

遥感相机的概念设计

任 庆 华

摘要: 本文从 CAD 技术角度叙述了遥感相机的概念设计。用各种线框图、着色图展示了遥感相机光学系统、机械结构和复杂光学零件概念设计的方法和具体应用。分析了相机桁架结构的合理设计。用概念设计方法设计出了相机结构具体方案的实体模型。

一、概 述

概念设计是 CAD (计算机辅助设计) 技术之一, 它是用 CAD 技术设计工程项目时, 首先要遇到的技术问题。

概念设计阶段的任务是把设计者头脑中所存有的被研究项目的有关概念输入计算机, 借助计算机的功能在人机对话的过程中进一步丰富扩展思维, 完善所研究问题的概念。当使用配有绘图软件的 CAD 图形工作站时, 对于具体的设计项目来说, 最好的途径就是建立所设计项目的实体模型, 该模型应真实的代表所要研究项目的几何构造及其它有关属性。

目前实体模型主要由两种办法生成: 一是由基本三维体素 (长方体、圆柱、圆锥、球等) 经布尔运算生成称之为 CSG (Construction Solid Geometry) 法; 二是由边界定义形成的二维断面扫描生成 (扫描径迹可以是直线, 曲线或弧段) 称之为 B-Rep (Boundary-Representation) 法, 但不论由那种方式生成的实体模型均能提供零件设计所需的各种数据, 可清楚地定义物体的几何和容积特性, 可成为零件进一步设计、分析的数据库基础。

设计项目的实体模型建立后, 即可据此对设计项目进行初步评价。由于实体模型的直观性为各类人员可直接评价带来方便。其后, 根据所具有软件的情况可直接或间接地进行 CAD 技术的另一项工作——工程分析。比如美国 SDRC 公司的 IDEAS 软件包、在用 GEOMOD 功能块生成 Solid modeling (实体模型) 后马上就可由另一个功能块 SUPERTAB 生成线框及节点和单元进行有限元分析。如果不是一体化数据库则需另生成 wireframe (线框图) 进行有限元前处理之后才可进入工程分析, Auto-trol 公司的软件即属这一类。

二、遥感相机的概念设计

1 光学系统的概念设计

当光学系统各光学元件进行了有关的光学设计, 确定了几何尺寸后, 即可建立其空间相互位置的实体模型。图1、图2分别为二种光学系统的实体模型。该模型可真实地表明所有光学零件的几何关系, 拓扑关系及有关属性。

光学系统的实体模型建立后, 计算机可以检验任意一元件的几何尺寸、体积、重量、密度等参数、并可由打印机打印出该结果。

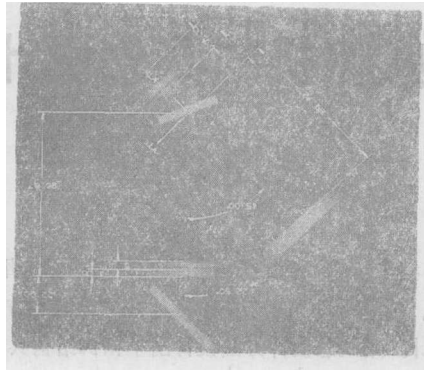


图1 一台方案光学系统模型

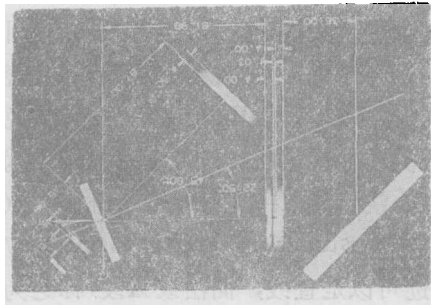


图2 二台方案光学系统模型

2 机械结构的概念设计

(1) 相机结构分析

在进行相机结构设计时，重点地参阅了法国 Spot 卫星用的传输相机结构，特别是它的光学元件的配布及桁架布置，感到很有深入分析的必要性，现仅就其桁架布置作重点分析。

根据资料，法国 Spot 的相机桁架共20根杆件（内12根，外8根）仔细分析可看出内12根桁架与“人”字型弯板一起构成了相机的骨架，相机的全部光学零件用各种方式均固定于此骨架上，因而内12根杆与“人”字型弯板实际上代表了相机的基本结构。

