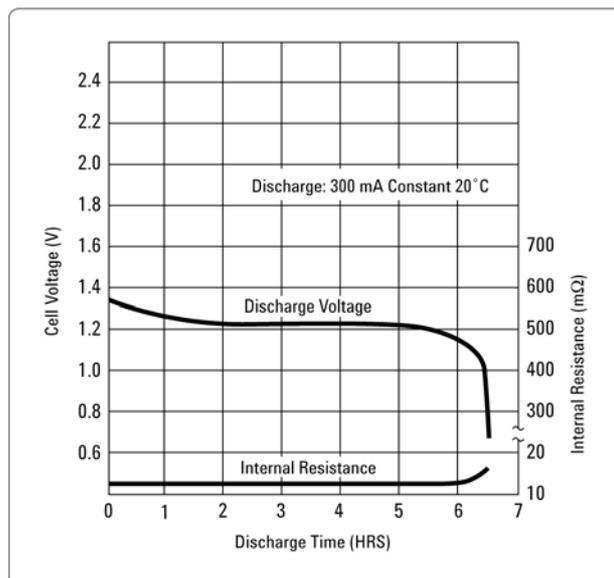


Agilent AN 372-2 电池测试

应用指南

可用电子负载给各种化学电池放电，
以确定实际容量，容量残留和内阻。



Agilent Technologies

引言

由于电池和马达设计技术的进步，人们对便携式直流电源提出了越来越高的要求。用电池供电的便携式产品进入了各种各样的应用领域。可充电电池出现在从电子分析仪器到电动工具和玩具的所有类型产品中。不同的应用对直流电源有不同的要求。幸而许多化学电池能适应众多的应用需要。表 1 列出了一些电池类型及其优点。无论是在

研发还是在生产环境测试电池，对各类电池的测试要求是基本一致的。图 1 是常用的测试配置。一般来说，为确定某些技术指标，电池测试包括在一段时间内对电池放电。本应用指南集中讲述二次电池的测试，因为它们需要包括放电在内的附加测试。特别对镍镉电池作了详细讨论，因为它是今天各种重要应用中最通用的二次电池之一。

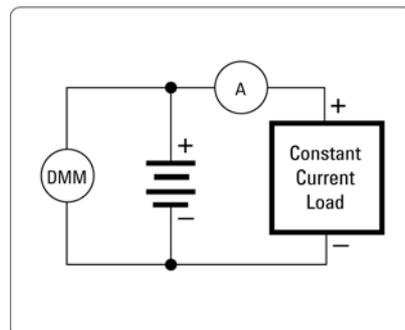


图 1. 一般测试配置

表 1. 不同类型电池的特性和应用

	镍镉电池	酸性胶质电池	锂电池	碳锌电池	碱性电池	银氧化物电池	汞氧化物电池
电压 / 电池	1.2	2.0	1.5 -1	1.5	1.5	1.5	1.4
应用	便携式设备， 可充电	后备服务， 可充电	存储器后备 起搏器 电子门锁 应急位置发送器	一般应用	好的通用 电池	用于手表和 助听器的 钮扣电池	用于手表和 助听器的 钮扣电池
充电方法	CC	CV,浮置充电	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
循环寿命	500 次以上	200 次	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
寿命 (充电后)	3 个月 (-2%/天)	1 年	5 至 10 年以上	1 至 5 年	每年损失 5%	每年损失 6%	每年损失 4%
工作温度	20 至 70°C	-20 至 65°C	-55 至 75°C	-5 至 55°C	-30 至 55°C	-20 至 55°C	-10 至 55°C
性能特点	高放电率 快充电率	高容量	平稳放电长寿命 宽温度范围	价格低 斜率放电 能量密度低	能量密度好 斜率放电	平稳放电 单位体积能量 高于汞氧化物电池	平稳放电

应用综述和测试实现

用7项标准测试步骤1验证二次电池的特定电气特性:

