

目 录

一、概述.....	2
二、型号规格.....	3
三、仪器结构.....	4
四、液晶屏功能.....	5
五、使用方法.....	5
六、使用注意事项.....	8
七、测量原理.....	9
八、接地电阻测量方法.....	10
九、有关测量方法的注意事项.....	14
十、装箱单.....	16

ETCR2000 钳形接地电阻仪

一、概述

1. ETCR2000 钳形接地电阻仪用于电力、电信、气象以及其它电气设备的接地电阻测量，有长钳口及圆钳口之分，长钳口特别适宜于用扁钢接地的场合。

2. 传统的接地电阻测量方法是采用电压-电流法，这两种方法的对比如下：

a. 操作的简便性：

传统方法必须将接地线解扣及打辅助接地极。即将被测的接地极从接地系统中分离；且须将电压极及电流极按规定的距离打入土壤中作为辅助电极才能进行测量。用 ETCR2000 只须将钳表的钳口钳绕被测接地线，即可从液晶屏上读出接地电阻值。

b. 测量的准确度：

传统测量方法的准确度取决于辅助电极之间的位置，以及它们与接地体之间的相对位置。如果辅助电极的位置受到限制不能符合计算值，则会带来所谓布极误差。对于同一个接地体，不同的辅助电极位置，可能会使测量结果有一定程度的分散性。而这种分散性会降低测量结果的可信性，ETCR2000 所采用的测量原理，在国外已成功应用多年。使用这种方法测量时，不用辅助电极，不存在布极误差。重复测试时，结果的一致性很好。

国家有关部门对 ETCR2000 与传统电压电流法对比试验的结果说明，它完全可取代传统的接地电阻测试方法，对接地电阻值给出可信的结果。

c. 对环境的适应性：

问题在于随着我国城市化的发展，使得被测接地体周围找不到土壤，它们全被水泥所覆盖。即便有所谓绿化带、街心花园等，它们的土壤也往往被水泥与大地土壤分开。更何况传统方法打辅助电极时对辅助电极的相对位置有要求。要找到有距离要求的土壤，在大多数情况下是更加困难的。而使用 ETCR2000 时，就没有这些限制。虽然，从测量原理来说，ETCR2000 必须用于有接地环路的情况下，单点接地系统并不能使用 ETCR2000 测量，但是只要用户能有效地利用您的周围环境，ETCR2000

完全可以测量单点接地系统。

在某些场合下，ETCR2000 能测量出用传统方法无法测量的接地故障。

例如，在多点接地系统中（如杆塔等。另外，有一些建筑物也是采用不止一个的接地体），它们的接地体的接地电阻虽然合格，但接地体到架空地线间的连接线有可能使用日久后接触电阻过大甚至断路。ETCR2000 测量的是接地体电阻和线路电阻的综合值。

二、型号规格

1. 系列型谱：

型号	钳口尺寸 (mm)	量限 (Ω)	说明
ETCR2000	圆： $\phi 32$ ；长：32×65	0.1~1000	基型
ETCR2000E	圆： $\phi 32$ ；长：32×6h5	0.01~1000	扩展型
ETCR2000A	圆： $\phi 32$ ；长：32×65	0.01~200	实用型
ETCR2000B	圆： $\phi 32$ ；长：32×65	0.1~1000	防爆型
ETCR2000B	圆： $\phi 32$ ；长：32×65	0.01~1000	防爆型
ETCR2000B	圆： $\phi 32$ ；长：32×65	0.01~200	防爆型

2. 一般规格：

- 1) 显示屏： 4 位 LCD 数字显示。高 28.5mm、宽 47mm
- 2) 钳口开口尺寸：长形钳口 28mm；圆形钳口 32mm
- 3) 工作温度：-10℃~55℃
- 4) 工作湿度：相对湿度 10%-90%
- 5) 仪器质量(含电池)：长形钳口 1320g；圆形钳口 1120g
- 6) 电源：4 节 5 号硷性干电池 (6V)
- 7) 仪器尺寸：长形钳口 长 293mm、宽 90 mm、厚 66 mm
圆形钳口 长 260 mm、宽 90 mm、厚 66 mm
- 8) 保护等级：双重绝缘

