

CPN MC-3C/MC-4C 型 核子密度/湿度测试仪操作手册

(本手册为试用版本, CPN 公司的用户和代理对手册的编辑和应用有任何意见, 请随时联系以下地址, 您的意见和建议将被收录到 2005 年定稿的操作手册正式版本中)



美国 CPN 国际公司北京办事处
北京市西城区阜外大街 11 号国宾大厦 701A 室
美国 CPN 国际公司北京办事处 邮编 100037
电话 Tel: 8610-6800-2860 传真 Fax: 8610-6800-1323
<http://www.cpn-bj.com.cn> E-mail: cpn@cpn-bj.com.cn

保修声明

CPN 国际公司为其生产的所有产品提供保修服务。CPN 公司认为向用户提供产品保修服务为产品销售行为的一部分，也是 CPN 公司创造和发展 CPN 品牌的重要领域。CPN 公司所有的分支机构和授权的代理商以及维修中心和标定中心都有义务为 CPN 公司的所有用户提供保修服务和技术支持。

保修期限：

客户从购买新仪器之日起最长十八个月以内，并且该仪器离开 CPN 公司最多不超过 24 个月，由于材料或工艺引起的问题，CPN 公司或 CPN 指定的维修代理为用户免费维修仪器。其中探测器的保修期限为仪器离开 CPN 公司 12 个月以内，保险丝和电池的保修期为仪器离开 CPN 公司 6 个月以内。

保修范围：

在保修期内，CPN 或者 CPN 指定的代理商为用户免费更换和维修损坏的配件。但是如果因为用户对仪器使用不当，或者在非 CPN 授权的机构进行维修造成的损坏，CPN 公司不承担免费维修义务，发生的维修费用由用户承担。

保修费用：

CPN 公司对产品的保修费用包括维修配件的成本和维修人工费用。

客户责任：

任何情况下，客户要求对 CPN 公司的产品进行维修，必须提供仪器的系列号、购买日期、销售代理名称等信息并尽可能书面描述仪器的故障，以便公司能够快速判断仪器的问题并对仪器进行修理。

用户，特别是第一次使用 CPN 仪器的用户需要仔细阅读本手册，详细了解仪器的功能、结构、特点并经过培训后使用仪器。CPN 公司请用户对充电器的使用给予特别注意。

注意：仪器充电特别注意事项

电压选择：MC-3C/MC-4C 的充电器有 115v 和 230v 两个电压档位。用户需要根据当地的电压进行选择使用。错误使用会导致充电器损坏。

充电器连接：充电时，首先将充电器插头与仪器的充电孔紧密联结，然后再将充电器电源插头与电源接口连接好。如果充电器插头与仪器的充电孔仅仅是松散联结，将导致短路，烧毁充电器。详细使用方法请参考相关章节内容。

CPN 公司在北京设立了办事处，办事处的主要职能是向用户提供有关产品的各项服务。保证所有的用户能够充分用好 CPN 的仪器，发挥仪器提高工程质量和保证施工效率是我们办事处最重要的职责。中国用户如果有任何问题，请咨询我公司北京办事处，您告诉我们的所有问题都将获得答复。

目 录

型号说明	4
第一部分 综述	5
1. 仪器描述	5
2. 标准配件	8
3. MC-4C 的技术规格	9
4. MC-4C 仪器的检查	11
第二部分 仪器使用	12
1. 学习使用 MC-4C	12
2. 键盘功能	14
3. 仪器测量参数和测试数据的含义	16
标准计数	20
现场测试	22
标定或检定 (CALIBRATION)	24
第三部分 现场应用	31
第四部分 其它试验方法	36
第五部分 维修	37
附录 A 仪器显示屏显示信息及提示	39
附录 B 故障处理指导	40
附录 C 核子仪安装使用了哪些同位素？ 操作使用核子仪是否对人体有害？	41

型号说明

MC-4C 型核子密度/湿度测试仪为 MC-3C 型核子密度/湿度测试仪的替代产品。两种型号的仪器的测试指标、测试精度和操作方式等方面完全一样。两种仪器的区别在于：

1. 外观颜色不同。MC-3C 型仪器为传统的橘红色。MC-4C 型仪器采用钛金银灰色高强度涂层，外观更加现代而令人赏心悦目。
2. 液晶显示技术。由于过去 LCD 技术的限制，MC-3C 仪器的显示对比度一直不能使用户十分满意。近年来，LCD 技术取得了明显的进步，CPN 公司及时采用了业界的最新 LCD 技术制造了全新的仪器显示屏幕。使测试结果的显示对比度得到了很大的提高。操作人员在站立状态即可以清楚读取 MC-4C 仪器所有的测试结果。可在阳光直接照射下或光线比较灰暗的情况下直接读数。
3. MC-3C 型核子密度/湿度测试仪的最后一次测试结果在仪器自动关机后，就消失了。如果操作人员要调阅上一次的测试结果，就得重新开机。MC-4C 型核子密度/湿度测试仪在这一点进行了改进。测试工作结束后，若一段时间不用，仪器依然会自动关机，以节省用电。但是，上一次的测试结果会自动留在屏幕上。这样的设计使操作人员不必开机就可以随时调阅上一次的测试结果。

MC-3C 型核子密度/湿度测试仪和 MC-4C 型核子密度/湿度测试仪只有以上三个区别，在功能上并没有本质的区别，所以 MC-4C 型并不是 MC-3C 型的真正意义上的升级换代产品。型号名称改变的一个主要原因是中国国内近年来陆续出现了很多种在外观上与 MC-3C 仪器相似或雷同的国产产品。很多用户难以将这些产品与 CPN 公司的产品区分开来。在市场上造成了很大的混乱并给 CPN 公司的声誉造成了一定的影响。所以 CPN 公司将改进的仪器给予一个新的型号并更换了仪器的外观和涂层的颜色。为用户在选择购买 CPN 公司产品方面提供方便。

本使用手册中的内容与原 MC-3 型核子密度/湿度测试仪使用手册基本一样。在提及 MC-3 或 MC-3C 型号名称的地方同样适用于 MC-4C。

CPN 公司欢迎广大用户就 CPN 生产的仪器的功能和特点，或者在购买、使用仪器的过程中遇到的问题和建议随时通知我公司北京办事处。

第一部分 综述

1. 仪器描述

MC-4C 型核子湿度/密度测试仪的基本功能

MC-4C 型核子密度/湿度测试仪用于施工现场准确、快速地检测建筑材料的湿密度、压实度、含水率和空隙率。检测一个点只需 30 秒钟或更短时间。

应用范围

用于公路路基、路面，铁路路基，水库、堤坝，机场跑道，港口，民用建筑等土木工程和沟渠回填的施工现场的压实度、含水量和空隙率质量控制检测和工程验收，并可用于实验室各种材料的密度、湿度测试以及用于在工程试验区段快速准确获取施工参考数据等。

被测材料

MC-4C 型核子密度/湿度测试仪可以用于检测各种类型的土、石头、土石混合物、沥青混合料和各种水泥混凝土等土木工程建筑材料。仪器测试不受被测试材料的颗粒大小、级配、均匀度，以及物理状态、化学成分等方面的影响。

符合的有关标准：

美国 ASTM 标准试验方法	D2922 《核子仪法现场检测土和土-骨料混合物的密度》 D3017 《核子仪法现场检测土和石头的含水率》 D2950 《核子仪法现场检测沥青混凝土的密度》 与 ASTM 对应的各标准试验方法
AASHTO 标准	
中国国家标准 中国铁道部标准 实验方法	GB50092-96 《沥青路面施工及验收规范》等 TB/T10217-96 《填土密度湿度核子仪测试规程》 JJG 128-91 《核子湿度，密度测试仪检定规程》 T 0922-95 《核子仪测定压实度实验方法》
中国交通部标准 实验方法	
中国水利部	SL275-2001 《核子水分——密度仪现场测试规程》 SL 48-94 《水工碾压混凝土试验规程》 SL 53-94 《水工碾压土施工规范》

安全操作

按照规范，正确操作 MC-4C，仪器对操作人员没有辐射的危险；但如使用不适当，则有一定潜在的危险性。因此操作人员应当详细阅读本手册，并了解和掌握有关辐射安全防护的必要的知识。

仪器特点

- 三种测量模式：常规测量模式、薄层测量模式和沟槽测量模式，满足不同的测试要求。

常规测量模式检测地面以下 **5-30** 厘米任意深度的各种材料。用于测量湿密度、含水量以及空隙率。测试精度很高，性能稳定。并且可以输入要求的测试精度，仪器将自动调整测试时间，达到要求的精度后，测试停止。此项功能在目前市场上所有的核子仪中只有 **MC-4** 型核子仪具备。

