

国外计算机科学经典教材

PEARSON
Merrill
Prentice Hall

Principles of Computer-Aided
Design and Manufacturing
Second Edition

计算机辅助设计 与制造

(第2版)

(美) Farid Amirouche 著
崔洪斌 郭彦书 译



清华大学出版社

国外计算机科学经典教材

计算机辅助设计与制造

(第 2 版)

(美) Farid Amirouche 著

崔洪斌 郭彦书 译

清华大学出版社

北 京

Simplified Chinese edition copyright © 2005 by **PEARSON EDUCATION ASIA LIMITED and TSINGHUA UNIVERSITY PRESS.**

Original English language title from Proprietor's edition of the Work.

Original English language title: Principles of Computer-Aided Design and Manufacturing Second Edition, by Farid Amirouche, Copyright © 2004

EISBN: 0-13-064631-8

All Rights Reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall.

This edition is authorized for sale only in the People's Republic of China (excluding the Special Administrative Region of Hong Kong and Macao).

本书中文简体翻译版由培生教育出版集团授权给清华大学出版社在中国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区)出版发行。

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2004-3855

版权所有, 翻印必究。举报电话: 010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有 Pearson Education (培生教育出版集团) 激光防伪标签, 无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助设计与制造(第2版)/(美)埃米罗切(Amirouche, F.)著; 崔洪斌, 郭彦书 译. —北京: 清华大学出版社, 2006.10

(国外计算机科学经典教材)

书名原文: Principles of Computer-Aided Design and Manufacturing Second Edition

ISBN 7-302-13372-7

I. 计… II. ①埃… ②崔… ③郭… III. ①计算机辅助设计 ②计算机辅助制造 IV.TP391.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 077344 号

出 版 者: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 客户服务: 010-62776969

组稿编辑: 王 军 文稿编辑: 徐燕萍

封面设计: 孔祥丰 版式设计: 孔祥丰

印 刷 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

装 订 者: 三河市新茂装订有限公司

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185 × 260 印 张: 24.75 字 数: 634 千字

版 次: 2006 年 10 月第 1 版 2006 年 10 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-13372-7/TP · 8392

印 数: 1 ~ 4000

定 价: 48.00 元

国外计算机科学经典教材

编审委员会

主任委员:

孙家广

清华大学教授

副主任委员:

周立柱

清华大学教授

委员(按姓氏笔画排序):

王成山

天津大学教授

王 珊

中国人民大学教授

冯少荣

厦门大学教授

冯全源

西南交通大学教授

刘乐善

华中科技大学教授

刘腾红

中南财经政法大学教授

吉根林

南京师范大学教授

孙吉贵

吉林大学教授

阮秋琦

北京交通大学教授

何 晨

上海交通大学教授

吴百锋

复旦大学教授

李 彤

云南大学教授

杨宗源

华东师范大学教授

沈钧毅

西安交通大学教授

邵志清

华东理工大学教授

陈 纯

浙江大学教授

陈 钟

北京大学教授

陈道蓄

南京大学教授

周伯生

北京航空航天大学教授

孟祥旭

山东大学教授

姚淑珍

北京航空航天大学教授

徐佩霞

中国科学技术大学教授

徐晓飞

哈尔滨工业大学教授

秦小麟

南京航空航天大学教授

钱培德

苏州大学教授

曹元大

北京理工大学教授

龚声蓉

苏州大学教授

谢希仁

中国人民解放军理工大学教授

出版说明

近年来，我国高等学校的计算机学科教育进行了较大的改革，急需一批门类齐全、具有国际水平的计算机经典教材，以适应当前的教学需要。引进国外经典教材，可以了解并吸收国际先进的教学思想和教学方法，使我国的计算机学科教育能够与国际接轨，从而培育更多具有国际水准的计算机专业人才，增强我国信息产业的核心竞争力。Pearson、Thomson、McGraw-Hill、Springer、John Wiley 等出版集团都是全球最有影响的图书出版机构，它们在高等教育领域也都有着不凡的表现，为全世界的高等学校计算机教学提供了大量的优秀教材。为了满足我国高等学校计算机学科的教学需要，我社计划从这些知名的国外出版集团引进计算机学科经典教材。

