

IEEE Std 1188-1996

**IEEE 推荐用于站用阀控铅酸（VRLA）蓄电池的
维护、测试和更换方法**

电路与设备
通信技术
计算机
电磁与辐射
能源与动力
工业应用
信号与应用

IEEE 第 29 标准合作委员会(SCC29)

IEEE 推荐用于站用阀控铅酸（VRLA）蓄电池的 维护、测试和更换方法

发起人

IEEE 站用蓄电池标准合作专业委员会

1996 年 6 月 20 日批准

IEEE 标准部

摘要：本标准包含了优化阀控铅酸蓄电池寿命和性能的维护、测试时间表和测试过程。也提供了何时该更换蓄电池的指引。

关键词：验收测试、蓄电池容量、蓄电池维护、蓄电池测试、校正操作、浮充电压、检查、内阻测量、维护、性能测试、预防、保护设备、再化合、波纹电流、充电状态、站用蓄电池、测试过程、测试时间表、热失控、阀控铅酸蓄电池。

目 录

1. 范围.....	1
2. 参考.....	1
3. 定义.....	2
4. 安全.....	3
4.1. 保护设施.....	3
4.2. 预防.....	3
4.3. 方法.....	3
5. 维护.....	4
5.1. 概要.....	4
5.2. 检查.....	4
5.3. 校正动作.....	5
6. 测试描述和时间表.....	6
6.1. 验收测试.....	6
6.2. 连续测试.....	6
6.3. 性能测试.....	6
6.4. 服务测试.....	7
7. 蓄电池测试过程.....	7
7.1. 测试前准备.....	7
7.2. 测试间隔.....	7
7.3. 测试放电率.....	7
7.4. 验收和性能测试.....	8
7.5. 服务测试.....	8
7.6. 连续性测试.....	9
7.7. 恢复.....	9
7.8. 完成再充电.....	9
7.9. 计算蓄电池容量.....	9
8. 蓄电池更换准则.....	9
9. 记录.....	10
附件 A 决定充电状态.....	11

附件 B 电压.....	12
附件 C 容量测试的温度补偿.....	13
附件 D 修正工作.....	14

IEEE 推荐用于站用阀控铅酸（VRLA）蓄电池的 维护、测试和更换方法

1. 范围

本推荐方法仅限用于优化站用阀控铅酸蓄电池的寿命和性能和维护、测试时间规定和测试过程。本标准也提供决定何时更换蓄电池的指引。工业应用中（特别是小容量的阀控铅酸电池）还有其他的维护/测试方法和更换技术，这些方法和技术同样有用，但已超出本推荐方法的范围。当使用本标准时，用户应考虑自己的实际情况和本项技术新近的发展动态。用户也应注意本项新技术在工业中所作大规模的方法变动。

