

# 基于 FLUIDSIM 的“液压与气动”课程 教学模式改革实践

白继平, 胡启祥

(浙江交通职业技术学院 轨道交通学院, 浙江 杭州 311112)

**摘 要:**根据课程标准能力目标的要求,“液压与气动”课程的教学改革侧重于利用 FLUIDSIM 软件开发课程典型仿真控制回路,形成课堂虚拟实践教学模式。新的课程教学模式改变了传统课堂教学只注重液压或气动知识传授的现象,纠正了学生在课程实践教学过程中频繁出现搭建的液压或气动控制回路出错率高、电气回路与液压或气动回路不能协同工作等问题,加深了学生对课堂教学内容的理解,提升了学生专业知识的综合应用能力和工程实践动手能力。

**关键词:**FLUIDSIM; 液压; 气动; 教学模式

**中图分类号:**TH137

**文献标识码:**A

**文章编号:**1671-9891(2018)01-0098-07

## 0 引言

“液压与气动”课程主要包括液压和气动两部分内容,每部分又可以细分为基本元件、功能回路设计、组建、调速及故障诊断与排除。<sup>[1]</sup>为了调动学生的积极性,提高课程教学效果,常规的解决方案是选用项目化课程教材,并配合液压与气动综合实训平台,开展理实一体化教学。但是,由于学生不能将电气、传感技术和自动控制技术等学科相关知识与“液压与气动”课程有效结合起来,实践教学过程中仍然会出现学生不知所措、搭建的液压或气动控制回路出错率高、电气回路与液压或气动回路不能协同工作等现象。<sup>[2-3]</sup>

基于 FLUIDSIM 流体仿真软件,可以在虚拟平台上搭建课程系列液压或气动控制回路,使课本上的平面图以动态的形式展现在学生面前,加深了对控制系统动态特性的理解。<sup>[4-5]</sup>基于 FLUIDSIM 的仿真控制回路具有虚拟交互功能,极大地调动了学生参与课堂教学的积极性。通过搭建典型液压或气动控制回路,提升了学生的实践动手能力。利用虚拟仿真技术再现各种故障现象,能够加深学生对液压或气动元件故障现象的认识,提升学生工程实践中液压或气动系统故障诊断与排除的能力。

## 1 FLUIDSIM 软件简介

FLUIDSIM 软件分为液压仿真软件和气动仿真软件,其中 FLUIDSIM 液压仿真软件包含的功能模块为液压模块、电气控制模块、数字技术模块、简易通讯端口模块、顺序功能图表模块等;FLUIDSIM 气动仿真软件包含的功能模块为气动模块、电气控制模块、数字技术模块、简易通讯端口模块、顺序功能图表模块。

根据高职大学生“液压与气动”课程标准能力目标要求,课程教学主要使用 FLUIDSIM 软件的液压/气动模块和电气控制模块。液压功能模块包括液压动力元件、液压执行元件、液压阀件和液压测量传感元件四个子模块。气动功能模块包含气动动力元件、气动执行元件、气动阀件、气动阀组和气动测量传感元件五个子模块。液压和气动软件的电气控制模块包含执行元件、动力元件、测量传感元件、继电器元件、接触器元件、控制器元件等七个子模块。

