徕卡最新数字水准仪 DNA03 和 DNA10

菲利克斯·施耐德、戴维·狄克逊，瑞士

关键字：水准测量，数字水准仪，感应，数据格式，软件

摘要：继 NA3003 和 NA2002 型水准仪之后，瑞士徕卡公司最新推出了数字水准仪-- DNA03 和 DNA10，这种仪器装备了新型感应系统，它利用经验证的相关原理来处理条形码标尺的信息。本文主要介绍 DNA03 和 DNA10 型数字水准仪的用户界面、测量系统、机载应用程序、数据格式和存储模式、以及水准测量的处理软件 LevelPak-Pro 和仪器的全新设计方案。

Leica Geosystems AG
Heinricch-Wild-Strasse
CH-9435 Heerbrugg
Switzerland
Tel：+41 71 727 31 31
Fax：+41 71 727 46 74

TS5.2 高程测定方法
菲利克斯·施耐德，戴维·狄克逊
徕卡最新数字水准仪 DNA03 和 DNA10
第二十二届 FIG 国际会议
美国，华盛顿，2002 年 4 月 19-26 日

徕卡最新数字水准仪 DNA03 和 DNA10

菲利克斯·施耐德、戴维·狄克逊，瑞士

1. 引言

徕卡公司于 1990 年推出了世界上第一台数字水准仪—NA2000 型工程水准仪，这种仪器在水准测量技术方面有了重大突破，即用崭新的理念识别条形码标尺。由于操作简单和工作效率高的特点，这种仪器很快被市场认可，并且在精度方面提出了更高的要求，于是 1991 年徕卡公司又推出了 NA3000 型水准仪。虽然 GPS 和其它相关的高程测量技术有了突飞猛进的发展，但是在坑道高程测量和高精度高程测量中，传统水准测量尤其是一等和二等水准测量仍占据着重要地位。为了满足市场对高精度数字水准仪的需求，徕卡公司推出了第二代数字水准仪。下面就对最新的数字水准仪 DNA03 和 DNA10 作简单介绍。

2. 仪器设计

2.1 设计背景

在继续使用现行条形码标尺的同时，对仪器的硬件和软件都采用了全新的设计方案。新一代数字水准仪在光学,机械设计及相关法处理信号上,采用同 NA3003 相同的技术。另一设计的策略是充分使用了 TPS 系列的成功技术，它综合了 TPS700 仪器的一体化电池技术（包括充电）、显示、键盘设计技术和数据存储、数据格式技术等。

新设计充分考虑用户使用上方便，现行的条形标尺同样适用于徕卡的新一代数字水准仪。对 TPS700 仪器熟悉的用户掌握新仪器会更快。

2.2 仪器外型

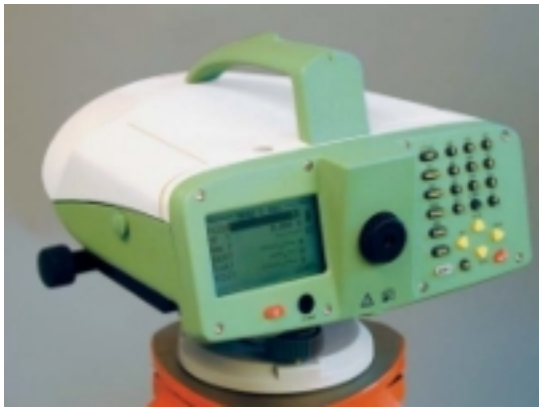


图 1 徕卡 DNA03

DNA03/DNA10 型数字水准仪最显眼的部件是其面板，它上面有一个 8 行的液晶显示器和数字、字母及功能键组成的键盘。

仪器的左侧有 PC 卡插槽。在仪器的两侧都设置有水平驱动螺旋。

仪器右侧的测量键被移到了中部，这样在按测量键时可使仪器的晃动减少到最小。

2．3 仪器的内部结构

DNA03 和 DNA10 型数字水准仪使用了磁阻补偿器，这样地球大磁体对非磁性的仪器补偿系统就没有任何影响。

DNA03 和 DNA10 型数字水准仪的圆水准气泡也做了较大改进，把气泡支撑台移到离望远镜筒底部更近的地方，这样就确保了在气温变化时的稳定性。

在捕获标尺影象方面，仪器采用了一种对可见光敏感的高性能最新 CCD 线形感应器。进入仪器的光线一部分用于光学测量（光路），另一部分被用于电子测量（CCD），由于电子测量用到的光谱属可见光范围，因此，在黑暗的条件下进行测量时，白炽灯等照明设备均可作为照亮标尺的光源。