9) 结构特点: 钳口方式

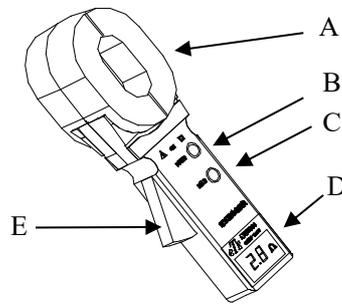
10) 防爆产品的防爆标志: Exia II BT3

3. 量限及准确度

测量范围 (Ω)	分辨率 (Ω)	准确度 (Ω)
0.010~0.099	0.001	±(1%+0.01 Ω)
0.10~0.99	0.01	±(1%+0.01 Ω)
1.0~49.9	0.1	±(1.5%+0.1 Ω)
50.0~99.5	0.5	±(2%+0.5 Ω)
100~199	1	±(3%+1 Ω)
200~395	5	±(6%+5 Ω)
400~590	10	±(10%+10 Ω)
600~1000	20	±(20%+20 Ω)

三、仪器结构

1. 仪表结构如下图:



A: 为钳口, 可张合。用于钳绕被测接地线。

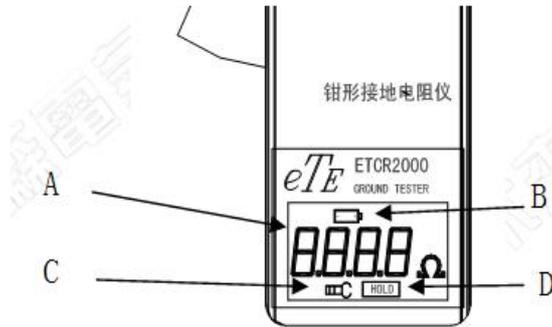
B: (POWER) 为电源开关按钮, 控制电源的接通及断开。

C: (HOLD) 为保持按钮, 按此钮可保持仪表的读数。再按一次则脱离 HOLD 状态。

D: 为液晶显示屏, 用于显示测量结果以及其它功能符号。

E: 为钳柄, 可控制钳口的张合。

四、液晶屏功能



A 为由四位数字组成的接地电阻显示区。

B 为钳口张符号。钳口处于张开状态时，该符号出现。此时，或者是人为处于张开状态；或者是钳口已严重污染，已经不能再继续工作。

C 为电池电压低符号。当电池电压低于 5.3V 左右，此符号出现时，说明电池电压过低，已不能保证测量准确度。应更换电池。

D 为保持状态符号。此符号出现时，说明仪表的读数处于保持状态（而非测量状态）。再按一次 HOLD 按钮，仪表将从 HOLD 状态进入测量状态。

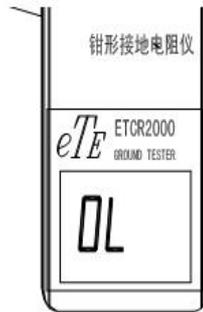
五、使用方法

钳表在开机时，钳口不能钳绕任何金属导体、不能钳绕被测接地线、也不能钳绕随机测试环。

A. 按下 POWER 按钮后，仪表通电。液晶屏的显示如下图。

此时钳表处于开机自检状态。应注意在开机自检状态时一定要保持钳表的自然静止状态，不可翻转钳表，钳表的手柄不可施加任何外力，更不可对钳口施加外力。否则将不能保证测量准确度。

B. 开机自检状态结束后，液晶的显示为 0L，如下图所示。这是正常的开机自检结束符号。此时说明自检正常完成，并已进入测量状态。



C. 如果开机自检时出现了 E 符号，如下图所示，则说明自检错误，不能进入测量状态。这有两种可能的情况：



1. 钳口在钳绕了导体回路（而且电阻较小）的情况下进行自检。此时只须去除此导体回路后，重新开机即可。
2. 钳表有故障。请送我公司修理。

如果开机自检后未出现 OL，而是显示其它一些数字，如下图所示。这可能有三种情况：

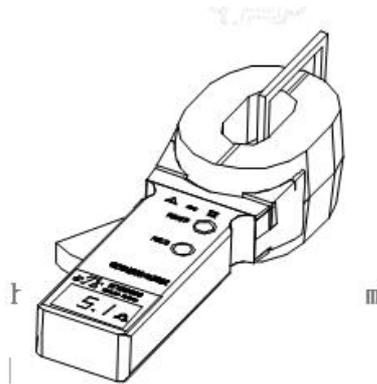


1. 钳口在钳绕了导体回路（而且电阻较大）的情况下进行自检。此时只须去除此导体回路后，重新开机即可。

2. 如果自检后不出现 OL，但按下述方法用测试环检测时，仍能给出正确的结果，这说明钳表仅在测大电阻时（如大于 100 欧）有较大误差，而在测小电阻时仍保持原有准确度，用户仍可放心使用。

