

文章编号:1007-1180(2011)08-0032-05

# 数字 X 光影像仪光机结构设计

孟庆华

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033)

**摘要:** 设计了数字 X 光影像仪的光机结构。针对数字 X 光影像仪的特点和指标要求, 确定了光机结构总体布局。介绍了数字 X 光影像仪的关键部分片盒、输片机构、激光扫描系统、荧光读取系统和消光系统的具体结构, 并对输片传动机构进行了输片精度分析。检测结果表明, 扫描轴晃动 1.2", 输片精度 0.015 mm。

**关键词:** 数字 X 光影像仪; 结构设计; 输片精度; 扫描轴晃动

中图分类号: TH774 文献标识码: A

DOI: 10.3788/OMEI20112808.0032

## Structure Design of Computed Radiography

MENG Qing-hua

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences,  
Changchun 130033, China)

**Abstract:** The structure design of computed radiography was introduced. The structure collectivity layout was ascertained in allusion to characteristics and target request of computed radiography. The key structure of IP box, transporting device, laser scanning systems, fluorescence collecting systems and extinction systems were introduced. IP-transport precision was analyzed. The measurement results showed that the scanning axis sway was 1.2" and IP-transport precision was 0.013 mm.

**Keywords:** computed radiography; structure design; IP-transport precision; scanning axis sway

### 1 引 言

传统的 X 光机在医学中有着广泛的应用, 但它

已不能完全满足人们的需求。随着计算机等科学技术的发展, 出现了数字化 X 光影像仪。数字化 X 光影像仪是集新型成像材料、光学机械、计算机和网

络传输技术为一体的新一代产品<sup>[1-7]</sup>。同传统的 X 光机相比,数字化 X 光影像仪图像清晰、成像速度快、实现了传统 X 光影像信息的数字化,降低了 X 光剂量对医生及病人的伤害、可进行远距离信息联网共享和异地会诊<sup>[8]</sup>。数字化 X 光影像仪弥补了传统 X 光机的不足,将逐渐替代传统的 X 光机,巨大的技术优势和市场应用前景使其成为研究热点。

数字化 X 光影像仪的特点在于采用成像 IP 板代替了传统 X 光机使用的胶片,IP 感光后形成潜影,通过激光扫描 IP 板,产生荧光,通过光电倍增管接收转换为电信号,再通过数据采集输入计算机形成数字图像。IP 板作为 X 光信息载体,由保护层、成像层、支持层和背衬层等组成,可存储和擦除,能反复使用几千次。

早期的数字化 X 光影像仪的 IP 板传输采用滚动摩擦轮副,我们采用滚珠直线导轨和精密丝杠,IP 板传输更加稳定可靠。

## 2 结构性能要求

本文设计的数字化 X 光影像仪主要结构性能技术指标如下:

- (1) 输片尺寸: 4 种规格 350 mm×430 mm (14 in×17 in); 350 mm×350 mm (14 in×14 in); 250 mm×300 mm (10 in×12 in); 200 mm×250 mm (8 in×10 in)。
- (2) 输片精度: 每行为 0.1 mm, 精度为±0.02 mm。
- (3) 激光扫描系统: 轴晃动<2"。
- (4) 荧光读取系统: 提高荧光收集效率, 减小杂光影响。

## 3 光机结构设计

数字化 X 光影像仪光机结构主要由片盒、抓片系统、输片系统、消光系统、激光扫描及荧光读取等结构与部件组成。机械结构总体设计的原则是在保证完成其各项功能的前提下,要求输片距离尽可能小,减小对影像板 (IP) 的机械磨损,从而延长影像板的使用寿命,外型美观,操作方便。在机械总

体设计的原则下,将抓片系统、输片系统、消光系统安排在同一平面上,从而尽可能减小输片距离。采用防光暗盒、暗机箱,可明室工作,设计时考虑便于取片、抓片、传输、读取等功能。光机结构布局示意图见图 1。将片盒插入仪器箱内,片盒打开,抓片机械手把 IP 板从片盒内取出,步进电机驱动丝杠旋转,丝母直线运动带动 IP 板经过狭缝,激光扫描 IP 板并激发出荧光,荧光收集器同时收集荧光信号,IP 板扫描结束后进入消光系统,IP 板消光结束后,由步进电机控制丝杠快速反转,带动 IP 板回盒,自动装盒后可人工取出。为了充分利用消光灯的能量,在消光灯下面装有平面反射镜。

