

浅谈机车蓄电池亏电、鼓包的原因

田礼刚

(新疆哈密机务段技术科,新疆 839000)

摘要 针对北方地区冬季出现的蓄电池亏电导致内燃机车无法启机、电力机车无法升弓或因受电弓与接触网虚接导致的拉弧烧弓网事故,兄弟铁路单位普遍采用对内燃机车蓄电池进行电压检测补充电,对电力机车蓄电池进行扩容改造,投入的人力物力财力均较可观。现就本人从事多年蓄电池技术工作的经验进行经验分享,以供相关兄弟单位进行参考,开阔技改思路,为铁路运输安全服务。

关键词 内燃、电力机车 蓄电池亏电 采取加热装置、控制电压数值改变或使用自加热蓄电池 减少亏电导致烧网事故。

1 问题的提出

自内燃机车投入西北(新疆)地区使用以来,机车上使用的蓄电池由富液式非密封结构过渡为现在普遍采用的密封阀控式铅酸蓄电池,在容量(老式非密封 462 电池容量为 462AH,密封阀控式 450、420 电池容量分别为 450AH、420AH)相差无几的情况下,进入冬季后,蓄电池亏电导致无法启机的故障依然存在;电力机车从开始投入使用采用的均是贫液密封阀控式铅酸蓄电池,进入冬季蓄电池亏电故障同样显现。后经扩容加改,在一定周期内虽得以避免亏电故障,但经一定使用周期进入冬季后,仍会出现亏电故障。一方面由于故障机车库内倒调作业给正常生产带来影响,同时造成单位人力、财力与工时的巨大浪费,另一方面可造成机车线上故障以及严重的烧弓网事故的发生。

据电池更换统计,我段 2016 年与 2017 年因故障整体更换蓄电池的机车台数分别为 13 台、14 台,因更换整台机车蓄电池造成的检修工作量较大,因个别电池故障更换整台份机车电池,给相关蓄电池厂家的声誉造成了一定影响。

2 故障原因分析

从铅酸蓄电池工作原理上来讲,其属于化学电池,容量发挥受温度影响较大,且充电接受效果受温度影响也较大。

从实际工作中对蓄电池亏电以及鼓包等故障进行综合原因分析。从事机车乘务员与检修以及技术

管理的人员,会发现冬季内燃机车蓄电池充电电流较低,多数显示为 10A 左右,而夏季多数显示为 50A 左右,但充电电压一般均设置为 $110 \pm 2.5V$ 左右,为何每年冬、夏季显示充电电流差别如此之大呢?

经查阅技术资料与化学书籍得知,铅酸蓄电池多项指标均是在常温 $25^{\circ}C$ 时测量定义的,此温度可有效保证蓄电池内部有较高的电化学反应速率,使得蓄电池的容量在持续充电电流的作用下长时间保持稳定的“接收”,充电电流值长时间维持在 50A 左右,直至接近设定的充电电压值时,充电电流逐渐降低。

而冬季蓄电池的“对抗电压”(个人定义)较高,检修技术人员会发现,在冬季内燃机车启机后,蓄电池充电电流值迅速降低,长时间保持在 10A 左右,即使使用固定发电(也称故障发电)工作模式,充电电流在随柴油机转速升高短暂增大,蓄电池电压随之升高,充电电流也会迅速下降至 10A 左右,如在夜间,能明显感觉到机车照明灯亮度明显增加,此时也极易出现过压保护继电器(FLJ)动作,以防止控制电压过高而烧损电器设备。

究其原因,温度对蓄电池的影响较大,从下图可直观看出,一定的温度与一定的充放电电流对蓄电池容量的显著影响。在低温 $-20^{\circ}C$ 时即使是采用 0.1C 的标准电流充电已达到所谓的充满电状态,从曲线图可直接看出对应的容量值不足 60%,同样按 0.1C 的标准电流进行放电时,其放电容量值不足充电容量的 60%,两者乘积结果为 36%。可得出在同样环境温度下,蓄电池进行一次理想的充电后,放电时容量只能达到其额定标称容量的 36%。但对于

