

doi: 10.7690/bgzdh.2014.02.020

某型导弹发动机高能 X 射线照相自动换片系统

牛余朋, 路廷镇, 成曙, 苏志军, 贾庆龙, 穆洪彬

(中国人民解放军 96630 部队检测室, 北京 102206)

摘要: 针对固体导弹发动机高能 X 射线照相检测中人工换片耗时费力、效率低下等问题, 研制和开发一套高能 X 射线照相自动换片系统。该系统采用合理的机械结构设计和工业机器人技术, 从机械传动、气动系统和电气控制 3 个方面介绍了该系统的硬件系统, 从手动、自动和示教 3 种运行方式设计了系统的软件控制, 并分析了软件设计流程。分析结果证明: 该系统实现了胶片暗盒的自动抓取与存放, 缩短了检测时间, 降低了射线辐射危害, 提高了工作效率。

关键词: 导弹; X 射线; 自动换片

中图分类号: TJ765 **文献标志码:** A

High Energy X-Ray Photography Film Automatic Switching System for Certain Type Missile Engine

Niu Yupeng, Lu Tingzhen, Cheng Shu, Su Zhijun, Jia Qinglong, Mu Hongbin

(Test Room, No. 96630 Unit of PLA, Beijing 102206, China)

Abstract: For solid missile engine artificial in high-energy X-ray photographic detection in time-consuming, inefficient and other issues, a set of high energy X-ray photography film automatic switching system is designed. The system adopts the reasonable mechanical structure design and industrial robot technology, the hardware system are introduced from the mechanical transmission, pneumatic system and electrical control three aspects, the software of the system is designed in three modes, such as manual, automation and teaching, the software design process is analyzed. Analysis results show that the system implements the automatic fetching and storing film cassette, which shorten the testing time, reduces the radiation hazard, and improves the working efficiency.

Keywords: missile; X-ray; auto changing film

0 引言

高能 X 射线照相检测, 是目前检查固体导弹发动机装药燃烧室内部结构完整性的唯一有效方法。在射线照相过程中, 底片暗盒由人工进行更换, 加速器每出束拍照一张胶片, 需要操作人员进入检测现场更换一次照相底片。理论分析和实际监测结果均表明: 高能直线加速器停止出束后, 仍然存在一定的残余射线辐射, 对操作人员身体健康有重大危害^[1], 而且防护困难。现在通常采用安全等待的方法解决人员防护问题, 即加速器停止出束后, 等待一段安全时间, 让残余辐射自然衰减到可以接受的水平, 再进入检测现场换片。在一般射线照相剂量下, 9MeV 系统的安全等待时间为 30 min^[2]。固体发动机高能 X 射线照相的出束时间约是 20~30 s, 安全等待时间远比出束时间长, 使整个照相检测过程非常耗时。为此, 笔者研制开发了一套高能 X 射线自动换片系统, 解决了固体导弹发动机高能 X 射线照相检测中人工换片耗时费力、效率低下等问题。

1 系统硬件设计

该系统由机械传动系统、气动系统和电气控制系统等 3 大部分组成。

1.1 机械及传动机构设计

机械及传动机构包括可移动车体、胶片库和四自由度运动机构 3 部分组成。

1.1.1 可移动车体

该车体底部安装有滚轮组(滚轮直径不小于 300 mm), 用于在工作区域内移动车体; 前部安装有万向轮, 用于小角度转向; 车体底部装有一套手动液压千斤顶, 用于固定并大致调平车体。

1.1.2 胶片库

胶片库用于放置 10 个工业 X 射线胶片硬盒。该片库由防辐射壳体 and 胶片盒架 2 部分组成, 其结构如图 1 所示。其中防辐射壳体用于构成胶片的辐射防护空间, 由内、外各 5 mm 的钢板和 100 mm 的铸造铅板组成。胶片库门采用“迷宫”结构设计,

收稿日期: 2013-08-18; 修回日期: 2013-09-28

作者简介: 牛余朋(1969—), 男, 山东人, 硕士, 工程师, 从事固体导弹发动机无损检测的研究。

防止 X 射线直接通过门缝进入片库内。胶片盒架设计出宽度和深度各不相同的两组卡槽，使横/竖 2 种方式放置的胶片盒等高，方便机械手定点抓取。此外，在胶片盒架的设计上尽可能减小小胶片硬盒的间距，以减小胶片库重量。