薄层测量模式专为路面面层压实测试而设计，不必打孔，实现无损检测，检测面层厚度最薄为 **0.25** 厘米，最厚可以为 **7.62** 厘米。薄层测量技术是核子密度湿度测试的最复杂的高精技术，为 **MC-4** 型核子仪的独有的专利功能，其它任何型号的核子仪不具备此项功能。在施工现场质量控制中非常实用。典型的应用有以下几个方面。在沥青混合料压实过程中快速检测压实度，在沥青混合料的温度下降以前，指导现场施工人员决定是否需要对混合料再次碾压。节省施工时间，提高压实效率并可以保证施工质量。用于水泥混凝土的碾压施工。在混凝土碾压之后，立即测试压实度、含水量和空隙率，在混凝土凝固以前，使现场施工人员可以迅速判断是否需要进一步的碾压。用于实验室和工程试验区段的数据采集，帮助现场试验人员快速、准确地选择、筛选用于工程建设的材料种类、级配、混合比，碾压方式等参考数据，用于建立工程施工参考模式。

沟槽测量模式用于沟槽、沟渠回填土料的检测。传统的压实度、含水量的测量方式用于沟槽测试时更加困难且难以保证测试准确。**MC-4C** 型核子仪拥有非常准确的沟槽测量模式自动校准程序，使沟槽、沟渠回填土料的压实检测与地面上的检测工作一样方便、准确。

- 按任意键开机，开机后可以立即工作，不需预热，完成检测后自动关机，省时、省电，提高工作效率。
- 大面积液晶显示屏，一次显示所有测试结果，不需要工作人员自己按键操作显示不同的测试数据，降低工作强度，减少近距离接触仪器的时间，降低电离辐射。显示屏配备显示灯光用于夜间操作(仅限于 **MC-3** 型)； 配备亮度调节钮，可在任何光线条件下清晰读数。
- 可储存 **200** 个测点的所有测试数据并可通过标准 **RS232** 串行接线将数据传输至电脑上。**CPN** 的仪器配备先进的数据处理软件，可以对下载到电脑上的测试数据进行统计处理。**CPN** 公司还专门为核子仪设计制造了专用的小型便携式测试数据打印机和专用的打印纸带，可以在施工现场快速打印测试结果，使测试结果的记录和保存变得非常容易。所有的测试数据可以通过键盘进行编号，并可以随时查阅任何一个测点的数据。以上诸多的精心设计把核子仪操作和测试工作变得规范、高效、有趣而简单易行。可以最大限度地减少人工记录测试数据的时间，减少出错的几率并降低工作强度和仪器可能给操作人员带来的电离辐射。
- 重量轻，便携，可以单人操作。

- 仪器内置时钟和日历，测试时的时间和日期与测试结果同时显示、同时保存。可以和测试数据同时下载到电脑上或通过打印机打印出来。工作人员再也不必费力地为每个测试数据标上时间和日期。
- 测量时间和测量精度。操作人员可以自由设定测量时间，这相当于汽车上的无级变速功能。而且 MC-4C 的测量时间可以从 1 秒变化到数分钟直到数个小时，测量时间越长，测量精度越高，通常 30 秒钟到一分钟的测试时间可以达到普通工程的施工要求的测试精度。在一些试验测试过程中，往往要求更高的测试精度，操作人员可以在 MC-4C 核子仪上输入试验要求的精度，仪器会自动调整测量时间，达到要求的精度时，仪器鸣叫，提示测试结束。所以 MC-4C 不仅是一台现场工程质量控制仪器，也能够在实验室中成为工作人员的得力助手。
- 坚固耐用。制作工艺精益求精，外壳用高强度的铝合金制成，重量轻，抗撞击。所有电子系统防尘防水，电路板均喷漆保护，以消除各种恶劣环境对测试的影响。MC-4C 具备了一台精良的野外施工仪器所应有的所有特质。

仪器工作原理

MC-4C 型核子密度湿度仪内部装有两种放射源。铯 137 γ 源用来测量密度，镅 241/ 铍中子源用来测量水分。中子源安在机壳底部位置不变。 γ 源装在金属探测杆底部内，位置随测量深度而上下移动。

测量密度时，铯 137 γ 源发出 γ 射线进入被测材料。如果材料的密度较低，较多的 γ 射线就会穿过它，装在仪器内的盖革——密勒计数管将会检测到较多的透过射线。反之，如果材料的密度较高，高密度的材料吸收了更多的 γ 射线，起了辐射屏蔽作用，在单位时间内检测管的计数就会较小。根据仪器的射线发出量和透过被测材料的射线计数量，仪器可以精确计算被测材料的密度。

测量水分时，中子源放射的高能中子进入被测材料中，被测材料中的氢原子与高能中子相碰撞后减速，减速后的慢中子可以被仪器内的氦-3 探测管接收到。慢中子的数目与土壤中的氢原子数目成正比关系。土工材料中的绝大多数氢原子都是来自自由水，而且结合水中的氢原子在土壤、岩石等土工材料中基本上是固定的。因此利用仪器测量到的慢中子数目就可以测试被测材料的自由水含水量。

2. 标准配件

每一台仪器配有一个牢固耐用的塑料装运箱，仪器开箱不需要特别的说明，MC-4C 仪器在运出工厂时已经完全装配好了，不需要其它配件就可以进行测试工作。所有的配件安放在仪器运输箱中的固定的位置上，配件的编号详见下表。

项目	编号
MC-4C PORTAPROBE 主机	704216
标准计数块，3 英寸厚	701423
手柄锁和钥匙	400925
导板	200050
钻杆	100035
润滑剂	704394
使用说明书	700761
漏泄试验合格证明书	700762
漏泄检查工具	401197
辐射警告标示	101085
运输箱挂锁与钥匙	700472
电池充电器 115/230 伏交流	400950
仪器箱	704467
带夹记事板	400954
十字螺丝刀	700646
内六角板手	700760
六角螺丝刀 9/64 英寸（3.57mm）	700764
六角螺丝刀 5/32 英寸（3.97mm）	700763
清扫刷	702403

图 1 — 1 （见英文说明书）

3. MC-4C 的技术规格

● 仪器外形尺寸及装运重量

型号 MC-4C	重 kg	长 mm	宽 mm	高 mm
主机	14.1	358	240	681
主机连装运箱	41.7	762	406	419

● 性能指标

功能	现场密度及含水率测试
密度测试范围	1.12 至 2.73 g/cm ³ (克/厘米 ³) 或 70 至 170pcf
含水率测试范围	0 至 0.64g/cm ³ 或 0 至 40pcf
精度	(测试时间 1 分钟, 密度 2.00g/ cm ³ (125pcf), 含水率 0.24 g/ cm ³ (10pcf))
反射式 (BS)	±0.013g/ cm ³ (0.80pcf)
沥青混凝土 (AC)	±0.008g/ cm ³ (0.50pcf)
透射式	±0.004g/cm ³ (0.25pcf)
含水率	±0.004g/cm ³ (0.25pcf)
反射式 BS 化学误差	±0.016g/cm ³ (1.00pcf)
透射式化学误差	±0.012g/cm ³ (0.75pcf)
表面粗糙度误差	
反射式 (BS)	-0.048g/cm ³ (-3.0pcf) 1.3mm填充材料
反射式沥青混凝土 (AC)	-0.096g/cm ³ (-6.0pcf) 100%孔隙(void)
透射式	(152.4mm) -0.008g/cm ³ (-0.5pcf)
含水率	-0.011g/cm ³ (-0.7pcf)
测量深度	
反射式(BS)	7.6cm (3.0 英寸)
透射式	5.1 至 30.5cm(2 至 12 英寸)
含水率	15.2cm (6 英寸)
显示	高分辨率, 可以在任何光照条件下读取数据。安装夜间显示灯光(仅限于 MC-3 型), 可以在夜间操作仪器。5 × 7 点阵可显示 160 个字符的大型液晶显示屏。

计数时间	操作人员设定精度值（gcc 或±pcf）或设定测试时间
标定	CPN 或 CPN 授权的维修中心标定。用户可以编辑标定数据。
测量单位	可由操作人员选择：gcc(克/厘米 ³) 或pcf (磅/英尺 ³)
存储	200 个记录，每个记录包括屏幕显示的全部数据
数据接口	用 RS-232-C 下载到计算机或打印机（300 至 9600 波特）
电气性能	
电源	内部电池组（8 个焊接式 AA 型镍镉电池）5 安时（Wh）
电池寿命	500 至 1000 次充放电循环
功率消耗	平均 12 毫安 mA（根据 600 次 30 秒测试时间计算）
充电时间	普通交流电 14 小时
环境条件	
工作温度	0℃至 66℃（32°至 140°F），177℃（350°F）高温材料测试时间不超过 15 分钟
存放温度	-20℃至 66℃
工作湿度	95%（无凝结水）
放射性	
伽马源	0.37GBq(10mci)Csicem-137(铯-137)
中子源	1.85GBq(50mci)Americium-241:Be(镅-241:铍)
包装	双重不锈钢密封 CPN-131 型
运输条件	放射性材料，特殊形式，N.O.S.,UN2974, 运输指数 0.4,黄色 II 标签，USA DOT7A、A 型
特别许可	GB/24/S 和 GB/281/S

