

张曼,范雪波,李林,等. 自动气象站蓄电池预测性维护的监测系统评定[J]. 干旱气象, 2013, 31(4): 831-834, doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-04-0831

# 自动气象站蓄电池预测性维护的监测系统评定

张曼, 范雪波, 李林, 常晨

(北京市气象局大气探测技术保障中心, 北京 100089)

**摘要:**为提高自动气象站蓄电池的维护效率, 本文将预测性维护引入气象保障领域, 通过对蓄电池预测性维护的技术要点、测试方案及流程等的介绍, 选取3种不同劣化程度的蓄电池依次进行离线状态测试、浮充状态测试以及放电测试, 通过数据对比分析初步给出了蓄电池预测性维护监测系统的综合评定。结果表明, 在浮充状态下, 监测系统电压和内阻的测试精度良好, 能够很好地测试出蓄电池在不同健康状况下的电压与内阻值, 即对报废电池、具有一定劣化程度电池和新电池的测试数据存在显著差别, 在自动气象站蓄电池预测性维护中可利用浮充状态下测得的内阻数据对蓄电池劣化程度进行有效判别。

**关键词:**自动气象站; 蓄电池; 预测性维护

**文章编号:**1006-7639(2013)-04-0831-04 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-04-0831

**中图分类号:**P415.1<sup>+2</sup>

**文献标识码:**A

## 引言

近年来, 随着全国自动气象站的爆发式增长, 装备保障能力与业务需求的矛盾也因此日趋突显<sup>[1-3]</sup>。如何提高自动气象站维护实效, 特别是针对无人值守的自动气象站的保障能力, 已成为做好气象服务和率先实现气象现代化所亟待解决的课题。

当前国内气象装备保障部门对自动气象站供电设备的故障排除多局限于在故障发生后进行部件更换与维修, 而预测性维护已在医疗器械、通讯设施、军用设备等领域得到广泛应用<sup>[4-10]</sup>, 成为未来各行业装备保障的主流趋势之一。美国联邦能源管理计划的研究<sup>[11]</sup>估计, 一个正常发挥作用的预测性维护与定期维护相比, 可提供30%~40%的节约。另有独立调查表明, 开展预测性维护计划可节省诸多费用, 较维护成本平均降低25%~30%, 平均消除故障70%~75%<sup>[11]</sup>。

本研究将预测性维护理念引入北京市自动气象站蓄电池维护保障领域, 发挥其“诊断现在, 预测未来”的作用, 以期提高自动气象站维护效率和保障能力, 从而为有效降低因蓄电池供电故障导致的数

据缺报风险及缩减维护成本提供参考。

## 1 供电设备预测性维护要点

基于北京市自动气象站调研及综合观测系统月故障统计资料, 对2010年5月至2011年9月发生的故障情况进行统计发现, 在98次故障中供电设备故障为54次, 占总故障的55%, 表明供电设备故障成为北京市自动气象站运行不稳定的主要原因。在供电设备故障中, 排除因停电跳闸导致的外接交流电故障, 太阳能供电系统故障导致的蓄电池供电故障最多(共20次), 且多集中在秋冬季。北京市气象局自动气象站选用的供电太阳能板主要为12W与50W 2种规格, 其发电能力与光照强度、环境温度、安装角度等密切相关。由于自动气象站分布范围广、周边环境复杂多变, 一些布设地区往往会受建筑物遮挡、连续阴雨天气以及人为破坏等因素影响, 造成蓄电池持续放电且得不到及时补充, 最终导致蓄电池耗尽、电压不足, 进而影响气象观测数据的获取与传输。

参考工业企业装备保障的预测性维护<sup>[11-14]</sup>, 对自动气象站蓄电池进行预测性维护有以下几个要点: (1) 通过对长时间、大批量自动气象站蓄电池的

收稿日期: 2013-03-25; 改回日期: 2013-07-09

基金项目: 北京市气象局科研专项(2012BMBKYZX04)资助

作者简介: 张曼(1980-), 女, 工程师, 主要从事自动气象站、雷达等气象探测设备的维护保障工作。E-mail: marily\_2001@sina.com

供电情况进行统计分析,积累蓄电池单日、单月、单季度供电规律,总结蓄电池使用类型、容量大小、寿命周期等信息,根据实际情况建立起蓄电池设备清单;(2)针对不同类型蓄电池的特点,开展自动气象站蓄电池供电状态监测研究,制定出对应的预测性维护流程(包含检测周期、检测方法、维护流程等);(3)利用测试设备,获取蓄电池运行状态,形成基于自动气象站蓄电池监测结果的远程诊断技术,并通过与标准运行状态参数的对比分析来早发现设备异常;(4)在故障发生前制定设备维护计划,并有针对性地调整维护程序,对预测性诊断模型进行完善。