本推荐方法涉及到人身安全的部分用强制性指令和用词“必须”；其他部分则用词“应”。

虽然蓄电池是直流系统的一部分，但本推荐方法不包含任何其他直流系统元件，也不包含直流系统的监视和测试。

蓄电池容量的大小、安装、质量、选择标准以及型号和应用不在本标准范围。

2. 参考

本推荐方法应与下列出版物同时使用：

IEEE Std 100 – 1992，电器和电子术语的新 IEEE 标准字典（ANSI）。

IEEE Std 485 – 1983，IEEE 用于普通站用和分站用大型铅酸蓄电池的容量大小选择的推荐方法。

IEEE Std 1187 – 1996，IEEE 用于站用阀控铅酸蓄电池的安装设计和安装的推荐方法。

IEEE Std 1189 – 1996，IEEE 用于站用阀控铅酸蓄电池的选择指南。

3. 定义

下列词语定义用于从属本推荐方法的内容。其他定义参阅 IEEE Std 100 – 1992 和第二章所列的其他文献。

3.1 验收测试（蓄电池）：对新装电池进行容量测试，决定其是否符合设计特性或电池制造商的额定参数。

3.2 蓄电池盒：用于支撑和封装一组单体电池的构造体。

3.3 蓄电池架：用于支撑一组单体电池的构造体。

3.4 容量测试 (蓄电池)：蓄电池以恒流或恒功率放电到指定电压。

3.5 连贯性测试 (蓄电池)：对单体、单元或电池组进行测试，以判断其传导通路的完整性。

3.6 内阻测量 (蓄电池)：测量蓄电池单体或单元的内部电抗、电道或电阻。

3.7 模块：多个单体或单元组装为一体。

3.8 性能测试(蓄电池)：对投入使用的蓄电池进行恒流或恒功率容量测试，以检测其容量的变化。

3.9 再化合：氧的再化合。参阅 IEEE Std 1189 – 1996。

3.10 服务测试 (蓄电池)：特殊的蓄电池容量测试，作为实际值，判断是否满足直流系统的需求 (蓄电池工作其间)。

3.11 端极连接 (蓄电池)：单体间的连接、列间连接、电池组端的正负极连接，包含这些连接的极板、带接线片的电缆和连接器。

3.12 单元：多个单体装在一个开口瓶。

3.13 阀控铅酸 (VRLA) 单体：单体是密封，只有当单体内部气体压力超过预设的气压时，其真空管才对大气打开。VRLA 单体提供了对内部产生的氧气和压缩氢气的在化合的能力，从而限制水的消耗。

4 . 安全

注 意

和其他蓄电池比，VRLA 电池更有潜在的危險，在操作和维护中应有合适的预防措施。仅在合适的工具和下列有效的保护设施的情况下，才能对蓄电池进行工作。蓄电池的维护只能由具有蓄电池知识和受过安全预防训练的人完成。

4.1 保护措施

下列保护措施对进行蓄电池维护工作的人都是必需的：

a) 护目镜和面罩；

- b) 耐酸手套；
- c) 保护围裙
- d) 移动式或站式冲水设施，在接触到电解液时可冲洗眼睛和皮肤。
- e) C 级灭火器
- f) 苏打（重碳酸盐），0.1Kg 对 1L 水（或 1lb 对 1 加仑），用于中和溢出的酸液。
- g) 绝缘良好的工具。

注：由于有热冲击的潜在危险，有的电池制造商不推荐用二氧化碳 C 级灭火器。

4.2 预防措施

在维护蓄电池期间，必须作好下列保护措施：

- a) 在对蓄电池维护工作时，应使用警告牌，以防遭受突然伤害。
- b) 在蓄电池组附近禁止烟火，避免弧光。
- c) 确认负载测试的接头清洁，处于良好状态，用合适的电缆进行连接，避免在蓄电池附近产生电弧。
- d) 确认负载测试设备的所有连接都包含短路电路保护器。
- e) 确认电池区/柜的通风装置工作良好。
- f) 确保电池区出口处畅通。
- g) 避免穿戴类似珠宝一类的金属物品。
- h) 在对蓄电池操作前，操作者应触摸最近的有效接地面，以消除积聚的静电。
- i) 确认所有的监视系统工作正常。
- j) 不要取下蓄电池排气孔的盖。

4.3 方法

对正在使用的蓄电池进行操作，必须使用预防电路中断和在蓄电池附近产生电弧的方法。

5. 维护

5.1 概要

适当的维护能延长电池的寿命，并有助于确定其容量是否满足设计要求。蓄电池的良好维护规程能提供有效的数值来决定电池的更换。如果维护规程并非本标准所提供的，用户必须考虑其实际应用情况和可靠性的需要。蓄电池的维护工作必须由有蓄电池知识和有安全保护措施的人完成。

5.2.1 月检

每月应常规检查和记录如下项目：

- a) 测量蓄电池组端总的浮充电压

- b) 充电器的输出电流和电压
- c) 环境温度、通风条件和监测设备
- d) 按下列各项检视各个单体/单元的条件：
 - 1) 单体/单元完整性：极柱、连接器、电池架或电池柜是否有锈蚀的痕迹
 - 2) 整体外貌和电池组、电池架或柜、放电池区及包含可到达地方的清洁状况
 - 3) 盖的完整性，并检查单体/单元是否有裂纹或电解液泄漏
 - 4) 是否有瓶/盖过度变形

