

1.56m 望远镜滤光片定位及副镜调焦 的电控改造

刘斌玉 曹凯 郑义劲

(中国科学院上海天文台,上海 200030)

提 要

从硬件和软件方面详细阐述了 1.56m 望远镜滤光片定位及副镜调焦电控部分的改造情况及新系统的技术实现。通过此次更新改造,去掉了原来的滤光定位和副镜调焦独立的控制操作台,将其精简成独立的电控板卡,经 ISA 插槽嵌入到主控制计算机。人机互动操作界面更直观、易于操作,减轻了观测人员的工作强度。并使电控系统故障率大大减少,使望远镜的观测时间得到有效的保障,也使望远镜的能力得到充分的施展。

主题词: 滤光片定位 — 副镜调焦 — ISA 总线 — 电控改造

分类号: P111.3, TH752

1 引 言

1.56m 望远镜是上海天文台佘山观测基地的主要光学观测设备,口径为 156cm,焦距为 1560cm。采用 RC 光学系统,使用 CCD 照相机作图像观测。该望远镜由上海天文台自行设计并于 1987 年完成^[1]。因当时计算机还未普及使用,电控系统用的都是小规模集成电路和分立元器件,要实现多功能控制,系统非常庞大,观测的操作平台也非常分散。该望远镜的主操作控制室是在 4 楼,而调焦的操作平台却在 5 楼(即放置 1.56m 望远镜的圆顶)中。经过二十几年的使用,这些电控系统老化现象严重,故障逐渐增多,不仅增加了维修技术人员的工作强度,而且还影响了望远镜的正常观测。随着数字芯片、信号处理及计算机技术的发展,该望远镜的电控系统也具备了更新改造的技术条件。作为整个电控系统的一部分,本文仅详细描述滤光片定位和副镜调焦的电控方案的实现。

2 滤光片定位改造

1.56m 望远镜滤光片转盘中装有 5 种滤光片,分别用于 B、V、R、I 及全波段的天文观测。各滤光片在滤波轮中的位置如图 1 所示,分别用数字 1~5 代表。两个光电开关分别用于检测转轮的机械零点(对应 1 号位)和 5 个定位位置。

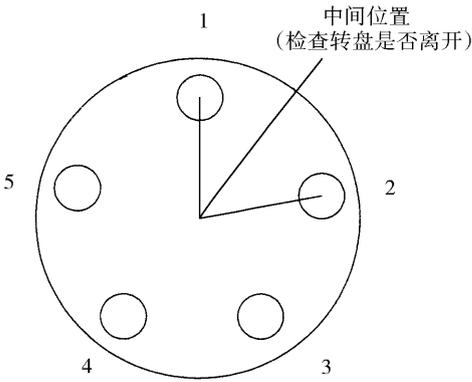


图 1 滤光片位置

Fig. 1 The position of filters

图 2 为改造前的独立控制箱。除了相应的按键和定位灯外,还设置了到位灯。滤光片实际位置到哪一位,该灯就亮,到位后指定的定位灯及到位灯保持点亮,直至重新定位。这样设置,是为了全程跟踪滤光转盘的情况,便于了解滤光转盘情况,同时也方便了维修人员对故障的判断。

在滤光定位控制系统里面,转盘用步进电机驱动,用 89C51 单片机作控制芯片,利用计数器 T0 来精确控制转盘的转动,从而达到滤光片定位的目的。计数器 T0 的初值不是按转盘上一个滤光片的位置,而是按相邻滤光片的中间位置来设置(见图 1),以防止转盘一直静止。因为系统中是利用光耦信号是否被滤光片相应的档块隔离来识别的,即如果档块隔离了光耦信号,则表示滤光片到位,反之不到位。