### 1.1 液压软件

高职“液压与气动”课程液压部分主要讲述的内容包括液压动力元件、液压执行元件和液压控制元件及典型液压回路等。

FLUIDSIM 液压软件的动力元件子模块主要包括定量泵、变量泵、比例控制泵、组合油源、蓄能器、滤器、

收稿日期:2018-01-10

基金项目:浙江省高等教育教学改革项目(JG2013259)。

作者简介:白继平(1976—),男,山东济宁人,浙江交通职业技术学院轨道交通学院教授,博士。

冷凝器、加热器和油管等功能模型。执行元件子模块主要包括单作用单出杆液压缸、双作用单出杆液压缸、双作用双出杆液压缸、单向液压马达和双向液压马达等功能模型。液压控制元件子模块主要包括方向控制阀子模块、流量控制阀子模块、压力控制阀子模块和比例阀子模块,其中方向控制阀子模块又包括可配置换向阀、机控换向阀和电磁换向阀。通过方向控制阀各功能模块属性界面,可以设置主阀体“通”、“位”逻辑功能,“手控”、“电控”、“电液控”控制模式等参数。流量控制阀子模块包括节流阀、单向节流阀、液控单向阀、调速阀、与门型梭阀、或门型梭阀和分流阀等功能模型,在功能区可以编辑各模型属性,设置阀口开度、液阻等参数。压力控制阀子模块包括溢流阀、顺序阀、减压阀和插装阀等功能模型,在功能区可以编辑各模型属性,设置阀的公称压力等参数。压力控制阀子模块包括比例方向控制阀、比例压力控制阀和比例电磁铁等功能模型。测量传感元件子模块包括压力表、流量计和压力传感器等功能模块。

## 1.2 气动软件

高职“液压与气动”课程气动部分主要讲述气源、气动执行元件和气动控制元件及典型气动回路。FLUIDSIM 气动软件气动功能模块较液压软件液压功能模块多出一个气动阀组子模块,其他与功能子模块类似。本文以液压部分内容为例,阐述课堂教学模式改革的实践探索。

## 2 液压仿真回路构建

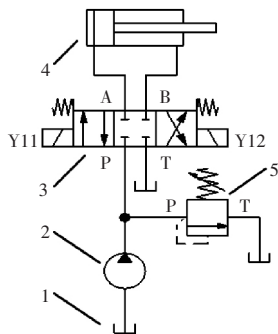
液压控制回路主要包括液压基本控制回路和多缸动作控制回路,是课程教学的重点与难点。教学实践表明,通过构建 FLUIDSIM 仿真液压控制回路,学生可以厘清液压控制回路与电气控制回路的工作原理及二者之间的联系,能够有效提升实践操作的正确率。

### 2.1 液压基本控制回路

液压仿真基本控制回路包括方向仿真控制回路、压力仿真控制回路和速度仿真控制回路。<sup>[6]</sup>

(1)方向控制回路。构建如图1所示的典型阀控缸方向控制回路,三位四通电磁换向阀3线圈Y11得电,单出杆液压缸4无杆腔进油、有杆腔回油,活塞杆伸出;线圈Y12得电,单出杆液压缸4无杆腔回油、有杆腔进油,活塞杆缩进。

图1中电磁换向阀3的控制电路见图2,继电器KM1点4处的常开触点与继电器KM2点4处的常闭触点构成互锁、自保电路,继电器KM1点7处的常开触点控制电磁换向阀的线圈Y11,当继电器线圈KM1得电时,点4、7处的常开触点闭合,线圈KM1、线圈Y11得电;点6处的常闭触点断开,继电器线圈KM2断电。同理,继电器线圈KM2得电,点6、8处常开触点KM2闭合,线圈KM2、线圈Y12得电;点4处常闭触点KM2断开,继电器线圈KM1断电。



1-油箱 2-油泵 3-电磁换向阀 4-液压缸 5-溢流阀。

图1 方向仿真控制回路图

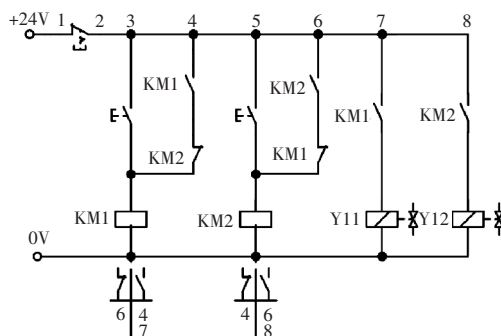


图2 方向回路控制电路图

图3揭示了方向控制回路的工作原理。活塞杆位移曲线斜率大,表明液压缸有杆腔进油时活塞杆缩进速度较伸出速度快。通过仿真实验,学生明晰了方向控制回路的工作原理,对搭建方向控制回路的液压回路和电气回路具有较大的指导意义。

