

DK-2 型机车制动机闸缸压力控制改进设计

方长征^{1, 2}, 李开晔^{1, 2}, 刘 杰^{1, 2}

(1. 中车株洲电力机车有限公司 制动分公司, 湖南 株洲 412001;

2. 轨道车辆制动技术湖南省工程实验室, 湖南 株洲 412001)

摘 要: 介绍了 DK-2 型机车制动机闸缸压力控制原理, 针对目前 DK-2 型机车制动机运用过程中出现的问题进行分析, 并从增加制动机故障安全导向、检修维护要求等方面提出了相应的改进方案。经过试验验证及现场运用考核, 证明改进方案提高了 DK-2 型机车制动机的安全性、可靠性。

关键词: DK-2 型机车制动机; 闸缸压力控制; 安全导向; 故障诊断; 检修维护

中图分类号: U260.35

文献标识码: B

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2019.05.129

Improved Design for Brake Cylinder Pressure Control of DK-2 Type Brake

FANG Changzheng^{1, 2}, LI Kaiye^{1, 2}, LIU Jie^{1, 2}

(1. Brake Branch Company, CRRC Zhuzhou Locomotive Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan 412001, China;

2. Hunan Engineering Laboratory for Braking Technology of Rail Vehicles, Zhuzhou, Hunan 412001, China)

Abstract: The principle of pressure control for brake cylinder of DK-2 type brake was introduced, the problems occurred in the operation were analyzed, and corresponding improvement schemes from the aspects of brake safety guidance, maintenance and repair were proposed. It was proved that the proposed scheme improved the safety and reliability of DK-2 locomotive brake through test verification and field application examination.

Keywords: DK-2 type brake; brake cylinder pressure control; safety guidance; fault diagnosis; maintenance and repair

0 引言

DK-2 型机车制动机(以下简称为 DK-2 制动机)广泛应用于我国干线铁路机车和地铁工程车, 拥有完全自主知识产权。该制动机自 2012 年开始批量装车以来, 已累计装车近千套, 系统总体运用情况良好。但随着运用年限和里程的增加, DK-2 制动机的关键控制部件——电磁阀故障率较运用初期有所增加, 制动机在运用过程中出现过因空电联锁 267YV 电磁阀(以下简称为 DBI 电磁阀)故障导致机车单独制动和常用制动闸缸压力控制失效故障, 给机车正常运用造成一定影响。本文通过对 DK-2 制动机闸缸压力控制原理进行分析, 并根据分析结果对该制动机闸缸压力控制提出改进措施。

1 故障诊断

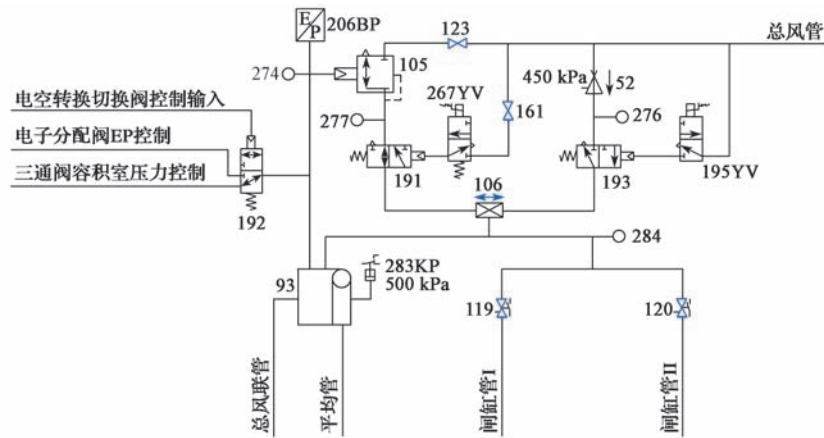
某次机车 DK-2 制动机在运行进站前, 驾驶员操作小闸进行减速, 发现机车速度不下降, 机车闸缸无压力, 立即通过操作大闸常用制动, 列车管减压正常, 但机车闸缸无压力, 然后驾驶员通过紧急制动才安全停车。停车后进行制动试验, 使用大闸常用制动和小闸单独制动试验, 列车管控制正常, 但机车闸缸仍无压力。第一次复位后, 将大闸置于紧急位, 制动机能正常上闸, 压力为 460 kPa, 制动机紧急制动功能正常。机车回段后下载制动机数据并对其进行分析, 将切换阀及故障电磁阀在实验室进行检测和故障还原, 确认了该故障是由于 DBI 电磁阀卡滞在得电位置而导致的。