5.2.2 季检

季检应包括 5.2.1 的内容，并检查和记录如下项目（记录值和观察值应和初次检查值作比较）：

- a) 单体或单元内阻值（参阅 D.4）
- b) 电池组中各个单体或单元负极的温度（参阅 B.3）
- c) 用 1 小时或更少的放电率，采样测试电池间连接电阻（最少采样 10% 或六个连接器）。如果检测值与初始值相比有上升的趋势，则要测所有的连接电阻，并确定原因，作必要的校正。每季抽样测试不同的连接器（参阅 D.1）。

5.2.3 半年检

半年检应包含 5.2.1 和 5.2.3 的内容，并记录每个单体或单元的电压。

5.2.4 年检和初检

年检和初检应包含 5.2.1、5.2.3 和 5.2.3 的内容，并检查和记录如下项目：

- a) 整组电池所有单体到单体的连接电阻（参阅 D.1）
- b) 迭加在电池组上波纹电流和电压（参阅 D.5 和咨询制造商）

5.2.5 特殊检查

如果蓄电池组有过异常条件的经验(如服务放电，过充或超高的环境温度等)，那么应作一次检测以确认电池组未被损坏。检查内容与年检所要求内容一样。

5.3 校正操作

5.3.1 立即校正

如下列各项所列条件时，应在下一次通检时进行校正：

- a) 如果在 5.2.2 项所读取的电阻读数超过初装值 20% 或大于制造商指定的最大值时；或如果发现连接松脱，拧紧后再重新测试。如果极柱有锈蚀，应先清理锈斑，再检查连接电阻。如果再次测试的连接电阻仍然不能接受，则应卸下连接器，清洗干净，再装上，再重测连接电阻。参阅 D.1。
- b) 当单体或单元的内阻值大幅度（20% 或以上）偏离初装值或整组平均值，应对该单体或整组电池作进一步测试。（参阅 D.4 指引）
- c) 如果发现电解液，要查找源头，修复或更换泄漏的电池。当发现单体或连接器

有脏物时，用干净湿水的布擦拭。用重碳酸水（0.1kg 对 1L 或 1 lb 对 1 gal）清除任何渗漏在电池盖或盒上的电解液。不要使用碳氢化合物类的清洁剂（石油类蒸馏物）或强碱清洁剂，这类清洁剂会使电池盒和盖破裂。当清洁电池系统时要格外小心，以防接地错误。（参阅第 4 章）

- d) 在电池组端极测浮充电压，如果超出推荐的工作范围，应调整充电器电压。浮充电压需要作温度补偿（参阅附件 B）。

5.3.2 定期校正

下面所列条件，如果让其持续延迟一个时期，将会减少蓄电池寿命。这些条件未必表明容量下降。但校正工作也应在下一次季检前完成，以防在正常间隔监测到这样的电池情况。

- a) 如果任一个单体/单元电压低于制造商指定的最低临界值，应该给予校正，该校正包含均衡充电在内，具体参阅 D.3。不要高于制造商推荐的包含特定环境温度下的充电率充电。
- b) 在作单个检查时，当电池单体温度偏差大于 3C（5F）时，应找出原因并校正它。如果不能作到有效的校正，应与制造商联系，取得允许的偏差量。
- c) 这些异常情况的更多详细论述和紧急的校正措施请阅读附件。

6. 测试描述和时间表

下列测试时间表用于：

- a) 决定电池是否符合特性要求或制造商的额定值，或两者。
- b) 定期决定电池的现状性能是否在可接受的范围。
- c) 如果需要，决定电池的现状是否符合所接系统的设计要求。

记录测试数据（容量测试过程中电池组电压和各个单体电压，对应于终止电压的容量），利用这些数据作趋势分析，预测电池未来的性能并预期更换蓄电池时间。

6.1 验收测试

蓄电池容量的验收测试可由用户选择在制造商工厂或初始安装时进行。测试应符合制造商给定的额定值或订货要求的性能值所对应的特定放电率和放电时间。

蓄电池的容量在发货时可能少于额定容量。除非在交货时指定容量是 100%，否则初始容量可以是额定容量的 90-95%。在几个充放电周期和浮充一段时间后，该容量值可上升到额定容量。

