

西门子 6RA70 直流调速装置 F030 故障分析及处理

王仁波, 王 超

(烟台鲁宝钢管有限责任公司, 山东 烟台 264002)

摘要: 根据西门子 6RA70 直流调速装置工作原理, 结合现场实际经验, 从硬件、软件、系统优化等方面, 详细分析西门子 6RA70 直流调速装置 F030 故障原因及产生机理, 探究相关解决方案, 针对性给出了 F030 故障具体的处理方法, 为现场人员故障处理提供了技术指导, 保证了设备稳定运行。

关键词: 6RA70 直流调速装置; 驱动故障; 晶闸管故障; 逆变失败

中图分类号: TG334.9 **文献标志码:** B **文章编号:** 1001-2311(2020)04-0070-06

Analysis and Handling of Fault F030 of Siemens 6RA70 DC Speed Control Device

WANG Renbo, WANG Chao

(Yantai Lubao Pipe Co., Ltd., Yantai 264002, China)

Abstract: Based on the field experience, and the operation principle of the said speed control device, the reasons for and generation mechanism of Fault F030 of the Siemens 6RA70 DC speed control device are analyzed in detail, involving such aspects as the hardware, the software, and the system optimization, etc. And relevant solutions are also in-deep discussed. Accordingly pinpointed solution method for Fault F030 is determined, providing applicable technical guide for the on-the-site troubleshooting personal so as to ensure consistent operation of the equipment.

Key words: 6RA70 DC speed control device; drive failure; SCR (thyristor) fault; inverter failure

直流调速具有调速性能好、调速范围广、起制动转矩大、过载能力强等优点, 易于平滑调速, 在许多需要调速或快速正反向的电力拖动领域中得到广泛的应用。

西门子 6RA70 直流调速装置结构紧凑、性能可靠、操作简单、运行平稳, 故障率很低^[1-6]。但由于现场操作、外部环境、器件质量、参数设置等原因, 其在调试和运行过程中也出现一些问题, 最常见的故障就是换向故障或过电流, 报故障信息 F030, 该故障产生原因比较复杂, 现场分析处理存在一定难度, 不能一概而论。本文重点对西门子 6RA70 直流调速装置 F030 故障产生原因进行分析, 并详细介绍其具体处理方法。

王仁波(1967-), 男, 正高级工程师, 首席工程师, 主要从事工业电气自动化专业工作。

1 F030 故障信息定义

6RA70 系列直流调速装置具有完善的自诊断和故障锁定功能, 出现故障时显示锁定的故障代码, 相关故障详细信息(也称“故障值”)被存入故障存储器 r047 中。现场人员排除故障时可以根据锁定的故障代码和存储的故障信息针对性地进行分析, 方便快速找出故障原因, 《6RA70 系列全数字直流调速装置使用说明书》有关驱动故障 F030 故障信息的定义见表 1^[7]。

2 F030 故障具体分析及处理

2.1 设备调试阶段报故障信息 F030

案例: 设备调试阶段, 装置出现过流或是跳闸, 报故障信息 F030。

故障原因: 电流环未优化好或优化失败, 按电流环优化步骤进行优化处理。

表 1 驱动故障 F030 故障信息的定义^①

故障值	故障值功能的起因	存储器 r047 变址 002 至 016
1	装置换向晶闸管对应的封锁电压时间区太小	i002 故障情况下, 电枢的触发角(K0100)
2	装置电流峰值曲线向上拐	i003 故障情况下, 带符号的 EMF 实际值(K0287) i004 故障情况下, 有关转矩方向和触发角的信息(K0989)
3	装置实际最大电流值大于额定电流的 250%	i005 故障情况下, 励磁电流调节器输入的实际值(K0265) i006 故障情况下, 晶闸管桥中已触发的一对晶闸管代码(K0105)
4	并联的 SIMOREG DC Master 已检测出换向故障或过电流	
5	测试命令专门用于 SIMOREG CCP	

注: ①造成F030故障发生的原因可能是: 再生反馈工作情况下, 装置主电源电压瞬时跌落; 装置电流环没有优化。

处理方法:

