

CAD 在光学机械设计 (OMD) 中的应用实例

任 庆 华

摘要: 本文通过CAD技术在光学机械设计 (OMD) 中的二个应用实例, 具体说明了CAD技术在OMD中的应用方法, 并用各种图, 概括地展现了CAD技术用于 OMD 中的优越性及前景。

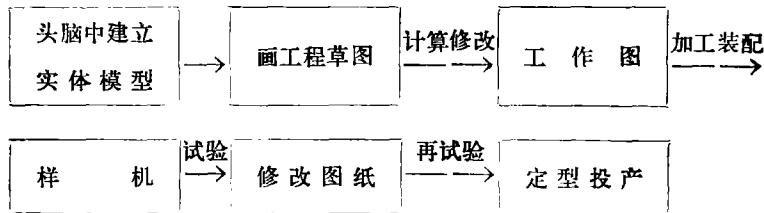
一、绪 言

CAD是英文 Computer Aided Design 的缩写, 意思是计算机辅助设计。这项新兴的计算机技术, 已在工业生产各部门发挥了巨大作用。

本文试图从二个应用实例简单介绍如何在光学仪器的机械设计中应用CAD技术。以前, 设计人员在从事设计工作时, 一般都要经历下述几个阶段:

1. 在头脑中建立所要设计零部件的实体模型。
2. 画出工程草图。根据经验, 或者根据一些力所能及的计算, 进行必要的修改。
3. 完成正式工作图, 检图。
4. 加工样机, 进行各种运行或环境试验。
5. 修改图纸, 再加工试验, 直到定型投产。

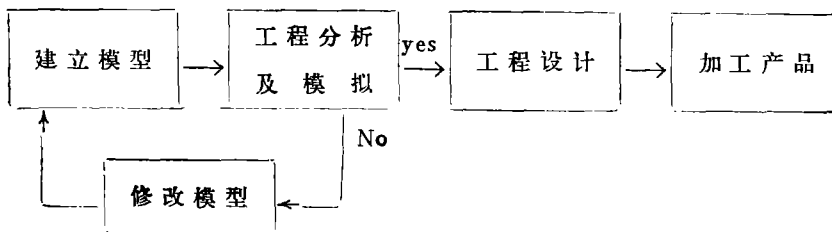
上述过程可用流程图表示为:



对于一个100件左右的部件或设备, 上述过程至少要三个月到半年的时间。如用CAD技术, 则上述过程可大大缩短, 可简化为下述几个基本环节。

1. 由计算机建立所设计零部件的实体模型, 并存贮于数据库中。
2. 选定适用的分析计算程序, 由计算机进行工程分析和模拟。
3. 计算机完成工程设计。
4. 产品加工(CAM)。

此过程的流程图可表示为:



显然 CAD 技术缩短了设计、分析、试验的周期，不用加工样机即可直接获得科学、可靠的分析结果，使设计更为精巧、满意。

所谓计算机辅助，主要也是指计算机在分析、模拟及绘图中所起到的巨大作用，它是用计算机和计算技术向工程师和设计者们提供足够的信息和完成设计所必需的手段。

由于 CAD 技术是一种高度集中的知识功能块，它凝结了许多科学工作者的智慧，以内容丰富、功能强的软件包的形式表现出来。反过来这种高度集中化的知识功能块又给使用它的人带来很多方便，帮助设计人员思维延伸，并从繁琐的计算与绘图中解放出来。

它不要求使用它的人必须是计算机专家或程序设计专家，但却要求使用它的人要是设计方面的行家。辅助设计不是代替设计。CAD 是一种工具，是可以引起设计革命的一种先进技术，它可以用于各个设计领域。

下面仅就应用实例，说明它在光学机械设计中的具体应用。

二、问题的提出

光学机械设计(OMD)中常常遇到二个矛盾：一是构件傻大笨粗与玲珑精巧间的矛盾，二是构件质量低劣、易损与精密、耐用间的矛盾。后者，当然与材料有关，但二者都与设计方法和手段有关，显然，用CAD技术可较好地解决这些矛盾。

