

附录：蓄电池维护及其监测技术

1. 蓄电池失效模式与运行维护

1.1 影响阀控铅酸蓄电池质量的几个重要技术问题

1. 电池构成

阀控铅酸蓄电池由正极板、负极板、AGM 隔膜、正负汇流条、电解液、安全阀、盖和壳组成。其中正极板栅厚度和合金成份、AGM 隔膜厚度均匀性、汇流条合金种类、电解液量、安全阀开闭压力和壳盖材料、电池生产工艺等对电池寿命和容量均匀性具有重要影响。

2. 板栅合金

阀控铅酸蓄电池负极板合金一般为 Pb-Ca 系列合金，正极板合金有 Pb-Ca 系列（含 Pb-Ca-Sn-Al）、Pb-Sb（低）系列和纯 Pb 等。其中 Pb-Ca、Pb-Sb（低）合金正极板栅电池浮充寿命相近，但循环寿命相差较大。对于经常停电地区选用低锑合金电池可靠性好。

3. 板栅厚度

极板的正极板栅厚度决定电池的设计寿命。不要期望薄极板具有长寿命，也不要期望 PbCa 系列合金正极板栅电池具有 PbSb 系列合金那样的循环寿命。

4. 安全阀

安全阀被认为是阀控铅酸蓄电池的一个关键部件，具有滤酸、防爆和单向开放功能，YD / T7991 996 规定安全开闭压力范围为 1—49kPa，如果考虑氧复合效率需要，1—49kPa 压力规定是合理的。但是，对于长寿命电池，必须考虑单向密封，防止空气进入电池内部，同时防止内部水蒸气在较高温度下跑掉。

5. AGM 隔膜

对电池生产质量有直接影响的技术指标是隔膜孔隙率和厚度均匀性，这两个指标直接影响隔膜吸酸饱和度和装配压缩比，从而影响电池寿命和容量均匀性。

6. 壳盖材料

阀控铅酸蓄电池壳盖材料有 PP、ABS 和 PVC，PP 材料相对较好。

7. 酸量和化成工艺

分电池化成和槽化成两种，电池化成可以定量注酸并记录每个电池单体化成全过程数据，能准确判断每个出厂电池综合生产质量状况，但化成时间较长。槽化成是对极板化成，化成时间短，极板化成较充分，但对电池组装质量不能通过化成过程数据记录判断。

8. 涂板工艺

涂板工艺要保证极板厚度和每片极板活性物质的均匀性。

9. 密封技术

阀控铅酸蓄电池密封技术包括极柱密封、壳盖材料透水性、壳盖密封和安全阀密封。

10. 氧复合效率

阀控铅酸蓄电池具有良好的氧复合效率，贫液状态下按有关标准测试氧复合效率一般大于 98%，因此具有良好的免维护性能；开口式电池氧复合效率 < 10%，需要经常加酸、加水维护。

1.2 阀控铅酸蓄电池失效模式

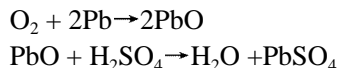
1. 电池失水

铅酸蓄电池失水会导致电解液比重增高、导致电池正极栅板的腐蚀，使电池的活性物质减少，从而使电池的容量降低而失效。

铅酸蓄电池密封的难点就是充电时水的电解。当充电达到一定电压时（一般在 2.30V / 单体以上）在蓄电池的正极上放出氧气，负极上放出氢气。一方面释放气体带出酸雾污染环境，另一方面电解液中水份减少，必须隔一段时间进行补加水维护。阀控式铅酸蓄电池就是为克服这些缺点而研制的产品，其产品特点为：

- （1）采用多元优质板栅合金，提高气体释放的过电位。即普通蓄电池板栅合金在 2.30V / 单体（25℃）以上时释放气体。采用优质多元合金后，在 2.35V/单体（25℃）以上时释放气体，从而相对减少了气体释放量。
- （2）让负极有多余的容量，即比正极多出 10% 的容量。充电后期正极释放的氧气与负极接触，发生