为了保证引进版教材的质量，我们在全中国范围内组织并成立了“清华大学计算机外版教材编审委员会”（以下简称“编委会”），旨在对引进教材进行审定、对教材翻译质量进行评审。

“编委会”成员皆为全国各类重点院校教学与科研第一线的知名教授，其中许多教授为各校相关院、系的院长或系主任。“编委会”一致认为，引进版教材要能够满足国内各高校计算机教学与国际接轨的需要，要有特色风格，有创新性、先进性、示范性和一定的前瞻性，是真正的经典教材。为了保证外版教材的翻译质量，我们聘请了高校计算机相关专业教学与科研第一线的教师及相关领域的专家担纲译者，其中许多译者为海外留学回国人员。为了尽可能地保留与发扬教材原著的精华，在经过翻译和编辑加工之后，由“编委会”成员对文稿进行审定，以最大程度地弥补和修正在前面一系列加工过程中对教材造成的误差和瑕疵。

由于时间紧迫和能力所限，本套外版教材在出版过程中还可能存在一些不足和遗憾，欢迎广大师生批评指正。同时，也欢迎读者朋友积极向我们推荐各类优秀的国外计算机教材，共同为我国高等学校的计算机教育事业贡献力量。

清华大学出版社

前 言

本书是作者多年从事计算机辅助设计(CAD)教学的结晶。作者于 1991 年出版了本书的第 1 版。第 1 版的出版是一个挑战,因为科学技术在发展,而且计算机硬件和软件也在迅速地发展。从那时起,CAD/CAM 取得了长足的进步,而且未来的智能系统的前景更加美好,它们能使工程师和设计人员更加有效地设计工程产品。从产品的设计到开发,都取得了巨大的成就,从而使工程师设计出的产品更具竞争力,并能随时满足市场的需求。一般来说,CAD 为工程师们提供了更多的时间来从事概念设计和对分析结果的解释等创造性的工作。

CAD/CAM 工具现在更加标准化,而且现在的大部分学生均具备学习先进工程工具需要的基本工程图形学知识。通过总结在 CAD/CAM 方面的长期教学经验,同时为了适应实验室不断变化的需求,作者编写了此书。本书旨在为学生提供相关的基础知识,使他们更好地掌握制造业中的设计、分析以及产品开发方面的知识。通过选择相应的学习内容以及与 CAD 相关的各种设计分析方法,就能够使学生掌握这些知识。本书以清晰、简明的方式介绍了这些内容,同时还提供了能使学生和工程师更好地掌握所学内容的精彩范例。通过学习 CAD 技术,能够更好地利用已有 CAD 系统来解决工程问题。

本书的特点是通过示例来讲解,即在介绍每一主题后均提供说明相关概念的例子。本书介绍的基本工程概念并不涉及具体的软件。现在的 CAD/CAM 并不需要面面俱到,学生应能够利用其他工具来得到或提供 CAD 系统需要的其他信息。在对本书介绍的某些内容给予补充时,本书允许学生利用 MATLAB 来完成练习,从而使他们了解 CAD 的多学科性,以及书中的某些设计或分析可以用其他语言来编写程序。之所以可以这样做,是因为供应商使不同的系统之间传输文件已变得越来越简单,而且在某些情况下能够集成不同的分析工具来使学生和工程师与软件进行交互,以满足他们的工程需求。在变量化设计和参数化设计中确实是这样的。在这些设计中,工程方程是某些产品的几何表示与设计的核心。