桁架外8根杆事实上是把相机本体固定到卫星上的固定杆，其作用与内12根杆不同，其设计思想看来是在相机本体上选择了四个刚性最好的点分别各引出2根杆（共8根）与座架相连，并把杆系的主方向布置成与发射要求相适应的谐振频率高的方向。

在美国《SPIE》Vol.748（1987）上有一篇文章介绍空间望远镜所用 WF/PC 相机的结构分析时也提到了类似的设计思想。该相机是由美国喷气推进试验室（JPL）为 NASA 所研制的，卫星由航天飞机带到空间，由宇航员放入轨道，所用相机也是两台，每台重622磅。

相机的全部光学零件安装于一个由碳纤维和殷钢（为热稳定）加工成的光学座上，光学座巢装到壳体内，壳体提供3个连结点把整个相机安装到空间望远镜上，光学座用热稳定的

支柱直接连接到 3 个连结点上。壳体可以随温度而变形，而不把此变形传给光学座。壳体由铝制成并对光学座提供光密封，其上安装电子柜。还提到一个铝散热器用碳纤维柱连到壳体的各部，CCD 组件工作在 -105°C 下由电热致冷器致冷等。其结构简图及有限元模型 如图 3、4

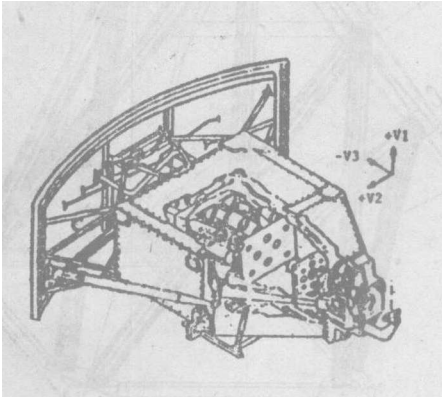


图 3 WF/PC相机简图

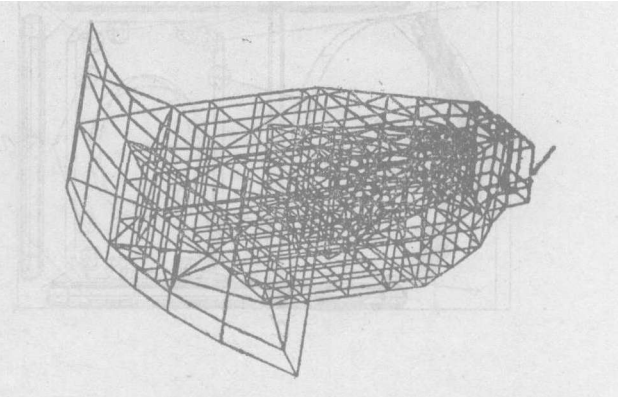


图 4 WF/PC相机的MSC/NASTRAN有限元模型

总之，不论法国的和美国的相机均表明了同一的设计思想，即先把相机构成一整体，再由其上 3 个或 4 个刚性点与总体相连。我们也用同样的设计思想来考虑我们的问题。

(2) 相机结构的概念设计

我们按法国 Spot 相机结构类似地布置我们的方案。

显然“人”字型弯板为相机的刚性最好构件既是光学座也是“大梁”，也用 12 根 $\phi 60$ 的中空碳纤维杆按光学设计要求布置好结构，输入计算机构成其实体模型。

