Hydrosteel 6500

仪器用户手册 V1.0



Pioneering Gas Sensing Technology.

ionscience.com

在线注册您的仪器以延长保修期

感谢您购买 ION Science 仪器。

您的 Hydrosteel 6500 标准保修期为一年。

如需享受延长保修，您必须在购买后一个月内在线注册您的仪器（受相关条款和条件约束）。

请访问 www.ionscience.com

符合性声明 ..... Error! Bookmark not defined.
声明 ..... Error! Bookmark not defined.
使用责任 5
警告 6
标签参数 7
质量保证 8
校准设施 8
法律声明 8
重要安全指南 **8**
永久安装 9
装箱单 **9**
Hydrosteel 6500 组件 **10**
Hydrosteel 6500 简介 **11**
工作原理 12
部署模式 15
初步评估 **17**
应用注意事项 17
测量地点注意事项 17
设备注意事项 17
系统组装与调试 **18**
漫游探头（LR、SR）点测程序 **19**
使用漫游式探头测量高温腐蚀时的特殊注意事项 20
固定式探头（AT-S、HT-S）点测程序 **21**
分析仪操作菜单 **23**
基本操作原理 23
主菜单 24
数据记录操作 28
Hydrosteel PC 软件 **30**
简介 ..... Error! Bookmark not defined.
设置 30
设置仪器时钟 31
数据处理 31
升级 Hydrosteel 6500 固件 31
校准 **32**
电池充电 **33**
常规维护 **33**
分析仪维修与保养 33
LR 探头板更换 34
SR 探头板更换 37

清洁 38
连续通量监测指南。 39
适合进行熔剂测量的位置 39
涂层、锈迹及表面状况处理 39
钢材类型 40
钢材几何形状 40
钢壁完整性：分层和起泡 41
磁通量通过壁体的散射 41
AT-S和HT-S探头的安装 42
仪器保修与服务 45
Hydrosteel 6500 技术规格 47
故障排除指南 48

符合性声明

制造商 Ion Science Limited 的欧盟授权代表承担全部责任，保证在本产品随附本声明投放市场之日，该产品符合所列指令的所有技术和法规要求

授权代表：	ISM Deutschland GmbH · Laubach 30 · D-40822 梅特曼，德国
产品：	Hydrosteel 6500
产品描述：	氢通量腐蚀监测仪
指令：	ATEX 指令 (2014/34/EU) 电磁兼容（EMC）指令（2014/30/EU）
防护类型	
（单端口和4端口仪器）：	Ex II 1 G Ex ia IIC T4 Ga
（单端口仪表）：	Ex I 1M Ex ia I Ma
温度范围	正常工作 (-40⁰ C ≤ Ta ≤ +60⁰ C) 充电 (-40⁰ C ≤ Ta ≤ +45⁰ C)
单端口无阀门。	正常 (-20⁰ C ≤ Ta ≤ +60⁰ C) 充电 (-20⁰ C ≤ Ta ≤ +45⁰ C)
四通道带阀。	
证书编号：	SGS19ATEX0060X IECEx BAS 19.0049X
指定机构：	SGS Fimko 0598
标准：	
EN 60079-0:2018	适用于爆炸性气体环境的电气设备。一般要求
EN 60079-11:2012	爆炸性气体环境。本安型“I”设备保护

EN 61326-1:2013	用于测量、控制和实验室用途的电气设备——电磁兼容性要求。第1组、B类设备——（仅限发射部分）
EN 61326-1:2013	用于测量、控制和实验室用途的电气设备—— 电磁兼容（EMC）要求——第1部分：一般要求 基本环境——（仅限抗扰度部分）
EN 55011:2009 (+A1)	用于测量、控制和实验室用途的电气设备——电磁兼容（EMC）要求。工业环境抗扰度——（仅抗扰度部分）
EN 61000-3-2:2014	电磁兼容性（EMC）——第3-2部分：限值——谐波电流发射限值（设备每相输入电流≤16A）
EN 61000-3-3:2013	电磁兼容性（EMC）——第 3-3 部分：限值——公共低压供电系统中电压变化、电压波动和闪变的限制，适用于额定电流每相 <16A 且不受条件连接限制的设备
EN ISO/IEC 9001:2015	质量管理体系——要求
EN ISO/IEC 80079-34 :2011	潜在爆炸性环境——质量体系的应用

姓名： 克莱门斯·A·维尔利　　**职务：** 首席执行官

签名： 　　**日期：** 2021年1月19日

声明

使用责任

Hydrosteel 6500 熔剂监测仪提供的熔剂读数需经人工解读。若因使用不当导致人员伤亡或财产损失，Ion Science Ltd 概不承担任何责任。

本手册所述气体检测设备性能不足的情况未必显而易见，因此必须定期对设备进行检查和维护。Ion Science 建议负责设备使用的人员建立定期检查制度，以确保设备在校准限值范围内运行，并保留记录校准检查数据的记录。设备应按照本手册的规定使用，并符合当地安全标准。

