

稀土锂钒电池在变电站直流系统的应用与维护

介绍了稀土锂钒电池在变电站直流系统高频整流充电装置的应用情况,根据稀土锂钒电池的自身特点,主要从运行环境温度和充放电特性上进行分析,提出日常维护所需注意的事项。

郭志克¹ 牛宇干¹ 陈方珍¹ 高建成²/1.国网河南省电力公司平顶山供电公司 2.深圳市盈九州实业有限公司



郭志克/工程师

关键词/Keywords

稀土锂钒电池 ·
充电装置 ·
充放电特性 ·
维护 ·

0 引言

变电站的直流系统主要组成是直流高频整流装置和蓄电池,在实际运行过程中蓄电池更为重要,由于蓄电池是一种独立的直流电源,即使在全厂、变电站交流中断情况下仍能为继电保护及自动装置、断路器、载波通信及事故照明等提供工作电源。目前变电站直流系统使用的蓄电池是阀控式铅酸蓄电池,随着科技的进步、新技术的广泛应用,稀土锂钒电池也正逐渐应用到变电站直流系统中。稀土锂钒电池无论是在使用寿命和技术性能上以及安装、维护工作量上都远远优越于阀控式铅酸蓄电池。

1 稀土锂钒电池对环境温度的要求

环境温度对变电站蓄电池的使用寿命和效率起着至关重要的作用,温度对稀土锂钒电池的影响,相对铅酸蓄电池要小很多,特别是在放电的情况下。对同等规格的两种蓄电池进行温度特性测试,稀土锂钒电池要比密封阀控铅酸电池容量高出至少 20%以上。阀控式铅酸蓄电池由于自身设计

性能和化学原理的特性,造成蓄电池发热量大,它的运行温度应为 0~35℃,电池使用温度每提高 10℃(25℃为正常温度)浮充使用寿命缩短 1 倍,每下降 10℃,放电容量下降 1%,并且温度还对电池自放电有影响,而变电站的蓄电池室往往因为季节变化,环境温度也变化很大,致使阀控式铅酸蓄电池寿命和容量大大降低,而稀土锂钒电池的正常运行环境温度在-45~85℃,因为该电池为电动汽车的恶劣高温环境而研制,从电池材料等采取了相应措施,具有耐高温的特性;大大优越于阀控式铅酸蓄电池对温度的要求,在正常温度范围内稀土锂钒电池的自放电率小于 3%,当大电流对稀土锂钒电池充放电时,电池外壳温度会升高到 80℃~100℃时,应降低充放电电流,严禁稀土锂钒电池外壳温度上升到 150℃以上,否则会造成稀土锂钒电池熔化,因此稀土锂钒电池室或屏柜内应配备完整的温度计和降温、通风设备。不同环境温度下 LFP 锂电池的放电特性曲线如图 1 所示。

2 稀土锂钒电池对变电站直流高频整流装置的要求

在变电站直流系统中,稀土锂钒电池对高频整流装置的要求更高,为了保证稀土锂钒电池的容量饱满,高频整流装置的浮充电压设置为 243 V、均充电压设置为 254 V,单只电池的浮充电压在 25℃常温下,一般设置为 3.4 V,高频整流装置还应具备完整的电池管理系统、电池巡检系统,高频

整流装置能够对稀土锂钒电池的容量、充电限流、转换电流、均充间隔时间、均充限时时间、定时均充时间、充电电压、温度补偿系数、电池欠电压以及充电系数等实现自动管理。阀控式铅酸蓄电池的高频整流装置运行时采用浮充状态，以 $0.03 \times Q_{10/36}$ 的电流值浮充电来补偿蓄电池的

自放电^[1]，稀土锂钒电池则要求高频整流装置当电池容量落后、电压低于 2.7 V 时，以 0.3 CA 电流值快速充电，当充电电压达到均充电压值（3.7 V）时，高频整流装置应停止充电转入浮充状态。

