

[自控·检测]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2018.06.010

基于 PLC 的布敦岩沥青粉碎生产线控制系统设计

李 想¹, 郑 路¹, 倪益华¹, 张 丽², 倪忠进^{1*}

(1. 浙江农林大学 工程学院, 浙江 杭州 311300; 2. 浙江丰利粉碎设备有限公司, 浙江 嵊州 312400)

摘 要:针对目前沥青粉碎生产线采用的继电器控制系统监控能力低、稳定性差和人工操作复杂等缺点,课题组提出了一种基于 PLC 的沥青粉碎生产线控制系统。系统采用电流互感器和温度传感器采集了粉碎机电机温度和电流信息,实现了电机过热保护和过载保护。根据 PLC 的工作特点,设计了整套控制线路和 PLC 程序,实现一键启动和关闭整条生产线;设计了基于触摸屏的友好的人机操作界面,实现了设备状态监控、内部参数设定和历史数据查询等功能。应用结果表明:该系统自动化程度高,使用方便,提高了粉碎生产线的生产效率。该控制系统能有效降低粉碎系统的操作难度,提高粉碎系统的稳定性。

关 键 词:布敦岩沥青;粉碎生产线;PLC 控制系统;人机界面

中图分类号:TP273.5;TE626.86 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2018)06-0048-05

Design of PLC Control System of Burton Rock Asphalt Crushing Production Line

LI Xiang¹, ZHENG Lu¹, NI Yihua¹, ZHANG Li², NI Zhongjin^{1*}

(1. School of Engineering, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, China;

2. Zhejiang Fengli Pulverization Equipment Co., Ltd., Shengzhou, Zhejiang 312400, China)

Abstract: Aiming at the disadvantages of the current relay control system used in asphalt crushing production line, such as low monitoring ability, poor stability and complicated manual operation, a PLC-based asphalt crushing production line control system was proposed. The current transformers and temperature sensors were used to collect the temperature and current value of the motor to achieve motor overheat protection and overload protection. According to the working characteristics of PLC, the whole set of control circuit and PLC program were designed to realize the start and shutdown of the whole production line with one button. A friendly HMI based on touch screen was designed which realizes the functions of device status monitoring, internal parameter setting and historical data query. The application results show that the system has a high level of automation and the convenience of use, which improves the production efficiency of the crushing production line. The control system can effectively reduce the operation difficulty of the crushing system and can improve the stability of the crushing system.

Keywords: burton rock asphalt; crushing production line; PLC control system; HMI (human-machine interface)

布敦岩沥青作为改性剂掺配到人工炼制的沥青中,形成改性沥青,而改性沥青具有优越的路用性能^[1]。传统的沥青粉碎生产线控制系统采用继电器控制系统,人工操作复杂,设备故障频繁,而且设备故障时不能及时发现,对设备造成很大的伤害,还影响生产效率。相对于传统的继电器控制系统,PLC 控制系

统具有监控能力强、稳定性高及操作简便等优点。可编程控制器是以微处理器为基础的通用工业控制装置,已经广泛应用在各种机械设备和生产过程的自动控制系统中^[2]。课题组充分考虑了传统控制方式的不足,对现有沥青粉碎系统进行了自动化改造,显著提高了设备的生产效率,降低了对操作人员的要求。

收稿日期:2018-05-25;修回日期:2018-07-19

基金项目:浙江省科技厅重大专项项目:竹林机械化经营设备研发-系列竹林机械化经营关键技术与装备研发(2016C02G2100540)。

第一作者简介:李想(1993),男,河南息县人,硕士研究生,主要研究方向为机电一体化。E-mail:729423854@qq.com

1 布敦岩沥青粉碎生产线系统组成及工作原理简介

布敦岩沥青粉碎生产线主要由上料机、粉碎机、分级机、集料器、脉冲除尘器、引风机和关风机组成,结构如图 1 所示。设备工作时,由上料机供给物料到粉碎机,在粉碎机的粉碎仓内进行粉碎,粉碎后的物料要经过分级器的筛选,符合粒度要求的物料通过分级器进入集料器内,不符合粒度要求的物料再次落入粉碎仓进行二次粉碎,直至达到粒度要求。

