

通信设备测试方法丛书

通信电源设备测试方法

铁道部电务局 主编

中国铁道出版社

1985年·北京

前 言

为适应铁路通信设备维修测试的需要，根据铁道部(81)电通字34号文件《关于贯彻执行铁路通信技术维护规则的意见和要求》，按照《铁路通信技术维护规则》中的技术标准要求，编写了“通信设备测试方法丛书”。这套丛书按专业划分为通信线路、长途通信、地区通信、铁路专用通信、电报通信、通信电源六部分。由于通信设备种类、型号繁多，本丛书仅着重介绍基本测试方法，供从事通信工作的工程技术人员和工人在日常维修测试中使用。

本书为《通信电源设备测试方法》，由李长庚同志执笔，章守庆同志审核，哈尔滨、沈阳、北京、上海等铁路局以及铁道部直属通信处的有关同志也参与了原稿的讨论，并提出了修改意见。由于编者经验不足，水平有限，书中难免有不足和错误之处，请广大读者在实践中提出改进意见。

铁道部电务局

一九八四年六月

内 容 简 介

本书为《通信设备测试方法丛书》中的一册，主要介绍铁路通信电源设备的测试方法。书中除介绍了基本测试方法外，还对测试结果的计算给予了较为详细的说明，并附有例题。

本书共分三章，内容包括：铅蓄电池、整流器、直流配电屏及其他项目的测试方法。

本书供从事通信电源维护工作的技术人员和工人在日常工作中使用。

通信设备测试方法丛书

通信电源设备测试方法

铁道部电务局 主编

中国铁道出版社出版

责任编辑 郝晓英 黄成士 封面设计 翟达

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：2.625 字数：57 千

1985年5月 第1版第1次印刷

印数：0001—10,000 册 定价：0.40 元

目 录

第一章 铅蓄电池测试方法.....	1
一、 电解液比重测试.....	2
二、 容量测试.....	5
三、 安时效率测试.....	10
四、 自放电量测试.....	11
五、 对地绝缘电阻测试.....	12
六、 蓄电池内阻测试.....	15
七、 镉电极试验.....	17
第二章 整流器测试方法.....	20
一、 整流元件电流测试.....	20
二、 自动稳压性能测试.....	24
三、 自动稳流性能测试.....	27
四、 手动调压范围测试.....	29
五、 限流性能测试.....	31
六、 手动时过流保护性能测试.....	33
七、 自动稳压时过压保护性能测试.....	34
八、 自动稳流或手动时过压保护性能测试.....	35
九、 交流电源缺相保护性能试验.....	36
十、 主变压器等器件温升测试.....	37
十一、 硅元件温升测试.....	39
十二、 绝缘电阻测试.....	40
十三、 整机效率测试.....	42
第三章 直流配电屏及其他项目测试方法.....	46

一、	直流配电屏高低电压告警测试·····	46
二、	自动串甩降压元件测试·····	48
三、	降压元件压降测试·····	51
四、	仪表校对·····	52
五、	供电回路电压降测试·····	60
六、	杂音电压测试·····	62
七、	接地电阻测试·····	64
八、	纯水检验·····	66

附 录·····	72
----------	----

附录一	蓄电池对地绝缘电阻计算公式的推导·····	72
附录二	鉴别三相交流电相序的方法·····	73
附录三	各种整流电路的有关参考数据·····	74
附录四	测试使用的仪表·····	76

第一章 铅蓄电池测试方法

为了确保通信电源的可靠性，在通信电源中装设铅蓄电池（以下简称蓄电池）已成为保证不间断供电的必要措施。所以，蓄电池已成为通信电源设备中不可缺少的组成部分。

现用的蓄电池多为固定型开口式，其极板型式多为涂浆式或玻璃纤维管式。开口式蓄电池存在许多不足之处，正逐渐被封闭式蓄电池所代替。封闭式蓄电池在充电时没有酸雾析出，不但改善了劳动条件，而且减少了电解液的损耗。具有更多优点的消氢电池也已投入生产。目前，有关单位正在研制一种长寿命的蓄电池，其使用年限可达50~100年。