1. 额定容量
2. 容量残留
3. 有效内阻
4. -20℃时放电率对容量的影响
5. 23℃时放电率对容量的影响
6. 寿命循环性能
7. 长期过充电

其它杂项测试和步骤还包括电池的放电,如开始电压测试,强制放电测试,定时快充电和卸载定时充电。除非另有规定,大多数电池测试一般只需1%的精度。虽然要求的精度不高,但测试要求高的可重复性。电池特性随温度改变,因此控制和监视温度非常重要,通常要在±2℃以内。需考虑的其它设备要求有:用于二次电池充电的电流源,电压监视器,电流监视器,用于放电电流的负载,以及定时装置。有关测试设备的详细信息,见本应用指南后面的“测试设备要求”部分。

应注意当电池温升超过周围环境5℃时,需采取辅助冷却措施,以防止电池因温升造成性能下降。

额定容量

额定容量是电池性能的主要度量。额定容量是在加速测试中达到接近于电池典型使用时的容量。在固定温度下完全充电电池的容量定义为额定放电电流(以A为单位)与达到规定最小终止电压(以V为单位)的放电时间(以hr为单位)之

积。如图2所示。当电池到达称为“放电终结电压(EODV)”的规定最小电压时,即被认为已完全放电。镍镉电池的EODV典型值为1.1至0.9V。

术语C或C率用于定义放电电流率(以A为单位),它在数值上等于额定容量,并以安时表示。术语1C被定义为电池能在1小时周期内提供额定电流的放电率。

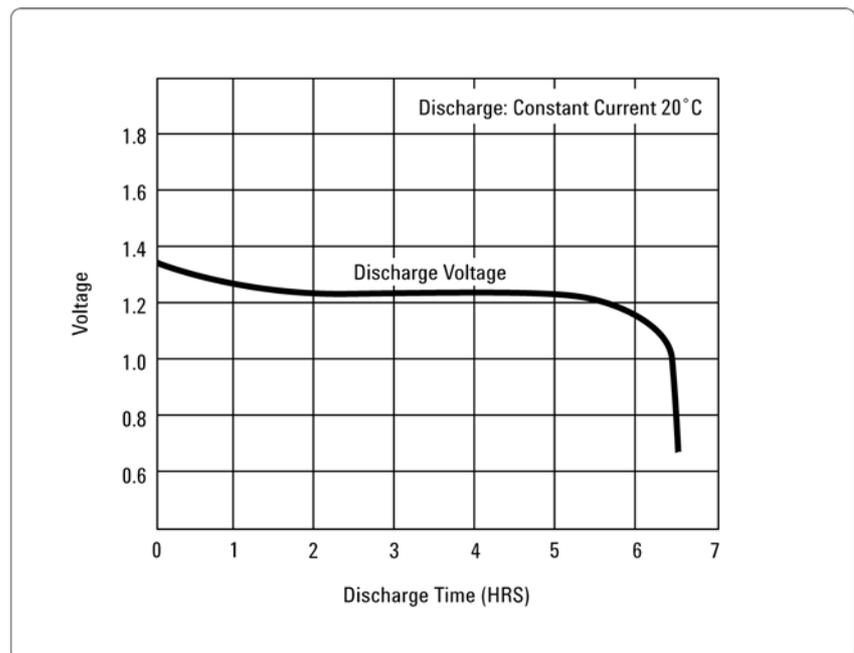


图 2. 典型放电曲线

1. 按美国国家标准 ANSI@ C18.2-1984 规定

容量随放电率变化，如图 3 所示。下面详细讨论放电率测试方法对容量的影响。一般情况下通过较长时间的较低放电率得到较高的总容量值。这对于认识放电率如何影响 C 的确定是重要的，电池制造商必须选定标准放电时间。由于对同样的电池可得到不同的容量值，容量主要由“标准”时间周期确定——5 至 20 小时，C/5 至 C/20 的放电率。因此在容量指标中，要有用于确定容量的 C 率和时间周期。例如容量：450 mAh@ 5 小时放电率。