反应，重新生成水，即



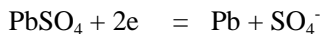
使负极由于氧气的作用处于欠充电状态，因而不产生氢气。这种正极的氧气被负极铅吸收，再进一步化合成水的过程，即所谓阴极吸收。

- (3) 为了让正极释放的氧气尽快流通到负极，必须采用和普通铅酸蓄电池所采用的微孔橡胶隔板不同的新超细玻璃纤维隔板。其孔隙率由橡胶隔板的 50% 提高到 90% 以上，从而使氧气易于流通到负极，再化合成水。另外，超细玻璃纤维板具有吸附硫酸电解液的功能，因此阀控式密封铅酸蓄电池采用贫液式设计，即使电池倾倒，也无电解液溢出。
- (4) 采用密封式阀控滤酸结构，使酸雾不能逸出，达到安全、保护环境的目的。

在上述阴极吸收过程中，由于产生的水在密封情况下不能溢出，因此阀控式密封铅酸蓄电池可免除补加水维护，这也是阀控式密封铅酸蓄电池称为免维电池的由来。阀控式密封铅酸蓄电池均加有滤酸垫，能有效防止酸雾逸出。但密封蓄电池不逸出气体是有条件的，即：电池在存放期间内应无气体逸出；充电电压在 2.35V / 单体 (25℃) 以下应无气体逸出；放电期间内应无气体逸出。但当充电电压超过 2.35V / 单体时就有可能使气体逸出。因为此时电池体内短时间产生了大量气体来不及被负极吸收，压力超过某个值时，便开始通过单向排气阀排气，排出的气体虽然经过滤酸垫滤掉了酸雾，但毕竟使电池损失了气体，所以阀控式密封铅酸蓄电池对充电电压的要求是非常严格的，绝对不能过充电。

2、负极板硫酸化

电池负极栅板的主要活性物质是海绵状铅，电池充电时负极栅板发生如下化学反应



正极上发生氧化反应：



放电过程发生的化学反应是这一反应的逆反应，当阀控式密封铅酸蓄电池的荷电不足时，在电池的正负极栅板上就有 PbSO_4 存在， PbSO_4 长期存在会失去活性，不能再参与化学反应，这一现象称为活性物质的硫酸化，硫酸化使电池的活性物质减少，降低电池的有效容量，也影响电池的气体吸收能力，久之就会使电池失效。

为防止硫酸化的形成，电池必须经常保持在充足电的状态。

3、正极板腐蚀

由于电池失水，造成电解液比重增高，过强的电解液酸性加剧正极板腐蚀，防止极板腐蚀必须注意防止电池失水现象发生。

4、热失控

热失控是指蓄电池在恒压充电时，充电电流和电池温度发生一种累积性的增强作用，并逐步损坏蓄电池。造成热失控的根本原因是：

普通富液型铅酸蓄电池由于在正负极板间充满了液体，无间隙，所以在充电过程中正极产生的氧气不能到达负极，从而负极未去极化，较易产生氢气，随同氧气逸出电池。

因为不能通过失水的方式散发热量，阀控铅酸蓄电池过充电过程中产生的热量多于富液型铅酸蓄电池。

浮充电压应合理选择。浮充电压是蓄电池长期使用的充电电压，是影响电池寿命至关重要的因素。一般情况下，浮充电压定为 2.23 ~ 2.25V/单体 (25℃) 比较合适。如果不按此浮充范围工作，而是采用 2.35V / 单体 (25℃)，则连续充电 4 个月就可能出现热失控；或者采用 2.30V/单体 (25℃)，连续充电 6 ~ 8 个月就可能出现热失控；要是采用 2.28V/单体 (25℃)，则连续 12 ~ 18 个月就会出现严重的容量下降，进而导致热失控。热失控的直接后果是蓄电池的外壳鼓包、漏气，电池容量下降，最后失效。

