldy: 合金钢制造和热处理的计算机控制 .....	28
B. Hildenwall和T. Ericsson: 热处理工作者何时、为何和如何使 用计算机模拟钢的淬火.....	39
S. Sjöström: 应用于淬火的计算机基本模型 .....	45
A. Kulmburg: 为计算钢的相变行为作贡献 .....	51
J. Slycke, T. Ericsson和P. Sjöblom: 渗碳和碳氮共渗样品上 碳和氮分布曲线的计算.....	59
讨论.....	67
会议 III 合金设计和复合材料设计.....	71
特邀讲演	
F. B. Pickering: 钢设计中的定量显微组织工程 .....	71
T. Johannesson: 在近代纤维复合材料的应用中对计算机计算的 要求.....	85
讨论.....	91
会议 IV 定量金相学.....	93
特邀讲演	
H. Fischmeister: 定量金相学中的数字式图象分析 .....	93
B. E. Boardman: 使用累加器的图象分析 .....	116

S. Johansson; 夹杂物大小的分布——定量金相学中图象分析的 关键参数 .....	123
B. Karlsson, H. Drar和H. Fischmeister; 测定体积百分数的计 算机辅助模型 .....	131
S. Ekelund和S. Hertzman; 关于金相学的计算机辅助使用法.....	140
R. Warren和M. C. Durand; 用计算机合成显微组织的体视学关 系的求解法 .....	146
A. Kulmburg; 焊接金属显微组织的定量金相学 .....	155
讨论 .....	160
会议 V 计算相图 .....	164
特邀讲演	
M. Hillert; 计算相平衡的计算机使用法 .....	164
J. Weiss, P. Dörner, H. Krieg, H. L. Lukas和G. Petzow; 在Si-Al-C-B-Zr-O-N-Ar系统中热力学平衡的计算 .....	174
讨论 .....	180
会议 VI 一般性会议 .....	182
B. Ivarsson和R. Sandström; 确定设计应力值的高温强度数据估 算法 .....	182
V. -T. Kuokkala; 恒幅疲劳试验的计算机控制系统 .....	188
讨论 .....	194
主题索引 .....	195

# 会议 I 包括金属和聚合物 计算机数据库的材料选择

## 材料性能数据的储存、检索和使用的 计算机化

美国伊利诺州Moline(莫林), Deere(迪尔) 公司技术中心

J. A. Graham

### 摘 要

本文简述了Deere公司的材料性能数据库,其中包括钢、铸铁和塑料的数据。这些性能数据被存入计算机文件中,并可由数字化的材料性能和材料标记来查阅。

工程办公室和试验场所都可以使用程序。可用程序自动地从性能数据预测构件的寿命。在机械制造中很有用的另外一些程序,是用材料性能的信息去选择最佳的切削加工参数。

还简述了美国其他机构发展计算机化的力学性能数据库的工作。

### 关 键 词

性能; 计算机; 数据文件; 检索; 分析; 疲劳; 选择。

### 引 言

我举一个涉及材料工艺中使用计算机的实例。

几年来,农场设备和汽车工业中已经发展了一些先进的程序,用以预测疲劳的萌生和裂纹的扩展,以便在设计时能避免之。由于进行了预测,我们发现,当为了满足寿命和可靠性的要求而改进机器时,可以大量地节省我们的时间和精力。



为了能够预测疲劳时裂纹的萌生和扩展，必须知道所考虑部件上作用的周期载荷的循环数和最大幅值，以及与产品使用有关的腐蚀气氛和温度。此外，为了确定屈服、疲劳或断裂是否发生，必须了解使用条件下材料的性能。预测使用寿命的成功率与测定材料和服役加载荷两种状态的能力成正比。

过去 25 年内，Deere 公司致力于定量分析产品的使用寿命、载荷、循环数和环境。使用了容量为 32 个通道的遥测装置，将信号从试验容器传输到拖车上。数据记录在磁带或磁盘上，并立即由拖车上的计算机加以分析。现场的计算机可以通过电话线路联到实验室的计算机上。我们还须要使用一种无需操作者监视的设备，以记录长期试验的数据。为此，我们找到一种所谓直方图记录仪。这种装置是一个很小的立方形设备，可以装在任一个平面上。这种记录仪已应用于常规的机器，我们常用来测量比实验机器上的载荷更高的载荷；也可以在铁路上运行的机器上使用，以测定作用于正在运行中的产品上的载荷。