3. 钳表有故障。请送我公司修理。

开机自检正常结束后（即显示 OL），即可进行测量。如果用户认为有必要，可以如下图所示用随机的测试环检验一下。此时，显示值应该与测试环上的标称值一致（例如 5.1 Ω）。



测试环上的标称值是在温度为 20℃ 下的值。

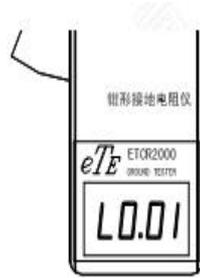
显示值与标称值相差一个字，应该是正常的。

例如：测试环的标称值为 5.1 Ω 时，显示为 5.0 Ω 或 5.2 Ω 都是正常的。

D. 如果在测量电阻时，显示如下图所示的 OL，则说明被测电阻已超过本仪表的上限测量范围。



E. 如果在测量时，液晶屏显示 L0.01 (或 L0.1)，如下图所示，则说明被测电阻小于最低量限，已超出本仪表测量范围。



F. 如果在测量过程中液晶显示屏上出现了如下图所示的电池符号，则说明电池电压已低于 5.3V。此时测量结果已不十分准确，应立即更换电池。

当电池电压低于 5.3V 时，测量结果往往偏大。



G. 如果在开机自检后，并没有显示电池符号，但每当压动钳柄时即自动停机，这也说明电池电压过低。应立即更换电池。

H. 本仪表在开机 5 分钟后，液晶屏即进入闪烁状态，闪烁状态持续 30 秒后自动关机，以降低电池消耗。如果在闪烁状态按压 POWER 按钮，则仪表重新进入测量状态。

六、使用注意事项

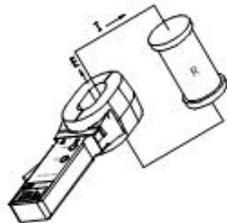
1. 开机自检时应使仪表处于松弛的自然状态，单手握持仪表时手指不可接触钳柄。这对保证测量准确度是很重要的。

2. 当被测电阻较大时（例如大于 100 欧），为保证测量准确度，最好在按 POWER 按钮之前（即仪表通电之前），按压钳柄使钳口开合 2-3 次，再启动仪表。这对保证大于 100 欧电阻的测量准确度是很重要的。

3. 任何时候都要保持钳口接触平面的清洁。本仪表的抗污染能力已经很强，但过大的污染仍会降低仪表的测量准确度。尤其是 100 欧以上电阻的测量准确度。因此，用户将仪表送检时，必须是钳口未污染的钳表（最好是新仪表）。
4. 对于杆塔接地线上的电流有足够的抗干扰能力。但对接零系统的低压变压器，由于其不平衡电流太大，故仍须停电测试。
5. 在危险场合（如加油站、油库等）使用本仪表时，我们强烈推荐用户选用本公司的防爆型钳形接地电阻仪。
6. 防爆型产品，在危险场所内严禁拆卸和更换电池。
7. 工作时会有轻微的哼声，这是正常的。
8. 仪表的钳口部分是浮动的，用户在使用时会有轻微晃动的感觉，是正常的。
9. 长时间不使用本仪表时请从电池仓中取出电池。
10. 在任何情况下，用户在使用本仪器时，一定要注意安全。

七、 测量原理

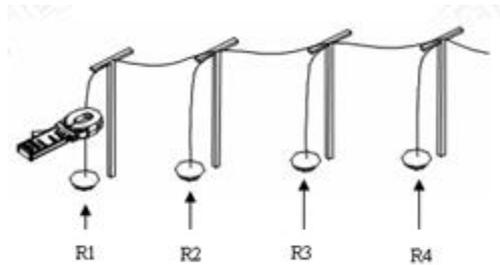
ETCR2000 的基本原理是测量回路电阻。如下图所示。仪表的钳口部分由电压线圈及电流线圈组成。电压线圈提供激励信号，并在被测回路上感应一个电势 E 。在电势 E 的作用下将在被测回路产生电流 I 。仪表对 E 及 I 进行测量，并通过下面的公式即可得到被测电阻 R ：因此，ETCR2000 只能测量回路电阻。这似乎是它的一个局限性。但是，只要用户能有效地利用周围环境，ETCR2000 就能测量绝大部分的接地系统。