本文从 DK-2 制动机空电联锁控制原理、闸缸压力控制原理及电磁阀结构等方面进行故障诊断与分析。

1.1 空电联锁控制原理

DK-2 制动机闸缸压力控制原理如图 1 所示, DK-2 制动机在闸缸管路上设置了一个 DBI 切换阀 191 及 DBI 电磁阀 267YV 来实现机车电制动与闸缸压力的互锁。该电磁阀由机车中央控制单元 (CCU) 进行控制, 当机车电制动投入需要空电联锁时, CCU 输入一个高电平给制动机 DBI 电磁阀 267YV, 电磁阀得电后沟通总风至 DBI 切换阀 191 控制口, 切换阀动作至空电联锁位, 将闸缸管压力排至零, 同时截止作用阀至闸缸管的通路。当机车取消空电联锁时, CCU 输入一个低电平给制动机 DBI 电磁阀 267YV, 电磁阀失电并将切换阀控制口排空, 切换阀动作至正常状态, 沟通作用阀输出口至闸缸的通路, 同时关闭排风口与闸缸管的通路。

如果切换阀 191 或 DBI 电磁阀 267YV 得电后卡滞不复位, 均会导致制动机闸缸管的压力空气通过切换阀排气口排向大气, 表现出闸缸无压力。



52—调压阀; 93—重联阀; 105—作用阀; 106—双向阀; 123, 161, 119, 120—塞门; 191—DBI 切换阀; 192, 193—切换阀; 195YV—紧急旁路电磁阀; 206BP—传感器; 267YV—DBI 电磁阀; 274, 276, 277, 284—压力测试口; 283KP—压力开关。

图 1 DK-2 制动机闸缸压力控制管路原理

1.2 DK-2 制动机闸缸压力控制

根据图 1 原理图可知, DK-2 制动机常用制动及单独制动时, 由制动控制单元 (BCU) 控制的电子分配阀 EP 将根据常用制动或单独制动指令产生闸缸预控压力, 实现对作用管的控制。作用阀输出闸缸压力, 同时三通阀根据常用制动时列车管的变化产生容积室压力, 输出至切换阀处, 作为作用管控制压力冗余。

紧急制动压力由多路压力进行控制, 实现压力控制冗余。紧急制动时, 电子分配阀输出紧急制动预控压力, 经切换阀至作用管, 通过作用阀输出出闸缸压力; 三通阀产生的容积室压力将输出至切换阀处, 作为热备冗余; 同时来自旁路控制部件产生的压力将输出至双向阀处, 与作用阀输出的压力经比较取大后输出

至闸缸管。

由以上分析可见, DK-2 制动机常用制动压力预控压力由电子分配阀 EP 控制压力和来自三通阀容积室压力进行控制, 但最终闸缸压力只能由作用阀这一路进行压力输出, 紧急制动时有作用阀和由调压阀 52、切换阀 193 组成的紧急旁路进行压力输出。由于常用制动只有 1 条压力通路输出, 如果 DBI 电磁阀或切换阀卡滞, 将会导致常用制动时闸缸无压力; 紧急制动由于有 2 条压力输出通路, 当其中一路因电磁阀故障导致常用制动通路失效时, 另外一路可以实现紧急制动时闸缸压力的输出。

DK-2 制动机紧急制动具有 2 条压力输出通路, 不会因某一条通路的部件故障导致闸缸无压力, 这也说明了故障发生时常用制动失效后驾驶员能操作紧急制动实现闸缸压力控制。但是发生故障后, 制动机本身没有故障提示及自动导向安全, 因此对驾驶员操作存在一定影响。

1.3 电磁阀故障诊断

DK-2 制动机 DBI 电磁阀其结构如图 2 所示。其内部结构为平衡式阀芯, 电磁阀动作依靠复位弹簧及线圈产生的磁力, 如果运动阀芯 O 型圈胀大及杂质进入阀芯运动处, 将可能导致电磁阀阀芯无法复位, 从而引起电磁阀动作不正常。

根据对现场故障现象、制动机数据及故障部件分析得知, 制动机发生闸缸无压力是因为 DBI 电磁阀阀芯卡滞在得电位置, 从而导致闸缸管压力空气通过切换阀排风口排出, 机车闸缸压力缓解。

本文通过对故障电磁阀以及制动柜进行调研分析, 发现故障电磁阀阀口及滤网均有较为严重的油污痕迹, 经相关专业厂家检测分析试验, 认为电磁阀长期在油污超标的环境下工作将导致阀芯 O