现用的蓄电池一般使用年限为十年左右，因此，如何经济合理地设置、使用蓄电池，一直是大家十分关心的问题，并为此作出了许多努力。如装设蓄电池时，在保证不间断供电的前提下，考虑尽量减小蓄电池的容量，并把过去设置多种电压的蓄电池组，改变为只设置24V及60V两种电压的蓄电池组，以此作为基本电源。通信设备所需要的其他各种电压的电源，均由变换器供给。电源室在运用中也采用了浮充制，使蓄电池经常处于饱满状态以备用，这样既可以在市电停电时保证不间断供电，又可以延长蓄电池的使用年限。为了更好地运用蓄电池，目前有些单位正在试验低压恒压充电法。

为了检验使用中蓄电池的质量状况，以便不断改进维修方法，延长蓄电池使用年限，对蓄电池进行定期测试是非常必要的。本章将介绍蓄电池维修中需测试的项目和方法。

一、电解液比重测试

(一) 目的：电解液的重量和同体积的纯水在 4°C 时的重量相比所得的比值，称为电解液的比重。它随着蓄电池运用中电解液温度的变化和充放电程度而改变，是考核蓄电池充放电是否正常的标准之一。通过测试电解液比重，可以了解蓄电池充放电的程度。

电解液的温度是换算电解液比重的必要数据，也是判断蓄电池是否存在故障的依据，因此，在测试电解液比重时，应同时测量电解液的温度。对环境温度也应作出记录，以备参考。

(二) 标准：开口式蓄电池在充电终期及浮充运用时，电解液比重应为 $1.210 \sim 1.215 (15^{\circ}\text{C})$ （厂家特殊规定者除外）；封闭式蓄电池的电解液比重以厂家规定为准。

(三) 测试方法

1. 测试开口式蓄电池电解液的比重时，多用浮式比重计，如图 1-1 (a) 所示。测读方法是：把浮式比重计浸在电解液中，使其自由地垂直漂浮静止后，将眼睛与电解液表面处于同一水