6.2 连续性测试

连续性测试决定电池系统的物理完整性，但对蓄电池性能（参阅 7.6）是不必要的。

按制造商推荐条件或当不能进行内阻测试时,本测试按 5.2.3 中半年维护所描述的进行。

6.3 性能测试

蓄电池的容量性能测试应每年进行一次,在容量有下降趋势时,应半年进行一次。下降是指蓄电池容量比上次性能测试的值少于 10% 以上或低于制造商的标称值 90% 以下。比较而言,性能测试和验收测试的放电时间和放电率是相类似的。

如果测试是用于反映容量基值或电池容量的(趋势)基准,则按照 7.1 所描述的初始条件。当希望测试反映所有因素(包括决定电池能力的维护)时,初始测试条件如 7.1 所述,忽略条件 a) 和 b)。如果蓄电池不能释放其预期的容量时,当测试包含维护条件时,在完成 7.1 a) 和 b) 后,应重复测试。

注—当电池组需要对指定的时间(负载工作周期)给变化的负载供电时,特别是以大电流、短时间的负载来决定电池组的容量大小时,性能测试不能证实电池组是否有能力满足所有设计的负载。

6.4 服务测试

这是一种蓄电池组的能力测试,通常按实测(所连接系统作负载)来判断是否满足直流系统的设计要求(电池带载周期)。当

7. 蓄电池测试规程

本规程描述蓄电池测试的推荐方法。所有测试都应遵循第 4 款所列的安全要求条件。

7.1 测试前要求

除了第 6 款说明之外,在开始测试之前需要如下所列的操作和数据。

- a) 如果制造商特殊指定要均衡充电,必须在开始测试前 3-30 天内完成均充。
- b) 检查蓄电池组的所有连接,确认所有电阻读数对于系统都是正确的(参阅 5.3.1)。
- c) 读取和记录测试开始时每个单体/元的浮充电压。
- d) 采样读取和记录蓄电池单体/元的温度,以计算蓄电池组的平均温度(建议选取 10% 或以上的蓄电池)。
- e) 读取和记录蓄电池组的浮充端电压。
- f) 开始测试前测量和记录每个单体/元的内阻。
- g) 采取适当的预防措施(例如将被测电池组与其他电池组和临界负载隔离起来)以确保测试失败时,不破坏其他系统或设备。

7.2 测试时间长度

对于性能容量测试,推荐规程规定其时间长度与确定蓄电池大小容量能力的时间长度近似一样。(参阅 6.3 之注)

7.3 测试放电率

放电率依赖所选择的测试类型。对于验收测试和性能测试,放电率应是恒流或恒功率,相对应所选择的测试时间长度和终止电压下的制造商额定放电率。参阅 7.5 服务测试的测试放电率。

注—测试放电率或容量都应进行温度补偿。参阅附件 C (或联络制造商)用于电池设计的校正系数。

7.4 验收和性能测试

设置测试用的必要仪器,该仪器应有调节负载的能力,以维持等于对应所选时间放电率的恒流或恒功率放电。

- a) 断开充电源。连接负载到电池组,启动计时,连续保持所选的放电率。
- b) 读取并记录每个单体/元电压和电池组端电压。读数应从加载开始到测试结束,按指定的时间间隔读取。如果可能,每分钟应读五组数。
- c) 维持不变放电率直到电池端电压下降到指定值,该值为指定单体的最低电压乘以单体数(例如,1.75V 乘以单体数)

注—单体电压的读数应取自相邻单体/元的端极,使其包含电池间连接器的压降。由于 VRLA 电池端极连接设计各不相同,应仔细分析选择合适的电压测试探头位置,以确保仅包含适当的压降。参阅图 D.1。

- d) 如果单体/元的电压接近极性转(0V)或模块电压低于 2V 或更多(相对于模块的平均电压),而电池组的端电压仍未到达测试临界值,应该在可行之处旁路该单体/元并继续进行测试。旁路时应远离单体/元,以避免电弧灼伤。新的最小电池组电压由剩下的单体/元数决定。