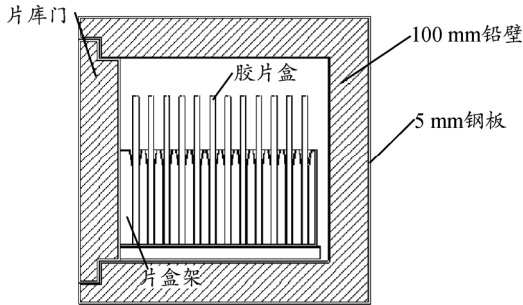


图 1 片库结构示意图

1.1.3 四自由度运动机构^[3]

四自由度运动机构包括两自由度机械臂总成、机械手爪、各方向伺服驱动电机等。其中 4 个自由度的机构运动成为该系统的核心。

1) 升降运动。

升降运动用于实现照相过程中的胶片盒高度定位以及取、放胶片盒的垂直定位等操作。

2) 伸缩运动。

伸缩运动用于实现照相过程中的胶片盒水平定位以及取、放胶片盒时的水平定位等操作。

3) 回转运动。

回转运动用于实现照相过程中的胶片盒角度定位以及取、放胶片盒时的角度定位等操作。

4) 胶片盒进出库运动。

片库运动是通过片库伺服电机带动丝杠绕轴线旋转，经片库丝杠螺旋副带动胶片库门沿其下方的片库导轨运动，实现胶片盒进/出库运动。

1.2 气动系统设计

气动系统主要包括气源、管路、气动电磁阀及气动手爪等几部分，其原理如图 2 所示。

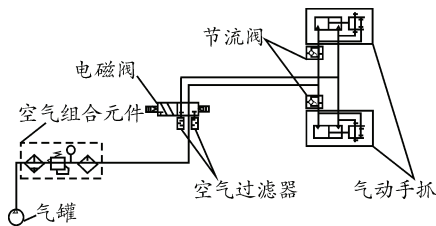


图 2 气动系统原理图

贮气罐的输出压力大小由其上的压力调节阀根

据气动手爪的夹紧力来确定。在气动管路上安装气动双向电磁阀，以电磁阀的通断来决定气动手爪的开闭，如无输出则手爪无动作，以确保在意外断电的情况下不会出现手爪松开而将胶片掉落^[4]。

1.3 电控系统设计

电控系统用于完成整机的管理与控制，并向操作者提供一个良好的操作平台。电气控制系统方案原理框图见图 3。在控制现场，采用 PLC 作为控制核心，以交流伺服电机作为执行机构，以触摸屏 (PWS1711) 作为操作平台^[5]。由于需要在 120 m 外实现远程控制，所以在远程控制端设置触摸屏，以 RS485 通讯口与现场的人机界面触摸屏相连接。

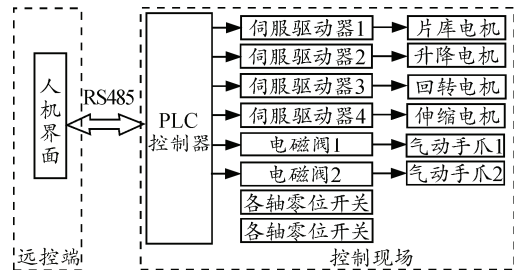


图 3 电控系统原理框图

2 系统软件设计

系统的软件控制总体结构见图 4。笔者实际上是设计一个工业机器人系统，对于软件的控制实际上就是如何实现其有目的的运动^[6]。

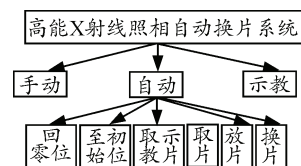


图 4 软件控制结构

为方便实际使用，系统软件的运行方式设计为 3 种方式，分别为手动方式、自动方式和示教方式。

1) 手动方式：该方式可以对各轴的运动进行独立控制(包括高速、低速、正向、反向运动)，主要用于设备的调试和维修。

2) 自动方式：系统可以为用户存储多个工艺流程，操作人员可以按工艺要求直接调用程序，按运行键后，系统就周而复始地工作。

3) 示教方式：该方式是利用机器人技术完成各轴运动位置的示教控制。主要用于确定或修改工艺时使用。