

光学仪器常用回转体零部件 计算机辅助参数设计

王延凤

摘要 应用拓扑学、图论理论、以CAD技术为手段,建立了光学仪器常用零部件回转体参数化基本模型,编制了实用程序,并以空心轴角编码器为例,论述了回转体零部件参数设计的方法。

一、概 述

随着科学技术的迅速发展,市场的激烈竞争,产品的更新周期越来越短,对设计的效率和质量提出了更高的要求。CAD/CAM 作为一项高技术的生产力已成为科研和生产不可缺少的手段。

计算机辅助参数设计方法,就是应用计算机系统的硬件和软件,总结出机械结构的规律,找出零部件的母体,建立参数化模型、编制出应用程序,通过变换不同的参数值,就可以改变零部件的结构和尺寸,从而生成所需零部件的三维实体模型或具有一定比例的二维图。应用参数设计:

1. 可根据用户的要求,方便地进行调配和修改,大大减少了设计、计算和制图所需的时间,缩短了产品的研制周期。
2. 在方案论证中,迅速地从诸多方案中选出最佳方案,提高概念设计的效率。
3. 提高设计质量,为产品的系列化和标准化创造条件。
4. 三维实体模型参数设计可自动生成直观形象的实体模型及含有零件重量、体积、重心位置、转动惯量等的技术文件,并加强了三维实体与二维图形的连贯性,从实体模型可得到二维图形,保证了设计的整体性和准确性。
5. 二维参数设计是迅速获得工程图样行之有效的方法。
6. 以较少的存贮空间获得大量的信息。

由于光学仪器大多是回转体,具有很大的共性,很适合用参数设计来提高设计效率和质量。本文应用拓扑学和图论理论,建立了回转体零部件参数化基本模型,编制了应用程序,以空心轴角编码器零部件参数设计为例,论述了回转体零部件参数设计方法,开发了光学仪器常用零部件三维实体模型和二维图形程序库和图形库。

二、参数化基本模型的建立

在设计中,由于零部件错综复杂,变化多样,若把所有零部件都参数化,需要花费大量的时间和人力,而且也很不易做到面面俱到,有时还不能满足设计者的要求,不能适应设计

中零部件结构的变化。这就需要总结机械结构的规律，应用拓扑学和图论的理论找出零部件的同构体和母体，建立统一模型。

拓扑学所研究的对象是几何图形经过拓扑变换——正逆两方面都单值而又都连续的变换——而不改变的性质。

两个图形间若有拓扑对应，即若有一拓扑变换存在，把两个图形中的一个换成另一个则该图形叫做同胚图形。

拓扑学的主要问题就是要判断给定的两个图形是否同胚。在参数设计中，应用拓扑学理论可找出零部件的同胚图形，研究它们间的拓扑变换、得出两个同胚间的尺寸关系，对建立基本模型，确定基本参数，用最少的模型参数解决尽可能多的外形结构变化，以较少的存储空间获得大量的图形信息起着重要指导作用。

在图论中，一个图 G 是由有 P 个顶点的非空有限集合 $V = V(G)$ 和预先给定的由 V 中不同顶点的 q 个无序对构成的一个集合 $E = E(G)$ 组成，记作 $G = (V, E)$ 。 E 中的每个顶点对 (u, v) 称为 G 的边，如果用 e 表示这条边，则记 $e = (u, v)$ 或简记为 $e = uv$ ，称 u, v 是边 e 的端点，且称 u 和 v 是邻接的顶点。