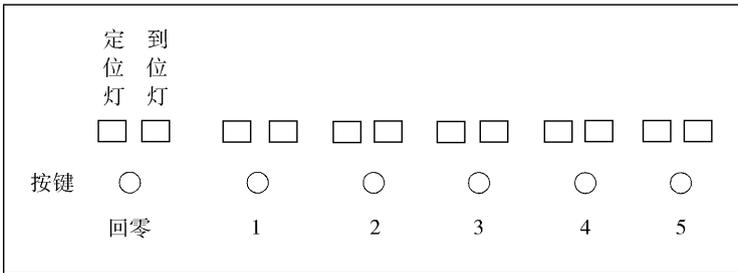


图 2 滤光片定位控制面板

Fig. 2 The control faceplate of filter orientation

T0 的初值是根据马达转圈脉冲数以及马达与滤光片转盘的齿轮比而算出的,过程如下: 马达转 7 圈,滤光片盘转 1 圈,马达的步距角为 0.9° ,每转过 1 个滤光片的位置需: $\frac{7 \times 360^\circ}{5 \times 0.9^\circ} = 560$ 个脉冲驱动。从一个滤光片转到与其相邻滤光片的中间位置则需 280 个脉冲。计数器 T0 的工作方式为 1(16 位的定时/计数器),所以

$$2^{16} - X_{\text{初值}} = 280$$

$$X_{\text{初值}} = 65256 = (0FEE8)_{16}$$

$$TH_0 = 0FEH, TL_0 = 0E8H$$

单片机中的另一个计数器 T1 工作方式为 2,即常数自动装入的 8 位定时/计数器,其功能是设置报警器的时间长短,其初值可以按需要自定。

从上面的控制面板可以看到原来的滤光定位系统里的按钮、定位灯和到位灯都是实际的电子元器件,该系统与望远镜主控制台相互独立。为了实现这个滤光片定位的功能,而采用了单独体积庞大的机箱,而且按钮之类的电子元器件比较容易损坏,维修比较困难。利用计算机总线技术,我们对该系统进行了更新改造,主要是将系统集成为一块小电路板,通过 ISA 总线

插槽连接到主控制电脑,将操作界面嵌入到望远镜控制界面里,如图 3 所示,其中滤光片定位系统的界面在右下角“换片!”。

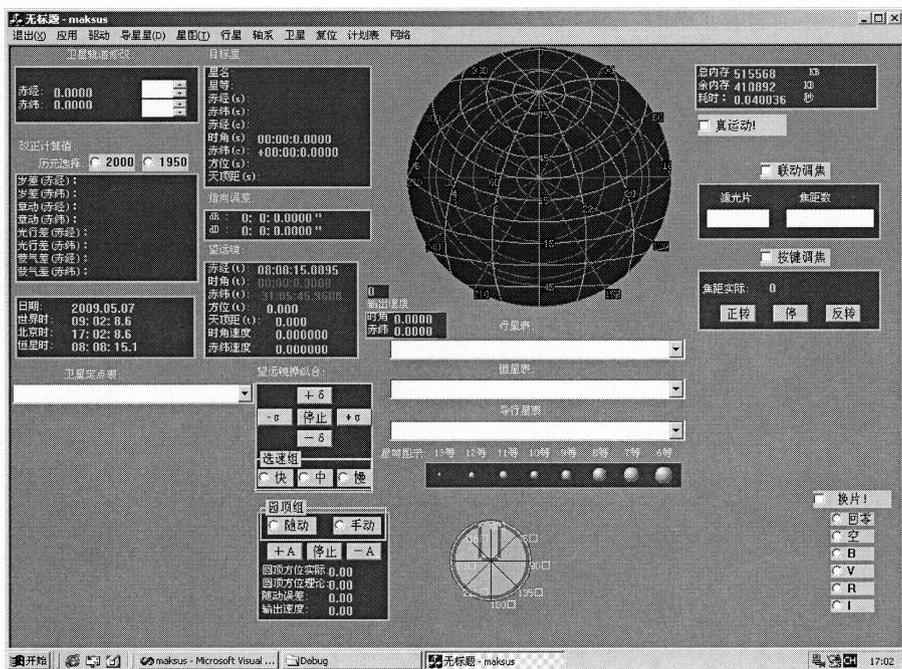


图 3 整个望远镜控制界面

Fig. 3 The whole telescope control interface

选中图 3 的“换片!”方框,如果滤光片转盘不在零位就报警,屏幕显示图 4(a),反之则显示图 4(b)。如果报警,则必须点击回零按钮。回零后则可以定位其它滤光片了。如果界面上已经显示了空位,表示已经是零位了,则不用再回零,直接可以定位其它滤光片,如图 4(c)。新系统增加了故障诊断功能,即如果回零后转盘出问题了,界面上则显示 8 和滤波轮报警,见图 4(d)。