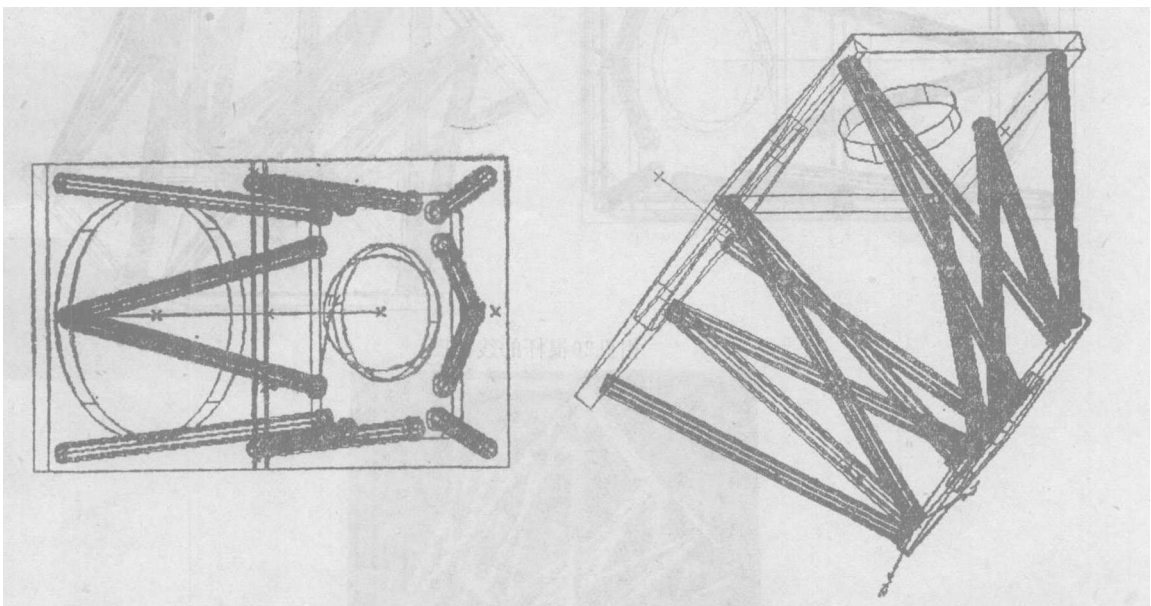


图 5 相机本体的 12 根杆线框图

显然应把相机结构谐振频率最高的方向安排到发射方向。再按发射要求布置相机与卫星体间的连结杆件，我们也选相机上 a、b、c、d，四个刚性最好点连 8 根 $\phi 80$ 的中空碳纤维杆构成全部桁架的实体模型。