所谓同构是指：若在两个图的顶点集之间存在一个保持邻接性的一一对应，则称它们是同构的。

子图是指：所有的顶点和边都属于图 G 的图称为 G 的子图。

应用图论中图、子图、同构图及拓扑学同胚、拓扑变换等理论，建立了回转体零部件参数化基本模型如图1所示。

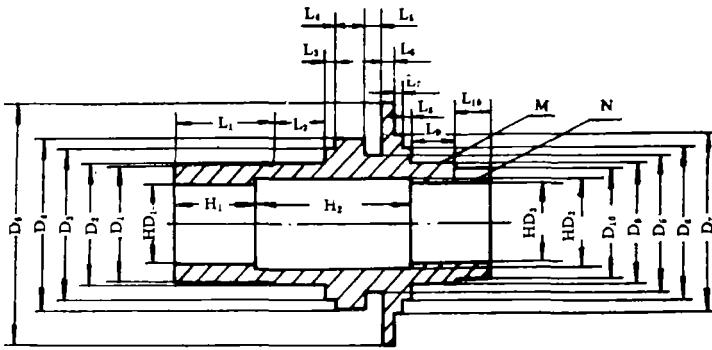


图1 回转体零部件参数化基本模型

图中 M 为外圆柱台阶数 ($1 \leq M < \infty$), N 为内孔台阶数 ($1 \leq N < \infty$), $D_1 \sim D_m$ 外圆柱直径, $L_1 \sim L_m$ 为外圆柱轴向长度, $HD_1 \sim HD_n$ 为内孔直径, $H_1 \sim H_{n-1}$ 为内孔轴向长度,

$$H_n = (L_1 + L_2 + \dots + L_m) - (H_1 + H_2 + \dots + H_{n-1})$$

取不同的 M, N 可由此模型得出相应于 M 和 N 个不同台阶数的子图。例如,图2、图3、图4、图5、图6和图7都是图1的子图。其中图2~图4为 $M = 3, N = 3$;图5、图6为 $M = 3, N = 4$;图7为 $M = 2, N = 4$ 。

M, N 确定后,输入不同的参数 $D_1 \sim D_m, L_1 \sim L_m, HD_1 \sim HD_n, H_1 \sim H_n$ 值,即可得到一系列同构图,如图2~图4为同构图,图5、图6为同构图。图5中的两顶点 V_1 和 V_2 是由折线段连接的,图6中的两顶点 V_1 和 V_2 是由直线段连接的,由于同构图没有规定两个顶点间的相对位置,也没有限定两相邻顶点间必须用什么线连接,只要两个图的顶点集之间存在一个保持邻接性的一一对应关系,则称它们是同构的。所以图5和图6是同构图。同理可得,

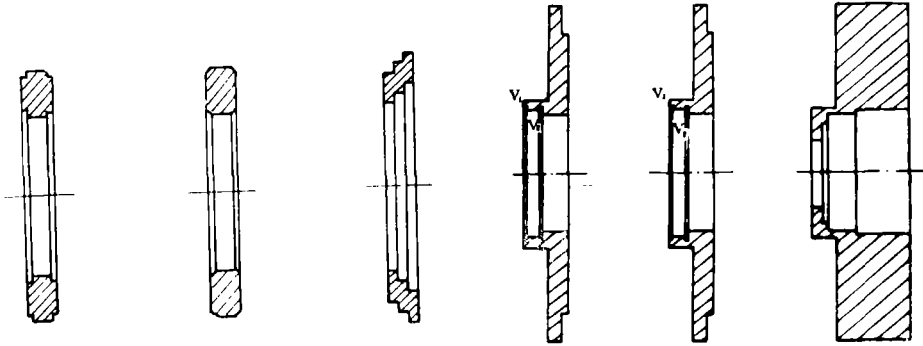


图2 图3 图4 图5 图6 图7

图2~图4也是同构图。

根据同构理论, 本文设计的基本模型, 不仅适用于圆柱体零件和圆孔体零件, 还适用于圆台和圆锥体零件。由同构图的边界旋转扫描, 可生成三维实体模型。根据拓扑学的理论, 这些实体又是同胚的。因此, 该模型可适用于轴类零件、压圈、垫圈等回转体零部件的三维实体及二维图形参数设计。

三、通用程序的编制

以图1作为回转体参数设计的基本模型, 编制出通用程序, 其程序框图如图8所示。运行该主程序, 可通过输入不同的参数, 得到所需回转体零部件的三维实体模型和二维图形。