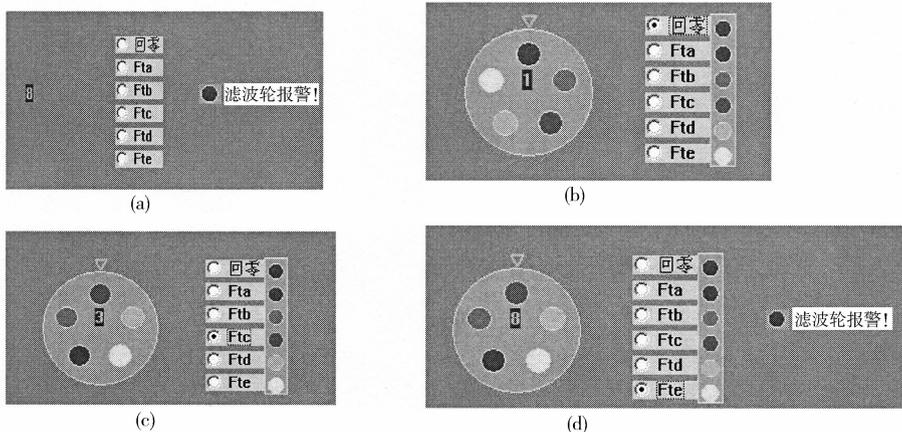


图 4 滤光片软件控制界面

Fig. 4 The console of filter piece

可以看到原来的按钮、定位灯和到位灯这些实际的电子元器件,现在都成为操作界面上的代表性符号,其他控制信号全内嵌在一块小电路板里,通过可编程并行接口 8255 芯片来进行 CPU 和外设之间的信息发送和接收。新旧系统流程图比较如图 5 以及图 6 所示:

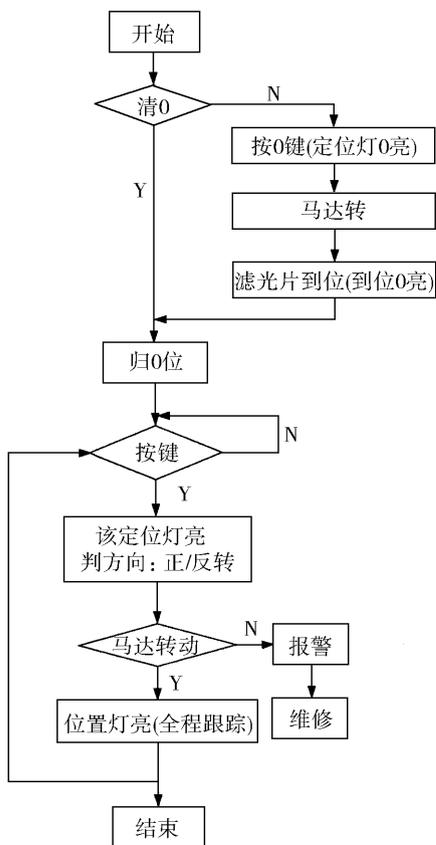


图 5 原流程图

Fig. 5 The old flow chart

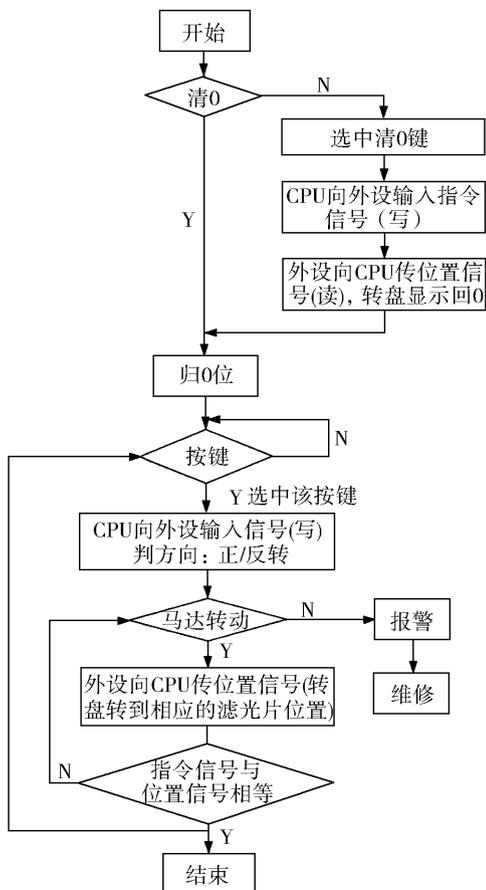


图 6 新流程图

Fig. 6 The new flow chart

新旧流程图比较,可看出主要的不同就在于控制信号的传输上。新流程图中信号都通过系统总线来实现单片机(外设)与 CPU 的传递,不仅速度大大加快、出错率减少,而且简化了控制操作版面,方便了观测人员。

