



EMDCSS-CON 系统组成 伺服电机控制反压动态单剪测试系统 (EMDCSS-CON)

伺服电机控制反压动态单剪测试系统(EMDCSS-CON) 是进行单剪试验的首选设备。它不仅可以进行小应变（0.005%剪应变幅值）到大应变（10%剪应变幅值）的动态循环试验，还可以进行非常精确的准静态测试。它是具有最大测试量程范围单剪系统的最佳选择。

EMDCSS-CON 带有内置框架（如图所示），能够使系统组件更好的定位。

主要特点:

优点:

围压	可以对试样进行有效应力控制。可以进行饱和、B 检测、剪切盒真正意义上的排水和不排水单剪试验。EMDCSS-CON 也可以在非饱和条件下进行单剪试验。
主动高度控制	允许按照 ASTM D-6528 标准进行恒定高度控制，进行恒定体积测试。
多个轴向和剪切力传感器	这样设计使剪切力和法向力在线性导轨前测量，因此摩擦误差几乎可以忽略。
低摩擦限制环	当进行恒定高度/体积测试时，采用特制低摩擦限制环确保土样径向受到约束，来保证试样截面积不变 (k0 状态)。
数字控制伺服电机作动器	伺服电机作动器伺服电机作动器可以在 5Hz 下进行高达 $\pm 1\text{mm}$ 的测试，比同类的气动作动器具有更高的精度。单相电源供电意味着不需要外部噪声液压源或空压机，这与气动/液压系统相反。新数字控制系统允许更高精度的控制，提高了分辨率和最大速率。
高质量线性导轨	200mm 轴承用于高承载能力、高精度的线性导轨，不仅提高了系统的稳定性，确保剪切过程中顶盖的旋转范围最小，从而使测试成为简单剪切而不是旋转运动，而且还降低了摩擦力。这保证真正的单剪试验，无论在怎样的荷载条件下，端部旋转都最小。
机器刚度和顶帽稳定性	EMDCSS-CON 的设计从头到尾都考虑到机器的刚度，比先前的 EMDCSS 具有更高的固有刚度和顶帽稳定性。轴向顺应性特别受到关注，这对于高质量的动单剪测试至关重要。
高级控制系统	EMDCSS-CON 采用与 EMDCSS 相同的高级控制系统。2018 年底进行了全新升级，采用先进的数字电机控制，允许位置读数和控制在 0.000015mm (0.015 微米)。新的 ADVDCS 控制系统还包括一个复杂的柔度模型，用于自适应控制试验过程中试样的刚度变化。

技术参数:

尺寸:	整机: 1390mm x 480mm x 870mm。台面: 800mm x 480mm x 870mm
位移范围:	轴向 = $\pm 25\text{mm}$, 剪切方向 = $\pm 15\text{mm}$: 精度 = $<0.1\%$ FSO (实际上轴向范围是 $\pm 50\text{mm}$ 以便于装样, 实际测量的行程是 $\pm 2.5\text{mm}$)
位移分辨率:	24 位 (i.e. $\pm 20\text{mm} = <0.6\mu\text{m}$, $\pm 15\text{mm} = \pm <0.5\mu\text{m}$, $\pm 2.5\text{mm} = <0.1\mu\text{m}$)
荷载范围(kN):	5, 10 (更低的荷载也可以更加要求提供)
围压 (MPa):	2
工作频率 (Hz):	0 (静态) 到 5
供电要求	240V 或 110V 50/60Hz 1 ph
试样尺寸(mm):	50, 63.5, 66, 70, 100.
Weight: Standalone / Desktop:	300kg (包括控制器/数据采集仪) / 245kg (仅主机)

可选配件:

垂向弯曲元	66mm
-------	------

加载架:

- 0 ~ 5Hz 工作频率
- 5kN 加载范围

施耐德电机控制:

- +20mm 剪切位移
- +40mm 轴向位移

电源:

- 240V or 110V / 50/60Hz / 单相



GDSLAB 控制采集软件

注: 通过USB与PC连接

局部LVDT:

- $\pm 2.5\text{mm}$ 轴向LVDT
- $\pm 10\text{mm}$ 水平向 LVDT

数据采集:

- 多轴动态控制单元
- 高级24位8通道数据采集仪
- 控制频率每循环高达1000个点
- LEMO插头连接

传感器:

- 法向和水平向荷载传感器
- 孔压和围压传感器
- 水平向和法向LVDT
- 气压控制



压力控制系统

- 2MPa 气体围压控制器
- 2MPa 高级/标准反压控制器

可以进行如下试验: 确保符合 ASTM D-6528 标准和 NORSOK 规范。动单剪试验是这一系统的主要用途, 还可以进行静态单剪试验、多级测试、低频循环/蠕变测试、用户自定义波形测试 (每个轴可以使用单独的波形), 固结和恒定刚度测试。

升级选项: 弯曲元升级, 用于测量 P 波和 S 波, 传感器当地标定组件和非饱和土测试

它是如何工作的?