- 用户在特殊环境下使用 Hydrosteel 之前，应联系制造商。
- 在靠近腐蚀性物质的环境中使用 Hydrosteel 之前，用户应联系制造商。

警告

1. 标签上的“X”表示：

   1.1 仪器正面使用的快速接头。

   管接头周围的环形边框由铝制成，必须防止其受到可能引发火灾的撞击或磨损。

   1.2 仪器前面的 USB 连接器和 USB 飞线盖。

   USB 连接器和 USB 飞线盖均采用铝制外壳，必须避免受到可能引发火灾的撞击或磨损。飞线盖的固定端螺柱由不锈钢制成。

2. 旧款铝制探头手柄不得用于 6500 仪器，请仅使用不锈钢探头手柄。

3. 在安装、操作或维护

   Hydrosteel 6500 仪器进行安装、操作或维护之前，请务必通读并充分理解本《用户手册》。

4. 在对 Hydrosteel 6500 仪器进行任何类型的维护之前，请确保您身处非危险区域。

5. 在环境温度不超过 60 ºC 的情况下，可在本安区域或非危险区域使用以下指定电源，以 100 mA 的电流对电池进行充电：

   Pepperl & Fuchs KFD0-SD2-Ex1.10100 和 Ion Science 10 V 限压器（产品编号：6500133）。

   Hydrosteel 输入要求：U_i = 10 V I_i = 271 mA P_i = 1.152 W C_i = 0 µF L_i = 0 µH。

   互连电缆（IIC 组）的最大允许参数：C_c = 3 µF L_c = 484 µH 或 L_c / R_c = 33 µH / Ω

6. 在非危险区域充电的电池，其环境温度不得超过 45 ºC。

   使用 ISL 提供的 230 Vac 主电源，输出 10 V 和 0.5 A，以获得最大充电速率

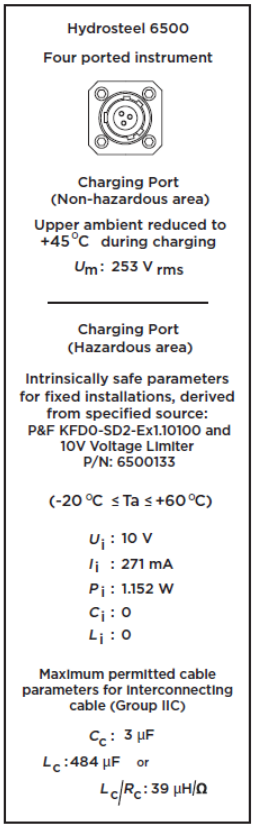
7. 更换组件可能会损害本安性，并导致不安全的情况。

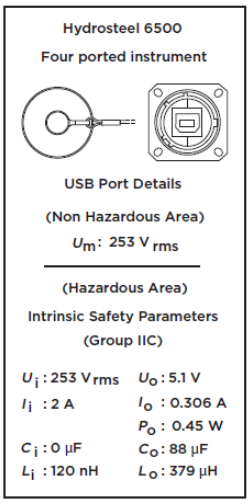
8. 出于安全原因，Hydrosteel 必须仅由合格人员操作和维护。

9. 如需了解本产品本安特性的任何方面，请参阅证书，或联系 Ion Science Ltd 或您当地的 Ion Science Ltd 代表。

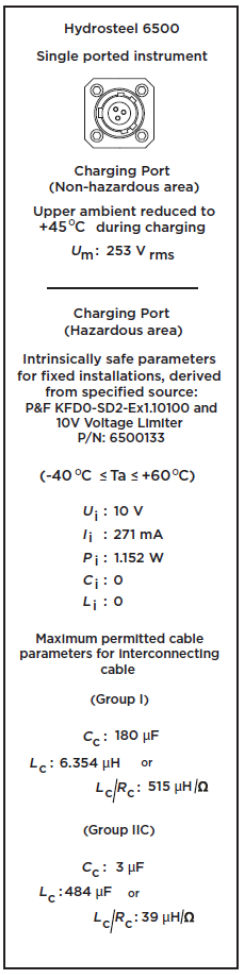
标签参数

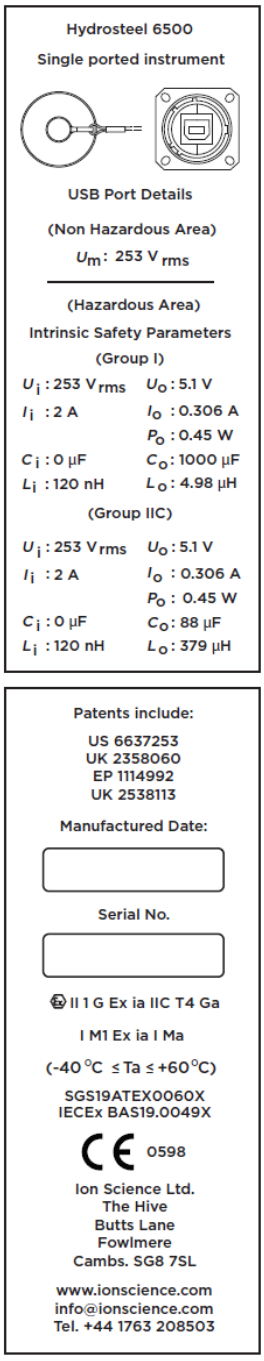
四气体端口仪器





单气体端口仪器





质量保证

Hydrosteel 6500 由 Ion Science 在受控环境下制造，符合要求的认证本安标准。

废弃处理

请按照所有地方和国家的安全及环境要求处置 Hydrosteel 6500 及其组件。这包括欧洲《废弃电气和电子设备（WEEE）指令》。Ion Science Ltd 提供回收服务。如需了解更多信息，请联系我们。

校准服务

Ion Science 有限公司提供校准服务，包括出具校准证书，所用设备均可追溯至英国国家标准。

法律声明

尽管我们已尽一切努力确保本手册所含信息的准确性，但 Ion Science 对任何错误或遗漏，或因使用本手册所含信息而产生的任何后果概不承担责任。本手册按“原样”提供，不附带任何明示或暗示的陈述、条款、条件或保证。 在法律允许的范围内，Ion Science 对因使用本手册而可能造成的任何损失或损害，不向任何个人或实体承担责任。

我们保留随时且无需任何通知删除、修改或变更本手册中任何内容的权利。

重要安全指南

有关安装要求，请参阅本手册中的“安装与技术规格”部分。在进行安装之前，请仔细阅读并充分理解本用户手册；若在危险区域（IS）进行安装，请同时参阅 Hydrosteel 6500 本质安全认证以获取更多详细信息。

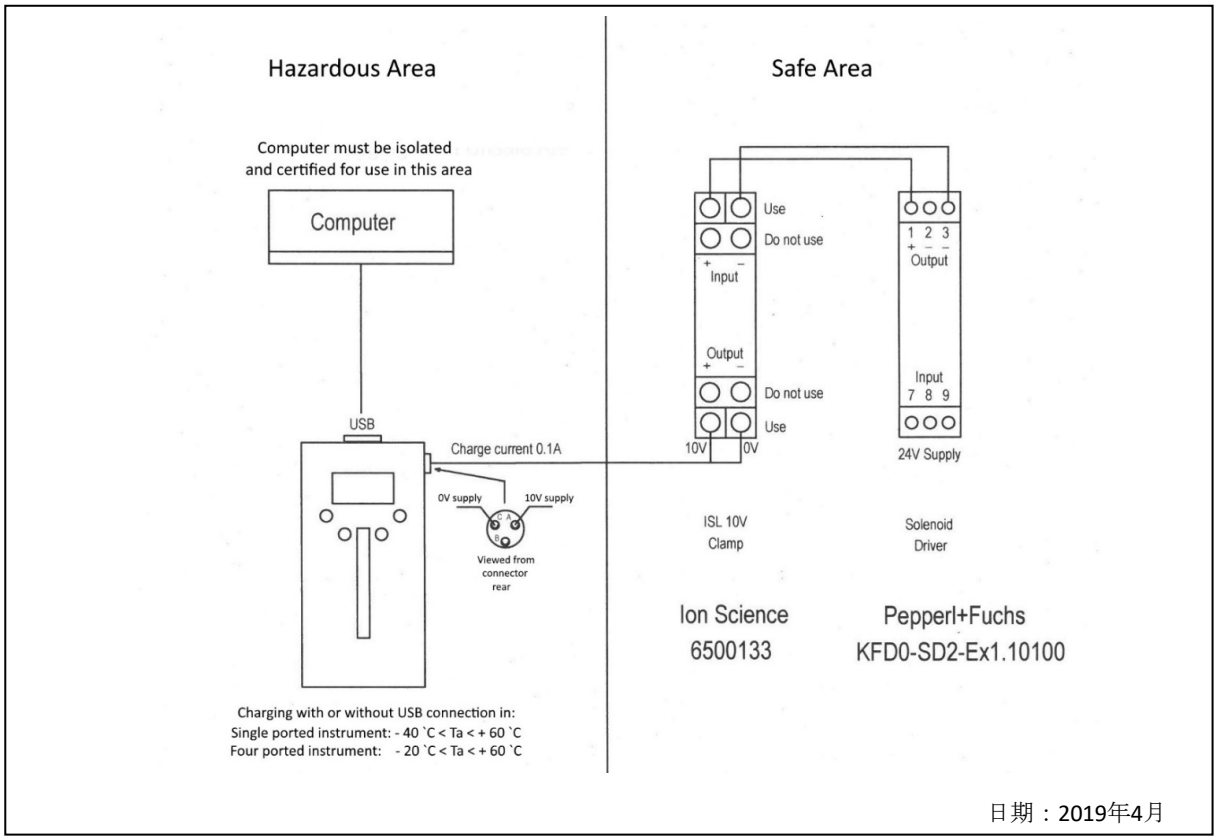
该安全等级允许其在所标注（或要求更低）等级的所有危险区域内使用。安全等级标注在仪表侧面板上。

Hydrosteel 6500 需要定期进行现场校准：更多信息请参阅“校准”章节。

本设备可进行永久安装，具体使用需遵循 Ion Science 的进一步指导。不过，出于认证目的，基本要求如下。

如果仪器处于完全放电状态下连接电源，使用下文“*永久安装*”部分所述的 100 mA 10 V 本质安全电源，完全充电大约需要 80 小时。如果仪器正在进行数据采集，充电时间将相应延长。在非危险区域使用随附的 0.5 A 10 V 充电器充电，从完全放电状态开始最多需要 16 小时。

永久安装



任何永久安装均应按照仪器所在区域的当地法规进行布线。

装箱单

项目	描述		数量	
1	Hydrosteel 6500 显示器			1
2	皮质便携包		1	
3	填充泡沫的硬壳箱和泡沫板支架	1		
4	带配套LR测板的大范围（LR）探头		1	
5	带安装好SR板的SR（小范围漫游）探头			1
6	备用LR板		1	
7	备用SR板		2	
8	1 米导管			1
9	2米导管			2
10	3 米导管			1
11	探头拆卸内六角扳手			1
12	大号扳手		1	

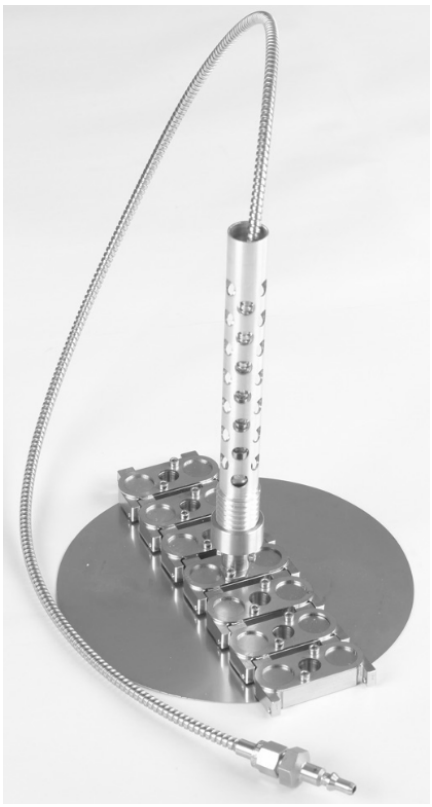
13	小号（8毫米）扳手		1
14	背景/开放式燃气口适配器	1	
15	USB 数据线		1
16	充电电源适配器（10 V）	1	
17	电源适配器电源线（IEC C7）	1	
18	本手册		1

