

在开发阶段的节能灯和分体电子镇流器的可靠性试验

基于 AWE2101 功率分析仪的应用

版本: Rev AWE2101-01

日期: 2008 年 2 月 8 日

声明:

本应用笔记中所出现的信息在出版当时相信是正确的, 然而 Aitek 对于本应用笔记的使用不负任何责任。文中提到的应用目的仅仅是用来做说明, Aitek 有权不经通知而更改本应用笔记, 对于此应用笔记所描述的产品是否适合特定用途而不作任何保证、声明和承诺。不承担因应用或使用在任何产品而引起的任何责任; 不承担任何直接损失、附带损失或间接损失的赔偿责任。测量的参数会因不同的应用环境而变化, 所有参数须经客户的技术专家按其应用目的核准后方可生效。

本应用笔记在不改变内容的条件下可以免费拷贝、传阅、或以任何形式的出版、传播而无需经本公司同意。如需引用、改编全部或部分内容则必须经本公司书面同意。

本应用笔记内容如有理解异议, 以爱特应用推广部解释为准。

前言：

在笔者从事仪器仪表设计之前，已从事了将近十年的分体电子镇流器，节能灯、开关电源等的开发设计工作。现在转眼间又是几年过去了，可能有些关于这方面的技术性事项已经忘记或错漏了，凭借记忆，与现在的工作，写成了这篇应用笔记，可能在技术高超的你面前像是鲁班面前弄大斧，请你莫见笑，也可能你正要获得这方面的知识，去解决存在的问题，那我希望这篇文章能起到抛砖引玉的作用。

分体电子镇流器，节能灯简介：

分体电子镇流器和节能灯在上市后不久，因其独有的优势而风靡全球，但也因当时的技术不成熟而恶贯满盈，这些后遗症到今天依然存在，省电不省钱成为它的另类代名词。其实，目前，分体电子镇流器和节能灯的技术是非常成熟的，有经验的电子工程师可以很容易设计出 5000 小时以上寿命的产品。分体电子镇流器和节能灯的工作机理其实是一样的，都是通过将低频交变的输入电压经整流滤波后，变换为频率更高的电压（通常为 20KHz-100KHz）去引燃日光灯管，限制日光灯管电流，维持稳定发光。不同点只是结构上的分别，分体电子镇流器和驱动的灯管是分开的，而节能灯的灯管和其电子镇流器是通过一套塑料壳体组装成一体。纵观现在的电子镇流器线路拓扑，根据不同的性能要求有很多种，例如以振荡方式分可分为自激式和他激式的。自激式的在本文是指开关元件本身就是振荡的主要作用元件，例如用磁环振荡驱动的电子镇流器。他激式是指开关元件无法控制振荡频率，通过其他元件产生振荡，然后推动开关元件工作的拓扑，例如用专用集成电路 L6574、IRS2153 等推动的电子镇流器。安照功率因数修正方式又可以分很多种，如 APFC 方式，泵式，续流式等。不同的线路拓扑会对性能影响很大，在这里不是研究电子镇流器的拓扑，只是有些名词在文中会用到，而且不同的线路拓扑在可靠性试验时注意的重点会略有差异，现预先和读者通报，以免突然出现会感到陌生。

分体电子镇流器，节能灯的可靠性试验项目

由于分体电子镇流器和节能灯工作电压高，并且在工作中会发热，尤其是节能灯，其电子镇流器线路和日光灯管是紧凑的，会引出一种技术性问题，就是灯管的热量会通过对流和辐射的形式传给电子镇流器，让电子镇流器的部件温度更高，严重影响了镇流器的寿命，因为影响节能灯寿命的最大关键因数是整流滤波用的电解电容寿命和灯管的启动寿命，其中温度对电解电容的寿命影响很大。这热量也影响了质量，令其他的元器件工作在安全工作区的边缘。为了验证产品的设计合理性，分体电子镇流器和节能灯的可靠性试验工作变得极其重要，尤其是在开发阶段的试验。