1.3 正确使用阀控铅酸蓄电池

1. 联接

不同容量，不同性能，不同厂家的蓄电池不应联接在一起使用。联接时，应该使用绝缘性工具，以防意外造成正负极短路。

蓄电池与充电器或负载联接时，电路开关要位于断开位置，蓄电池的正极应与充电器或负载的正

极联接，蓄電池的负极应与充电器或负载的负极联接。

联接用的螺母，螺栓，垫圈与联接线应松紧适度、均匀，应避免螺丝松动和过紧。

2. 充电

充电分为初充电，浮充电、再充电，均衡充电等几种。

初充电，新電池的首次充电称为初充电，目的在于使電池在装配过程中被氧化的极板活性物质还原，增加活性物质含量，提高電池的放电性能。严格规范的初充电对延长蓄電池的使用寿命很重要的作用。

浮充电，電池组与电源并联连接到负载上，当交流电源正常时，它将交流电整流为直流电后，一面给蓄電池充电，一面经逆变将直流电重新转换为交流电为负载供电。当交流电源中断时，蓄電池的直流电立即经逆变转换为交流电给负载供电，以保证供电的连续性。这种蓄電池充电称为浮充电。

再充电，对已经放过電的電池进行充电称为再充电。

均衡充电，電池在使用的过程中，往往会产生電池比重、容量、电压等不均衡现象。导致電池组输出电压过低，输出电量过小。为此，对電池组进行过充电，使電池组中的每个单電池都处于充足电状态，这一充电过程称为均衡充电。当電池组浮充电电压偏低或電池放电后需要再充电，或電池组容量不足时，需要对電池组进行均衡充电（简称均充），合适的均充电电压和均充频率是保证電池长寿命的基础，对浮充使用的阀控铅酸蓄電池平时不建议均充。

3. 浮充运行

在电源系统中，電池总是在线备用工作的，这样電池基本处于长期的浮充状态中，浮充电电压的选择对電池的长期可靠运行起着至关重要的作用，正如前面看到的，偏高的浮充电电压会造成電池缓慢失水并发产生热失控而使電池失效；偏低的浮充电电压会造成電池长期处于充不饱电的状态，使電池发生硫酸化而导致電池失效。正确的浮充电电压一般应选在 2.23—2.25V/单体，并应随同電池工作温度进行相应调整，由于電池生产厂家的不同，这一参数会有一些差异，应严格按照厂家提供的参数选取。

浮充是为了补充電池自放电而设定的充电过程，其选择原则是使正板栅合金阳极氧化电位处于腐蚀电流最小的电位区，在铅的阳极氧化电位和氧化电流密度关系中，不同的正板栅合金其阳极氧化腐蚀电流最小的电位区不同，浮充电电压值也不同。对富液式電池，正极板栅一般采用 Pb-Sb 合金，電池浮充电电压比开路电压高 100mV。例如防酸式電池开路电压为 2.05—2.07V，浮充电电压为 2.15—2.17V；对阀控铅酸蓄電池，由于板栅合金成分不同，浮充电电压选定值也不同，Pb-Sb 合金系列電池浮充电电压为 2.23—2.27V / 只，Pb-Ca 合金系列電池浮充电电压为 2.23—2.35V / 只。初期的阀控铅酸蓄電池浮充电电压值比较高，用户和制造厂家均认为较高的浮充电电压导致了電池腐蚀加快和失水，引起電池早期容量失效。因此，经过多年的使用，阀控铅酸蓄電池采用低浮充电电压被认为是防止電池早期失效的途径之一。有关专家和生产厂技术人员认为阀控铅酸蓄電池浮充值偏低较好，宁愿電池欠充，也要防止过充。

在一个電池组中，電池总是串联充电的，由于電池存在个体差异，每个電池的端电压不会严格一致，为保证電池组中每个電池的长期安全运行，必须保证電池组中每个電池的浮充端电压都处于正确的范围，对電池进行均衡充电是经常采用的方法，通过适当的过充电来保证電池组中落后電池充足电，这一方法由于要对電池组过充电而应限制使用，可以使用单个電池补充充电代替均衡充电，如果必须对電池组进行均衡充电，必须严格控制均衡充电电压。均衡充电的电压应严格按照電池生产厂的规定选取。