让电池经过 5 次相继的充电_放电稳定化循环，得到平均容量和最大容量。电池在环境温度 23℃ 下经历包括充电、放电和休息的 5 次稳定化循环。电池在 20 至 24 小时周期内以 C/10 充电，休息 2 至 4 小时，然后以 1C 安培的恒流放电，直到 0.9V 的 EODV。

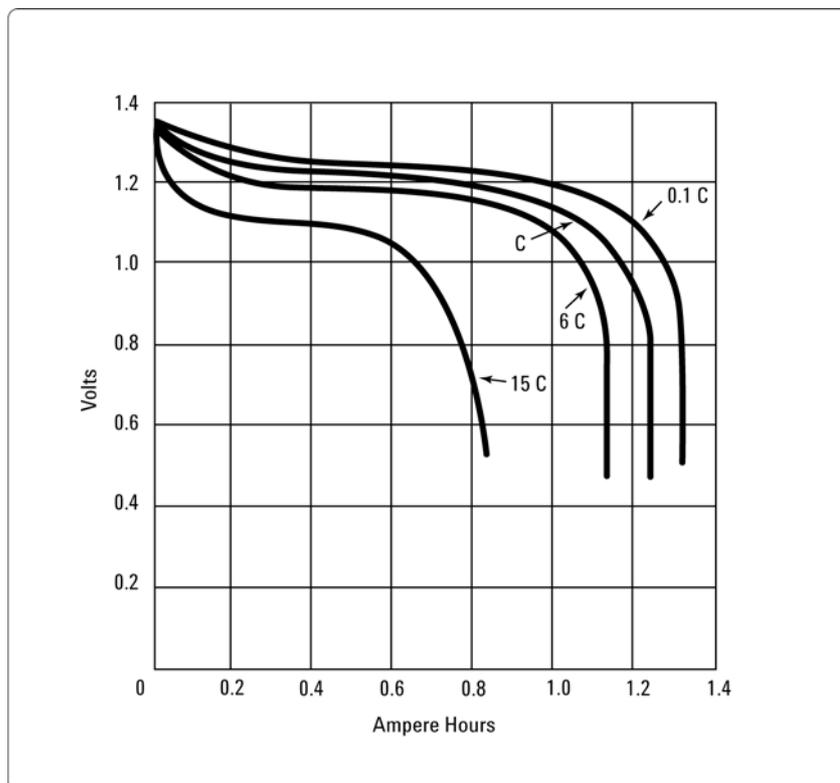


图 3. 放电率对容量的影响

在下面测试中使用的容量值是在第 5 次稳定化周期中得到的值。此外，最后 3 次循环中得到的容量不得低于于制造商给出的额定容量 (1C)。

容量残留

这项测试表征在规定条件下经过一段长时间后，完全充电电池的容量能保留多少。这一时间有时也称电池的“搁置寿命”。不要把这项测试与表征电池内自发产生内部化学反应的自放电效应相混淆。自放电与电池是否连接至外电路无关。

确定电池有效容量残留比较简单。在容量测量的 5 次循环后，立即把电池完全再充电。然后在规定温度下把电池开路存储一段日子。再以恒定的电流率把它放电到 0.9V 的 EODV。所得到的容量不得低于于电池额定容量的 37%。通常提供 23℃ 至 50℃ 时的搁置寿命天数。

有效内阻

电池阻抗取决于温度、充电状态和负载频率。完全充电电池的有效内阻低于放过电的电池。当电池必须在短时间内供给大电流时，低有效内阻是非常重要的。低温使用和长期存储都会增加电池内阻。镍镉电池有高有效容量，其有效阻抗很低，因此能在以0.01C至0.1C率进行连续“涓流充电”的应用中构成良好的纹波滤波器。下面说明电阻和阻抗测试。

电阻测试

电池必须按上述那样完全充电。额定容量为5Ah或更低的电池在2分钟内以10C放电，然后切换到1C。记录切换前电压和切换后到达的最大电压。在电池两端进行的所有测量要独立于承载电流的触点。

然后计算有效内阻(R_e):

$$R_e = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{V_L - V_H}{I_H - I_L}$$

