

基于电源电压检测的X线机示教实验装置设计

刘燕茹

包头医学院医学技术学院, 内蒙古 包头 014040

【摘要】针对医学影像设备学课程中X线机的讲解存在实验教学与理论教学较难结合的问题,医学影像学 and 医学影像技术专业学生在步入工作岗位之前对X线机的操作流程不熟悉的现状,文章设计一种基于电源电压检测的X线机示教实验装置。利用该实验装置开展实验教学,可以在避免高电压和X线的电离辐射给师生带来的潜在安全隐患的前提下实现以下教学目的:(1)该实验装置模拟常规X线机摄影或透视操作流程;(2)为得到合适黑化程度的X线光片,保证电源电压波动值超过 $\pm 10\%$ 时不能曝光。

【关键词】X线机;摄影;透视;点片;电源电压检测;X线机示教装置

【中图分类号】R197.39

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2018)04-0444-05

Design of X-ray machine teaching experimental device based on power voltage detection

LIU Yanru

School of Medical Technology, Baotou Medical College, Baotou 014040, China

Abstract: The conjunction between theory teaching and experiment teaching is very difficult, and the students of medical imaging and medical imaging technology specialty are not familiar with the operation flow of X-ray machine before they started work. Herein we designed an X-ray machine teaching experimental devices based on power voltage detection, aiming to improve the above-mentioned situation in the medical imaging equipment course. The designed device can achieve the following objectives in condition of low cost, high safety performance and non ionizing radiation characteristics: (1) providing solid foundation for students to familiar with the work such as X-ray machine maintenance or X-ray machine operation; (2) obtaining suitable X-ray photograph by making sure that X-ray machine will not be exposed when the power supply voltage over $\pm 10\%$.

Keywords: X-ray machine; radiography; fluoroscopy; spot; power voltage detection; X-ray machine teaching experimental device

前言

当前,各大医学类高等院校均设有医学影像或医学影像技术专业,医学影像设备学作为此类专业的专业必修课,其主要内容包括X线机、CT等的医学诊断类影像设备结构与组成^[1-5]。一般而言,影像诊断类设备体积庞大、价格昂贵,高校实验室设备很难配备齐全,尤其是X线机有辐射、有高千伏电压的特点,学生们接触X线机机会是少之甚少^[6-10]。所以,医学影像设备学课程教学存在理论教学与实践教学较难结合的现状^[11-14],研究仿真性或虚拟类的医学影像设备实验装置对提高

医学影像设备学课程的教学质量有重要现实意义^[15-20]。

X线机作为一种医学影像设备,可为医生提供用于疾病诊断的X线光片。一般而言,X线机具有普通摄影、透视、点片摄影、立位摄影、滤线器摄影和简易直线体层摄影等功能,并可以根据需要配备X线电视系统以及立式滤线器摄影架^[1-4]。X线机对电源的要求是:供电形式为三相四线制的220 V、50 Hz或380 V、50 Hz电源^[1-4]。

用X线机为病人做透视或摄影时,为获得合适黑化程度的X线光片,必须设置适当的管电压、管电流以及曝光时间。管电压越大、管电流越大、曝光时间越长,获得的X线光片越黑;反之,管电压越小、管电流越小、曝光时间越短,获得的X线光片越白,如图1所示。如果X线光片太白或太黑,都不利于医生诊断,容易产生误诊和漏诊的可能。通常情况下,要求电源电压波动范围不能超过 $\pm 10\%$ ^[1-4]。

【收稿日期】2017-11-29

【基金项目】包头医学院科学研究基金(BYJJ-QM201778)