由于本文的目的不在于说明CAD技术如何有效地解决了上述二个矛盾，而在于说明CAD技术如何用于OMD中，并展示其优点，因而，我们只选择了二个工程实践中的实际问题做为应用实例加以说明。

1. 高速摄影机的输片爪

它是定位针式高速摄影机摄影胶片传输机构的一个重要零件。工作时对它的运动精度，构件动态刚度要求均很苛刻，又由于它是高速运动的零件，因而希望其质量以及由之而产生的惯性力越小越好，即刚度质量比要大。显然，这是一个典型的优化设计问题。基于具体结构要求，输片爪实体模型草图如下：

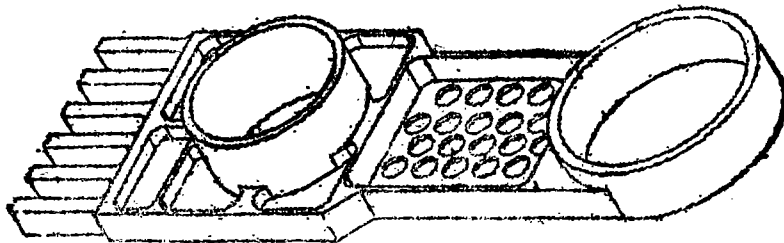


图1 输片爪模型设计草图

工作时，在其爪部受有周期力 F 作用

$$F(t) = 200 \times 10^{-3} \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \quad (\text{kg})$$

其中 $\omega = 400\pi$

用 CAD 技术，可以对此结构进行优化设计，即：根据计算机处理结果，修改实体模型，进行工程设计。也可对此结构进行动态刚度及应力分布的效验。

2. 20倍变焦距镜头的变倍凸轮

它是20倍变焦距镜头的关键零件，凸轮曲线的形状较复杂，曲线精度直接影响变倍精度。如能用计算机绘制及CAM(Computer Aided Manufacture)加工，则可大大提高精度。

1983年以来，我们为了引进CAD技术，与日、法、美等国多家公司进行了技术商谈，为了比较各公司CAD系统的性能、价格，我们分别向美国 Computervision, Intergraph, Calma 三家主要公司提出了上述二个实用题作为机械CAD的考题，希望他们能用各自的CAD系统完成题目，充分表现他们自己系统的优点，对各考题提出的要求如下。

3. 完成输片爪的设计和力学分析

- (1) 绘制三维实体模型，展示在不同角度上的透视图。
- (2) 绘制二维工程图（标注尺寸及形位公差）。
- (3) 计算重量及质量中心。
- (4) 动力学分析（可用NASTRAN或SAP有限元程序）
 - a. 自然频率及振型（前三个频率）
 - b. 位移和应力的时间历程响应。
- (5) 显示结果
 - a. 画出位移——时间响应曲线
 - b. 用颜色展示应力分布
 - c. 展示振形。

4. 绘制凸轮

- (1) 画二维图(2D)
- (2) 画三维模型(3D)
- (3) 检验从3D→2D的转换功能
- (4) 自动生成有限元网格。

三家公司均欣然地接受了我们的考题、都提交了结果。由于各公司的条件不同、完成的内容各有差异。下面仅从应用实例的角度展示结果，并简述其作法，所需图片材料则从三个公司的图片中按需取用。