使用 MC-4C 型核子仪，必须向当地的政府管理部门申请有关许可，并事先经过有资质的仪器规范操作和安全防护培训，CPN 公司可协助培训并指导申请仪器购买和使用等方面的许可，请与 CPN 公司联系。

4. MC-4C 仪器的检查

为了熟悉 MC-4C，请进行下列初步检查：

1. 将 MC-4C 从仪器箱中取出，放于坚固的地面上，如水泥地板。
2. 检查键盘 (KEYBOARD)，显示屏 (DISPLAY SCREEN)，手柄 (HANDLE) 与导管 (GUIDETUBE)。

图示 (请见英文说明书第九页)

3. 仪器的底部。仪器底板上有一个环形的探测孔 (APERTURE) 和环绕探测孔的黄铜刮环 (BRASS SCRAPER RING)，探测孔后是一个碳化物屏蔽块 (SHUTTER BLOCK)，由弹簧支撑，当含有辐射源的探测杆向下运动时，屏蔽块被向侧方推开，探测杆的端部伸出仪器底板。当探测杆收回时，在弹簧的作用下，屏蔽块关闭。探测杆提升时，环绕探测孔的黄铜刮环将刮掉探测杆上可能粘附的泥土。
4. 标准计数定位点 (LOCATOR POINTS)：在仪器底板上均匀分布的三个凹进的圆点是仪器做标准计数时与标准计数块定位用的。

注意：辐射源位于探测杆顶端，在屏蔽块的后面，除了清除探测杆，不要将探测杆端部直接面对工作人员。

5. 检查仪器后板

- 1) 重新启动按钮 (RESET BUTTON) 电源通常是打开的。将这一按钮按下 5 秒钟或者更长时间，再松开，起主复归的作用。主复归只在仪器死机的情况才使用。
- 2) 对比度旋钮 (CONTRAST KNOB)，调节液晶显示屏。
- 3) 背灯 (BACK LIGHT) 按钮 (仅适用于 MC-3)
- 4) 电池充电插口 (BATTERY CHARGER JACK)
- 5) S-232-C 接口，与打印机或计算机相接的串行口。

6. 检查导管系统

- 1) 导管 Guide Tube
- 2) 手柄销扣 Release or Thumb Pin
- 3) 探测手柄 Probe Handle
- 4) 锁定槽 Locking Recesses
- 5) 含辐射源探测杆 Source Rod (γ 源位于端部)
- 6) 手柄锁 Button Key Lock

7. 检查充电器

充电器的电压有两档，中国用户务必确认充电器的电压档位处于 230 伏。充电时，充电器的指示灯会亮起来，并且在仪器的屏幕右下角会显示“chg”(充电)字样。

注意：进行充电以前，要将充电器插头用力插入仪器后板电池充电插口，确认完全连接。如果充电器插头和充电插口只是松散连接，会导致短路，而烧毁充电器。

第二部分 仪器使用

1. 学习使用 MC-4C

1) 用钥匙开启手柄（HANDLE），按图示方向(见英文说明书第 11 页)将销扣(RELEASE PIN)向后拉，向下压手柄，将手柄置于 AC 位置，松开设扣。

2) 按 CLEAR 键

仪器装运前，厂家检测仪器时仪器的测试结果图示如下：

R1	-2	0925	1325
DaBS	ET00:30	T00:30	
Pcf	Wet	H₂O	Dry
Dn	147.5	10.75	136.7
Pr	0.76	0.28	1.04
%		7.86	91.13
Md			150.0
BI	0.0	0.0	Lob

注意：若探测杆在安全（SAFE）位置上时进行测试，仪器会瞬间切换至每分钟计数（CPM）方式。当探测杆位于有效深度时，仪器会自动地转换至密度显示。

按照从左往右、从上而下的顺序，仪器显示屏显示的具体内容的含义解释如下：

R1	-2	0925	1325
测点存储编号	R1 测点的第二个测试数据	上次测试的日期	上次测试的时间
DaBs	ET00:30	T00:30	
测试深度 D 常规，T 薄层，W 购壁	测试用时，分：秒 或 RT 测试时间倒计时	测试一次所用时间 或 P 测试精度	
Pcf	Wet	H₂O	Dry
单位 磅/立方英尺或 gcc，克/立方厘米	湿密度或 总密度	含水率	干密度
Dn	147.5	10.75	136.7
密度（Density）	湿密度（或总密度）测试结果	含水率测试结果	干密度测试结果
Pr	0.76	0.28	1.04
精度	湿密度精度值	含水率精度值	干密度精度值
%		7.68	91.13
百分比		百分含水量	压实度
Md 最大干密度或 Mw 最大湿密度， Av 空隙率	150.0 输入的最大湿密度值或最大理论相对密度值		150.0 输入的最大干密度值
Bi	0.0	0.0	lob
校正系数	密度校正系数	水分校正系数	低电量，<75% chg 充电状态

注意：如果显示屏在湿密度和含水率栏不显示读数，而显示 * 号，说明仪器的标准读数 Xi 值不在正常范围内。（请参阅标准读数内容）

3). 按 **START** 键开始测试。30 秒计数测试，而在倒数计时期间，显示屏如下：

R1	-1	0925	1325
DaBS	RT00:30	T00:30	
Pcf	Wet	H₂O	Dry
Dn			
Pr	NORMAL		
%			
Md			150.0
BI	0.0	0.0	

RT (Remaining Time--剩余时间) 计数时间一秒一秒地倒计时, 测量结束时仪器发出两声嘟嘟声, 屏幕显示如下结果:

R1	-2	0925	1325
DaBS	RT00:00	T00:30	
Pcf	Wet	H₂O	Dry
Dn	147.5	10.75	136.7
Pr	0.76	0.28	1.04
%		7.86	91.13
Md			150.0
Bl	0.0	0.0	Lob

60 秒后, 仪器发出一次嘟声, 显示屏变空白以节约能源。按 **CLEAR** 可使上一次测试数据再次显示出来。

2. 键盘功能

图 2-1 是本仪器的键盘 (请见英文说明书第 13 页)

键名	功能
START 开始	开始测试。
STEP 光标/转换	用作转换键; 将光标移至下一个参数或显示数据。
CLEAR 清除/恢复	确认以前, 清除操作人员输入的数据; 停止正在进行的测量; 显示前次测量结果。
ENTER 输入/确认	将数据存入存储器中; 显示下一个测量结果。
ID 记录号	给要存储的测试数据编写记录号。
RECALL 调出	从存储器中调阅已存储的测试结果。
PRINT 打印	显示打印菜单。
%COMP 百分压实度	选择用来计算百分压实度的最大值; Md 最大干密度; Mw 最大湿密度;

	Av 计算孔隙率的理论最大相对密度。
MAX 最大值	提示输入最大值（单位为g/cm ³ 或pcf）。
DBIAS 密度校正	提示输入密度校正系数（+或-g/cm ³ 或pcf）。
MBIAS 湿度校正	提示输入含水率校正系数（+或-g/cm ³ 或pcf）。
TIME 时间	提示输入完成一次测试所需要的： 固定时间或进入精度模式； 设定新的测试时间或精度值。
UNIT 单位	与 STEP 联合使用进行公制、英制单位转换。
STD 标准	显示密度与含水率的标准计数并提示要进行新的标准计数；
CALIB 标定或检定	如选择使用固定深度（FIXED DEPTH），提示输入深度数值。
下列功能须按住 STEP 键，再按第 2 个键。（ STEP 键在这里相当于电脑键盘上的第二功能键 SHIPT 键。）	
STEP+TIME 时钟	提示校定时钟（时间/日期）。
STEP+UNIT 单位	进入公制单位（gcc 与 mm）与英制单位（pcf, inches）以及密度显示与每分钟计数（CPM）之间的选择菜单。
STEP+CALIB 标定	进入标定参数菜单。显示/输入标定参数；设定固定或自动显示测量深度的选择菜单。 （参阅附录 B：故障修理 B）
STEP+START 测量模式	进入测量方式选择菜单。在常规、薄层、沟壁测量模式之间选择。
STEP+CLEAR 主复归	主复归，将屏幕显示由其他任何显示回至主屏幕显示。
ID, 然后 STEP+ID	清除存储器存储的所有内容。
STEP+ENTER	显示监控程序等，由 CPN 公司维修人员使用。