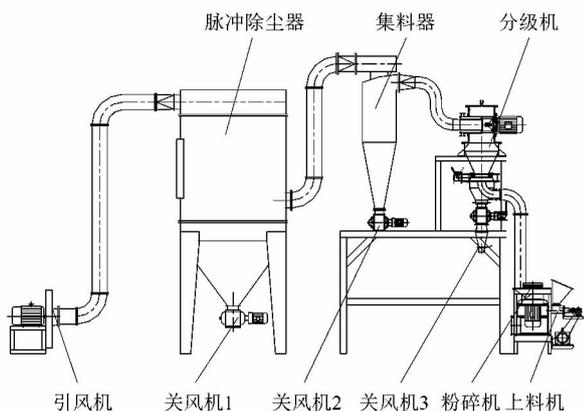


图 1 布敦岩沥青粉碎生产线的机械系统

Figure 1 Mechanical part of burton rock asphalt crushing production line

粉碎机是粉碎系统的核心部件,本系统使用的是 WDJ 系列的涡轮式粉碎机。针对布敦岩沥青容易结

团的特性,专门设计了涡轮式细碎刀片,使物料产量高、粒度细,并且刀片维修方便。涡轮式粉碎机主要由机座、机壳、进料口、出料口、定子、筛网和粉碎盘组成。其工作时,由外部的电机带动粉碎盘高速旋转,从进料口进来的物料在气流的作用下与粉碎盘不断发生冲击,并在粉碎盘和定子之间研磨,从而达到粉碎的效果^[3-4]。

分级机也是粉碎系统的核心部件,其好坏决定着粉碎后的物料是否均匀,粒度是否符合要求,本系统采用 WFJ 系列的气流分级机,分级精度高、出料均匀。气流分级机主要由进料口、粗粉出口、细粉出口、二次进风口和分级轮组成。其工作时,由外部的电机带动分级轮高速旋转,形成特定的离心场,物料由进料口进入,随气流上升至分级区,达到细度要求的细粉从叶轮缝隙中穿过,从细粉出口进入集料器中;细度不够的粗粉被叶片挡住,从粗粉出口出来进入粉碎机进行二次粉碎。其中,二次进风起到分离粗粉和细粉的作用,可提高气流分级机的分级效率。