通常单剪试验采用圆柱形试样, 侧向受到低摩擦限制环约束, 以保证截面积不变。通过动态主动高度控制, 保持轴向位移恒定, 当剪切荷载施加时允许试样排水, 确保常体积状态。

在 EMDCSS-CON 中, 试样被限制在一个压力室中, 因此可以使试样完全饱和, 并且在恒定高度、轴向载荷或恒定法向刚度条件下, 进行真正的控制有效应力的不排水试验。试样饱和时侧向受到约束, 或者在真正意义上的不排水条件和侧向约束联合使用。

EMDCSS-CON 动单剪测试系统允许主应平滑连续旋转 90 度。模拟主应力轴旋转功能在诸多岩土工程问题中都很常见, 包括地震荷载。

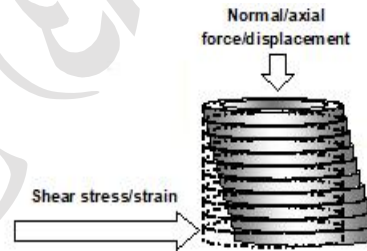
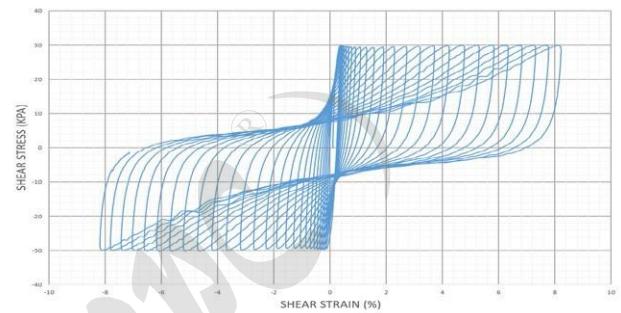


图 1 常见剪应力 (kPa) v 剪切应变 (%) 曲线和单剪应力状态示意图

单剪测试系统可以直接研究排水和不排水条件下剪切应力和剪切应变关系 (见图 1)。单剪试验用于海底结构、滑坡和地震性能研究。此外, 动态循环剪切能力允许研究在单剪条件下的阻尼比和液化。

超高刚度框架结构

GDS EMDCSS-CON 系统设计用于单剪测试, 可以获取极高的测试性能, 消除了其他单剪系统本身的变形。EMDCSS-CON 设计时尽可能提高刚度, 这是单剪试验系统的一个重要特征, 数据的质量好坏受顶帽和基座导轨控制。尽管基座导轨已近乎完美, 如果系统的柔度过高, 测试结果将受到影响, 这是由于顶帽的移动将影响试验结果。

EMDCSS-CON 系统采用深支撑梁安装线性导轨, 及机器前部的两个不锈钢支柱以进一步支承系统, 从而实现超高的刚度。所使用的线性导轨对机器承受的荷载有非常保守的估计, 这也进一步增加了系统的刚度。