本书主要用于 CAD 教学(虽然在有限元介绍中涉及桁架分析以外的内容)。用一个学期的时间很难学完本书的全部内容。授课教师应根据课程和实验需要来选择具体的教学内容。例如,美国芝加哥伊利诺斯大学的 CAD 课程要求有实验部分,即给学生不同的题目,用一周的时间来掌握 CAD 软件(如 ProE 或 IDEAS)的使用。最后一个实验题目难度较大,通常需要某些形式的分析和动画。作者希望在教学增加有限元方面的内容,教师不仅要讲解简单的桁架问题,而且还能够介绍热传导、FEM 基本原理以及振动方面的内容,以拓宽分析范围。这样可以使高年级学生通过将他们所学的大多数知识相结合来学习 FEM,同时还可以说明借助于功能强大的 FEM 技术所能够完成的工作。对本科生和一年级研究生采用这种教学模式非常成功,因为他们能够通过本教科书来学习分析中涉及的基本概念,以便能够利用诸如 ANSYS、IDEAS、CATIA 等有限元工具进行工程分析。

本书共分 15 章,内容包括设计、三维变换与几何处理、表面创建、实体造型、优化、有限元、机器人经济学以及 CAD 实现等内容。

第1章介绍CAD技术的发展历史,并介绍了在当前工程环境中应用的虚拟现实技术。第2章介绍了设计过程中的不同阶段,并提供了说明如何完成这些阶段的许多实例。本章的特点是介绍了参数化设计和变量化设计的概念。书中强调了要尽可能采用这些技术,因为在不远的将来,它们有可能成为标准。当通过CAD系统参与设计和制造过程以解决问题描述、综合、概念化以及分析方面的问题时,人和机器相结合是一个有效的工具。当学生对CAD技术有基本的了解后,就可以学习第2章的内容。建议教师 and 读者花一些时间来学习第2章中的例子,并创建自己的例子来体会这些工具的优点。

第3章介绍二维变换、三维变换以及几何处理,并对二维图像和三维图像进行了深入的分析。第4章介绍样条曲线、参数化和非参数化曲线以及Bezier曲线和曲面。本章提供了一些例子来帮助学生掌握各个概念的应用。根据学生的掌握程度,可以省略或简要介绍其中的一些内容。

第5章介绍实体造型的概念以及造型时需要的各种构造技术与表示方法。学生可以通过在实验室利用CAD创建实体模型来掌握其中的某些概念。

第6章介绍各种优化技术,并介绍一些基本概念来说明如何建立目标函数、定义合适的约束条件以及选择分析工具来解决问题。本章重点是常用的优化技术,因此高年级本科生和一年级研究生会熟悉这些技术的使用。

第7章~第10章为低年级和高年级学生介绍有限元方法。书中介绍的内容并不涉及繁琐的微积分,这也是本书的一大特点。如果课程教学的重点是分析,那么可以介绍这全部4章的内容,否则可以有选择地介绍FEM。可以介绍的内容有应力分析、热传导、动态分析以及振动,或者只是介绍第7章给出的FEM基本公式。这些章节中介绍的例子解决的均是实际问题,这有助于培养学生对FEM的浓厚兴趣。

第11章~第15章介绍计算机辅助制造,重点介绍学生感兴趣的内容,如机器人与经济影响、成组技术、计算机集成制造。这些是集成CAD和CAM时需要掌握的内容。

本书适用于高低年级本科生以及对计算机辅助设计知之甚少的一年级研究生。本书假设学生已有一些编程经验,并且在大学一年级的制图课程学习中对CAD的基本概念有所了解。本书适用于满足其专业要求的大学本科生。通过学习本书,学生能够掌握各种设计技术(如参数化设计和变量化设计),并能够对FEM的工作原理和如何将FEM用于各种工程应用有更好的了解。