三、计算结果

计算机屏幕上所显示的东西，不论是文字还是图形，或者是它数据库内存有的，或者是算出来的，在CAD图形工作站上所显示的图形也是如此。

1. 考题一：输片爪

(1) 完成3D实体模型

可根据软件情况，由多种途径完成。这里是根据考题所给定的图纸，由定义一系列直线、曲线、圆弧、云形线完成所设计物体的外形轮廓，如图2。

再用实体模型软件生成3D实体模型。本题是先在轮廓的Z方向上加一厚度尺寸，形成立体模型，再用布尔运算切去或加上模型中多余或缺少的部分，如图3、4。

至此，零件的实体模型已构成，并存贮到计算机中。软件的功能保证根据设计者的指令，可展示零件在任意方向上的透视图，如图5所示。

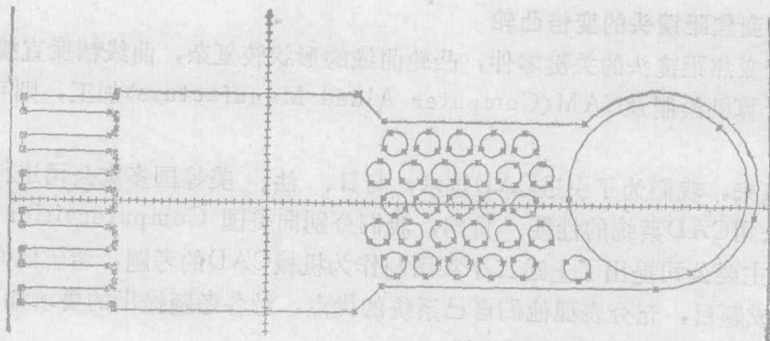


图2 零件外形轮廓

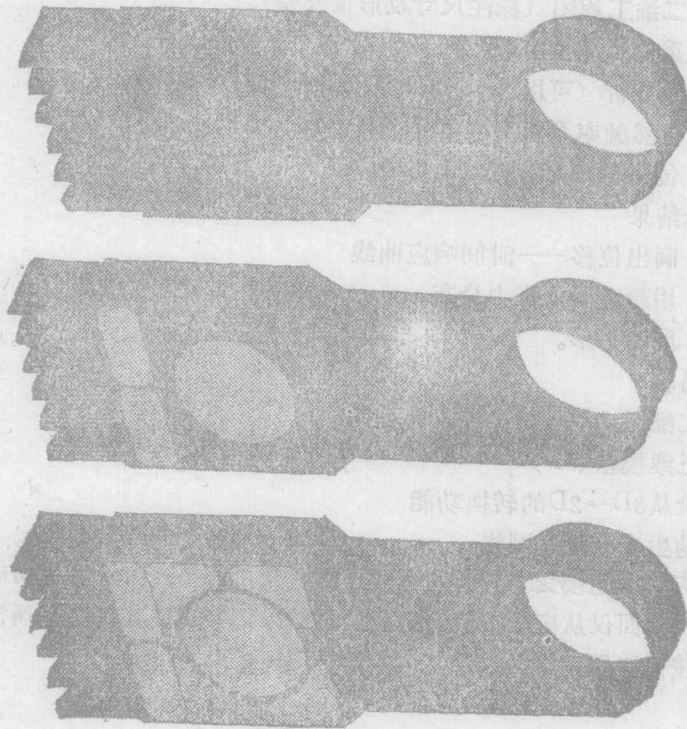


图3 实体模型的布尔运算

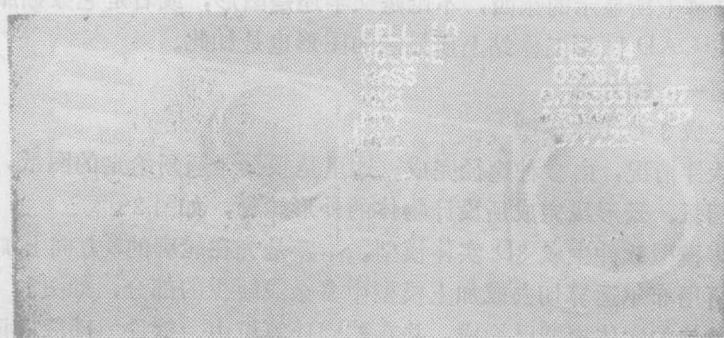


图4 零件的实体模型

目前使用较多的工程图软件，如AutoCAD、SolidWorks、Pro/ENGINEER等，均具有强大的三维建模功能，并能自动生成工程图。图5为图5(a)图例——打表液用泵。