I_H, V_H = 切换前记录的电流和电压

I_L, V_L = 切换后记录的电流和最大电压

阻抗测试

电池必须按上述那样完全充电。把一台交流电流源 (~1kHz) 接到电池两端。交流电流流过电池，测量其上的电压。阻抗只需按 V/I 计算。能得到相同结果的有趣替代方法是用改变完全充电电池的负载 (~1kHz) 来代替交流电源。

放电率对容量的影响

放电率会影响电池的总容量。重放电率将降低电池的总可用容量。在两个温度进行这项测试：-20°C 和 23°C。电池首先在 23°C 完全充电，然后立即在 -20°C 的环境温度存储 24 小时。再在 -20°C 环境温度以 1C 的恒定电流率放电到 0.8V 的 EODV。以 5C 和 C/5 的放电率重复这一过程。最后在 23°C 时重复至 0.9V EODV 的测试。

对于每 6 次放电循环，制造商按 C1 提供预期的容量值。应避免在低于技术指标条件的温度下充电和放电。

寿命循环性能

寿命循环测试是在真实应用中电池预期性能的度量。寿命循环性能的特征是通过在摹拟“真实使用”条件下动态加载电池，进行如下的 50 次或更多次的充放电循环：电池按前面介绍的步骤进行 5 次稳定化循环。

寿命循环 1 至 48

1. 以 C/10 充电 11 小时 20 分钟
2. 立即以 1C 放电 40 分钟
3. 不休息

寿命循环 49 和 50

1. 以 C/10 充电 20 小时
2. 休息 2 至 4 小时
3. 以 1C 放电至 0.9V EODV

寿命循环重复

按需要重复循环 1 至 50。

循环 50 次的容量应不低于制造商所给的指标。

长期过充电

电池承受过充电的能力由 C/10 恒流对电池的充电确定，或制造商所给的 6 个月、环境温度 23℃ 下的最大过充电率。电池不得有电解液泄漏，或能看到超过标准最大尺寸的电池变形。当以恒流 1C 放电到 0.9V 的 EODV 时，电池容量应等于或大于长期过充电容量指标。

杂项测试

除上面提到的测试外，镍镉电池还需要其它杂项测试。通常包括高速率的充电和 / 或放电。

对于今天采用先进阳极和电池结构，经良好设计的镍镉电池来说，高速率的放电和充电是可能的。镍

镉电池的低内阻可产生高的放电电流。但如果连续在短路条件下放电，电池可能因自热而永久性地损坏。应避免大于 1C 率的连续放电，以避免因内部高压所产生的危险条件。

电池可在低占空比脉冲中承受很高的电流 (>2 C)，并保持内部温度和压力。对任何类型的脉冲放电应用，都很难预测其输出容量，因为存在放电时间、休息时间和 EODV 无穷多的可能组合。像寿命循环测试中那样摹拟真实事件是对用于这类条件的电池进行定量的最好方法。

许多电池都能以达 C/3 的速率在 3 至 5 小时内快速充电，以代替 C/10 率的标准 12 到 15 小时充电。要在受控条件下进行高速率充电，监视温度、电压、压力及这些参数的组合，以保证它们在规范范围内。

有一种快速充电的方法，它在有限时间内以高于规定的最大充电速率对电池充电，此后充电率降到电流小于 C10。这种方法称为“定时快充电”，它实际上是把电荷快速“推入”部分放电的电池，但它也可能使电池永久性地受损，因为充电前不知道电池的未使用容量，而对其过充电。

定时快充电一种更安全的变通方法称为“卸载定时充电”，在电池通过“定时快充电”重新充电前，先把电池完全放电（“卸载”）到它的 EODV。“卸载定时充电”法的优点是知道让电池达到满容量需要注入多少能量；从而消除了过充电的风险。

