

运用检修

HXD1 型电力机车蓄电池亏电问题
综合分析及处理

李国梁

(湖东电力机务段, 山西 大同 037300)

摘 要: 介绍配属湖东电力机务段的HXD1型电力机车蓄电池亏电问题, 通过综合分析确定亏电的3个主要原因为蓄电池充电电压偏低、均充转浮充电流偏高、运行中蓄电池长期浮充。针对问题原因提出了针对性的系统解决方案, 通过方案实施和实际验证, 有效解决了问题。

关键词: HXD1型电力机车; 蓄电池; 亏电; 均充; 浮充

中图分类号: U269.6; TM912 **文献标识码:** B

文章编号: 1000-128X(2015)06-0111-03

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2015.06.30

1 问题描述

太原铁路局湖东电力机务段于2007年开始陆续配属220台HXD1型电力机车, 该型机车投入运用一段时间后, 普遍出现了机车蓄电池储能不足的问题, 在接触网停电、机车检修或整备作业等需要蓄电池供电的场合, 蓄电池很快会亏电。在大秦线每年2次的大型铁路线路和接触网施工作业中, 接触网停电后, 机车在线路上降弓等待四五个小时, 蓄电池亏电问题更加突出。在2011年, 因蓄电池亏电造成的故障达100余起, 其中在接触网施工作业第一天, 该型机车就发生了8起蓄电池亏电问题, 个别机车蓄电池电压低于DC 77 V, 受电弓不能升起, 导致机破事故。

湖东机务段对此问题采取了一系列措施, 包括在施工前一个月的时间里, 安排检修职工用万用表依次测量机车两侧的96节蓄电池单节电压, 及时更换电压偏低的蓄电池; 要求乘务员在接触网施工停电时断开机车充电器风扇开关、关闭空调和机车所有照明灯等用电设备, 但因蓄电池储能不足, 可供电时间有限, 很多机车还是出现蓄电池亏电问题。

2 原因分析

湖东机务段主要配属车型为HXD1、HXD2和SS4G, 这3种车型使用同型号的170 A·h蓄电池组, 在相同的使用环境条件下, HXD2和SS4G型机车没有蓄电池亏电惯性问题(其中SS4G机车使用近30年), 而HXD1型机车存在严重亏电惯性问题。

机车蓄电池组由96节蓄电池串联组成, 单节电池性能变差, 会导致蓄电池整体性能下降, 但是220台HXD1型机车不可能全部是蓄电池性能差导致, 可排除蓄电池性能原因导致亏电。

在断主断路器、降弓状态下, 测试机车蓄电池放电电流, 测试数据见表1。

表1 机车蓄电池放电电流

车型	蓄电池放电电流 /A
HXD1 型机车	14~15
HXD2 型机车	12~13
SS4G 型机车	11~12

对比表1所示的放电电流, 可看到HXD1型机车蓄电池的放电电流比HXD2型机车和SS4G型机车大2~3 A, 但是170 A·h的蓄电池按照17 A的放电电流计算, 理论上放电时间应达10 h, 而出现亏电的HXD1机车, 其蓄电池放电时间最短的只有30 min, 数据差距很大。经过研究发现, 出现亏电的HXD1型机车, 其蓄电池在经过地面三充两放维护后, 装车使用一两个月时间内, 一般不出现亏电问题。随机抽取一台HXD1型机车在库内进行充放电试验, 蓄电池可以充满, 也可以放电约12.5 h, 与其他HXD1型机车情况一致。

从机车原始设计合理性和放电数据分析, 可排除蓄电池负载(机车控制电路)耗电量大原因导致亏电。

在排除蓄电池本身性能原因或耗电量大原因后, 问题聚焦到蓄电池充电环节。通过深入研究分析, 确定了亏电的3个主要原因: 蓄电池均充电电压偏低、均充转浮充电流偏高、运行中蓄电池长期浮充。

2.1 蓄电池均充电电压偏低

2.1.1 充电曲线调整

2007年HXD1型机车入段后, 蓄电池充电机的初始充电策略为: 均充电压为115.2 V, 限流35 A, 浮充电压为108.0V, 均充转浮充电流值为3.5 A。由于实际应用中经常发生蓄电池鼓包和蓄电池亏电现象, 经分析是均充电压、电流偏高, 为此将均充电压由115.2 V改为110 V, 均充电压限流值由35 A改为25.5 A, 调整后的充电曲线如图1所示。

