

## 微型 CCD 光谱仪器的光学结构设计

王晗<sup>1,2</sup> 杜宇<sup>1</sup>

(1. 广东工业大学实验教学部; 2. 厦门大学机电工程系)

摘要: 光谱仪器是光学仪器一个重要组成部分, 同时它也是光谱学和光谱技术中最基本的分析设备之一。而仪器的小型化, 对于提高仪器使用范围有很大的帮助。本文研究的主要内容是设计一种微型可见光的 CCD 摄像光谱仪的光学结构。在设计中, 通过理论计算, 选用合适的光纤、平面定向光栅和凹面反射镜, 将光纤、平面定向光栅和凹面反射镜等合理组合, 采用聚焦反射、分光的方法, 将待测光进行色散, 直接投射到 CCD 接受器件的表面, 光学结构大大简化, 仪器整体尺寸缩小, 精度有一定提高, 较为先进。

关键词: 光谱仪 CCD 光栅 光纤

中图分类号: O 6

文献标识码: A

文章编号: 1673-0534(2007)04(c)-0178-02

## 1 前言

光谱仪是测量光源和物质光谱特性的重要装置, 它在颜色显示、视觉效果比对和生物化学领域有着广泛的应用。近年来, 电荷耦合器件 CCD 取得了飞速的发展, 工艺日趋完善, 已能批量制造完全没有缺陷的高可靠性、低成本的 CCD 芯片, 这种器件有很宽的光谱响应特性, 完全可以代替感光乳剂, 应用在光谱测量上<sup>[1]</sup>。因此, 设计出配合 CCD 光谱仪器使用的结构对于仪器的小型化有着重大的意义。

## 2 微型 CCD 光谱仪的光学结构设计

## 2.1 光栅的选择与设计

在光谱仪核心元件分光器件的发展历程中, 经历了色散棱镜到衍射光栅到采用干涉调制元件和信息变换技术的演化。近年来声光调谐器件 AOTF 的技术和应用也有了很大发展, 没有机械活动件、全固态、电子调谐、结构小而牢固、可承受震动冲击等一系列优点, 使其具有明显的技术和应用竞争力<sup>[2,3,4]</sup>。本设计中选择闪耀光栅。因为光栅与其他分光元件相比较, 有许多优点。首先, 光栅的角色散率几乎和波长无关, 这对光谱的波长测量很有利。其二, 光栅的分辨率比棱镜大, 价格也较低。其三, 光栅不受材料透过率的限制, 它可以在整个光学光谱区中应用。

由于分析光谱范围为 400-760nm, 使用的光栅参数为: 闪耀角  $9^\circ$ , 断面长  $b = 1.7 \times 10^{-3} \text{mm}$ , 闪耀方向  $\beta = 3^\circ$ 。

实际使用中设计采用面积  $6 \text{mm} \times 6 \text{mm}$  的闪耀光栅, 对于  $m=1$  级次的光谱, 理论上, 其基本特性值计算如下:

(1) 由于衍射角很小, 理论角色散率可以计算如下

$$\frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{m}{d \cos\theta} \approx \frac{1}{d} = 600 \quad (1)$$

(2) 令  $N$  为光栅的总刻痕条数, 按照瑞利判据可得, 其理论分辨率为

$$R = \frac{\lambda}{d\lambda} = mN = \frac{1}{d} \times 6 = 3600 \quad (2)$$

实际上由于光栅的光学表面精度存在误差、刻槽间距、深度以及刻槽表面光洁度存在着不均匀性和随机误差, 使得光栅的实际分辨率较上述的理论值要低。当光栅用于光谱仪器时, 仪器光学系统的设计、制造、装校质量和入射狭缝的开启宽度、照明情况、接收记录系统引入的畸变、以及所测谱线本身的轮