测试设备要求

最后一项测试称为“强制放电测试”，用于确定电池在特定误用条件下的安全性。这项测试非常危险，因为电池很有可能在测试期间爆炸。测试必须在严格受控条件下，在防爆安全箱中进行，以防止人身伤害。测试包括把电流源与电池串联。极性与常规条件同样方向，或短路电流，如图4所示。现在设置电流源，使合成的电流超过短路电流。这项测试摹拟在可能不止一个源的应用中，电池在电路中错误安装时可能发生的情况。在理想情况下当测试电流近似于实际条件时，电池应能承受应力，并有一定裕量。

从到现在为止的各种不同测试描述，我们能看到对测试设备的一些共同要求。所有测试都需要一个使用恒流的放电周期。由于电池电压因电流的流出而改变，因此简单的电阻器不能实现电流的恒定。需要使用有源装置，例如具有恒流工作模式的电子负载。还应注意由于不同测试需要不同大小的恒定电流，所以您要能按测试要求动态控制电子负载。

由于放电通常需要较长时间，因此使用计算机控制负载的能力是很重要的，如果不能实现自动测试，操作员就要花大量的监守时间。长期测试也带来另一项要求：可靠性。电子负载必须极为可靠，因为如产生故障，就要花很长时间重复进行测试。

在电池测试中，电子负载必须有降到EODV，而不是0V的功能，如图5所示。如果对被测电池的最小负载工作电压高于EODV，有2种可行的替代方案：串联多个堆叠的电池以达到要求的电压（图6），或把电源（具有足够的电压和电流）与电池串联（图7）。用这种方法施加的电源有时被称为“偏置电源”。

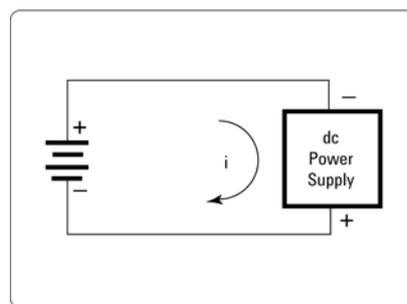


图 4. 强制放电

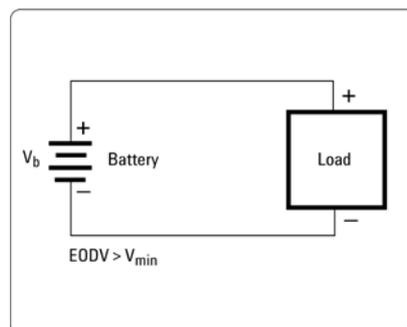


图 5. 简单的电池测试配置

用 Agilent 电子负载进行电池测试

Agilent 电子负载最适于电池测试应用。它们有许多优异的功能,使测试系统易于配置,并提供安全、可靠和可重复的测量。

Agilent N3300A 系列电子负载主机、6060B 和 6063B 单路输入电子负载都有所必需的恒流模式,以及恒阻和恒压模式。它们有提供精确测量的内置电压表和电流表,因此不需要外部仪表,在大多数情况下远远超过通常需要的 0.5-1% 精度。

这些电子负载能从前面板,通过 GPIB 从计算机,或由 0-10V 模拟信号控制。通过改变模拟控制输入(达 10kHz),就能容易地测量电池的有效内阻。这些电子负载有内置的 GPIB 接口,能容易地接到任何支持 GPIB 的计算机上。Agilent 电子负载并不限于在总线上的控制,在总线上还能读回测量的电流、电压、功率和全部状态,使费时的放电测试自动执行。Agilent 电子负载真正提供了“单机”解决方案。