## 2 电池测试

蓄电池的阻抗大小、劣化状态与容量之间的相关性是蓄电池内阻监测系统的关键性指标。通过测试,可验证蓄电池监控模块测试的准确性,具体如下:(1)验证监测系统电压测试数据的准确性;(2)验证监测系统蓄电池内阻与单体蓄电池容量劣化状态之间的相关性;(3)验证监测系统温度数据的准确性。本文针对2012年6月21日至9月27日期间北京市气象局自动气象站当前使用的3种类型蓄电池进行实样测试。

### 2.1 测试方案及流程

将监测系统与单体蓄电池进行连接,经由通信口可读取系统采样,获得蓄电池数据。具体测试按照离线状态测试、浮充状态测试和放电测试3个步骤进行:(1)离线状态下,测试并获得单体蓄电池的电压与内阻,通过比较测试电压与标准表电压,确定系统离线状态下电压测试的精度;(2)将电源连接至蓄电池进行充电,待充电电流降低及蓄电池进入浮充状态,获取电压与内阻数据,通过比较电压数据与标准表数据,确定系统浮充状态下电压测试的精度,另外通过比较浮充内阻与离线内阻,确定浮充内阻测试的准确性,通过多次测试获得浮充内阻测试的重复精度,并记录内阻偏大的劣化蓄电池,并准备进行放电测试验证;(3)对蓄电池采用40~80 A的恒流进行放电实验,将系统放电至单体电池低于11 V结束,验证系统通过浮充状态下的内阻测试判断劣化蓄电池的容量特性,并获得放电过程中蓄电池的电压及内阻变化曲线,在测试结束后分析数据,研究浮充内阻与放电容量之间的相关性。具体流程参见图1。

### 2.2 电池类型及测试设备

选取3种类型的电池作为测试样本,分别代表现场应用的3种典型情况,即:小容量蓄电池,具有

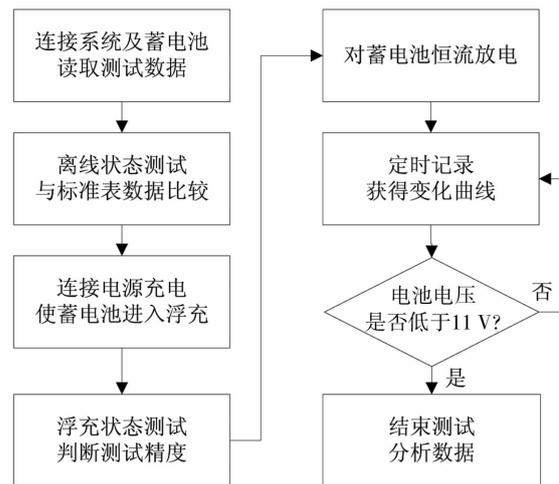


图1 测试流程图

Fig. 1 Flow chart for testing of monitor systems

一定劣化的表现(编号1);大容量蓄电池,该电池为新投入使用的蓄电池(编号2);大容量蓄电池,该电池为报废蓄电池(编号3)。具体信息如表1所示。

测试设备选用了蓄电池监测模块、手持式内阻监测仪、万用表等,各仪器的型号及功能见表2。

表1 测试电池的信息

Tab. 1 Information of batteries used in testing

编号	电池型号	生产时间	规格
1	NP7-12	2009年5月	12 V, 7 Ah 蓄电池
2	NP65-12	2011年7月	12 V, 65 Ah 蓄电池
3	FM-65	2008年10月	12 V, 65 Ah 蓄电池

表2 测试设备的信息

Tab. 2 The information of testing equipments

设备名称	型号	功能
蓄电池监测模块	I-BAT	蓄电池在线监测管理系统
手持式内阻监测仪	3554	内阻状态核对
放电负载	自制	0~80 A 恒流放电负载
万用表	FLUKE 187	电压数据校对用仪表
计算机	ThinkPad E420	运行实时监控软件
监控软件	Cell Guard V1.2	实时数据监控软件
工具及采用电缆	/	系统安装及连接用