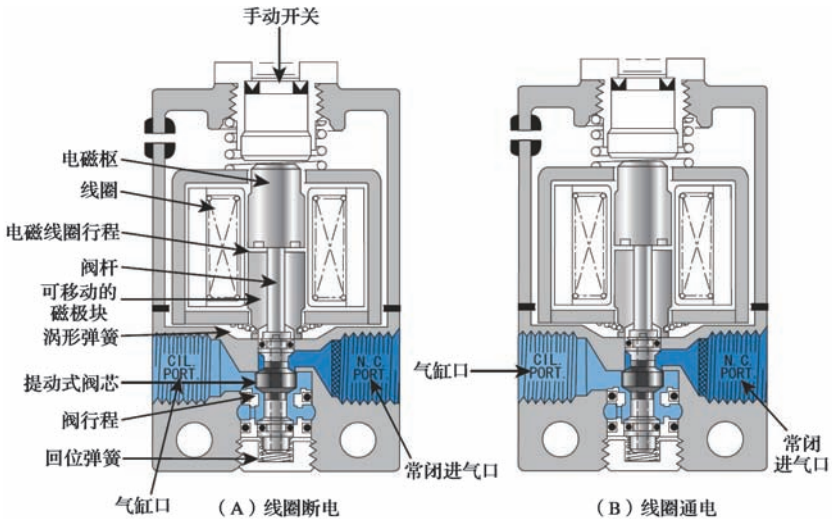


图 2 电磁阀结构示意图

型圈胀大，这是电磁阀卡滞的主要原因。根据故障数据及现场风源调研分析发现，电磁阀在机车上线运用初期较稳定，当运用超过两年半后或机车走行里程超过 40 万 km 时机车风源质量开始变差，电磁阀故障率明显增高，制动柜经常发现有液态黄色油聚集在电磁阀内部及气路板气路接口处。

2 DK-2 制动机闸缸压力控制改进方案

通过以上分析可知，DK-2 制动机紧急制动时有 2 条执行通路实现闸缸上闸，即作用阀输出闸缸压力和紧急旁路输出闸缸压力。常用制动时只有作用阀输出闸缸压力。为解决因 DBI 电磁阀卡滞导致闸缸失效故障，采取以下几项措施进行改进优化。

2.1 制动机故障自动安全导向

由于 DK-2 制动机常用制动、单独制动均通过作用阀进行闸缸压力输出，如果 DBI 电磁卡滞，将会导致常用制动、单独制动无闸缸压力输出。因此，从系统控制软件进行考虑，对常用制动、单独制动控制逻辑增加故障自动安全导向功能，具体判断逻辑如下：

①当系统实施常用制动时，根据 DBI 信号、常用制动目标值及闸缸压力实际值进行判断。若在触发常用制动 t_1 时间后检测到制动缸压力实际值与目标值差值大于设定差值 ΔP_1 时，系统触发常用制动故障判断条件，制动机将进行故障报警，制动显示屏显示相关故障代码，并自动导向常用惩罚制动，列车管减压 100 kPa，同时机车闸缸压力自动导向旁路输出。常用制动故障诊断流程图如图 3 所示。

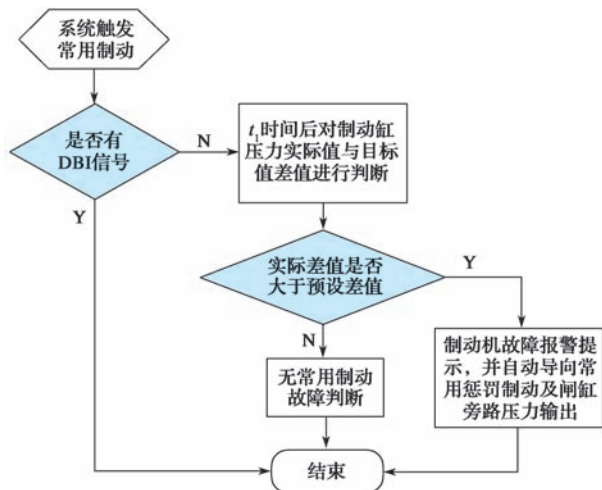


图 3 常用制动故障诊断

②当系统实施单独制动时，根据单独制动目标值和闸缸压力实际值进行判断。若在触发单独制动 t_2 时间后检测到制动缸压力实际值与目标值差值大于设定差值 ΔP_2 时，系统触发单独制动故障判断条件，制动机将进行故障报警，制动显示屏显示相关故障代码，并自动导向常用惩罚制动，列车管减压 100 kPa，同时机车闸缸压力自动导向旁路输出。单独制动故障诊断流程图如图 4 所示。