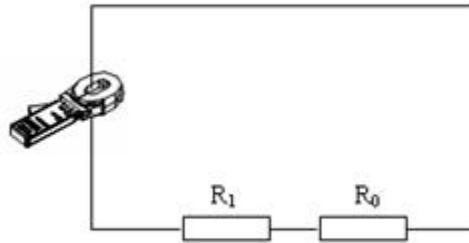
$$R = \frac{E}{I}$$

八、 接地电阻测量方法

对多点接地系统（例如输电系统杆塔接地、通信电缆接地系统、某些建筑物等）：它们通过架空地线（通信电缆的屏蔽层）连接，组成了接地系统。如下图所示。



当用 ETCR2000 如上图进行测量时，等效电路大概如下图



其中， R_1 为欲测的接地电阻。 R_0 为所有其它杆塔的接地电阻并联后的等效电阻。虽然，从严格的接地理论来说，由于有所谓的“互电阻”的存在， R_0 并不是通常的电工学意义上的并联值（它会比电工学意义上的并联值稍大），但是，由于每一个杆塔的接地半球比起杆塔之间的距离要小得多，而且毕竟接地点数量很大， R_0 要比 R_1 小得多。因此，可以从工程角度有理由地假设 $R_0=0$ 。这样，我们所测的电阻就应该是 R_1 了。

1. 有限点接地系统：这种情况也较普遍。例如有些杆塔是 5 个杆塔通过架空地线

彼此相连；再如某些建筑物的接地也不是一个独立的接地网，而是几个接地体通过导线彼此连接。

在这种情况下，如果将上图中的 R_0 视为 0 则会对测量结果带来较大误差，出于与上述同样的理由，我们忽略互电阻的影响，将接地电阻的并联后的等效电阻按通常意义上的计算方法计算。这样，对于 N 个 (N 较小，但大于 2) 接地体的接地系统，就可以列出 N 个方程：

$$R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N}} = R_{1T} \qquad R_N \cdot G + \frac{1}{\frac{1}{R_1} \cdot G + \frac{1}{R_2} \cdot G + \dots + \frac{1}{R_{N-1}} \cdot G} = R_{NT}$$

其中： R_1, R_2, \dots, R_N 是我们要求得的 N 个接地体的接地电阻。

$R_{1T}, R_{2T}, \dots, R_{NT}$ 分别是用 ETCR2000 在各接地支路所测得的电阻。

$$R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}} = R_{1T}$$

这是一个有 N 个未知数， N 个方程的非线性方程组。它是有确定解的，但是人工解它是十分困难的，当 N 较大时甚至是不可能的。

为此，我公司将提供一个求解此类问题的微机程序，以便于用户使用办公电脑或手提电脑进行机解。

从原理上来说，除了忽略互电阻以外，这种方法不存在忽略 R_0 所带来的测量误差。但是，用户需要注意的是：您的接地系统中，有几个彼此相连接的接地体（几个接地支路），就必须测量出同样个数的测试值供程序解算，不能或多或少。而程序也是输出同样个数的接地电阻值。

用户同样需要注意的是：多点接地时，每测量一个支路即可马上得到此支路下的接地体的接地电阻值。而有限点接地时，必须测出一组数据，才能从程序获得一组接地电阻值。哪一个接地电阻值是对应哪一个接地体，用户要有所标志，不能张冠李戴。