在此感谢相关人员对本书给出的意见与建议,这些意见与建议对本书的编写大有裨益。他们是:加利福尼亚州立大学北岭分校的Heana Costea博士、密歇根大学安阿伯分校的Derek M.Yip-Hoi以及俄亥俄州立大学的Gregory Kremer。还要感谢芝加哥大学伊利诺伊分校市政工程系的客座教授M.Ayub博士,花时间编辑了书中的部分章节,并对本书提出了建议;感谢芝加哥大学伊利诺伊分校市政工程系的副教授M. Arif对本书给予的支持与鼓励。相关人士对本书给出的意见与建议对书的最后修订以及增补给予了很大帮助,他们对手稿给予了详细的修订,并帮助我了解了他们的课程重点与提纲,从而使我对他们的院校中如何讲解CAD课程有了更好的了解。

最后,感谢帮助我准备本书素材的所有学生。没有他们的帮助,本书就不可能出版。特别要感谢Carlos Lopez。他在本书的参数化设计和变量化设计部分的编写中做了许多工作。还要感谢Francisco Romero、Nagarajan Chandra、Pedro Gonzalez以及David McNeil为本书中的部分图形所做的工作;感谢Nikhil Khulka和Ivan Zivkovic为本书按时交稿以及对书中相关章节和

图形所做的工作；还要感谢 Surya Pratar 为本书所做的索引工作。最后，利用此机会感谢 Prentice Hall 的编辑 Dorothy Marrero、David George 和 Lynda Castillo，感谢他们在本书出版中的耐心和帮助。很高兴与 Sunflower Publishing Services 的 Kevin Bradley 一起合作。Kevin Bradley 一直负责本书的出版。他非常友善和负责任。他的杰出工作确保我能够心情舒畅地修改和编辑本书。

最后，感谢我的家人 Ginger、Larby 和 Anissa。感谢他们的无私的爱、支持以及对编写此书时所做出牺牲的理解。特别要感谢我的母亲和父亲，他们给予我希望、前进的方向以及珍视未来的观念。

Farid Amirouche

伊利诺伊大学芝加哥分校机械与工业工程系

目 录

第 1 章 数字计算机的发展历史	1
1.1 简介	1
1.2 计算机历史	1
1.3 计算机的分类	4
1.4 计算机硬件	6
1.5 编程语言	6
1.5.1 低级语言	6
1.5.2 高级语言	6
1.6 CAD 的历史	7
1.6.1 CAD 图形生成器	11
1.6.2 CAD 程序的目的	11
1.6.3 CAD 软件的绘图功能	12
1.7 计算机在未来的作用	12
参考文献	15
第 2 章 计算机辅助设计	17
2.1 简介	17
2.2 传统设计方法	17
2.3 设计过程描述	18
2.3.1 问题定义	19
2.3.2 概念化	19
2.3.3 综合	20
2.3.4 分析	20
2.4 计算机辅助设计	24
2.4.1 绘图与设计	24
2.4.2 线框造型	25
2.4.3 几何造型	25
2.5 参数化设计与变量化设计	26
2.5.1 参数化设计系统	26
2.5.2 变量化设计系统	30
2.6 工程分析与 CAD	36
2.6.1 解析法	36
2.6.2 实验法	38
2.7 计算机辅助工程(CAE)	40
2.8 CAE 中的集成数据库管理系统	41