3. 仪器测量参数和测试数据的含义

1. **Dn Wet:** 湿密度或总密度 (g/cm^3 , pcf)
2. **Dn H₂O:** 水分密度或含水率 (g/cm^3 , pcf) (即单位体积内水的重量)
3. **Dn dry:** 干密度=湿密度DnWet-水分密度DnH₂O (g/cm^3 或pcf)
4. **H₂O:** 百分含水量= (水分密度DnH₂O/干密度Dndry) $\times 100\%$

R1	-2	0925	1325
DaBS	ET00:30	T00:30	
Pcf	Wet	H ₂ O	Dry
Dn	1	2	3
Pr		4	
%	8 or 9		10
Md	5 or 6		7
BI	11	12	

在测试前后操作人员均可输入在试验室以标准试验方法（如 **ASTM** 或相当）获得的目标最大值。

5. **Mw:** 被测材料的最大湿密度或最大毛体积比重 (g/cm^3 或pcf) (ASTM D1188)
6. **Av:** 沥青等混合料的理论最大相对比重 (g/cm^3 或pcf) (ASTM D2401)
7. **Md:** 土壤或土石混合物的最大干密度 (g/cm^3 或pcf) (ASTM D1557)

MC-4C 可以自动计算并显示各项百分压实度和空隙率。

对于沥青路面和土壤，用湿密度或总密度值计算湿密度压实度：

$$\boxed{8}. \%Mw: =(DnWet / Mw) \times 100\%$$

对于沥青路面，用理论最大相对比重计算空隙率：

$$\boxed{9}. \%Av: =((Av-Dnwet) / Av) \times 100\%]$$

对于土壤和土石混合物，使用最大干密度值计算压实度：

$$\boxed{10}. Md: =(Dndry/Md) \times 100\%$$

操作人员也可以按需要输入密度及水分密度的校正系数。

$$\boxed{11}. +/-\text{密度值 (g/cm}^3\text{或pcf)}$$

$$\boxed{12} +/-\text{含水率值 (g/cm}^3\text{或pcf)}$$

校正系数的计算请参阅校正系数一节的内容。

仪器参数设定

为了满足实际测量的需要，仪器的下列参数测试人员可以自行设定。

参数	出厂设定	选择范围
单位	Pcf	Pcf、g/cm ³ 或cpm
时间或精度	T01:00	用户可选：时间或精度 时间或精度值±g/cm ³ 或pcf
百分密实度	Md	Md, Mw 或 Av
最大值		
Mw	150.0	0 至 999.9
Md	150.0	
Av	150.0	
偏置量		
密度	0.0	+99.9 至 99.9
含水率	0.0	
计数方式	常规	常规、薄层、或沟壁方式

参照下列步骤设定仪器各参数

单位（UNITS）

键盘操作

仪器显示结果

1. 同时按 STEP+UNIT 键。 单位菜单
2. 按 ENTER 光标依次位于g/cm³与pcf单位上。
3. 按 CLEAR 显示选定的单位
4. 按 STEP
5. 按 ENTER 光标依次位于密度与 cpm 两种方式。
6. CLEAR 显示选定的方式

TIME 与 PRECISION (时间与精度) 参数

键盘操作

仪器显示结果

1. 按 TIME 光标移至显示屏中的时间区域
2. 按 STEP 光标依次显示时间和精度方式。
3. 键入新的时间或精度值 显示并存储所键入的数值，代替旧的数值并按 ENTER 键。

%压实率和最大值(COMPACTION% and MAXIMUM)

键盘操作

仪器显示结果

1. 按 %COMP 最大湿密度 (Mw)、理论最大相对密度 (Av) 与最大干密度 (Md) 依次显示，按键显示所需之最大值
2. 按 MAX 提示输入新的最大值
3. 键入新的最大值并按 显示并存储所键入的数值，代替旧的数值。ENTER 确认

密度及含水率校正系数 (DENSITY and MOISTURE BIAS)

键盘操作

仪器显示结果

1. 按 D BIAS 光标移至密度校正系数的第一个数字
2. 键入新的密度值并按 显示并存储所键入的数值，代替旧的数值。ENTER
3. 按 MBIAS 光标移至含水率校正系数的第一个数字
4. 键入新的含水率偏置并 显示并存储所键入的数值，代替旧的数值按 ENTER

日期与时间 (TIME and TIME)

键盘操作

仪器显示结果

1. 按 **STEP+TIME** 屏幕显示日期与时间并提示输入年份
2. 键入每一屏幕提示值并 显示新的时间和日期。
按 **ENTER**
3. 按 **START** 时钟开始重新计时

计数方式或测量模式 (COUNTING MODE)

键盘操作

仪器显示结果

1. 按 **STEP+START** 进入计数方式或测量模式选择菜单。
2. 按 **STEP** 光标依次位于常规 (Normal)、薄层(Thin Layer)或沟壁(Trench Wall)测量模式。
3. 按 **ENTER** 选定测量模式

标准计数

仪器中的放射源会缓慢地随时间衰变，用户必须定期地用标准计数块对仪器进行标准计数。每做一次标准计数，新的计数值就会取代上一次的计数值用来计算现场计数和标准计数的比值，以补偿放射源的衰减。标准计数值的大小还可以用来检验仪器的性能。建议用户每天进行一次标准计数。

屏幕显示的 **Xi** 值代表计数的方差，表示实际计数的概率分布与期望分布的比值。这个比值如果处于 **0.75** 至 **1.25** 之间，表明仪器性能正常。如果 **Xi** 值超出正常范围，再做一次或数次标准计数。如果 **Xi** 值依然超出正常范围，最有可能的原因是仪器长时间受潮。打开机头，晾干仪器后重新做标准计数。或请参阅附录 **B** 故障排除，或与 **CPN** 厂家联系。

前后两次的标准计数值不能相差太大，正常的差值应该小于标准计数平均值的平方根的两倍。**ASTM** 标准试验方法 **D2922**、**D3017** 和 **D2950** 对标准计数的原理和参考标准有更详细的论述。

标准计数的步骤

- 1) 将仪器放置于标准计数块上（标准计数块随机提供，完全不同与标定仪器使用的标准密度材料块和湿度材料块），仪器底部和标准计数块吻合对齐。如果使用 3 英寸厚的标准计数块，将标准块放于密实的材料上即可（压实的土壤、沥青或混凝土）；如果使用 2 英寸厚的标准计数块，应将标准计数块放于仪器箱上，然后进行标准计数。

注意：做此试验时，仪器应离开其他有辐射源的仪器最少 4.5 米，离开其它物体最少 1.5 米。

- 2) 将仪器手柄放于“SAFE”位置，按 STD 键，屏幕显示已有的标准计数数据：用每分钟计数（cpm）表示。

cpm	wet	h ₂ O
Prv	22027	16367
Std	22080	16492
Xi	0.93	0.93
N	256	256
Dat	94082	94082
START new standard		
CLEAR Exit		

- 3) 按 START 键，本仪器将总共进行 256 次计数，每次计数用时 1 秒钟，每完成一次计数，屏幕中的计数次数（N）从 1-256 依次增加数值 1，一次完整的标准计数大约需要 4.4 分钟。

注意：如果在标准计数过程中要取消标准计数，按 CLEAR 键。如果不想做完 256 次计数而想早点结束标准计数，按 STEP 键，标准计数会停止，已获得的计数数据依然有效并被存入仪器。

标准计数结束时，MC-3 显示并存储新的标准计数数据，并用新的数据取代原来的数据。

现场测试

参照下列程序进行现场测试：

键盘操作	结果
1. 设定仪器参数。	MC-4 参数按照要求得到设定。
2. 准备试验现场（参阅仪器应用现场准备）。	仪器准备好作试验准备好试验现场。
3. 将仪器放于现场，手柄放在要求的深度。	准备测试
4. 按 START 键。	仪器开始计数测试，测试结束时，仪器发出二声嘟嘟声，并在显示屏上显示测试结果。

典型的透射试验屏幕显示(英制单位)如下：

注意：显示屏显示的深度和结果是属于上一次测试。新的测试结束后，显示屏才显示新的测试结果和测试深度。显示

R1	-1	0925	1327
DaBs	ET00:30		T00:30
pcf	Wet	H ₂ O	Dry
Dn	126.8	11.98	114.02
Pr	0.44	0.25	0.70
%		10.51	95.40
Md			119.52
Bi	0.0	0.0	

下述三种测量模式可以满足用户不同的测试需要：

常规测试模式（Normal）：用于各种土壤/石料碾压层和厚度超过 76mm(3.0 英寸)（参阅下面内容）的各种面层。

薄层测试模式（Thin Layer）：用于厚度在 25 至 64mm(1 至 2.5 英寸)的沥青路面（参阅现场应用一节中的薄层路面测试）；

沟槽测试模式（Trench Wall）：用于各种沟渠或土方回填工程中，当沟槽两壁宽度小于 610mm（24 英寸）时，为消除沟壁引起的误差采用此模式（参阅现场应用一节中的沟槽测试）。