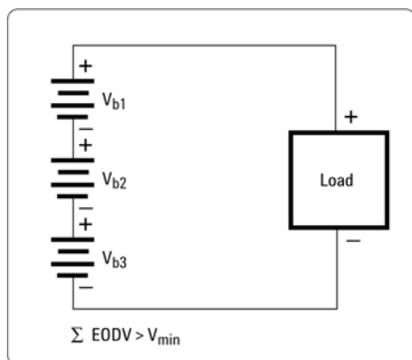


图 6. 电池串联

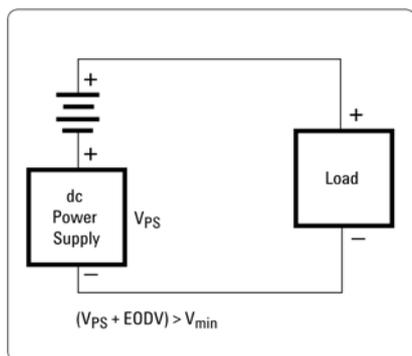


图 7. 使用配置直流电源

第一种替代方案(图 6)需要有扫描测量各串联电池电压的方法,当任何一个电池到达其 EODV 时,测试停止,或通过切换由短路代替该电池。在电池切换出电路时,如果负载具有恒流工作模式,放电电流仍能保持相同。

第二种替代方案(图 7)中使用的电池也许能满足更多的要求,因为定时快充电、卸载定时充电和强制放电测试全都需要直流电源。然后可用恒流电源测试二次电池的安时效率。这一额定值是放电期间提供的安时数与要求恢复到电池初始充电状态所需要安时数之比。

在整个测试期间都要监视电压和电流,因为电池电压会随电池的化学反应和放电率变化。因此需要有电压表和电流表。这些仪表要能受计算机控制,从而在达到 EODV 时暂停测试。如果没有电流表,可把分流器接到二次电池或扫描器上。

用Agilent电子负载能容易地测试降到 0.9V EODV的电池。这些负载保证在 3V 以上达到所有指标要求，直流工作特性更延伸到 3V 以下（见图 8）。图中显示在 0.9V 时，Agilent 6060A 电子负载能可靠地流

过 27A 的电流。这意味着 80Ah 的电池能以 C/3 的放电率放电到 0.9V 的 EODV。对于要求低于图 8 工作曲线 V/I 特性的应用，Agilent 提供可用作偏置电源的全系列直流电源。

Agilent 全功能电子负载有 3 年保修期支持的质量和可靠性。要了解有关电子负载的详细情况，请访问: www.agilent.com/find/power , 或参看最新 Agilent 电源产品样本。