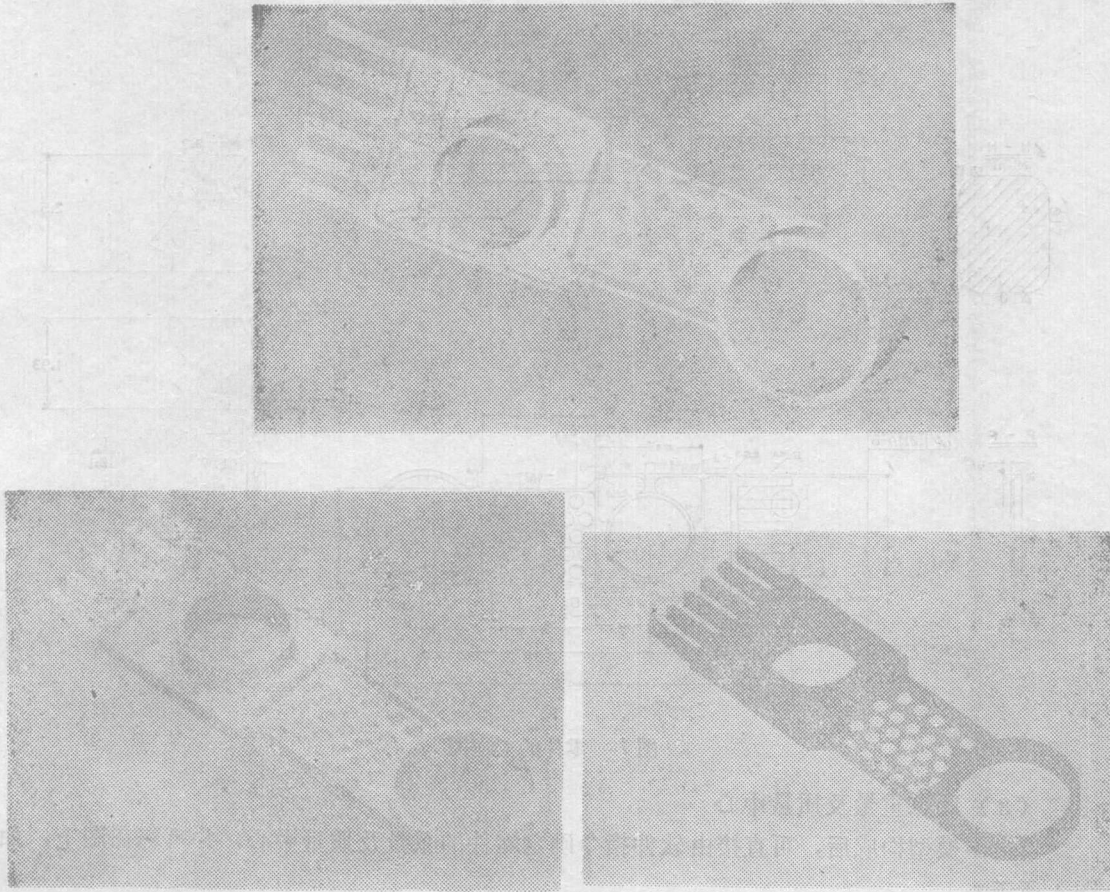


图5 零件在各个方向的透视图

（2）绘制工程图

根据实体模型，由软件指令，可得零件的任意向视图及任意位置的剖面图，如图6。

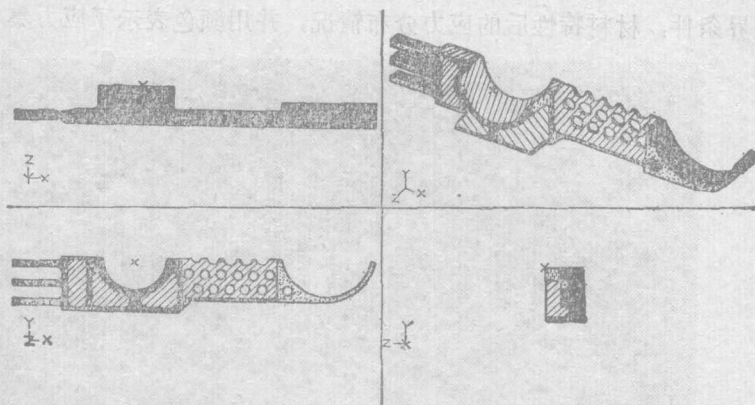


图6 零件的视图及剖面图

由此，再应用计算机内已装好的基本绘图软件绘制实用的工程图，如图 7。此图可由计算机的外设——绘图仪画成大图。(此处略)

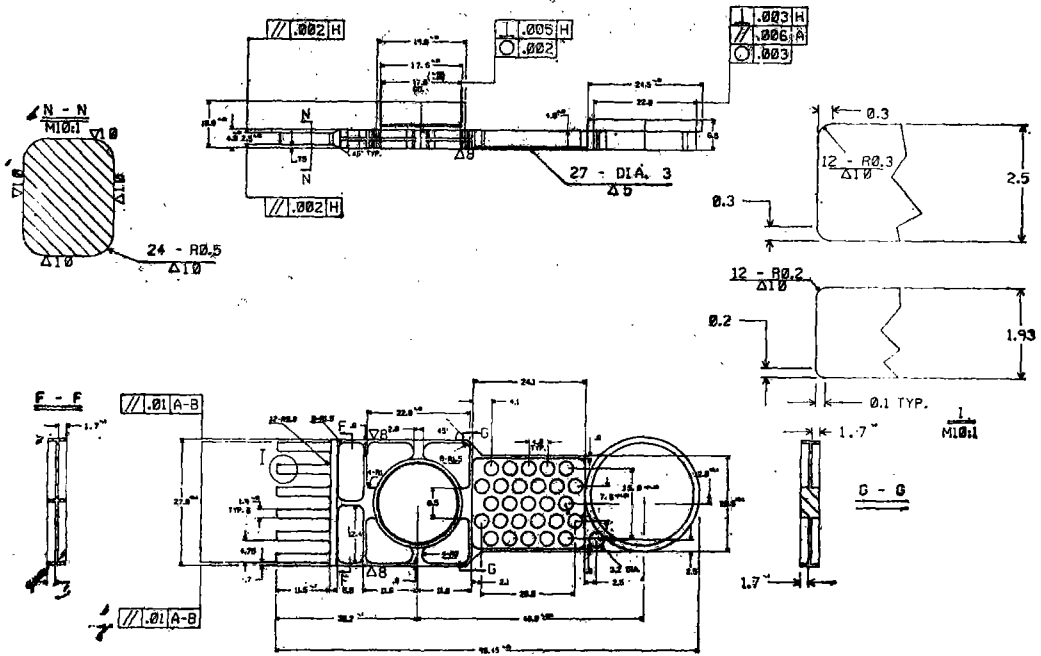


图 7 零件的工程图

(3) 计算重量及质量中心

当实体模型构成后，可直接由软件指令确定零件的重量及质量中心，并可标在图上，如图 4 所示。

(4) 动力学分析

完成动力学分析时，要用有限元法，要选用合适的有限元分析程序及恰当的单元。但不论采用那种程序，首先都必须画出实体模型的有限元网格。目前的分析软件大都有有限元前处理程序，可大大缩短网格化的时间。图 8 展示了有限元网格化后的零件，并表示了施加负荷，考虑边界条件，材料特性后的应力分布情况，并用颜色表示了应力集中处。