其余设备中,集料器的作用是收集成品细粉,除尘器的作用是收集穿过集料器的细粉,防止污染空气,引风机的作用是给系统提供负压,关风机也叫星型卸料器,用于卸料。

2 控制系统硬件的设计

2.1 控制系统硬件结构的总体设计

控制系统的硬件结构如图 2 所示。

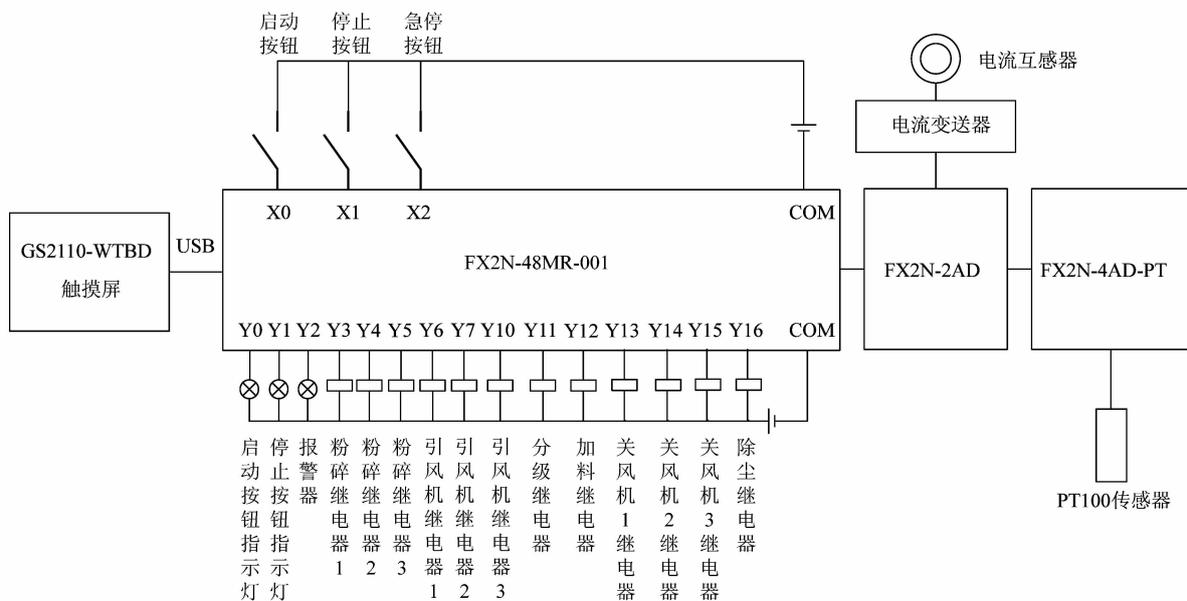


图 2 控制系统的硬件结构

Figure 2 Hardware structure of control system

触摸屏与 PLC 之间通过通用串行总线实现实时通信,使操作人员可通过触摸屏在线操作设备及监控设备的运行情况^[5-6]。为了提高系统的可操作性,在控制面板上加了按钮,可用来控制设备的开机、关机和紧急处理。上料机、粉碎机、分级机、引风机及关风机的动力来源均是三相异步电机。其中,粉碎机和引风机使用的是 22 kW 的 Y180M-2 电机,上料机使用的是 0.55 kW 的 Y/P801-4 电机,分级机使用的是 7.5 kW 的 Y2-132M-4,关风机使用的是 0.55 kW 的 YS7134 电机。为了观察设备工作时粉碎机电机的工作情况,系统设置了 LMZJ1-0.5 电流互感器和 BS41 电流变送器,将电流信号传给 FX2N-2AD 模块,经 FX2N-2AD 模块模数转换后传入 PLC;系统还设置了 PT100 温度传感器,配合温度模块 FX2N-4AD-PT 用于检测粉碎机电机的温度。除此之外,系统还安装了报警器,当设备出现故障时提示工作人员及时处理。

2.2 PLC 的 I/O 地址分配

PLC 的 I/O 地址分配是选择 PLC 型号的基础,也是进行硬件配置和控制设备程序编辑的前提条件,一个好的地址分配不仅可以提高系统的设计效率,而且能够降低控制系统的硬件成本^[7]。对本控制系统课题组综合考虑了系统的工作特性,对 I/O 地址进行分配,I/O 地址的分配如表 1 所示。

表 1 PLC 端口的分配

Table 1 Allocation of PLC ports

端口	说明	端口	说明
X0	启动按钮	Y6	引风机继电器 2KM1
X1	停止按钮	Y7	引风机继电器 2KM2
X2	急停按钮	Y10	引风机继电器 2KM3
Y0	启动按钮指示灯	Y11	分级机继电器 KM3
Y1	停止按钮指示灯	Y12	加料机继电器 KM4
Y2	报警器	Y13	关风机 1 继电器 KM5
Y3	粉碎机继电器 1KM1	Y14	关风机 2 继电器 KM6
Y4	粉碎机继电器 1KM2	Y15	关风机 3 继电器 KM7
Y5	粉碎机继电器 1KM3	Y16	除尘继电器 KM8

2.3 控制系统的线路设计

控制系统线路的设计包括粉碎设备中各个三相异步电机配电线路设计和 PLC 外部接线设计^[8]。粉碎设备中主机和引风机的电机功率为 22 kW,由于启动电流较大,选用星三角降压启动的方式,而不采用直接启动的方式;其余电机功率相对较小,采用直接启动的方式。在线路设计中为确保每台电机的安全工作,每一台电机前都单独安装有断路器和热继电器。电机外部接线原理如图 3 所示。PLC 作为控制系统的核心部件,需要接收按钮输入的开关信号、电流互感器和温度传感器的模拟信号,处理后作出响应;对于工作电压小的指示灯和报警器直接由 PLC 输出口驱动;其余通过继电器间接驱动^[9-10]。