4. 放电

放电电流不宜过大，更要避免短路放电。

放电时，蓄電池端电压不要低于终止电压，以防蓄電池过度放电导致蓄電池性能下降和寿命缩短。

放电后，应该及时充电。不允许蓄電池在放电状态下长期搁置。

5. 储存

蓄電池应储存在清洁，通风良好，环境温度适宜的库房内；要远离热源，避免阳光照射。蓄電池应该定期充电。

1.4 日常检查维护

加强检查和维护可以延长電池的使用寿命，确保蓄電池满足设计要求，并根据合理的電池检查规程判断電池是否需要更换。由于電池的使用需要不同，检查维护规程也有不同侧重。電池维护需要专业培训，并

要注意安全。

一般的電池檢查在浮充狀態下進行。將現場數據與生產廠家的使用說明書相比較，現場數據應該保存下來與後來的數據對比。我們建議：

(1) 每月檢測一次每隻電池单体浮充電壓、內阻、電池外殼和聯結件，發現內阻異常、浮充電壓偏高/偏低、外殼變形和聯結件腐蝕時，應按說明書處理或向廠家提出並處理。

(2) 每半年或經常檢查極柱連接螺栓是否鬆動，清理電池上的灰塵，特別是極柱和連接條上的塵土，防止電池漏電或接地，同時觀察電池外觀有無異常，如有異常應及時處理。

(3) 每年或每兩年進行一次容量放電，如果容量不足，應及時向廠家提出並處理。重要場合的容量核對性放電要半年或 3 個月進行一次。特別注意的是：很多電池維護人員在進行定期放電時只作短時間放電，沒有進行深度放電，低於 60% 的放電時電池容量下降的問題在端電壓上是很难反映。

(4) 平時不建議均充，電池放電後或事故停電後，管理人員應及時到電池室，檢查充電機充電電流，防止充電電流過大或失控。

(5) 平時應注意浮充電壓的溫度補償，不合理的溫度補償會影響蓄電池的使用壽命。

如何在日常維護中使用內阻參數

1. 在初次安裝完成後的驗收階段，應進行一次容量測試。
2. 周期性的進行內阻測試。
3. 建立該型號電池的基線數據，如果單体内阻比基線高 50%，無需再測試，更換電池单体，再對高出 20%~50% 的電池做单体容量測試。
4. 用单体電池測試儀器測量有問題的電池，如果容量低於 80%，則更換該電池；
5. 整組電池放電測試，是否達到額定容量的 80%。如果在測試過程中有多個单体電池電壓低於要求，則整組更換；

採用以上方法要根據經濟性和系統可靠性條件而定。

安裝一套具有內阻測量與分析能力的電池監測管理系統，就可以全面、連續、準確監測蓄電池狀態。

2. 蓄电池监测技术简介

由于阀控铅酸蓄电池的运行要求比较严格，电池在偏离了正确的使用条件下运行将造成严重的后果，铅酸蓄电池的运行参数监测变得十分重要。

采用备用电池的场合都是十分重要的部门，容量下降到一定程度电池组就起不到电源备份的作用，一旦主电源发生故障，就可能造成系统停机，导致巨大的损失，及时发现电池容量下降并处理电池失效同样十分重要。

2.1 人工检查

除了放电测试外，人工测量主要测量电池组电压、单电池电压、温度和单电池内阻。

电池组电压测量可以发现充电机的参数设置是否正确。

由于蓄电池是串联运行，整组电池的电压由充电机的输出来决定，充电机的正确工作并不能保证每个单电池的工作状态正常。单电池电压监测可以发现单电池浮充电压不正确，单电池是否被过充电、过放电等情况。

温度测量主要是发现电池的工作环境是否通风不良、温度过高。

电池内阻能够反映电池的容量下降和电池老化。不同厂家的内阻测试仪的准确度和抗干扰能力差别很大；由于采用的工作频率不同，其读数值也会有差别；尤其是测量夹具很难与电池端子直接接触，测量值往往包括连接电阻。

2.2 在线监测

Intelec 是国际著名的电信电源技术年会，从 1995 年后，年会中讨论蓄电池运行与监测的论文激增，蓄电池的运行维护是国际电信行业的重要问题，电池厂家和设备厂家都在积极努力完善电池维护技术，电池的在线监测就是其中一个研究/开发的热点。