冬季低温天气情况下,机车启动瞬时,蓄电池放电电流可到 1000A,即使按照内燃机车 ZQF-80 启动发电机的额定功率 80kW 来计算,启动持续电流可达 800A 左右,其电流值达到了 1.6C,介于 1.0~2.0C 之间,从曲线 1.0C 与 2.0C 可直观估算出,在环境温度为 -10°C 时放电电流为 800A 的容量约为额定容量的 10% 左右,即 $500 \times 0.1 = 50(\text{AH})$,如按 800A 的放电电流来计算,只能维持 0.06 小时,即 3.6 分钟,按照经验是三次启机,如在 -20°C ,容量很难发挥出来,极易造成二次启机时无法启机成功。说到这,内燃机车启机有明确规定,要求连续启机不得超过三次,每次不得超过一分钟,原因就在于此,否则,不但导致无法启机的后果,且对蓄电池造成极板附着物脱落等不可逆的严重损害,大大缩短其使用寿命。

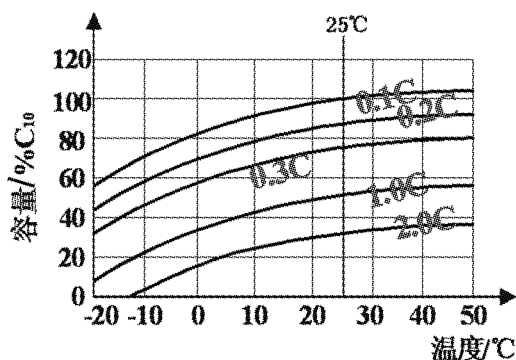


图1 温度对蓄电池容量的影响

(在一定温度与一定的充、放电电流情况下绘制)

从图1也可看出,高于10小时率的充放电电流值,既不利于蓄电池充电容量的接收,也不利于储存容量的释放,均表现出容量被“偷走”了的感觉,所以,技术资料均规定在 25°C 与 0.1C (即 C10) 数值的充放电电流情况下,才能显示出蓄电池的额定容量。

对于冬季蓄电池的实际保持容量可以进行粗略计算,按照冬季 -20°C 的容量只有 60% 计算,450AH 的电池只有 270AH 理想存储电量,10A 的充电电流需要 27 个小时才能从理论上达到充满状态,但实际上受低温的影响,能被蓄电池极板接受的容量大打折扣,机车实际运行时间最多只有 8 个小时,也就是说,机车一次运行时间最多只能充入 80AH 的容量,而且由于冬季低温环境下蓄电池内部化学反应速率较低,导致极板能“接收”的容量远低于 80AH,加上机车电器设备耗电,一定周期内机车多次启机线上运行,使蓄电池容量处于严重的亏

电状态。而夏季则不然,使得蓄电池在过充情况下,极板受到电化学腐蚀,电解液缺失严重,长时间过充将导致极板过热,蓄电池壳体在内部正气压与高温度的影响下,导致变形、寿命降低。

另一方面,从寿命角度来讲,对于蓄电池单节电压,在 25°C 时,当充电电压达到 2.35V 以上时,富液式非密封蓄电池开始有析气(冒泡)现象,一般内燃机车配置为 48 节蓄电池,按此单节电压值可以计算出总电压值为 112.8V,也就是说 $110 \pm 2.5\text{V}$ 的规定电压值标准,不会使蓄电池出现“析气”现象,可有效保护蓄电池因长时间过充而导致寿命大减或损坏。但对于冬季低温情况下,析气的电压阈值将明显降低,单节电压未达到 2.35V 时已出现“析气”现象,但此时的析气不同于 25°C 时的“析气”,此时析出的是电解水产生的氢气、氧气与水阻效应蒸发产生的水汽,而在 25°C 时析出的是少量的氧气与氢气,说白了,在低温情况下蓄电池充电过程,内部极板除少部分有充电产生的化学变化外,大部分呈现电解水的物理过程,使蓄电池内部水分逐步缺失,长时间的缺水将使蓄电池内部极板上层部分出现无法逆转的硫化现象。(如图2所示:上部缺水导致结晶,与铅栅脱离)