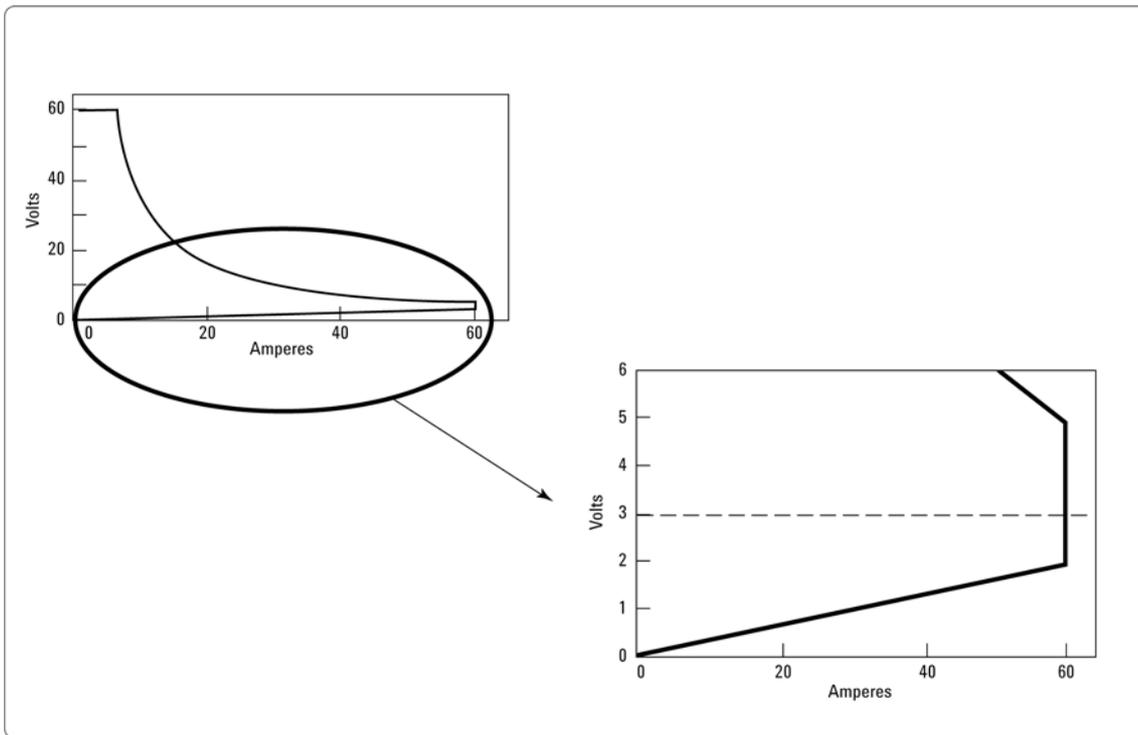


图 8. Agilent 电子负载的工作特性

www.agilent.com

安捷伦测试和测量技术支持、服务和协助

Agilent公司的宗旨是使您获得最大效益，而同时将您的风险和问题减少到最低限度。我们将努力确保您获得的测试和测量能力物有所值，并得到所需要的支持。我们广泛的支持和服务能帮助您选择正确的Agilent产品，并在应用中获得成功。我们所销售的每一类仪器和系统都提供全球保修服务。对于停产的产品，在5年内均可享受技术服务。“我们的承诺”和“用户至上”这两个理念高度概括了Agilent公司的整个技术支持策略。

我们的承诺

我们的承诺意味着Agilent测试和测量设备将符合其广告宣传的性能和功能。在您选择新设备时，我们将向您提供产品信息，包括切合实际的性能指标和经验丰富的测试工程师的实用建议。在您使用Agilent设备时，我们可以验证设备的正常工作，帮助产品投入生产，以及按要求对一些特别的功能免费提供基本的测量协助。此外，还提供一些自助软件。

用户至上

用户至上意味着Agilent公司将提供大量附加的专门测试和测量服务。您可以根据自己的独特技术和商务需要来获得这些服务。通过与我们联系取得有关校准、有偿升级、超过保修期的维修、现场讲解和培训、设计和系统组建、工程计划管理和其它专业服务，使用户能有效地解决问题并取得竞争优势。经验丰富的Agilent工程技术人员能帮助您最大限度地提高生产率，使您在Agilent仪器和系统上的投资有最佳回报，并在产品寿命期内得到可靠的测量精度。

欢迎订阅免费的



安捷伦电子期刊

www.agilent.com/find/emailupdates

得到您所选择的产品和应用的最新信息。

您可以通过 Internet、电话或传真，获得与所有测试测量需求有关的协助。

在线帮助：

www.agilent.com/find/assist

热线电话：800-810-0189

安捷伦科技有限公司总部

地址：北京市朝阳区建国路乙118号
招商局中心4号楼京汇大厦16层
电话：800-810-0189
(010) 65647888
传真：(010) 65647666
邮编：100022

上海分公司

地址：上海西藏中路268号
来福士广场办公楼7层
电话：(021) 23017688
传真：(021) 63403229
邮编：200001

广州分公司

地址：广州市天河北路233号
中信广场66层07-08室
电话：(020) 86685500
传真：(020) 86695074
邮编：510613

成都分公司

地址：成都市下南大街2号
天府绿洲大厦0908-0912室
电话：(028) 86165500
传真：(028) 86165501
邮编：610012

深圳办事处

地址：深圳市深南东路5002号
信兴广场地王商业中心
4912-4915室
电话：(0755) 82465500
传真：(0755) 82460880
邮编：518008

西安办事处

地址：西安市科技二路68号
西安软件园A106室
电话：(029) 87669811
(029) 87669812
传真：(029) 87668710
邮编：710075

安捷伦科技香港有限公司

地址：香港太古城英皇道1111号
太古城中心1座24楼
电话：(852) 31977777
传真：(852) 25069256

本文中的产品规范和说明如有变更，恕不另行通告。

©Agilent Technologies, Inc. 2005

5952-4191CHCN

2005年5月 印于北京



Agilent Technologies