

# 一种新型调节装置——点槽面机构的机械设计

柳 晖<sup>1</sup>,高雪官<sup>2</sup>

(1. 上海师范大学 机械与电子信息工程学院, 上海 201814; 2. 上海交通大学 机械与动力工程学院, 上海 200030)

**摘 要:** 在同步辐射光束线中,双晶单色器是主要的光学元件之一,单色器镜箱的位置调整是保证光路稳定的首要条件.介绍了一种点槽面机构的机械设计,来实现镜箱空间位置的调节.此种机构是一种新型精密可调支撑系统,获得中国发明专利(ZL 02137176.8).

**关键词:** 同步辐射;调节装置;点槽面机构

**中图分类号:** TH131 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-5137(2005)02-0054-03

1895年11月8日,德国物理学家伦琴发现了X射线,由此荣获1901年的诺贝尔物理学奖.其后50多年里,人们对X射线的产生机制进行了深入研究.1947年,美国纽约州Schenectady市通用电气公司的研究人员在一台70Mev的同步加速器上首先发现可见光范围内的强烈辐射,即同步辐射.同步辐射是高能带电粒子在加速器中以接近光速的速度作圆周运动时,沿切线方向发出的电磁辐射,具有极为优异的光学特性.同步辐射实现了很多过去所不能实现的实验条件,在物理、化学、材料科学、生命科学、信息科学、力学、地学、医学、药学、农学、环境保护、计量科学、光刻和超微细加工等基础研究和应用研究领域有着广泛的应用,是世界上为数不多的能为如此众多学科服务的大科学装置<sup>[1]</sup>.目前,正在上海建设具有国际先进水平的中国第3代同步辐射装置——“上海光源”.在同步辐射光束线中,双晶单色器是最主要的光学元件之一,它起着把入射同步辐射光单色化的作用.由于存在制造精度和安装误差,单色器安装到实验站后可能会偏离它的理想位置.在实验站正式运行前必须对单色器镜箱在空间的位置进行调整,保证它的位置正确,从而使光路方向稳定.

## 1 点槽面支撑系统的运动学原理

可以把单色器镜箱装置看作是刚体.刚体的平行移动及定轴转动是刚体运动中最简单的情况,刚体的所有其他运动都可以分解成这两种运动,所以刚体在空间的绝对位置可以通过其上某一点的笛卡尔坐标和刚体绕以该点为原点的3个坐标轴( $X, Y, Z$ )的转动自由度即滚角,头角,摆角来表示,据此设计了点槽面机构来实现单色器镜箱空间位置的调节.

点槽面机构的第1个支撑被限制在“点”内,“点”在水平面内作沿 $X$ 轴方向和 $Y$ 轴方向的线性运动;第2个支撑被限制在能够沿 $Y$ 方向自由滑动的“槽”内,“槽”作 $Z$ 轴方向的线性运动;第3个支撑被放在水平“面”上自由滑动.另外“点”、“槽”、“面”分别放在各自的升降台上,作轴方向的升降运动.整个系统是一个具有6自由度的3点支撑,所以从运动学原理分析是一种对于任意一个给定的位置,我

收稿日期: 2005-03-15

基金项目: 上海师范大学教师基金(DKL205).

作者简介: 柳晖(1962-),男,上海师范大学机械与电子信息工程学院高级工程师;高雪官(1962-),男,上海交通大学机械与动力工程学院副教授.

们可通过“点”、“槽”、“面”调节机构的复合运动来达到要求。

## 2 点槽面机构的机械设计

调节单色器的空间位置主要是调节第一晶体晶面中心的3个线自由度和相对与该点的3个角自由度的过程。单色器对于摆角的调节精度要求不高,但对于滚角和头角有着比较高的精度要求。因此我们采用点槽面机构来实现单色器镜箱空间位置的调节,点槽面机构如图1所示。

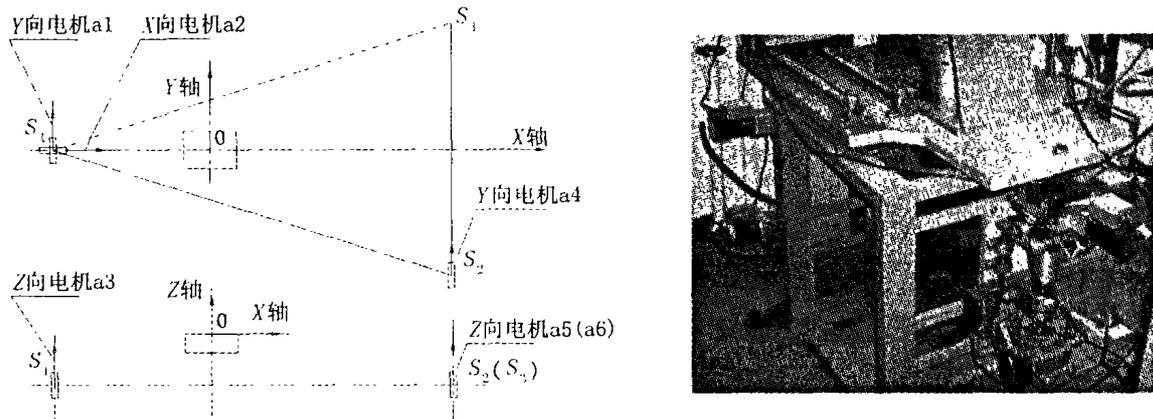


图1 点槽面机构示意图

双晶单色器镜箱安装在3个支撑点 $S_1, S_2, S_3$ 上。 $S_1$ 位于镜箱入口中心线和箱体铅垂中心线组成的平面上, $S_2, S_3$ 分别位于中心线的两侧,它们离中心线的距离相等,与第一晶体的相对位置如图1所示。