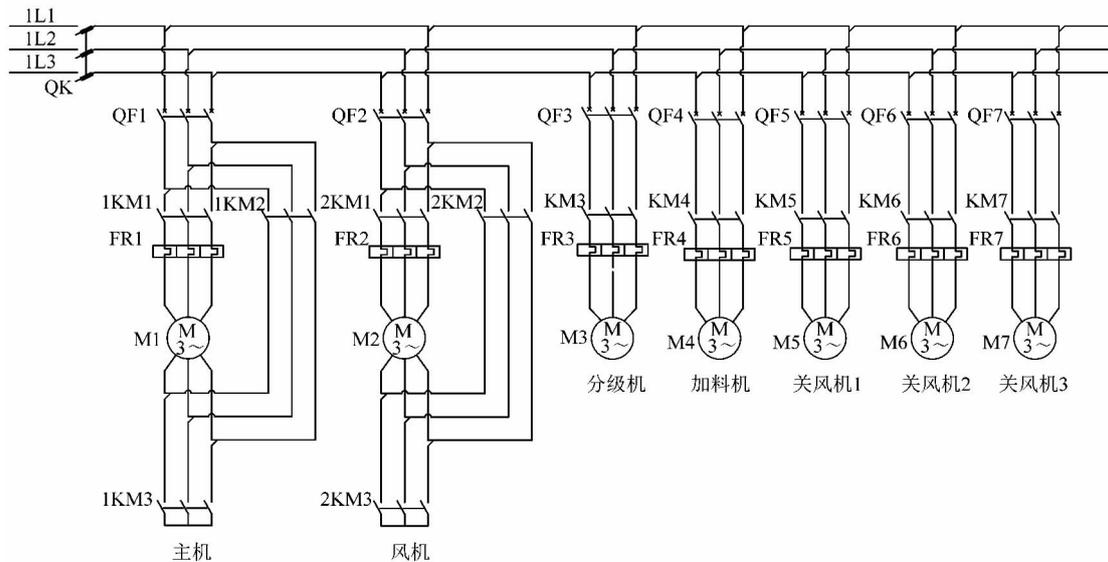


图 3 电机接线图

Figure 3 Wiring of motors

3 控制系统软件设计

根据粉碎设备的控制要求,在编程时将程序分为 4 个部分:主程序、开机子程序、关机子程序和急停子

程序。开机过程中粉碎设备的启动顺序依次为 3 台关风机电机、引风机电机、脉冲除尘器、分级机电机、粉碎机电机和上料机电机,这些电机对应启动相应的继电

器。其中,粉碎机电机和引风机电机采用星三角降压启动,即先触发继电器 1KM1 和 1KM3,电机处于星形接法,等待 10 s 后,停止触发 1KM3,触发 1KM2,电机处于三角形接法;引风机电机的启动与粉碎机电机的启动类似。关机过程中粉碎设备的停止顺序依次为:上料机电机、粉碎机电机、分级机电机、脉冲除尘器、引风机电机和 3 台关风机电机。其中,为了使粉碎设备中的物料全部加工彻底,在上料机关闭后要等待 3 min 再依次关闭粉碎机、分级机等设备。

控制系统主程序的控制流程如图 4 所示。当检测到启动按钮按下后,调用开机子程序完成粉碎设备的开机动作。当检测到关机按钮按下后,调用关机子程序完成粉碎设备的关机动作。当遇到紧急情况按下急停按钮时,系统瞬间响应,调用关机子程序立即关闭所有运行中设备。在设备运行的过程中,系统每隔 5 s 检测一次粉碎机电机的温度和电流,当温度超过 130 ℃ 或电流超过 42.2 A 时,触发报警器,提示工作人员检查设备运行情况,并做出相应处理。