(2)压力控制回路。构建图4溢流阀单级调压压力控制回路,二位四通电磁换向阀5线圈Y1失电,双出杆液压缸6左腔进油、右腔回油,活塞杆向右运动,溢流阀3关闭;当活塞杆停止运动时,系统压力升高至设

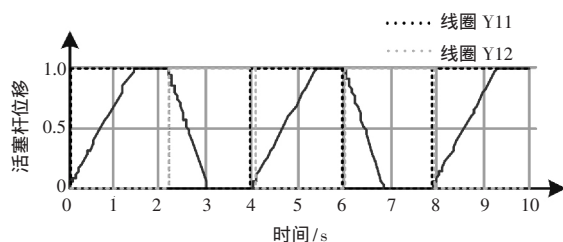
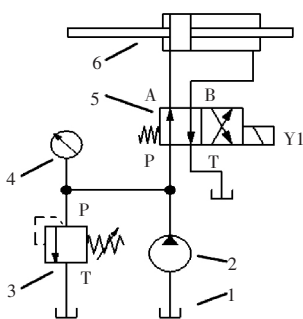


图3 活塞杆位移曲线无量纲图

定压力溢流阀 3 开启,系统卸荷,同理,电磁换向阀 5 线圈 Y1 得电,液压缸 6 左腔回油、右腔进油,活塞杆向左运动,活塞杆停止运动时,系统压力升高至设定压力溢流阀 3 开启,系统卸荷。

图 4 电磁换向阀 5 的控制电路如图 5,继电器 KM1 点 4 处的常开触点起到自保功能,点 5 处的常开触点控制线圈 Y1 通断电情况。



1-油箱 2-油泵 3-溢流阀 4-压力表 5-电磁换向阀 6-液压缸。

图4 压力仿真控制回路图

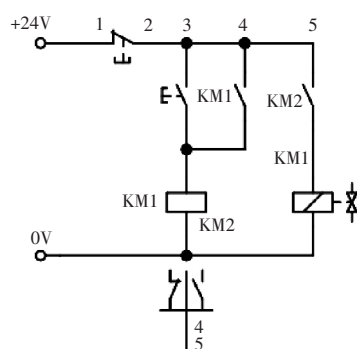


图5 压力回路仿真控制电路

图 6 揭示了压力控制回路的工作原理。活塞杆运动过程中系统压力较低,活塞杆停止运动时系统压力迅速上升,达到设定压力时溢流阀开启,系统卸荷。

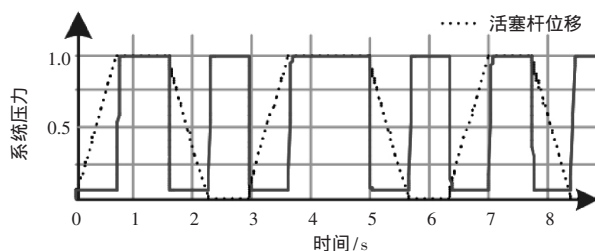
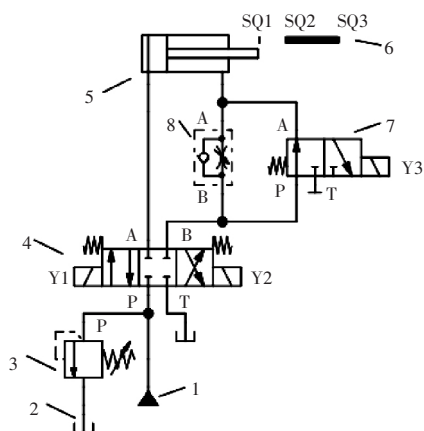