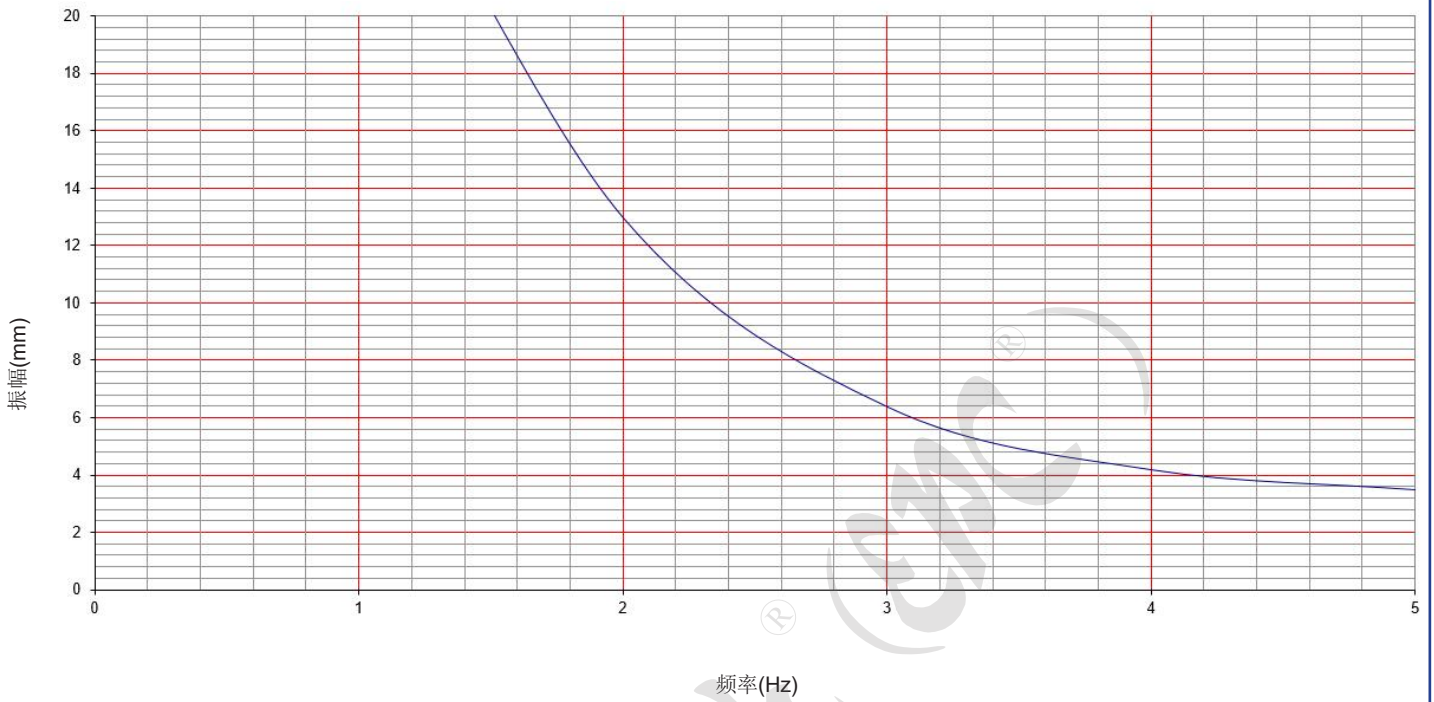
抽真空试样制备组件

GDS 提供了试样成型器用于很方便的制备非粘性土。模具围绕限制环, 并使用真空泵将膜紧紧地吸到环上使试样制备变得容易且准确。该模具适用于 EMDCSS-CON 的所有试样尺寸。



图 2 施加于试样上的剪切荷载

典型的系统性能、显示频率和振幅 (剪切方向)



频率 (Hz)	基准值为 0 kN	
	幅值 (mm)	双幅值 (mm)
0.1	15	30
0.2	15	30
0.5	15	30
1	14	28
2	6.5	13
3	3.2	6.4
4	2.1	4.2
5	1.75	3.5

试验结果示例

下图所示为典型的动态单剪试验结果。这些试验是对级配良好的砂在 1Hz 条件下完成的。图 4 可以清楚看到孔压（根据正应力跌落计算所得）的增加，在第 10 个周期左右发生破坏。此时，剪应变幅值显著增加，而剪应力幅值始终保持不变（图 5 和图 6）。最终，动态测试过程中从恒定体积系统得到的法向应力也会跌落（见图 7）。