蓄电池在线监测管理是针对测量电池的运行条件和检测电池本身的状况而设计的，其发展大致经历了三个阶段：①整组监测、②单电池电压监测、③单电池内阻监测与分析。

1. 整组监测

整组电池监测功能一般设计在整流电源内，测量电池组的电压，电流和温度，进行充电和放电管理，尤其是根据环境温度变化调整电池的浮充电压，在电池放电时电池组电压低至某下限时报警。在 95 年的 INTELEC 会议上，M**公司发表了一份用中点电压来监测整组电池性能的文章，在 96 年的 INTELEC 会议上 M**公司进而又发表了用中点内阻来监测电池组性能的文章，文中数据表明，由于电池变化的不一致，部分电池的变化可以从中点数据反应出来，中点内阻比中点电压更有效。

2. 单电池电压监测

成组监测很难发现单电池的缓慢变化，包括单电池本身的老化和因单电池一致性问题而带来的积累效应，以一组 48V 电池来说，如果只有 1 个电池在变坏，其电压变化的信号会被其它 23 只电池淹没。中点方法将电池分为两段，如果上下两段电池的变化不同步，在监测过程即可捕获电池变化数据，但结果仍然被“好电池”平均。测试到每一个单体即可避免电池之间的“干扰”，但测试装置的成本大幅提高。1997 年我国邮电部发布的标准目的在于规范监测产品和技术。标准中明确要求监测到每一个单电池。目前电信部门使用的产品大多都是依据该标准设计/生产的。制定标准后，电信运维部门期望监测设备能够起到重要作用，而实际情况是，在浮充状态，监测设备只能发现极个别性能很差、浮充电压超常的电池。对于浮充电压的小幅值差异监控系统并没有办法区别和处理，也就是对于电池性能变坏、电池容量已经大幅下降，这时如果电池浮充电压变化不明显，监控系统不会发出警报，而只是当放电时发现某电池的放电电压（或曲线）异常才有警告，但一般为时已晚。

3. 单电池内阻监测与分析

铅酸蓄电池的端电压并不能反映电池的容量特性，实际使用中，能够直接测量的参数除电流、电压外，蓄电池内阻（或电导）是可以直接测量的一个参数，内阻（或电导）测试仪是一种普遍应用的测量工具。在实际测量电池的内阻后，能够发现电池的许多问题，尤其是能够立即判断严重失效的电池或存在连接问题的电池。

电池的内阻已被公认为是一种迅速而又可靠的诊断电池健康状况的方法。

以下是最通常的影响内阻变化的因素：

- 腐蚀** 随栅板和汇流排的腐蚀，金属导电回路变化，使电池内阻增大。
- 栅板** 长年使用会导致活性物质腐蚀，栅板孔隙率增大，电解液供应量下降，栅板活性物质减少，使电池内阻增大。
- 硫化** 部份活性物质硫化，导致活性物质减少，涂膏的电阻亦增加。硫化消耗掉部分硫酸，使电解液的电阻率变大，这些都将导致电池的内阻增大。
- 电池干涸** 由于 VRLA 电池无法加水，失水后电解液供应不足，使电池内阻增大。失水可导致电池报废。
- 制造** 制造缺陷，如铸铅和涂膏，都能导致高的金属电阻和容量问题。
- 充电状态** 从浮充状态到 20% 容量的放电，几乎不影响内阻。
- 温度** 39℃ 以内的高温对电池内阻影响甚微，低温有些影响，但需到 18℃ 以下。

以上因素中，栅板腐蚀、硫化和电池失水是使用过程常见的电池失效机制。运行在合理的浮充电压下可使这几种失效的速度大大降低。

美国为代表的电池监测设备厂商在近几年推出了对基于直流放电流的内阻检测的监测产品，是电池监测技术的质变，即由被动监测电压到主动测试电池内部状态。

放电法是一种内阻测量方法，在电池两端接入放电负载，测量电池在放电过程的电压变化。

2.4 网络化综合参数监测

蓄电池参数的准确测试为用户的维护带来可靠的依据，性能良好的蓄电池参数的变化在一定时间范围内是稳定的，连续的数据监测、分析就变为很有意义了，这对于分析蓄电池的工作状况及电源系统的状态、性能将有很大的帮助。随着社会的发展及生产技术的发展，人们对能源、通讯的质量要求越来越高，蓄电池的使用数量将急剧加大，对蓄电池的性能要求也更加严格，蓄电池设备的运行管理的难度、工作量随之增大。