改变单位 (UNITS)参数

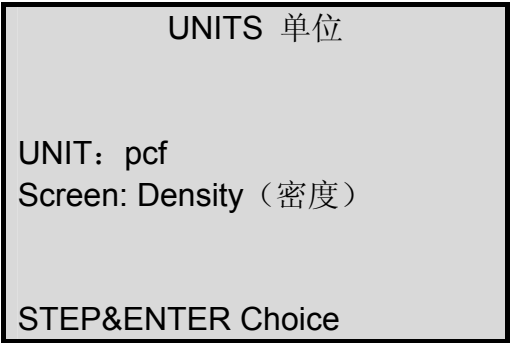
选择测试结果单位: pcf（磅每立方英尺）或 gcc（克每立方厘米）。

按键

结果

1. 按 STEP+UNIT

屏幕显示单位菜单



2. 按 ENTER 一次或多次

依次显示 pcf 或 gcc

3. 按 CLEAR

此时显示的单位为所选定的单位，
屏幕回到 READY 状态。

选择屏幕显示单位: 密度（Density）或每分钟计数（cpm）。

按键

结果

1. STEP+UNIT

屏幕显示单位菜单

2. STEP

光标移至 Screen(屏幕)选择项

3. ENTER 一次或多次

依次显示 Density(密度)结果和 cpm（每分钟计数）结果。如果选择了 cpm，仪器的显示方式如下例：

R101	-2	1450	0712
Da2	ET00:30		T00:3
			0
pcf	Wet	H ₂ O	
Ct	21840	4738	cpm
Xi	0.95	1.01	

4. CLEAR

显示的屏幕结果被选定。显示屏返回
READY 状态。

标定或检定（CALIBRATION）

每一台 MC-4 PORTAPROBE 仪器出厂时 CPN 都已精确标定，用户可以直接使用，如果仪器没有发生故障和经过维修，至少可以使用一年左右。所有的放射性仪器都必须定期标定。建议 MC-4 仪器的用户将仪器送到 CPN 厂家或 CPN 授权的维修中心每年进行一次标定。

每一台新的仪器都有一张专用的塑封的标定数据证书（形式如下表）。每一台仪器都有不同的标定数据，不同的仪器不能共用一张标定证书。用户如果不慎丢失仪器中的标定数据，可以依据标定证书自行输入标定数据。如果丢失了标定证书，请与 CPN 联系。CPN 保留了所有出厂仪器时的最初的标定数据。

CPN CORP.

CALIBRATION

SERIAL NUMBER: 3594 MODEL:MC3A-13D

DENSITY STANDARD COUNT: 21,711 DATE: 990712

CALIBRATOIN DATE: 990712

.....COUNT AT.....

DEPTH 107.2 133.6 164.3 ..A.. ..B.. ..C..

——lb/ft^3——

BS	11,278	8,482	6,279	1.84301	72.99270	0.09513
AC	22,558	17,102	12,226	3.12654	108.06138	-0.12038
2	59,184	41,247	27,012	11.68674	74.36603	-0.03872
4	51,273	33,555	20,385	12.99104	63.43165	-0.03457
6	36,513	21,779	12,307	15.05895	47.80572	0.08248
8	23,168	12,695	6,855	15.74485	38.49115	0.09525
10	13,802	7,143	3,807	13.73979	33.55705	0.07260
12	8,159	4,164	2,402	12.31955	29.06977	0.067440

WHERE: DENSITY IN lb/ft^3 =B*Ln (A/R-C)

R=RATIO=COUNT/STD CNT

MOISTURE STANDRD COUNT: 16,817 DATE: 990712

CALIBRATION DATE: 990712

——COUNT AT——

0.0 38.0 ...A... ...B...

——lb/ft^3——

499	6,694	65.50958	2.51481
-----	-------	----------	---------

WHERE: MOISTURE CONTENT IN = (A*R) – B

仪器每使用一年左右， 参数必须由 CPN 授权的维修单位进行重新检定。

用户可以对仪器进行自标定。但是考虑到标定这项工作高度的专业性和用户在购买或制作专用标定设备（标准密度材料块和标准水分材料块和软件等）方面的困难，不建议用户对仪器自行进行标定。标定设备的好坏和标定是否正确将直接影响到仪器测试结果的精确性和准确性。强烈建议中国的用户不要到没有 CPN 书面授权的仪器维修地点进行仪器标定工作和维修工作，即使收费听起来可能便宜。没有 CPN 的授权，就意味着没有 CPN 提供的合格的标定设备和标定技术，这样的地方是不可能对 CPN 的仪器进行正确的标定的。

注意：每一种型号的仪器都有专门的标定设备和标定程序。正规的厂家制造的每一套标定块都有明确的技术等级和适用的范围。厂家在销售标定块给予客户时往往会提供相关的技术说明和授权。用户在标定仪器的时候应该要求提供标定服务的单位出具这些资料。在中国，有些个人和机构缺乏必要的资质和授权，以不合乎规范的材料和方法自制标定块等标定设备，声称可以为用户提供标定服务，这是对用户的极大的不负责任。

标定系数的编辑

仪器的操作人员按照以下操作可对各项标定参数进行查阅或输入。

注意：不要轻易修改标定参数，不正确的参数修改将造成测试数据错误。

按键

1. 按 STEP+CALIB

结果

仪表进入标定参数菜单，光标位于湿密度参数上。

CALIBRATION

Wet coefficients （湿密度系数）
H₂O coefficients （含水率系数）
Wet selfcal （湿密度自标定）
H₂O selfcal （含水率自标定）
Depth: Auto (深度自动)
STEP & ENTER choice

2. 按 ENTER

仪器显示湿密度参数屏幕，光标此时位于深度数据上.(开始为 BS)。

- 按 **STEP** 直至所须的深度及标定参数显示出来。

深度数据在 **BS**, **AC**, 2 英寸, 4 英寸等深度之间滚动 (并显示该深度下的标定参数)

Wet cal		2 in
A	10.65422	
B	81.63265	
C	-0.16853	
STEP&ENTER depth (选择深度)		
CLEAR twice to exit (退出)		

- 按 **ENTER**
- 键入 A 值按 **ENTER**
- 重复第 5 步输入 B、C 值
- 重复第 3 至 6 步, 输入不同深度的系数
- 按 **CLEAR** 两次退出湿密度标定屏幕
- 按 **STEP** 将光标移至含水率项
- 按 **ENTER**

光标移至 **A** 参数, 提示输入 **A** 的新值
新的 **A** 系数显示, 按 **ENTER** 后输入并存储
光标移至 **B** 系数场, 提示输入 **B** 的新值
显示并存储 **B** 与 **C** 系数
光标移至屏幕上部, 提示输入下一个深度

湿密度的各定标系数存于存储器中

重新显示标定菜单

光标提示输入含水率参数

显示含水率系数屏幕, 光标提示先输入 **A** 值

H2O CAL 含水率定标			
A	64.26693	Pcf	A 系数 Pcf
B	4.78088	Pcf	B 系数 Pcf
ENTER coefficients 按 ENTER 输入系数			
CLEAR twice to exit 按 CLEAR 两次退出			

- 键入 A 值再按 **ENTER**
- 键入 B 值并按 **ENTER**
- 按 **CLEAR** 两次
- 按 **CLEAR**

显示并存储 **A** 系数, 光标移至 **B** 系数场
显示并存储 **B** 系数
屏幕回至定标菜单
显示主屏幕

测试数据存储

MC-4 可以存储多达 200 次试验的测试数据。操作人员可以自己进行测试点进行编号。所储存的信息以后可以在显示屏上调阅，也可以下载到计算机或通过打印机打印。

存储测试结果

按键

1. 在 0 至 65535 之间挑选一个记录号
2. 按 ID 键，然后键入选定的记录号，如果所选记录号以前已用过，则测试结果将附加在原有记录之后，如果缺省记录号，则用先前记录号。
3. 一次试验之后，按 ENTER，将主屏幕的试验数据存储，如果读数已经存储，则本仪器中断存储，等待下一个命令。
4. 要清除所有记录时，首先查阅并在打印机上打印所存储的数据（参阅数据传输一节），然后按一下 ID，再按住 STEP 并再按 ID。