在这里按步骤列出了试验的项目及其作用，供读者参考：

次序	测试项目	作用
1	常温参数测量	用于记录灯的各种性能参数，作为设计预期的数据验证
2	超低压测试	检查会否在超低压环境下损坏
3	常温高低压启动测试	输入启动冲击测试
4	低温低压启动测试	用于检测灯能否在低温时成功引燃
5	低温高压启动测试	用于考验灯在低温时内部零件的耐压考验
6	低温燃点老化	试验灯跟镇流器的低温匹配情况
7	常温常压燃点老化	这是为下一个测试作预热作用
8	高温低压燃点老化	测试灯会否在高温低压时热死。
9	高温低压开关冲击	测试灯会否在高温低压时成功启动。
10	高温高压燃点老化	测试灯会否在高温高压时热死。
11	高温高压开关冲击	测试灯会否在高温高压时击穿开关元件。
12	开关寿命测试	测试开和关对灯管的伤害，掌握灯的寿命
13	EOL 寿命终止测试	检查当灯管寿命终止时是否会发生危险情况

注：在本应用笔记所提到的词语含义解释如下：

常温：25℃ 低温：-10 至-15℃ 高温：对省电灯而言为 55-60℃，对普通镇流器而言为 65-70℃

低压：负载额定电压的 85% 常压：负载额定电压 高压：负载额定电压的 115%

提出的测试项目没有将湿度测量加到其中，原因是笔者认为，节能灯在 0-90%的湿度环境下工作应该问题不大的，不应该让其工作于极湿的环境中，若环境一定，笔者通常会建议客户选用特殊用灯，如防水，防潮灯等。以下将对刚才提出的试验项目作一详细的讲解。

试验用的工具：

- | | | |
|-----------------------|-------|----------------------|
| 1. AWE2101A-URS 功率分析仪 | 1 台 | 用于参数测量，记录参数的曲线变化 |
| 2. 高低温恒温老化箱 | 1 台 | 如没有，可用一台冰箱和一台高温老化箱代替 |
| 3. 电脑一台 | 1 套 | 用于显示参数和记录参数曲线 |
| 4. 500W 精密变频电源 | 1 台 | 用于提供测试用可调电源 |
| 5. 固定支架或灯座。 | 1 套 | 用于安装和固定样本 |
| 6. 电光源开关寿命测试仪 | 1 台 | |
| 7. 待试验用的分体镇流器或节能灯 | 10PCS | 以下所说的样本便是指这镇流器或节能灯 |

AWE2101A-URS 是一台功能强大、精度高的功率分析仪，采用 32 位微处理器为核心元件，具有 USB、RS232、RS485 三种通讯，USB 可提供高速的数据通信，快速显示在电脑的屏幕中。RS485 可以提供大于 1000 米的长距离通讯，可将老化试验室的仪器和你的办公室的电脑互相连接，通过免费的电脑端软件，观看测量数据，无需跑到闷热的老化室。这台仪器具有常规的电参数和谐波测量功能外，还具有启动冲击电流测量和长时间参数变化曲线记录功能，这两种功能在可靠性试验中非常有用。

