

空间角度自动计算

孙伯懿 著

国防工业出版社



空间角度自动计算

孙伯鲁 著

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

空间角度自动计算/孙伯鲁著. —北京:国防工业出版社,1996.8

ISBN 7-118-01616-0

I. 空… II. 孙… III. 机械-空间机构-计算机辅助计算 IV. TH123

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 07916 号

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京怀柔新华印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 8 $\frac{1}{2}$ 210 千字

1996 年 8 月第 1 版 1996 年 8 月北京第 1 次印刷

印数:1—2000 册 定价:16.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。

2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技发展具有较大推动作用的专著;密切结合科技现代化和国防现代化需要的高新技术内容的专著。

3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合科技现代化和国防现代化需要的新工艺、新材料内容的科技图书。

4. 填补目前我国科技领域空白的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

5. 特别有价值的科技论文集、译著等。

国防科技图书出版基金评审委员会在国防科工委的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承

担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版,随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技工业战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

国防科技图书出版基金
评审委员会

国防科技图书出版基金 第二届评审委员会组成人员

名誉主任委员	怀国模		
主任委员	黄 宁		
副主任委员	殷鹤龄	高景德	陈芳允
	曾 铎		
秘 书 长	刘琯德		
委 员	尤子平	朱森元	朵英贤
(按姓氏笔划为序)	刘 仁	何庆芝	何国伟
	何新贵	宋家树	张汝果
	范学虹	胡万忱	柯有安
	侯 迁	侯正明	莫梧生
	崔尔杰		

前 言

空间角度计算是科学研究和工程技术各领域中应用十分广泛的基础技术。但由于空间关系的多样性,涉及到的参数又很多,给计算工作造成很大困难。当前,不论是高技术产业,还是传统产业,都需要一个高精度和高效率相结合的计算方法。如果能提供一个现成的计算工具,使人们免去不必要的繁琐而重复的计算,无疑会大大提高工作效率和产品质量。完成这一使命的唯一出路,只有使计算工作实现自动化。本书围绕这一主题,体现了以下几个方面的特点:

(1) 引入系统工程论的研究方法,改变了传统上把空间角度的形成看成是无秩序的观点,建成了以三个子系统为基础的计算系统。

(2) 使计算理论与微机技术密切结合,所导出的数学模型都具有通用性和规范化的特点。

(3) 理论研究和计算并重。这样,不仅可以进行定量计算,而且还能以此为基础,对角度理论问题进行深入研究。

(4) 内容较完整。自动计算系统几乎概括了所有可能遇到的空间角度问题,其理论具有自身的逻辑性,并形成封闭体系。

为了便于科技人员,尤其是第一线技术人员的使用,书中内容以初等数学和画法几何、机械(工程)制图为基础进行论述的。

全书包括理论基础和实际应用两大部分。理论部分以三个子系统为独立单元,即分别是第二、三、四章。在各章内容中,从揭示子系统的内在规律到导出通用的数学模型,充分地融入了作者所创立的“走向律”、“走向结合律”等研究成果。通过对静态定量计算和动态定性分析的系统阐述,全面介绍了计算理论的内涵。

应用部分包括软件设计介绍及应用举例,分别为第五、六章,介绍如何对工程实际问题进行几何分析及应用软件解决问题的方法,作为对读者使用本书的引导。由于应用部分的计算工作主要由软件完成,故一般情况下不详细叙述计算过程,只通过分析,确定其计算类型。

本书是作者近几年来科研成果的理论总结(课题《空间角度新计算方法研究》1994年获河南省科技进步二等奖;《空间角度计算软硬件开发》获省教委、省科委资助)。研究组成员曲伟石、赵建国、张爱梅及孙乔同志为课题研究工作付出了许多劳动;北京理工大学博士孙乔同志参加了本书第五章及第六章部分编写工作;北京理工大学刘永山博士为本书提供了许多宝贵的资料;洛阳拖拉机制造厂贺延忠高级工程师、上海组合夹具厂组装站陈峰站长为理论的实践验证给予了大量的帮助,在此一并表示感谢。

为了便于对书中的计算结果进行校验,引用了一些著作中和工厂企业提供的实例。特对作者表示感谢。

在撰写过程中,得到国家教委画法几何及工程制图课委会副主任委员、西北工业大学学术委员会副主任刘荣光教授及北京市工程图学学会副理事长、北京理工大学叶玉驹教授的支持和推荐,特致深切的谢意。

承蒙国防科技图书出版基金的资助,本书才得以和读者见面,特向为本书付出辛勤劳动的专家、编辑及有关同志表示敬意。

由于所面临的是新课题,加之个人学识和经验的不足,不当或错误之处在所难免,欢迎专家和读者不吝指教。

孙伯鲁

于郑州工学院 1995.11.25.