图6 系统压力曲线无量纲图

(3)速度控制回路。构建图 7 二级调速速度控制回路,如果二位三通电磁换向阀 7 线圈 Y3 失电,单向节流阀 8 被旁通,如果线圈 Y3 得电,单向节流阀 8 接入回路,起到单向节流作用。三位四通电磁换向阀 4 线圈 Y1 得电,液压缸 5 无杆腔进油、有杆腔回油,此时如果线圈 Y3 失电,液压缸 5 有杆腔快速回油,活塞杆快进,如果圈 Y3 得电,液压缸 5 有杆腔回油经单向节流阀 8,活塞杆工进。线圈 Y2 得电,液压油经过单向节流阀 8 或电磁换向阀 7 进入液压缸 5 有杆腔,活塞杆快速缩进。

图 7 电磁换向阀 4 和 7 的控制电路如图 8,继电器 KM1、KM2 控制线圈 Y1、Y2,继电器 KM3 控制线圈 Y3。三个行程开关 SQ1、SQ2 和 SQ3 常开触点分别控制三个继电器 KM1、KM3 和 KM2 线圈通断电情况。

图 9 揭示了活塞杆运动速度控制回路工作原理。活塞杆在 a 处,行程开关 SQ1 常开触点闭合,继电器 KM1 线圈得电,则线圈 Y1 得电,液压缸 5 无杆腔进油、有杆腔经电磁换向阀 7 回油,活塞杆快进,触点 SQ1 断开,活塞杆到达 b 处,行程开关 SQ2 常开触点闭合,继电器 KM3 线圈得电,则线圈 Y3 得电,液压缸 5 有杆腔回油经单向节流阀 8 回油箱,活塞杆工进,触点 SQ2 保持闭合,活塞杆在位置 c 处行程开关 SQ3 常开



1-油源 2-油箱 3-溢流阀 4-电磁换向阀 5-液压缸；  
6-行程开关 7-电磁换向阀 8-单向节流阀。

图7 速度仿真控制回路图

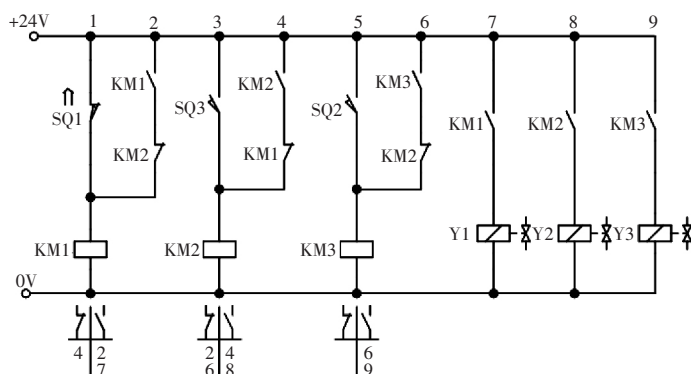


图8 速度回路控制电路图

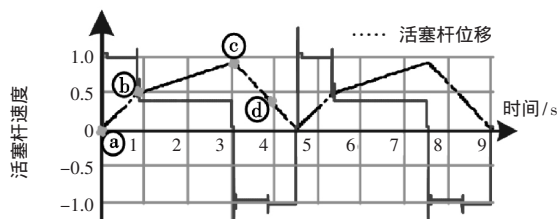


图9 活塞杆速度曲线无量纲图

触点闭合,继电器 KM2 线圈得电、KM1 线圈失电,则线圈 Y1 断电、线圈 Y2 得电,液压油经液压缸 5、单向节流阀 8 进入液压缸 5 有杆腔,活塞杆快速缩进,触点 SQ3 断开,活塞杆到达位置 d 处触点 SQ2 断开,则线圈 Y3 失电,液压油经电磁换向阀 7、单向节流阀 8 进入液压缸有杆腔,活塞杆继续快速缩进。传统实践教学中,速度控制回路电路连接是一个难点,学生操作错误率较高。通过借助 FLUIDSIM 软件,学生自主构建仿真回路,加深了对速度控制回路液压部分与电气部分的理解,有效提升了速度控制回路实际操作的正确率。