3、测量系统

3．1 单一测量

单一测量的时间由三部分组成：1）等待；2）感光；3）粗相关和精相关。

1） 1 秒钟的等待时间是让补偿器稳定下来；

2） 感光时间需持续 0.5 秒（正常条件）到 1 秒（较差条件）左右。在这段时间里，仪器可完成 36 次扫描。

3） 粗相关和精相关一般需要 1.5 秒钟。

单一测量进行一次一般需要 3 秒钟。重复测量模式中，在第一次测量以后的每次测量时间会减少 1 秒钟，因为不再需要等待补偿器稳定下来。

3．2 电子测量的视场

粗相关和精相关时的视场角不同。粗相关时，测量距离是 50 米时的视场角是 2°，在最大测量距离 110 米处的视场角减小为 1.4°。精相关时的视场角是 1°的定值，当测量到标尺端点时，1°的视场角自动移到视场内可见到的条形码标尺。

因此，为了精确测量，在 1°的视场角范围内不要有任何遮挡，而 1°范围以外的遮挡不会影响测量精度。

3.3 测量模式

NA3003 的测量模式已被用户认可，DNA03 和 DNA10 数字水准仪含有同样的测量模式，即单一测量、平均测量、中间测量和预设标准差的平均测量模式。另外还增加了重复单一测量模式，这种测量模式与跟踪测量相比的不同之处是其每一次测量都是一个完整的单一测量。在使用这种测量模式时，用户可以随时发现和研究测量环境的变化趋势，当测量环境稳定后即可停止测量，同时把最后一次测量结果存储下来。

4、示窗和键盘

4．1 显示窗

DNA03 和 DNA10 作为第一部使用大屏幕显示的数字水准仪，它的操作面板上有一个每行 24 个字符，一共 8 行的显示窗口，其显示方法与 TPS700 相同。为了使徕卡系列仪器的操作保持一致性，DNA03 和 DNA10 数字水准仪的作业风格尽量与 TPS700 保持一致，但亦兼顾水准测量的特性。和 TPS 仪器一样，DNA03/DNA10 型数字水准仪也提供多种显示语言(包括中文)。

下例中结合测量的显示结果对该仪器的显示特点作一说明。

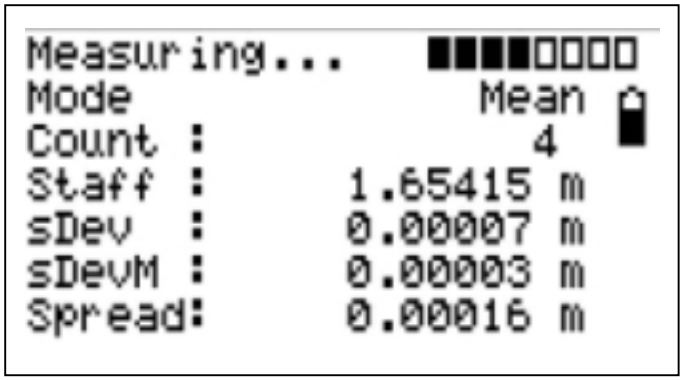


图 2 测量结果显示

所有的相关信息如测量次数、标尺实际读数、单一测量的标准差和平均测量的标准差、以及重复测量的离散值等都显示在该显示窗口。

4．2 键盘

键盘的结构与 TPS700 系列相似。



图 3 DNA03 和 DNA10 的键盘

定位键和确认键占据主要地位；功能键位于键盘的左侧；程序（MENU）和用户（FNC）

键的作用和 TPS700 仪器一样；

和 TPS700 仪器不同之处有：ESC 键被单列，便于快速退出；DATA 键被单列，便于快速进入数据管理模块。

5．数据存储

和 TPS700 一样，测量数据会自动以二进制的格式存储在仪器的内存中，内存的存储量大约是 6000 次测量成果或 1650 站的测量成果（后—前测量模式）。另外，存储在仪器内存中的测量数据还可以拷贝到 PC 卡中。当把数据拷贝到 PC 卡中时，用户可根据自己需要将二进制格式转换成可读的 XML 或 ASCII 格式。测量数据不能直接存储到 PC 卡中。把测量数据拷贝到 PC 卡的好处是便于将测量成果保存到个人存储设备中去或将测量成果发送到数据处理中心。