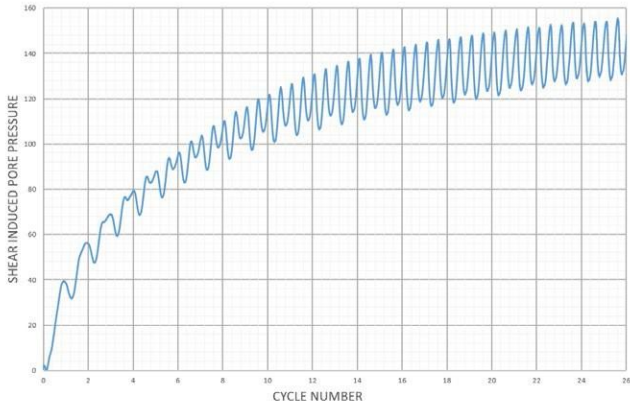


图 4 等效孔压上升

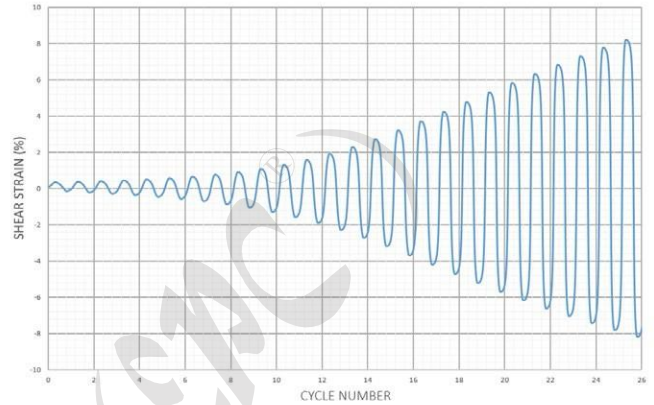


图 5 达到破坏时的剪应变

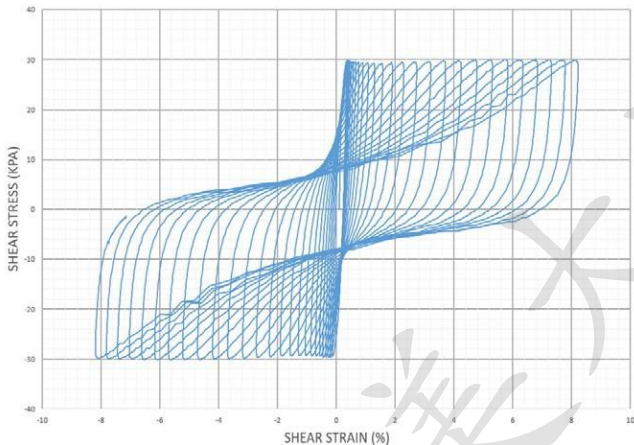


图 6 剪切应力 vs 剪切应变

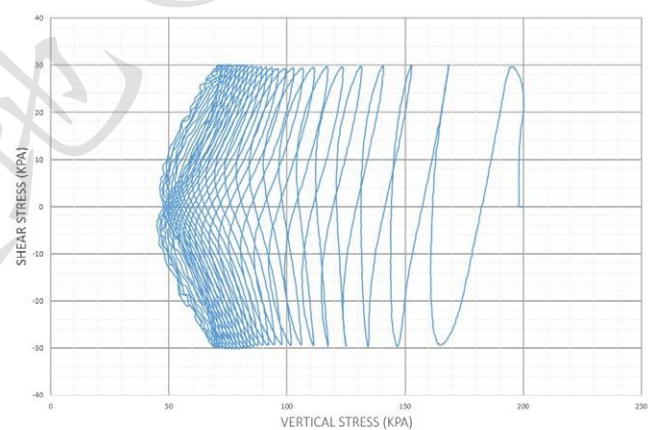


图 7 剪切应力 vs 轴向应力

GDS 剪切力传感器

GDS 剪切荷重传感器设计用于直接测量作用在试样上的剪切荷载，其位于顶帽和轴向作动器之间，剪切荷重传感器消除了系统摩擦引起的测量误差，否则也会被记录而影响试验结果。

弯曲元升级

弯曲元可以在 EMDCSS 上所有尺寸的顶帽和底座上实现。由于试样高度较小 (20mm)，传播时间也会比较短，这就需要更高的数据采集频率。对于 20mm 高的土样，假设土样波速为 400m/s，其传播时间为 0.00005s 或 0.05ms。GDS 弯曲元系统以每秒两百万样本的速度读取数据，读取间隔分辨率为 0.0005ms，在总传播时间内可以采集 100 个数据点，足够用于确定波速。如果数据采集频率低于每秒两百万样本，将会引起分辨率误差。

剪切局部 LVDT

EMDCSS-CON 顶帽可以改造，将局部 LVDT 用于此系统，获得额外的剪切应变测量。LVDT 直接安装在一个连接在顶帽上的支架上。然后测量基座的平坦表面。传感器连接到 EMDCSS-CON 的数据采集系统上 (DCS)。LVDT 升级适用于所有试样尺寸。