非常重要是由用户和制造商或有经验的人共通计划本操作项目。应预计到有弱电池的可能性,并应作好旁路弱电池的准备,使其对人的伤害最小。

- e) 观测站蓄电池组中单体/元间连接器或端极的异常发热情况。
- f) 在测试结束后,按照 7.9 规程概述的方法计算电池容量。

7.5 服务测试

系统设计者应建立服务测试规程和测试的接收标准。对服务测试的建议规程如下:

- a) 初始初始条件应与 7.1 所定义的一样。在实际条件下通过测试反映维护工作时, 忽略要求条件 a)和 b)。
- b) 放电率和测试时间长度应尽可能对应接近蓄电池实际的带载放电周期。
- c) 按照 7.4 条目 a)至 e)所述的测试规程概要, 应该在每个负载周期结束之前和在测试完成时读取电压数。
- d) 如果蓄电池不能满足带载放电周期, 检查放电率是否合适; 再给蓄电池充电, 如有必要, 按 5.2.4 所讨论的检查蓄电池, 采取必要的校正措施, 然后重复服务测试。有可能需要作电池的性能 (参阅 6.3) 来决定是电池问题还是应用负载的问题。

7.6 连续性测试

在单体/元或电池组作短时间的负载测试, 决定其完整性。与制造商协商测试条件和接收标准。

注 — 作为一个例子, 断开交流输入一小段时间, 让蓄电池接上假负载, 作连续性测试。

7.7 恢复

卸下所有测试仪器设备。再充电并恢复正常服务。

注意

一节内部短路的单体/元不应放在电池组中继续充电 (参阅附件 B)。按照剩下的单体数所减少的系统总电压, 调整充电器的输出电压。

7.8 完成再充电

在放电后, 由常规电压整流充电器所提供的充电电流模式, 提供了一种决定再充电模式的方法。由于电池接近满充, 电池组电压升至接近充电器输的设定, 同时电流下降。当充电电流在指定的充电电压稳定下来时, 电池就满充。(注意事项参阅附件 A)

7.9 计算电池容量

对于验收测试和性能测试, 用下面等式计算电池容量:

在 25C (77F) 时的百分比容量 = $(T_a/T_s) \times 100$

其中:

T_a 到达指定终止电压(带温度补偿)时的实际测试时间 (参阅附件 C)

T_s 指定终止电压下的额定时间

对测试时间少于 1 个小时，与制造商协商其适应性。

8 . 电池更换标准

更换蓄电池推荐规程是：如果按 7.9 计算的容量低于制造商的额定值的 80%，应更换蓄电池。更换的时序是容量大小标准应用的一个功能，也能比较各种负载条件下的容量边界可能值。80%的容量表明：即使电池具有满足直流系统负载能力的安培（电流）能力，其退化速度也在增加。其它因素，如不满足服务测试的结果（参阅 7.5），或增加新负载的要求，都可能要求更换电池。诸如异常高单体/元温度的物理特性（参阅附件 B），通常也是决定更换整组或单个电池的条件。如 7.4 款 d）项所述，单体极性反向对需要更换而作进一步查证的单体/元是个很好的指示器。如要更换单体/元，其电器特性一定和备换的单体/元相容，并且在安装前必须经过测试。不推荐在蓄电池组接近失效时更换单体/元。

一个单体的电压在经过校正操作（均充）后仍然低，那么也是对需要更换而作进一步查证的单体/元是个很好的指示器。（参阅 B.2）。

在连续性测试中失效的单体/元，只要存在一个不可校正的条件，就必须立即更换。

9 . 记录

诸如 5.2 所示的数据，必须在安装时和每次指定时间检查时作记录。数据记录应包含报告、校正操作（参阅 5.3）和所有测试结果。正确解释由检查、校正操作和测试获得的数据，对蓄电池的运行和寿命很重要。