若不用测量存储卡，用户可以借助徕卡测量办公软件通过 RS-232 标准串行口将数据直接传输到 PC 机中，传输时用户同样可以选择存储格式。当把 PC 卡插入仪器时，用户可通过徕卡测量办公软件把数据文件从仪器内存下载到 PC 卡，同时还可以将数据文件从 PC 卡拷贝到仪器内存中去。

利用 PC 卡还可以存储控制点和放样点的坐标以及编码表，需要时可将这些文件内的数据传输给仪器。仪器还可同时使用 Flash 和 SRAM 存储设备，其容量不超过 32M。

6．机载应用软件

6．1 测量和记录程序

和 TPS 仪器一样，DNA03 和 DNA10 型数字水准仪也配有测量和记录程序。开机以后，仪器立刻进入后视测量或简单测量中对标尺重复读数状态。由于仪器的显示屏足够显示所有必须的测量信息，因此不再需要翻屏显示其它信息。

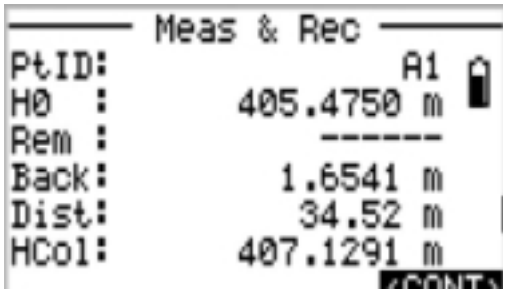


图 4　测量和记录的显示

和一个方向标尺（图中是后视标尺）读数的相关信息会立刻被更新，这里显示的是视线的海拔高。

在继续下一步工作之前，有足够的时间让操作者查看屏幕显示的信息。

6．2 线路测量模式

DNA03 和 DNA10 都有四种线路测量模式，即 BF、aBF、BFFB、aBFFB (乎合不同国家的水准测量规范)，在大多数情况下这些测量模式都是自动进行的。一般情况下，用户几乎不需按任何键系统会自动更新显示测量结果。

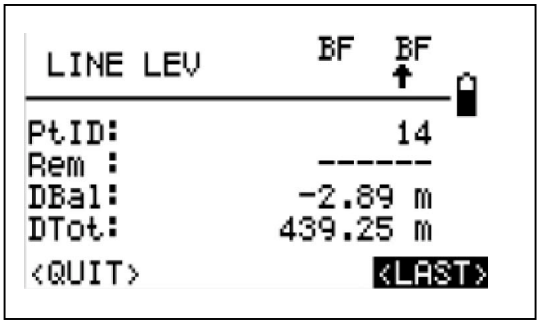


图 5 BF 线测量结果显示

在第一行用符号（如 BF）表示线路测量的模式，同时还用该符号表示了一对测站。图中箭头指向第二个 BF 表示当前的测站是偶数站，箭头指向 B 表示在本站上的下一个观测方向。测站指示的好处是自动显示测段的最后站是否偶数站。

距离差值表示前后距离差的累计值。

6．3 编码

DNA03 和 DNA10 型数字水准仪提供了三种编码存储方式。第一种是自由码方式，这种方式可在测量前也可在测量后存储编码；第二种是筒码（快速编码），这种编码可於测量前或测量后存储，但一般是和测量工作同时进行，每完成一次测量，用户必须在键盘上输入一个两位的数；第三种是在开始测量之前，在注记栏存储一个点码作为标识。

7．仪器性能

7．1 测量精度

一个很重要的问题是在 0—4.05 米的标尺范围内以及 1.8—110 米的测量距离内精度如何。借助现代模拟软件在全部测量范围内来模拟一些随即测量完全可以实现，如模拟仪器的粗相关和精相关精度等。图 6 显示了一些模拟实验结果。