Hydrosteel 6500 组件

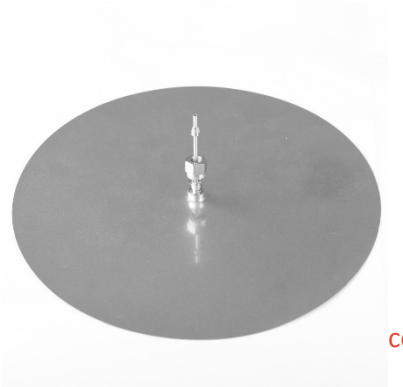


带皮套的Hydrosteel 6500显示器

带导管的 LR 探头。







示例导管

LR探头板



8 毫米扳手

大号扳手



SR 探针板

2 毫米内六角扳手

SR探头

Hydrosteel 6500 简介

Hydrosteel 6500 是一款本安型仪器，用于测量在腐蚀性环境中使用的钢管和容器中的氢通量。该通量可指示活跃的腐蚀状况，以及导致这些有害过程的具体情况，并有助于制定相应的控制措施以减轻其影响。该仪器还用于监测氢烘烤过程。

Hydrosteel 仪器具有两种工作模式：

A. 点位通量测量。
B. 使用一至四个固定探头监测氢通量。

这种双重功能可用于，例如，定位几个腐蚀“热点”，随后对这些热点进行数天或数周的监测，从而确定最佳的腐蚀控制方法。

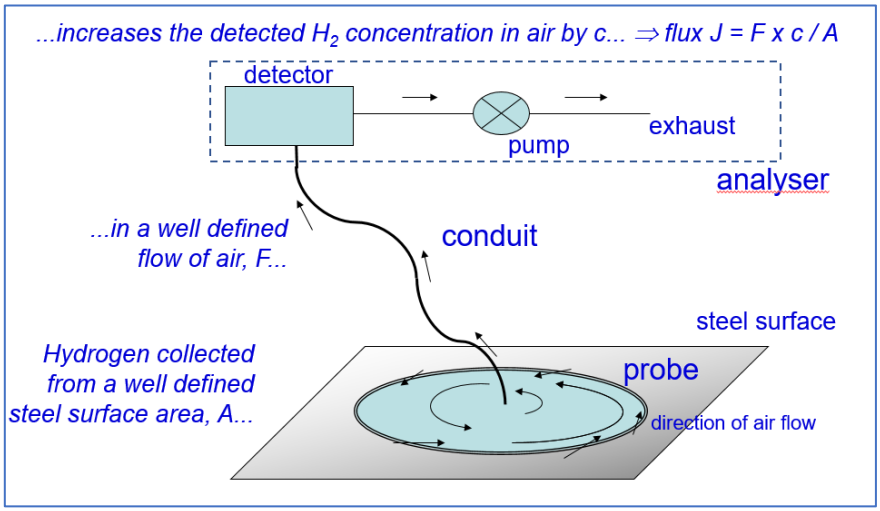
在巡检模式下，仪器会从四个可用气口中的一个预选气口连续抽取空气样本。该气口通过一条1.5米长的柔性导管连接到两个可磁吸式移动探头（SR和LR）中的一个。通常，仪器操作员会在多个位置连接探头。 这些位置可能分布在大型设施中，也可能局限于单一位置，例如仅限于正在腐蚀的管道或容器。在此模式下，仪器和探头可方便地收纳在随仪器提供的仪器箱中。

在固定监测模式下，最多可将全部四个气体端口用于监测来自最多四个相应探头的磁通量。探头（HT-S 和 HF）通常通过绑带固定在待测金属表面上。导管长度可达 10 米；如果仪器监测时间超过几天，则很可能需要使用绑带将仪器固定在站台或立柱上。

Hydrosteel 6500的设计可实现至少一年的免维护运行。在磁通量监测期间，仪器显示屏上提供的信息有限。需将固定式仪器移至非危险区域，方可读取数据并为电池充电。

工作原理

Hydrosteel 6500 可依次测量最多四个钢表面位置上从钢表面逸出的气态氢通量（单位面积上的氢气流量）。钢表面可具有不同的曲率和表面状况。



为了进行通量测量，将环境空气流引入钢材表面与探头收集板之间，并导入一条连接探头与分析仪中泵的毛细管。收集板通过机械方式（通常使用绑带）或磁性方式固定在钢材表面上。在分析仪中，收集到的氢气被输送至氢传感器表面。

Hydrosteel 6500测量的氢零基准点是海平面空气中的背景氢浓度，即0.5 ppm。由于氢在空气中扩散迅速，从而导致其快速分散，因此大多数环境（甚至室内）的周围空气中氢浓度通常非常低且稳定。这一条件使得该技术能够用于测量特定情况下从钢材中逸出的极微量氢通量。 测量数据的可靠性取决于环境空气中氢含量的稳定性，而这种漂移通常非常微小。不过，由于该仪器拥有四个通道，因此可以将其中一个通道专门用于“背景氢”测量，从而对吸入通量探头的空气中的任何氢进行校正。

测试气体*流F*流经钢材表面的流量在仪器内部通过节流口产生的压降进行测量和调节，以确保流量平稳且恒定。这同时有助于通过诊断功能解决流量阻塞问题。流量调节尤为重要，因为从钢材中逸出的氢气通量*J*由以下公式给出：

$J = c \times F / A$

其中 *A* 是捕获氢气的有效*面积*，*c* 是因氢气夹带而产生的增强氢浓度。

传感器的电流输出与其所感知的氢浓度成正比。该电流经放大并按比例转换后，以氢通量形式显示并记录。

总而言之，Hydrosteel 6500技术的卓越之处在于：在已知的空气流中，从钢材表面的特定区域捕获氢通量，并测量空气流中夹带的氢浓度所产生的微小增强。通过这种方式，可以轻松、快速且可靠地定量测量钢材中偶尔逸出的微量氢通量。

Hydrosteel 6500 探头

Hydrosteel 6500 是一款第二代分析仪，它结合了灵活的点测量功能和扩展监测功能。Hydrosteel 与原有探头完全兼容（详见下文），但旧款探头上的铝制手柄必须更换为新型不锈钢版本。此外，Hydrosteel 6500 可同时对多达四个探头进行顺序监测。

熔剂测量的多样化应用需要采用多种*部署模式*，详情如下所述。相应地，有四种探头可满足这些不同的应用需求。探头的型号如下表所示。

探头	LR	SR	AT-S	HT-S
测量类型	“漫游”探头		固定式 探头	
最大测试表面温度耐受值	350 ° C, 660 ° F	350 ° C, 660 ° F	500 ° C, 930 ° F	500 ° C, 930 ° F
分辨率，pL/cm²/s	1	10	1	10
最大量程，pL/cm²/s	3500	20000	3500	20000
收集器直径	151 毫米，5.8 英寸	54 毫米，2.25 英寸	148 毫米，5.8 英寸	54 毫米，2.25 英寸
最小测试（管道）直径	12 厘米，5 英寸	9 厘米，3.5 英寸	9 厘米，3.5 英寸	7 厘米，2.5 英寸

请注意，LR 和 SR 探头容易损坏，不使用时应存放在 Hydrosteel 现场箱中。请定期检查这些探头是否有损坏：参见*常规维护*，第33 页。

LR：大型漫游探头 。

该探头采用直径为6英寸的集热板，以实现磁通监测仪的最高灵敏度。 该探头可通过磁力吸附在直径为3.5英寸（9厘米）或更大的钢材表面，且表面温度需低于350 ° C（660 ° F），或在短时间内（约1分钟）可承受400 ° C（750 ° F）。探头必须避免暴露在风速超过2 m/s的风中。



带导管的SR探头



带导管的LR探头

SR：小型漫游式探头

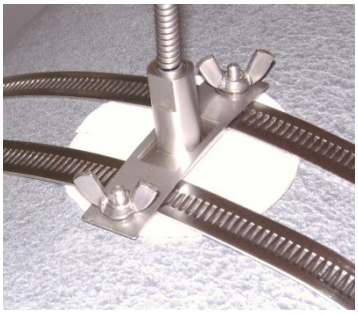
该探头采用小型集热板，使仪器能够获得通常仅在热钢材上才能达到的最大动态范围。漫游式

探头的设计旨在通过标准检修口接触绝缘包覆的钢材表面。由于体积较小，它也更容易部署在管道弯头处。



AT-S 全温段固定式探头

该探头直径为6英寸，设计为通过绑带半永久性地固定在钢材表面，从而可在预定的测量点进行可重复的例行测量。该探头可安装在温度高达500° C（930° F）的钢材上。它具有与LR探头相同的灵敏度，是Hydrosteel公司AT-S探头的完全兼容替代品。