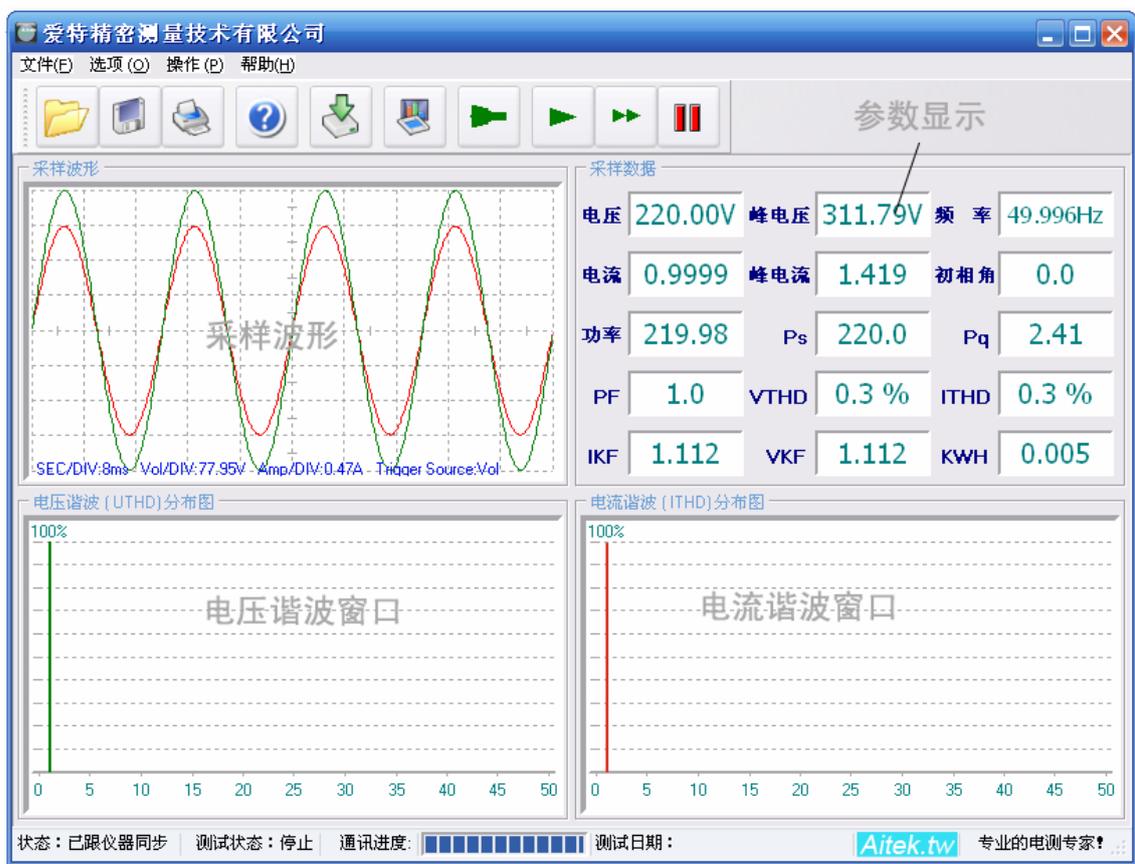


关于本文中涉及更多的 AWE2101A-URS 的操作方法在本应用笔记中可能无法一一说明，请登录 www.aitek.tw 下载其用户手册查看。

常温参数测量

在常温条件下测量的参数必须符合设计预期，包括初始功率，稳定功率，功率因数，THD 等，否则，你的品保部门或许会找你的麻烦。在常温环境下的参数测量当然包括低压参数测量和高压参数测量，因为有经验的工程

师会发现，有些参数是跟可靠性有紧密相连的。针对节能灯，笔者建议你在常温下注意高压时的功率，虽然有时测量到的参数可能符合预期，但就不一定等于完美了，例如一支长度固定的 2U 灯管，所驱动得功率不易超过多少瓦特，高压时功率升得较多，超出了灯管的安全功率，这样麻烦了，我们不妨做一个实验，把这支灯管在常压下用额定的功率推动，用光通测量系统测量其光效并记录下来，然后将常压变为高压，很明显仪器测到的功率加大了，若测到的光通量也线性增加，这是好事，若光通量变化不大，这样说明灯管的驱动饱和了，再强加的功率也是白费功，光效变低了，热量上来了。针对有 APFC 功能的分体电子镇流器，尤其是全电压适应的电子镇流器，这种电子镇流器工作于 90V-260V，工作电压比较宽，更应注重高低压的不良反应，例如在低压时有否让 APFC 的 MOSFET 热汤到受不了，在高压时 APFC 是否还在电压调整的范围之内，APFC 升压电感有没有吱吱叫、饱和等。我们通过试验，可以把很多问题找到并解决的。本小段的主要作用是告诉读者：常温下测量的参数也必须在安全工作区内，方能万事无忧。通过电脑的操作，你可以把 AWE2101A-URS 在常温环境下测量到的数据保存在电脑中，以作数据参考和对比。下图是 AWE2101A-URS 的 PC 端软件窗体，若读者想更了解这软件的更多功能，请登录 www.aitek.tw 下载仪器用户手册和该 PC 端软件。