(1) 设置参数 P051=25, 选择电枢和励磁的预控制和电流调节器的优化运行^[8]。

(2) 装置转换到优化运行前的合闸指令等待状态 o7.4 几秒钟, 然后进入状态 o7.0, 等待通过端子 37 的合闸指令。

(3) 将装置端子 37(合闸)、38(运行使能)分别与端子 34(电源输出)之间外接一个开关, 合上开关输入“合闸”和“运行使能”指令。

(4) 装置达到运行状态 <o1.0(抱闸释放延时时间运行), 执行优化运行, 持续约 40 s。

(5) 电流调节器优化时 P110, P111, P112, P155, P156, P255, P256, P826 参数被自动设置。

(6) 优化结束, 装置转到状态 o7.2, 表示优化成功。

(7) 若 30 s 内没有输入“合闸”指令, 优化等待状态终止, 显示故障信息 F052。

2.2 设备运行中报故障信息 F030

设备运行中出现驱动故障, 报故障信息 F030, 首先查看 r047.001 中故障值, 再根据情况针对性地进行分析 and 处理。

2.2.1 F030 故障值为 1

F030 故障值为 1 的定义为换向晶闸管对应的封锁电压时间区太小, 此故障多出现在电机加减速过程中, 如: 减速过程中反向整流桥导通时, 正向整流桥未完全关闭造成。

案例: 电机恒速运行情况下不报警, 一旦电机突然加速或减速, 显示 F030 故障报警, r47.001 的值为 1。

故障原因: P159(电枢自动换向部分的转换阈值)和 P160(附加的无转矩时间间隔)参数设置不当。

处理方法:

(1) 修改装置访问权限, 将 P051 值修改为 40, 获得参数值访问权。

(2) 适当增加 P159(电枢自动换向部分的转换阈值)参数值, 使其能够大于 0, 该参数值不能设得太大, 可以设置到 0.5 以上, 但不要超过 1, 参数修改过程中注意观察装置运行情况。

(3) P160 用于四象限运行整流器的转矩方向改变, 对于整流器电枢给大电感供电的情况, 该参数值大于 0 尤其重要。适当增加 P160 参数值, 但该参数又不能设置过大, 一般为 0.04~0.10^[9-10]。

(4) 将 P159 设置为 0.5, P160 设置为 0.05, 故障排除。

2.2.2 F030 故障值为 2

F030 故障值为 2 的定义为电流峰值曲线向上拐, 即 $\Delta d_i/d_i$ 值太大。

1) 案例 1: 采用 6RA70 装置控制切管机主轴传动等较大转动惯量负载, 装置自动优化设置的参数不好用, 负载轻微波动便出现系统振荡, 在电流不是太大的情况下出现过流跳闸, 报故障信息 F030, r47.001 的值为 2。

故障原因: 由于负载惯性较大, 系统的动态反应速度太快, 与大转动惯量负载不匹配, 瞬间产生了电流尖峰, 即 $\Delta d_i/d_i$ 太大。

处理方法:

(1) 在对装置进行自动优化的基础上, 对电流调节器和速度调节器自动优化设置的参数采用人工方法进行模拟量修正;

(2) 将电流调节器的增益参数 P155 的值和速度调节器的增益参数 P225 的值改小些, 按自动优化参数值一半设置;

(3) 将电枢电流调节器的积分时间参数 P156 的值和速度调节器的积分时间参数 P226 的值改大

些,按自动优化参数值增大 1.0~1.5 倍设置。

通过上述方法,可以提高系统抗扰性能,减少负载变化对系统的影响,使得系统的动态跟随速度变慢,保证了稳态精度,限制了快速性,消除静差,使问题得到彻底解决。

2) 案例 2:空载运行正常,负载增大快开跳闸,报故障信息 F030,用示波器观察电流波形有尖峰,r47.001 的值为 2。

故障原因:电流互感器性能劣化或电流互感器出现故障。

处理方法:

(1) 对可控硅、电机、调速装置等进行相关检查,没有发现异常,试车检查空载电流有波动,负载增大快开跳闸。

(2) 将机电缆短接做短路电流环试验,电流达到 60 A 左右时,调速器及示波表显示电流不稳和缺波头,遂检查交流侧电流互感器,发现一相交流互感器本体有放电现象(经检查,该互感器一线圈匝间短路)。

(3) 更换互感器后试车,故障排除。

3) 案例 3:设备运行时整流变压器出现异常声音,直流电机声音沉闷,生产设备明显抖动,低速电机能够运行,随着电机速度加快,装置跳闸,报故障信息 F030。

故障原因:晶闸管自身损坏,或晶闸管不能被触发。

处理方法:

(1) 查看故障存储器 r47.001 的值,其故障值为 2,表明 F030 故障原因是电流峰值曲线向上拐。据此判断 6RA70 的晶闸管可能存在问题,需要进一步检测。