3 副镜调焦改造

1.56m 望远镜采用 RC 光学系统,使用 CCD 照相机作成像观测。法布里透镜安装在望远镜的副镜上,通过步进电机带动副镜移动,从而来改变焦距的大小。焦距的大小关系着望远镜照相成像的清晰度。

1.56m 望远镜副镜调焦系统采用线阵 CCD 芯片 TCD123D 作为位置信号的检测元件。TCD123D 是一个 1024 像素的线性图象传感器,工作时需要 CCD 驱动电路和信号处理电路。

CCD 驱动电路包括脉冲发生器 ($\Phi_M, \Phi_{CCD}, \Phi_{SH}$) 和 CCD 驱动器, 信号处理电路则由光照电路/采样保持电路 (S/H) 和前置放大器电路组成^[2]。具体如图 7 所示。

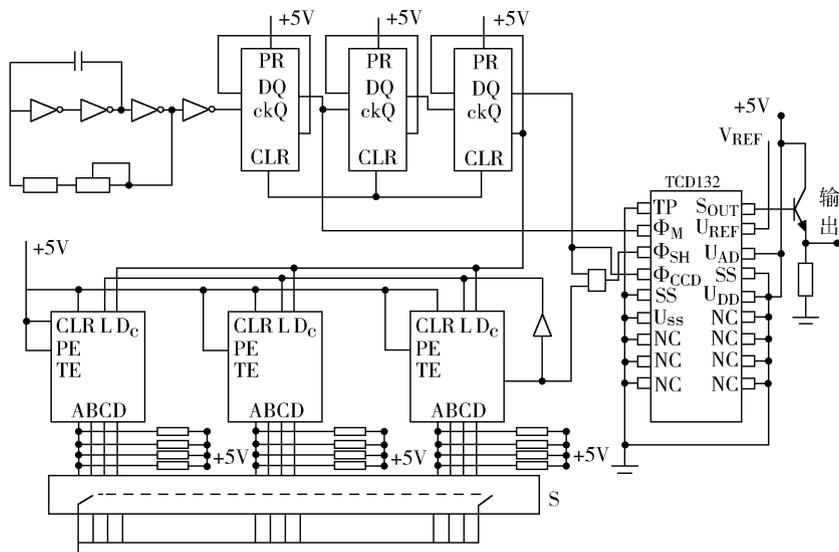


图 7 TCD132D 驱动电路

Fig. 7 The drive circuit of TCD132D

由图 7 可以看到, 它的驱动电路比较简单, 它用环形振荡器产生可调脉冲, 经 D 触发器分频整形后输出 Φ_M , 将 Φ_M 再经二级 D 触发器分频获得 Φ_{CCD} 脉冲, 同时 Φ_{CCD} 信号经三级可预置十进制计数器产生 Φ'_{SH} 信号。将 Φ'_{SH} 和 Φ_{CCD} 相“与”后便得到满足图 8 相位关系的 Φ_{SH} 信号^[3]。