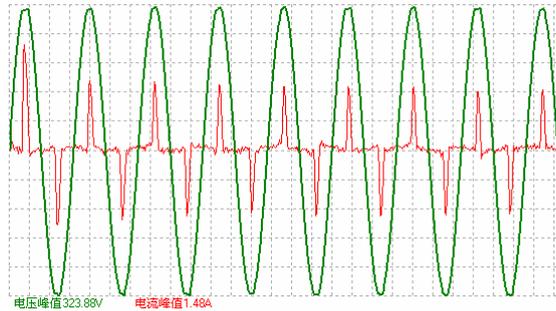


超低压测试

超低压测试是很多电子照明工程师还不注意的测试。超低压测试是在额定电压的 0%-85% 之间缓慢来回调节，持续大概 10 分钟左右，观看样本有否损坏。其意义是模拟供电电压不稳定，或用户在自发电时，调整电压的过程中电压有可能缓慢升高或降低的情况，在这个过程中必须避免样本的损坏。笔者的经验是让其开始振荡的电压抬高至样本额定电压的 40% 以上，让其在较低电压的区域停止振荡，避免损坏。这测试针对自振荡的电子镇流器较为有用，因为在低压时电路可能起振了，但灯管可能没有成功启动，这样便有损坏镇流器的危险。而对于具有低功耗启动的 IC 而言，其一般具有 UVLO (Under Voltage LockOut 欠压锁定输出) 功能，并且它的供电系统必须具有一定电压方能维持工作，所以在低压区域是停止工作的。

常温高低压启动测试

常温的启动测试主要查看灯在启动过程当中有没有闪烁现象，灯的最大启动电流是多大，会使输入的元器件出现冲击断路等。以下是用 AWE2101A-URS 测试到的一盏 25W 节能灯的输入启动波形图。



灯在启动过程中必须干脆利落，一次成功。因为启动对灯管的伤害是很大的，基本上就等于一盒火柴，划一根就减少一根。若在启动过程当中出现闪烁，建议查找原因，否则，灯在以下的开关寿命测试过程中不用多少次，灯管两头便开始发黑，寿命也将会大打折扣。若镇流器具有预热启动功能更应注意在高低压区间内应能顺利一次启动成功。

启动电流的峰值对输入元件的选型有很大的帮助，例如保险丝，共模和差模滤波电感，整流二极管等。若镇流器采用 APFC 功率因数校正电路，建议你在低压区域捕捉启动电流的峰值，因为这种电路是恒功率的， $W=UI$ 的原理。在低压区间电流最大。若无 APFC 的镇流器，建议你在高压区间捕捉启动电流的峰值。保险管是有快断和慢断两种，其各有各的优缺点，慢断保险丝具有一定的瞬间电流冲击能力，但反应速度略慢，快断保险丝反应速度快，但很容易被瞬间尖峰电流熔断，当然一个或两个周期的尖峰电流不一定能马上把快断保险丝熔断。用在镇流器和节能灯之类的负载笔者还是建议读者采用快断类型的保险丝，因为在镇流器线路出现短路时慢断保险丝发生鞭炮音的机会很大，让客户反感。快断保险丝则干脆利落，马上熔断，发出的声音很小。

由于保险丝的熔断电流是采用有效值的方式标注的，这点请读者注意，采用 AWE2101A-URS 测到的启动电流值是峰值，选型时应该将其除以 1.414 后作为保险丝选型的同步参考。另外，由于保险丝的熔断电流存在离散性的问题，笔者建议你保险管的熔断电流选在 1.5-2.5 倍之间。

低温低压启动测试

先把待测样本用塑料袋密封好，放进冰箱中或恒温箱中，若样本为分体电子镇流器，与之配套的灯管必须一起放进冰箱或恒温箱中。把冰箱或恒温箱的温度调至 -15°C ，约 60 分钟至 100 分钟之后，待样本充分冷冬后取出，并快速接通额定电压的 85%，看能否成功启动。

低温低压启动测试的意义是非常重大的，尤其是针对输入电压为 100V-120V 的非倍压整流的节能灯或电子镇流器，由于其工作电压较低，灯管往往较难启动。若不能成功启动，镇流器跟灯管的阻抗不能有效地匹配，开关元件会严重发热，并有损坏电子镇流器的危险。

根据笔者的经验，低温低压启动测试对低功率因数倍压型 100V-120V 的样本和 220V 输入电压的样本问题不大，一般很容易成功启动，但并不意味着这测试可以取消，特别是有预热启动的镇流器或节能灯，也容易出现不能成功启动的情况。还有泵式的样本，也容易出现低温低压启动困难的情况。

总之，若出现低温低压不能成功启动的情况，你必须改善启动环境，如改善配套灯管的启动特性，调整谐振电路，加大启动电压等。

低温高压启动测试

先把待测样品用塑料袋密封好，放进冰箱中或恒温箱中，若样本分体电子镇流器，与之配套的灯管必须一起放进冰箱或恒温箱中。把冰箱中或恒温箱的温度调至 -15°C ，约 60 分钟至 100 分钟之后，待样品充分冷却后取出，并快速接通额定电压的 115%，并快速开和关样本 15 次左右。

