

目 录

引言	ii
0.1 研究背景	ii
概述	iii
0.2 视觉检测技术的相关概念	iii
0.2.1 计算机视觉	iii
0.2.2 狭义机器视觉	iii
光学系统	iv
0.3 反射式物镜设计	iv
0.4 一、两镜系统设计	iv
0.5 天文望远镜 R-C 系统设计	v
0.6 卫星 R-C 系统设计	v
参考文献	vii

引言

0.1 研究背景

计算机视觉¹ 在国民经济，科学研究及国防建设等领域都有着广泛的应用。

¹计算机视觉:<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%AE%A1%E7%AE%97%E6%9C%BA%E8%A7%86%E8%A7%89>

概述

0.2 视觉检测技术的相关概念

视觉检测技术^[4]是一门面向特定视觉任务，建立在计算机视觉和图像处理基础之上，对目标对象进行定性检测和定量检测的一门新兴检测技术

0.2.1 计算机视觉

计算机视觉^[5,6]是研究人类视觉的计算模型，利用计算机对描述景物的图像数据进行处理，以实现类似人的视觉感知功能，对客观世界的三维场景进行感知、识别和初理解，是计算机科学和自然科学的重要组成部分。计算机视觉的研究方法主要有：

一、仿生学的方法 参照人类视觉系统的机构原理，建立相应的处理模型完成类似的功能和工作。

二、工程的方法 从分析人类视觉过程的功能入手，并不刻意模拟，人类视觉内部结构。

0.2.2 狭义机器视觉

狭义机器视觉的概念是指工业视觉检测，与普通计算机视觉、模式识别、数字图像处理有明显区别，是计算机视觉最重要的应用之一。目前，最权威的机器视觉的定义是美国制造业工程师协会和机器人工业协会给出的：

“机器视觉是利用非接触式的光学传感器自动采集实景物图像并进行处理，以获得所需的信息，并控制机器和生产过程的装置。”

光学系统

0.3 反射式物镜设计

反射式望远镜物镜在空间光学系统中有着广泛的应用，因此无论是在国内还是国外它都成了一个研究热点。对于空间光学系统，由于其物距非常大，而探测器的像元尺寸有限，如果要取得一定的分辨率，就需要增大系统的焦距，通常空间光学系统的焦距都会在几百毫米以上，长的可以达到数米甚至数十米。由于焦距长，要达到一定的相对孔径，物镜的口径就显得非常大，可以达到几百毫米至数米。这样大的口径对于透射式系统来说，是非常难以实现的，因此通常空间光学系统都采用反射式。另外，反射式系统的另一个优点是没有色散，适用于宽光谱系统。反射式光学系统通常有两镜式或多镜式。

0.4 一、两镜系统设计

两镜系统由一个主镜和一个次镜组成，通常主镜和次镜都是二次曲面，其表达式为

$$y^2 = 2rx - (1 - e^2)x^2$$

其中 e^2 面形参数，可以作为消像差的自变量； r 为镜面顶点的曲率半径。对于望远镜系统，其物体位于无限远，同时一般光阑与主镜重合，因此有

$$l_1 = \infty, u_1 = 0$$

定义两个与外形尺寸有关的参数

$$\alpha = \frac{l_2}{f_1'} = \frac{2l_2}{r_1} \approx \frac{h_2}{h_1}$$

$$\beta = \frac{l_2}{f_2'} = \frac{u_2}{u_2'}$$

根据高斯公式，还可以写出

$$r_2 = \frac{\alpha \cdot \beta}{1 + \beta} \cdot r_1$$

其中， α 表示次镜离第一焦点的距离，也决定了次镜的遮光比； β 表示次镜的放大倍数。主镜的焦距乘以 β 即为系统的焦距，或主镜的 F 数乘以 β 的绝对值即为系统的 F 数。两镜系统的最大优点是主镜的口径可以做得较大，远超过透镜的极限尺寸，镀反射膜后，使用波段很宽，没有色散，同时采用非球面后，有较大的消像差的能力。因此，两镜系统，系统结构比较简单，成像质量优良。但是，两镜系统也有一些缺点，例如不容易得到较大成像质量所需的视场，次镜会引起中心遮拦，有时遮拦还比较大，非球面与球面相比，制造难度更大，但现在非球面加工技术越来越成熟，因此在空间光学系统中，两镜系统仍然是一个很好的选择。