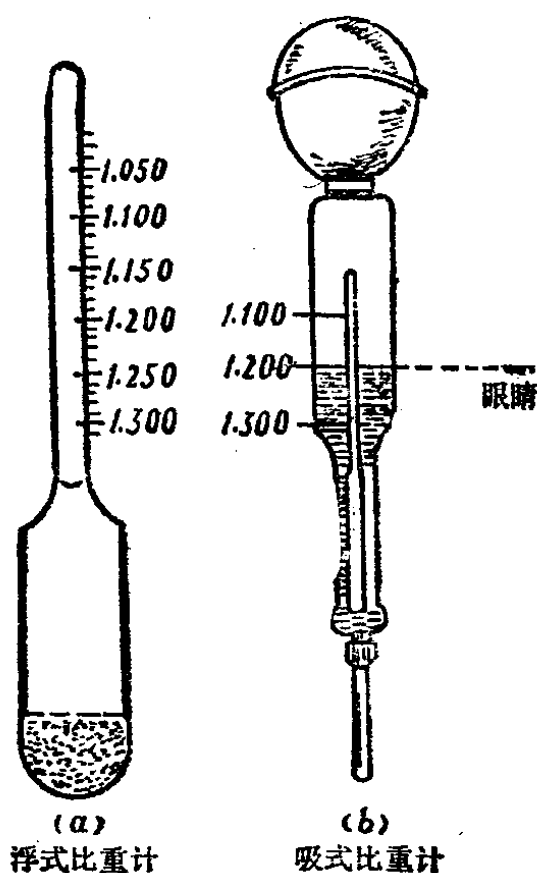


图 1-1

平面上，如图 1-1 (b) 所示。读数时应略去因液面张力而引起的表面扭曲。读取的数值，即为电解液温度为 $t^{\circ}\text{C}$ 时的

电解液的比重。

2. 测试封闭式蓄电池电解液的比重时，多用吸式比重计，如图 1-1 (b) 所示。把电解液吸入吸管内，读数方法同上。

吸式比重计的刻度不易辨读，为了使测试结果更准确，可用抽子把电解液从封闭式电池中抽出，注入量筒内，再用浮式比重计测试。

在封闭式蓄电池内装有的指针式或标示球式比重计，测量误差较大，一般多不使用。

3. 测量电解液温度时，将温度计置于电解液中，待到温度计的指示不再变化时，读取温度计的读数，即为电解液的实际温度。

(四) 计算：测得的电解液比重，只有换算成规定温度下的比重，才能与标准进行比较。换算公式为

$$d_{15} = d_t + \alpha(t - 15)$$

式中 d_{15} ——换算成 15°C 时的电解液比重；

d_t ——实际测得电解液在 $t^\circ\text{C}$ 时的比重；

α ——温度系数（查表 1-1），它随比重的不同而异，一般采用平均值 0.0007；

t ——电解液的实测温度。

【例 1】在 10°C 时测得电解液比重为 1.220，换算成 15°C 时的电解液比重为多少？

【解】查表 1-1 得知 $\alpha = 0.0007$

$$\begin{aligned} d_{15} &= 1.220 + 0.0007(10 - 15) \\ &= 1.220 + 0.0007 \times (-5) \\ &= 1.220 - 0.0035 = 1.216 \end{aligned}$$

【例 2】调配电解液后测得温度为 35°C，测得比重为 1.195，问 15°C 时的比重是多少？

电解液温度系数表

表 1 - 1

比 重 (d_{15})	比 重 (d_{25})	温度系数 α	比 重 (d_{15})	比 重 (d_{25})	温度系数 α
1.000	1.000	—	1.320	1.315	0.00076
1.010	1.009	0.00018	1.330	1.325	0.00076
1.020	1.019	0.00022	1.340	1.335	0.00076
1.030	1.029	0.00026	1.350	1.345	0.00077
1.040	1.039	0.00029	1.360	1.355	0.00077
1.050	1.049	0.00033	1.370	1.365	0.00078
1.060	1.058	0.00036	1.380	1.375	0.00078
1.070	1.068	0.00040	1.390	1.385	0.00079
1.080	1.078	0.00043	1.400	1.395	0.00079
1.090	1.088	0.00046	1.410	1.405	0.00080
1.100	1.097	0.00048	1.420	1.415	0.00080
1.110	1.107	0.00051	1.430	1.425	0.00081
1.120	1.117	0.00053	1.440	1.435	0.00081
1.130	1.127	0.00055	1.450	1.445	0.00082
1.140	1.137	0.00058	1.460	1.455	0.00083
1.150	1.146	0.00060	1.470	1.465	0.00083
1.160	1.156	0.00062	1.480	1.475	0.00084
1.170	1.166	0.00063	1.490	1.485	0.00085
1.180	1.176	0.00065	1.500	1.495	0.00085
1.190	1.186	0.00066	1.510	1.505	0.00086
1.200	1.196	0.00068	1.520	1.515	0.00087
1.210	1.206	0.00069	1.530	1.525	0.00087
1.220	1.216	0.00070	1.540	1.535	0.00088
1.230	1.225	0.00071	1.550	1.545	0.00089
1.240	1.235	0.00072	1.560	1.554	0.00089
1.250	1.245	0.00072	1.570	1.564	0.00090
1.260	1.255	0.00073	1.580	1.574	0.00091
1.270	1.265	0.00073	1.590	1.584	0.00091
1.280	1.275	0.00074	1.600	1.594	0.00092
1.290	1.285	0.00074	1.610	1.604	0.00093
1.300	1.295	0.00075	1.620	1.614	0.00093
1.310	1.305	0.00075	1.630	1.624	0.00094

续上表

比 重 (d_{15})	比 重 (d_{25})	温度系数 α	比 重 (d_{15})	比 重 (d_{25})	温度系数 α
1.640	1.634	0.00095	1.750	1.743	0.00107
1.650	1.644	0.00095	1.760	1.753	0.00109
1.660	1.654	0.00096	1.770	1.763	0.00110
1.670	1.664	0.00097	1.780	1.773	0.00110
1.680	1.674	0.00098	1.790	1.783	0.00111
1.690	1.684	0.00099	1.800	1.793	0.00113
1.700	1.694	0.00100	1.810	1.803	0.00109
1.710	1.704	0.00101	1.820	1.813	0.00108
1.720	1.713	0.00102	1.830	1.823	0.00106
1.730	1.723	0.00103	1.835	—	0.00105
1.740	1.733	0.00105	1.840	1.834	0.00103