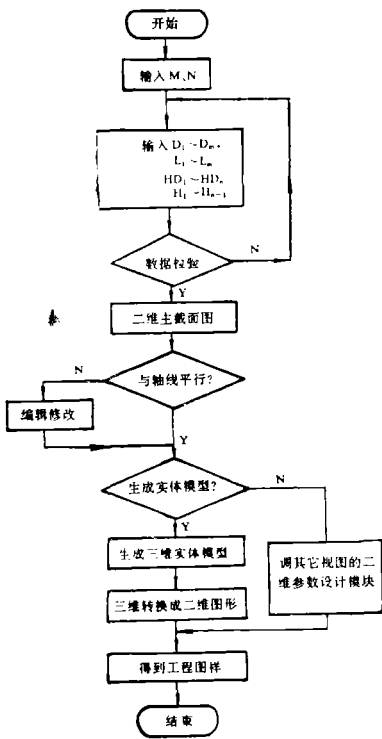


图8 回转体零部件三维实体模型和二维图型参数设计通用程序框图

四、实例

现以空心轴编码器为例说明回转体零部件参数设计过程。

空心轴编码器主要由空心轴、码盘、基座、压圈、垫圈、狭缝架、六角螺钉等零部件组成。如图9所示, 除个别零件外, 大部分是回转体, 可应用本文提出的参数化模型, 并通过调用应用程序来实现编码器的参数设计。其设计过程如下:

1. 进入光学仪器CAD软件系统, 以选择菜单方式调用回转体通用程序。
2. 输入 M 和 N 的值。例如, 空心轴的值 $M = 10$; $N = 3$; 基座II的值为 $M = 3$, $N = 4$; 基座I的值为 $M = 2$, $N = 4$; 压圈I的值为 $M = 3$, $N = 3$ 。
3. 输入相应于不同 M 和 N 的径向和轴向参数值。

4. 生成与零件同构的主截面图, 如图 1、图 2、图 5 和图 6 分别为空心轴、压圈 I、基座 II 和基座 I 的主截面图。

5. 判断边界与轴线是否平行, 若不平行, 可采用连接相应顶点和删除多余边等简单的图形编辑方法, 修改成实际零件的主截面图, 使之成为所需零件的主视图。

6. 采用边界旋转扫描法, 即 B-REP 生成基本轴体实体模型。对空心轴还有四个不平行基本轴线的螺钉孔, 用布尔运算法将轴体减去四个圆柱, 即得空心轴最终的实体模型。如图 9 即为空心轴编码器零部件实体模型装配关系图。图中 axis 即为空心轴的实体模型。

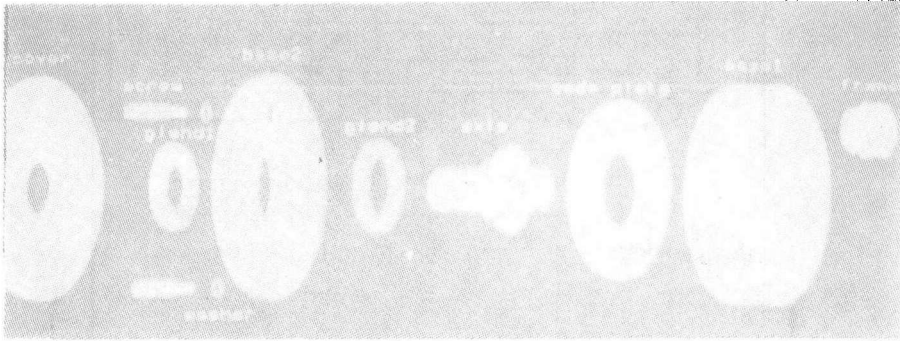


图 9 实体模型装配关系图

7. 由三维实体模型转换成二维图形, 从而得到工程图样。如图 10 即为空心轴的工程图样。

五、结 束 语

回转体零部件参数设计已应用于光电跟踪仪、弹道相机等课题的方案论证及空心轴角编码器和电视摄像机的实际设计, 实践证明, 采用本文的回转体参数化基本模型进行参数设计, 起到了事半功倍的效果, 大大提高了设计和出图的效率和质量, 不仅适合大批量系列化产品的设计, 而且也可用于小批量, 多品种生产的需要。降低成本, 方便用户, 使设计人员在绘图板上的工作自动化, 并把设计人员从繁杂的重复性劳动中解放出来。总之, 建立的参数化设计模型及通用程序软件具有较大的实用价值。

参 考 文 献

- [1] CAD/CAM Reference Issue; Machine Design, Vol. 60 No. 14/15 June 16/23, 1988
- [2] Steven Walske; Machine Design, Vol. 60, No.16, July, 7, 1988
- [3] H. Seifert, W. Threlfall, 江泽涵译, 《拓扑学》人民教育出版社 1982.2
- [4] 王朝瑞编著, 《图论》, 国防工业出版社 1985.5