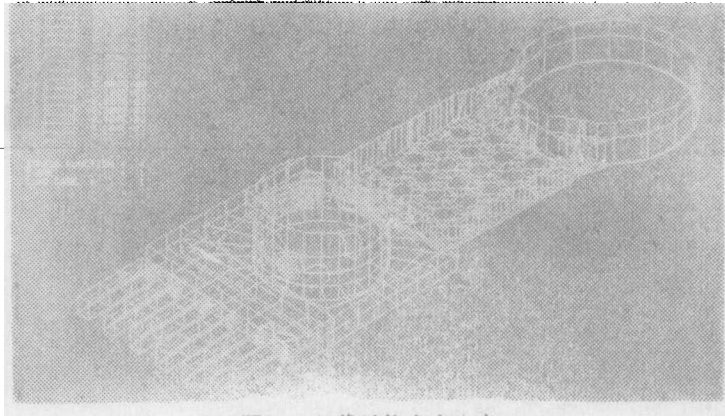


图 8 加载后的应力分布

图9表示了零件受力后的变形情况，也可用图表表示变形或应力，如图10。

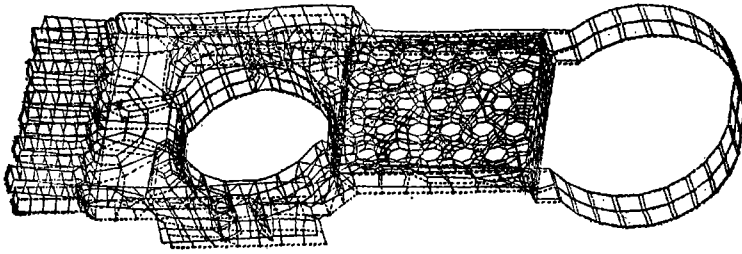


图9 加载后的变形图

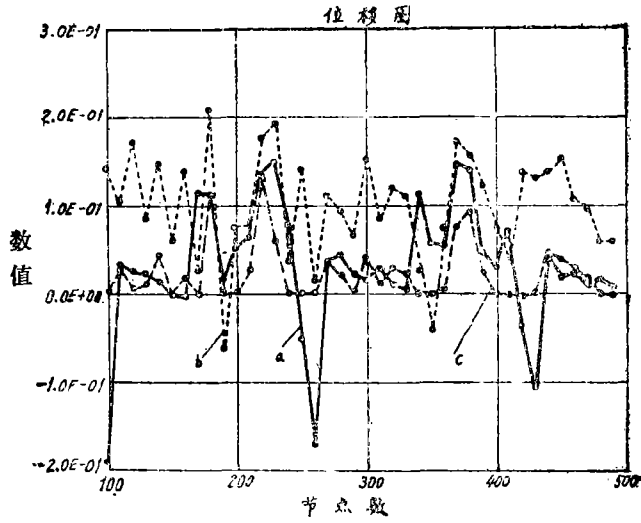


图10 表示位移的图

a: x-位移 b: y-位移 c: z-位移

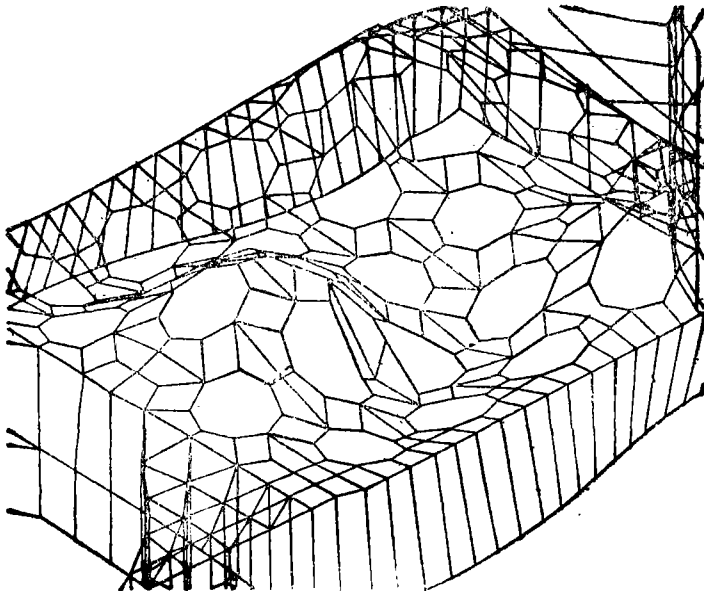


图11 零件的振形

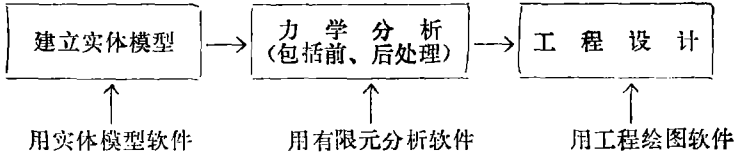
图11表示了零件做一定简化后(为减少计算量),用 NASTRAN 程序算得的零件振形。其相应的三种频率分别为:

$$F_1 = 34.6 \text{ Hz}$$

$$F_2 = 53.4 \text{ Hz}$$

$$F_3 = 345.7 \text{ Hz}$$

由上述可知,完成考题一的基本程序是:



各家公司在完成上述过程时,所依据的各种软件不同,方法也不同,但要完成的基本任务是一样的。当然,这些完成同样任务的软件在性能及水平上是有差异的。

2. 考题二: 凸轮

(1) 画 2D 及 3D 图

可以有三种途径:

- 用数字化转换器(digitizer)把给定的图数字化,并存入到计算机内。
- 用计算机内装的绘图软件,照给定的图绘制。
- 先建立实体模型,根据需要由指令得到所需 2D 视图。并用注尺寸软件等标注几何尺寸及形位公差。