内 容 简 介

空间角度计算作为基础技术,应用十分广泛,但又很繁难。本书着眼于为科技界提供一个现成的计算方法,以减轻人们繁重的重复劳动,提高工作效率。本书以科技人员所熟悉的初等数学、画法几何及机械制图等知识为基础,介绍用计算机技术解决空间角度自动计算的原理。包括理论和应用两大部分。理论部分以作者创立的走向律和走向结合律为纽带,全面、系统地揭示了空间角度计算系统的内在规律,并导出了规范化的通用数学模型。应用部分着重介绍根据计算理论编制软件的原理及用于解决工程计算问题的实例。为了满足各专业领域不同层次读者的需要,书中除对角度计算理论有完整系统的论述外,还通过许多实例对工程计算问题进行了深入的分析。

本书可供从事科学研究、工程设计的科技人员及大专院校中相关专业的师生阅读。

ISBN 7-118-01616-0/TH · 115

定价:16.00 元

目 录

第一章	绪论	(1)
第一节	概述	(1)
第二节	空间角度自动计算系统	(3)
第三节	自动计算的现实意义	(7)
第二章	简单型角度计算	(10)
第一节	形成环境和基本参数	(10)
第二节	静态的简单型角度计算	(18)
第三节	动态的简单型角度计算	(33)
第三章	线面型角度计算	(52)
第一节	形成环境和数学模型	(52)
第二节	通用函数关系式的静态定量计算功能	(58)
第三节	通用函数关系式的动态定性分析功能	(91)
第四章	线线型角度计算	(109)
第一节	形成环境和数学模型	(109)
第二节	空间角的定量变换	(127)
第三节	2^n 等分角元素参数的计算	(139)
第五章	程序设计原理及应用	(151)
第一节	软件简介	(151)
第二节	主要子程序	(155)
第三节	已知参数的输入系统	(157)
第四节	静态定量计算“走向”的判定	(167)
第五节	软件使用说明	(170)
第六章	科技领域中的应用	(176)
第一节	武器瞄准中的角度计算	(177)
第二节	飞机制造中的角度计算	(187)

第三节	光学中的角度计算	(197)
第四节	机械制造中的角度计算	(206)
第五节	刀具设计与制造的角度计算	(228)
第六节	钣金制件中的角度计算	(237)
第七节	向量问题中的角度计算	(245)
参考文献		(249)

第一章 绪 论

第一节 概 述

一、基本概念

空间角度计算,是指在三维空间里,已知和待求参数都是角度这一物理量的计算。

科学技术领域里大量遇到线性的尺寸计算和角度计算。前者主要用于确定位置,而后者往往用于解决定向问题。两者是相互关联的,且角度计算是线性尺寸计算的基础。如工程上常见到的刀具的切削角度、光通路的途径、力的方向分析;军事上的炮弹发射方向等等,都需要计算空间角度。

空间角度可以概括为空间的直线和平面与参考系之间,或它们彼此之间所形成的夹角之大小、方向。空间角度计算的实质是利用角度之间的函数关系,由已知的若干参数中转换求解出其它的未知参数。处在三维空间里的角度,其相互之间的函数关系所涉及到的参数要比二维平面上的角度关系复杂得多。这是因为一方面直线和平面在空间的位置千变万化;另一方面这些直线和平面间又以各种形式组成角度。如何用一些通用的函数关系式解决这些复杂的角度转换计算,是空间角度自动计算的核心。

二、现状分析

为了解决复杂的空间角度计算问题,近十几年来,我国在这方面的研究十分活跃,已处于国际领先地位。作为此项研究的开拓者,当属文献^[1]所做的贡献。该书以画法几何理论为基础,通过作者对现场进行细致的调查研究和理论上的分析总结,提出了一套