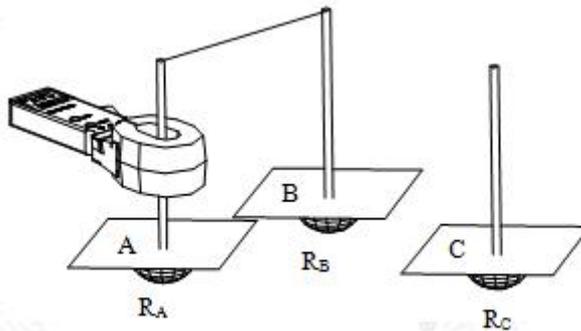
另外，本方法对于两个接地体的接地系统是无能为力的。

2. 单点接地系统：从测试原理来说，ETCR2000 只能测量回路电阻，对单点接地是测不出来的。但是，用户完全可以利用您的接地系统的周围环境，人为地制造一

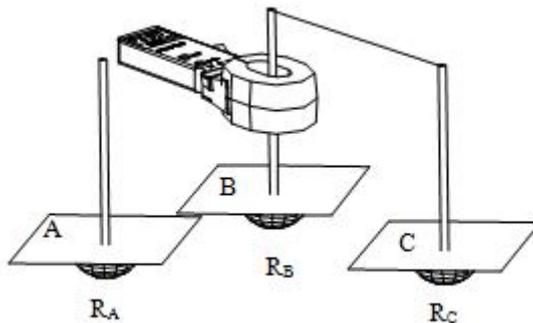
个回路进行测试。

用传统的电压-电流法测量，必须要打辅助电极。辅助电极的位置必须符合要求，否则会带来布极误差。在前面概述中业已谈到，在被测接地系统周围，我们可能找不到土壤，更可能找不到符合距离要求的土壤。在这种情况下，电压-电流法是无能为力的。

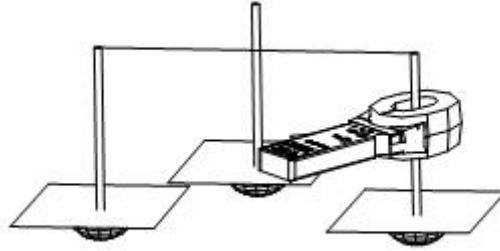
如下图，接地系统是 A，所要测量的接地电阻是 R_A ，如果能找到另外两个独立接地系统 B 和 C（例如临近的两个建筑物），那么，第一步即可将 A 和 B 用一根导线连接起来，用 ETCR2000 得出第一个读数 R_1 。



第二步，将 B 和 C 连接起来，如下图所示。并用 ETCR2000 读得第二个数据 R_2 。



第三步，将 C 和 A 连接起来，如下图所示。并用 ETCR2000 读得第三个数据 R_3 。



上面三步中，每一步所测得的读数都是两个接地电阻的串联值。这样，就可以

R_A

很容易地计算出每一个接地电阻值：

由于：

$$R_1 = R_A + R_B$$

$$R_2 = R_B + R_C$$

$$R_3 = R_C + R_A$$

所以：

这就是接地体-A的接地电阻值。当然，也可以计算出其它两个作为参照物的接地体的接地电阻值：
$$\frac{R_1 + R_3 - R_2}{2}$$

$$R_B = R_1 - R_A$$

$$R_C = R_3 - R_A$$

具体操作时，按用户的具体情况可以使操作更简便一些。

例如：可以三方协商后，将 A、B、C 三个接地体之间串以切换开关后将连线固定敷设。每测一条支路时，将此支路的开关合上，而另外两条支路的开关打开。

再如：也可以将 A、B、C 三个接地体直接用导体相连，并固定敷设。测量时，测出每一条支路的阻值后，按有限点接地的公式计算（见八、B）。

另外，自来水管有时也可以作为一个参照的接地体。

3. 两点接地系统：例如电信系统的机房接地和发射塔接地。可以直接用 ETCR2000 去测量，此时的测量结果是两个接地体的串联值。那么，每个接地体接地电阻值肯定不会大于它。如果 ETCR2000 的测量值小于机房或者发射塔接地电阻的允许值，那

么这两个接地体都是合格的。

如果用户一定要得到一个准确值，那就只好将它解扣，再找一个参考接地体，按单点接地系统的测量方法去测量了。

九、有关测量方法的注意事项

用户有时会用 ETCR2000 和传统的电压电流法进行对比测试，并出现较大的差异，对此，我们敬请用户注意如下问题：

1. 用传统的电压电流法测试时是否解扣了（即是否把被测接地体从接地系统中分离出来了）。如果未解扣，那么所测量的接地电阻值是所有接地体接地电阻的并联值。

测量所有接地体接地电阻的并联值大概是没有什麼意义的。因为我们测量接地电阻的目的是将它与有关标准所规定的一个允许值进行比较，以判定接地电阻是否合格。但迄今为止，我们尚未发现哪个行业的国家（行业）标准是对整个接地系统，而非对单个接地支路规定的。