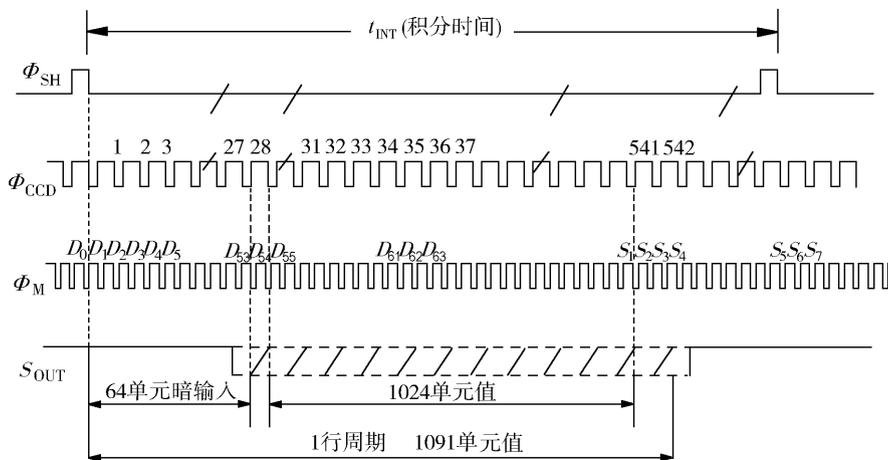


图 8 TCD132D 工作波形图

Fig. 8 The work wave-form of TCD132D

TCD132D 的输出信号之前及之后,设置了 64 个被屏蔽的光电二极管,用来检测暗电流。因此,设置计数器跳过前面 64 个检测点,只采样中间 1024 个有效像素。所以输出的信号是 0 ~ 1024 数值之间的脉冲数,通过采样保持电路后就被传送到调焦控制系统。光线照射到 CCD 光敏区的相对位置不同,则输出的对应 S_{out} 大小不同。通过调节副镜的位置,反射光线照射到 TCD132D 上的光敏区位置也就不同,信号输出的 S_{out} 数值也就随之变化。通过检测该信号数值的变化,从而实现了调焦的目的^[4]。负责实现调节焦距大小的步进电机安装在望远镜的副镜上,CCD 芯片安装在镜筒叉臂上。原来的调焦控制部分封装在一个大的抽屉箱里,操作及显示界面则在其外壳上。具体示意图如图 9。从图 9 可看出调焦控制部分与望远镜主控台是相互独立的,其控制板面放置在观测圆顶的顶楼(5 楼),而观测的主控制电脑和 CCD 照相机以及处理数据的电脑则在 4 楼。这对于观测助手来说,每次调焦就得四五楼来回跑,费时费力,而且按钮之类的电子元器件比较容易坏。因此该系统的更新改造,主要是将调焦控制系统嵌入到主控制电脑,将操作界面嵌入到望远镜控制整个界面里(图 3)。调焦部分位于操作界面最右边的中间位置,其中调焦分为联动调焦和按键调焦两种。按键调焦部分实现了原来系统的功能,而联动调焦则更智能一些,实现了滤光片和焦距之间的联动,即输入两者中的一个,另一个会自动转到相对应的位置。

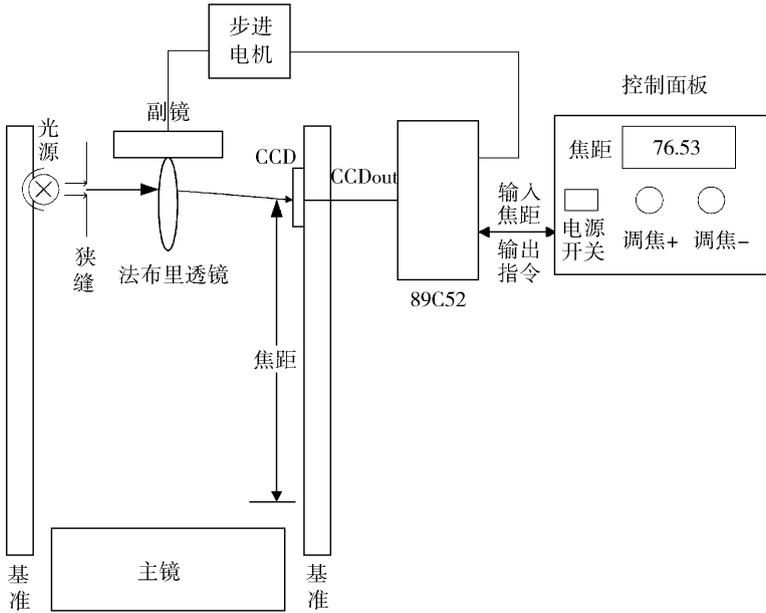


图 9 原副镜调焦方案示意图

Fig. 9 The old sketch map of secondary mirror focusing

跟滤光定位系统改进方式相同,副镜调焦系统的改造也是将控制功能软件化,使其更加直观和便捷。示意图如图 10 所示。比较前后系统的区别,可以看到主要是控制版面的改造部分,通过使用可编程并行接口芯片 8255 来实现单片机和 CPU 的通讯。其中 8255 的工作方式选用方式 2,芯片 PA 口为双向选通输入/输出(双向应答式输入/输出),一次初始化就可指定