【解】查表 1 - 1 得知 $\alpha=0.00067$

$$\begin{aligned}d_{15} &= 1.195 + 0.00067(35 - 15) \\ &= 1.195 + 0.00067 \times 20 \\ &= 1.195 + 0.0134 = 1.208\end{aligned}$$

二、容 量 测 试

(一) 目的：蓄电池是一种消耗性设备，其容量根据不同的运用方式将随着使用时间的延长而逐渐下降，蓄电池实际使用年限的长短与极板型式和维修管理有着极为密切的关系。通过容量测试可以了解蓄电池在标准液温和正常放电率电流情况下，当端电压、比重下降到规定值时所能放出的实有容量，做到心中有数，以便针对运用维修中存在的问题，提出改进措施，延长蓄电池使用寿命。

(二) 标准：不同运用方式和不同使用年限蓄电池的容量利用率列于表 1 - 2。

不同运用方式和使用年限的容量利用率表 表 1 - 2

容量利 用率 运用方式	使用 年限			
	1 ~ 5 年	6 ~ 10 年	6 ~ 8 年	11 ~ 15 年
全浮充制	90 %	70 %	—	60 %
半浮充制	80 %	—	60 %	—

(三) 测试方法

1. 放电负载的选择：第一种选择是连接人工负载，即采用铸铁或电阻丝做成的变阻器。无以上器件时，亦可用水电阻代替。水电阻的缺点是电流不够稳定，影响测试的准确性。放电试验应以换算成现测液温 $t^{\circ}\text{C}$ 时的前一次测量的实有容量（新电池可按额定容量，经大修后减容的电池可按减容后的容量）的10小时率电流放电，以防止放电电流过大而损伤电池。使用人工负载进行测试的目的在于侧重掌握蓄电池实际容量。第二种选择是以实际负载进行测试，其目的侧重于考核蓄电池在实际负载电流下所能放电的时间。一般情况下，本项测试均采用人工负载。但无论使用哪种负载，都必须严格注意防止过放电。

2. 准备工作, 准备0.5级直流电流表和直流电压表各1只，使用前要进行一般检查校对；检查和消除有故障的电池，使被测蓄电池组在容量测试前处于充电饱满状态，准备好能通过相应电流的刀闸开关、导线及作为负载用的变阻器，按图 1 - 2 进行接线。

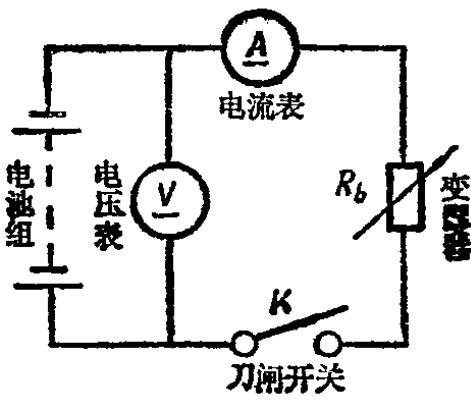


图 1 - 2

3. 放电过程的测试与放电终期的掌握: 放电开始前, 逐槽测量和记录电池端电压、比重及液温, 同时记录放电开始时间及室内温度, 合闸后调整变阻器, 使放电电流达到规定的要求, 并尽量保持稳定, 记录全组蓄电池的总电压和放电电流。以后每隔1h (小时) 测量记录上述各数据一次。在放电接近终期时, 因端电压下降较快, 必须不断巡回测量, 以防止过放电。

蓄电池放电终期的特征表现如下:

(1) 端电压已降到临近终期电压, 如表 1-3 所示(或根据说明书的规定);

(2) 比重较放电开始时下降了 $0.03 \sim 0.06$, 且低于 $1.170(15^{\circ}\text{C})$ (或根据厂家说明书的规定);

(3) 正极板的颜色由深褐色变成棕色, 负极板的颜色由浅灰色变成深灰色;

(4) 蓄电池放出的容量, 已接近实测温度下10小时率放电电流时的实有容量;

(5) 用镉电极试验时, 测得正镉极电压大于 2V , 负镉极电压小于 0.2V 。

在容量测试过程中, 只要电池组中有一只蓄电池符合放电终期特征之一时, 即认为达到放电终期。此时, 应立即停止放电, 并记录停止放电时间。如在放电终期前发现有故障电池时, 亦应停止测试, 待排除故障后, 重新测试。