廓和相对位置等, 均会造成仪器实际分辨率的下降。

## 2.2 光路的设计

## 2.2.1 基本设计思路

光路设计中采用了了车尼尔-特纳系统的变形结构。它是由艾尔伯特-法斯梯系统演变而来的。用两块小的凹面反射镜代替了一块大的反射镜构成, 两镜中间分开, 曲率中心重合。即可避免二次衍射与多次衍射, 同时方便反射镜的加工与调试。

## 2.2.2 反射元件及狭缝参数的计算

根据基本设计思路和像差理论, 可以展开元件参数的计算。由于设计中采用的光路属于对称式车尼尔-特纳系统, 其基本思路是一致的。

实际图形中可以看出, 其基本思路相同。由于原理的一致性, 可以使用标准形式的计算方法进行分析计算。C 为两球面反射镜 M1 和 M2 的共同曲率中心, G 为闪耀光栅, W 为光栅的边长,  $f_1' = f_2' = f'$  为两镜的焦距, H1 和 H2 分别是入射狭缝 S1 和出射狭缝 S2 的中心对中轴线的垂直距离。由于标准对称式车尼尔-特纳系统是由艾尔伯特-法斯梯系统演变而来的, 它们的计算方法相似, 要确定球面反射镜的各项参数以及狭缝的大小, 所以可以做如下分析。

已知选择了边长为  $W=6 \text{mm}$ ,  $600 \text{线/mm}$  的正方形闪耀光栅。由于选择了直径为  $1.3 \text{mm}$  的光纤, 狭缝高度应满足条件

$$h < 1.3 \text{mm} \quad (3)$$

已知此种光栅使用时的全部参数,

$$W = 6 \text{mm}, i = 15^\circ, \theta = 3^\circ \text{ 闪耀波长为}$$

$\lambda_0 = 500 \text{nm}$ , 可以通过增大凹球面反射镜的焦距的方法来减小慧差。

如果保持仪器的分辨率时, 狭缝像增宽不大于狭缝的正常宽度  $a_0$ ,  $\lambda$ , 可以取闪耀波长, 结合以上公式计算可以得出许用狭缝高度为

$$h \leq \frac{2}{M^2} \lambda \left( \frac{f'}{W} \right)^3 \quad (4)$$

一般情况下  $M=0.4-0.5$  [24], 带入上式可得

$$h \leq 12 \lambda \left( \frac{f'}{W} \right)^3 \quad (5)$$

通过以上计算结果, 找到凹球面镜的各项参数与狭缝大小之间的关系, 并可以划定

范围对各项主要参数进行选择。

根据小型化需要, 设计使用  $f' = 50 \text{mm}$ , 根据式(5)计算可得

$$h \leq 3.4 \text{mm} \quad (6)$$

将式(3)和式(6)联立分析, 取进行设计分析, 此时缝宽可取  $0.02 \text{mm}$ 。

## 3 性能分析

在光路设计结束后, 有必要对光路的实际使用情况进行理论分析。主要从像差方面入手分析可行性, 并对性能参数进行计算分析。新型光谱仪的像差必须控制在合理范围之内。从球差分析, 由于使用凹球面反射镜作为物镜, 球差必须控制在像差容限之内。球面镜的球差产生的波像差记为  $\overline{W}_s$ , 则

$$\overline{W}_s(\text{max}) = \frac{y_{\text{max}}^4}{8r^3} \quad (11)$$

按照瑞利准则, 球差产生的波像差应小于  $\lambda/4$ , 则有

$$\frac{y_{\text{max}}^4}{8r^3} \leq \frac{\lambda}{4} \quad (12)$$

其中  $r$  为球面镜的曲率半径, 等于  $2f'$ ;  $y_{\text{max}}$  为最大球面镜孔径的一半, 为  $D_2/2$ ;  $\lambda$  为闪耀波长。根据设计数据带入式(12), 得到

$$\overline{W}_s = 78.125 \text{nm} < 125 \text{nm} \quad (13)$$

由上可知, 设计参数符合瑞利准则的要求。

从慧差分析, 由于在车尼尔-特纳系统中, 任意波长的垂轴慧差公式为

$$TA'_c = \frac{3H_3W^2}{32f'^2} \left( \frac{\cos^3 i}{\cos^3 \theta} - \frac{\cos^3 i_0}{\cos^3 \theta_0} \right) \cos^2 \theta \quad (14)$$