### 2.3 测试数据及分析

通常浮充状态下,系统电压和内阻测试精度需保持良好。此次测试中,蓄电池预测性维护监测系统电压测试精度优于5 mV,而内阻重复精度一般不

超过2%,最大不超过5%,符合测试需求。

针对 NP7-12、NP65-12 蓄电池分别在充电前后进行了4次内阻测试,而 FM-65 电池仅对其未充电初期的内阻进行了4次测试。其中, NP7-12 电池

充电的测试条件为:当充电电压达到 13.5 V 且电流稳定低于 100 mA 时开始进行测试;而 NP65-12 电池,当电池充电电压达到 13.6 V 且电流稳定低于 100 mA 时,开始进行测试。测试结果如表 3 所示。

表 3 3 种类型蓄电池充电前后的测试结果

Tab. 3 The test results of NP7-12, NP65-12 and FM-65 batteries before and after charging

电池型号	NP7-12				NP65-12				FM-65	
	充电前		充电后		充电前		充电后		充电前	
次数	电压 /V	内阻 /mΩ								
1	12.24	45.45	13.51	38.72	12.75	5.62	13.62	5.12	9.83	123.56
2	12.24	45.23	13.51	38.67	12.75	5.60	13.62	5.17	9.83	98.53
3	12.24	45.28	13.51	38.54	12.75	5.63	13.62	5.22	9.83	101.98
4	12.24	45.33	13.51	38.90	12.75	5.58	13.62	5.28	9.83	95.58

对比初始数据发现, NP7-12 电池充满电量后, 内阻有所降低, 约降低了 16%, 说明充电过程能够有效降低蓄电池的阻抗。对该电池(规格: 12 V, 7 Ah) 进行放电测试, 放电电流选取 7 A, 当电池电压跌落至 10.8 V 时停止放电, 总用时 28 min。电池有效容量计算表达式:

$$C_e = \frac{t}{3600 \times \mu} \times C_n \quad (1)$$

式(1)中,  $C_e$  为电池有效容量, 单位: Ah;  $t$  为电池放电过程所需时间, 单位: s;  $\mu$  为电池放电的经验系数, 与电池标称容量及放电电流大小有关;  $C_n$  为电池标称容量, 单位: Ah。

NP7-12 电池采取的上述放电过程中的  $\mu$  为 0.55, 根据公式(1)可得有效容量为 5.93 Ah, 约为该电池标称 7 Ah 容量的 85%, 表明该电池存在 15% 的容量损失, 属于具有一定劣化但仍可用的蓄电池。

对比 NP65-12 电池充电前后测试结果发现, NP65-12 电池充满电量后, 内阻降低约 8%, 较 NP7-12 型号的电池降低的少。鉴于该电池初始状态电量损失不大, 8% 的比例也大致反映了蓄电池在放置时自动放电造成的容量丢失。另外, 对该电池(规格: 12 V, 65 Ah) 进行放电测试, 放电电流选取 80 A, 当电池电压跌落至 10.8 V 时停止放电, 总用时 30 min。根据公式(1)得, NP65-12 电池的有效容量为 62.5 Ah(注: 65 Ah 电池经 80 A 电流放电时的经验系数为 0.52), 约为该电池标称 65 Ah 容量

的 96%, 表明该电池存在 4% 的容量损失, 考虑到电池 10% 以内的容量损失不影响使用, 因此该电池可认定为属于健康状态蓄电池。

就 FM-65 电池而言, 在其充电过程中电池电压迅速上升, 当断开充电设备时, 电池电压迅速降落到 10 V 左右。表明该电池无法完成充电, 属报废蓄电池。根据内阻推算, 电池的有效容量应低于标称值的 10%, 属于严重劣化, 已无法使用。

综上所述, 蓄电池的劣化程度与其浮充内阻存在很好的相关性。因此, 可通过对浮充内阻的测试, 可定期检验电池的使用状况, 从而更有效地做好气象服务业务。

### 2.4 系统评定

蓄电池浮充内阻与蓄电池本身的劣化程度具有高度的相关性, 通过浮充内阻能够准确捕捉蓄电池的劣化情况。对于容量状态健康的蓄电池而言, 其内阻均衡, 没有大的波动; 而对具有一定容量劣化的蓄电池进行检测, 其内阻变化较大, 可通过内阻变化范围, 确定蓄电池的劣化程度。

根据本次实验的测试结果, 结合国际标准, 通过分析获得浮充内阻与蓄电池容量之间的关系, 得出结论如下: 当蓄电池的浮充内阻上升 50% 时, 该蓄电池属故障蓄电池, 应立即更换; 当蓄电池的浮充内阻上升 20% ~ 50% 时, 该蓄电池存在明显劣化状况, 应考虑及时采取措施处理; 当蓄电池的浮充内阻上升 10% ~ 20% 时, 该蓄电池处于早期劣化状态, 应密切关注或采用相应手段进行处理; 当蓄电池的浮充内阻表现平稳不存在大幅度上升时, 蓄电池处