(2) 修改装置访问权限,将 P51 值改为 40,允许离线修改参数。

(3) 将晶闸管诊断的控制字参数 P830 更改为 2,使其在每次“合闸”或“点动”情况下,晶闸管被校验。

(4) 关闭电源,重新启动装置 6RA70。

(5) 进行交流接触器合闸操作,或按住“点动”指令不动,PMU 出现 o3.0(等待晶闸管校验完成),晶闸管开始校验。

(6) 等待 30 s,若 PMU 又出现 F061 故障报警,表明晶闸管损坏或其脉冲线路有故障。

(7) 再进一步查看故障诊断存储器 r47.001 中

故障值,对照 F061 故障信息表故障值的定义判定故障原因及故障部位。

若故障值为“晶闸管损坏”或“晶闸管不能被关断”,则由故障值判定的晶闸管模块必须更换,产生故障的原因可能有:晶闸管模块阻容吸收回路断;晶闸管模块冷却不充分;装置电流环没有优化好,造成过大的电流冲击;外接电源冲击产生的尖峰过电压造成;外部短路或接地故障等。

若故障值为“晶闸管不能触发”,大多由晶闸管的脉冲触发控制回路引起,产生故障的原因可能有:晶闸管的触发脉冲连接电缆线断;扁平电缆 X101 或 X102 插入不正确或线断;A7001 电子板损坏,或触发板损坏;晶闸管模块内部触发脉冲线断等。

若 r47.001 存储的故障值为 5,则 V5 组晶闸管损坏,更换 V5 组晶闸管;存储的故障值为 9,则 A7001 电子板损坏,更换 A7001 电子板;存储的故障值为 13,则 V3 组晶闸管不能被触发,检查其触发线路及触发板;存储的故障值为 33,则 V3 组或 V6 组晶闸管不能被关断,更换 V3 组或 V6 组晶闸管。

2.2.3 F030 故障值为 3

装置显示 F030 故障信息,r47.001 存储的故障值为 3,故障信息定义为装置实际最大电流值大于额定电流的 250%,此类故障比较常见,产生此类故障的原因有以下方面。

1) 原因一:装置换向逆变失败造成系统过电流。

装置换向过程中,一旦发生逆变失败,整流桥输出的平均电压和电动机产生的直流电动势变成顺向串联,就会产生很大的短路电流。逆变失败的原因主要有触发脉冲故障、晶闸管故障、交流电源异常、换向的裕量角不足等。

出现逆变失败时要先检查交流电源有无异常,是否发生过突然断电、缺相或电压过低等现象;再去检查脉冲触发板和晶闸管之间的连线是否可靠,检查脉冲触发板工作是否正常,有无脉冲波头不齐、脉冲丢失、脉冲延迟等现象;然后检查晶闸管是否击穿或是不能关断。

2) 原因二:电抗器发热导致电流波形畸变。

高温环境下,电抗器工作温度高,或是电抗器散热不良,电抗器发热造成电抗器的工作特性发生变化,导致电流波形发生畸变,电抗器声音加大。

电流波形畸变越大,电抗器响声越大。随着电流波形畸变的恶化,电抗器发热会进一步加剧。

对于 6RA70 直流调速装置,晶闸管模块的烧毁大都是因为环境温度过高、散热不良等原因造成的。对于 6RA70 直流调速装置工作场所,必须经常检查工作场所的环境温度、装置的散热情况,必要时需采取相应的降温措施。

3) 原因三:直流电机本身故障或电机堵转。

(1) 案例 1:电机对地绝缘差、电机运行中出现异响、电机本体温升过高并出现异味、电机换向器打火,电机电流增大或是跳闸,报故障信息 F030, r47.001 的值为 3。

故障原因:电机本体故障。

处理方法:

①脱开连接电机的电枢电缆和励磁电缆,用摇表测量电机对地绝缘,若绝缘不符合要求,对电机绝缘进行处理或更换电机后,消除故障。

②电机运行中出现异响,需确认异响源自直流电机什么部位,重点检查电机轴承是否损坏(一般在负荷端轴承温升较高)、电机定转子是否擦心、电机轴和测速电机轴是否同心或松动丢转等,带有轴承状态检测的同时报故障信息 F026。若是以上原因造成电机过流,更换电机或对相应部位处理后,故障排除。