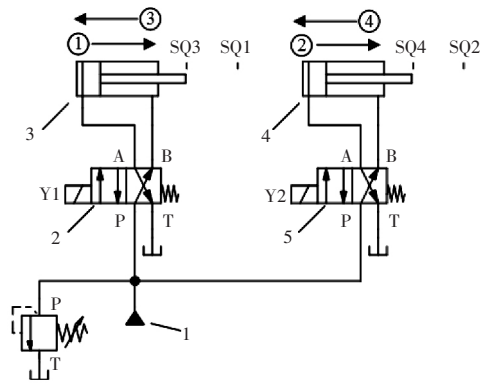
## 2.2 多缸动作控制回路

多缸动作仿真控制回路主要包括顺序动作仿真控制回路、同步仿真控制回路和多缸快慢速仿真控制回路等。

(1)顺序动作控制回路。构建图 10 双液压缸顺序动作控制回路,如果电磁换向阀 2 线圈 Y1 得电,液压缸 3 无杆腔进油,活塞杆伸出,行程开关 SQ3 常闭触点闭合;当液压缸 3 活塞杆碰触行程开关 SQ1 时, SQ1 常开触点闭合,线圈 Y2 得电,液压缸 4 无杆腔进油,活塞杆冲程,行程开关 SQ4 常闭触点闭合;当液压缸 4 活塞杆碰触行程开关 SQ2 时, SQ2 常闭触点断开,线圈 Y1 失电,液压缸 3 有杆腔进油,活塞杆缩进,行程开关 SQ1 常开触点断开;当液压缸 3 活塞杆碰触行程开关 SQ3 时, SQ3 常闭触点断开,继电器 KM2 线圈断电,线圈 Y2 失电,液压缸 4 有杆腔进油,活塞杆缩进。

图 10 电磁换向阀 2 和 5 的控制电路如图 11,继电器 KM1 控制线圈 Y1,继电器 KM2 控制电磁换向阀 5 的线圈 Y2。行程开关 SQ2 常闭触点与继电器 KM1 点 4 处常开触点形成继电器 KM1 线圈的自保回路,行程开关 SQ1 常开触点、行程开关 SQ3 常闭触点和行程开关 SQ4 常闭触点与继电器 KM2 点 7 处常开触点组成一个电路。

图 12 揭示了两个液压缸活塞杆顺序动作的工作原理。液压缸 3 活塞杆冲程运动(a 段),触及 SQ1 后液压缸 4 活塞杆冲程运动(b 段),触及 SQ2 后液压缸 3 活塞杆缩进运动(c 段),触及 SQ3 后液压缸 4 活塞杆缩进运动(d 段)。通过构建多缸顺序动作控制回路,使学生明白了行程开关与电磁换向阀之间的联控原理。实际操作中,学生常犯的错误是将活塞杆停滞在两个行程开关中间,使得液压系统无法正常启动。



1-油源 2-电磁换向阀 3-4-液压缸。

图 10 顺序动作仿真回路

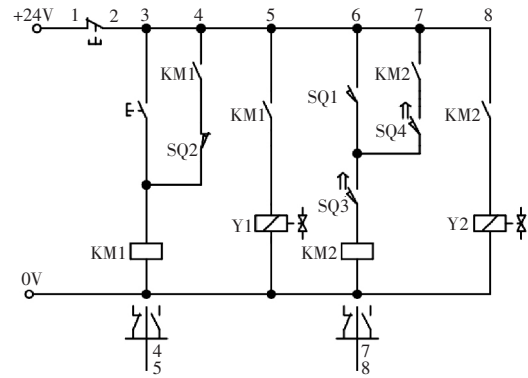


图 11 顺序动作回路控制电路图

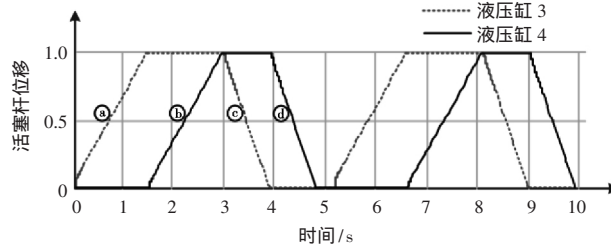
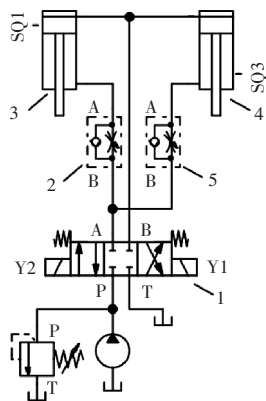