HT-S：高温固定式探头

该探头配备小型集热器，与大型 AT-S 探头相对应。它专为半永久性安装在管道弯头处而设计——这些位置的腐蚀可能显著加剧——并适用于直径小至 1.5 英寸（4 厘米）的钢管，工作温度最高可达 500 ° C， 930 °F。该探头可与LR探头互换，并且是Hydrosteel HT-S探头的完全兼容替代品。

部署模式

Hydrosteel 6500 旨在满足各类通量测量需求，包括勘探调查、常规点测活动以及持续数月甚至数年的连续监测。在以下章节中，我们将探讨通量测量调查的类型及其实施流程。

探索性氢通量调查

在工业和商业领域的大多数钢材中，从钢材中逸出的氢通量微乎其微。我们可以确信这一点，因为*可测量的*氢通量成因极少，且由这些成因计算和测得的通量都很小。此外，当钢材中的氢通量活跃时，其值往往因位置而异，尤其是当其源于复杂的腐蚀过程时。

基于上述考虑，在开展计划性调查或连续监测之前，通常建议先进行一次通量测量的探索性调查。在探索性调查中，将识别出通量“热点”，这既可反映突发问题的严重程度，也可为后续测得的通量变化提供参考。

Hydrosteel分析仪的默认设置已配置为可立即在此“探索性”操作模式下投入使用。用户只需确保仪器已充电、熟悉其基本操作，并获得相应的许可即可进行测量。在默认模式下，仪器会显示通过分析仪气体端口抽入气体的实时计算通量值，该端口现场连接有移动式通量探头（LR或SR）。 分析仪在探头连接后约20秒内可记录到50%的测量通量值，并在约90秒内获得稳定读数。通常需要30至60分钟

，才能在一座大型容器或50米长的管道上识别出三个腐蚀“热点”。这些位置将被记录并标记，以便日后进行测试。另请参阅“*通量测量的合适位置*”。

短期点位测量调查

如果初步勘测确认存在大范围的高氢通量活动区域，且与某些计划在数小时、数天或数周内加以控制的腐蚀过程相吻合，则通常宜使用其中一个移动探头（L-R或S-R）进行频繁测量。测量程序与上述相同。 在进行此类调查时，可轻松对分析仪进行编程，使其提供通量测量的连续日志，这有助于随后判断某组测量数据是否因氢 背景的显著波动而容易出现误差。 在进行高强度的短期观测期间，应频繁检查探头板，如有损坏则应及时更换（参见“*例行维护*”，第 27 页），并频繁对分析仪进行功能测试，必要时进行校准（参见“*校准*”，第 25 页）。

常规点位测量

为了评估长期腐蚀控制和缓解效果，可通过使用固定探头来避免游移式通量测量中的误差。下文提供了*适合进行通量测量的位置*。AT-S或HT-S探头应使用绑带或磁铁固定在指定位置。参见第34页的“*AT-S和HT-S探头的安装*”。 通量通常每周或每月测量一次 ，参见第18页的“*固定探头（AT-S、HT-S）点测量程序*”。

连续长期测量

AT-S 和 HT-S 探头用于长期通量监测。通常进行连续通量测量，以提供腐蚀活动进展的实时指标。随后，将影响腐蚀的变量（如工艺流体成分、酸度、含水量、温度、*流速等*）与腐蚀性的变化建立关联。该方法还被用于评估长期尺度下钢材的氢损伤风险。

通过部署四个固定探头，或三个固定探头加一个背景探头，可预先编程使分析仪以15分钟至1个月的间隔，在最多四个位置依次测量通量——参见“*分析仪操作菜单——数据记录操作*”。

焊接前氢气烘烤监测

这种独特的通量测量应用需要安装3个或更多L-F探头，通常在8至24小时内通过这些探头测量通量。该操作通常使用LS-F探头进行。

实验室评估与新型通量测量

许多实验室评估需要在为期数天至数周的试验过程中进行熔剂测量。通常，整个试验期间都需要进行监测。有时需要定制探头。

初步评估

Hydrosteel 6500 分析仪随附多件配件。收到货物后，请对照装箱单核对内容物。如有任何物品损坏或缺失，请通知您的供应商，并提供手持式分析仪背面印有的序列号、您的订单号以及供应商的发票号。 请参阅《Hydrosteel 6500 *包装清单*》中的示意图，熟悉 *Hydrosteel 6500* 的各部件。

应用注意事项

磁通量测量通常用于应对不常见的场景，例如意外工艺故障造成的后果。用户应熟悉上述“*使用模式*”，本手册第二部分将对此进行更详细的阐述。

测量点注意事项

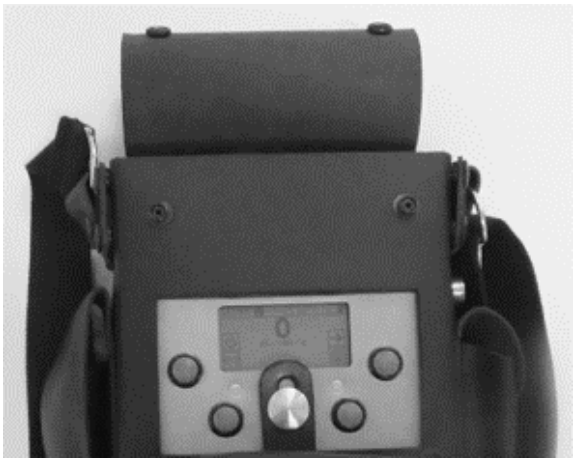
在开始使用Hydrosteel之前，读者应了解其适用场所。请参阅下文“*适合进行磁通量测量的场所*”。

设备注意事项

*分析仪校准*功能可帮助您检查设备是否在规格范围内运行，并在必要时进行校准。

无论是在首次使用 Hydrosteel 6500，还是在设备长期闲置后重新启用，作为初步评估，请先检查显示屏右上角的仪器电量。如果仪器安装在皮质便携箱中，请按下并固定前部皮质面板，以露出分析仪屏幕，如下图所示。





现在按住任意一个彩色按键至少 3 秒。这将打开分析仪，屏幕将亮起，如下图所示。

如果电池图标显示的电量不足以满足预期使用需求，请按照“*电池充电*”部分的说明为电池充电。

系统组装与启动



氢通量测量有时是在紧急工艺控制问题的压力下进行的。用户应熟悉*分析仪的操作菜单*。此外，Hydrosteel 6500 支持“开箱即用”，可轻松进行氢通量测量。

1. 按住前面板上的任意按键至少3秒，即可开启Hydrosteel 6500仪器。分析仪的出厂默认设置为使用LR探头进行探索性通量检测，并从端口1连续采样气体。但在通电时，仪器始终会恢复到其最近的设置。
2. 确保电池电量充足，并根据实际野外使用需求对仪器进行配置。满电状态下，电池可支持约四天的连续测量。
3. 建议使用皮套，即使是在电池充电后从固定站点取回仪器或将仪器送回固定站点时也是如此。确保套件中包含所有用于通量测量的必需物品（标记笔、笔记本、固定件等）。装有全部内容的箱子应进行调整，使其能舒适且贴合地背在前往现场的人员身上。
4. 请关闭皮质屏幕保护盖，确保仪器屏幕得到保护。
5. 按照下文所述的相应测量程序进行操作。

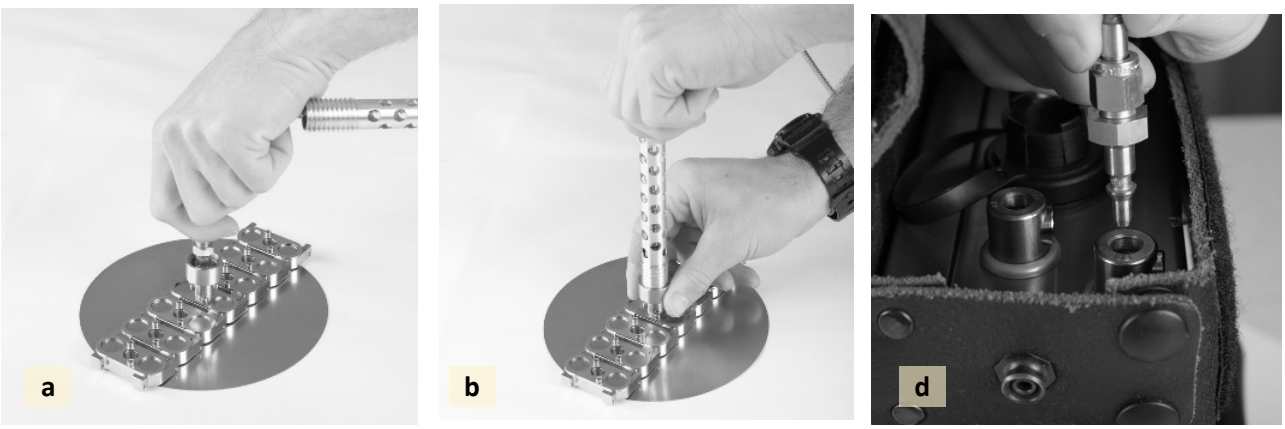
漫游探头（LR、SR）点测量程序

步骤1。 远离任何氢气源，打开仪器电源。确保显示屏显示的电池电量足以满足整个检测过程的需求。满电状态下可进行约两天的连续测量。确保探头采样口标识为“气体端口 4”。除非使用较小的 SR 探头，否则探头类型应标识为 LR。关闭分析仪显示屏盖板 [图示]。