每次开启应能成功启动，并且不能有任何异常，测试的目的是模拟灯管在非稳态情况下开和关会否令开关元件击穿。

低温燃点老化

把刚才取出的样本用支架或灯座快速安装固定好，在**安装时灯管必须在下面，电子镇流器在上面，原因是灯管的热量会往上升，灯管的热量必须给镇流器吸收，方能真实的和客户应用环境接近。**这安装方法应用至高温高压开关冲击试验，无需拆卸。然后用额定的电压燃点，这时可以启动 AWE2101A-RUS 的参数曲线记录功能实现全程监控了。

参数曲线记录功能能够 6 笔迹同时记录，每笔迹数据可单独选择测量信号。45 万点浮点曲线记录时长，采样时间可变，最短记录时间：每 1 秒采样一次：记录时长达 125 小时，最长记录时间：每 15 秒采样一次：记录时长达 1875 小时。方便、灵活的查看方式，记录的参数曲线一目了然。

记录功能最适合于产品的老化，寿命分析等。例如节能灯、电子镇流器、开关电源、逆变器、变频电源、电机等产品的老化试验，均可采用本产品进行全程数据记录，跟踪参数变化曲线。

软件在记录期间可以翻查之前的记录数据，段移显示、压缩系数等，在记录期间还可以打开其它记录文件，而无需中断当前记录。

在本应用笔记中从低温燃点老化测试开始至高温高压开关冲击试验均采用记录功能做全程监控。在监控开始前需选择好记录的参数，镇流器和节能灯通常选择电压、电流、功率、功率因数四种参数。



在启动记录前应用程序必须和 AWE2101A-URS 连续通讯，记录程序方能采样到数据，记录于硬盘之中。

低温燃点老化测试只需 15 分钟以上，若在这过程当中样本无异常情况，均算获得通过。这测试的目的是模拟灯管在非稳态情况下镇流器电路会否失衡，令开关元件击穿，发生 EOL 或无管误保护等。在过程之中在记录窗口应该可以看到功率缓慢上升的过程。

常温常压燃点老化

常温常压燃点老化出现故障的机会通常很低，若真的碰上了，实属不幸，你的设计很糟糕，赶快查找原因。这个过程需要 40 分钟-60 分钟左右。

在这个测试过程中你可以关闭加热箱的加热系统，让其自由燃点，并不断查看记录，看功率有无较大的变化。这测试的目的是让镇流器得到充分预热，为下一步的测试作充分准备。

高温低压燃点老化

这个测试过程紧接上一个过程，需要 60-100 分钟左右。

开启加热箱的加热系统，让其温度稳定在高温区域内。

高温低压老化主要针对 100-120V 输入的电子镇流器和节能灯,因为该电压区间的通病就是启动难。在高温时,电子镇流器里面的元器件参数会发生变化,特别是磁性材料,有可能会使驱动能力变差。在这过程中必须全程记录功率曲线。

高温低压开关冲击

这个测试就在高温低压燃点老化测试中进行,这很关键。关闭样本的电源,一秒中后从新接通,连续反复 5 次左右,若全部灯皆正常启动,恭喜你,通关成功。若冒出了黑烟,重来,继续努力,加油!

这一测试如失败了,若是自激式的拓扑,你必须注意磁环的初始磁导率、材料的温度曲线等参数,你所用的开关元件芯片够不够大,HEF 是否升高了很多,频率是不是升高了许多。若是采用他激式的,很好解决,从振荡频率入手,看有无变化,如有,赶快把频率漂移处理好,若不是这个原因,看看是不是那个电感器的电感量在高温时走样了很多,或者那个电容的容量在高温时变化很大。

高温高压燃点老化

紧接着这一关不好过,尤其是 220V 的电子镇流器和节能灯,很多工程师都会在这一关翻倒马下。通关需时:60-100 分钟。

把电压调至高压区域,220V 的样本高压区域通常为 255V 左右。

在高温高压测试时,环境温度高,电压高,整灯功率也比常温常压高很多,导致镇流器里面的元器件发热加剧(包括三极管或 MOSFET 本身的发热),温度不断上升令三极管 hFE 增大,开关损耗增加,二次击穿曲线下降,这样,三极管的温度便更加高了。要是达到了平衡点,没有超出三极管的 SOA(安全工作区间),是安全的,但当接近 SOA 的边缘时,灯的功率会缓慢上升,直至超出 SOA,三极管冒汗,损坏为止,这种现象是可以过 AWE2101A-URS 的记录程序提前观测到的,当你看到功率的曲线在一路上升,没有平稳的痕迹时,请马上关闭电源,终止测试,调整线路搭配,否则你只能面临帽黑烟的苦果。出现这种情况我建议你检讨线路结构,改善元器件参数合理性搭配等等,有一种很好的改善方法是在常温高压的条件下把管子的温升调到最低,然后再重新高温高压试验,当然前面的试验白费了。