其中, $S_1$ 支点上装有3个滑槽,X、Y、Z方向各一个,称为点支撑; $S_2$ 支点上装有两个滑槽,Y、Z方向各一个,称为槽支撑;在 $S_3$ 支点只能沿Z方向运动,称为面支撑。

由于双晶单色器镜箱这样重量约为400kg,3个支撑杆是球头的,以此增大支撑面的承载能力。

各支点的运动机构设计如图2所示:“点”支撑机构中的呈正交布置的X、Y向滑台分别由步进电机通过连轴节驱动丝杠传动(X、Y向),Z向滚动滑台由步进电机通过涡轮减速器和连轴节驱动丝杠传动,为减少摩擦,3组滑台都用直线滚动导轨和直线轴承作为支撑和导向,通过步进电机输入脉冲,就可以实现“点”支撑的X、Y、Z向的位移调节。

“槽”支撑机构中的呈正交布置的Y、Z向滚动滑台分别由步进电机通过连轴节驱动丝杠传动(Y向),步进电机通过涡轮减速器和连轴节驱动丝杠传动(Z向),X向的滚动滑台为被动,为减少摩擦,3组滑台都用直线滚动导轨和直线轴承作为支撑和导向,通过控制步进电机的输入脉冲,就可以实现“槽”支撑的Y、Z向的位移调节,X向的位移为被动。

“面”支撑机构由向滚动滑台的步进电机通过涡轮减速器、连轴节驱动丝杠传动(Z向),滑台Z向的升降移动由导向轴和直线轴承进行导向,万向滚珠支撑在滑台的顶面上,“面”支撑在X、Y平面内的位移为被动,Z向的位移由步进电机控制调节。

这样,由“点”支撑、“槽”支撑、“面”支撑及机架组合起来的调节装置就可对双晶单色器晶箱,实现空间六维位置的精确电动调节。

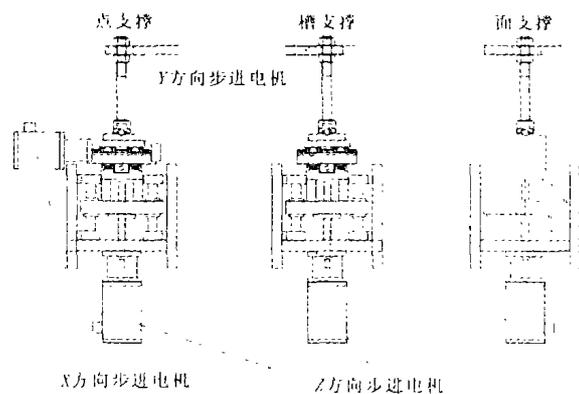


图2 点槽面结构

### 3 使用结果

为了方便双晶单色器晶箱安装调试,距离双晶单色器出口一定距离处安装了一个荧光屏靶.根据出射光(粗调时,入射光用激光等光源临时替代)在荧光屏靶上光斑的位置初步判断晶箱的位置,然后调节晶箱支承调控装置,调整后,再根据出射光在荧光屏靶上的位置判断晶箱此时的位置,再次调节晶箱支承调控装置,经过几次反复,可以完成对晶箱位置的粗调.当同步光入射后再进行微调.点槽面支撑机构在北京同步辐射生物大分子晶体学实验线站安装、调试中,表明这种结构具有较高的灵敏度和可调节性.可以通过步进电机控制滚珠丝杠作精确的位置控制,控制精度与步进电机细分度和滚珠丝杠的精度决定,利用计算机实现远程控制.能满足北京同步辐射实验室生物大分子晶体学实验线站上对双晶单色器镜箱的调节要求.

### 4 小结

本文所介绍点槽面支撑机构可以调节单色器镜箱的6个空间位置坐标(即3个移动自由度,3个转动自由度),调节时,采用步进电机驱动,能够实现远程精密可控调节,从而使此机构满足危险作业场所和工作过程中需要全方位可控调节仪器的需要.在实际应用中,效果较好,获得国家发明专利(ZL 02137176.8).

### 参考文献:

- [1] 包忠集.合肥国家同步辐射装置[J].科学通报,1990,13:2-7.
- [2] KNAPP G S. High resolution monochromator systems using thermal gradient induced variable bragg spacing[J]. Nucl Instrum Methods, 1986, A246(1): 365-367.
- [3] JOKSCH STEFAN. Heating effects of monochromator crystals at a high-intensity wiggler beam line[J]. Nucl Instrum Methods, 1990, A291(1): 325-331.
- [4] VAN DER LAAN G. A chromatic premirror system for a double-crystal monochromator[J]. Nucl Instrum Methods, 1990, A291(1): 225-227.
- [5] 唐鄂生.同步辐射的科学应用与第三代SR光源[J].高能物理与核物理,1995,24(7): 10-12.
- [6] 汤琦.弧矢聚焦双晶单色器设计[J].光学精密工程,2002,10(4): 411-415.

## A new adjustment system —— the mechanical design of a machine with “dot-Slot-Plane”

LIU Hui<sup>1,2</sup>, GAO Xue-Guan<sup>2</sup>

- (1. College of Mechanical & Electronic-information Engineering, Shanghai Normal University, Shanghai 201418, China;  
2. College of Mechanical Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China)

**Abstract:** Double-crystal monochromator is one of the main optical parts in the synchrotron radiation station. Monochromator case adjustment is the first factor to keep light stability. The mechanical design of a dot-slot-plane machine is presented in this study to adjust the position of a monochromator case. Application appears that it is a new precise and adjustable system. It is conferred with a china patent (ZL 02137176.8).

**Key words:** synchrotron radiation; adjustable setting; “dot-slot-plane” machine