0.5 天文望远镜 R-C 系统设计

首先由仪器的总体设计要求，确定光学系统的通光口径及总的相对孔径。主镜的相对孔径的选择和多方面因素有关，在经典的卡塞格林及 R-C 系统中，主要和系统的相对孔径有关。若系统的焦距比较长，主镜的焦距可以长一些，相对孔径也可以小一些，这样加工容易一些。若系统的焦距很短，则主镜焦距就必须取得较短，相对孔径变大，从缩短镜筒长度来说，主镜相对孔径越大越有利，但加工难度会相应增大，加工难度和相对孔径立方成正比。因此，主镜相对孔径数值的确定需要综合几方面的因素来定，一般取 1:3 左右。另一个问题就是确定焦点的伸出量 Δ ，在消像差的独立变量中，与外形尺寸有关的是 α 和 β 。当 Δ 值较大，又要维持一定的 β 值不太大，势必要增大 α 值，从而中心遮拦增大。 α 、 β 、 Δ 之间的关系为

$$\begin{cases} l_2 = \frac{-f'_1 + \Delta}{\beta - 1} \cdot r_1 \\ \alpha = \frac{l_2}{f'_1} \end{cases}$$

主镜和次镜之间的间隔以及次镜的半径为

$$\begin{cases} d = f'_1(1 - \alpha) \\ r_2 = \frac{\alpha \cdot \beta}{\beta + 1} * r_1 \end{cases}$$

主镜的半径为

$$r_1 = 2 \times \frac{\text{主镜口径}}{\text{主镜的相对孔径}}$$

0.6 卫星 R-C 系统设计

假设需要设计一个用于空间卫星的 R-C 系统，系统口径为 250mm，系统的焦距为 1000mm，系统伸长量为 180mm，要求镜头长度尽可能短。因为整个系统的相对孔径比较大，为 1:4，以假定主镜的相对孔径为 1:2。这样主镜的焦距为-500mm，顶点曲率半径为-1000mm，从主镜到系统焦点的距离为 500+180=680 (mm)，因此

$$r_1 = -1000$$

$$f'_1 = -1000$$

$$\beta = \frac{1000}{-500} = -2$$

次镜的放大率为 2 ($\beta = -2$)，故次镜离主镜焦点的距离为

$$l_1 = \frac{-f'_1 + \Delta}{\beta - 1} = \frac{-(-500) + 180}{-2 - 1} = \frac{680}{-3} = -226.667$$

而

$$\alpha = \frac{l_2}{f'_1} = \frac{-226.667}{-500} = 0.4533333$$

同时根据消球差和慧差的条件，有

$$e_1^2 = 1 + \frac{2\alpha}{(1-\alpha)\beta^2} = 1 + \frac{2 \times 0.453}{(1-0.4533333) \times (-2)^2} = 1.4146341$$

$$e_2^2 = \frac{\frac{2\beta}{1-\alpha} + (1+\beta)(1-\beta)^2}{(1+\beta)^3} = \frac{\frac{2 \times (-2)}{1-0.4533333} + (1-2)(1+2)^2}{(1-2)^3} = \frac{-7.3170727 - 9}{-1} = 16.317073$$

由于卫星外形尺寸的限制，希望镜筒尽量短一些，次镜遮拦少些，现在 $\alpha = 0.453$ ，中心遮拦损失达 20.6

$$\alpha = 0.3696667, \beta = -3.3332632$$

$$e_1^2 = 1.1055676, e_2^2 = 4.2816786$$

$$r_1 = -600\text{mm}, r_2 = -316.86\text{mm}$$

$$d = -189.10\text{mm}$$

将所有参数输入 Zemax 软件，取视场角为 0.1° ，系统图如图所示。

参考文献

- [1] 应再恩, 平雪良, 李正洋, 等. 基于视觉跟踪的机器人复杂轨迹模拟再现[J]. 机械设计与研究, 2014(01):39-41+46.
- [2] 张雷, 贺虎, 武传宇. 蔬菜嫁接机器人嫁接苗特征参数的视觉测量方法[J]. 农业工程学报, 2015 (09):32-38.
- [3] 翟乃斌, 苏建, 刘玉梅, 等. 基于计算机视觉的汽车整车尺寸测量系统[J]. 交通与计算机, 2006 (03):22-26.
- [4] yong Y w, hui S. 机器视觉自动检测技术[M]. Bei jing: Hua xue gong ye chu ban she, 2013.
- [5] A.Forsyth (戴维·A. 福赛斯) JeanPonce (简·泊斯) David. 计算机视觉一种现代方法 (第二版) (英文版) [M]. 电子工业出版社, 2017.
- [6] 章毓晋. 计算机视觉教程 (第 2 版) [M]. 人民邮电出版社, 2017.