2.9	CAE 产品开发	42
2.10	CAE 实现	42
2.11	基于模拟的设计	43
	参考文献	46
第 3 章	对象的变换与处理	48
3.1	简介	48
3.2	变换矩阵	50
3.3	二维变换	50
3.4	绕原点任意旋转	52
3.5	以不同角度旋转	52
3.6	组合变换	53
3.7	二维平移	53
3.8	向二维平面投影	54
3.9	恒等比例变换	55
3.10	绕任意点旋转	56
3.11	二维反射	59
3.11.1	相对于任意点反射	60
3.11.2	相对于任意轴反射	61
3.12	三维变换	62
3.13	三维比例变换	63
3.14	对象的三维旋转	65
3.14.1	绕 y 轴旋转	67
3.14.2	绕 z 轴旋转	67
3.14.3	绕 x 轴旋转 30°	68
3.14.4	绕 y 轴旋转 30°	69
3.14.5	绕 z 轴旋转 30°	69
3.15	三维反射与图像镜像	70
3.16	三维平移	73
3.17	绕任意轴的三维旋转	74
3.18	三维可视化	81
3.19	正三轴测投影	81
3.20	等轴测投影	85
	参考文献	90
第 4 章	曲线与曲面	91
4.1	直线拟合	91
4.2	用幂函数进行非线性曲线拟合	94
4.3	用高次多项式进行曲线拟合	96
4.4	Chebyshev 多项式拟合	98
4.5	离散系统的傅立叶级数	100

4.6	三次样条曲线	106
4.7	三次抛物线样条曲线	107
4.8	非参数化三次样条曲线	113
4.9	边界条件	115
4.9.1	自然样条曲线	115
4.9.2	箝位样条曲线	115
4.10	Bezier 曲线	116
4.11	Bezier 曲线方程的微分	118
4.12	B 样条曲线	119
4.13	非均匀有理 B 样条(NURBS)曲线	121
4.14	创建面	123
4.15	平面	123
4.16	直纹面	124
4.17	矩形面	124
4.18	旋转面	125
4.19	应用软件	125
	参考文献	129
第 5 章	实体造型	130
5.1	简介	130
5.2	实体构造技术	130
5.2.1	布尔操作	131
5.2.2	扫略	132
5.2.3	自动创建圆角和倒角	132
5.2.4	微调	133
5.2.5	线框模型和投影的充实	133
5.3	表示方案	133
5.3.1	实例化法	133
5.3.2	边界表示法	134
5.3.3	构造实体几何法	135
5.3.4	网格分解法	137
5.4	实体造型的应用	139
	参考文献	144
第 6 章	优化技术	146
6.1	简介	146
6.2	系统建模	146
6.3	设计优化	149
6.3.1	优化设计的表述	149
6.3.2	设计参数	149
6.3.3	约束	149

6.3.4 评价	150
6.4 最优设计概念	151
6.5 无约束优化	152
6.6 有约束优化问题	156
6.7 斐波纳契(Fibonacci)法	160
6.8 牛顿(Newton)法	166
6.9 线性规划	167
6.10 几何规划	168
6.11 其他优化技术	169
参考文献	172
第 7 章 有限元法介绍	174
7.1 简介	174
7.2 有限元法的基本概念	175
7.3 势能公式	183
7.4 闭式解	186
7.5 加权残值法	188
7.6 伽辽金法	189
参考文献	191
第 8 章 桁架——有限元法	193
8.1 桁架分析简介	193
8.2 有限元公式	193
8.3 局部刚度矩阵的特性	196
8.4 整体刚度矩阵	197
8.5 桁架问题的解	201
8.6 局部力的计算	204
8.7 应力分析	208
8.8 力与位移的关联矩阵	209
8.9 三维桁架分析	211
参考文献	215
第 9 章 热传导分析——有限元法	216
9.1 简介	216
9.2 一维单元	216
9.3 有限元表述	217
9.3.1 边界条件的作用	221
9.3.2 附加约束的处理	221
9.3.3 有限差分法	225
9.4 两单元杆的热传导分析	226
9.5 N 单元整体刚度矩阵	228