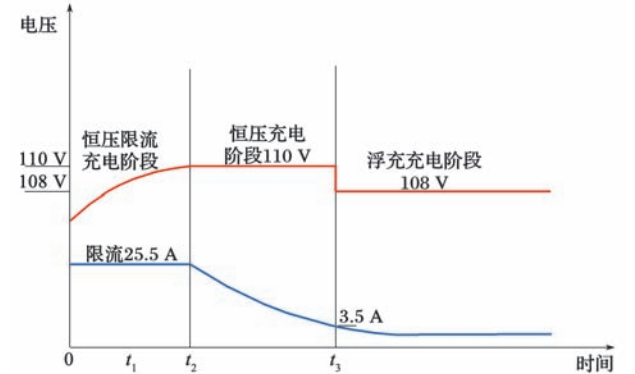


图1 第一阶段调整的HXD1型机车充电曲线

经过调整后, 发现应用效果不佳。经分析, 均充电压110 V相当于单节电池平均电压为2.3 V, 这种充

电电压会使充电电流降低，蓄电池充入电量还很少时就会转入浮充状态，由于浮充状态的充电电流约等于零，不会再补充电量，所以蓄电池长期处在未充饱状态，在这种工况下会增加蓄电池极板的“钝化”现象，使蓄电池性能下降，更易造成蓄电池亏电。

2.1.2 确定最佳均充电压

为了避免过高均充电压 115.2 V 导致蓄电池鼓包和过低均充电压 110 V 导致蓄电池欠充电，结合蓄电池厂家提供的均充电压值 112.8~115.2 V 的建议，并借鉴 HXd2 型机车的均充电压值 112.8 V，经过综合分析认为，均充电压由 110 V 提高到 112.8 V 较为科学，对应蓄电池单节电压为 2.35 V。在目前 HXd1 型机车上没有蓄电池温度控制或温度补偿措施的情况下，112.8 V 的均充电压值可以充分适应蓄电池在不同温度环境下的充电要求。

对机车亏电的蓄电池分别用 110.0 V 和 112.8 V 的均充电压值进行充电，转浮充电流值为 3.5 A，然后用相同的放电电流放电到 88 V 进行对比，发现用 110.0 V 充电后放电时间约 30 min，用 112.8 V 充电后的放电时间约为 1 h 20 min，放电时间可以延长约 50 min，数据见表 2（车号：HXD1-128 号机车 B 节，测试日期：2012 年 8 月 30 日）。

表 2 2 种均充电压下的放电测试数据

110 V 充电后放电数据			112.8 V 充电后放电数据		
时间	电压 /V	电流 /A	时间	电压 /V	电流 /A
8:50	104.5	-11.9	19:15	105.5	-12.9
9:00	101.3	-16.6	19:20	103.0	-13.0
9:10	100.2	-16.8	19:30	102.8	-13.0
9:18	85.4	-18.6	19:40	102.6	-13.0
9:20	78.8	-20.1	19:50	102.3	-13.0
			20:00	101.8	-13.2
			20:10	101.3	-13.2
			20:20	100.4	-13.2
			20:30	92.7	-14.0
			20:32	87.9	-14.5
			20:34	79.0	-15.6

2.2 蓄电池均充转浮充电流值偏高

在 110 V 均充电压下，均充转到浮充的条件是均充电流小于等于 3.5 A。在这种转换条件下均充时间短，110 V 均充电压会过早地转换为 108 V 浮充，充电电流会快速降低到 0 A，这时蓄电池还没有充满，蓄电池处于维持阶段，无法再补充未充满的那部分电量。

考虑既不能因均充转浮充电流值太低导致过充鼓包，又不能因均充转浮充电流值太高导致充电不足，借鉴 HXd2 型机车蓄电池均充转浮充电流理论值 1.7 A（实际约为 2 A），确定 HXD1 型机车均充转到浮充的电流为 2.5 A 较为科学。

2.3 蓄电池长期浮充

为了确定机车在运行过程中蓄电池的工作状态，对 HXD1-32 号机车 A 节进行充放电电压及充放电电流的实时监测，测试路线为湖东到东港。

湖东到东港机车采用自动过分相，测试数据见图 2。在调车、转线作业等频繁断合主断路器操作时，即测试曲线两端波动部分，蓄电池跟随供电的有无出现正常的充放电现象。在机车正常运行过程中采取自动过分相，从湖东到东港共运行 20 h，但蓄电池约有 16 h 是处于浮充阶段，充电电流为 0 A。经过测试发现 HXD1 型机车在自动过分相时，充电机一直处于工作状态，蓄电池长期处于浮充状态，没有放电激活机会。