图上是高程和距离的绝对误差分布情况，数据来自全部测量范围内的 1000 次随即测量；图下是偏离真值的移动平均值，每个点上进行了 100 次测量。

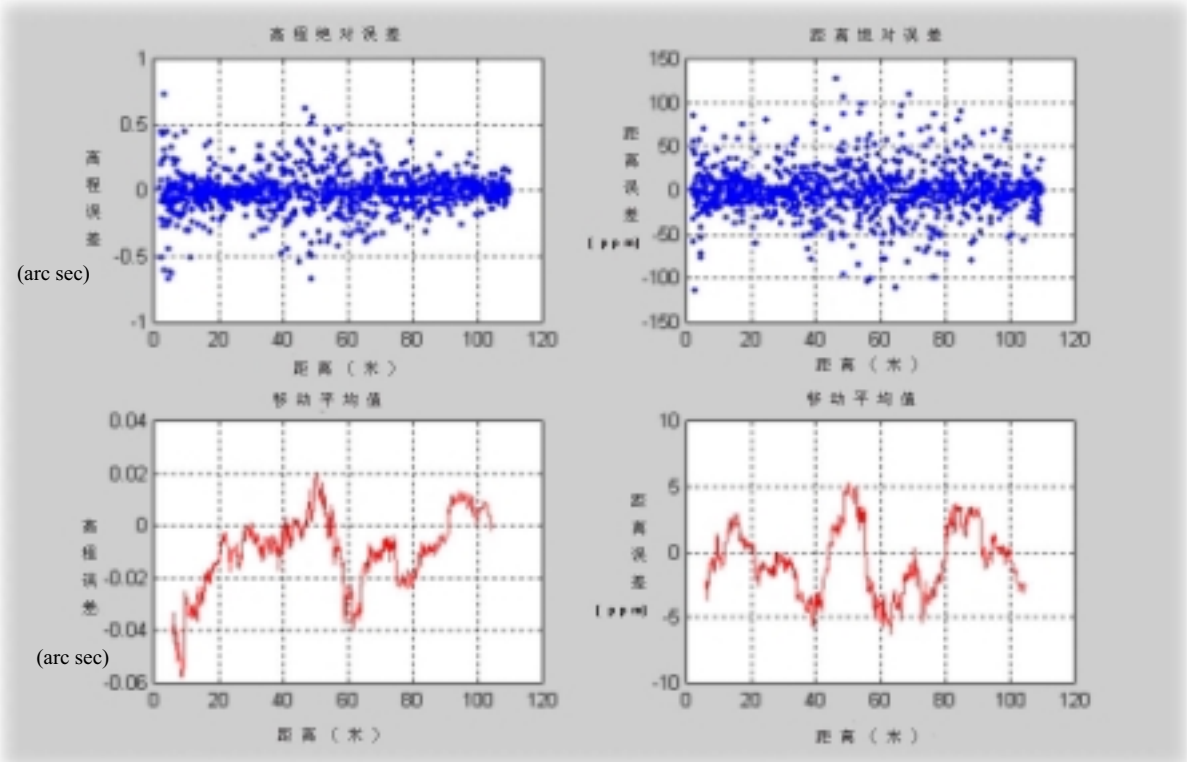


图 6 相关性能模拟实验

图下的移动平均值显示仪器有较好的相关性。如在距离是 50 米时的高程平均偏离值是+0.005mm(+0.02 秒)，在 10 米处的偏差是-0.003mm(-0.06 秒) 。距离误差在 1mm 以内，如 60 米时是-0.3mm，即-5ppm。

7．2 光线较暗情况下的仪器性能

在光线昏暗条件下距离的允许范围与 NA3003 相比有显著改进。在光线不好的情况下，DNA03 和 DNA10 感应器的敏感性比较稳定。高斯和莫西在 2001 年做了与 NA3003 仪器的比较实验，结果如图 7 和图 8 所示。