步骤2. 确保套件中至少包含一根 1 米长的采样管、LR 和 HR 通量探头各一个、记号笔（用于标记通量测量点）以及用于记录通量测量值的笔记本。钢丝刷也可用于清除松动的油漆或锈迹。

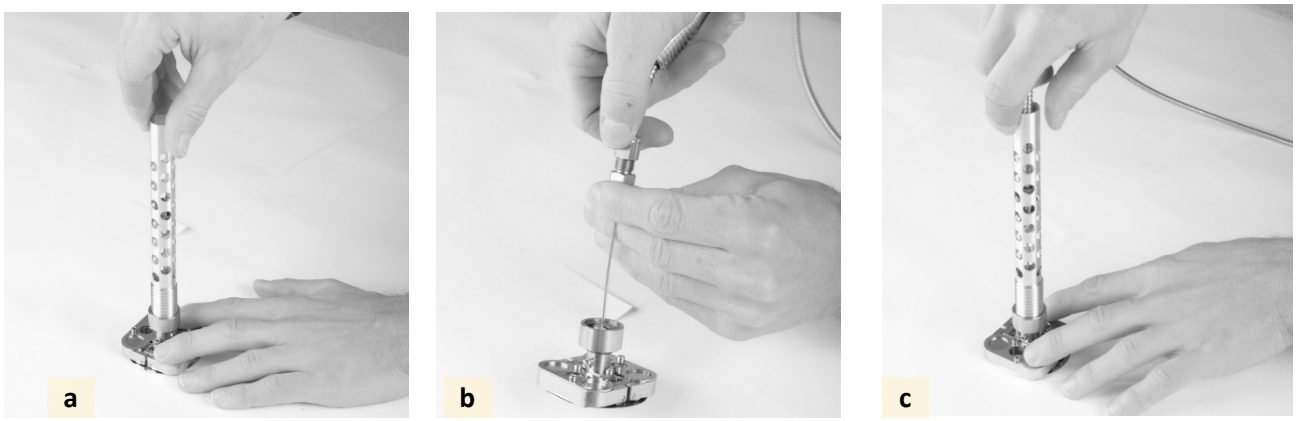
步骤3. 将双臂穿过皮套。尽管皮套能为分析仪提供相当程度的保护，但仍应调整棉质肩带，确保分析仪佩戴舒适，且在运往现场途中不会晃动，以免与笼子、门架、*立柱*等发生碰撞。在运输至目标测量地点期间，可保持分析仪处于开启状态。这将有助于在后续步骤中检测任何氢背景。

步骤4. 抵达现场后，取出并组装所需的探头，并按照以下步骤将其连接至分析仪。调整分析仪的位置，确保无需用手即可看到显示屏。检查分析仪是否显示零或接近零的读数（3 $pL/cm^2/s$ 或更低）。如果不是，请按两次开/关键进行重新归零。



*LR探头现场组装：**a*** 将导管的推入式螺纹接头端穿过探头手柄，并用手将其拧入探头组件中。***b*** 将手柄拧入探头中央底座。***c*** 将探头的另一端插入相应的分析仪端口 。

*现场组装SR探头 ：*将手柄从探头上拧下，然后将导管的螺纹端推



入其中。

b 将导管螺母手动拧到 SR 探头毛细管螺母上。 ***c*** 将手柄拧入中央探头底座。 ***c*** 将探头的另一端插入相应的分析仪接口。

步骤 5. 确定合适的磁通量测量位置（参见*"磁通量测量的合适*位置"）。Hydrosteel 探测器能否有效记录磁通量，取决于探头能否与钢表面紧密密封。确认测试区域内没有横向延伸的深沟槽或凸起。 有时只有将探头安装到位后，才能确定几何形状是否合适。确保钢材*温度*低于 350 ° C、660 ° F，因为更高温度会损坏探头。（钢材温度对于评估通量测量结果至关重要，如果无法从工艺数据中获取，应在此时记录下来。）如有必要，请标记该测量点。

步骤 6. *读取背景氢浓度读数。*观察仪器读数至少一分钟（可在步骤 5 期间间隔进行）。记录显示的最大背景读数 X。

步骤 7. *接合探头。*如下图所示，将 LR（或 SR）探头对准钢材表面。注意探头上的磁段应与被测钢材的纵轴对齐。将探头直接贴近钢材表面，确保探头内的磁铁"一次性"完全与集电板接合，而非仅以边缘接触。

目视检查探头是否定位正确。探头与钢材表面必须紧密接触，特别是在探头板变形的极端位置，如下图所示。如果探头定位不理想，请按照步骤 9 移开探头并重复此步骤。切勿在钢材表面上拖动探头。

*步骤 8. 记录探头读数。*一分钟后记录显示的读数 Y。磁通量由 Y-X 给出。

步骤 9. 如图所示取下探头，移至下一个测量点，并从步骤 7 开始继续操作。

步骤 10. 完成检测后，关闭仪器，将探头和导管重新包装，并将所有设备送回车间。存放前请确保整套设备清洁干燥。

使用漫游式探头测量高温腐蚀时的特殊注意事项

如果您计划使用漫游探头检测高温表面的氢通量，

请考虑是否需要

- 隔热手套
- 高温蜡笔，用于标记新的测量点
- 钢丝刷，用于清除松动的锈迹

尽管进行了广泛的隔热处理，高温设备周围的环境温度通常仍比其他地方高出 10 至 20 ° C、20 至 40 ° F。这足以导致 Hydrosteel 分析仪暂时记录到基线测量值的偏移。

随着分析仪温度达到平衡，基线将在约5至15分钟内恢复。为尽量减少这种影响，应避免分析仪直接暴露在未包裹隔热层的大面积设备所散发的辐射下。

当将游动探头接触高温测试表面时，通常会观察到通量先达到峰值，随后下降，然后在几分钟内再次上升至稳定值，特别是在探头未在附近测量过程中预先加热的情况下。这是由于探头接触钢材表面时，钢材表面发生冷却，导致氢通量被抑制，而当表面和探头被更广阔的钢材本体加热后，通量便会恢复。 只有在通量读数稳定后，才应记录探头读数。

将 SR
探头从高温测试表面移开时，应格外小心，因为收集板和相邻部件的温度将接近钢表面的温度。特别是，探头接触高温表面后，至少在接下来的五
分钟内，操作探头时应继续佩戴隔热手套，并避免探头接触塑料。否则可能会导致塑料在探头上熔化，从而在下次使用探头时产生错误的通量读数（因塑料受热降解会释放氢气）。

在高温表面使用 SR 探头时需特别注意。Hydrosteel
检测磁通量的有效性取决于探头与待测钢表面之间的紧密接触。通过检测口无法观察到这种接触情况。因此，在测量前，请确保通道畅通，以便 SR
探头插入时不会卡住岩棉碎屑或其他杂物。确认待测区域上没有横向延伸的深沟或棱脊。
检查现场表面是否存在松散的锈迹。如有必要，请使用钢丝刷清除杂物。

当SR探头通过检修口接触高温表面时，用户不应依赖高温磁铁将探头固定在表面上。相反，在测量过程中应持续手持SR探头。
[手持 SR 探头图片]

固定探头（AT-S、HT-S）点测量程序

步骤 1. 远离任何氢气源，打开仪器电源。确保显示屏显示的电池电量足以支撑整个检测过程。满电状态下可进行约两天的连续测量。确认探头采样口标识为“气体端口 4”。根据所连接的探头类型，应将探头类型标识为 AT-S 或 HT-S。关闭分析仪显示屏盖板。

步骤 2. 确保套件中包含至少一条1.5米长的采样管，以及用于记录通量测量值的笔记本。

步骤 3. 佩戴分析仪。尽管皮套能为分析仪提供相当程度的保护，但应调整棉质背带，确保分析仪紧贴躯干，以免在运往现场途中撞到笼子、龙门架、立柱等物体。在运输至目标测量地点期间，可保持分析仪处于开启状态。这将有助于在后续步骤中检测任何氢气背景浓度。

步骤 4. 到达现场后，将导管连接至气体端口
4。调整分析仪位置，确保无需用手即可看到显示屏。检查分析仪是否显示零或接近零的读数（3 $pL/cm^2/s$ 或更低）。如果不是，请按两次开/关键进行重新归零。

步骤 5. 请适当地记录测量日期、时间及地点。

步骤 6. 读取氢气背景值。观察仪器读数至少一分钟（此操作也可在步骤 5 期间间歇进行）。记录显示的最大背景读数 X。

步骤 7. 启动探头。取下固定探头的固定帽。将样品导管的自由端连接到固定探头上。

步骤 8. 记录已连接探头的读数。一分钟后记录显示的读数 Y。通量由 Y-X 计算得出。

步骤 9. 将探头从导管上拆下。 重新盖上探头盖。移至下一个测量点，从步骤 7 开始操作。

步骤 10.