③电机运行中电机本体温升过高并出现异味,确认异味源自直流电机本体内部,检查发现电机冷却风机存在故障,大多是由于风扇叶片卡阻或损坏、风机未开或是方向接反,电机励磁发热导致电机温度升高、电流增大,带有风扇监控的同时报故障信息 F027。风机问题处理后,故障消失。

④碳刷和换向器之间换相打火,检查换向器表面是否光滑、碳刷磨损是否严重、碳刷的弹片是否弹性疲劳、碳刷和换向器是否接触不良、电机内部粉尘是否过多等,对换向器、碳刷进行处理或对电机内部粉尘进行吹扫,或是更换电机后,故障排除。

(2) 案例 2:设备运行过程中出现停转,重新启动装置,电机不转,装置报故障信息 F030 或 F040, r47.001 的值为 3。

故障原因:机械设备故障造成电机堵转。

处理方法:

①测量直流电机本体温度,电机温度异常,检查电机电枢和励磁绕组绝缘正常。

②检查电机连接的机械设备发现机械设备存在卡阻现象,从而造成电机负载过大,导致电机堵转,电机无法启动,最终出现过流报警。

③出现故障报警信息 F040 的原因是驱动堵转故障信息 F035 未被复位,且该故障处于激活状态,因而电子板电源被切断。故障处理首先排除机械设备卡阻故障,再同时按下装置 PMU 面板“P”键和“▼”键,将故障信息 F040 复位后, F030 故障同时解除。

4) 原因四:电机励磁故障

电机运行过程中励磁电源掉电或励磁故障,导致电机失磁或励磁不够,空载或轻载情况下会造成飞车,损坏励磁线圈与电枢绕组;重载情况下会造成电机转矩不够,电机堵转或运行速度慢。

案例:钢管横移步进机构硬连接的两台主从控制电机运行速度变慢,看似转矩不够,主调速器报故障信息 F030, r47.001 的值为 3。

故障原因:电机励磁故障。主电机励磁电缆接头进水打火使主电机欠磁或失磁,电机转矩不够^[11]。

处理方法:

(1) 按经验初步怀疑是电机过载造成的,检查电机减速箱、各联轴器无卡阻现象。

(2) 将电机与机械设备的联轴器脱开,空载测试电机,发现主电机电流较高,转速较慢;但从电机电流、转速平稳正常,从而初步判定主电机励磁有问题。

(3) 拆下主电机励磁接线,用摇表摇测绝缘较低,排查电缆发现该电缆接头有进水打火痕迹,处理后故障排除。

5) 原因五:电机启动时间过短、加速过快。

如果斜坡函数发生器 P303 参数(加速时间 1)设置过小,电机启动时间过短、加速过快,也会造成电机过流,报故障信息 F030,可以将斜坡函数发生器 P303 参数放大(一般在 1.5~2.5 s)。

2.2.4 F030 故障值为 4

两台以上 6RA70 直流调速装置并联运行,由于换相不同步、负载不平衡、版本不一致原因,均可造成换向故障或过电流,报 F030 故障。

1) 案例 1:两台直流调速装置并联运行,换向时出现瞬间过电流跳闸,报 F030 故障, r47.001 的值为 4。

故障原因:两台直流调速装置并联运行,两台

装置的电流环相互独立，而转矩(电流)换向分别由装置各自的换向逻辑单元控制。直流装置在转矩(电流)换向时，由于动态电流不平衡以及电流检测装置自身原因，两台装置检测的电流过零时间不一致，造成两台装置换向不同时，严重时两台装置间出现极大的环流。