### 系统的开发

为了评价使用的数据和采集系统，必须了解其输出，以及该系统是如何发展起来的。在计划阶段要确定如何使用这些结果。需要若干方法以预测疲劳失效、裂纹萌生、裂纹扩展和发展到最后断裂时的临界裂纹长度。我们也需要在实验室试验中，对产品上的载荷进行测量，以模拟现场加载情况。从我们与土地和庄稼打交道以来，我们发现，对不同土地和不同年分对试验状态的强度是可以进行测量和比较的。

为了完成设计，需要计算机模型中有用的载荷信息，以分析随后的设计。在检查所有这些开发应用效果的各项要求时，发现有一些基本要求。它们对于将要分析的几种类型，许多是共同的。这些要求是：

1. 搜集使用数据；
2. 选择加载过程中的峰值和谷值；

3. 在几点上同时加载;
4. 储存数据;
5. 处理数据;
6. 输出的格式。

在许多情况下，对于全部或某些包括在显示器（CRT）上的图形、表格和统计分析等输出在内的系统，其要求是共同的。利用这种方式显示所有的成分，并通过扩大计算机程序的许多通用功能，可以节省时间和精力。由此，我们发展了一个模块化系统，能用许多部分程序的组成来完成不同类型的任务。

为了预测疲劳寿命和其他失效模式，我们用计算机磁盘储存材料的性能数据。当在现场操作此系统时，仅仅需要使用储存在磁盘上的性能数据来选定每个测试现场的材料；然后，操作员能够让计算机打印出标志其预测疲劳寿命的性能数据。根据这些信息和作用在部件上的载荷，我们可以预测在每个标定的局部区域部件的使用寿命。预测寿命的结果表示在图 1 上。使用测定的一个主要结果示于图 2 的应变直方图上。

另一个十分有用的结果是寿命与应变对载荷比值的函数曲线，见图 3。这对于获得满足设计寿命要求的部件尺寸是有用的。假若我们发现部件的尺寸需要改变，就可以由曲线获得信息，并确定达到部件设计寿命所要求的应变与载荷的比值。另一个有用的结果是预测裂纹扩展即引起失效的最终裂纹长度与工作时间之间的函数关系，如图 4 所示。

我们已经叙述了一个现场数据采集系统的部分结果，现在，来讨论图 5 中的方框图。图 5 画出现场计算机，其中输入的是所用的载荷、环境、操作时可测到的其他测量值和储存在计算机文件中的材料性能数据。根据这些信息，使用现有的程序，我们能得到的结果是方框图右边列出的一览表。这个系统是考虑使用者而设计的，特别是它能很容易地训练整个公司的人员使用现场数据采集系统。在全世界已有九个这样系统的事实，说明了作为一个设计和开发的工具，它们是有用的，并且是可靠的。我认为，

机器: 试验机  
 地址: 伊利诺州, Moline  
 条件: 特别干燥的土壤  
 操作: 在坚硬的土壤上犁地

日期: 1976年6月11日  
 试验时间: 4min3s  
 试验工程师: Eppita  
 运行数: 1

通道	测量仪器	微应变量	材 料	应力集中系数	最大应变	最小应变	寿命(h)
1	GA9	1500	X1045HR	1.7	834	-67	0.306 E + 04
2	GA10	1500	X1045HR	1.7	1277	99	0.122 E + 04
3	GA11	1500	X1045HR	1.7	875	-363	0.848 E + 03
4	GA12	1500	1020HR	1.7	556	-352	0.764 E + 03
6	GA17	1500	A 22HHR	1.7	944	-517	0.346 E + 04
7	GA18	1500	X1045HR	1.7	654	-125	0.178 E + 05
9	GA14	1500	X1045HR	1.0	5531	-4320	0.307 E + 01
10	GA5	1500	1020HR	1.0	1071	-4334	0.861 E + 01
11	GA16	1500	1045QT	2.0	608	-458	0.664 E + 11