图 12 活塞杆位移曲线无量纲图

(2)同步控制回路。构建同步控制回路,如图 13 所示。若电磁换向阀 1 线圈 Y1 得电,液压缸 3、4 无杆腔进油、有杆腔液压油经单向节流阀 2、5 回油箱,活塞杆同步向下运动,行程开关 SQ1 常开触点断开。当液压缸 4 活塞杆碰触行程开关 SQ2 时, SQ2 常开触点闭合,继电器 KM1 线圈断电,继电器 KM2 线圈得电,线圈 Y1 失电,线圈 Y2 得电,液压油经单向节流阀 2、5 进入液压缸 3、4 有杆腔,活塞杆同步缩进运动。

电磁换向阀 1 的控制电路如图 14,行程开关 SQ1 常开触点闭合,则继电器 KM1 线圈得电,点 5 处常开触点 KM1 闭合,线圈 Y1 得电,液压缸 3、4 活塞杆冲程运动, SQ1 常开触点断开。当行程开关 SQ2 常开触点闭合时,继电器 KM2 线圈得电,点 6 处常开触点 KM2 闭合,线圈 Y2 得电,同时点 2 处 KM2 常闭触点断开,继电器 KM1 线圈失电,点 5 处 KM1 常开触点断开,线圈 Y1 失电,点 4 处 KM1 常闭触点闭合,与点 4 处 KM2 常开触点组成自保电路。



1-电磁换向阀 2-5-单向节流阀 3-4-液压缸。

图 13 同步仿真控制回路

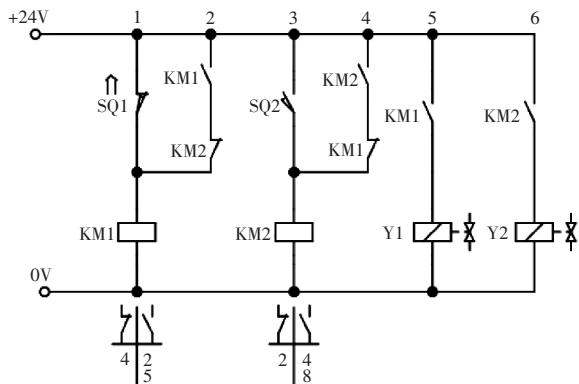


图 14 同步控制回路控制电路图

液压缸活塞杆位移曲线无量纲图如图 15 所示。从图 15 中可以看出同步控制的工作原理,当线圈 Y1 得电,活塞杆同步伸出;当线圈 Y2 得电,活塞杆同步缩进。这个仿真控制回路可以演示出单项节流阀或液压缸结构尺寸差异引发的不同步现象。



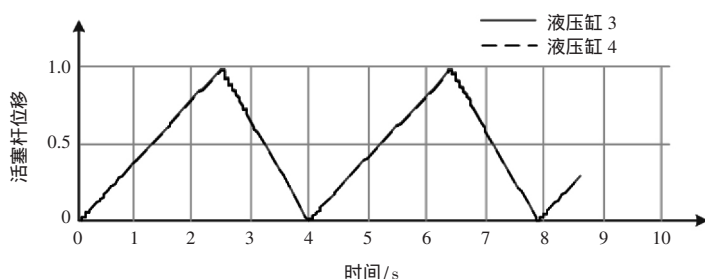
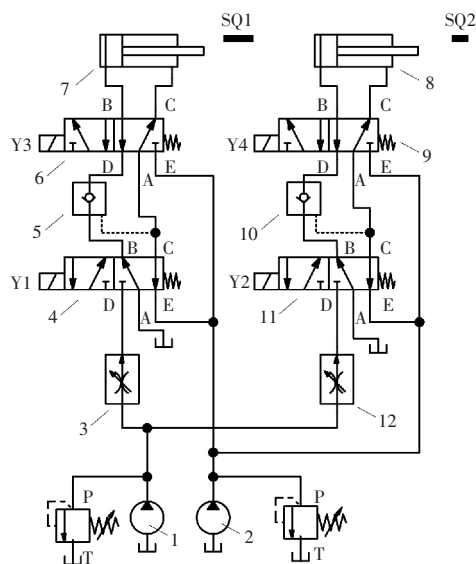


