

系统工程与空间角度新计算方法*

张爱梅

(郑工学院机械工程系 450002)

摘 要: 本文利用系统工程学的原理和方法剖析了空间角度新计算方法。揭示了空间角度计算系统的整体性、相关性、目的性和环境适应性。为进一步研究空间角度理论问题和在工程实际中的计算提供了方便。

关键词: 空间角度 系统

中图分类号: TH126

1 空间角度计算的特点和现状

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。

空间角度的构成和计算比处在二维里的平面角度要复杂得多, 虽然它只涉及到直线和平面两个基本几何元素, 由于它们自身空间位置的千变万化和彼此组合形式的多样性, 使涉及到的参数大大增加, 给计算工作带来了很大的困难, 成为当前科技领域中的计算难题之一。在高新技术产业里, 这一矛盾尤为突出。

为了解决科学技术领域里对复杂空间角度计算需要的迫切性, 近十几年来, 我国对这一问题的研究十分活跃, 已处于国际领先地位。作为此项研究的开拓者当属黎明机械厂、北京航空学院合编的《空间角度计算》(国防工业出版社出版)所作的贡献, 该书以画法几何为理论基础, 通过对实例的分析, 提供了大量的计算公式, 备人们计算时查用。由于历史和技术条件的限制, 书中主要依靠庞大的公式系统, 只能针对具体问题逐个进行分析, 靠人工查找公式单独计算, 效益不高是其主要矛盾, 在此之后, 各方面学者、专家针对存在问题, 探讨提高计算效率的方法, 于是出现了不需查找公式, 建立在以球面三角为基础的球面图法, 后来此方法一直占主导地位, 它们通过将工作图中的角度问题, 转移到球面上, 建立直观的球面三角形, 并导出计算关系式进行计算, 该方法本身虽然不用查找公式, 但仍要靠逐个建立数学关系式进行计算, 不能明显地提高效率, 其它方法如矢量法、空间解析几何也有使用。纵观这些方法, 都是以分散方式, 逐个进行计算。它们把浩瀚的空间角度问题看成了分散的无规律状态, 人们只能被动地适应它, 出现一个问题解决一个问题。

通过对当前空间角度计算方法存在缺点的分析, 解决问题的根本出路在于与微机技术

* 河南省自然科学基金研究资助项目, 项目编号: 924051800

收稿日期: 1995-09-28

相结合, 而实现这一目标首先要解决的难题是实现计算方法的规范化、程序化。

2 空间角度计算与系统工程学

系统工程学的原理和方法为研究繁难的空间角度计算提供了一个有力的工具。系统工程学认为, 任何一个复杂的创造(计算)过程都是一种系统。系统是指具有特定功能的、相互间具有有机联系的许多要素构成的一个整体。任何一个系统又是由一些子系统所组成的整体。

空间角度从其形成环境本身分析, 并不复杂。无非就是直线、平面与投影系之间和它们彼此之间所形成的角度问题。它之所以计算繁杂, 是由于几何元素(直线、平面)的空间位置及组合方式的千变万化而造成的。

如果单从其形成环境的观点去分析, 空间角度的计算过程可以看作为一个大系统。它是由若干个既彼此独立又有不可分割联系的子系统组成。如何从系统的整体和子系统的相互关联中去选择和设计这些子系统, 才能充分发挥整个系统功能, 使得整个系统取得最佳的总体效果, 成为最优化的系统? 经过对大量计算实践的分析 and 理论研究发现, 浩瀚的空间角度计算问题, 按其形成环境的特点, 可以划分为以单个几何元素与投影系间形成的基本型、以直线与平面从属关系为基础形成的线面型和以不平行的两直线间夹角为基础形成的线线型三个子系统。各子系统有其独特的属性, 又彼此互相渗透、协调和适应, 形成一个有机联系的整体。完全符合系统所具有的整体性、相关性、目的性和环境适应性等一系列特性。