处理方法：

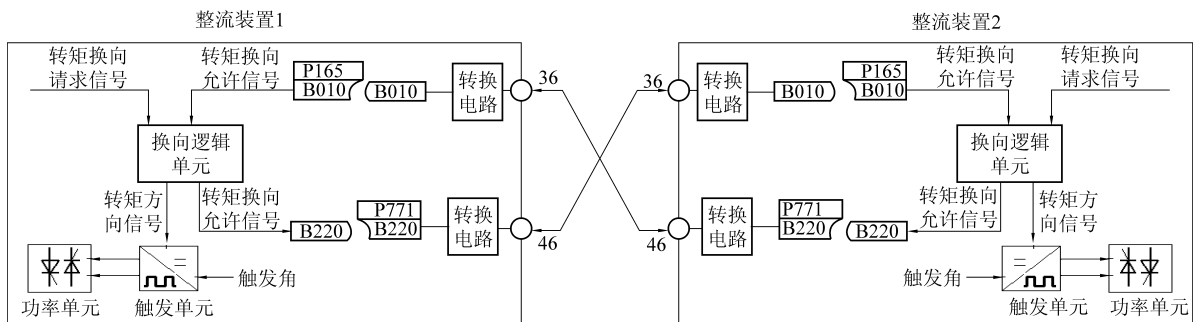


图1 两台装置换向逻辑单元互锁原理

(2) 通过两装置的开关量输出端子46和开关量输入端子36的相互连接，将装置1的开关量连接器B220连接到装置2的参数P165、装置2的开关量连接器B220连接到装置1的参数P165，这样一台装置在换向允许信号发出后，还必须等待另一台装置换向允许信号也发出后方可切换，从而保证了2台装置的换向同步。这两台装置在相关参数设置方面，P771(选择连接到开关量可选输出，端子46的开关量连接器)=220(B220：并联驱动装置的转矩方向使能)；P165(选择开关量连接器去控制“在转矩方向改变时的转矩方向使能”功能)=10(B010：端子36的状态)。

(3) 对两台并联的6RA70装置转矩(电流)换向是否同步进行确认，从而避免了因装置换向不同步而产生瞬间尖峰电流的情况。

2) 案例2：两台6RA70直流调速装置采用主从方式控制两台电机同步运行，如轧机步进装置，负载突然变大，从装置即产生F030过流报警。这类故障一般发生在系统调试过程中，频繁出现F030故障报警，r47.001的值为4。

故障原因：两台6RA70装置采用主从方式控制两台电机，主电机采用速度控制，从电机采用转矩控制。由于两台电机负载不同，要实现两台电机同步运行，必须有效控制从电机转矩。当从电机负载较大、主电机负载较小时，从电机必须获得较大电流才能达到主电机速度。导致上述故障的原因是

(1) 在两台装置的转矩(电流)逻辑换向单元间设置一套互锁电路，两台装置换向逻辑单元互锁原理如图1所示。将一台装置的转矩换向允许信号经开关量输出端子46接入另一台装置的开关量输入端子36作为另一台装置转矩(电流)换向的必要条件，通过互锁确保两台装置的转矩(电流)换向同步。

负责平衡电机负载的程序设计存在问题。

处理方法：

(1) 针对程序设计原因而导致的西门子6RA70直流调速装置F030故障，可以通过修改程序设计，重新编制正确的程序来有效解决这一问题。

(2) 通过编写程序，对两台电机转矩差进行比较后附加给从电机，利用转矩附加来平衡电机之间的负载。

(3) 通过监控软件，实时对电机电流峰值进行有效监测，系统程序将根据电机电流峰值的检测自动对电机速度进行相应调整，以有效解决电机过流的问题^[12-13]。

3) 案例3：多台电机、不同版本直流调速装置并联运行，6RA70装置偶尔出现F030故障报警，复位后运行正常，r47.001的值为4。

故障原因：软、硬件版本不匹配，西门子直流调速装置软、硬件版本更新较快(尤其是软件版本)，经常需要面临版本升级的问题。若各直流调速装置软、硬件版本不匹配，有时会发生数据传递有误，严重时出现F030故障报警。

处理方法：将直流调速装置全部更换为同一版本的6RA70装置，并对数据的有效性进行准确判断后，再将数据传递给其他直流调速器。

3 F030故障的屏蔽

6RA70装置出现整流器换向故障或产生大电

流,则激活故障信息 F030,并通过整流器换相保护器 SIMOREG CCP(如果已安装)将电流限制到无损害的水平,以保护晶闸管和快速熔断器。

故障信息的解除可以通过将要解除的故障信息号码输入到 P820 参数中来实现,但 F030 故障是不可以通过修改 P820 参数来屏蔽的。6RA70 装置通过参数 U580 来设置该控制字,若要对 F030 故障进行屏蔽需要更改参数 U580。U580 提供了各种同装置换向故障监控有关的评定标准,确保装置换向或电流突变时受到不同程度的保护。6RA70 装置换向故障的检测基于 3 个判定准则,它们可以单独激活或不激活^[14-15]。