建议准备好表格记录所有的数据，使所记录的数据有序且方便与过去的的数据作比较。有意义的比较要求所有的数据都要转换成制造商所推荐的标准基值。

附件 A

决定充电状态

在电池接近满充时，电池组电压升至接近充电器输出电压，充电电流减少。当充电电流在充电电压下稳定时，电池组充电。在电池组电路测量时，稳定的充电电流在 3 个小时内不能该变化超过 $\pm 10\%$ 。

要决定充电电流是很难的，因为：

- a) 线内安培表在低电流时没足够的分辨率，而且还需要特殊的监控设备。
- b) 在 25C 时，典型的稳定电流是按其容量每安时不大于 1mA。
- c) 来自蓄电池充电器和负载的波纹电流干扰读数精度。

如果充电器电压已设置在高于通常的浮充电压，但有不超过电池制造商建议的最大限制电压（这样可减少充电时间），通常的操作是在充电电流稳定后，降低充电电压到浮充电压。浮充电流很快就稳定。

附件 B

电压

B.1 电池浮充电压

在电池组端测量的正确电压是所有阀控单体临界和（如： $24 \text{ 节} \times 2.25\text{V/节} = 54\text{V}$ ）。电池浮充电压必须在制造商的推荐极限值之内，而且该推荐值必须考虑温度补偿。（参阅 B.3）。

B.2 单体电压

观察到阀控电池中比正常的开口式电池有更宽的浮充电压范围并非不正常的。这对安装 6 个月内的情况是特别准确的。均充通常不用于校正明显的不平衡。（参阅 D.3）。

- a) 低电压单体。低电压不是单体充电状态的指示。在低于制造商低电压极限值下延续运行，将降低单体的预期运行寿命。

注 — 单体电压一直低于正常浮充条件，如不是由单体温度升高所引起，则表明是单体内部问题，可能需要更换。

- b) 高电压单体。单体电压高于其最高限制电压（由电池制造商指定），对单体造成有害的影响（如加速电池干枯）。

B.3 温度对电压的影响

在恒定的电池组电压下，充电电流随电解质的温度升高而升高。所以，电池组中较高温度的单体比其他单体的电压低。应尽力估计引单体间不同温度的原因。

作为一般准则，连续高温将减少电池寿命，对运行中的阀控电池而言，大约在 25C (77F) 每增加 8C (15F) 时，寿命降低一半。通过使用温度补偿充电器，可以相当成度地降低这种影响。在高温下运行还导致热失控。（参阅 D.2）。

附件 C

容量测试的温度补偿

由制造商所指定的放电率通常按单体在 25C (77F) 下的值。当在不同温度下进行容量测试时，一定要使用温度校正系数。

温度校正系数可用于放电率或已测试容量（放电时间）。通常更多地用于调整放电率，在极端的温度下，这个方法能给出更精确的结果。

很多因素，诸如酸的比重和固定的工艺，造成温度对阀控电池性能的影响的不同。所以每种特定的 VRLA 电池，都应与制造商联系，取得校正系数。

- a) 放电时间校正。如果在负极所测量的起始平均温度 T_{init} 不同于标准温度 T_{std} (25C 或 77F)，那么测量时间 T_{act} 可以通过下面等式进行调整而得到校正时间 T_{corr}

$$T_{corr} = T_{act} / [1 + k * (T_{init} - T_{std})]$$

必须从制造商处取得 k 值。 T_{std} 为 25C 时，k 值的典型范围是 0.004 到 0.011；或 T_{std} 为 77F 时，k 值范围是 0.006 至 0.002。

注 — 给定一个 k 值，上面公式会给出一个有效的、窄的温度范围。细节请联系制造商。

B) 放电率校正。在 25C (77F) 下的安培或瓦特放电率，除以在负极测量的起始温度所对应的近似放电校正系数便是校正放电率。典型的放电率校正系数如表 1 所示。

表 1 —— 典型的放电率校正系数

电极温度		放电率校正范围 (典型范围)
F	C	
30	-1.1	1.16 — 1.43
50	10.0	1.10 — 1.19
70	21.1	1.01 — 1.04
77	25.0	1.00
90	32.2	0.94 — 0.96
110	43.3	0.88 — 0.92