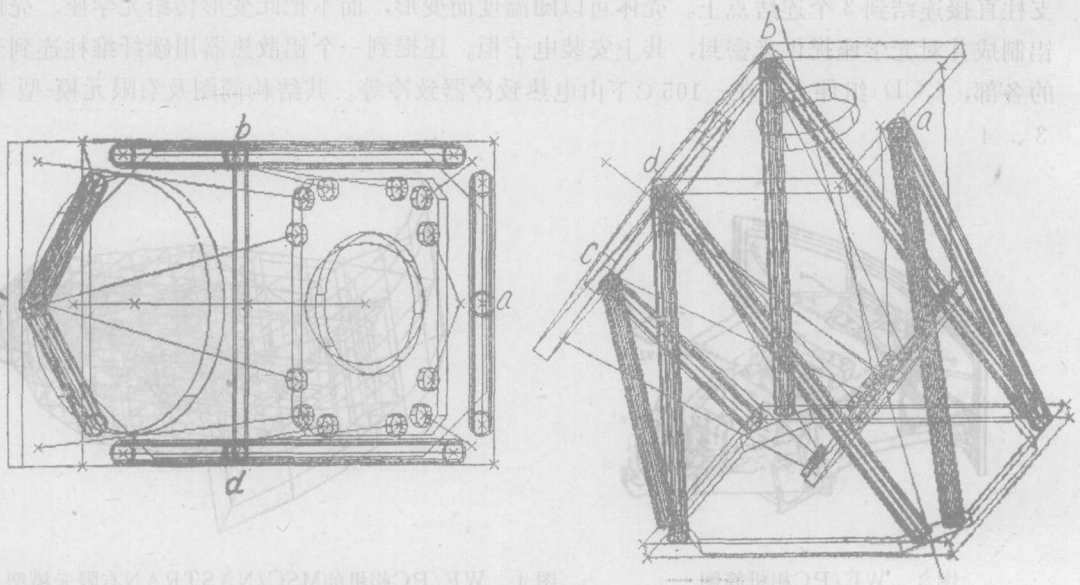


图6 相机外8根杆的线框图

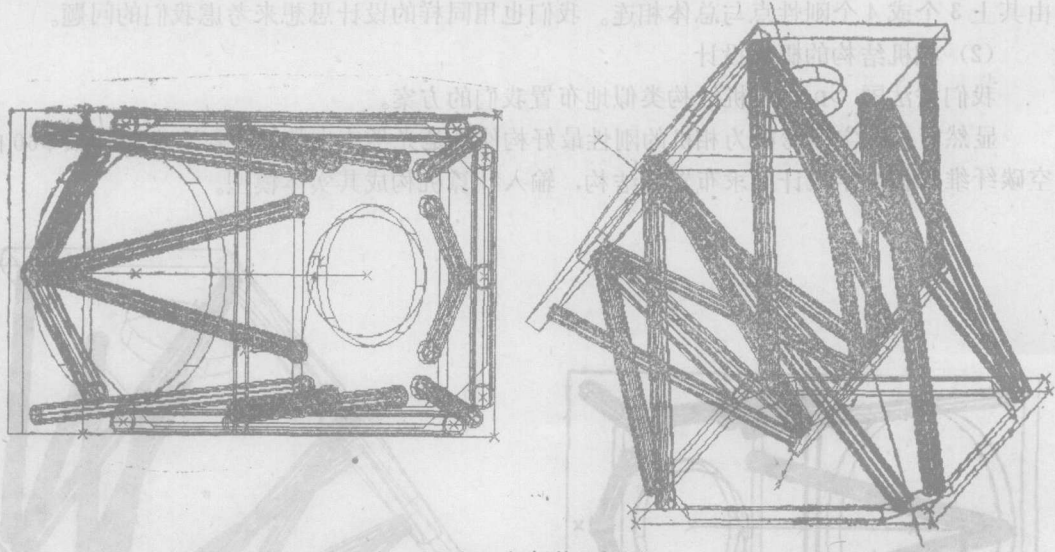


图7 相机20根杆的线框图

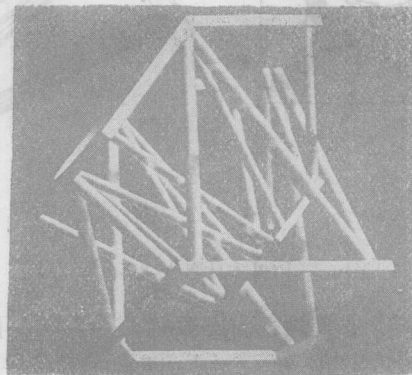


图8 相机桁架实体模型着色图

接着这一设计思想内12根杆及外8根杆可做各种布置安排，尺寸以及数量的变换经静动力学分析后即可确定其最佳方案。此处只着重说明了立式（垂直发射）一台的方案情况，并非最佳情况。