图 15 液压缸活塞杆位移曲线无量纲图

(3)互不干扰控制回路。图 16 是两个液压缸快慢互不干扰控制回路,当线圈 Y3、Y4 得电,液压缸 7、8 差动连接,即液压缸 7、8 有杆腔液压油分别经电磁换向阀 6、9 进入无杆腔,二者的活塞杆同步伸出。液压缸 7 活塞杆首先触及行程开关 SQ1,线圈 Y1 得电,线圈 Y3 失电,大排量泵 2 停止对液压缸 7 供油,小排量泵 1 经调速阀 3、电磁换向阀 4、液控单向阀 5、电磁换向阀 6 向液压缸 7 无杆腔供油,其有杆腔液压油经电磁换向阀 6、4 回油箱,此时液压缸 7 的活塞杆低速外伸运动,而液压缸 8 仍然由大排量泵 2 供油,其活塞杆仍然高速外伸运动。当液压缸 8 活塞杆触及行程开关 SQ2 时,线圈 Y4 失电、线圈 Y2 得电,大排量泵 2 停止对液压缸 8 供油,小排量泵 1 经调速阀 12、电磁换向阀 11、液控单向阀 10、电磁换向阀 9 向液压缸 8 无杆腔供油,其有杆腔液压油经电磁换向阀 9、11 回油箱,此时液压缸 8 的活塞杆低速外伸运动,而液压缸 7 仍然由大排量泵 2 供油,其活塞杆仍然低速外伸运动。

当系统断电时,小排量泵 1 从系统中切除,大排量泵经电磁换向阀 4、6 和 11、9 分别对液压缸 7、8 的有杆腔供油,其无杆腔油液分别经电磁换向阀 6、液控单向阀 5、电磁换向阀 4 和电磁换向阀 9、液控单向阀 10、电磁换向阀 11 回油箱,活塞杆快速缩进。可见,两个液压缸的活塞杆在运动过程中没有相互干扰。

图 17 是图 16 电磁换向阀 4、6、9 和 11 的控制电路图,行程开关 SQ1 常开触点和常闭触点分别控制电磁换向阀 4、6 的线圈 Y1、Y3,行程开关 SQ2 常开触点和常闭触点分别控制电磁换向阀 11、9 的线圈 Y2、Y4。



1-小排量泵 2-大排量泵 3,12-调速阀;  
4,6,9,11-电磁换向阀 5,10-液控单向阀 7,8-液压缸。

图 16 互不干扰仿真控制回路

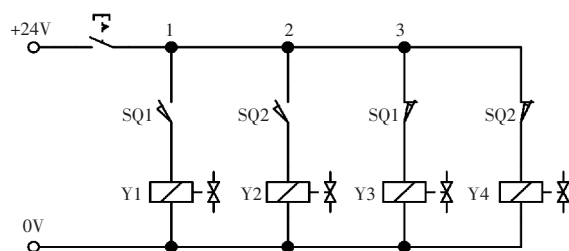


图 17 互不干扰回路控制电路图

图 18 是揭示了两个液压缸互不干扰控制回路工作原理。液压缸 7 活塞杆运动到 a 处速度陡然下降,而液压缸 8 活塞杆运动没有受到影响,液压缸 8 活塞杆运动到 b 处速度陡然下降,液压缸 7 活塞杆运动速度保持不变,液压缸 8 活塞杆运动到 c 处停止运动,液压缸 7 活塞杆运动速度保持不变。