附件 D

校正操作

D.1 连接电阻

在安装好时,读取和记录电池间连接电阻和端极连接细节电阻作为基值是一种良好的操作。操作过程的一致性非常重要,这样能检测出由于锈蚀或松脱造成的阻值上升。关注阻值上升的原因,并可能需要作校正。

正常安装的阻值随所安装容量大小的不同而有很大的不同,对大电池小至 10 微欧,对小电池达到或超过 100 微欧。取读数的方法包括用读数电阻表或电导表,或在容量测试时在适当的地方测压降。联系制造商取得期望值。按惯例,读数与前面建立的基值比变化 20% 或者超过制造商限定值作为下次检查前开始校正操作的标准。校正操作的时序应由影响电阻增加的分析结果决定。

D.2 热失控

当 VRLA 电池工作在浮充或完全再化合模式的过充状态时,没有纯化学反应,几乎所有过充的能量都转化成热能。如果系统的设计及其周围环境能将产生的热散发并达到平衡,那么就没有热失控问题。当然,再化合反应热量升高率超过了散热率,电池的温度就会升高并且需要更大的电流来维持浮充电压。而额外的电流又引起更多的化合反应和热量产生,从而进一步使电池温度升高,并如此往复。这种纯效应加速电池干枯和使电池融化。这个问题由于环境温度的升高、单体或充电系统的故障而进一步恶化。在电池之间和周围使用合适的通风和使用诸如温度补偿充电器来最大限度降低热失控的可能性。在凝胶体电解系统中,凝胶体和极板、容器壁紧密接触,比吸收式电解系统提供更好的散热性能,但始终不如开口式(“富液式”)效果好。

D.3 均衡充电

通常不需定期均充来校正单体/元的不平衡。除非制造商特别推荐,否则不应进行均充。

D.4 单体/元内阻测量

- a) 这些测量提供电路连通性的资料,并可用于单体之间的比较和以后分析的参考。
- b) 单体的内部阻抗包含数个因素:物理连接电阻,电解液的离子传导性和发生在极板表面的电化学过程的活动性。带有多个单体的单元,还有由于单体间连接所产生的额外电阻。集合各种因素的阻抗结果可通过下列技术量化取得:

- 1) 阻抗测试:在电池组加载一个已知频率和幅度的交流电流,测量每个单体/元的

交流压降。交流电压的测量值取自每个单体的正负极或单体的最小组。用欧姆定律计算电抗。

2) 电导测量：对单体/元加载一个已知频率和幅度的电压，测其交流电流的响应值。电导是所测的交流电流值除以电压值。

3) 电阻（内阻）测量：对单体/元两端加一负载，测量其电流和电压的阶梯变化值。将电压的变化值除以电流的变化值就是内阻值。

- c) 当进行测量时，应记录所用测试设备的类型，所选择的测试点，单体/元电压、负极的温度。
- d) 电导是电抗和电阻的倒数。如果单体的内阻值变化时，则表明其容量也发生变化。

单体的内阻值随测量时的条件和特定的测量技而变化。电抗和电阻是电导的倒数。如果单体的内阻值变化时，则表明其性能也发生变化。

内阻值有明显的变化，表明单体电池的性能也发生明显的变化。

在没有内阻测试仪器制造商的特定指南时，内阻值变化超过 20% 时，就应认为是明显的变化。这样的变化应与制造商作进一步的讨论。在联络不到制造商时，应进行性能测试，以决定电池系统的可靠性。

- e) 更换标准参照应用特性。作进一步测试或更换的时序依赖于蓄电池组所提供的服务类型。如果电池是用在非标状态，用于轻量输出比用于高输出、短时间的应用能提供更长的服务时间。

D.5 纹波电流

用于 VRLA 电池的充电器必须是低电噪声，以限制纹波电流。作为合格的充电器，在作充电的全过程不提高电池的平均温度，在空闲备用状态负极的温度不应高于环境温度 3C (5F) 以上。

D.6 电压探头的放置

电压探头的放置如图 D.1 所示。