系统的计算方法,满足了当时国防工业应用的急需,在生产上发挥了重要的作用。同时,也为以后的深入研究打下了基础。书中通过对实例的分析,提供了大量的计算公式,以备人们计算时查用。这在引入解析计算代替传统的图解方法上是个较大的突破。由于当时技术条件的限制,书中只能依靠庞大的公式系统,针对具体的问题,逐个进行分析,靠人工查找公式单独计算。效率低且对使用者的技术水平要求高,是其存在的主要缺点。在此之后,很多学者、工程技术人员相继探讨提高计算速度(效率)的方法。于是出现了不需查找公式,建立在以球面三角学为基础的球面图法(极赤投影法)^[2,3,6,11]。后来,此方法曾占据主导地位。这种方法通过将工作图中的角度转移到球面上,然后建立直观的球面三角形,并推出计算关系式。其它方法,如矢量、空间解析几何算法等也有应用。纵观这些方法的出现,都是为了一个目的,使计算工作实现高精度和高效率的统一。由于都是靠手工方式处理问题,不可能从根本上提高计算工作的效率。

1990年,出现了基于计算器功能的程序法^[10]。为了使计算规范化,该法导出了若干个通用计算公式,使计算由手工方式走向了程序化,是一大进步。但所使用的数学工具不易直接运用在工程图纸上,是其不便之处。

笔者在前人工作的基础上。从80年代中期开始了用微机实现空间角度计算方面的理论研究。最初的设想是用微机完成计算,以提高工作效率。后来随着研究的深入,在理论上有所突破。这期间经历了漫长的过程,最终形成了“具有一定理论意义和应用价值……,在学术思想上有创新”(专家评语)的空间角度自动计算体系。实践表明,自动计算系统既包容了现有计算方法,又具有简便可靠和快速的特点;而其动态图象因能展现计算问题的全貌,可作为理论研究和优化的工具,具有丰富的内涵和广阔的应用前景。

第二节 空间角度自动计算系统

任何一种空间角度计算方法,面对的都是变化繁纷的空间情况。当前所使用的大多数方法,由于缺乏通用性,计算过程都离不开人工干预,不可避免的存在计算效率低、技术水平要求高、受人的因素制约、容易出错等缺点,这就给投入实用和大面积推广带来困难。手工方式的处理方法不能从根本上解决复杂空间角度计算的繁难性。

随着高科技产业飞速发展,产品更新加快,CAD/CAM 技术及实时控制技术的日渐普及,各领域对空间角度计算技术的要求也越来越高,迫切需要一个以现代技术武装的新计算方法。

自动计算以与微机技术相融和为目标,实现计算过程的程序化、自动化,可从根本上把人们从繁重的计算工作中解脱出来,适应高新技术发展的需要。

空间角度自动计算方法的形成,经历了实践——理论——再实践的反复研究过程。通过对现有计算理论的消化吸收和引入系统工程、统计分析理论等,逐步完成了从形成到完善的各个阶段。

一、数学工具的选择

用于空间角度计算的数学方法很多,如空间解析几何、球面三角、立体几何、矢量及画法几何等等。以什么原则去选定数学工具?除了必须保证的可靠性外,应考虑以下几个因素:①简便通用,易于推广;②精度高;③计算速度快。

当前,有许多以不同数学方法为基础的著作面世,它们都有一定的特点和适用场合。通过调查研究、分析和对比发现,画法几何的方法在科学技术各领域体现了较大的优越性。

(一) 使用面广

画法几何是工程技术教育中的必修课,已在科技界普及,为广大技术人员所掌握。而工程技术及科学研究中的技术资料 and 图纸

绝大多数是按画法几何的理论(多面正投影)画出的。如果直接使用画法几何的方法解决空间角度计算问题,不存在参数的转移环节,而且也免除了工程技术人员再去熟悉自己所不了解的数学知识。从图纸上将角度参数转换成另一种数学方法去计算,不论如何简单,总是多了一个易出现差错或隐患的环节。

(二) 可同时进行尺寸和角度计算

画法几何使用的是直角坐标(投影)系,直角坐标系可同时进行空间的线性尺寸计算和角度计算。如前所述,在工程上这两种计算往往是共存的和相互依赖的。在一个坐标系中同时解决两类问题的计算,不论是从提高效率,还是减少差错方面来看,都体现了较大的优越性。实践表明,只要对画法几何的理论做些改进、补充,用它处理角度计算并不弱于其它方法。

二、以系统论的观点划分类型

表面上看起来,浩瀚的各种空间角度计算问题处在一种互不关联的、杂乱无章的无序状态,人们往往会被具体的复杂计算所迷惑。

系统工程学认为,任何一个复杂的创造过程都是一个系统工程,它是由相对独立和互相关联的若干子系统组成的整体。这是一个客观规律。系统论的观点为认识和处理繁杂的空间角度计算提供了一个新思路。