结果

仪器将建立一个新的记录号，或指示到原有记录之末尾存储记录。

试验数据存于新记录号下，或附在原有记录号的记录末尾，试验次数的计数改变。如果存储器满位时，仪器响二次嘟嘟声，并显示“RECS FULL”。

记录存储器及记录号全部擦去。
擦去的数据不能再恢复。
记录存储器全部空出时的仪器响二声嘟嘟声，
并显示“RECS EMPTY”（记录空）

查阅试验数据

按键	结果
1. 按 RECALL (调出)。再用 STEP 移动至下一个记录 (但不能移动至同一记录号的下一个试验)	TIME/PRECISION (时间/精度) 值不显示。(因为一次试验可能被操作人员中断)
2. 键入所需的记录号, 按 ENTER 如果首先显示的记录即为所需, 可直接按 ENTER 以调阅该记录中的数据。	用户现在即处于所需的记录之中, 显示第一次试验数据
3. 用 STEP 在同一记录号内选定不同的试验结果。	显示试验结果, 来到该记录的末尾, 再按 STEP , 则会进入下一个记录
4. 欲从一个记录内移至下一个记录, 按一次 CLEAR	用户可用 STEP 进入下一记录, 亦可用先键入记录号, 然后按 ENTER 的方法进入任何一个记录
5. 欲从一个记录中的第一试验退出回至主屏幕 (最近一次试验的主屏幕), 按一次 CLEAR , 如果是从一个记录中的第二或以后的试验数据中退出并回至主屏幕, 则须按 CLEAR 两次。	用户离开 RECALL (调出) 方式

操作总结

进行计数

标准计数	STD, START STEP CLEAR	手柄在 SAFE （安全）位置； 提早结束； 中断，无效。
现场测试	START	手柄在所需深度。
薄层测试	STEP+START, 然后用 STEP	进入所需的计数方式，按
沟槽测试	ENTER 然后按屏幕的指示做	
显示上次读数	CLEAR	

仪器参数的设定

时间/精度	TIME (T), xxxx (分/秒) (时间) 或 TIME, STEP (P), xx.xxx(gcc 或 pcf)	
百分压实率	%COMP	按此键以显示至所需的百分压实率： Mw: Wet/wetmax ×100 Md: Dry/drymax ×100 AV: (Avmax-wet) /Avmax×100
最大值	MAX, XXX.X, ENTER	
密度偏置量	DBIAS, XXX.X, ENTER	
含水率偏置量	MBIAS, XXX.X, ENTER	
单位	STEP+UNIT STEP ENTER CLEAR	进入单位的菜单 选择单位，选择屏幕显示方式 可在 gcc 或 pcf 间选择单位，或在密度或每分计数间选择 显示所选之单位

存取记录

清除存储器	ID, STEP+ID	
查找记录	ID, XXXXXX, ENTER	
存储读数	ENTER	每次按过 START 以后，将最后 读数存储起来，可存最多达 200 个记录
调出记录	RECALL, XXXXXX, ENTER 或 STEP, ..., STEP, ENTER, STEP	选择所需记录号
转移至打印机	PRINT, ENTER	与显示屏幕格式相同
下载至计算机	PRINT, STEP, ENTER	数据压缩并用逗号分开

其它

实时时钟	STEP+TIME	按照屏幕提示设定日期/时间
显示每分钟计数	STEP+Unit, STEP, ENTER, CLEAR	重复按，可回至正常屏幕
标定	STEP+CALIB	进入标定菜单，按屏幕指示进行
深度设定 深度方式	STEP+CALIB, STEP,, ENTER	光标在自动测定深度与固定设置深度间转移
设定固定深度	CALIB, XXX, ENTER	输入固定深度
中断（一级）	CLEAR	清除输入、中断及停止
主中断	STEP+CLEAR	清除，回至最近的读数屏幕

为使用方便起见，上表所列操作总结已印于仪器箱里的记事板上。

第三部分 现场应用

沥青路面 (ASPHALT PAVEMENT)

反射测量 (BACKSCATTER MEASUREMENT)

MC-4 有两种密度测量方式。(1) 反射式 (BS 及 AC 表面测试)，(2) 透射式 (测试深度 5-30cm)。反射式测量方法是非破坏性的，通常用于难以钻孔的沥青及混凝土路面。

MC-4 手柄放至 BS (BACKSCATTER) 位置，辐射源位置提高，阻止光子沿测试表面行进的通路，使表面粗糙度误差效应得以减到最小，因此有效测深增加。测量深度为 71 mm (2.8 英寸)，典型的应用是测试厚度大于 76mm (3 英寸) 的路面。(图示见英文说明书第 31 页)

手柄放至 AC (ASPHALT CONCRETE) 位置时，放射线沿测试表面行进，测试深度为 51mm (2.0 英寸)。典型的应用是测试厚度很薄的路面。(图示见英文说明书第 31 页)

测量密度是为了检验沥青路面的压实度。测量时，依据路面的厚度，按下表选择 AC 或 BS 位置。

深杆位置	典型应用场合	最大测量深度 (95%返回)
AC	薄沥青面层、表面层或磨耗层	51mm(2.0 英寸)
BS	沥青基层或底面层，厚度等于或大于 71mm(2.8 英寸) 76mm(3.0 英寸)	

为使测量结果准确，沥青表面应当平整，如果表面有空隙，应用 20#或 30#筛沙填充，细沙只应填充表面的低洼处，用导板的边缘刮去多余的沙子，获得一个平整的测试面进行测试工作。将仪器置于准备好的测试地点上，确认仪器在不会摇摆或转动，只要注意这些，便可以减小表面空隙的影响。(图示见英文说明书第 32 页)

如果沥青表面已经很平整了(无气隙)则不必再使用填充沙。因为这时细沙反而使仪器离开表面引起密度低的误差。

百分气隙率的测定

要测定已压实的铺路材料的百分气隙率 (%Av)，必须先确定实验室测出的

该混合料的理论最大比重 SG (THEORETICAL MAXIMUM SPECIFIC GRAVITY)，然后用 MC-3 测出该混合料的实际总密度(Dn Wet)。空隙率的计算公式如下：

式中： $\%Av = (SG - Dn \text{ Wet}) / SG \times 100$

理论最大比重 SG 和总密度可以用以下公式转换：

$SG \times 62.43 = Dn \text{ Wet}$ (单位为磅/英尺³)

薄层罩面 (THIN LIFT OVERLAYS)

MC-4C 具有薄层路面的测试功能，所谓薄层罩面是沥青路面最上层厚度较薄的面层。可以快速测量厚度很薄的沥青路面的密度。条件是需要知道薄层路面下的底层材料的密度以及被测试面层的厚度。这两个数据都是可以获得的，底层材料的密度可以在新的面层施工前用 MC-4C 仪器获得。而覆盖层的厚度又是已知的，用 BS (或 AC) 密度法，置于薄层罩面状态，本仪器可以测量薄罩面层的密度。

具体步骤如下：

行动	结果
1. 按 STEP+START。	仪器进入测量方式选择菜单 COUNTING MODE 计数模式 Current: NORMAL 当前：正常方式 Normal 正常方式 Thin layer 薄层方式 Trench Wall 沟壁方式 Trench Wall 按 STEP 挑选 STEP&ENTER choice 按 ENTER 输入
2. 用 STEP 将光标移至薄层方式，再按 ENTER	薄层方式提示输入罩面层材料的厚度以及基层材料的密度： THIN LAYER 薄层方式 Lift: 1.5 in.厚度 1.5 英寸 Under. 142.0 pcf 基层密度 142.0pcf Enter Lift value.输入厚度值。 Enter Under value.输入基层密度值。
3. 用键盘输入罩面层厚度及基层材料密度	屏幕现在回至最近的显示。仪器现在处于薄层方式。
4. 用 START 进行薄层试验	仪器进行计数时，显示“THIN”(薄层)在试验结果屏上，在测量深度上附有一个“T”字 (AC 或 BS)

土壤/骨料的密度和压实度测试 (SOIL AND AGGREGATE)

通常使用透射测量方式

本仪器的透测方式可在 50 至 300mm (2 至 12 寸) 深度下测量土壤和骨料的密度。进行透射测量时, 本仪器先定好测试深度, 试验场地不需特别准备, 只须准备一个水平的, 相对平整的平面, 钻出一个测试孔以便探测杆能伸进去。

导板用于在不很平整的松散的土壤上压出一个平整的试验面来, 对于软质土壤, 用钻杆及锤打洞, 导板则作为垫板, 站在导板上, 将钻杆拔出, 以保证打出的洞规整。不要把导板作拔出钻杆的工具来用。

对于硬质土壤, 可能需要用一种滑锤 (如 CAMPBELL 牌), 示于图 3-2 中, 操作人员压在导板上, 重锤既用来将钻杆打进去也用于将钻杆拔出来, 钻的孔深应比所需测试深度至少多 50mm (2 英寸)。

打完透射孔以后:

1. 抓住仪器底部前面的一个拉环, 将仪器稍稍倾斜。将探测杆放低, 手柄放在安全位置。
2. 抓住仪器导管, 提高一点仪器位置, 看着仪器的前端, 注意将探测杆放进测试孔中。
3. 将仪器平推, 使探杆贴近位于仪器主体的那一侧的孔壁上。
4. 调节手柄的高度, 确定探杆位于测试深度, 开始测试。

湿度测量 (MOISTURE)