测量完成后，将导管拆下并放回分析仪箱的收纳袋中，并将所有设备归还至车间。存放前请确保套件干净干燥。

分析仪操作菜单



分析仪前面板。显示了“工具”菜单，以及与所显示菜单功能相对应的菜单键 A 至 D（↔） ，以及与探头分配相对应的气体端口 1 至 4（↔）。

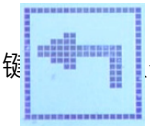
基本操作原理

Hydrosteel 分析仪的菜单导航通过上文标识为 A、B、C、D 的四个菜单键进行。每个键提供的功能如图所示，显示在屏幕的四个相应角落。 仪器菜单的导航由四个键提供：



左右键：将高亮显示的选项向左或向右移动。



选择键：选择高亮显示的选项退出键  一级菜单。

仪器初次开机时，将进入*动态监测模式*。所有设置均通过操作菜单进行更改。气体从单个指定的气体端口采样，并分配给指定的探头类型，如上图中箭头所示。 分析仪将持续从高亮显示的端口采样，除非该设置被更改。在此过程中，可随时启动或停止数据记录。仪器设置的更改将在记录的数据中体现。

此外，仪器还可随时设置为对一个至全部四个指定气体端口进行*定点监测*，监测顺序可选，且按预定义间隔进行。监测顺序*可通过*计算机接口指定，或使用仪器菜单手动设置。

主菜单

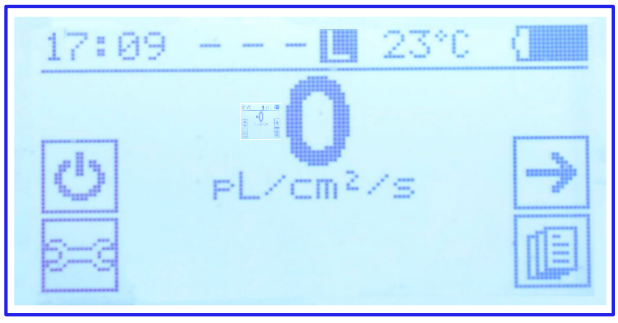
仪器的开关机操作。

要开启仪器，请按住任意按键（A至D）至少两秒钟。若电池电量充足，仪器将启动并显示主菜单。

按下由开/关图标标识的按键序列可关闭仪器 

关机

工具菜单



更改活动气体端口

数据记录

主菜单

仪器状态。

仪器状态显示在主菜单的第一行。

时间由 *PC 操作程序*设置——详见下文。请注意，此时间不会用于数据记录：数据记录的时间由接收下载数据的 PC 设定。要

气体端口分配 显示在主菜单的顶部面板中。说明如下：

符号	说明
L	LR – 大型漫游探头
S	SR – 小型漫游探头
A	AT-S – 大型固定式探头
H	HT-S – 高温（小型）固定式探头
O	用于背景测量的开放式气体端口
-	封闭式气体端口。

正在进行主动采样的探头和气体端口以反向对比色突出显示。例如：



通过气体端口1进行主动采样，并连接了HT-S探头。气体端口2和3未使用。通过气体端口4进行背景测量。



气体端口1至3未使用。从第4站进行主动采样，连接LR探头。

*仪器温度*显示在屏幕上。如果仪器内部温度每秒变化超过 1 ° C，则显示的温度会闪烁，因为这种温度变化速率会影响零点测量，通常应等待温度稳定后再进行测量，例如在进入高温环境时。如果显示的温度超过 50 ° C，则存在严重损坏仪器传感器的风险，应将仪器移至较凉爽的地方。

最后，右上角是电池指示器，其电量消耗情况大致与仪器电池容量成正比。当电池即将耗尽时，该图标会闪烁。

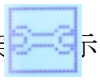
在动态采样过程中切换正在采样的气体端口。

在主菜单中，按右箭头键：

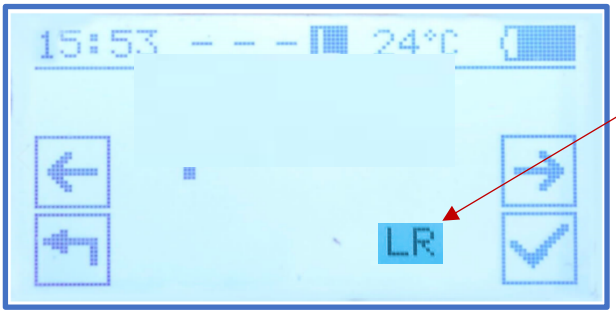


高亮显示的符号将移至下一个可用探头端口，仪器将立即切换流量至该端口。

更改已连接的氢通量探头类型。

在主菜单中，按下工具菜单键，以突示并选择“探头”图标，

进入以下屏幕：



使用左右键滚动浏览所需的探头选项：

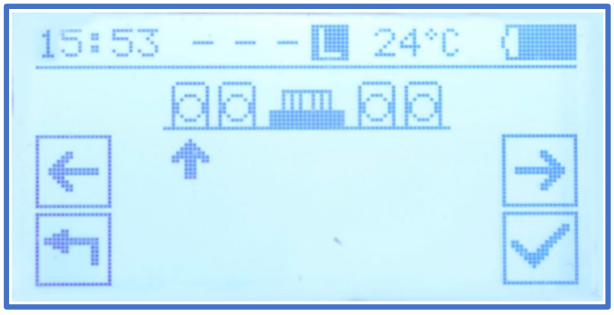
LR、SR、AT-S 或 HT-S，

随后使用“选择”或“退出”键保存或忽略该选择并返回主菜单。此前分配给任何通量探头的气体端口，现将识别新指定的探头。

要更改四个气体端口的探头分配。

在主菜单中，按下“工具”菜单键，然后使用“左出显示并选择

气体端口图标，进入“探头分配”菜单：



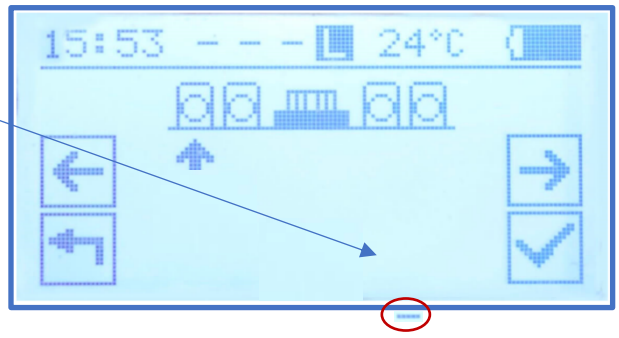
箭头指示选中的探头，其探头分配将被更改。使用“左”或“右”键移动选中项。按Esc键返回主菜单，或选择一个端口进行新的探头分配。

指定端口后，将显示三种选项之一将显示在，可通过：

- ：关闭端口，或

O：后台探针，或

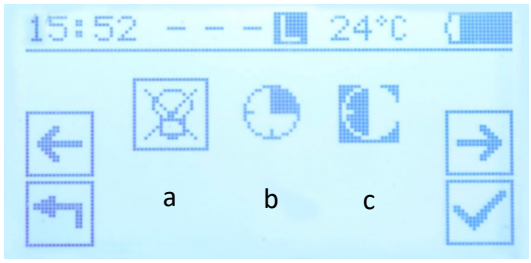
当前探针选择 (LR、SR、AS、HS)