图1 寿命预测的结果

机器: 试验机  
 地址: 伊利诺州, Moline  
 条件: 特别干燥的土壤  
 操作: 在坚硬的土壤上犁地  
 通道数: 2

日期: 1976年6月11日  
 试验时间: 4min3s  
 试验工程师: Eppita  
 运行数: 1

最大应变 = 1277微应变 最小应变 = 99微应变

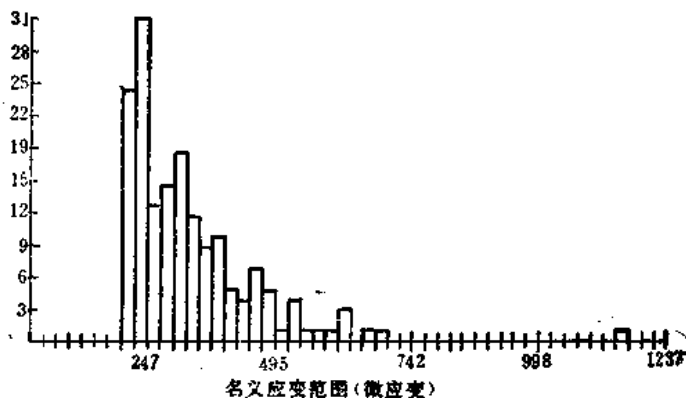


图2 测量使用的结果

机器:	试验机	日期: 1976年6月21日
地址:	伊利诺州, Moline	试验工程师: Epplin
条件:	低湿度	载荷: 在多岩石的土壤上操作
最大载荷:	141N	材料: 4140HR

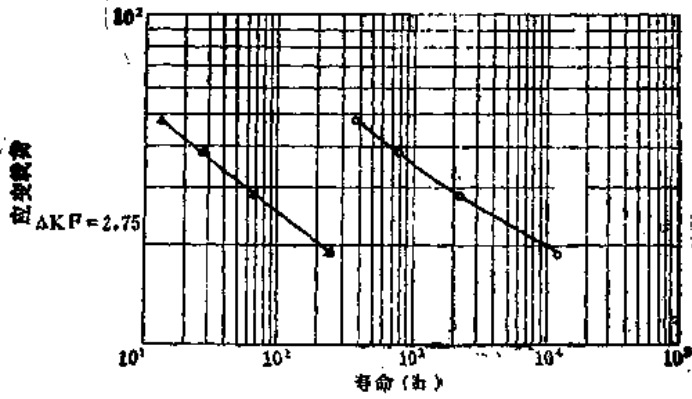


图3 预测寿命曲线 (应变对载荷比)

机器:	SAE TEST DATA	日期: 1977年4月23日
地址:	伊利诺州, Moline	试验时间: 66min0*
试验工程师:	Galliard	运行数: 3
状态:	实验室试验	
操作者:	Chevrolet History	
测量仪器:	GA3	材料: MAN-TEN
几何描述:	SAE35<A/B<73	终止应变: 665

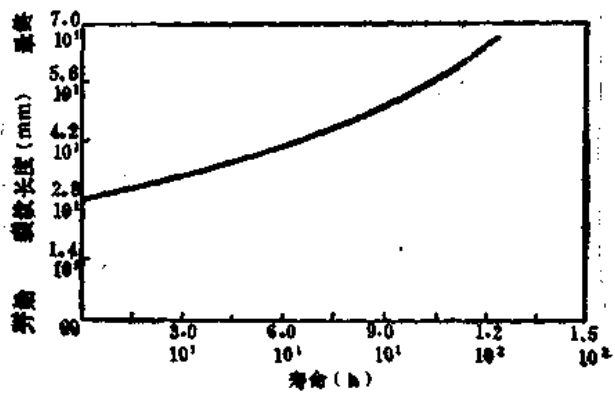


图4 至断裂前裂纹长度的预测值

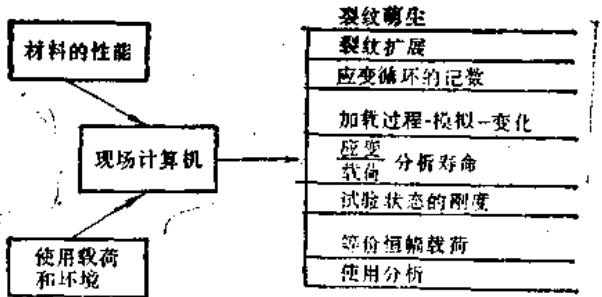


图 5 现场数据采集系统的完善化

这类系统的雏型，必将为改善产品的整个设计、分析和制造的规划而得到发展。

### 系统的改进

现在，集中考虑一种更完善的系统。应我们工厂中应用力学工程师的要求，现有一种辅助的 Task Force 程序以增加可用的数据，并补充了其他材料的数据，以及更新现存现场计算机的资料。我们积累了很多数据档，包括一个容量很大的钢和铸铁的数据文件。近年来，大学的研究工作得到许多能用来预测裂纹萌生和裂纹扩展的数据，Deere 和其他公司使用了这类信息。因此，我们感到，我们已拥有当今世界上最完整的这种性能信息文件。我们能确定某些性能的置信度水平，得到较好的预测能力，失效率较低。另一组数据是为特殊用途开发的，即关于可能用于柴油发动机活塞的铝合金的数据。