另外,高温高压也考验其他内部的元器件,包括电解电容,隔直电容,灯管电容,磁性材料等,通常材料质量问题会在这一关表现得淋漓尽致,考验了电容的耐压、耐温,磁性材料的居里温度,开关元件的极限条件,二极管 PN 结的焊接质量等等。

单最苛刻的情况还是在下一关。

高温高压开关冲击

高温高压冲击测试是在高温高压燃点老化将要结束时进行,快速开启和关闭样本,连续 10 次左右,便算试验完成。

高温高压冲击测试其实是在考验开关元件是否会瞬间超出 SOA,因为在高温高压的环境下 SOA 曲线本来已经接近边缘,极高的电压对开关元件的耐压是个考验,加上灯管重启时的瞬间电流会比稳态大得多,无疑是百上加斤。

若这一个顺利闯过,恭喜你,最艰难的时刻已经过去,今夜甜蜜入梦。

开关寿命测试

开关寿命测试是想获知镇流器和灯管的配合在开关多少次后灯丝失效,灯管寿命终了。

从日光灯的结构我们获知,新制造的日光灯管的灯丝会粘附这一层电子粉,每启动一次,电子粉便会溅射一次,灯丝附着的电子粉就会小一点,管壁上面的电子粉便会多一点,灯丝旁边的管壁便会慢慢发黑,直到灯丝的电子粉耗尽。在灯管的一端灯丝没有了电子粉而另一端还存在电子粉的时候,灯管便出现整流效应现象,这时灯可能不能成功引燃,镇流器的输出功率会聚集在灯丝上。当灯管不能成功启动时,灯管便算寿命终了。

人们根据这原理在镇流器中加入了预热启动功能,让启动时的电子粉溅射的数量减少,延长灯管的寿命。灯管的预热是一门讲求经验与技巧的问题,有很长的话要说,在这里限于篇幅,不细细道来,日后如有机会再和读者探

讨或交流。

没有预热功能的电子镇流器燃点的灯管开关次数通常在 3000 次到 5000 次之间，有预热并且效果很好，8000 次以上应该不是很麻烦的事情，若效果搭配不好，反而会比无预热更糟糕。

EOL 寿命终了测试

在灯管的寿命终了时镇流器应该启动保护或停止振荡，结束工作，否则灯丝两端发红，温度会升得很高，若是节能灯，灯管两头的塑料会溶掉，并有发生火灾的危险。

总结

有些测试笔者建议在量产时应该取消或降低标准，因为如此苛刻的测试简直就是破坏性的，例如高低压的冲击测试我建议取消，因为其冲击可能会导致灯管两头轻微发黑，让消费者觉得这灯是否已经使用过，但在开发的测试中一定要进行。较重要的测试过程不要抱侥幸心理，事实就是事实，不要因为差一点点而蒙混过关，也不要假想产品的应用环境，如这么低的温度不会出现的，这么高的温度肯定没有的等等，因为卖这产品的用户只能给你一次机会，望你谨慎珍重。

镇流器和节能灯的技术难度其实是比较高的，各种参数可能要因相互关系而作适当的取舍互补。

要通过上述实验，在选材时必须注意，元器件必须符合高温高压工作的条件，关键零件的温漂一定要小，如 IC 低压振荡用的谐振电容，电阻等，建议用低温漂的，否则，在高温或者低温时变化了几 kHz，就可能出现启动不了的情况。

本笔记还忽略了震动，跌落测试，和节能灯的灯头扭力测试。当然可靠性的试验还包括很多，例如 PCB 元器件的工艺测试，爬电距离等，这留给读者一一去实现了。

对本笔记有不明事宜请通过下列资料联系 Aitek:

爱特精密测量科技有限公司

地址: 广东省高要市南岸镇南兴四路文德街东一巷 9 号

电话: 0758-6120037

Website: www.aitek.tw

Email: serve@aitek.tw