使用“选择”键将已识别的探头类型分配给所选的气体端口，并返回“探头分配”菜单。

要在“主菜单”中*将温度刻度在° C 和° F 之间切换*，请按“工具”菜单键 然后选择 C/F

要在“主菜单”中更改显示屏背光设置，请按“工具菜单”键 ，然后选择 以调 示屏。



背光菜单。使用左右键或Esc键在以下选项之间进行选择：

a：无屏幕背光

b：菜单背光亮起15秒

c：菜单背光亮起30秒

更改序列通量记录的测量时间。

在主菜单中，按下“工具”菜单键，然后选择 以进入通量测量时 菜单：

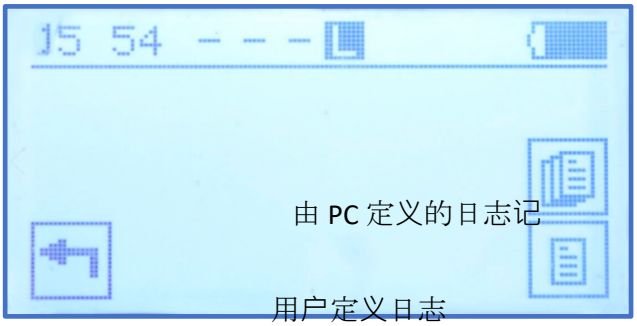


使用 和 ，然后根据需要选择 或退出 。的默认设置为60秒。 当温度低于0 ° C时，建议使用更长的测量时间。此外，当探头连接到 10 m 导管时，建议设置为90秒。

数据记录操作

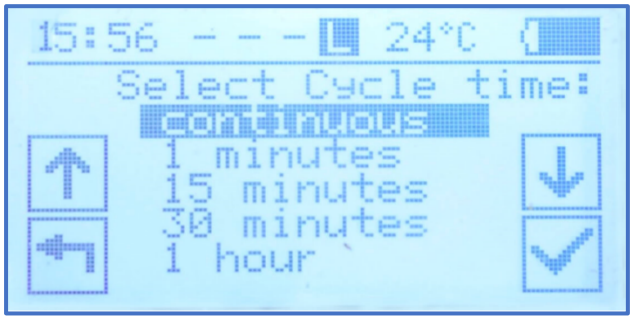
用户自定义连续和顺序数据记录

在主菜单中按下数据记录键 以进入“记 择菜单



数据记录选择菜单

然后选择“用户定义日志记录”。随后将显示各种用户定义的监控选项：

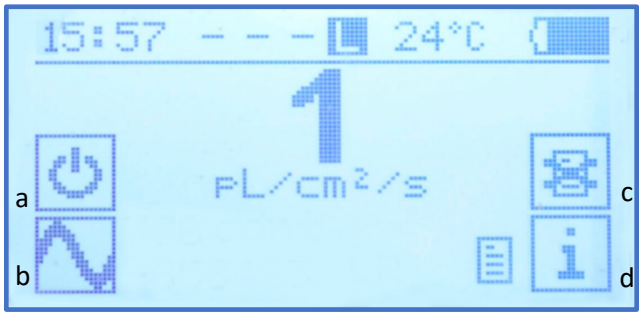


使用 和 选择所需的循环时间，然后选择 继续，以使用所选的循环时间记录数据，或者根据需要按 退出。

连续监测：仪器将立即开始以每 5 秒为间隔，从高亮显示的通量探头（如图所示屏幕中第 4 站的 AT-S）进行数据记录。

1 分钟、15 分钟、……、1 天、2 天的周期时间：选项范围取决于通量测量时间（例如 90 秒）和已打开的探头端口数量所限定的最短时间。监测顺序从第 1 站到第 4 站，依次监测每个已打开的站点的数据。每 5 秒监测一次读数。

选择记录模式后，系统将立即显示以下内容：



请注意，显示屏顶部的符号与主菜单中使用的完全相同。信息键图标左侧的图标表示用户自定义日志记录功能已启用。

四个按键选项分别为：

a：关机。仪器关机前将终止日志记录。

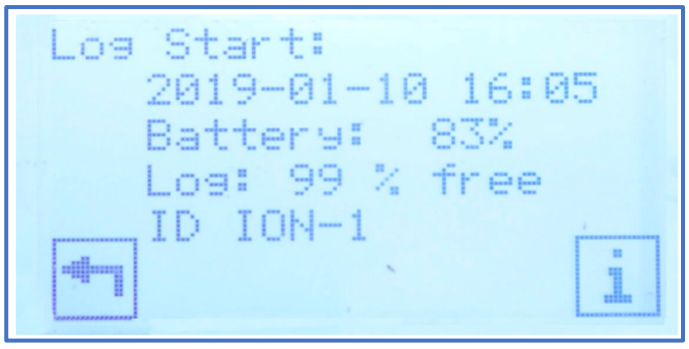
b：更改监测序列周期时间（参见上文）

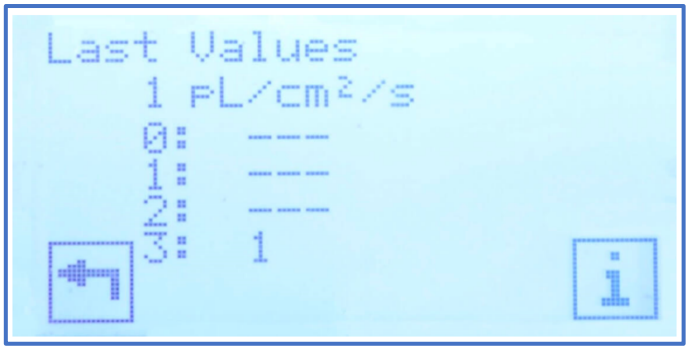
c：停止数据记录。请注意，若要更改探头分配，必须先终止数据记录。

d：日志信息（见下文）

记录信息

该信息将按如下所示分三个连续屏幕显示。







由 PC 定义的记录。

所有可由用户设置的监控选项均可预先编程到仪器中（参见 PC 软件）。

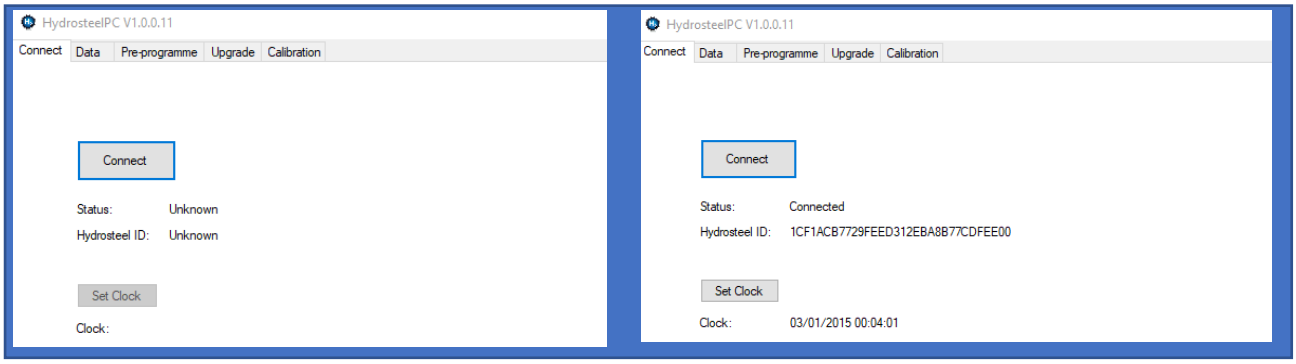
从主菜单中选择“记录”选项卡以进入“记录选择”菜单，然后再次选择。使用 和 ，然后根据需要选择 或退出 。默认设置为 60 秒。

Hydrosteel PC 软件

Hydrosteel PC 软件用于设置仪器时钟、校准仪器、预设数据记录程序、处理仪器数据以及升级固件。该软件随仪器套件附带在 U 盘中，也可从互联网下载。

设置

1. 通过网页或本地驱动器访问 Hydrosteel PC 软件。运行“Setup”程序。这将把软件安装到您的计算机上。安装软件时，您可能需要管理员的许可。
2. 打开您的 Hydrosteel 6500 仪器
3. 拔下仪器的 USB 盖，使用 USB 连接线将仪器连接到计算机。
4. 在电脑上运行 HydrosteelPC.exe。将出现如下左图所示的窗口：



5. 点击“连接”以显示右上角的界面。

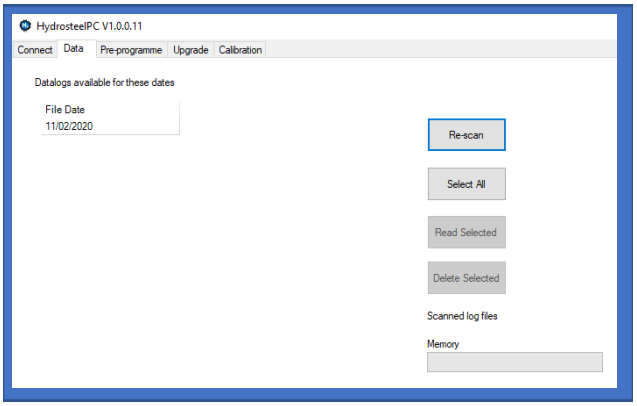
现在，您可以按照以下各节的说明，使用该软件进行*数据处理*、*设置仪器时钟*（）、查看仪器状态（）以及*校准*（）。