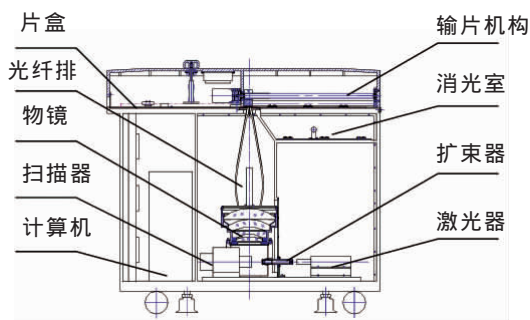


图 1 结构布局示意图

### 3.1 片盒

片盒四周为金属材料,止口密封。片盒上板为薄钢板支撑兼作锁定插销;下板为硬质纤维板,其内粘有泡沫塑料保护面,以保护 IP 表面防划伤。IP 板与金属板粘贴在一起,由前端金属框嵌紧在下部,在两侧竖梁有长槽做导向用。开锁滑片和锁紧片用于对片盒开启和关闭,如图 2 所示。片盒的设计要求是既满足在整机上正常使用,又可与医院现有 X 光机匹配。既可使用柯达的 IP,又可用富士 IP。

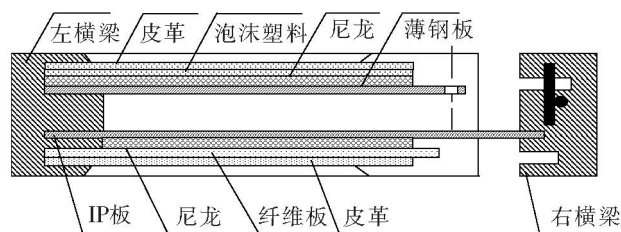


图 2 片盒结构示意图

要求片盒当其被插入到整机后,片盒能自动打开,使抓片系统能将片盒内的IP抓出。当IP消光后可自动快速返回片盒。

### 3.2 输片系统

输片系统的功能是实现正反向输片,该系统采用步进电机驱动、丝杠输片方案。抓片完成后,丝杠正转,在螺母带动下使IP移动进入输片平台。丝杠和螺母采用消间隙结构。丝杠以10 mm/s匀速运行。导轨采用滚珠直线导轨,运动轻便平稳。在上箱体侧面有5个光电对用于检测IP板起始位置和4种片盒位置。丝杠导程为2 mm,丝杠螺距误差为0.01 mm,导轨导向精度为0.02 mm/m。

### 3.3 激光扫描系统

激光扫描系统主要由半导体激光器、扩束器、扫描器和 $f\theta$ 物镜等部件组成。半导体激光器组件本身已对半导体激光进行准直和扩束,但光斑较小,发散角还较大,我们用扩束器进行了二次扩束。扩束器能轴向调整、有锁紧机构,由机械加工保证光轴同轴。扫描器转轴、扩束器光轴和激光器光轴高度靠加工保证,每个部件底座和底板(光学平台)之间有修整垫。 $f\theta$ 物镜各透镜之间的相互位置靠加工保证。 $f\theta$ 物镜整体可通过修整垫沿光轴方向调整,保证激光焦点成像在IP板上。扫描器采用双五棱镜,以3 000 r/min匀速转动<sup>[9]</sup>,轴晃动 $<2''$ 。由于转速较高,结构上考虑动平衡,在轴承之间加惰轮进行动平衡调整,采用弹性机构消除轴向串动。激光扫描系统结构示意图见图3。扫描轴晃动实际检测结果为 $1.2''$ 。

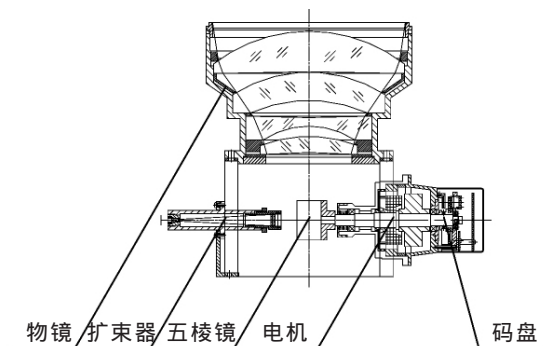


图3 激光扫描系统示意图

### 3.4 荧光读取系统

荧光读取系统主要用于收集IP板经激光激励后的荧光。IP上存储的信息经激光扫描后发出荧光。它由狭缝、光纤排、滤光片及光电倍增管等组成。从IP板激发出的荧光很弱,光纤排是否安装和调整到最佳位置和角度、收集到尽可能多的荧光,将关系到整机的信噪比。读取是关键,故设计为暗箱扫描读取结构,屏蔽外界杂光。两束光纤排接收面应尽量靠近IP板,两束光纤排在不拦光前提下夹角应尽量小。在光电倍增管前设有滤光片,屏蔽荧光以外的光线。荧光读取系统示意图见图4。