3 空间角度计算系统的形成

如上所述, 按照系统工程学的思维方法, 找到了看似繁难的空间角度计算所固有的内在规律——形成环境。使之由无序的混乱状态, 变为有序的系统。以此为纲, 形成了系统的脉络, 纲举目张。由所派生的子系统包容了整个计算问题的特性、发展规律和彼此间的联系。

为了从根本上解决由于直线、平面空间位置及组合形式多样化给计算带来的困难, 需要探讨每个子系统的内在规律和彼此相互联系的纽带。这是一个深层的理论问题, 现有数学方法没有现成的结论可供借用。需要在理论上加以完善和补充。

往往一些复杂的理论问题寓于一些简单的现象中, 经过研究发现, 用于描述基本型角度问题的“走向”概念, 是隐含在各子系统间内在联系的纽带。“走向”把复杂的空间关系变化统一起来, 体现了各子系统的相关性。例如对于线面型子系统, 把看似杂乱无章的面上取线和过线作面等复杂问题, 通过利用“走向”概念, 导出了“平面内直线位置的分区规律——走向律”。其内在规律便迎刃而解。而对线线型子系统, 由于夹角边空间位置的无常变化及夹角大小的不同, 给找出通用的算法带来困扰, 但通过利用“走向”概念, 导出角度夹角边的“走向结合律”的几何模型, 最后解决了通用关系式的推出。这样, 通过对子系统环境适应性、相关性、目的性的分析, 落实了系统的整体性。由空间角度新计算方法所形成的自动计算系统框图见图一。