【作者简介】刘燕茹,硕士研究生,讲师,主要研究方向:医学影像设备学,E-mail: liumin_1009@126.com

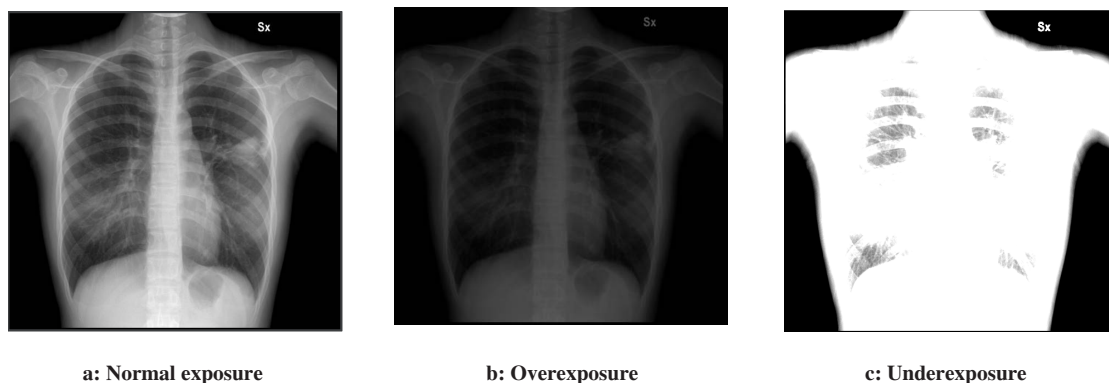


图1 曝光量对X线光片黑化程度的影响

Fig.1 Effect of exposure on X-ray films

为方便医学影像设备学课程中X线机部分理论教学与实践教学的结合^[20-21],本文设计了一种简易的基于电源电压检测的X线机示教实验装置,该装置在避免了高千伏和X线的电离辐射给师生带来的潜在安全隐患基础上,可保证电源电压波动值超过 $\pm 10\%$ 时,X线机不能曝光。

1 X线机电源电路模拟

X线机电源电路通用电路如图2所示,一般选用380或220 V电源供电,是X线机的总电源^[2]。该电

路元件有:电源接触器、电源保险丝、自耦变压器、电源电压调节碳轮、两组台次交换接触器以及两套开机、关机按钮等,其中自耦变压器是核心器件^[1-2]。电源电路将220或380 V的电源供给自耦变压器,通过自耦变压器为各部分电路供电,如灯丝加热电路、高压初级电路、限时电路^[1-2]。其中,管电压可调在高压初级电路中实现;管电流可调在灯丝加热初级电路中实现;曝光时间可调在限时电路中实现。上述所有电路的电源电压均来自X线机电源电路中的自耦变压器。

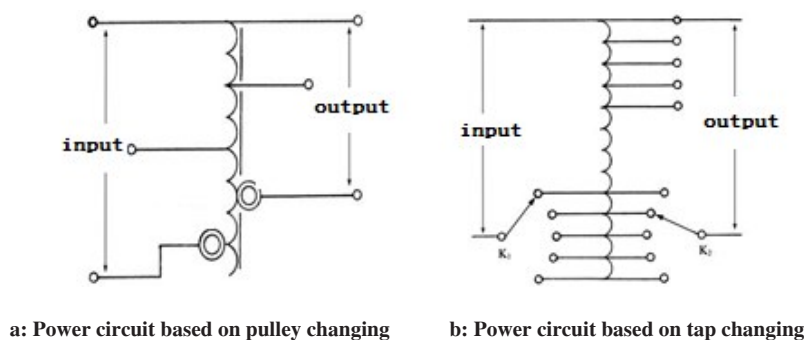


图2 常规X线机电源电路

Fig.2 Power circuit of conventional X-ray machine

为了获得图1a中曝光正常的X线光片,灯丝加热电路、高压初级电路、限时电路需要获得稳定的输入电源,这就对X线机电源电路输入电压的稳定性有一定要求。

图2中,利用抽头或滑轮可以调节电源电路中自耦变压器得电线圈的匝数^[1-4],进而控制每匝线圈的得电电压,使得每匝线圈获得稳定的电压,为灯丝加热电路、高压初级电路、限时电路提供稳定的输入电压。当因电源电压的波动使得为自耦变压器供电的电压超过220或380 V时,自耦变压器得电线圈的匝

数应随波动的电压适当增加,当因电源电压的波动使得为自耦变压器供电的电压小于220或380 V时,自耦变压器得电线圈的匝数应随波动的电压适当减少。

2 X线机电源电压中自耦变压器供电电压的检测

以220 V输入电压为例详细阐述电源电路中供给自耦变压器的电源电压检测。在进行透视或摄影之前,首先将220 V的电源电压供给如图3所示的DZ1-4和DZ1-2两端,经降压、整流和滤波之后获得