经过大量的分析、研究发现,各类空间角度的主要区别在于它们的“形成环境”不同。形成环境是指在何种环境下形成的空间角度。用这一观点去研究所有的空间角度问题,可以将它们划分为三个类型:

- (1) 单个的直线、平面与坐标系之间所形成的角度,称为简单型;
- (2) 直线和平面互为从属关系所形成的角度,称为线面型;
- (3) 不平行的两几何元素间所形成的夹角,它是以两直线间所形成的夹角为基础,故称为线线型。

三个类型是相对独立的,它们各自的内涵是不相同的,可以按它特有的属性,延伸其所能解决问题的范围。因为各类型自身有共同的形成环境,所以它们有统一的内在规律性,受相同函数关系的制约(详细内容参看本书第二、三、四章)。

三个类型之间又是相互关联的,彼此相互渗透、协调。其中简单型是所有类型的基础,因为任何一种形式都离不开用参考系确定直线和平面的空间位置。各类型相联系的纽带,可以用相应的几何模型统一起来(讨论见后)。

通过上述分析可以看出,按形成环境特点所划分的三个类型。符合子系统的特征,而且组成了一个完整的空间角度计算系统框架。

三、理论的充实和完善

将全部的空间角度问题划分为三个子系统后,使看似繁杂的问题系统化,理顺了空间角度计算的内部关系,为进一步导出通用的规范化的计算方法创造了条件。

现有的理论不能适应与微机技术相结合的需要。为了探讨各子系统固有的内在规律及相互联系的纽带,形成一个完善的计算理论体系,需要在理论上做针对性的补充。

导出各子系统通用算法的基础是建立通用的几何模型。如何用统一的几何模型概括变化繁纷的空间情况和组合方式,是问题的关键所在。用于描述简单型角度形成特点的几何模型“走向”,在整个空间角度计算系统中,起着非常重要的作用。它既是一个模糊的定性概念,用来描述几何元素相对投影系的行走方向;又是一个笼统的定量概念,把千变万化的空间情况,归结为四个走向(详见以后各章)。以“走向”概念为纽带,对线面型角度建立了线面从属关系的“走向律”,揭示了平面内直线走向的分布规律;对线线型建立了两线间的“走向结合律”,规范了空间夹角组成的类型。

上述通用几何模型的创立,是形成新的计算方法的理论核心,由此所建立的计算理论,有其自身的系统性和逻辑关系,形成一个

封闭的理论体系。理论上的充实和完善主要表现在它与微机技术的密切结合上,所导出的通用数学表达式,都与微机编程的需要相适应,可以较方便地实现理论与应用衔接。

四、与计算机技术相结合

通过计算理论与计算机技术的结合,在理论体系形成的同时,也就产生了计算理论与微机技术相结合的产物——软件。由计算理论所形成的软件,基本上实现了自动化、智能化,计算过程不需人工干预。因此对使用者的技术水平要求不高,不易出错,也便于推广。最突出的优势在于计算速度快,精度高。计算问题越复杂,越能体现其优越性。在要求迅速做出反应的场合,它是目前任何其它方法无法替代的。

通过对空间角度计算问题的综合——分析——再综合的研究,可得出一个由图 1-1 所示的空间角度组成系统图。

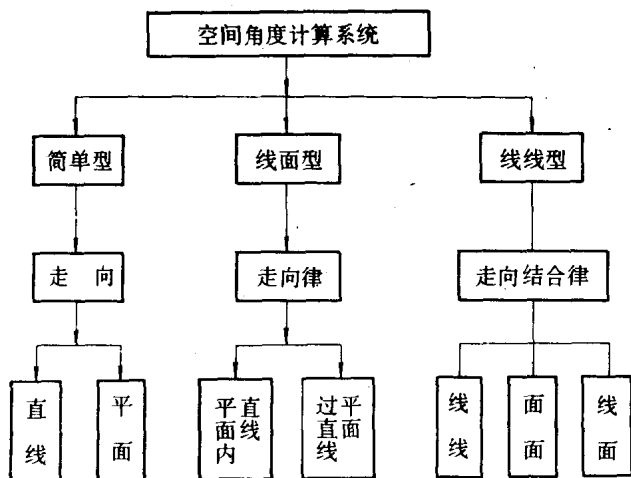


图 1-1 空间角度系统组成图

图中清楚地显示了子系统的划分;子系统之间相联系的纽带及几何模型;各子系统的内涵。每个子系统内又可派生出一系列的角度计算问题,层层扩充,使整个系统几乎包括了所有可能遇到的