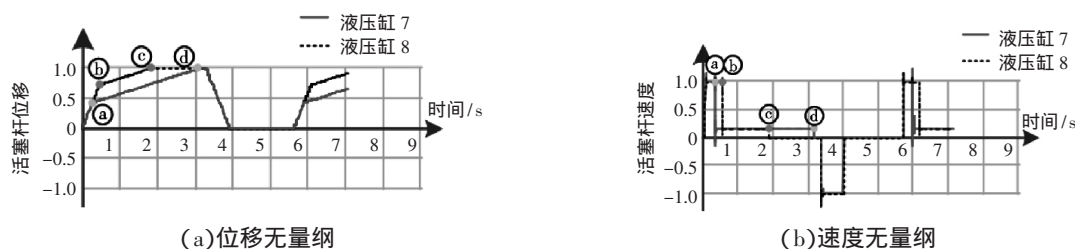


图 18 活塞杆位移和速度曲线无量纲图

### 3 结束语

基于 FLUIDSIM 软件实施“液压与气动”课堂教学模式改革,通过仿真设计液压/气动控制回路与实际搭建液压/气动控制回路相结合,能够提升学生参与课堂教学的积极性,有效提高了学生搭建液压/气动控制回路实际操作的正确率。学生能够搭建各种典型液压或气动控制回路,有效解决了实训室液压或气动元件品类少的限制。基于 FLUIDSIM 软件搭建的仿真回路具有良好的交互性,而且能够直观表现执行元件的动态特性,仿真过程中可以随时使系统处于“暂停”状态,便于学生研究系统的动态特性、各元件的工作状态,加深课堂教学内容的理解。通过自主设计,搭建典型液压或气动控制回路,能够培养学生设计液压或气动系统的能力。在典型液压或气动控制回路中预设故障点,能够提升学生工程实践中液压或气动系统故障诊断与排除的能力。通过课堂仿真教学任务训练,学生能够将所学的电气和传感技术等相关学科知识与“液压与气动”相关知识融会贯通,提升学生专业知识的综合应用能力和工程实践动手能力。

### 参考文献:

- [1]韩京海.液压与气动应用技术[M].北京:电子工业出版社,2014.
- [2]贾光政,王金东,杨松山,等.“液压与气动”实验教学模式的探讨[J].机床与液压,2007,(2):151-152.
- [3]孟庆云.液压与气动实验教学改革与实践[J].液压与气动,2011,(3):17-19.
- [4]毕长飞.FluidSIM 3.6 仿真软件在“液压与气动技术”中的应用[J].液压与气动,2011,(8):111-114.
- [5]郭联金,潘斌.FluidSIM 在液压与气动控制仿真实验中的应用[J].实验技术与管理,2015,(8):121-126.
- [6]李生山.基于 PLC 和 FluidSIM 软件的液压传动控制的设计[J].机械管理开发,2014,(4):42-44.

(责任编辑:顾力豪)

## Practice of *Hydraulics and Pneumatics* Course Teaching Mode Reform Based on FLUIDSIM

BAI Ji-ping, HU Qi-xiang

(School of Rail Transport, Zhejiang Institute of Communications, Hangzhou 311112, China)

**Abstract:** According to the requirements of course competence targets, the teaching reform of the *Hydraulics and Pneumatics* course focuses on the use of FLUIDSIM software to develop typical simulation control loop to form classroom virtual practice teaching mode. The new classroom teaching mode changed the traditional classroom teaching mode which solely focused on imparting hydraulic or pneumatic knowledge, corrected the problems such as higher error rates which frequently occurred during the process of students' practical teaching in building up hydraulic or pneumatic control loop and failure of synchronous work between electrical loop and hydraulic or pneumatic loop, and deepened students' understanding of classroom teaching content, all of which promoted students' comprehensive competence of application for their professional knowledge and engineering hands-on ability.

**Key words:** FLUIDSIM; Hydraulics; Pneumatics; Teaching mode