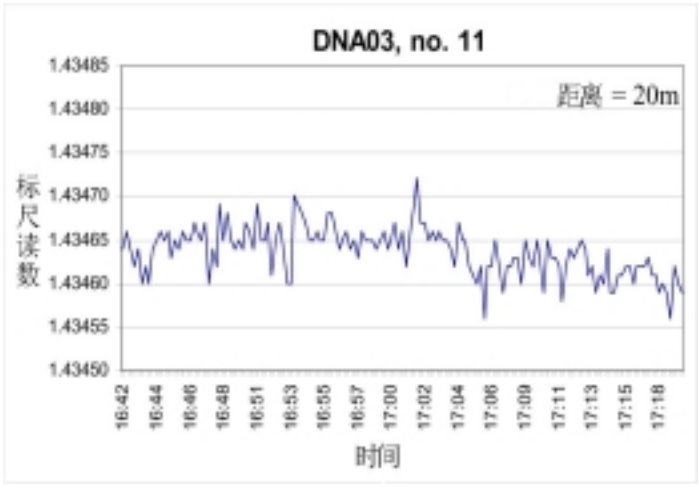


图 7　DNA03 在昏暗情况下的单一测量

图中显示即使在光线很暗的情况下测量值也保持较高的稳定性。



图 8 NA3003 在昏暗情况下的单一测量

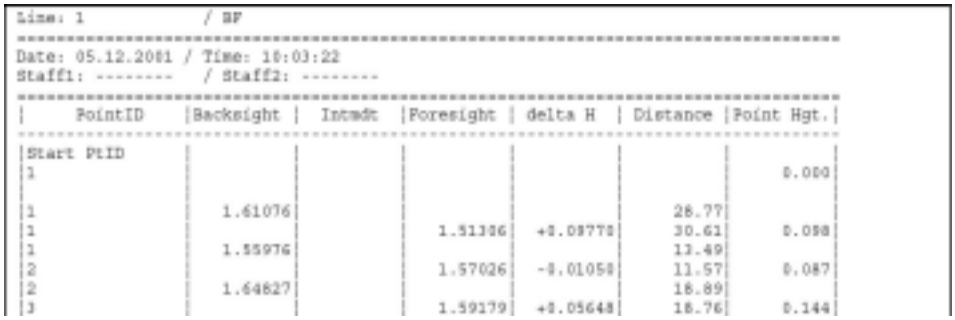
NA3003 很早就不能正常工作；光线越暗，测量结果的离散程度也越大，但其离散范围在 -0.1mm 与+0.1mm 之间。

8．数据格式

DNA03 和 DNA10 数字水准仪可存储的信息包括工作、线路、测量模式、校正、开始点、测量结果、目标点、测站结果等。一个测量数据块由 16 种以上的数据组成，这其中包括精相关的相关程度，从而为测量质素提供提标。

仪器可以将数据转换成多种格式，其中将 XML、GSI-8 和 GSI-16 作为标准格式，另外还允许输入三种用户自定义格式。用户自定义格式对于输出数据有较大的灵活性，即使像外业

记录簿的格式也能直接从仪器产生（参见后面的图 9 到图 11 的 BF 测量模式）。



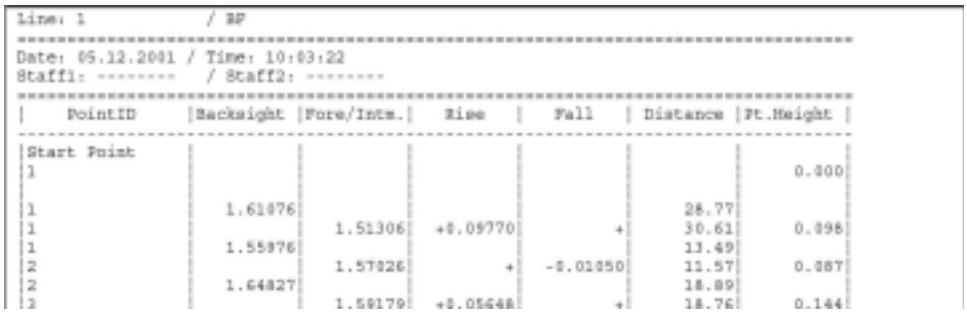
Line: 1 / BF

Date: 05.12.2001 / Time: 10:03:22

Staff1: -------- / Staff2: --------

PointID	Backsight	Intmdt	Foresight	delta H	Distance	Point Hgt.
Start PtID						
1						0.000
1	1.61076				28.77	
1			1.51306	+0.09770	30.61	0.098
1	1.55976				13.49	
2			1.57026	-0.01050	11.57	0.087
2	1.64827				18.89	
3			1.59179	+0.05648	18.76	0.144