采样电压,将此电压供给两个LM324比较器,检测电源电压是否超过±10%的波动。如果电源电压波动超过+10%,则图3中比较器1端口输出为正,经反相后变为负,继电器J2得电,比较器7端输出为负,反向后变为正,继电器J1不得电;如果电源电压波动超过-10%,

则图3中上面的比较器输出为负,反向后为正,继电器J2不得电,而下面的比较器输出为正,经反相后变为负,继电器J1可以得电;如果电源电压的波动不超过±10%,则两个比较器的输出值都为负,经反相后变为正,则继电器J1和J2都不得电。

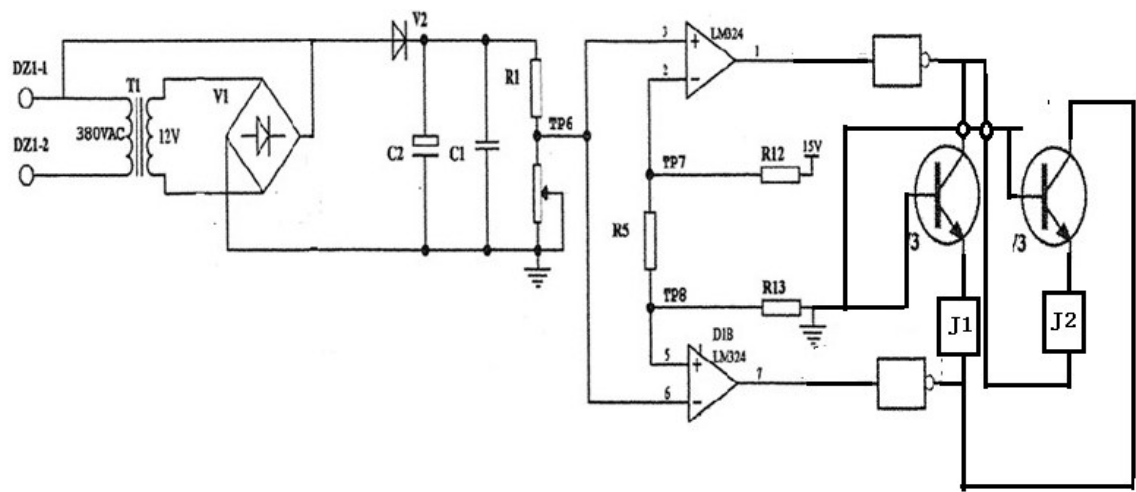


图3 自耦变压器供电电压检测
Fig.3 Detection of the power supply of autotransformer

3 基于电源电压检测的X线机示教实验装置

基于电源电压检测的X线机示教实验装置主要用于模拟X线机透视或摄影的操作过程。该实验装

置主要包括X线机的电源电路、灯丝加热电路、高压发生电路,X线机透视和摄影的控制电路以及开关机按钮和透视、摄影手闸等,具体电路如图4所示。

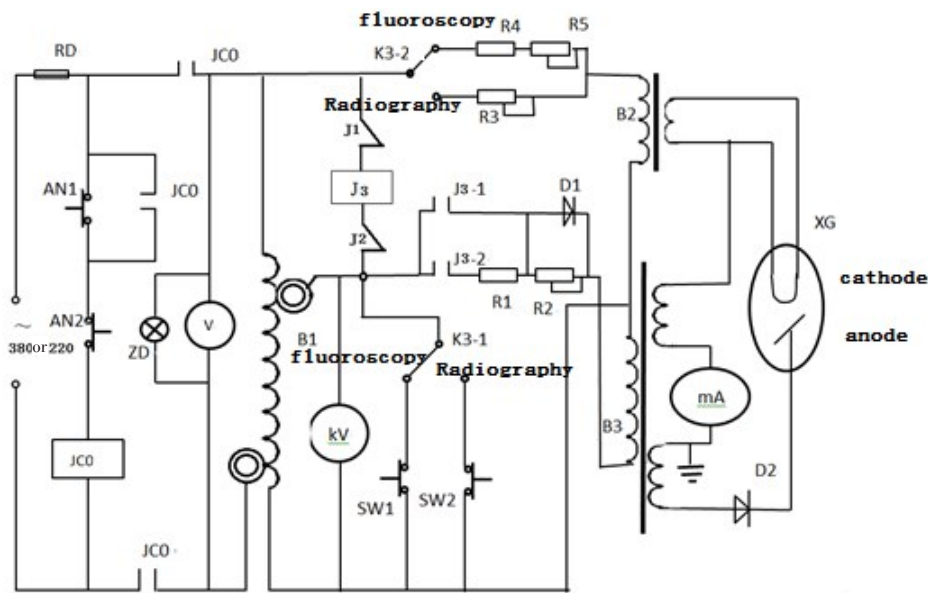


图4 基于电源电压检测的X线机示教电路图
Fig.4 Circuit diagram of conventional X-ray teaching board based on power voltage detection

3.1 电源电路

该电路用于模拟诊断X线机控制台中的电源电

路,即自耦变压器的得电回路,见图4(自耦变压器B1的得电回路)。该电路采用220 V电源供电,AN1模

拟X线机开机按钮,AN2模拟X线机关机按钮。当按下开机按钮AN1时,电源电压接触器JC0工作并自锁,其常开触点JC0闭合,自耦变压器B1得电,电源电压表V有指示,同时电源指示灯ZD亮;按下关机按钮AN2,JC0失电;且自耦变压器左侧碳轮随电源电压的波动值成比例滑动,以确保自耦变压器每匝线圈获得稳定的电压,以保证自耦变压器为后续电路供电时电压的稳定性。