图 8 安装于顶帽上的局部 LVDT

非饱和土试验升级

EMDCSS-CON 可以升级进行非饱和土试验，增加一个气压控制器和非饱和底座。推荐在这个仪器上使用非饱和土方法 A。GDS 气压控制器作为一个气压源，见图 9。



图.9 GDS 气压控制器

GDSLAB 控制软件

GDSLAB 控制和采集软件是一款非常先进且灵活的软件，内核模块为必备模块，只具备数据采集功能，其它试验模块可以根据需要选择。

目前可选模块如下：

- 简单剪切 (静态和动态)测试
- 高级加载测试
- 非饱和土测试

GDSLAB 软件可以配置硬件，无论安排如何独特。创建文本文件(*.ini)或初始化文件，描述与 PC 的硬件连接。硬件布局可通过 GDSLAB 的‘object display’以图形形式显示。这使得设置和检查设备连接变得非常简单(见图 10)。

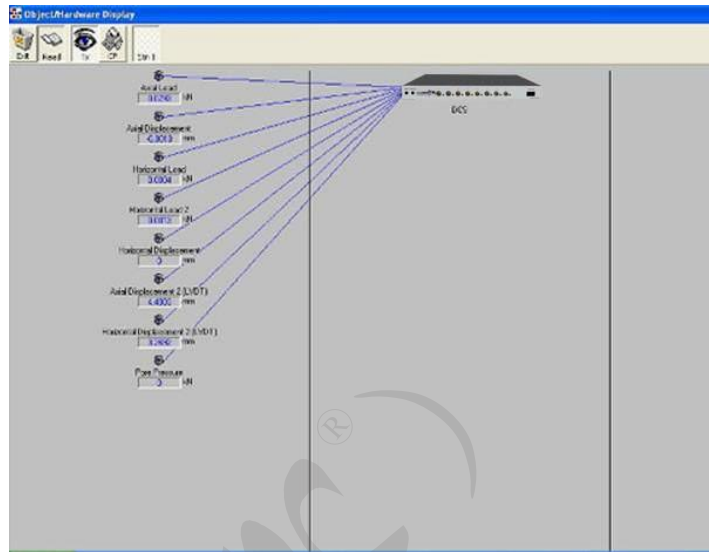


图 10 ADVDCS V2 控制 EMDCSS-CON 的图形界面

GDSLAB 动单剪测试模块

- 易于进行动态单剪试验和简单剪切测试的界面
- 可以按照正弦波控制轴向位移、轴向力、剪切位移或剪切力
- 可以每 N 个循环存储一次完整的循环数据，N 值由用户定义
- 控制数据可以实时显示
- 每个循环可保存 1000 个数据点
- 内置波形：正弦波、三角波、方波和半正弦波
- 自定义波形使用 1000 个点的 ASCII 文件

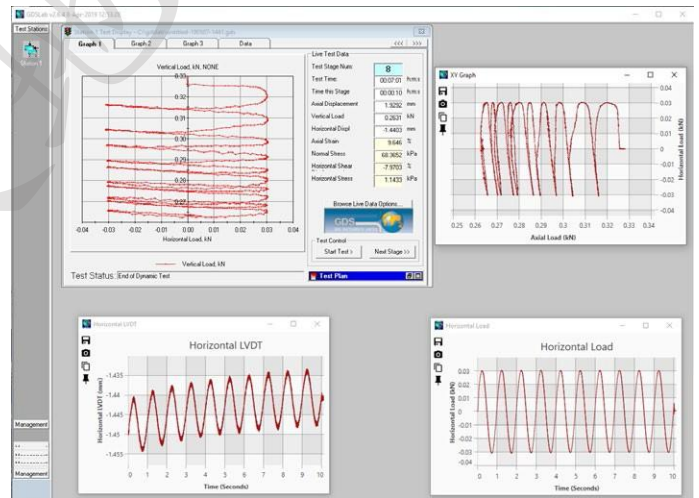


图 11 所示为 GDS 动单剪测试模块，使用新的 ADVDCS V2 控制系统

ADVDCS v2 高速数据采集仪，用于 EMDCSS-CON 系统



概述: ADVDCS v2 是专门为岩土工程测试开发的现代高速数字控制和采集系统，是 GDS 系列设备的首选，通常配备于先进的动态测试和控制系统中。ADVDCS v2 完全由 GDS 工程师团队设计和开发。