图 9 用户自定义格式：野外手簿类型



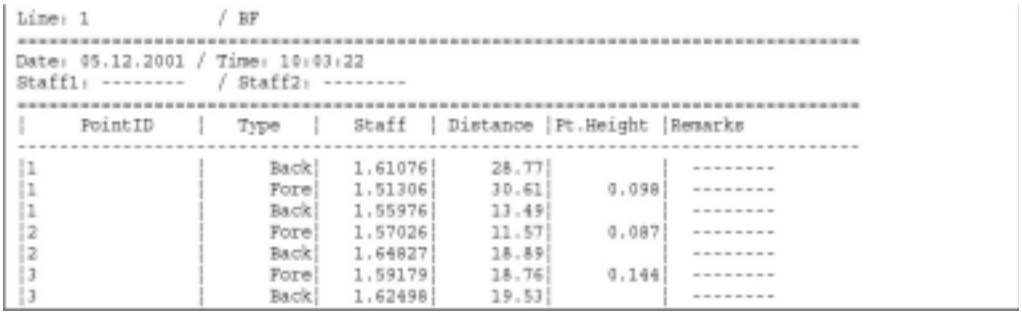
Line: 1 / BF

Date: 05.12.2001 / Time: 10:03:22

Staff1: -------- / Staff2: --------

PointID	Backsight	Fore/Intm.	Rise	Fall	Distance	Pt.Height
Start Point						
1						0.000
1	1.61076				28.77	
1		1.51306	+0.09770	+	30.61	0.098
1	1.55976				13.49	
2		1.57026	+	-0.01050	11.57	0.087
2	1.64827				18.89	
3		1.59179	+0.05648	+	18.76	0.144

图 10 用户自定义格式：升高-降低类型



Line: 1 / BF

Date: 05.12.2001 / Time: 10:03:22

Staff1: -------- / Staff2: --------

PointID	Type	Staff	Distance	Pt.Height	Remarks
1	Back	1.61076	28.77		--------
1	Fore	1.51306	30.61	0.098	--------
1	Back	1.55976	13.49		--------
2	Fore	1.57026	11.57	0.087	--------
2	Back	1.64827	18.89		--------
3	Fore	1.59179	18.76	0.144	--------
3	Back	1.62498	19.53		--------

图 11 用户自定义格式：列表类型

9．数据处理

LevelPak-Pro 是最新的数据处理软件其功能包括输入、处理、报告和输出等。LevelPak-Pro 能用 XML 格式从 DNA03 和 DNA10 输入数据，还支持徕卡公司的上一代数字水准仪所使用的 GSI 数据格式，这些数据输入后都被存放在功能强大的数据库中。一旦入库，用户就可以自由查看、编辑观测数据和工作详细资料，按相应键系统就会按距离或测站对水准路线进行平差处理。

在处理结果的基础上，用户可以利用 LevelPak-Pro 软件生成和输出结果报告，生成的报

告可以是水准路线的，也可以关于水准点的。系统产生的汇总报告包括所有处理参数和高程成果。用 PC 卡可以将处理结果传输给 DNA03/DNA10 数字水准仪，以便使用。

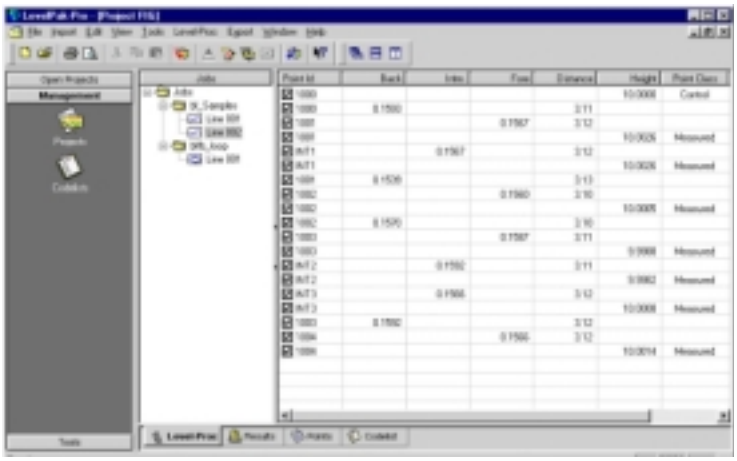


图 12 LevelPak-Pro，查看水准路线

10．结论

徕卡数字水准仪 DNA03 和 DNA10 开创了水准测量的新纪元，尤其表现在测量过程方面。独一无二的大屏幕显示和机载处理功能都使用户使用非常方便，仪器提供的多种数据格式为生成不同的数据结构奠定了基础，最新处理软件 LevelPak-Pro 保证了野外测量数据到高程 结果的快速和便捷。