为了在设计完成前对方案有个概念性的了解用概念设计的方法设计了立式一台方案的整个实体模型，图9为其着色图，图10为其线框图，图11为纵横截面图以供讨论时加以评估。

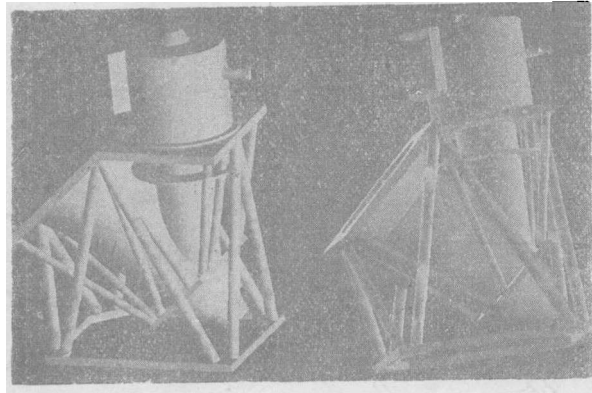


图9 立式（一台）相机的着色图

3 复杂光学元件的概念设计

为了减轻相机的重量，必须压缩相机各组成构件的尺寸。重要的机械及光学零件均应做优化设计，在做这些分析之前需建立实体模型及有限元模型。

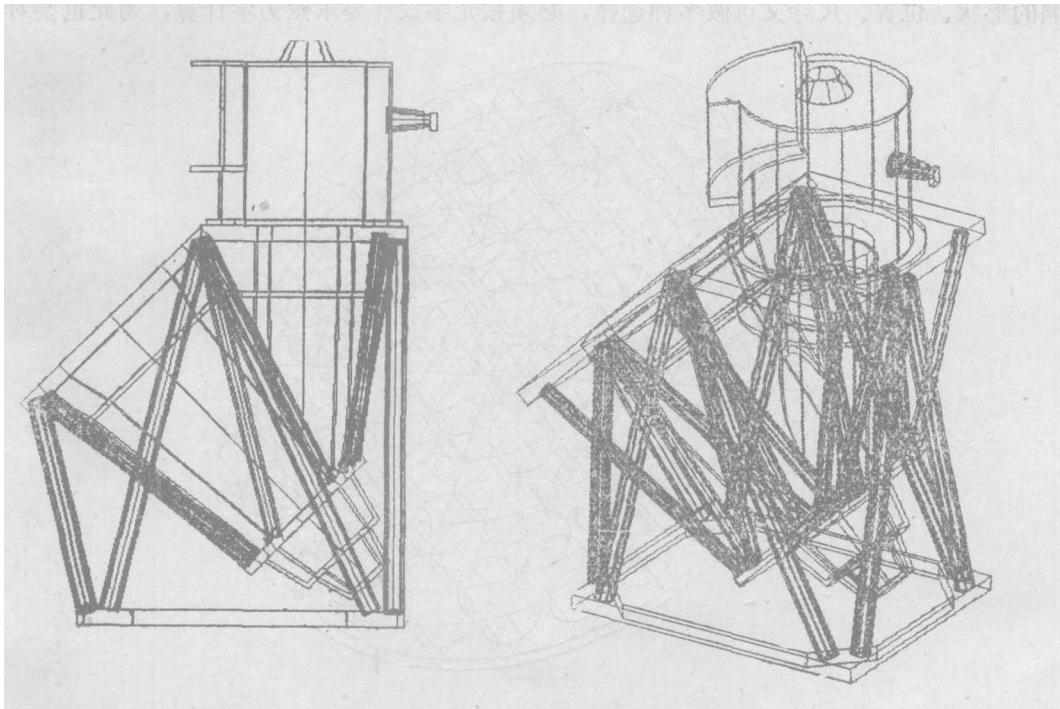


图10 相机（立式）整体线框图