3.2 灯丝加热电路

该电路用于模拟诊断X线机控制台中的灯丝加热电路,即模拟X线管XG灯丝的得电回路,具体见图4(自耦变压器为模拟X线管XG阴极灯丝供电的电路),以实现管电流的调节。该电路中的核心部件是自耦变压器B1、电阻R5、电阻R3以及灯丝加热变压器B2。如图4所示,X线机开机时,X线管阴极灯丝即得电。透视时,通过调节R5实现管电流的调节;摄影时,通过调节R3实现管电流的调节。

3.3 高压发生电路

该电路用于模拟诊断X线机控制台中的高压发生电路,即模拟X线管XG阴极和阳极之间的得电回路,具体见图4(自耦变压器为模拟X线管XG阴极和阳极供电的电路),以实现管电压的调节、控制以及预示,以及管电流的测量。该电路的核心部件包括自耦变压器B1、接触器J3的常开触点、高压变压器B3、mA表、kV预示表等。按下曝光手闸SW1或SW2时,J3得电时,同时高压变压器B3得电,曝光开始。如图4所示,调节B1右侧的滑轮时,B3初级线圈的电压改变,kV表的预示示数会发生变化。在透视时,调节灯丝加热电路中R5,mA表示数会发生变化;在摄影时,调节灯丝加热电路中R3,mA表示数会发生变化。

3.4 透视、摄影控制电路及操作流程

该电路简单模拟了诊断X线机控制台中的控制电路,图4中自耦变压器为接触器J3供电的电路。J3分别与自耦变压器供电电压检测电路中J1、J2继电器的常闭触点、控制透视和摄影开始的曝光手闸串联,以实现只有电源电压波动范围不超过 $\pm 10\%$,曝光才可顺利进行;反之,如果电源电压波动范围超过 $\pm 10\%$,因为J1、J2继电器的常闭触点总有一个不得电,即使按下曝光手闸,J3也不可能得电,B3就不能得电,曝光不能进行。具体曝光流程如下:

(1)基于电路联动的透视操作:将选择开关k3-1~k3-2拨至透视工作状态(模拟手闸1挡),当电源电压波动范围在 $\pm 10\%$ 之内,按下透视SW1按钮后,接触器J3工作。高压变压器B3得电,mA表有指