4. 绘制放电特性曲线

(1) 放电电流随时间变化的特性曲线;

(2) 电池组电压随时间变化的特性曲线;

(3) 标示电池的端电压、比重及液温随放电时间变化的特性曲线。

(四) 计算: 蓄电池放电容量, 随着放电电流的大小和

液温的高低而变化，不同放电电流与蓄电池容量的关系参阅表 1-3；电解液温度与蓄电池容量的关系参阅表 1-4。

不同放电电流的容量和在不同极板型
式下放电终期电压的关系表 表 1-3

放 电 小时率	电池容量(%) (额定容量 的百分数)	放电电流(%) (电池容量 的百分数)	放电终期端电压 (V)		
			形成式或 半形成式	涂浆式	玻璃纤 维管式
10	100	10	1.86	1.83	1.80
7.5	93	12.4	1.85	1.80	1.80
5	83.3	16.66	1.84	1.76	1.75
3	75	25	1.82	1.74	1.70
2	61.1	30.55	—	—	1.65
1	51.4	51.4	1.75	1.68	1.60

由于我们规定测量蓄电池的容量是在前一次放电的实有容量的基础上进行的，所以在放电前应首先查出前一次放电的实有容量（25℃）作为参考。并根据现测液温 $t^{\circ}\text{C}$ ，从表 1-4 中查出 $t^{\circ}\text{C}$ 时电池容量的百分数，把前一次放电的实有容量（25℃）换算成 $t^{\circ}\text{C}$ 时的容量。换算公式如下：

$$Q_t = Q_N \times t^{\circ}\text{C时电池容量的百分数}$$

式中 Q_t ——上次放电实有容量（25℃）换算成 $t^{\circ}\text{C}$ 时的容量；

Q_N ——前一次放电的实有容量（25℃）（或新电池的额定容量）。

把换算后的电池容量 Q_t 作为本次测试容量的标准。如在测试中放出容量超过此值，即认为是过放电。

由于一般将液温为25℃的电池容量视为100%，因此，在考核电池实有容量时，应把在 $t^{\circ}\text{C}$ 时测得的电池容量 $Q_{t\text{测}}$ ，

电解液温度与蓄电池容量关系表 表 1 - 4

电解液温度 (°C)	额定容量的百分数 (%)	备 注
40	107.5	按规定液温高于25℃时，实际放电容量应不大于额定容量的100%
35	106	
30	103	
25	100	
22.5	98	
20	96	
17.5	93.5	
15	91	
12.5	88	
10	85	
7.5	82	
5	78	
2.5	75	按电池室内温度规定，蓄电池工作温度应不低于5℃
0	72	
-5	65	
-10	58	
-15	50	比重在1.160~1.210范围内，液温低于-15~-25℃时，蓄电池将因硫酸溶液结冰而工作失效。
-20	42.5	
-25	34	

换算成在25°C标准温度时的实有容量 Q_{25} ，换算公式为

$$Q_{25} = \frac{Q_{t\text{测}}}{t^{\circ}\text{C时电池容量的百分数}}$$

在容量测试时，为防止放电电流过大而损伤电池，规定将现测液温 $t^{\circ}\text{C}$ 时电池容量的10小时率电流作为放电电流。但在计算电池的容量利用率时，应以实有容量 Q_{25} 与额定容量 $Q_{\text{额定}}$ 的百分比计算，即

$$\text{容量利用率} = \frac{Q_{25}}{Q_{\text{额定}}} \times 100\%$$

【例】一组电池额定容量为720Ah（安时），前一次放电容量为700Ah（25℃），现测得液温为15℃，本次放电容量为600Ah，问电池在15℃时容量应为多少？本次放电的实有容量为多少？容量利用率为多少？

【解】查表1-4得知，15℃时电池容量为额定容量的91%。

$Q_1 = Q_{15} = 700 \times 91\% = 637\text{Ah}$ （作为确定本次测试应放出的容量和放电电流的依据）

$$Q_{25} = \frac{600}{0.91} = 659\text{Ah} \text{（作为下一次容量测试的参考）}$$

$$\text{容量利用率} = \frac{659}{720} \times 100\% = 91.5\%$$

三、安时效率测试

（一）目的：蓄电池的安时效率是指蓄电池放出电量占充电量的百分比，它是衡量蓄电池维护质量，检验运用是否合理的一项重要指标。最佳的安时效率，不但意味着节省电力，而且也是防止过充过放，延长蓄电池寿命的保证。由于目前普遍采用全浮充制的供电方式，对蓄电池很少进行充放电，故维修中没有对此项测试提出具体要求，除在必要时单独进行测试外，一般应结合蓄电池容量测试同时进行。