例如：在 GB50061-97 “66kV 及以下架空电力线路设计规范”中所规定的接地电阻允许值是针对所谓“每基杆塔”而规定的。在标准的条文解释中明确指出：“每基杆塔的接地电阻，是指接地体与地线断开电气连接所测得的电阻值。如果接地体未断开与地线的电气连接，则所测得的接地电阻将是多基杆塔并联接地电阻。”

前已述及，用 ETCR2000 测量出的结果是每条支路的接地电阻，在接地线接触良好的情况下，它就是单个接地体的接地电阻。

2. 用 ETCR2000 所测得的接地电阻值是该接地支路的综合电阻。它包括该支路到公共接地线的接触电阻、引线电阻以及接地体电阻。而用传统的电压电流法在解扣的条件下，所测得的值仅仅是接地体电阻。

前者的测量值要较后者大。差别的大小就反映了这条支路与公共接地线接触电阻的大小。

应该说明，国家标准中所规定的接地电阻是包括接地引线电阻的。DL/T621-1997
<http://www.musen.com.cn/> 承修承试资质高压测试设备供应商 免费电话：400-002-7608

“交流电气装置的接地”中的名词术语中有如下规定：“接地极或自然接地极的对地电阻和接地线电阻的总和，称为接地装置的接地电阻。”这种规定同样十分明确。这是因为引线电阻和接地体接地电阻在防雷安全上来说是等效的。

正因为如此，在各行业标准中都规定了：（接地引下线）“宜有可靠的电气连接”。但如何检验这种可靠性，却从不涉及。我们认为原因十分简单，那就是，这对传统的电压电流法是无能为力的。

而 ETCR2000 却完全能提供这样的测量数据。

下面一段话引自“高电压技术”杂志的第 27 卷“几种杆塔接地电阻测量仪器和方法的比较”，以供用户参考。

“接地系统中因土壤或某些接地棒的腐蚀或接触不良，会使整个接地回路电阻变大。因为腐蚀或接触不良的情况不一定存在于土壤中接地体上，而可能存在于引下线等位置，故仅依靠测量接地体自身的接地电阻不一定可以发现。钳表法（引者注：此即指 ETCR2000 类的仪表）测得的是回路电阻，因此不但可以测接地体接地电阻值，还可以发现整个接地回路的接触情况和连接情况，这是传统的接地摇表无法做到的。”

这种接触电阻究竟占接地电阻中多大的份额，这是很难一言以蔽之的。各行业接地结构的不同、接地结构设计上的非规范性、施工上的非规范性、甚或非预期的连接（例如断路）恐怕都会产生较大的影响。但是，我们确实发现一些接地系统，接地引线和公共接地线的连接处正是处于承雨面。日久年深，如忽略其接触电阻，恐怕会有些失之武断了。

B. 其它注意事项：

1. 有时，用户使用 ETCR2000 进行测试，会得到小于 0.01（或 0.1）欧的结果（液晶屏上显示“L 0.01”或“L0.1”）。这往往是由于所测的支路是由金属（例如：圆钢、角钢、扁钢等）导体形成了一个环路，所测的阻值是金属环路的电阻。此时，用户应仔细查看此接地系统的接地结构，更换一个正确的测试点再进行测试。

2. 有时，用户使用 ETCR2000 进行测试，会得到超出上量限的结果（液晶屏上显示“OL”）。这往往是由于所测的支路未形成回路。此时用户应仔细检查测试点是

否合理。如果合理，那么各个接地体的公共连接线就有可能是断路的。

这种情形恰恰是 ETCR2000 比电压-电流法一个优越的特点。因为传统方法是测不出架空地线的故障的（此见九、A、节）。

十、 装箱单

- | | |
|---------------|-----|
| 1. 钳形接地电阻仪 | 1 台 |
| 2. 测试环 | 1 个 |
| 3. 五号干电池 | 1 个 |
| 4. 仪表箱 | 2 件 |
| 5. 产品使用说明书 | 2 本 |
| 6. 产品合格证、装箱清单 | 1 份 |