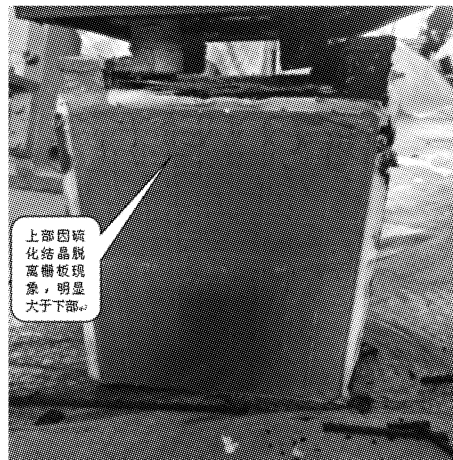


图2 硫化结晶的负极板

在冬季低温天气对富液式非密封蓄电池做室外充电试验,使用非恒压方式的恒流充电机对 12V 蓄电池进行充电,换算成单节的最高“对抗电压”可达到 2.76V,此时随着时间的积累,蓄电池体的温度在升高,“对抗电压”呈现逐步下降的趋势,充分证明了温度对于蓄电池充电效果有明显的影响,温度越高,“析气”现象反而明显降低,也就是说在相对高的温度条件下,蓄电池内部极板化学反应速率较高。机车蓄电池在长期的冬季过后,蓄电池内部的水含量将明显减少;进入夏季,在大的充电电流作用下,

蓄电池体温度升高,在充电过程中因电解液缺少导致温度容易升高,周而复始的恶性循环的结果,将直接导致蓄电池极板物质膨胀形成壳体“鼓包”,甚至裂损现象(如图3所示),使蓄电池寿命终结。



图3 铅栅局部断路的正极板

3 采取措施

(1)将蓄电池充电电压值进行冬夏季模式的转换,且符合 $(110 \pm 2.5)V$ 的技术标准。冬季应设定为 $112.5V$,夏季应设定为 $107.5V$,可有效防止夏季过充导致鼓胀现象的发生,并在一定程度上防止机车冬季因蓄电池“亏电”无法启机现象的发生。甚至可挑选在工作频繁启停机状态下的两台调车机车上,进行效果更为明显的试验,一台机车设定为上述电压值,另一台机车设定为冬季 $115V$ 、夏季 $102V$ (或通过观察蓄电池充电电流长时间保持在 $25A$ 左右来确定需设定的电压值,此做法是为了防止蓄电池过充)的长期对比试验,可大大延长蓄电池的使用寿命。

(2)暂停或对比参考使用现有的数字型蓄电池容量、内阻等综合检测仪,因为浮电压(假电压)会掩盖电池容量低、极板局部断路、短路等隐性故障(如图3所示),建议使用大功率电阻负载式检测仪,可可靠有效地将“落后”与有故障的蓄电池检测出来,确保整车蓄电池性能符合标准要求。

(3)冬季在修程内,在室温条件下检修库内进行机车蓄电池补充电(夏季可采取摒弃修程内补充电的作业方式)时,采取恒流(具体电流数值应依据机车修程内的停留时间来合理设定,如时间允许应最好采用 $0.06 \sim 0.08C$ 的小电流数值进行长时间充电,以确保电池内容化学反应充分,使电池得到一次较好的保养)定时的充电模式,而不采取恒压充电的模式,充入容量尽可能计算为额定容量的