另外，现代计算机技术的飞速发展和网络技术的进步、应用，改变了人类的工作和生活，信息的加工和传播速度在不断地加快。因此，网络化综合参数检测是蓄电池监测的发展趋势。

网络化的监测系统可以远程对蓄电池运行过程中的各类综合参数进行有效的监测、处理、记录，对蓄电池的综合参数的分析，更利于运行维护人员有针对性地对网络内的蓄电池进行分析、调配、维护，对蓄电池的维护工作的制定及实施将带来质的飞跃。

围绕在网络环境下的知识工程新模式，蓄电池测试技术的知识表示、存储、组织、管理、数据共享机制得到了很好的运用，系统的可维护和性能提高也将变为简单、低廉。

目前网络技术的在电池监控的应用模式主要有：

- 1) 通过网络实现远程监控；
- 2) 通过网络实现集中监控。

现在，国内外很多通讯、电力、企业实施了动力环境集中监控系统，动力环境集中监控系统在系统的网络性、数据的实时性以及系统的功能上都有很大的优势。

将蓄电池综合参数检测系统同动力环境集中监控系统融合在一起也是目前的一种趋势。

下面是蓄电池监测的一个网络化图例

目前的电信网动力环境集中监控系统采用分布式计算机技术，多级监控中心自下而上逐级以星形结构汇接而成，最低监控级与被监控设备相连，实现了分散监控、分级集中管理的功能。