ADVDCS v2 是一款基于现代、高速 32 位内核处理器，包括 8 个同步采样 24 位模拟输入通道，用于连接 GDS 的各种传感器。高速数字总线技术允许传感器数据的实时采集，使其成为高速数据采集的理想选择。ADVDCS v2 支持全数字伺服电机和液压作动器，允许精确和无噪音的作动器控制。

ADVDCS v2 是 GDS 研发高精度动态控制的直接成果，包含机器学习算法，可实时适应试样柔度的动态变化，从而提供对整个机器性能的卓越控制。

技术参数:

PC 连接端口	USB
采集通道	8 个模拟+ 1 个正交通道
控制通道	2 个（模拟或数字通道）
扩展能力	x4
最大通道数	可达 32 个模拟通道 + 4 个正交通道，用于同步数据采集
采样频率	5kHz
分辨率	24 bit, 16,777,216
增益范围	8 (用户在软件中设置)
描述	高级动态采集和控制系统
电压分辨率	~ 0.000001 mV (1 纳伏)
电压输出类型	全差分、平衡精确输入，带集成信号处理
传感器激励电压	差分，固定精度 +/-5V，独立（不同轴），比例式激励
输入范围数	每个通道有 8 个独立可选范围，从(-10...+10mV) 到 (-10...+10V)
励磁电流	是 -可以监测传感器电流-提醒用户断开连接的传感器
激励/传感器报错检测	过电压、过流、传感器没连接
激励容错	每个通道独立，一个通道短路，其他通道可继续正常运行
电流输入模式	是 -通过电阻安装在电缆终端(可以不同的范围)
测量范围	-10mV...+10mV 到 -10V...+10V，用于平衡差分信号
传感器标定	线性、多项式和自定义传感器校准
数据采集选项	数字滤波用于降噪
数字控制	1kHz 32-bit 浮点控制回路
模拟控制	可以控制数字和模拟电机驱动
柔度估计	实时试样柔度估计
自适应控制	自适应力和应力控制
自定义波形	自定义波形控制，每个循环最大可达 16000 个点
试样接触	自动试样接触
显示和监测	GDSLab 数据采集、USB 接口、高分辨率实时图形
软件	GDSLAB
系统特征	200MHz，双核 ARM Cortex-M4 CPU，32 Bit 架构，板载闪存，480Mbit/s USB 连接
最低系统要求	操作系统: Windows 7 或更新的, CPU: 不低于 1.5 GHz, 内存: 2 GB, USB 2.0



GDS 已为全球排名前 50 中超过 86% 的大学供应设备:

根据“QS2020 全球大学排名”榜单，GDS 已为全球排名前 50 中超过 86% 的大学供应设备，尤其是在土木和结构工程领域。

GDS 也和许多商业实验室进行合作，主要包括加拿大 BGC、Fugro、GEO、Geolabs、Geoteko、Golder Associates、Inpijn Blokpoel、Klonn Crippen、MEG Consulting、Multiconsult、Statens Vegvesen、NGI、Ramboll、Russell 岩土科技有限公司、SA Geolabs、SGS、Wiertsema 等。

TOP 50

你会向你的朋友、同事、合作伙伴推荐 GDS 产品?

100% 的客户会回答“YES”

交货后 GDS 会就产品的运输、安装（如果适用）、技术资料、设备和总体满意度等向客户进行问卷调查，该项工作已持续 2 年。



在英国制造:

所有的 GDS 产品的设计、生产和装配都在英国进行，发货前产品质量可以严格保证。

GDS 是由 ISO9001:2015 认证通过的，该认证适用于与“室内和现场试验设备”相关的质量管理体系。

40 YEARS OF
BRITISH
INNOVATION



延长质保服务:

所有的 GDS 产品都有 12 个月的质保期，除标准质保期外，GDS 还提供 12、24、36 个月的延长质保期服务，客户可在前 12 个月质保期内任何时间进行购买。



GDS 调试培训:

所有的调试和培训都有专业的技术工程师，销售期内每个订单都会分配相应的 GDS 工程师，在发货前确保产品质量。购买设备后，会在现场进行设备调试并进行客户培训。



技术支持:

GDS 拥有自己的售后服务中心，可为客户持续提供售后支持。此外，GDS 还通过其他方式提供技术支持，如远程 PC 支持、产品操作手册、视频教学录像、邮件和电话支持等。