其中  $i_0$  和  $\theta_0$  为消慧差为零的波长的光束的入射角和衍射角。在对称的车尼尔-特纳系统中, 只有在零级光谱,  $i_0 = \theta_0$  的情况时, 存在慧差消减为零, 其他光谱级次, 系统的慧差不为零。可知, 对于闪耀波长而言, 可以求得

$$TA'_c = -1.51 \mu\text{m} \quad (15)$$

该数值基本在控制范围之内。

# 会计信息系统内部控制特点的演变

袁景艳

(鸡西市煤炭管理局 158100)

**摘要:**分析了手工会计信息系统与电算化会计信息系统中会计业务执行主体的演变,阐述了由手工到电算化环境下会计系统内部控制问题的特点变化。提出会计业务执行主体是我们认识和设计会计信息系统内部控制体系主线的观点。

**关键词:**会计信息系统 内部控制 会计业务执行主体

中图分类号:F230

文献标识码:A

文章编号:1673-0534(2007)04(c)-0179-01

会计信息系统内部控制:会计信息系统内部控制指的是由于会计工作组织或业务实施等方面的原因,所导致的会计信息失真、不合理、不合法等一系列方面的控制问题。各级管理部门为了保护国家和企业的财产完整与安全,确保会计及其他数据的可靠,保证国家及企业所制订各项方针政策的贯彻与执行,以及查错防弊加强管理等为提高经济效益所采取的一切制度、方针措施和管理程序,均属于会计内部控制的范畴。

任何一家企业、事业单位或其他经济组织,不论其规模大小和业务性质,也不论其采取何种会计工作组织程序和信处理方方式,在其会计业务处理系统中,总是不同程度、不同方面地存在着一定的系统内部控制问题。企业的会计信息系统内部控制问题是企业整个管理体系中不可分割的重要组成部分。

从传统的手工会计到会计电算化系统,系统内部控制的基本要求和目标没有变,会计核算的复式记账和借贷平衡的基本原理和方法没有变,但由于会计信息处理方式和方法的计算机自动化,使得会计业务处理程序和工作组织发生了质的变化,由此引发会计信息系统内部控制体系也出现了一些新的特点和变化。探讨和研究这些特点的演变,有助于我们建立科学严密的电算化会计信息系统内部控制体系

电算化条件下会计系统的内部控制问题有以下几个方面的特点变化。

## 1 会计业务执行主体的变化导致了内部控制实施主体的变化

在电算化条件下,尽管计算机不能取代全部人工条件下的所有会计工作,但是,关键的会计信息处理和业务核算工作已由会计电算化软件集中代替。于是,会计工作的执行主体演变为人与电算化软件两个因素,且电算化软件是主要的执行因素。这种变化使得会计电算化系统中的内部控制实施主体也演变为人与软件两个因素,且电算化软件导致的系统问题风险将成为会计系统中内部控制的主要风险。

## 2 数据输入操作不当问题是电算化条件下会计业务处理程序中最关键的内部控制问题

在电算化系统中,所有数据都源于凭证库,当凭证输入后,系统将自动进行多项业务处理。一旦输入操作不当,将会引发日记账、明细账、总账、乃至会计报表等一系列的错误。因而,数据输入操作不当的问题控制将是整个会计电算化业务处理程序中最关键的控制环节。