本仪器测量密度的同时也检测湿度。有效测量深度的大小与湿度值成函数关系, 湿度减小时, 有效测量深度增加。如果土壤的湿度的平均值为 0.240g/cm^3 , 测量深度为 15 厘米。本仪器测量湿度时, 测量的是被测材料中所有的氢原子, 在大多数土壤和骨料中, 氢原子存在于自由水中。但是蛇纹石、黏土、有机体和石灰处理的土壤含有结合水, 对这些材料, 仪器测出的含水率是偏高的。

对以上被测材料, 按照下列步骤, 获得用于水分密度校准的偏置量:

1. 用仪器测定已经压实的土壤的湿密度 (D_w) 及水分密度 (H_2O) 的平均值。
2. 从仪器测试地点取一份或多份土壤样本 (150 克至 200 克)。
3. 每一样本进行称重, 然后在 110°C , 将样品烘干至固定重量, 然后再称重烘干的样品, 计算干密度百分含水率 (MC) 的平均值。
4. 计算单位体积土壤含有的水分密度的平均值 (M)。
5. 校正系数 $M \text{ BIAS} = \text{烘干法计算的M值} - \text{仪器测得的} H_2O \text{ 值}$ 。
6. 将校准的偏置量 $M \text{ BIAS}$ 值输入仪器, 这个偏置量适用于同样类型土壤的所有测量点。

偏置量计算实例:

假定仪器测试结果 D_w (湿密度) = (磅/立方英尺), H_2O (水分密度) = 12.5pcf。

烘干法所得干密度百分含水率 $MC = 9.0\%$ 。

以烘干法计算的水分密度 $M = (9.0 \times 130.0\text{pcf}) / (9.0 + 100) = 10.73\text{pcf}$ 。

则偏置量 $M \text{ BIAS} = 10.73 - 12.50 = -1.77 \text{ pcf}$ 。

大块岩石校正

经常要测量多石的天然土壤的密度，本仪器测量所试材料，包括岩石的湿密度，由这一缘故，对这种材料作多次随机抽样试验时，发现偏离平均值的程度大于经过处理的均匀材料，一个办法是，在准备好的透射测试孔上，旋转本仪器 90 度或 180 度角，进行几次透射试验，取平均值。只要试验室试验含水率—密度关系时发现需要作岩石校正或只要有 10 至 30% 的材料通不过 3/4 英寸筛时，就应按上述步骤进行。

沟槽测试

沟槽回填土的测试，首先要按前述要求准备平整的试验面。沟槽等开挖物的宽度大于等于 610mm（24 英寸）时，将本仪器放于沟槽的底部中心，以避免反射的影响。沟槽等开挖物的宽度小于 610mm（24 英寸）时，就要用仪器的沟槽测试模式，并使用 3 英寸的标准块来校正由于沟壁所反射的中子的影响，具体步骤如下：

按键

结果

1. 按 STEP+START

仪器进入计数方式选择菜单

COUNTING MOED

Curent: NORMAL （当前方式：常规）
Normal （常规）
Thin layer （薄层）
Trench wall （沟槽）

STEP & ENTER choice

2. 用 STEP 选择按
ENTER 输入

沟壁方式提示输入背景计数

TRENCH WALL 沟壁方式

Backgroun cpm(背景 每分钟计数)
Place MC3 on block(将 MC-3 放于标准块上)
In eth trench and (置于沟中，按 START)

Press START, or ENTER to accept
(或按 ENTER 以接受所显示的数值)

3. 将 MC-4 放于标准块上，放于沟中，按 START 进行背景计数，为接受所显的数值则直接按 ENTER

计数完毕后，屏幕回至最近的先前显示内容，此时 MC-3 处于沟槽状态。

4. 将标准块拿走，在同一地点进行沟槽测试

仪器计数时，显示“WALL”，测试结果屏幕上在测试深度后附有一个“W”字母。

第四部分 其它试验方法

由于在公路建设中土方及路面的铺筑量剧增，（美国加利福尼亚）州公路当局以及其它机构采用了使用核仪器的简化而快速的密度控制试验方法，这些方法在下面作一般讨论。

1. 统计控制

压实度的统计方法是：由工程师根据被试材料的不均匀程度指定一块地区，进行多项现场密度试验，接受或排斥是基于平均相对密实度以及其落到低于所需相对密实度值的百分数来决定，例如：试验要求 10 次试验的平均值必须大于 95% 相对密实度而且没有一次试验低于 90%。

2. 岩心相关性

这种通常的测量方法，将一组本仪器测定的密度与仪器试验所在地直接挖出的岩心在实验室所测的密度进行比较，标出一个校正系数，输入进DBIAS中作为以后测定同样材料时用。这一方法在ASTM标准试验方法D2950 中有更详细的讲座历史 数据 表 明 DBIAS 在 $0.016-0.032\text{g/cm}^3(1-2\text{pcf})(\text{BS})$ 或 $0.048-0.064\text{g/cm}^3(3-4\text{pcf})(\text{AC位置})$ 之间。例如一组 10 个湿密度试验，沿着一条 300 英尺的地带所做，平均密度测出为 144pcf，同样地点取 10 个岩心，在实验室测定密度，平均值为 145.5pcf，则DBIAS是 $145.5-144.0=1.5\text{pcf}$ 。

3. 混凝土测试

本仪器亦可以用来对混凝土路面或结构测定密度，测量时可用反射式也可用透射式。最好当混凝土仍在凝固的时期打一个透射试验洞，混凝土刚开始凝固的时候便要打好洞，混凝土凝固以后，进行透射测量。本仪器适用于波特兰水泥混凝土，压路机压实混凝土，也适用于土壤-混凝土混合物。

4. 控制试验带

本仪器可用来确定路堤及沥青路面的最大可达到的密度值，建筑工地某种材料的一定的地带选为试验带，每当压路机压过一次，便用本仪器测定密度，直至密度不再增加（参阅图 4-1），在这一点上进行几次测量，以便准确确定最大可达到的密度值。已完工的控制带成为工程的一部分，工程其余部分的技术规格可以用控制带的密度的百分数来表示，材料有变化时，必须选定新的控制带。

作为例子，该试验方法可能要求：

- 1) 选单车道宽 300 英尺长的控制带，压路完毕后，进行 10 次 MC-3 试验，求出之湿密度的平均值作为最大可达到的密度。
- 2) 选单车道宽 2000 英尺长或双车道宽 1000 英尺长的地带，作 10 次 MC-3 试验，其平均值最少为控制带的最大可达到密度的 98%，而且每一次试验都不低于 95%。

5. 压路机评估

MC-4 可用来对压路机进行性能评估，以便确定某一工程最有效利用时间和设备的途径。

第五部分 维修

1. 闸门机构的清洁与润滑

仪器使用中，每周定期地或当辐射源杆变脏而运动不灵活时，便应当进行清洁和润滑。步骤：

1) 拆除闸门装配 4 个固定螺丝

2) 将闸门机构拆出

注意：放射性源位于底部空穴中，闸门块拆除后，不得触摸操作杆的尖端，也不要置身于开口的前方。

3) 站在仪器的后面，用长柄刷或压缩空气清刷仪器内部暴露出来的地方。

4) 清扫整个闸门装配，并喷以随仪器提供的无油脂硅润滑剂。

5) 待干了后，将闸门块与盖板装回。

6) 检查 MC-3 手柄，是否能在导管中滑动自如。

清扫与润滑即告结束。

2. 手柄装配的检查

每月检查手柄装置的磨损

1) 将手柄放于 BS 位置。

2) 将导管侧边的 5/32 英寸内六角螺丝松出至手柄松开即停止，内六角螺丝不要卸下。

3) 将手柄从导管上拆下。

4) 检查手柄锁的斜面前缘磨损情况。

5) 检查导管内部的凹槽的磨损情况。

6) 将手柄装回导管，拧紧内六角螺丝。

注意：如发现手柄的锁定斜面或导管的凹槽有过分的磨损，应联系 CPN 代理商，以取得其协助。

3. 泄漏试验

每 6 个月或 1 年一次（时间间隔应参考仪器的放射性材料证书），必做。

1) 使用 CPN 公司的 TD-11LTK 检漏工具检查放射性材料从其容器中漏泄的情况，将手柄放于 SAFE 位置。

2) 将显示屏/键盘的四个固定螺丝拆下，将显示器键盘放于一边，连接电缆仍然连接着。

3) 用检漏工具中的棉签擦试 MC-3 内的红色放射源容器，这样就可擦至任何锶 241/钷放射性材料的微量痕迹。

4) 将显示屏/键盘装回，四个固定螺丝装好。

5) 用棉签擦闸门周围的黄铜清扫环，这样就可以擦至任何铯 137 放射性材料的微量痕迹。

6) 将签杆檫去一半，放入塑料封套，填好表格，一并装于信封中，邮寄至检漏仪上所示的地址，大约六个星期后就可以收到试验结果。

4. 电池充电

在显示屏/键盘的电子组件下装有 8 个焊接 AA 型可充电的镍镉电池。

在主屏幕的右下角出现“Lob”（电池低）时，仪器仍可进行 100 来次 30 秒的试

验，然后就会停止工作，按 **CLEAR** 键可以检查 “Lob” 是否在，这种试验应在将仪器拿到现场去之前，最好头天晚上做，以便如果需要时有充分的时间来充电。