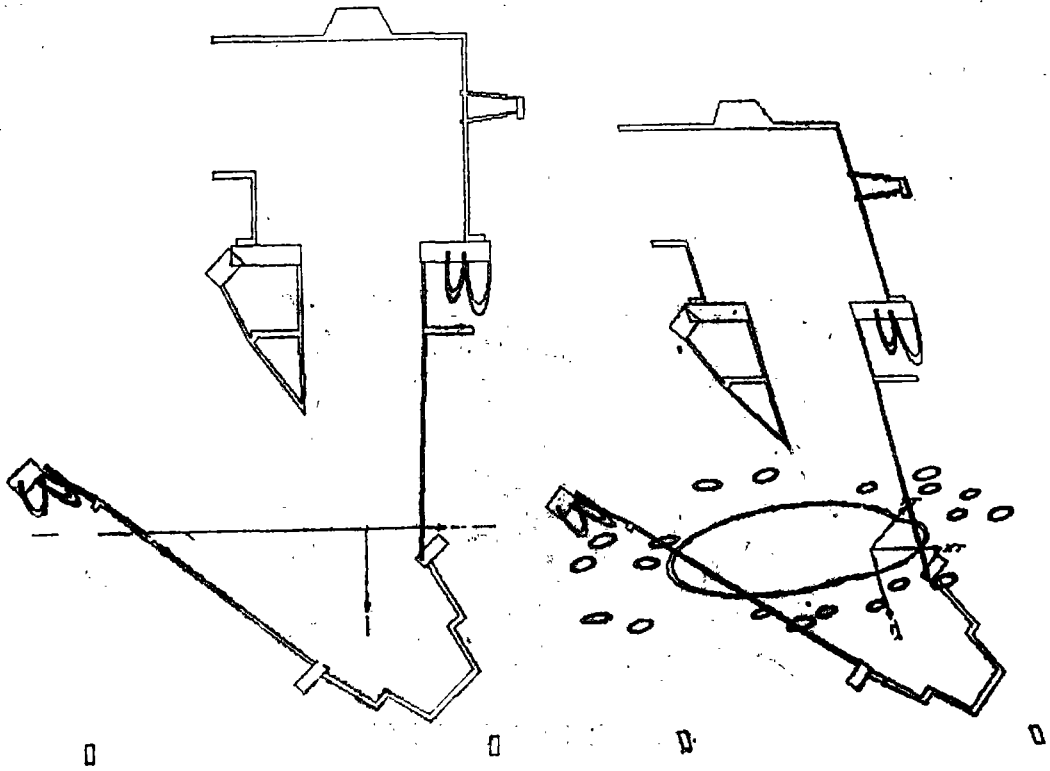


图11 相机(立式)整体截面图

相机中大主镜是减轻重量的主要对象，为此要在其背面挖去许多不必要的重量。被挖去玻璃的形状、位置、尺寸又可做多种选择，必须按光学设计要求做力学计算，为此也要对它

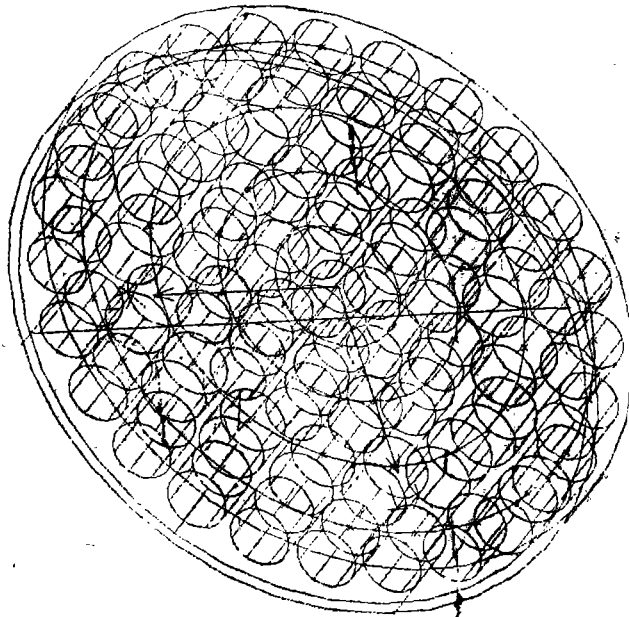


图12 主镜线框图

进行概念设计。

图12、13、14展示了去掉59个大小深度不等的圆柱后大主镜实体模型的线框图，截面图及着色图，并可打印计算结果（表1为主镜各参数及打印结果）迅速、准确。图15展示了由181个面所构成的主镜着色图，可在此基础上生成主镜的有限元模型。