（二）标准：安时效率一般应在84~93%范围之内。

（三）测试方法：安时效率的测试，实际上是对蓄电池进行10小时率充放电的一次周期性试验。因此，和容量测试一样，在充放电过程中应详细记录充放电的电流和起止时间，并严格按照充放电终期的特征，及时判别蓄电池的充放电终期。当达到终期时，应立即停止充电或放电，防止由于测试误差影响计算的准确性。安时效率低时应查找原因，采

取措施。也要防止一味追求高效率，造成过放电或充电不足的现象。

(四) 计算：根据记录的电流和时间，即可求出安时效率(η_{Ah})值。计算公式为

$$\eta_{Ah} = \frac{Q_{放}}{Q_{充}} \times 100\% = \frac{I_{放} \cdot T_{放}}{I_{充} \cdot T_{充}} \times 100\%$$

式中 $Q_{放}$ 、 $Q_{充}$ ——分别为放电量和充电量；

$I_{放}$ 、 $T_{放}$ ——放电电流(A)和放电时间(h)；

$I_{充}$ 、 $T_{充}$ ——充电电流(A)和充电时间(h)。

四、自放电量测试

(一) 目的：由于电解液中的杂质、极板本身的局部电位差等原因，无论蓄电池是否工作，其内部都有放电的现象，无益地消耗着电能。此种现象称为自放电作用，亦称局部放电作用。自放电量测试就是检验蓄电池组在搁置一定时间后的容量损失。在高温和长久搁置时，容量损失较大；在正常使用时，容量损失较小，可以忽略不计。故本测试在维修中不是必须定期测试的项目，只有在认为必要时才进行测试。

(二) 标准：蓄电池充电饱满并搁置7昼夜后，容量损失不得超过搁置前两次放电平均容量的10%。

(三) 测试方法

1. 将被测蓄电池充电饱满并搁置1~2h，用实有容量的10小时率电流放电，并计算出放电容量。上述放电按规定应进行两次，取两次放出容量的平均值，作为蓄电池的最初容量 Q_1 （折合到25°C时）。

2. 对放电后的蓄电池进行充电，在充电终了后，应彻底清扫干净，搁置7昼夜。再用10小时率电流放电，算出搁

置后所能放出的最终容量 Q_2 (折合到 25°C)。

(四) 计算: 蓄电池搁置时间内容量损失的百分数 L_0 为

$$L_0 = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \times 100\%$$

五、对地绝缘电阻测试

(一) 目的: 了解蓄电池组对地绝缘程度, 以便在维修工作中注意采取措施, 提高蓄电池组的对地绝缘程度, 把蓄电池组正极和负极通过大地径路而造成的电能的无益损耗, 降低到允许的程度。

(二) 标准: 不同电压的蓄电池组对地绝缘电阻要求如表 1-5 所示。

蓄电池组对地绝缘电阻标准 表 1-5

蓄电池组电压 (V)	24	60	130
对地绝缘电阻 (kΩ)	≥10	≥100	≥400

(三) 测试方法: 先将被测蓄电池组脱离负载, 然后再断开蓄电池组的接地线和蓄电池组至配电屏间的导线, 即可在蓄电池组的正负极的端子上, 用电流表法或电压表法进行测量。如果连同蓄电池组至配电屏间的导线进行测量时, 测量的结果包括了蓄电池和导线两部分的对地绝缘电阻, 在这样的条件下如果测量结果不合格, 只有把导线断开, 才能确定绝缘不良的部位。

1. 电流表法: 接线如图 1-3 所示。按图 1-3 (a) 测得电池组正极对地电流 I_+ , 按图 1-3 (b) 测得电池组负极对地电流 I_- , 再按图 1-3 (c) 测得蓄电池组的开路电压 E , 并作出记录。在测量电池组对地电流时, 为了防止烧坏毫安