监控网是依赖于公用网而建设的，根据公用网的运行维护管理结构，动力环境监控网的组网原则如下：地市级及以上本地网中心设置一个监控中心（SC）；

监控中心下设数个县（区）监控站（SS）；

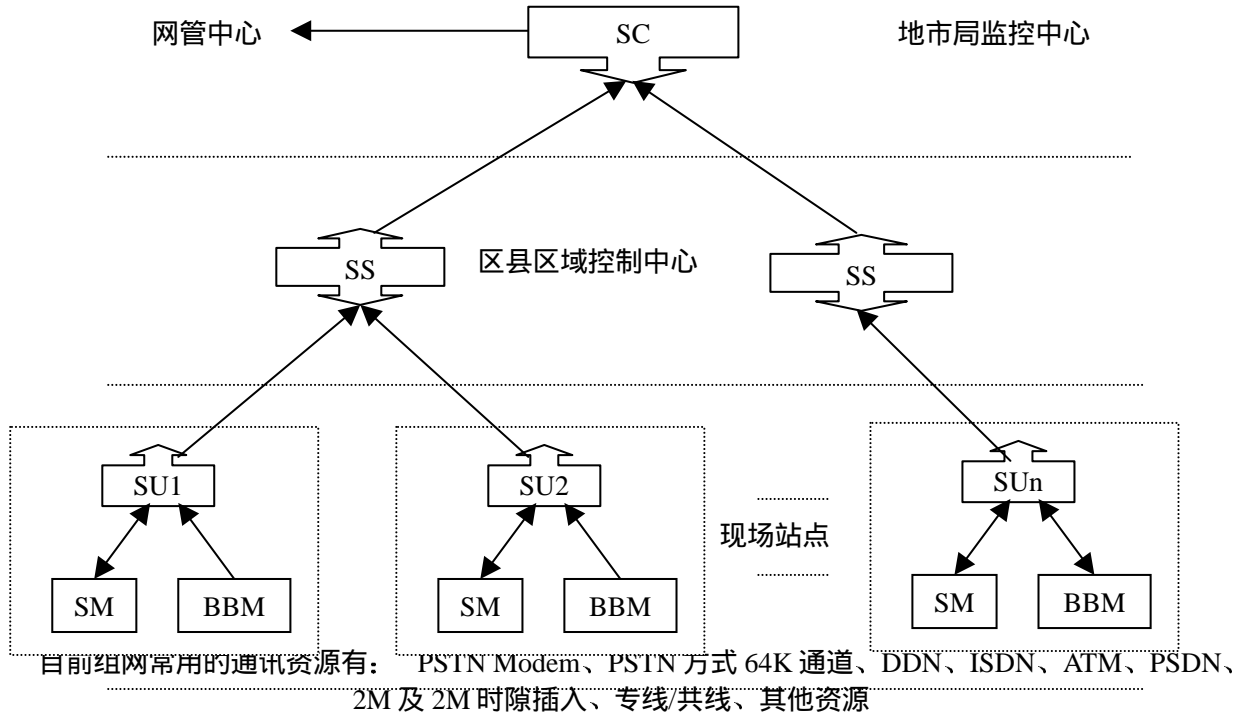
监控站（SS）下设数个通信端局（站）监控单元（SU）；

各通信局（站）可根据监控参数的具体情况，配置数个监控模块（SM），其他更小的通信局站的 SM 可纳入通信局站的 SU，根据上述组网原则，可得出监控网的结构如图 3-11。所示。1 个通信局（站）原则上只配置 1 个监控单元（SU），这样如果从端局算起，监控网将分为 3 级，即 SU、SS、SC。这是一个通常的或称标准的结构，对于这种标准结构，在某些较为特殊的情况中，网络可以进行变化，衍生出各种变形。将标准网络中的 SS 级略去，整个网络只由监控中心与局站监控单元组成，数据直接由局站上传监控中心，网

络为 2 级结构。

电池监测模块（BMM）是底层监控模块（SM）之一，自动采集电池组和每个单电池的数据。BMM 与 SU 通讯连接，逐级向上传送数据。

现行的通讯电源与环境集中监控系统要求对电池组进行监测，主要包括电池组电压、每只电池的电压、若干点温度、电流数据。



2.5 手工检测与在线监测的比较

	比较内容	手工检测	在线监测
1	浮充电压	定期检查，可能在两次测量间隔时间内出现充电机输出异常。	连续监测，随时发现异常。
2	内 阻	操作困难，电池的摆放和连接可能影响测量夹具的接入。测量值可能包括连接电阻，因而每次测量的数值波动较大。手持测试仪在测量大容量电池时的误差很难满足分析的要求。	在线测量，系统在安装后即不受电池摆放和连接的影响。测量值是电池的准确内阻，数值稳定。
3	放电性能	因为停电时间不确定，很难捕捉停电后放电的电池数据。人为放电时容易造成个别电池过放电。	在线测量，能够捕获放电全部数据。发现容量最小的电池，在放电电压下限点结束放电。
4	数据分析	数据分析需要计算和专业知识	自动计算 综合分析 与初始数据对比 事件产生和管理
5	网络化综合参数监测		容易实现远程监控和无人值守 对蓄电池的管理、维护提供更科学的方式

总之，阀控铅酸蓄电池的充放电是一个复杂的电化学反应，引起蓄电池失效的原因很多，了解阀控铅酸蓄电池的工作原理和失效机理，科学、合理地对待阀控铅酸蓄电池进行监测与维护，在安全生产和经济效益上有很重要的意义。

蓄电池综合参数的在线监测管理的运用，可以使维护人员的工作从烦琐的巡检工作变为对蓄电池的性能维护，蓄电池的维护方式从目前的被动方式转到主动方式，在管理上有质的飞跃。

蓄电池在线监测系统可以监测蓄电池的各类工作状态，对于不合理的工况能作出相应报警，避免了对蓄电池的伤害，延长蓄电池的使用寿命。

蓄电池在线监测系统可以监测蓄电池的性能，对于个别性能落后的蓄电池能及时发现，避免了因个别蓄电池性能落后引起电池组连锁损坏。

蓄电池在线监测系统可以监测蓄电池的性能，避免了盲目更换蓄电池造成的浪费。

目前蓄电池厂商生产、销售的蓄电池，由于各种原因，其质量和性能有很大的差异，完善的蓄电池检测手段，可以避免采购到性能低劣的蓄电池。