70%。

(4)有条件的铁路单位,可进行具有自动恒温功能的伴热带和普通电热套的加装,来确保冬季蓄电池在相对高的温度条件下进行充电,以确保蓄电池内部的电化学反应充分,确保容量充足。也可另辟蹊径,比如在内燃机车上采取利用机械间(或冷却风扇出风口)产生的热量,使用引风机利用软管对蓄电池内箱体进行加温等方式方法。此做法对于内燃机车来说,在加热蓄电池的同时,也可间接地对燃油箱内的燃油进行加温,对防止燃油结蜡起到一定的辅助作用。

(5)建议在蓄电池质保期外,采取定期(最好每年夏季进行一次)添加蒸馏水的做法,补充缺失的水分,有效延长蓄电池使用寿命,防止极板硫化现象发生。

(6)采取新结构型式的自加热型蓄电池。比如国内报道的力伴品牌的蓄电池,在蓄电池内部极板上包裹有多孔、厚度极薄的镍箔片,属于发热电阻,与蓄电池极板属于并联关系,在进行充电和放电时能在其通电的情况下迅速加热蓄电池“体温”,使内部电化学反应保持稳定,容量正常发挥。

(7)可与电池制造厂方进行合作,内部采用寿命长达 $10 \sim 20$ 年的高分子自动加热薄膜,可采取放置在蓄电池底部一体化结构与包裹在每块极板上的两种结构方式,设计制造出冬季自动加热功能的蓄电池,不需要任何额外的控制装置,夏季在高温天气则自动断电不加热,而且该型蓄电池只在充电过程中启动加热功能,机车停机呈现放电状态时,自动断电,以防止蓄电池放电造成容量损失。

此做法是最科学最合理的解决措施,而且投资小,工艺不复杂,值得相关蓄电池制造厂借鉴考虑。

4 应用效果

(1)在2002年在DF4DH型机车密封阀控式蓄电池上,曾做过添加蒸馏水的试验,装车后长时间运用后未对蓄电池造成影响;在2009年曾对多块单节容量不足及鼓包未裂损的蓄电池进行锯割解体观察,内部均属于严重缺水导致的硫化现象,同时对未解体的几块容量相当的蓄电池,分组进行不添加与添加蒸馏水的对比试验,进行几次充电放电过程,进行容量测试,添加蒸馏水的电池能达到额定容量的65%左右,主要是由于极板硫化后无法恢复还原成二氧化铅,导致容量无法恢复至理想状态,而未添加的蓄电池与之前的容量无明显变化。该试验证明了

蓄电池内部极板缺水对蓄电池性能的影响。

(2)在两台调车机车上进行为期一年、采用上述两种充电电压设定值的蓄电池性能对比与解体试验,采用原有冬、夏季统一设定为 (110 ± 2.5) V 的充电电压,对整车蓄电池及其中一单节分别测试容量,容量分别为原容量的 20%、70%;对另一组采用冬、夏季分别设定为 115V、102V 左右的充电电压,对整车蓄电池及其中一单节分别测试容量,容量为原容量的 35%、85%,效果较为明显。分别对其中一单节蓄电池进行锯割解体观察测试,按标准设定充电电压的蓄电池极板上部处于干涸无水状态,极板上下部颜色不一致,使用锯条刮蹭表面,有明显干涸的硬度较大的颗粒物掉落,存在严重的硫化现象;而按冬夏季分别设置不同数值电压的蓄电池经解体,其极板表面颜色一致,使用锯条刮蹭,只有极少量的较软的糊状物掉落,极板留有刮蹭的沟痕,无硫化

现象。

5 结束语

对于内燃与电力机车因蓄电池亏电导致无法启机与升弓的故障,在北方地区冬季出现较多,目前无较好的根本性的解决措施,除造成事故外,也造成人力工时、物力、财力的巨大浪费,应依据各单位实际生产情况,有针对性地选择其中一项或两项措施,对该故障进行试验性攻克,提升各型机车的运用安全可靠。

参考文献

- [1] 内燃机车电传动. 中国铁道出版社.
- [2] 东风 4B 型内燃机车结构. 原理. 检修. 刘达德. 中国铁道出版社.
- [3] 湖北电力. 刘庆生. 湖北电力杂志社.