## 3 电算化条件下数据与责任的高度集中衍生出一系列重要的内部控制问题

手工条件下,会计的多项业务资料,如凭证、日记账、明细账、总账等均由不同的责任人分别记录并保管。未经授权,任何人都难以浏览到全部的会计资料。而在会计电算化系统中,所有的会计信息均全部集中于计算机中,且由同一套电算化软件执行多项业务处理。在计算机网络技术和数据库技术所导致的计算机数据资料高度共享的条件下,如果没有相应的内部控制措施,这种系

统问题所导致的可怕后果是难以想象的。

另外,不同于手工条件下由多个业务岗位和多个责任人独立操作所形成的明确责任分工情况,在电算化条件下,全部责任高度集中于同一电脑系统(或网络系统),高度集中于同一电算化软件系统。这种特点使系统数据和信息处理资料面临被不留痕迹非法浏览、修改、拷贝乃至毁损的巨大系统问题风险。因而数据与责任高度集中的内部控制是电算化后会计系统面临的一系列重要的内部控制问题。

## 4 电算化后会计资料存储介质的变化导致了会计资料管理方面的一系列重要内部控制问题

会计信息处理方式的电算化,引发了会计信息存储介质的一次革命。原来手工条件下的纸介质将由磁性存储介质所代替。磁性存储介质的主要特点是阅读分析直观性差、数据涂改不留痕迹、忌受潮、忌磁化、忌受热和忌弯曲等,这些特点和要求使会计信息系统的资料保存也面临了一系列新的风险问题。

另外,会计信息系统电算化还引发了其他一些系统问题风险的控制点,如系统的不当开发问题、软件系统的计算机病毒入侵问题、未经授权的软件调用和修改问题,以及软件系统实施所引发的审计问题等。

从以上分析可以看出,会计电算化使系统内部控制体系出现了一系列新的特点变化,这些特点变化,均源于电算软件这一新的会计业务执行主体。它是我们认识和设计电算化会计信息系统内部控制体系的主线。

## 4 结论

通过对新型 CCD 光谱仪器光学结构的设计研究和实验,可以得出使用该光学结构的新型 CCD 光谱仪器有体积小,重量轻,携带方便,造价低,可以在多种环境下使用的优点。新型光学结构的出现为 CCD 光谱仪器取代传统的光谱仪器提供了新的思路和方案。在实际测量中,验证了这一方案的实际可行性,也基本达到了设计要求。在理论研究和试验测试中发现,如果要进一步提高光谱仪器的性能,必须解决以下一些问题。光路中的杂散光以及探测器输出信号中的噪声要进一步去除,否则将影响整个系统的测量精度;随着工作时间的推移,探测器发热升温影响了 CCD 的暗电路和光谱响应率的大

小。如果能够进一步解决与此相关的问题,微型 CCD 光谱仪器将具有更大的发展潜力。

## 参考文献

- [1] 史俊锋, 惠梅, 王东生, 毛文炜. 光谱仪器的微型化及其应用[J]. 光学技术, 2003, (1) Vol.29
- [2] Chang I.C.; Xu J. High performance AOTFs for the ultraviolet. Ultrasonics Symposium, 1998. Proceedings., 1998 IEEE, 1998, 2:1289-1292
- [3] Gup N.; Dahmani R. AOTF spectrometer for water pollutant monitoring. Engineering in Medicine and Biology Society, 1977. Proceedings of the 19th Annual International Conference of the IEEE, 1997, 2:751-752

Society, 1977. Proceedings of the 19th Annual International Conference of the IEEE, 1997, 2:751-752

- [4] Mever R.T., Perez J.E., Strickland S. Turnkey industrial instrumentation for fast-response, on-line analysis of ppb impurities in the electronic semiconductor gases. Electronic-Enhanced Optics, Optical Sensing in Semiconductor Manufacturing, Electro-Optics in Space, Broadband Optical Networks, 2000. Digest of the LEOS Summer Topical Meetings, 2000: 33-34
- [5] 李全臣, 蒋月娟. 光谱仪器原理[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1999.