于正常的容量状态。

## 2.5 尚存问题及解决计划

自动气象站供电设备采用预测性维护监测系统,虽在一定程度上提高了其运行状态的监测水平,但仍存在着一些问题。首先,对蓄电池监控的数据传输能否顺利并入现行自动气象站数据传输系统尚不确定,拟依据不同的网络连接方式对系统的测试数据先进行远程监控,再选取部分站点实验,进行综合考量。其次,对自动气象站蓄电池运行状态与运行环境间的具体联系尚不清晰,拟利用统计诊断法、信息理论分析法对其进行判断分析,建立自动气象站供电设备故障的远程诊断技术方法,预期将实现对站点蓄电池劣化的状态监测和故障预警。

## 3 小结

对自动气象站供电设备运用预测性维护的理念及运作方式,可研究自动气象站供电设备运行状态监视方法,提高自动气象站运行状态的监测水平,建立起自动气象站供电设备故障的远程诊断技术,并由此逐步建立起设备故障预测性诊断模型,为制定科学合理的综合观测系统预测性维护计划提供依据。对蓄电池进行预测性维护研究,有助于改善自动气象站现有供电设备运行状态监测空白和保障能力,提高自动气象站维护的时效性,开拓气象装备的保障技术方法,为实现气象装备保障实现现代化做出有益探索。

## 参考文献:

- [1] 石登科,崔学祯. 甘肃临夏人工与自动气象站降水量观测差异分析[J]. 干旱气象,2011,29(4):497-504.
- [2] 尹宪志,郭爱民,卢会云. CAWS型自动站与人工观测风速记录的对比分析[J]. 干旱气象,2006,24(1):57-59.
- [3] 马凤莲,刘园园,周士茹,等. 从对比观测资料看城镇化对气象要素的影响[J]. 干旱气象,2011,29(2):205-210.
- [4] 彭建,黄研. 故障预测-基于随机过程控制的方法[J]. 广播与电视技术,2007(2):100-102.
- [5] 张兵. 设备维护管理-从抢修到预测性维护[J]. 设备维护,2004(2):42-44.
- [6] 刘太峰. 新型水泥厂故障预测技术[J]. 科技传播,2011(7):174-176.
- [7] 沙莎,邱新法,何永健. 基于GIS的自动气象站数据系统的研发[J]. 干旱气象,2011,29(3):372-376.
- [8] 蒋友严,黄进. 基于GIS技术的甘肃省气温空间分布特征[J]. 干旱气象,2013,31(1):206-211.
- [9] 于大峰,陈良华,孙士型,等. 长江上游流域面雨量时空分布特征[J]. 干旱气象,2012,30(4):563-569.
- [10] 敖银辉. 钻头磨损检测与剩余寿命评估[J]. 机械工程学报,2011,47(1):177-181.
- [11] 赵纪民. 如何实现科学的设备维护外包[J]. 中国设备工程,2011(3):9-10.
- [12] 唐波,邓长征,王刚. 发电厂设备预防性维护在EAM系统中的研究与应用[J]. 电力学报,2009,24(5):370-374.
- [13] 姜宁. 预测性维护-温度异常分析[J]. 电信工程技术与标准化,2007(6):84-87.
- [14] 潘新民,蔺婷婷,黄智强,等. 电厂空冷设计中气象观测和分析原理[J]. 干旱气象,2009,27(2):190-192.

## Assessment of the Monitoring System on Predictive Maintenance of Battery at Automatic Weather Stations

ZHANG Man, FAN Xuebo, LI Lin, CHANG Chen

(Support Center for Atmospheric Observing Technology, Beijing Meteorological Service, Beijing 100089, China)

**Abstract:** In order to improve the efficiency of battery maintenance at automatic weather stations, we adopted predictive maintenance ideas into meteorological support areas. First, we carried out an introduction to the strategic points, test programs and processes of battery predictive maintenance. Then, we assessed preliminary the battery monitoring system by analyzing relative data which was obtained by a series of testing including offline testing, floating testing and discharging evaluation. The results showed that test precision of the voltage and internal resistance obtained by the monitoring system in the state of floating charge was favorable and could present significant differences for batteries of varying health levels, so we could ascertain the deterioration extent of battery by the internal resistance effectively on predictive maintenance of battery at automatic weather stations.

**Key words:** automatic weather station; battery; predictive maintenance