设定说明:每个故障评定标准有一个数字代码,分别为 0, 1, 2, 4。0,指不评定装置故障;1,指评定装置换向时电压时间面积,装置换向晶闸管对应的封锁电压时间区太小报故障信息 1;2,指评定装置电流峰值曲线曲率,装置电流峰值曲线向上拐报故障信息 2;4,指评定装置最大电流实际值,装置实际最大电流值大于额定电流的 250%报故障信息 3。如果被评定的故障判定标准多于 1 个,则必须输入相关数字的总和作为 U580 设定值,如 U580 工厂默认值为 7,则表示 3 个故障评定标准同时作用(1+2+4),这样装置的保护程度最高,故障反应最灵敏,但同时装置 F030 换向故障的引发几率也最高。

实际应用中,6RA70 直流调速装置 F030 故障通常不需要采取这样高程度的保护,应根据现场实际情况通过修改参数 U580 适当对部分 F030 故障进行屏蔽,使其既能起到保护装置的作用,又可降低装置 F030 故障的发生几率。修改参数 U580 具体步骤如下:

(1) 首先查看存储在 r47.001 中的 F030 故障值,根据该故障值找出故障原因。

(2) 根据故障值及装置需要保护的程度更改参数 U580 设置,对不需要保护的故障采取屏蔽措施。如对装置电流峰值曲线向上拐产生的故障不需要保护,则只需激活评定标准 1 和 4,即 1+4=5,可将参数 U580 更改为 5;如对装置所有换向故障都不需要保护,则激活评定标准 0,即不评定装置故障,将参数 U580 更改为 0,再观察装置和电机运行情况,若无异常则可永久屏蔽 F030 故障;若运行异常,则根据现场情况视情对参数 U580 进行修改,直至最佳状态。

4 结 语

换向故障 F030 是西门子 6RA70 直流调速装置现场运行中最常见的故障,这里介绍的仅仅是 F030 故障的一般处理经验与方法,现场的情况千差万别,需要具体情况具体分析。针对现场具体 F030 故障的处理,应仔细查找故障根源,从源头上找出故障的真正原因,从根本上解决问题,确保设备更加安全、可靠、稳定运行。

5 参考文献

- [1] 郝全田. 6RA70 直流调速分析与应用[J]. 自动化技术与应用, 2008, 27(6): 106-108.
- [2] 陈红. 浅谈直流调速装置的控制原理及应用[J]. 冶金设备, 2017(S2): 144-148.
- [3] 刘述喜, 程咏梅. 西门子 6RA70 系列全数字直流数控装置应用案例[J]. 电工技术, 2003(5): 60-61.
- [4] 孙成玉, 高军, 高生伟. 西门子 6RA70 直流调速在密炼机控制中的应用探究[J]. 橡塑技术与装备(塑料), 2017, 43(13): 36-38.
- [5] 张金龙, 王永杰. 西门子 6RA70 直流调速器在机械压力机上的应用及维护[J]. 汽车实用技术, 2017(15): 64-65, 69.
- [6] 仇礼娟. 6RA70 全数字直流调速装置在 1450 轧机电动压下系统中的应用[J]. 电工技术, 2013(11): 54-55.
- [7] 黄东强, 孙淑惠. 西门子 6RA70 直流调速装置 F30 故障原因和处理[J]. 设备管理与维修, 2008(12): 29-30.
- [8] 孙浩. 西门子 6RA70 直流调速器参数设置[J]. 科技创新与应用, 2017(14): 103.
- [9] 王泓潇. 基于西门子 S7-300 与 6RA70 的随动控制系统设计与实现[J]. 教育教学论坛, 2018(43): 248-251.
- [10] 沈宏杰. 6RA70 全数字直流调速装置动态速度响应的优化调整[J]. 宝钢技术, 2004(5): 14-16, 60.
- [11] 龙刚领, 姜燕燕. 全数字直流调速装置 6RA70 弱磁功能应用研究[J]. 宽厚板, 2019, 25(2): 47-48.
- [12] 朱政光. 浅析直流调速系统故障和处理方法[J]. 电子技术与软件工程, 2016(10): 144.
- [13] 刘洪军, 黄志刚, 刘珽, 等. 大型直流传动系统数字化改造及典型故障案例[J]. 宝钢技术, 2019(1): 64-69.
- [14] 杨宝山, 王公平. 西门子 6RA70 直流调速装置 F30 故障原因和处理方法研究[J]. 科技风, 2017(30): 126.
- [15] 王瑞军, 李博, 曹喜生, 等. 直流调速装置 6RA70 运行中“F030”故障的综合分析[J]. 电气传动自动化, 2012, 34(2): 36-39.

(收稿日期: 2020-03-16)