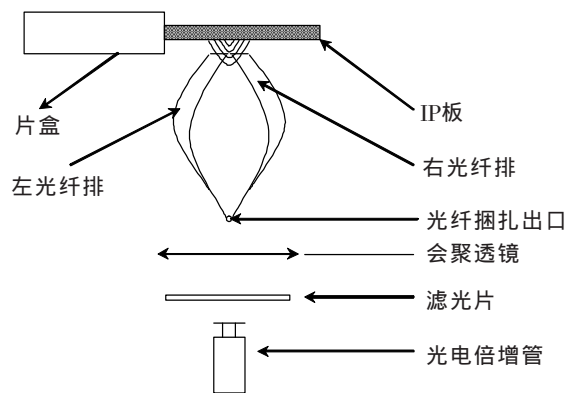


图4 荧光采集系统示意图

## 4 输片精度分析

影响像位移精度的主要有输片机构和扫描机构两部分。

### 4.1 输片机构

输片机构是影响“行”间距误差的主要因素。

(1) 输片丝杠螺距误差 $\Delta_1$ :

设计给定螺距误差为 $\Delta_1=0.01$  mm。

(2) 步进电机丢一步误差 $\Delta_2$ :

现选丝杠的螺距为2 mm,步进电机每转400步、每步 $0.9^\circ$ ,丢一步误差 $\Delta_2=0.005$  mm。

### 4.2 扫描机构

扫描电机轴晃动是二维量,但只对像点一维影响,造成偏离失真。

(1) 扫描电机轴晃动产生的像位移误差 $\Delta_3$ :

该误差是由于扫描电机轴晃动通过五棱镜和  $f-\theta$  物镜后产生的像位移误差。扫描电机轴晃动误差设为  $2''$ ，使出射光的角度变化  $\delta$  为  $4''$ ， $f-\theta$  物镜焦距  $f$  为 300 mm，产生的像点漂移为  $\Delta_3$ ：

$$\Delta_3 = f \times \tan \delta = 300 \text{ mm} \times \tan 4'' = 0.0058 \text{ mm}$$

(2) 五棱镜加工误差引起的像点位移误差  $\Delta_4$ ：

五棱镜厚  $d$  取 50 mm，折射率  $n$  取 1.5，其加工平行差  $\theta$  为  $2''$ ， $f-\theta$  物镜的焦距  $f$  为 300 mm，因平行差  $\theta$  而引起的角度变化量  $\delta$  为：

$$\delta = \frac{\theta}{2} \left( 1 + \frac{n+1}{2n} i_1^2 \right) \approx 4.3''$$

该角度变化量  $\delta$  经  $f-\theta$  物镜后，产生像位移误差  $\Delta_4$ ，则：

$$\Delta_4 = f \times \tan \delta = 300 \text{ mm} \times \tan 4.3'' = 0.0063 \text{ mm}$$

五棱镜展平楔角误差示意图见图 5。

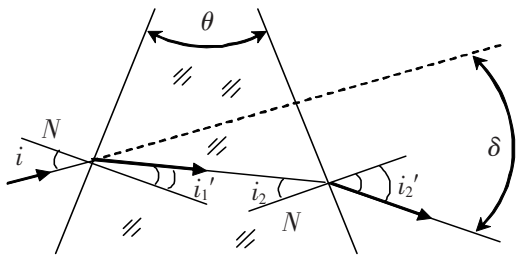


图 5 五棱镜展开示意图

(3) 装校误差引起的像点位移误差  $\Delta_5$ ：

装校误差主要体现在装调五棱镜和扫描电机轴时，当五棱镜的主截面不能装到旋转电机回转中心上时，使入射光与出射光的  $90^\circ$  夹角产生  $2''$  的误差，相当于  $4''$  的变化，通过  $f-\theta$  物镜使像点产生位移  $\Delta_5$ ：

$$\Delta_5 = f \times \tan \delta = 300 \text{ mm} \times \tan 4'' = 0.0058 \text{ mm}$$