我们优先选择的材料之一是塑料。为了获得大量的各种各样塑料的信息，我们过去依靠制造厂商发表的数据。现在，数据库中我们已拥有 2700 种不同类型塑料配制品的 44 种性能的信息。这些数据文件可以按分批模式存取；从而可以选择这些塑料，使其符合这 44 种特性中的一种或几种。我们使用由制造厂家所公布的数据与我们从钢中实际观测、核实和统计分析所得到的数据有某些差别。

我们也注意到材料的加工制造性能。主要关心的是淬透性、焊接性、切削性和成形性。对材料淬透性设计非常有用的软件是

Minitech<sup>[1]</sup>和 CHAT<sup>[2]</sup>。许多注意力集中在切削性上；但是，我们发现应该更多地注意不同炉批之间切削性的变化，并且使用这些信息预测制造价格最低的最佳加工参数。我们已经在钢的成形性方面开始进行了大量的研究，总是试图尽可能地使材料成型的弯曲半径最小，并能使废品（由开裂所引起的）降至最低值。

所有这些数据用于材料选择和加工的过程中。图 6 表示选材过程的各主要因素。

1. 产品的要求
  - a) 功能
  - b) 限制、重量、大小、价格和环境
  - c) 可用的制造过程
  - d) 安全
  - e) 外观
  - f) 可靠性
2. 设计
  - a) 交替设计概念(互换性)
  - b) 过去的实践
  - c) 材料和制造的可用性
3. 材料的要求
  - a) 材料性能
  - b) 制造的可行性
  - c) 废料再循环
4. 材料互换
  - a) 材料类型
  - b) 要求的制造工艺
  - c) 预计价格
5. 材料和制造过程的最终确定
  - a) 标准化
  - b) 价格选定
  - c) 工艺控制
  - d) 质量控制
  - e) 最终选择

图 6 选材过程中的主要因素

我们正在发展我们的系统，以便许多数据能够在确定选材及其工艺中多次使用。目前，从已有的微小开端来看，已经表明它能节约设计所需要汇集大量数据的时间。

## 多国使用的系统

由于我们是多国制造机构，需要选择能在不同国家内都适用的材料。达到这项要求的一种方法是一切以严格控制化学成分或屈服强度为基础。然而，我们发现，这还不能完全令人满意；我们需要考虑适用于多国制造业的材料选择的其他因素。图7表示解决此问题的思路。假定获得某种部件，要求用屈服强度超过200MPa的板材钻孔、成型和焊接，在每个国家内，用什么钢种制造这种部件呢？图中的星号指示出一些数据库区，这里面有您需要的数据，并且还进一步指出美国、法国、联邦德国和西班牙等各国的数据。这些数据可以打印在一定格式的纸上，也可以通过计算机对这些数据作出评价。假若要求考虑的因素比此处标明的还要多，我们发现用一个可以交互作用的计算机系统更有效些。

美国有几个发展计算机化数据库的小组，Battelle(巴特尔)研究所〔3〕是这些机构之一。他们有一个为美国国防部使用的数据库。这些数据已发表在包括军用装备设计数据的军用5号手册中。Oakridge(奥克瑞基)国家实验室〔4〕拥有核反应堆用的材料数据。这些数据是实际试验的结果，可以用来分析不同材料的性能，以便达到核反应堆用不同构件所认可的设计水平。这个系统可以在分批处理或人机对话的两种模式下操作，并且已被证实了在分析材料性能时十分有用。英国 Fulmer(富尔默)研究所已经发行了材料优选的四卷手册〔5〕，其中包括磨损、润滑和腐蚀，以及疲劳、屈服等信息，所以是十分有用的。

## 结 论

美国金属性能委员会〔6〕认识到，需要编辑材料性能，组织了 Task Force，以建立计算机化的数据存贮和检索系统。他们计划建立如图8所示的计算机系统的设想。这种设想包括鉴别不同来源的数据，将获得的数据放入计算机系统中及评价数据并提供