示,模拟X线管有电流通过,调节透视管电流电位器R5,mA表指示有变化;当电源电压波动范围超过 $\pm 10\%$,即使按下透视SW1按钮后,接触器J3也不工作,B3不得电,透视不能进行。

(2)基于电路联动的摄影操作:将选择开关k3-1~k3-2拨至摄影工作状态(模拟手闸1挡),当电源电压波动范围在 $\pm 10\%$ 之内,按下摄影曝光按钮SW2按钮,接触器J3工作,J3-1、J3-2闭合,曝光开始,产生模拟X线机管电流,mA表有指示,至曝光时间后,X线机曝光结束。如果电源电压波动范围超过 $\pm 10\%$,即使按下透视SW1按钮后,接触器J3也不工作,B3不得电,摄影不能进行。

4 结论

本文设计了一种简易的基于电源电压检测的X线机示教实验装置,该实验装置主要包括自耦变压器供电电压检测部分和基于自耦变压器供电电压检测的X线机示教实验部分。基于电源电压检测的X线机示教实验装置用模拟X线管替代了X线管,在避免了高千伏和X线的电离辐射给师生带来的潜在安全隐患,以保护师生人生安全的前提下,模拟了基于电路联动的X线机透视、摄影的操作流程,且确保了X线机只有在电源电压波动值不超过 $\pm 10\%$ 才能正常曝光。将该实验装置引入教学中,学生可以亲身体验X线机的操作流程,并直观地观察各种操作(开关机、kV、mA调节等)对电路的影响,方便医学影像设备学课程中X线机部分理论教学与实践教学的结合。

【参考文献】

- [1] 黄国祥,李燕.医学影像设备学[M].北京:人民卫生出版社,2014:72-116.
HUANG G X, LI Y. Medical imaging equipment[M]. Beijing: People's Medical Publishing, 2014: 72-116.
- [2] 韩丰谈.医学影像设备学[M].北京:人民卫生出版社,2016:46-93.
HAN F T. Medical imaging equipment[M]. Beijing: People's Medical Publishing, 2016: 46-93.
- [3] 韩丰谈,朱险峰.医学影像设备学[M].北京:人民卫生出版社,2004:111-130.
HAN F T, ZHU X F. Medical imaging equipment[M]. Beijing: People's Medical Publishing, 2004: 111-130.
- [4] 韩丰谈.医学影像设备学[M].北京:人民卫生出版社,2010.
HAN F T. Medical imaging equipment[M]. Beijing: People's Medical Publishing, 2010.
- [5] 张涛.医学影像设备学在医学影像技术人才培养中的教学探讨[J].中国继续医学教育,2017,9(13):45-46.
ZHANG T. Teaching of medical equipment in medical imaging technology personnel training [J]. China Continuing Medical Education, 2017, 9(13): 45-46.
- [6] 刘燕茹,石继飞,史晓霞,等.一种X线机单元电路实验箱设计[J].物理通报,2016,35(2):68-70.