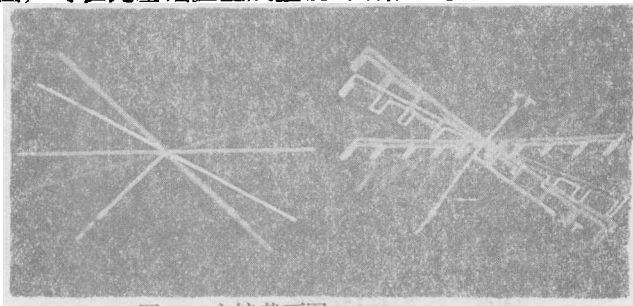


图13 主镜截面图

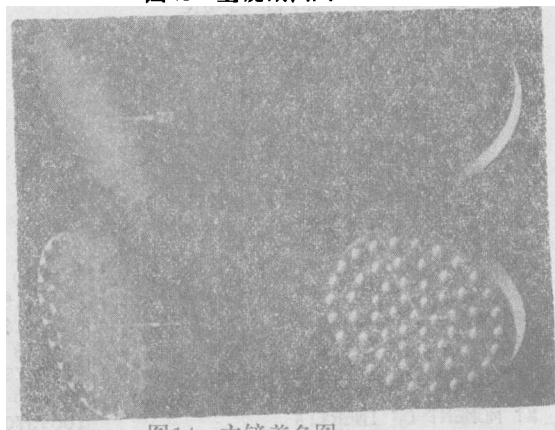


图14 主镜着色图

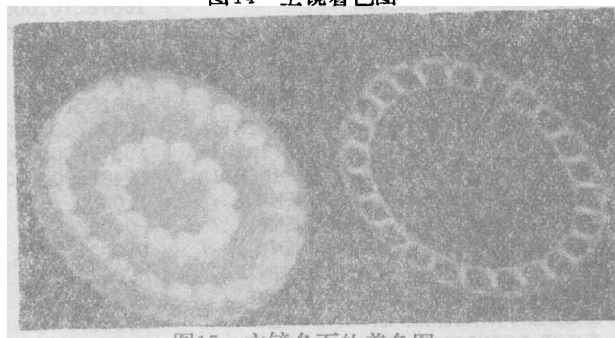


图15 主镜各面的着色图

三、结 语

本文重点讲述概念设计在遥感相机中的应用，仅只是展示概念设计所具有的能力，对其后的工程分析等未加赘述。

实际上工程设计首先迁到的是概念设计，要想借助计算机来进行设计，设计者第一步必须把自己头脑中的设计思想和设计概念输入到计算机，在人机作业中进一步补充修改，丰富并完善自己的概念，最后由计算机把所要设计的项目生动形象地表达出来。在工程方案的论证阶段，概念设计尤其能把各种设计思想，工程方案清楚地显现出来。它是一种直观迅速可靠的显示方法，可为工程论证提供丰富的科学资料。它又是工程分析、CAM、CAT 的基础和

出发点，尤其当软件包为一体化的数据库时，它就是所分析项目的数据库基础。

本文只对遥感相机进行了概念设计，每部分用一个例子说明了其应用和能力。当对具体确定的方案做深入论证时、则可做出各种结果，供分析比较，加上工程分析，设计者、专家、用户即可在此基础上做出科学的决策。

总之概念设计在遥感相机设计中将是一个先进有效的计算机分析技术，由它能将整个相机设计得更好、更科学、更符合设计要求、完成整个工程项目的任务。

附表1 主镜各参数打印结果。

```

ID CNT      = 5
PART_NAM    = NODE_1306F11; (REN/CCD) ccdm1b.g1
USER ID     = user
DATE        = 06/19/89
TIME        = 12:42:28
PROD_ID     = h-S7000F/11-91-012
1.0000000, 0.0000000, 0.0000000
0.0000000, 1.0000000, 0.0000000
0.0000000, 0.0000000, 1.0000000
0.0000000, 0.0000000, 0.0000000
1.0000000, 0.0000000, 0.0000000
0.0000000, 1.0000000, 0.0000000
0.0000000, 0.0000000, 1.0000000
0.0000000, 0.0000000, 0.0000000
CALCULATION FOR THE MIRROR
3-D PROPERTIES
SURFACE AREA                = 0.0000
VOLUME                      = 23972.5900
WEIGHT                      = 60890.3900
XT CENTER OF GRAVITY        = 0.0073
YT CENTER OF GRAVITY        = -0.3478
ZT CENTER OF GRAVITY        = 5.4600
XT MOMENT OF INERTIA         = 10595700.0000
YT MOMENT OF INERTIA         = 10678210.0000
ZT MOMENT OF INERTIA         = 19487160.0000
XTYT PRODUCT OF INERTIA     = -178.1667
XTZT PRODUCT OF INERTIA     = 672.2800
YTZT PRODUCT OF INERTIA     = -68105.6500
FIRST PRINCIPAL MOMENT OF INERTIA = 10595700.0000
SECOND PRINCIPAL MOMENT OF INERTIA = 10677680.0000
THIRD PRINCIPAL MOMENT OF INERTIA = 19487690.0000
FIRST PRINCIPAL XT COMPONENT = 1.0000
FIRST PRINCIPAL YT COMPONENT = -0.0022
FIRST PRINCIPAL ZT COMPONENT = 0.0001
SECOND PRINCIPAL XT COMPONENT = 0.0022
SECOND PRINCIPAL YT COMPONENT = 1.0000
SECOND PRINCIPAL ZT COMPONENT = -0.0077
THIRD PRINCIPAL XT COMPONENT = -0.0001
THIRD PRINCIPAL YT COMPONENT = 0.0077
THIRD PRINCIPAL ZT COMPONENT = 1.0000

```

参 考 文 献

[1] J.P.Midan; Space Technol.,6,No.2, P163—172, 1986.
[2] John W.Zins; SPIE, 748, P51, 1987.
[3] Gareth R. Thomas; SPIE, 748, P40, 1987.

Concept Design of Remote-Sensing Camera

Ren Qinghua

Abstract

Concept design of a remote-sensing camera is described according to the CAD technique. Its design method and application in optical system, mechanical structure and complex components in a CCD remote-sensing camera, by showing various wireframes and shading pictures, are presented. A reasonable design of a camera truss structure is analyzed and a practical model of the CCD remote-sensing camera is given.