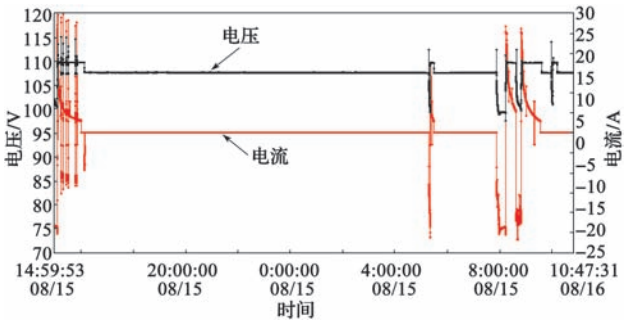


图 2 蓄电池现场测试（湖东到东港重载）

东港到湖东机车牵引空车采用手动过分相。充电机在过分相前为浮充阶段，浮充电压 108 V，电池电流 0.1 A；在手动过分相切断主断路器后，充电机无 440 V 输入电源，蓄电池从浮充状态转换为放电状态；过完分相闭合主断路器后，充电机重新获得输入电源，电池从放电状态转换为均充电状态，均充电压为 110 V；当电池充满后转为浮充状态，浮充电压为 108 V。过分相时主断路器断电持续时间为 10 s 左右，从过分相开始至充电机恢复充电时间约为 52 s，车速为 45~65 km/h，均充时间约 3 min。详见图 3。

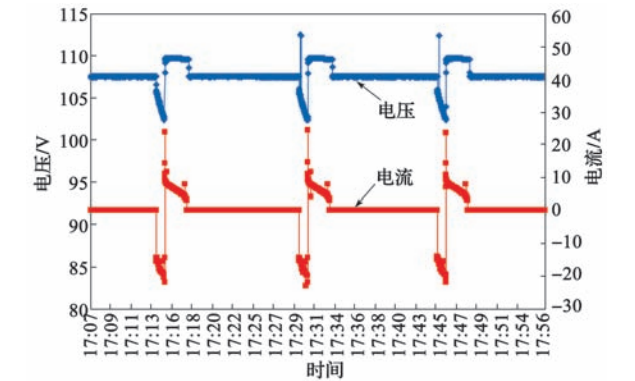


图 3 蓄电池现场测试（东港到湖东）

SS4G 机车在自动过分相时电源柜会停止工作，蓄电池处于放电状态。HXd2 型机车在自动过分相时，辅助变流器 1 的充电机部分也会停止工作，蓄电池处于放电状态。但是 HXD1 型机车在自动过分相时，辅助逆变电路及充电机获取再生制动提供的能量，一直处于工作状态，蓄电池没有放电机会。

正常情况下，蓄电池在每次放电后，正负极板的不同活性物质均转变为硫酸铅溶液，充电后各自还原回不同的活性物质。但目前 HXD1 型机车在自动过分相时蓄电池长期处在浮充状态，没有放电机会，也就

没有再转为均充电机会，这就容易引起蓄电池极板的硫酸盐化，即蓄电池“钝化”，最终导致蓄电池容量下降。但 HX_{D2} 型机车和 SS₄G 机车在自动过分相后，由于蓄电池由放电再转为均充电，从而保证了蓄电池的容量相对充足。

综上所述，由于 HX_{D1} 型机车在运行过程中采用自动过分相时，蓄电池长期处在浮充状态，导致蓄电池性能下降，出现“钝化”现象，造成蓄电池蓄电力下降，这是造成 HX_{D1} 型机车蓄电池亏电的原因之一。

3 解决方案

3.1 调整蓄电池均充电压和均充转浮充电流值

均充电压由 110 V 提高为 112.8 V、转浮充电流值由 3.5 A 调整为 2.5 A，均充限流值 25.5 A 和浮充电压 108 V 不需要改变，调整后的 HX_{D1} 型机车科学的充电曲线如图 4 所示。