PA 口既作输入口又作输出口。这一点与在方式 0 及方式 1 下一次初始化只能指定为输入口或者输出口的单向传送不同。8255 芯片的初始化由 CPU 来设定,单片机收到焦距的数值通过并口输入给 CPU,而 CPU 会输出相关指令,如要求焦距数值加大或减少,单片机接收到 CPU 的指令会控制步进电机作相应的正转或反转运动。经过更新改造后的调焦电控部分更简洁,性能也更优化,故障率大大减少。

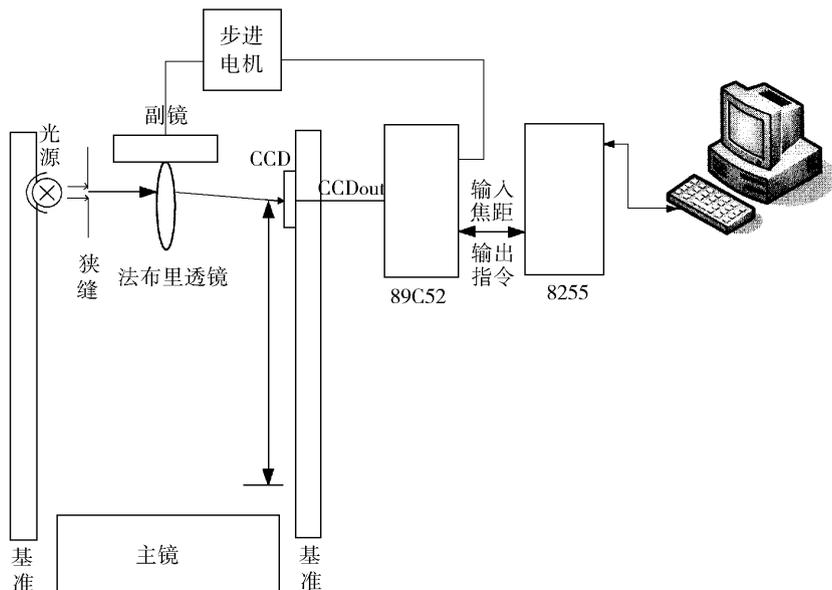


图 10 新的副镜调焦方案示意图

Fig. 10 The new sketch map of secondary mirror focusing

4 结 语

本文详细阐述了 1.56m 望远镜滤光片定位及副镜调焦电控部分的改造情况,并从硬件和软件方面分析了新系统的技术实现。该改造于 2008 年 5 月上旬就全部更新完毕。通过此次更新改造,去掉了庞大的控制台,大大地改善了工作环境,极大地提高了望远镜的整体工作效率,减轻了观测人员的工作强度。电控系统故障率大大减小,使望远镜的观测时间得到有效的保障,也使望远镜的能力得到充分的施展。

致谢 在佘山电控系统改造调试时,得到潘红 ■ 老师的大力指导以及有关同事的大力协助。文章的写作过程中,陈欣扬老师给予了指导和修改。在这里表示由衷的感谢。

参 考 文 献

- [1] 1.56 米望远镜介绍, <http://www.shao.ac.cn/tianwu/group6.html>
- [2] 王庆有, 孙学珠. CCD 应用技术. 天津: 天津大学出版社, 1993
- [3] 胡红利, 孙晓华, 于敏. 工业仪表与自动化装置, 2002, 2: 59 ~ 61
- [4] TOSHIBA CCD LINEAR IMAGE SENSOR CCD (TCD132D) 1997, 6

UPDATE OF THE 1.56m TELESCOPE ELECTRICITY CONTROL SYSTEM FOR FILTER ORIENTATION AND SECONDARY MIRROR FOCUSING

LIU Bin-yu CAO Kai ZHENG Yi-jing

(Shanghai Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200030)

Abstract

From the view point of hardware and software design, the technical update of 1.56m telescope electrical control system for filter orientation and secondary mirror focusing are introduced. Instead of outdated console and chassis, two new and compact control cards are developed and integrated with host computer via ISA bus. The manipulation interface is more intuitionistic and is easy to be operated. The new system has less fault, and it can guarantee the telescope observation time and take full advantage of this 1.56m telescope.

Key words filter orientation — secondary mirror focusing — ISA bus — electricity control update