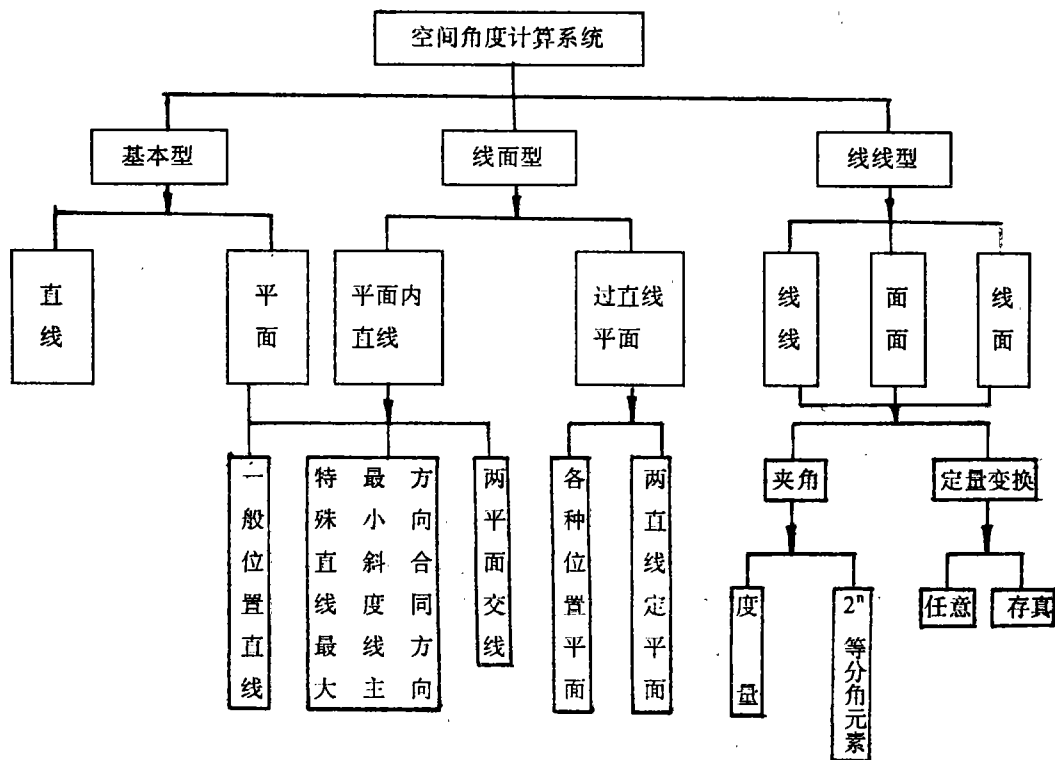


图1

4 子系统功能的分析

如前所述,子系统的形成是以“形成环境”为基础划分的。以“走向”几何模型为纽带

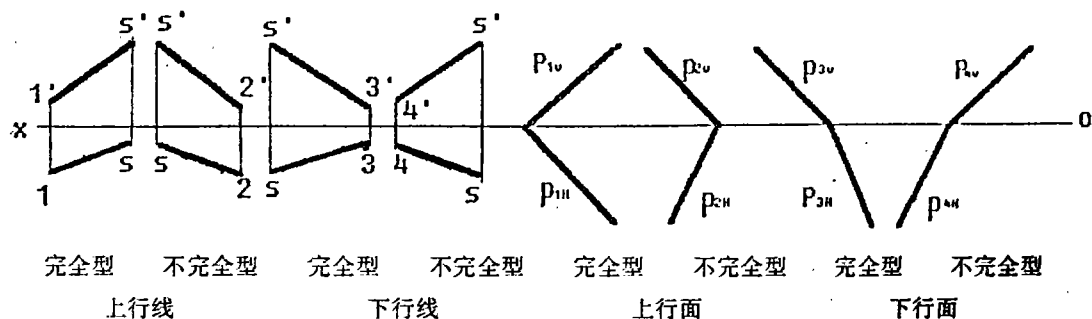


图2

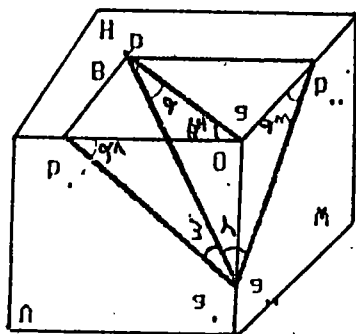
又将它们联为一个整体。各子系统所完成的功能,几乎可以概括了全部变化繁纷的空间角度计算问题。现就其功能特点分析如下:

4.1 基本型: 位置千变万化的直线和平面, 在空间总共有四个走向[2], 参看图2。描述其位置和走向的基本参数有六个, 直线的六个基本角度为直线对投影面间的三个空间倾角(α , β , γ)和在三个投影中形成的角度(α_v , β_H , α_w); 平面的六个基本角度为平面对投影面间的三个空间倾角(α_1 , β_1 , γ_1)和三个迹线方向角(M , N , R), 见图3。该子系统的功能

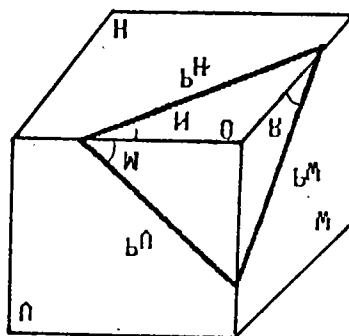
如下:

- (1)、由已知的直线或平面的任意二个基本参数, 可以求出所需要的其它任意参数;
- (2)、可画出表示任意三个参数间函数关系的变值曲面;
- (3)、可画出表示任意二个参数间函数关系的动态曲线。

基本型为整个系统的基础。



(a)



(b)

图3

4.2 线面型: 用面内侧、水、正平线将平面划分为三个区间[2], 见图4。平面内直线位置分区规律性的几何模型见图5。按“走向律”原理可导出平面及其上直线基本角度间的通用关系式:

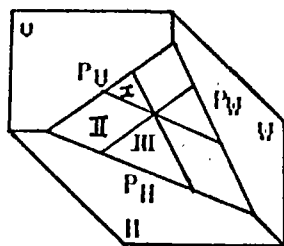


图4

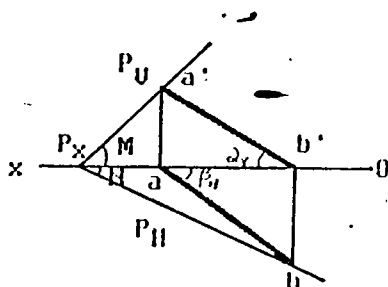


图5

$$\operatorname{tg} M \operatorname{tg} N = k \operatorname{tg} M \operatorname{tg} \beta_H + l \operatorname{tg} N \operatorname{tg} \alpha_V \quad (1)$$