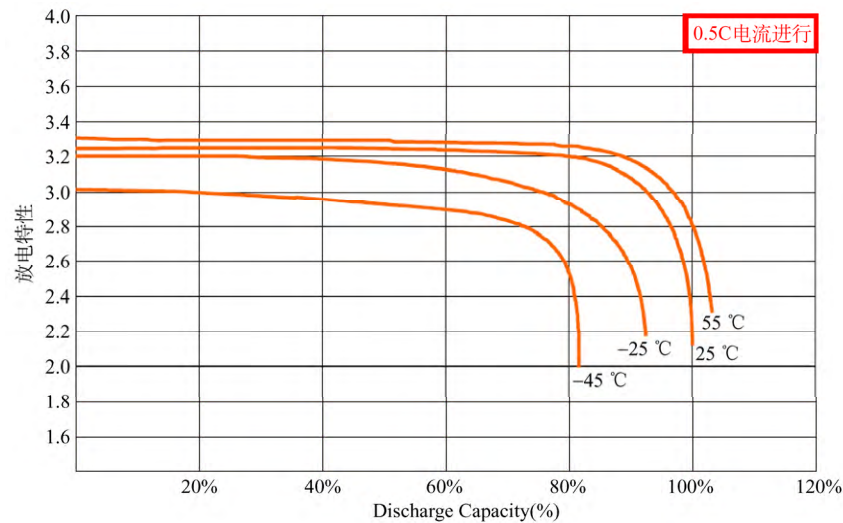


图 1 不同环境温度下 LFP 锂电池的放电特性曲线

3 稀土锂钒电池充放电特性

由于稀土锂钒电池的正极活性物质采用氟化合物与稀土混合烧制而成，负极活性物质则采用纳米碳纤维与人造石墨构成，所以稀土锂钒电池在接受大电流充放电中，始终保持固有分子结构不变，晶格牢固、耐冲击且寿命长。稀土锂钒电池在环境温度 -45~85 °C 范围内，充放电电流可以采用 0.3~0.5 CA 电流值充放电，当电池外壳温度低于 75 °C 时，稀土锂钒电池也允许采用 3 CA 以下电流进行快速充电，而阀控式铅酸蓄电池在环境温度 25 °C 时，只能采用 0.1 CA 电流值充放电，当充电电流过大会造成正负极活性物质脱落或极板弯曲变形，严重时导致蓄电池短路，这样比较起来，稀土锂钒电池能够快速恢复容量、大大缩短电池的充放电时间。稀土锂钒电池的正常充放电，在环境温度 25 °C ± 5 °C 时，放电时采用 0.3 CA 电流放电，当电池电压达到 $N \times 2.7$ V 时停止放电，然后采用 0.3~0.5 CA 电流恒流充电，当充电电压达到 $N \times 3.7$ V 时转为恒压充电，充电电流降到起始值的 5% 时停止充电。

常温下 LFP 锂电池的放电特性曲线如图 2 所示。

4 稀土锂钒电池使用寿命和运行维护

1) 稀土锂钒电池在环境温度 -45~85 °C 范围内，如图 3 所示，充电电压不高于 4 V、放电电压不低于 2.7 V 状态下，电池循环寿命大于 3 000 次，而阀控式铅酸蓄电池在环境温度 25 °C 时，充电电压不高于 2.35 V、放电电压不低于 1.8 V 状态下，循环寿命仅 500 次。常温下 LFP 锂电池的循环充放电特性曲线如图 3 所示。

2) 运行中的稀土锂钒电池应定期使用蓄电池内阻测试仪测量电池的内阻，一般在常温下稀土锂钒电池充电后的内阻为 0.552 mΩ，放电后的内阻为 0.802 mΩ，在浮充电状态下运行的稀土锂钒电池由于内阻的不平衡，会造成电池过充电或过放电现象，这种现象最终会导致电池内部出现短路或微短路，使电池电压为零或低于正常范围。稀土锂钒电池的巡检装置应定期测量电池的电压，防止稀土锂钒电池因电池内阻的变化，造成稀土锂钒电池过充电或过放电现象，为确保稀土锂钒电池电压的均衡性，当同一批次电池电