综上，总误差均方根值 (RMS) 为：

$$\Delta_{\text{总}} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2} = \sqrt{0.01^2 + 0.005^2 + 0.0058^2 + 0.0063^2 + 0.0058^2} \approx 0.014 \text{ mm} \approx 14 \mu\text{m}$$

输片精度实际检测结果为 0.015 mm，精度指标满足  $<0.02 \text{ mm}$  的要求。丝杠、扫描电机轴晃动、 $f-\theta$  长焦距是产生误差主要原因。

## 5 结 论

根据数字 X 光影像仪的实际要求，确定了光机结构的设计方案。实际使用表明，输片系统精度优于  $0.02 \text{ mm}$ ，扫描轴晃动  $<2''$ ，荧光读取系统较高的收集效率和较好的消杂光措施保证了图像质量。X 光影像仪光机结构研制对确保数字 X 光影像仪的整体性能起到了较重要的作用，具有成本低廉、结构简单和维护简便等优点，基本达到了预定目标使用要求。

## 参考文献

- [1] Michael B. The design and performance characteristics of collector high efficiency detection of photostimulable phosphor emissions[J]. SPIE, 1993, 1896: 288-295.
- [2] Carlsson T E, Örnhed H. Evaluation of digital flash X-ray images produced using computed radiography[J]. SPIE, 2005, 5580: 842-850.
- [3] 候方源. 计算机 X 光成像仪的研究[J]. 光学精密工程, 1998, 6(5): 96-99.
- [4] 刘光达, 赵立荣. 基于最小均方误差原理的医学 X 光影像滤波阈值选择 [J]. 光学精密工程, 2001, 9(1): 47-50.
- [5] 杨词银, 黄廉卿. 计算机 X 光影像仪图像采集卡的设备驱动程序[J]. 红外与激光工程, 2002, 31(1): 82-87.
- [6] 蒋振平, 熊光楠. X 光影像仪光采集系统的研制[J]. 激光杂志, 2003, 24(5): 83-84.
- [7] 张利平, 黄廉卿. 数字 X 光影像不均匀性的线性校正方法[J]. 光学精密工程, 2004, 12(3): 165-168.
- [8] 李德鹏, 孙杰. 计算机 X 线摄影在临床诊段中的应用[J]. 光学精密工程, 2004, 12(4): 246-249.

- [9] 张建萍, 冯秀恒, 黄廉卿. 数字 X 线影像仪的激光扫描光学系统设计[J]. 光学 精密工程, 2008, 16(2): 202-207.

作者简介: 孟庆华 (1963-), 男, 吉林长春人, 硕士, 研究员, 主要从事光谱仪器和光电经纬仪设计和研究。

E-mail: changguang suo@yahoo.com.cn

## 《光学 精密工程》(月刊)

《光学 精密工程》是中国仪器仪表学会一级学术期刊, 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所主办, 科学出版社出版。由国内外著名科学家任顾问, 陈星旦院士任编委会主任, 国家科技部副部长曹健林博士担任主编。

《光学 精密工程》坚持学术品位, 集中报道国内外现代应用光学、光学工程技术、光电工程和精密机械、光学材料、微纳科学与技术、医用光学、先进加工制造技术、信息与控制、计算机应用以及有关交叉学科等方面的最新理论研究、科研成果和创新技术。本刊自2007年起只刊发国家重大科技项目和国家自然科学基金项目及各省、部委基金项目资助的论文。《光学 精密工程》竭诚欢迎广大作者踊跃投稿。

本刊获奖:

中国精品科技期刊  
中国科学技术协会择优支持期刊  
中国百种杰出学术期刊  
第一届北方优秀期刊  
吉林省双十佳期刊

国际检索源:

《美国工程索引》(EI Compendex)  
《美国化学文摘》(CA)  
《英国INSPEC》(SA)  
《俄罗斯文摘杂志》(PKJ)  
《美国剑桥科学文摘》(CSA)

国内检索源:

中国科技论文统计源期刊  
中国学术期刊(光盘版)  
万方数据系统数字化期刊  
台湾华艺中文电子期刊网  
中国科学引文数据库  
中国物理文献数据库  
中国期刊网

中文核心期刊要目总览(北大)  
中国学术期刊综合评价数据库  
中国光学与应用光学文摘  
中国科学期刊全文数据库  
中国光学文献数据库  
中国学术期刊文摘  
中国物理文摘

电 话: (0431) 86176855

传 真: (0431) 84613409

E-mail: gxjmgc@ciomp.ac.cn gxjmgc@sina.com

http://www.eope.net