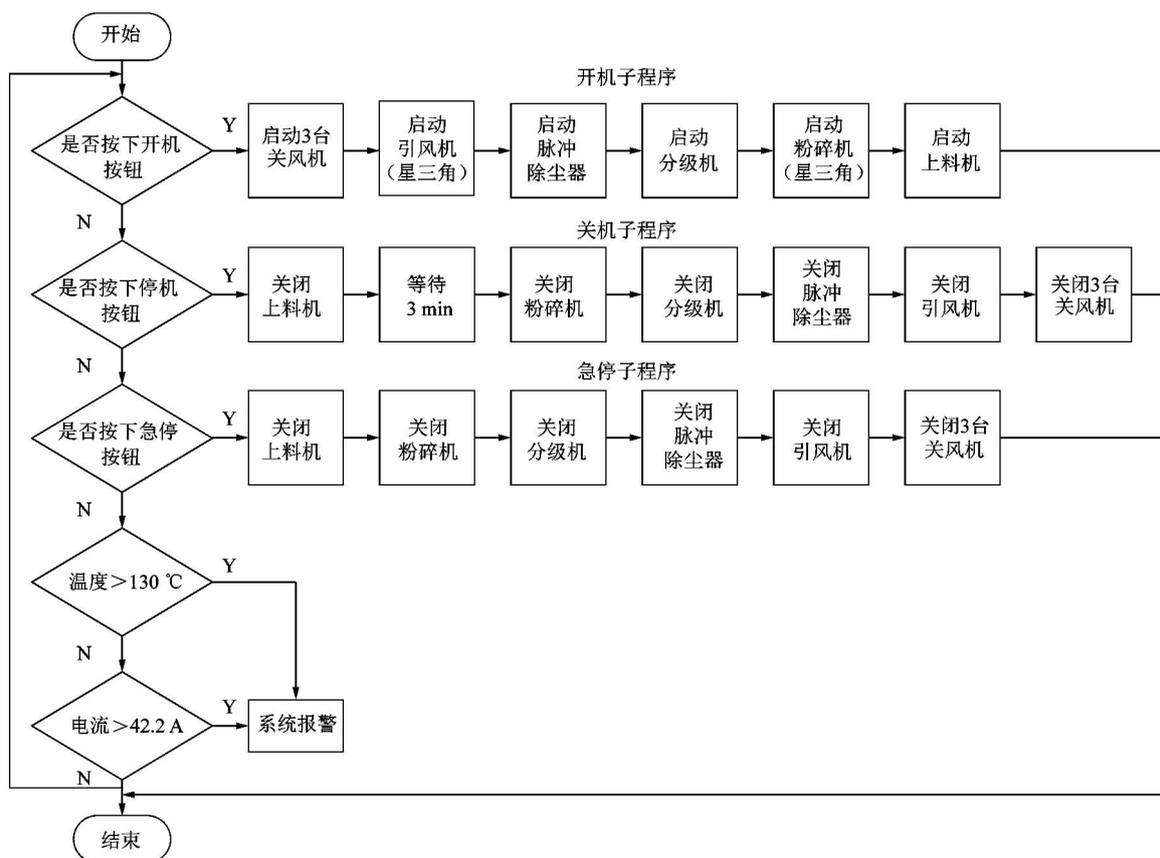


图 4 控制流程

Figure 4 Control process

4 触摸屏的应用

本系统设计时选用 GS2110 触摸屏作为上位机,用 MELSOFT GT Designer3 对触摸屏界面进行设计,监控界面包括系统状态监控界面、手动模式操作界面、内部参数设置界面、报警小窗口和数据查询界面等^[11]。在系统状态监控界面上,可以看到每个粉碎设备的当前运行状态,由指示灯显示,当设备处于工作状态时指示灯为蓝色,当设备处于停止状态时指示灯为红色。可以观察到粉碎机电机当前的电流和温度。在操作上

设置有手动模式和自动模式,其中自动模式任何人都可以操作,实现一键开关机;当按下手动模式按钮时会跳出输入密码提示,只有有权限的人才可以使用手动模式,这样可以防止因设备操作不当而引发的设备损坏和人员伤亡。内部参数设置界面也设有密码^[12]。在数据查询界面可以查询到最多 500 条粉碎机电流和温度信息,还可查询 10 次报警信息。系统状态监控界面如图 5 所示。

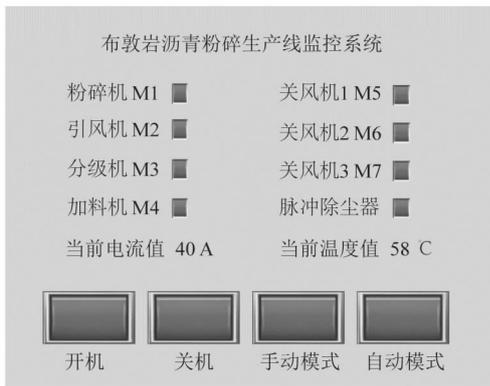


图5 系统状态监控界面

Figure 5 Monitoring interface of system's status

5 结语

系统采用 PLC 控制系统后,设备的操作变得非常简单——一键启动、一键关闭,有效解决了系统稳定性差的问题。经实际应用表明,系统能够满足实际生产需要。本系统适用于各种粉碎生产线的控制,可以在此基础上增加传感器监测生产过程中的其他重要参数,使设备的监管更加完善,提高生产的效率,同时延长设备的寿命。

=====

(上接第 41 页)