压，相差 0.1 V 以内时属于正常范围，当同一批次电池电压，相差 1 V 以上时属于不正常电池，此时首先将组合电池放电至最低电压标准，然后更换同容量电池处理。

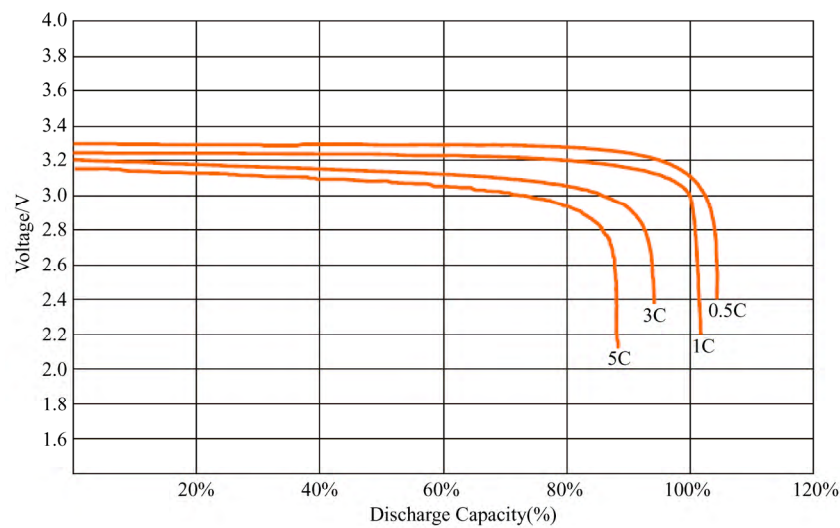


图 2 常温下 LFP 锂电池的放电特性曲线

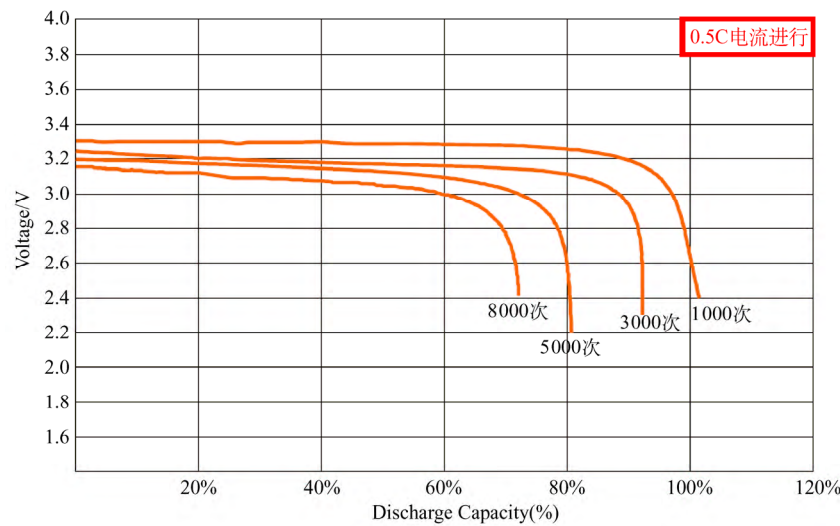


图 3 常温下 LFP 锂电池的循环充放电特性曲线

3) 稀土锂钒电池具有极佳的安全性能和密封性能，从而保证了电池极佳的循环寿命，运行中应经常检查电池的极柱、连接导体是否松动；是否有损伤、变形或腐蚀等现象；连接处有无松动，电池壳体有无损伤、渗漏和变形，电池及连接处温升是否异常。根据厂家提供的技术参数和现场环境条件，检查电池组及单体模块电压是否满足要求，检测电池组的充电限流值设置是否正确。检测电池组的低压告警、高压告警设置是否正确。

4) 稀土锂钒电池壳体是采用 PP 塑料制成，

一般使用中不会发生鼓胀，当过充电或过放电时会导致电池鼓胀或破裂，因此严禁防止对电池过充电或过放电，当电池在 150℃ 情况下使用或使用不当导致稀土锂钒电池破裂或燃烧时，会形成氟化物和磷氧化物，此时应立即切断电源，开启通风排除烟气，采用 D 型灭火器或 CO₂ 干燥化学物进行扑灭。

5 稀土锂钒电池在变电站的直流系统的首次使用

平顶山供电公司 110 kV 新华变电站直流系

统采用阀控式铅酸蓄电池和高频整流装置,2005年投运,在运行中高频整流装置故障频繁、蓄电池容量严重不足,2015年1月更换为稀土锂钒电池直流电源系统,这是平顶山供电公司变电站直流系统中首次使用稀土锂钒电池直流电源系统,在现场调试稀土锂钒电池直流电源系统时,由于稀土锂钒电池性能不同于常规的阀控式铅酸蓄电池,对配套的高频整流装置的各种性能、参数都认真测试,对高频整流装置的输出电压、输出电流以及对稀土锂钒电池的充放电程序都进行校正和修改,在调试中发现由于稀土锂钒电池的充电电流大,高频整流模块 $N+1$ 均流性达不到要求,经过调整高频整流模块输出电

流采样信号,最终达到了合格的整流模块 $N+1$ 均流性,为了保证蓄电池的容量合格,对稀土锂钒电池做容量考核,稀土锂钒电池的单只电池标称电压为3.2V,放电终止电压为2.7V,这都与常规的阀控式铅酸蓄电池不同,放电电流采用0.1CA恒流放电,放电时间10h,放电容量200A·h,放电前测量稀土锂钒电池的开路电压,和放电后测量稀土锂钒电池的终止电压,均一性符合要求,通过对稀土锂钒电池各种参数和性能的测试、以及稀土锂钒电池的体积都表明稀土锂钒电池优于常规的阀控式铅酸蓄电池。稀土锂钒电池(WB-LYP200)充放电数据如下表所示。

表 稀土锂钒电池(WB-LYP200)充放电数据表

项 目		时间/h	2	4	6	8	10
开路电压/V 3.41	放电电流/A 20	放电电压/V	3.28	3.26	3.25	3.23	3.20
		充电电压/V	3.25	3.35	3.40	3.55	3.62
		蓄电池温度/°C	21	22	23	24	24

6 结束语

通过对稀土锂钒电池各种性能的分析 and 试运行,稀土锂钒电池直流系统完全能够担负变电站直流电源,各种性能远高于常规的阀控式铅酸蓄电池。通过认真调试能够保证变电站直流系统的安全运行。

参考文献

[1] 孙成宝. 直流设备检修[M]. 北京:中国电力出版社,2003:7-42.
[2] 唐琛明,王兴成,沙永香. 动力型 18650 锂离子电池的过充电性能[J]. 电源技术,2007,31(11).
[3] 孟蕊,邱瑞珍,高俊奎. 电动工具用锂离子电池

的开发和性能研究[J]. 电源技术,2007,31(1):30.
[4] 郑子山,张中太,唐子龙,等. 锂离子二次电池最新进展及评述[J]. 化学世界,2004,45(5):270.
[5] 胡杨,李艳,连芳. 锂离子蓄电池热稳定性的机理[J]. 电源技术,2004,(5).

作者简介

郭志克(1972-),男,工程师,主要研究方向为从事直流设备检修和研究工作。

(收稿日期:2015-12-10) EA
(编辑:杨帆)