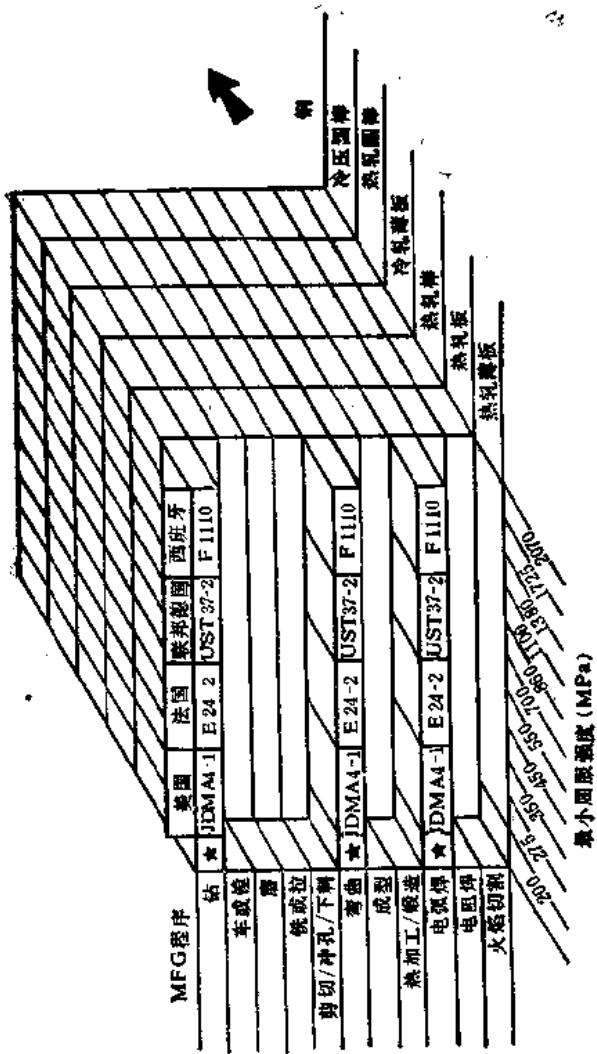


图 7 钢的数据库结构



给用户。必须有原始的实验数据，以便有可能对数据进行多种分析。其中之一是开发一个最终数据库。它的价值与手册相似，但却具有统计的意义。这个系统必须面向大多数用户，考虑到他们的容量和需求。最后，我们已经证明了建立交互作用系统的必要性；这样，可以与不同的计算机和计算机终端连接，同样也可以很好地为没有带硬拷贝输出的计算机设备的用户服务。我们希望，这些数据库对研究工程师、应用工程师、开发工程师、材料工程师、制造工程师、产品分析者、生产分析者、政府机关和管理部门都有用。这种数据库的设想已提供给一些有能力的投标者。现正对收到的投标作出评估，有希望在本年度晚些时候，将能为建立和管理这样一个数据储存和检索系统而签订合同。

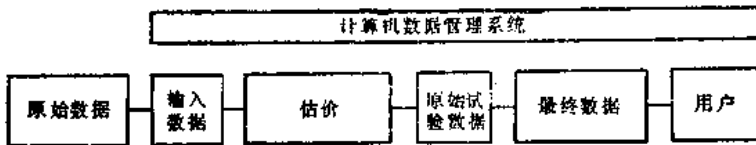


图 8 金属性能委员会的数据库

我们所面临的这项任务是十分必要的，当完成以后，将获得较高的效益。

### 参 考 文 献

1. Minitech Limited, Box 5185, Station E, Hamilton, Ontario, Canada, L 8S 4L3. Computerized Alloy Steel Information System.
2. Dale H. Breen, Materials Division, Engineering Research, International Harvester Company, Hinsdale, IL, CHAT (Computer Harmonized Application Tailored).
3. Harold Midlin, Battelle Memorial Institute, 505 King Avenue, Columbus, OH 43201. *Military Standardization Handbook, Metallic Materials & Elements for Aerospace Structures*, MIL-HDBK-5B, Volumes I and II, (Rev. 1974).
4. M. K. Booker, Metals and Ceramics Division, Oak Ridge National Laboratory, P.O. Box X, Oak Ridge, TN 37830.
5. Dr. Martin Moore, Fulmer Research Institute, Limited, Stoke Poges, Slough, Berkshire, SL2 4QD, England. *The Fulmer Materials Optimizer*, by Osco Ltd., Reading, Berkshire, Volume 6 (1974).
6. Adolph Schaefer, Metals Properties Council, United Engineering Center, New York, NY 10017.