9.6	二维热传导分析	231
9.7	单元传导矩阵	234
9.8	单元受力函数	235
9.9	FEM 与优化	243
	参考文献	249
第 10 章	动态分析——有限元法	251
10.1	简介	251
10.2	单元刚度和质量矩阵	251
10.3	轴向变形	253
10.3.1	运动的一单元方程	253
10.3.2	运动的三单元方程	254
10.4	梁的弯曲变形或横向变形	255
10.5	柏努利梁	260
10.6	力矢量	261
10.7	边界条件	263
10.8	平面梁结构	264
10.9	特征值问题	265
10.10	模态分析	269
	参考文献	275
第 11 章	工业机器人	277
11.1	简介	277
11.2	机器人的结构	278
11.2.1	机械手	278
11.2.2	控制器	280
11.2.3	动力部分	281
11.3	机器人编程	282
11.3.1	联机编程	282
11.3.2	脱机编程	283
11.4	编程语言	283
11.5	机器人的传感系统	286
11.5.1	机器人传感器的分类	287
11.5.2	视觉系统	288
11.5.3	其他传感器	289
11.6	机械爪设计基础	290
11.7	机器人在空间的定位	292
11.8	定义机器人的工作空间	295
11.9	机器人与计算机辅助设计	297
	参考文献	300

第 12 章 机器人经济学	301
12.1 简介	301
12.2 经济上的合理性	302
12.2.1 投资回收期	302
12.2.2 生产率回收期公式	303
12.3 应用机器人的合理性论证	304
12.4 机器人应用	308
12.4.1 焊接	308
12.4.2 喷漆和抛光	309
12.4.3 为设备装料	310
12.4.4 装配	310
12.4.5 机械加工	311
12.5 机器人的选择与实施	312
参考文献	313
第 13 章 成组技术	314
13.1 简介	314
13.2 零件的分类与编码	314
13.2.1 零件簇	314
13.2.2 设计检索	315
13.2.3 编码系统的结构	315
13.2.4 不同类型的代码	316
13.2.5 现有的编码系统	316
13.3 一个提出的分类系统	321
13.3.1 通用码	322
13.3.2 专用码	322
13.3.3 提出的分类系统的分类方法	322
13.4 工作单元	323
13.4.1 工作单元的类型	324
13.4.2 工作单元中机床的排列	325
13.5 计算机编码与信息检索	328
13.5.1 零件编码	328
13.5.2 信息检索	328
13.6 成组技术的优点	332
参考文献	333
第 14 章 计算机集成制造	336
14.1 简介	336
14.2 CIM 的目标	337
14.3 企业与产品的建模	338
14.4 CIM 架构	339

14.4.1	开放式系统互连模型(OSI).....	340
14.4.2	制造自动化协议(MAP).....	341
14.5	计算机辅助工艺规划(CAPP).....	342
14.5.1	检索型 CAPP.....	342
14.5.2	生成型 CAPP.....	342
14.5.3	常用的工艺规划系统.....	343
14.6	CIM 中的计划与控制.....	346
14.6.1	物料需求计划.....	346
14.6.2	制造资源计划.....	347
14.7	生产能力计划.....	347
14.8	数据库管理系统.....	348
14.8.1	层次数据库.....	348
14.8.2	关系数据库.....	348
14.8.3	数据库管理.....	348
14.9	CIM 的实施.....	349
14.10	CIM 实施的成本.....	349
	参考文献.....	350
第 15 章	CAD/CAM 系统的实施.....	351
15.1	简介.....	351
15.2	对 CAD/CAM 的误解.....	351
15.3	CAD/CAM 系统的选择.....	352
15.4	实施 CAD/CAM 的实际利益.....	352
15.5	费用.....	353
15.6	选择供应商.....	354
15.7	测试系统.....	355
15.8	CAD/CAM 市场.....	355
	参考文献.....	356
附录 A	矩阵.....	357
A.1	定义.....	357
A.2	矩阵的表示与主要类型.....	357
A.2.1	矩阵的阶数.....	357
A.2.2	行矩阵.....	357
A.2.3	列矩阵.....	357
A.2.4	矩形阵和方阵.....	358
A.2.5	单位矩阵.....	358
A.2.6	空矩阵.....	358
A.2.7	转置矩阵.....	358
A.2.8	逆矩阵.....	358
A.2.9	正交矩阵.....	358