更稳定,更难发生流体弹性不稳定性。

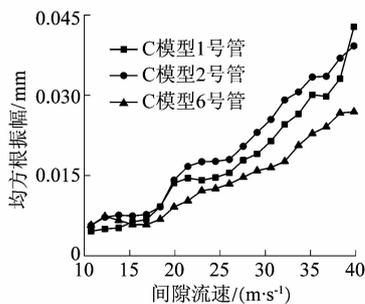


图 11 C 模型 1,2 和 6 号换热管实验均方根振幅与间隙流速曲线

Figure 11 RMS amplitude-gap velocity curves of 1, 2 and 6 tubes in model C

3) 外层横排管对其后第 1 排管束振动有促进作用,对其后第 2 排管束振动有抑制作用;外层竖排管对管束的振动有抑制作用,且距离外层竖排管越近,抑制作用越明显。沿横流方向,前排管束对后排管束的振动抑制作用逐渐增大。

参考文献:

[1] 王强,贾文静.管壳式换热器出现的问题及解决措施[J].内燃机,

参考文献:

[1] 樊喜雁,吕松涛.布敦岩沥青改性沥青混合料路用性能的对比[J].交通科学与工程,2016,32(4):22.
 [2] 廖常初.PLC 基础及应用[M].北京:机械工业出版社,2007.
 [3] 颜翠平,张明星.控制性气流粉碎技术制备等积球星墨粉[J].中国粉体技术,2015,21(5):53-57.
 [4] 罗新文,顾丽春,果霖,等.涡轮式粉碎机涡轮的有限元分析[J].机电产品开发与创新,2016,29(1):53-55.
 [5] 黄淑琴.基于 PLC 的自动封塑灌装机控制系统设计[J].轻工机械,2014,32(6):63-65.
 [6] 马娜,叶旭初,李德.基于 PLC 的卧式行星磨粉磨系统[J].矿山机械,2016(6):48-51.
 [7] 冯梅,范玉德,李鑫,等.混合机液压 PLC 控制系统的设计与实现[J].化工自动化及仪表,2016,43(12):1327-1330.
 [8] 孙方刚,纪志坚.基于 PLC 钕铁硼氢气粉碎工艺控制系统设计[J].软件,2017,38(3):119.
 [9] 许川佩,彭圣华.基于 PLC 的自动化生产线控制系统[J].仪表技术与传感器,2016(11):85-89.
 [10] 窦蒙,王耀,王从宏,等.基于 PLC 的自动摆盘机控制系统开发[J].机电工程,2017,34(9):1028-1031.
 [11] 王小娟,胡兵.PLC 和触摸屏在多自由度气动机械手系统中的应用[J].组合机床与自动化加工技术,2016(3):60.
 [12] 徐帅.基于 PLC 的气动搬运机械手控制系统[J].仪表技术与传感器,2016(9):77.
 2014(1):17.
 [2] CHEN S S. Parallel flow-induced vibrations and instabilities of cylindrical structures[J]. Shock & vibration digest,1974,6(10):3.
 [3] PAIDOUOSIS M P. Vibration of cylindrical structures induced by axial flow[J]. Journal of manufacturing science & engineering,1974,96(2):550.
 [4] 苏文献,桑芝富,陈志平.乙二醇再沸器管束振动破坏机理分析[J].化工机械,2001,28(6):333.
 [5] PETTIGREW M J, TAYLOR C E. Fluidelastic instability of heat exchanger tube bundles; review and design recommendations [J]. Journal of pressure vessel technology,1991,113(2):246.
 [6] 苏文献,陈功.换热管固有频率计算方法[J].上海理工大学学报,2015,37(6):535-539.
 [7] 徐平,郝旺身.振动信号处理与数据分析[M].北京:科学出版社,2016:25.
 [8] 仇大俪,杨彦利.基于数值积分的加速度信号测取位移方法:CN103604404A[P]. 2014-02-26.
 [9] 宋学官,蔡林,张华. ANSYS 流固耦合分析与工程实例[M].北京:中国水利水电出版社,2012:187.
 [10] 缪洪康,陈玉爽,吕刘帅,等.基于双向流固耦合的换热管流致振动分析[J].核技术,2018,41(5):4.
 [11] 夏永胜,张成龙.基于 ANSYS Workbench 的液管管道流固耦合振动分析[J].流体传动与控制,2017(3):39.
 [12] 旷仲和,田甜.闭式冷却水换热器断管原因分析及改进[J].热力发电,2009,38(10):51.