其中 k 、 l 分别为1或-1, 表示平面内各区间直线的走向特征。

该子系统的功能可用于解决下列角度计算和图解问题:

- (1)、已知平面内直线的有关未知角度;
- (2)、通过已知直线之平面的有关未知角度;
- (3)、已知平面内各种特殊直线的有关未知角度;
- (4)、两平面交线的有关角度;
- (5)、两直线确定平面的有关角度, 等等。

4.3 线线型: 两直线间的组合形式见图6, 按“走向结合律”原理, 可导出通用关系式:

$$\cos \theta = \cos \theta_H \cos \alpha_A \cos \alpha_B + k \sin \alpha_A \sin \alpha_B \quad (2)$$

$$\cos \theta = \cos \theta_V \cos \beta_A \cos \beta_B + l \sin \beta_A \sin \beta_B \quad (2')$$

其中 k 、 l 分别为 1 或 -1, 表示直线间的组合形式; θ 为两直线组成的空间角; 该子系统的功能如下:

- (1)、计算两已知直线之间的夹角;
- (2)、计算已知线面之间的夹角;
- (3)、计算两已知平面之间的夹角;
- (4)、角度 2^n 等分角元素参数的确定;
- (5)、确定轴测投影中的轴间角;
- (6)、确定空间角度的投影规律性, 等等。

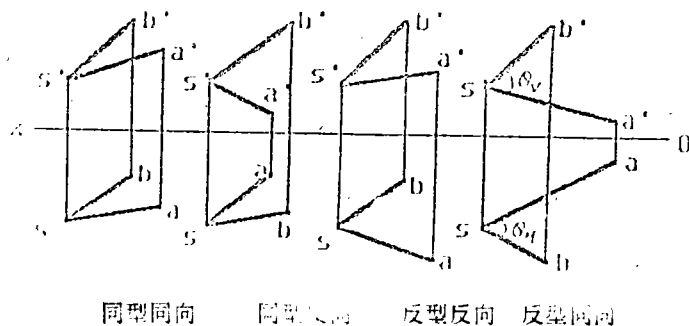


图 6

5 结束语

按照系统论的思维方法, 以形成环境为纲, 将看似繁难的空间角度计算问题系统化, 使其由无序的混乱状态变为有序的系统, 从宏观上理顺了内部关系。为进一步导出规范化、程序化的计算方法创造了条件。

参 考 文 献

- (1) 孙伯鲁: 空间角度自动计算的方案设计, 郑州工学院学报, 1990, 1 (1)
- (2) 孙伯鲁: 平面内直线位置的规律性, 郑州工学院学报, 1984.5 (1)
- (3) 孙伯鲁: 空间角投影规律性的研究, 郑州工学院学报, 1991, 12 (4)
- (4) 孙伯鲁、曲伟石: 机械工程中空间角度自动计算的研究, 机械工程学报, 1992
- (5) 郑春瑞: 系统工程概述, 科学技术文献出版社出版
- (6) 合肥工业大学, 朱龙根、东北工学院, 黄雨华: 机械系统设计, 机械工业出版社出版
- (7) 黎明机械厂, 北航: 空间角度计算, 国防工业出版社出版

Systems Engineering and the New Method of Space Angles Calculation

Zhang Aimei

(Zhengzhou Institute of Technology Department of Mechanical Engineering)

Abstract: In the paper, the philosophy and method of systems engineering has been used to analyze the method of calculating space angles. The integrality, relativity, objectivity and adaptability of space angles calculation has been revealed. The conclusion will convenience the research and using about calculating space angles in engineering.

Keywords: Space angle System