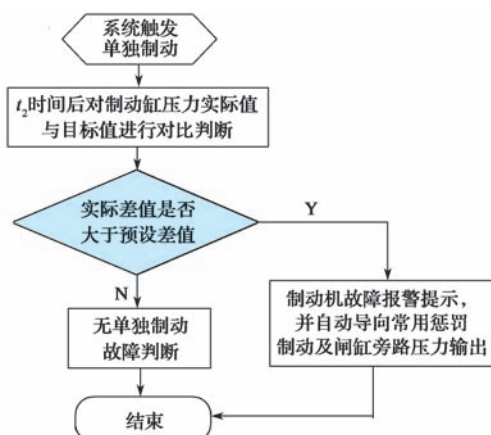


图 4 单独制动故障诊断

系统控制软件增加故障自动安全导向后，只要制动系统判断出机车在常用制动或单独制动时闸缸压力异常，均会自动导向常用惩罚制动和制动缸旁路输出，即列车管减压及机车制动缸旁路输出的安全导向，确保机车和整列车的制动安全性。

2.2 提升电磁阀的耐油性

电磁阀内部结构紧凑，阀芯等橡胶件尺寸小，如果部分运动密封副尺寸变化大，将直接影响电磁阀动作性能。为提高电磁阀对机车空气质量的适应能力，电磁阀阀芯等橡胶件材质选用了耐油性更好的氟橡胶。

本文对采用了普通丁腈橡胶和氟橡胶材质的电磁阀进行了 168 h(采用安德鲁 3057 型润滑油，含油量超出 ISO 8573 中油 3 级要求)浸油试验，并对橡胶件尺寸及电磁阀性能进行检测。试验结果表明，氟橡胶材质耐油性明显优于原电磁阀材料，采用氟橡胶材料有效提升了电磁阀耐油性能。

2.3 结合修程加强电磁阀维护保养

考虑到各车型机车风源质量随着机车运用里程增加，风源系统中压缩机、干燥器等产品性能下降，压缩空气中的油、水、杂质含量增高，导致电磁阀的性能及动作可靠性降低。为确保 DK-2 制动机稳定可靠运用，需加强 DBI 电磁阀及机车风源设备的日常检修与各修程检修，针对运用过程中油污较重的电磁阀进行解体检修或更换，对机车压缩机及干燥器等风源设备部件进行定期检修维护。

3 结语

上述改进方案均进行了试验验证及实车运用考核，实际运用证明了 DK-2 制动机改进优化的合理可靠。该方案从电磁阀结构、制动机控制软件、检修维护等方面进行了改进优化，提升了电磁阀耐油性能，增加了制动机故障安全导向功能，加强了制动机电磁阀的维护与保养。这些措施有效地提高了 DK-2 制动机的安全性、可靠性、可维护性。

参考文献：

[1] 刘豫湘，陆绎华，潘传熙. DK-1 型电空制动机与电力机车空气

管路系统 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2012.

[2] 李开晔, 蒋廉华, 方长征. 机车制动缸压力控制及部件改进设计 [J]. 电力机车与城轨车辆, 2018, 41(3): 49-51.

[3] 黎丹, 高殿柱, 毛金虎. 香港蓄电池电力机车制动系统 [J]. 电力机车与城轨车辆, 2015, 38(3): 40-43.

(上接第 146 页) 深度分别为 10 mm、30 mm 和 50 mm, 辐板孔周围设置周向和径向人工刻槽, 刻槽大小为 20 mm (长) × 4 mm (深) (与仿真缺陷相同)。采用 1 对相控阵探头沿车轮踏面扫描一周, 借助外部夹持装置保证相控阵探头中心间距不变; 同时采用一发一收及自发自收的检测模式, 设置多个扫描角度, 每个扫描角度对应一个超声通道, 使用 B 扫视图显示缺陷检出效果, 各类缺陷检测效果如图 10 所示。