2) 将仪器的手柄置于 **SAFE** 位置

3) 将充电器接入 **220VAC** 插座

4) 将充电器输出接至仪器后板的充电插口，按任一键，刷新屏幕。

5) 在主屏幕中，“Lob” 将为 “chg”（充电中）所取代，表示电池正在以 **C/10**（10 这一额定安时）的速率充电中，每次充电需 **12 至 14** 小时。

注意：

持续过充电或不能使电池组放电至 “Lob” 可能引起电池容量永久性的损失。

5. 仪器的贮存

为保护仪器起见，不用时应放于仪器箱中，如果镍镉电池不充电或断开不接，则内部存储器支持锂电池的贮存寿命将由 **8** 年减少至 **4** 年，因此长时间贮存仪器时，先将仪器充好电，每 **3** 个月再充一次电。

附录 A 仪器显示屏显示信息及提示

信息	意义	行动
Chg	电池以 C/10 充电中	
Lob	只剩 25%容量，电池低	充电
START new standard CLEAR exit (START 新 标准 CLEAR 退出)	显示标准计数屏幕在	按 START 开始标准计数 按 CLEAR 回至主屏幕
Put rod in SAFE and press START (将放射源 操作杆放于 SAFE 位置按 START)	放射源杆在某一深度而 不是在 SAFE 位置时就开始作背景计数	将放射源杆放于 SAFE 位 置，再按 START
Press STEP to stop Press CLEAR to abort (按 STEP 停止按 CLEAR 中断)	标准计数时出现的信息	标准计数过程中，除非操 作人员想要，否则便可不 采取任何行动。按 STEP 停止继续试验，将已得结 果存储，按 CLEAR，整 个试验作废。
Bad depth put handle in proper position and press START (深度不 对：将手柄放于合适位置 再按 START)	放射源杆位于未编程的 深度位置即进行试验	将手柄放于正确的深度 再按 START

附录 B 故障处理指导

MC-4 PORTAPROBE®仪器故障时，应将问题分出来，然后替换有缺陷的部件，只须使用附件工具即可进行部件的更换。

问题	行动
1. 显示空白，无嘟嘟声，键盘命令无响应	<ol style="list-style-type: none"> 1. 按后板上的主复归按钮 2. 电池放电完毕须要充电 3. 电池失效，须要更换
2. 现象同上，但电池已充满电	1. 更换主电子装配件
3. MC-3 可以运行，但在测量中密度读数无变化， $X_i=0.0$ ，显示Wet*	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换密度测量探头装配* 2. 更换导线 3. 更换主电子装配件
4. MC-3 可以运行，但含水率无变化， $X_i=0.0$ ，显示H ₂ O*	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换含水率测量探头装配* 2. 更换导线 3. 更换主电子装配件
5. 所有计数状态下显示Wet*，标准计数时， X_i 值超出极限	1. 更换密度测量探头装配*
6. 所有计数状态下，显示H ₂ O*，标准计数时， X_i 值超出极限	1. 更换含水率测量探头装配*
	协及重新定标、联系 CPN 维修处，以得到更多的信息
7. 测试中，仪器的把手位置虽然在正确位置，仍然响二声嘟嘟声，并显示 Bad depth put handle in proper Position and press START	<ol style="list-style-type: none"> 1. 对于连续现场应用，按 STEP+CAL，用 STEP 选至深度方式，用 ENTER 选定深度固定方式 (DEPTH: Fixed)，再按 CLEAR 2. 更换导管中的开关。
8. 屏幕显示“打印报告中” (“PRINTING REPORTS”) “转移报告中” (“DUMPING REPORTS”) 但实际却不发生打印或转移。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查菜单中的波特率是否设定合适。打印机通常可用 9600 波特，计算机则可选用 300, 600, 900, 1200 或 9600 波特 (位/秒) 2. 检查 RS232 串行口电缆接头，检查 25 脚插接头的第 2, 3, 7 脚，摇一摇插脚，有必要进查阅一下装置的使用说明或联系 CPN 修理中心
9. 打印及转移失败，屏幕中无 “PRINTING REPORTS” 或 “DUMPING REPORTS” 显示	记录存储中无内容了。可以接受新内容

附录 C

核子仪安装使用了哪些同位素放射源？操作、使用核子仪是否对人体有害？

CPN MC-3C 和 MC-4C 型核子仪是世界范围内应用最广泛的核子仪。这些仪器安装使用了两个微量的密封的放射源。

铯-137 (Cs137) γ 源，通过 γ 射线在土/骨料中的传播，测定材料的密度。

镅-241/铍 (Am-241/Be) 中子源，通过中子射线的衰减测定水分含量。

由于核子仪使用的密封放射源，只有可能对周围环境产生辐照 (Exposure) 或照射。但不可能产生污染 (Contamination)。即放射性物质不可能直接接触到任何物体，或是通过呼吸被吸入体内。所以核子仪运输箱中的任何其它物品，以及用于同核子仪一起工作的任何物品都不会有任何辐射。

核子仪安装了放射性元素，仪器的辐射安全是 CPN 公司首要考虑的因素。CPN 公司对每台核子仪安装的放射源都进行了严密的防护，防护装置和方法在各种严酷的环境中进行了严格的测评。两个放射源分别用两层不锈钢进行了严格的密封，可以抵抗高温和高压。密封以后的伽马放射源安装在仪器探杆的端部的容器中，进行了再次的保护。除非是用 CPN 特殊制造的工具，放射源容器不会从探杆上卸掉。CPN 公司使用的制造探杆使用的是一种特制的有高度防锈功能的钢材。无论施工和存储现场的条件多么潮湿和恶劣，CPN 仪器的使用的放射源从来没有因为探杆生锈而发生遗落和丢失。

核子仪内两个放射源在未加防护（放射源暴露）时，有以下剂量率：

放射源	辐射活性	剂量率（离放射源 1 米处）
Cs-137	10mCi	3.3mrem/hr
Am-241/Be	50mCi	<u>0.11mrem/hr</u>
		(总数) 3.41mrem/hr

当放射源的控杆处在安全 (SAFE) 位置时，Cs-137 放射源由重铅和碳化物防护。若仪器与操作者相距 1 米，操作者的人体接收的辐射剂量率为 0.5mrem/hr。工作人员伸长胳膊操作仪器，进行测试工作时，剂量率小于 0.5mrem/hr。测定仪用手提着时，整个人体的剂量率大约为 0.5mrem/hr。辐射大都发生在操作者的脚踝部位。根据以上数值和工作人员通常的工作时间计算，操作、使用核子仪，工作人员每周接收的总的辐射剂量大约是 6.0mrem。

国际辐射防护委员会（ICRP）规定，职业工人每年接受的辐射量不能超过 5rem(5000mrem)。以每年 50 个工作周计算，折合每周接受 100mrem 的辐射。核子仪使用人员每周接收的总的辐射剂量大约是国际标准每周可允许接收的 100mrem 的辐射的 6%。

所以，使用 CPN 公司的核子仪是安全的。操作人员不必因为使用 CPN 公司制造的核子仪而产生任何不必要的忧虑。CPN 公司四十多年总共生产并在全球范围内销售了各种型号的核子数万台。迄今为止没有任何用户因为使用 CPN 公司的产品受到身体伤害。没有任何 CPN 公司生产的仪器在任何情况下发生过放射源泄漏情况，即使在仪器不慎被施工机械碾压破碎的情况下，放射源的防护层都没有发生过破损。

美国 CPN 国际公司按照国际和有关国家的法规对放射源进行了严格的防护，使之符合安全要求。但是如果操作、保管人员使用不当，依然有可能导致危险。所以，仪器使用人员必须按照“尽量合理地减少辐射”（ALARA）的原则和以下 CPN 公司推荐的要求，正确、规范地使用仪器，保证自己和公众的安全。

ALARA (As Low As Reasonably Achievable “尽量合理地减少辐射”

ALARA 的含义是尽可能合理地降低辐射剂量。

不管法律限制是多少，操作人员及其雇主都应该用合理的方法，尽量降低辐射剂量。

操作人员可以通过以下三种途径降低辐射剂量：

时间—准确快速操作，不用时将仪器放回储藏室。

距离—不要离仪器比所需要的距离更近，用探杆把手移动仪器。

防护—充分利用制造厂家为您设计的防护措施。

二 000 五年一月。