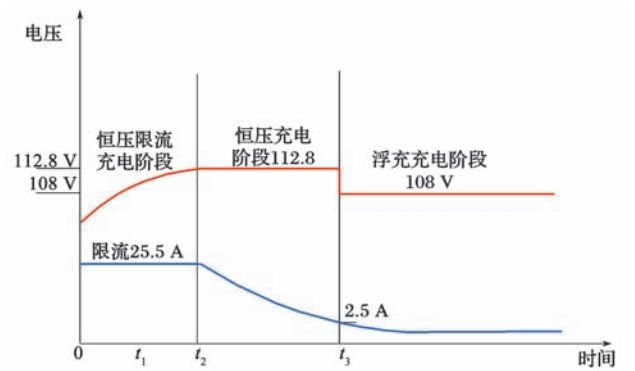


图 4 HXD₁ 型机车科学的充电曲线

3.2 研制 HX_{D1} 型机车蓄电池防亏电装置

单独靠调整均充电压以及均充转浮充电流值还无法彻底解决蓄电池亏电问题。为了避免 HX_{D1} 型机车在自动过分相时蓄电池长期处于浮充状态，借鉴手动过分相时放电转均充电模式，研制了 HX_{D1} 型机车防亏电装置，控制充电机在自动过分相时不工作，过分相后再工作，使得机车自动过分相时蓄电池放电并获得均充电机会。

HX_{D1} 型机车防亏电装置的设计理念为：当机车任意一节的主断路器断开时，防亏电装置就立即将充电机的 440 V 输入电压断开，让充电机停止工作，15 s 后防亏电装置自动将充电机的 440 V 输入电压接入，让

充电机开始工作。该装置可以有效解决蓄电池长时间处于浮充状态，没有间断放电机会，不能及时转成均充电状态的问题，防止蓄电池“钝化”现象。

4 试验验证

HX_{D1} 型机车亏电问题的研究成果于 2012 年 5 月开始使用，在 HX_{D1} 0089 号车和 HX_{D1} 0026 号车的 A 节安装防亏电装置，并进行了充电曲线的调整。为了对比使用效果，在 2 台机车的 B 节没有安装防亏电装置，仍使用以前的充电曲线，并且断开 A、B 节的蓄电池重联开关，让 A 节蓄电池的维护操作不会影响到 B 节蓄电池。

经过几个月的使用，在 2013 年 3 月 6 日和 14 日分别对 HX_{D1} 0089 号车和 HX_{D1} 0026 号车的 A、B 节车进行放电测试，测试结果见表 3。

表 3 HX_{D1} 0089 和 HX_{D1} 0026 机车在不同放电截止电压条件下放电时间测试结果

机车	放电截止电压 88 V	放电截止电压 82 V
HX _{D1} 0089A 节	4 h46 min	5 h23 min
HX _{D1} 0089B 节	3 h20 min	3 h47 min
HX _{D1} 0026A 节	3 h34 min	4 h3 min
HX _{D1} 0026B 节	2 h3 min	3 h38 min

从测试结果看，改进效果非常明显。该项改进实施至今，实际运用情况稳定、可靠，保证了机车蓄电池的正常工作状态。

5 结语

本文系统分析了 HX_{D1} 型机车蓄电池亏电问题的原因，并针对性实施了解决措施，取得了较好的效果，彻底解决了 HX_{D1} 型机车蓄电池亏电惯性问题。

鉴于 HX_{D1} 型机车自动过分相工况下的充电机工作模式，单独靠调整均充电压值和均充转浮充电流值无法彻底解决蓄电池亏电问题，而防亏电装置是保证蓄电池充电效果、保持蓄电池健康状态的关键设备。

参考文献：

[1] 张有松，朱龙驹. 韶山 4 型电力机车 [M]. 北京：中国铁道出版社，2004.
[2] 张曙光. HX_{D1} 型机车 [M]. 北京：中国铁道出版社，2009.
[3] 张曙光. HX_{D2} 型电力机车 [M]. 北京：中国铁道出版社，2009.

(上接第 107 页)

案通过构建显示器闭环开关机测试环境，利用 python 编制测试脚本，对 3 种不同型号的车载显示器进行了实际测试。通过长时间连续运行（包括硬启动和软启动），测试显示器在重启过程中对外界命令的应答能力，充分暴露隐藏的深层次的软硬件问题，比如操作系统 U-boot 启动卡死、内核启动卡死、通信启动不正常（以

太、FTP/USB/MVB）等，并获得详细的实时记录并可对测试结果自动分析与判断，高效智能，对相关电子产品启机稳定性测试具有实际的应用与指导意义。

参考文献：

[1] 薛冲冲，陈坚. 软件测试研究 [J]. 计算机系统应用，2010，20(2).
[2] 徐进. 自动化软件测试的分析 [J]. 信息技术，2010(3).