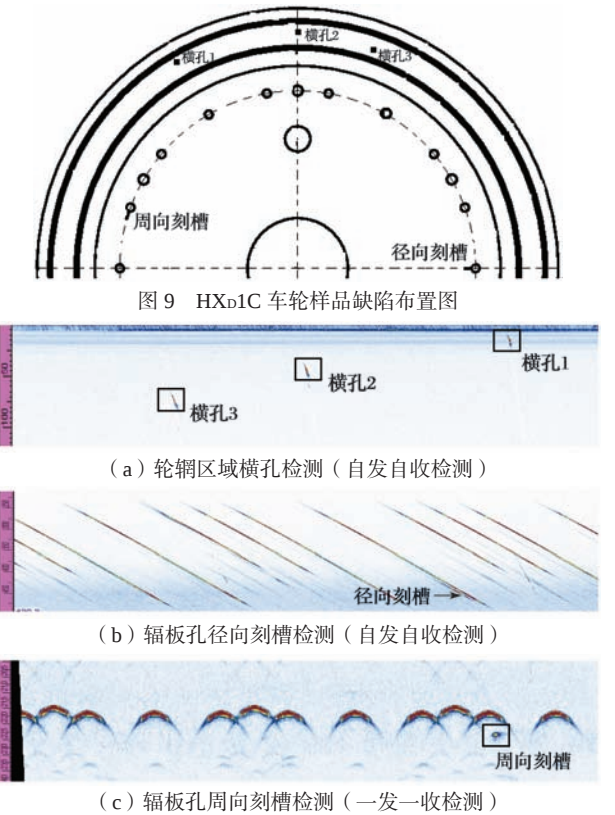


图 10 各类缺陷检测效果

作者简介: 方长征 (1978—), 男, 硕士, 教授级高级工程师, 长期从事轨道交通装备制动系统研发及前瞻性技术研究工作。

由以上检测结果可知, 采用相控阵超声技术检测, 可以同时检测机车整体车轮的轮辋和轮辐区域, 但至少需要 2 个相控阵探头才能实现周向和径向缺陷的同步检测, 相比常规超声技术检测, 相控阵多角度扫描模式超声检测覆盖范围更广, 检测效率高。

3 结语

采用相控阵超声技术检测机车整体车轮, 可同时检测机车轮辋和轮辐缺陷, 解决了当前机务传统超声波探伤技术无法检测车轮辐板缺陷的问题。通过至少 2 个相控阵探头布局, 可以同时检测机车整体车轮周向和径向缺陷, 超声覆盖范围广, 检测效率高, 是检测机车危害性缺陷的有效解决方案。

参考文献:

[1] 刘宪. 机车车轮在线探伤自动检测装置 [J]. 机车电传动, 2013(5): 84-87.

[2] 张三荣. 浅析车轮辐板崩裂的原因及对策 [J]. 内蒙古科技与经济, 2007(15): 72-72.

[3] HUANG R, SCHMERR L W, SEDOV A. A new multi-Gaussian beam model for phased array transducers [J]. AIP Conference Proceedings, 2007(1): 751-758.

[4] 鲍晓宇, 施克仁, 陈以方, 等. 超声相控阵系统中高精度相控发射的实现 [J]. 清华大学学报 (自然科学版), 2004, 44(2): 153-156.

作者简介: 张金林 (1970—), 男, 高级工程师, 主要从事铁路机务、动车、基础设施维修机械设备及轨道交通车辆段工艺设计方面的研究工作。

动态消息

《机车电传动》成功入选“庆祝中华人民共和国成立 70 周年精品期刊展”

《机车电传动》成功入选“庆祝中华人民共和国成立 70 周年精品期刊展”, 并于 2019 年 8 月 21 日—25 日在第 26 届北京国际图书博览会上展出。

此次盛会由中共中央宣传部和北京市人民政府主办, 中国图书进出口 (集团) 总公司承办。来自 95 个国家和地区的 2 600 多家展商参加书展, 罗马尼亚为主宾国。

为了向祖国 70 华诞献礼, 由中国期刊协会组织的“庆祝中华人民共和国成立 70 周年精品期刊展”作为第 26 届北京国际图书博览会主要主题展览内容也在中国国际展览中心新馆同时、同地举办。

“庆祝中华人民共和国成立 70 周年精品期刊展”共设四大主题, 分别是获得“期刊主题宣传好文章”入选期刊 (44 种)、“致敬创刊 70 周年”活动入选期刊 (102 种)、“新中国获奖期刊” (783 种)、1949~2019 年我国各年度有代表性的期刊创刊号或复刊号, 部分重要理论成果、文学艺术作品及重要科技创新发现首发的期刊 (170 种), 共计 1 099 种。

(朱一迪)