对于本题,构成实体模型的途径也有好几种。图12为用绘图软件绘制的凸轮零件图。图13为用布尔运算所求得的凸轮实体模型。

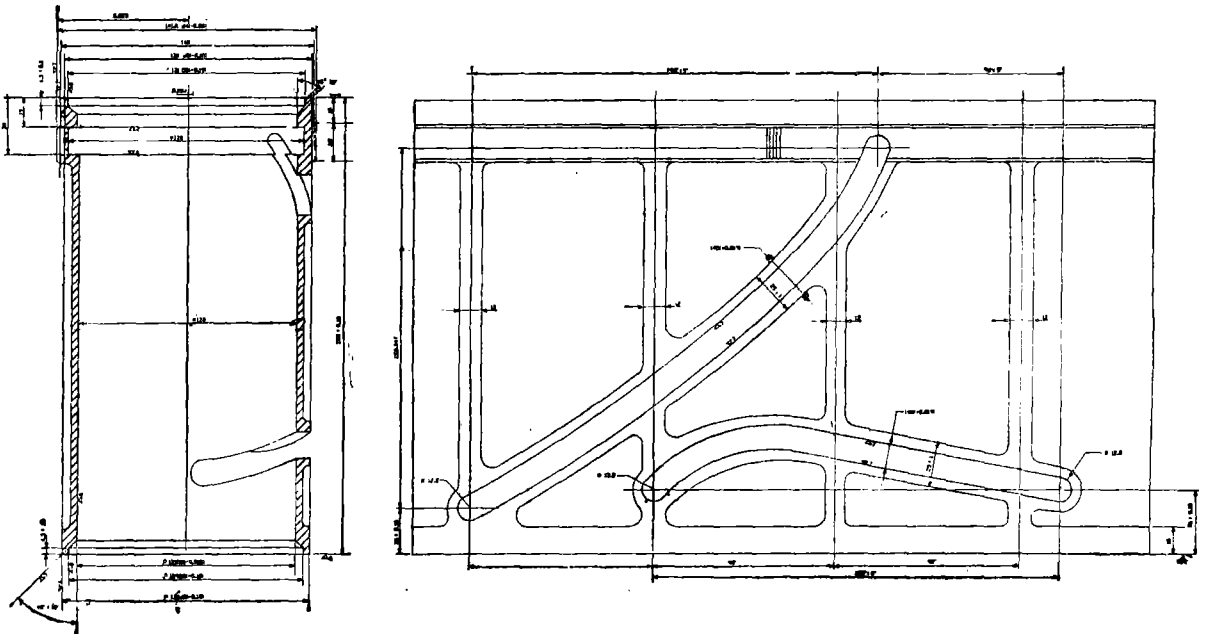


图12 凸轮零件图

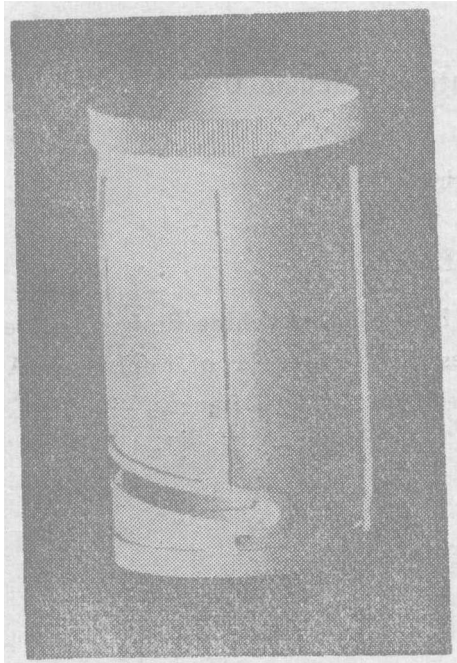


图13 凸轮实体模型

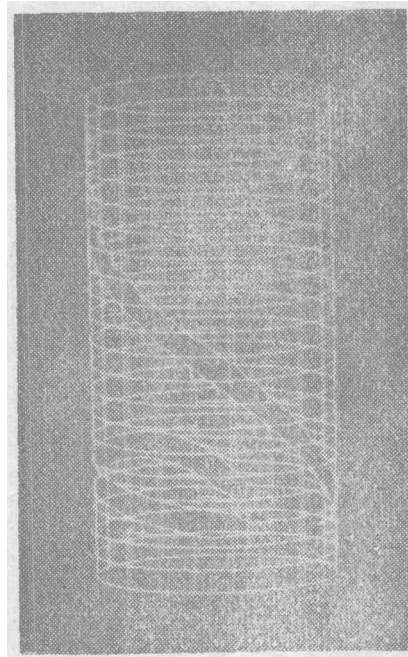


图14 凸轮有限元网格图

(2) 画有限元网格

使用有限元分析程序,在前处理过程中,自动生成有限元网格。图14即为自动生成的有限元网格图。

四、结 论

根据上述应用实例可知, CAD技术可以有效地用于OMD中, 它所需要的条件是:

1. 先进的CAD设备——硬件及外设应备齐。
2. 功能丰富的软件包——这种软件包, 对本CAD系统来说应是一体化的。传输速度要快。

3. 有一批经验丰富的OMD人员——他们可以把CAD技术当做先进的工具, 用好, 开发好。CAD技术用于OMD的优点是: 可缩短仪器研制周期, 提高设计质量及精度, 降低成本使过去只凭经验及简单计算进行设计变为依据科学方法和精确计算进行设计。能解决一系列过去所不能或不易解决的场分析(包括热分析)、动态分析、系统分析等问题。更能由计算机模拟免去加工样机, 降低成本, 提高质量。并随着软件一体化程度的提高以及各种具有新功能的软件的出现, 将会把各种先进技术及早地用到OMD中来。

CAD技术在OMD中的前景是: 在引进设备及先进合用的软件后, 首先使之在OMD改革中见效。其次, 建立自己的OMD数据库, 再其次, 开发适合于自己工程项目的应用软件包, 它可以是光、机、电一体化的, 也可以是为某一目的而专门化的。总之, 在OMD领域内CAD技术是有广阔前景的。

Applications of CAD in Optical Machine Design

Ren Qinghua

Abstract

In this paper the applications of CAD in optical machine design are described through two examples. The advantages and spectacle of applying CAD in optical machine design are generally showed by several figures.