A.2.10	子式、代数余子式、伴随矩阵	359
A.2.11	对称矩阵	360
A.2.12	斜对称矩阵	360
A.2.13	矩阵的迹	360
A.3	行列式	361
A.3.1	行列式的性质	362
A.3.2	矩阵的奇异性	362
A.4	矩阵分块	362
A.5	矩阵运算	362
A.5.1	加法	362
A.5.2	减法	363
A.5.3	乘法	363
A.6	矩阵定律	364
A.6.1	交换律	364
A.6.2	分配律	364
A.6.3	结合律	364
A.7	求逆阵的方法	364
A.7.1	求 2×2 矩阵的逆阵	364
A.7.2	求 3×3 矩阵的逆阵	365
A.8	解联立线性方程	367
参考书目		370

第 1 章 数字计算机的发展历史

1.1 简介

即使是最聪明的幻想家也没能预测到计算机于 20 世纪末、21 世纪初在工程中所起的作用。这是一种与日俱增、日新月异的作用。通过了解计算机的最初发展，可以对计算机的发展历史有更深入的了解。

1.2 计算机历史

在人类发展历史中，人们一直在试图设计能够减轻劳动负担的机械。直到 19 世纪，这些机械只能帮助人们完成体力工作。用于计算的第一台机器由英国数学家查尔斯·巴贝奇(Chales Babbage, 1792-1871)发明(见图 1-1)。当他为皇家天文协会进行分析计算时，经过多次挫折，研制出了用于计算的机器。1822 年，他发明了“差分机”(Difference Engine)。该机器以蒸汽为动力，有小屋那样大，它用存储的“程序”进行计算，并可以打印计算结果，不需要人工干预。在差分机使用 10 多年之后，巴贝奇开始设计称为“分析机”的多功能计算机。虽然由于 19 世纪的技术落后，使他在有生之年没有完成分析机，但人们将巴贝奇看成是“现代计算之父”。他的分析机部件与一个世纪后出现的计算机惊人地相似，其中包括输入装置(穿孔卡系统)、内存(巴贝奇称其为“仓库”)、中央处理器(“处理器”)和输出装置(打印机)。机器还设计成在后续计算中可以使用前面得到的结果。拉夫拉斯(Lovelace)伯爵夫人(Augusta Ada King, 1815-1842, 见图 1-2)曾资助过巴贝奇的工作。作为英国诗人拜伦(Lord Byron)的贵族女儿，拉夫拉斯也是一位聪明的业余数学家。由于 Ada 直接接触了分析机的工作，因此她能够为该机器创建一些指令，并成为第一位计算机女程序员。她与社会各阶层的接触也帮助巴贝奇得到政府对其项目的资助。伯爵夫人去世后，一篇文章曾指出，伯爵夫人预测到，巴贝奇设想的机器可以用来谱曲、绘图，可以用于实际工作和科学工作。1979 年，美国国防部为了纪念 Ada，将一种编程语言命名为 ADA/Ed。巴贝奇和伯爵夫人走在了时间的前面。事实上，直到一个世纪后，科学技术的发展才使他们的梦想变为现实。

人们通常认为第一代现代计算开始于 20 世纪 40 年代初，即宾夕法尼亚大学的摩尔工程学院发明 ENIAC(Electronic Numerical Integrator and Computer, 电子数字积分和计算机)之时。ENICA 与巴贝奇的机器非常相似，ENIAC 及其后续机器(如 UNIVAC、EDVAC 等)的特点是尺寸庞大，这是因为机器使用了 18000 只真空管，即采用了当时的最新技术(见图 1-3 和图 1-4)。1941 年，摩尔工程学院的约翰·莫奇勒(John W. Mauchly)和普雷斯波·埃克特(J. Presper Eckert)向美国陆军建议建造一台可以进行弹道轨迹计算、且速度为微分分析器速度的 10 倍的机器。以后对该机器进一步改进后，得到了所谓的 ENIAC。