- LIU Y R, SHI J F, SHI X X, et al. Design of a unit circuit experiment box for X-ray machine[J]. Physics Bulletin, 2016, 35(2): 68-70.
- [7] 韩丰谈, 孙思琴, 齐现英, 等. 成人教育医学影像设备学实验教学研究[J]. 中国医学装备, 2010, 7(9): 17-19.
- HAN F T, SUN S Q, QI X Y, et al. Research on experimental teaching of medical imaging equipment in adult education[J]. China Medical Equipment, 2010, 7(9): 17-19.
- [8] 蔡慧芳, 杨德武. 医学影像设备学课程教学现状分析及改革方案[J]. 中国医学装备, 2016, 13(3): 137-138.
- CAI H F, YANG D W. Analysis on teaching status and reform plan of medical imaging equipment[J]. China Medical Equipment, 2016, 13(3): 137-138.
- [9] 慕剑玲, 张晓玲, 陈洋, 等. 以职业能力为导向的《医学影像设备课程》开发与实践[J]. 医疗卫生装备, 2015, 36(7): 142-144.
- MU J L, ZHANG X L, CHEN Y, et al. Development and practice of occupational competency-oriented medical imaging equipment course[J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2015, 36(7): 142-144.
- [10] 崔艳斌. 医学影像设备学临床实验教学模式的改革研究与实践[J]. 医疗卫生装备, 2015, 28(2): 79-80.
- CUI Y B. Research and practice on the reform of clinical experimental teaching model of medical imaging equipment[J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2015, 28(2): 79-80.
- [11] 高春芳, 李国柱, 黄磊, 等. 浅谈《医学影像设备学》实践教学改革[J]. 医学理论与实践, 2016, 29(15): 2131-2132.
- GAO C F, LI G Z, HUANG L, et al. Discussion about practice teaching reform of medical imaging equipment[J]. The Journal of Medical Theory and Practice, 2016, 29(15): 2131-2132.
- [12] 濮宏积. 基于岗位工作流程导向的医学影像设备学课程开发[J]. 价值工程, 2015, 34(33): 164-165.
- PU H J. Medical imaging equipment curriculum development based on job and workflow-orient[J]. Value Engineering, 2015, 34(33): 164-165.
- [13] 张刚平, 赖胜圣, 何春兰, 等. 以就业为导向的《医学影像设备》教学改革探索与实践[J]. 人力资源开发, 2015(20): 223-224.
- ZHANG G P, LAI S S, HE C L, et al. Exploration and practice of the teaching reform of medical imaging equipment based on employment[J]. Human Resource Development, 2015(20): 223-224.
- [14] 曹明娜. 医学影像设备学实践性教学结构设置探讨[J]. 西北医学教育, 2008, 16(3): 484-485.
- CAO M N. Onstructure of practice based teaching of medical imaging equipment[J]. Northwest Medical Education, 2008, 16(3): 484-485.
- [15] 王辉, 胡俊峰, 时梅林, 等. 医学影像设备仿真教学系统的建立与实践[J]. 中国医学教育技术, 2017, 31(3): 305-307.
- WANG H, HU J F, SHI M L, et al. Construction and practice of simulation teaching system of medical imaging equipment[J]. China Medical Education Technology, 2017, 31(3): 305-307.
- [16] 王玉珏, 胡俊峰, 唐鹤云, 等. 数字X线机摆位操作训练仿真系统的实现[J]. 实验科学与技术, 2012, 10(5): 53-55.
- WANG Y J, HU J F, TANG H Y, et al. Realization of operation training simulation system of digital X-ray machine[J]. Experiment Science and Technology, 2012, 10(5): 53-55.
- [17] 王石, 王忠, 刘亚强, 等. 现代核医学影像设备研究环境和开发平台[J]. 实验技术与管理, 2008, 25(10): 63-68.
- WANG S, WANG Z, LIU Y Q, et al. Research environment and development platform of modern medical imaging equipment[J]. Experimental Technology and Management, 2008, 25(10): 63-68.
- [18] 岳若蒙. 设计性实验在医学影像设备学试验教学中的实践与探索[J]. 卫生职业教育, 2014, 32(4): 76-77.
- YUE R M. Research and exploration of designed experiment in medical imaging equipment's experimental teaching[J]. Health Vocational Education, 2014, 32(4): 76-77.
- [19] 成谢峰, 张学军, 朱震华, 等. 建设具有“大信息”特色的电工电子立体化实验教学体系[J]. 实验室研究与探索, 2008, 27(11): 71-75.
- CHENG X F, ZHANG X J, ZHU Z H, et al. On building electric and electronic three-dimensional experimental teaching system based on big information[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2008, 27(11): 71-75.
- [20] 齐现英, 鲁文, 韩丰谈. X线机设备学项目驱动式教学模式探索[J]. 中国医疗设备, 2012, 27(10): 131-133.
- QI X Y, LU W, HAN F T. Research of project-driven teaching model in the course of X-ray machine[J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2012, 27(10): 131-133.
- [21] 赵海涛, 陆军, 朱霆, 等. 《医学影像设备学》教学体会[J]. 医疗卫生装备, 2008, 29(10): 354-355.
- ZHAO H T, LU J, ZHU T, et al. Reflections on teaching of medical imaging equipment science[J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2008, 29(10): 354-355.

(编辑:陈丽霞)