设置仪器时钟

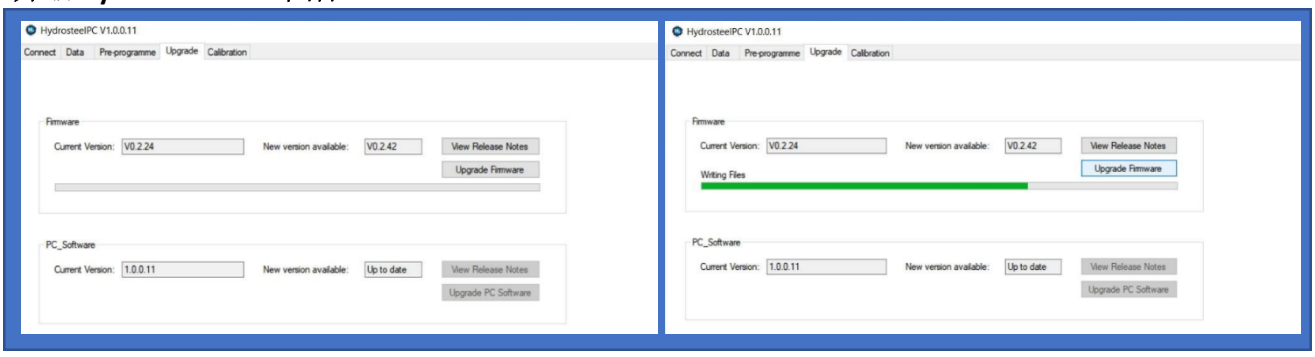
在Hydrosteel PC软件的“*连接*”窗口中，选择“设置时钟”并按照提示操作。请注意，分析仪的时间和日期将设置为PC的当前时间和日期。

数据处理

将仪器连接至 Hydrosteel PC 软件后，选择“*数据*”以显示如下界面。选择待下载的文件。随后可通过屏幕右侧的菜单面板读取或删除这些文件。



升级 Hydrosteel 6500 固件



确保您的电脑已连接互联网，且 Hydrosteel 6500 已连接至 Hydrosteel PC 软件，然后选择“*升级*”以显示左侧界面。 选择“*升级固件*”。 升级进度如右侧界面所示

的校准

Hydrosteel磁通量的准确测量取决于三个系统特性：

- 探头完好无损且与被测物紧密接触
- 样气流量
- 已校准的氢传感器响应

探头损坏的问题在*"常规维护"*中已有说明。样气流量由分析仪自动调节：若发生堵塞，请参阅*"故障排除"*。

传感器响应不易发生波动，但在数月使用后可能会失效，特别是当传感器暴露在超过 50 摄氏度的温度下时。在大多数情况下，传感器对氢气的响应度会随着时间的推移而衰减，但如果储存得当，其响应度可保持两年或更长时间。

为确保校准的必要性，强烈建议先对仪器进行 突变测试 。无论如何，在进行校准之前，务必确认所有必要的校准组件均已备齐且状态良好，包括充足的量程气体。

仅授权且具备资质的人员应按照常规安全规程对 Hydrosteel 分析仪进行校准。

要执行功能测试，您需要：

- 一台已安装并启用*Hydrosteel*PC软件的电脑。
- Hydrosteel 6500 分析仪
- 一罐含 100 ppm 氢气的平衡人工空气（见图示），内含至少 4 bar 的测试气体。
- Hydrosteel 6500 校准适配器（右侧）
- 1 米样品气体导管
- 一个干净平整的工作台面



1

步骤 1。 将分析仪放置在已知远离任何氢气来源的平坦工作台上。此类氢气来源虽很少见，但例如氢气处理设备附近的敞开窗户就可能成为氢气来源。

步骤 2. 将 1 米长的样品管连接至分析仪的气体接口 1。打开仪器电源。确保设备已配置为从气体接口 1 采样。

步骤 3. 将固定流量 调节器适配器按图示连接到气瓶出口，并打开气源。

步骤 4. 打开气瓶阀门，确认氢气压力充足（至少 0.5 bar）。

步骤 5. 将校准气体组件侧置于平整的工作台面上，靠近分析仪。



步骤 6. 使用随附的 USB B 数据线将仪器连接至电脑。

步骤 7. 运行 Hydrosteel PC 软件。点击“连接”。

步骤 8. 从选项卡菜单中选择“校准”。

步骤 9. 当 ADC 测量值稳定后（通常在开启后 1 分钟内：零点值通常会稳定在 ±0.5 ppm 范围内），点击“立即记录零点”。

步骤 10. 将 1 米样品气体导管的开放端连接至 校准适配器上的“1”号位置，如上图所示。

步骤 11. 等待 2 分钟，直至读数完全稳定。在此期间，输入量程气中氢浓度的 ppm 值。点击“立即记录量程”。

步骤 12. 将仪器从校准气瓶上取下，并关闭分析仪的气源。断开与电脑的连接，然后重新启动分析仪。将活动（样品）端口分配给 LR 探头。 如果读数（单位：pL/cm²/s）在短时间内波动超过±1 pL/cm²/s，请重新进行校准，并再次确认所有连接是否牢固、气瓶内气压是否充足，以及仪器是否已在无氢背景的空气中完成归零。

电池充电

电池应仅在非危险区域使用ISL提供的、规格为10V 0.5 A的电池充电器进行充电。



将分析仪放置在坚固的表面上。

将充电器连接到电池充电端口。请注意，连接时需要对齐连接器的凹槽。

将连接器外壳拧紧，直到红色的看不见线为止对齐。

为电池充电器供电。10 秒后，仪器将自动开机。电池图标将显示电量水平。

电池从完全放电状态充至满电需16小时。

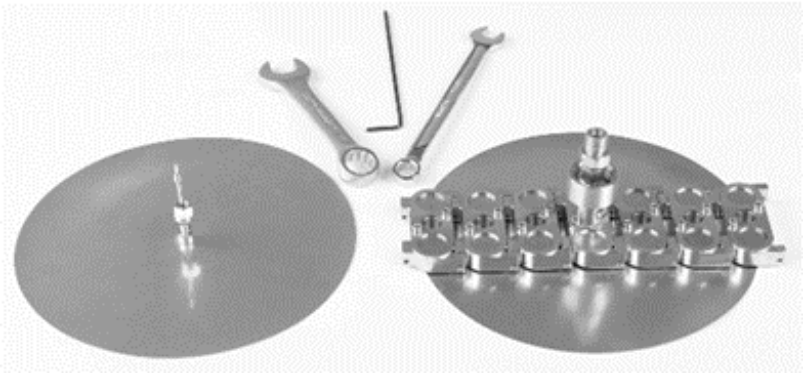
常规维护

分析仪的维修与保养

如果分析仪需要维修或保养，应将其送回本手册末尾所列的授权服务中心。

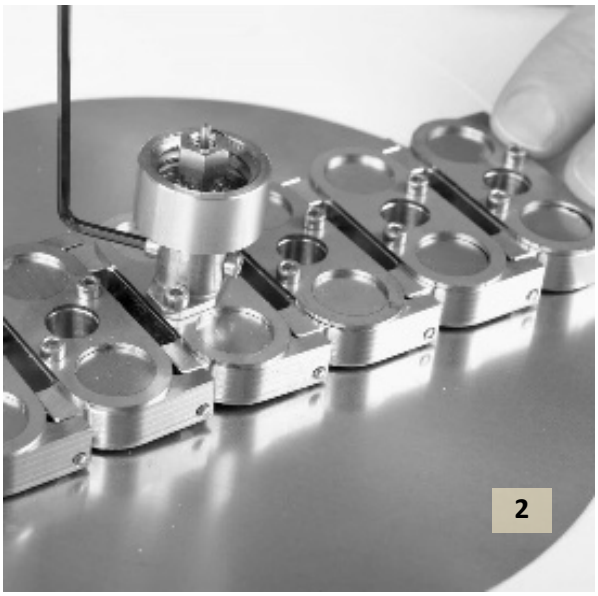
LR 探头板更换

当 LR 探头板出现严重凹凸或凹陷时，应予以更换，因为这会影响探头收集氢气的效率。



要更换 LR 探头板，您需要将其安装在 LR 探头上，并拆下其手柄。此外，还需要准备大小扳手和 2 毫米内六角扳手。

1. 如图所示，使用两把扳手拧松并卸下探头组件上的收集板导管适配器。





2. 接下来，使用内六角扳手，如图所示拧下两侧的螺丝，拆下探头手柄适配器。

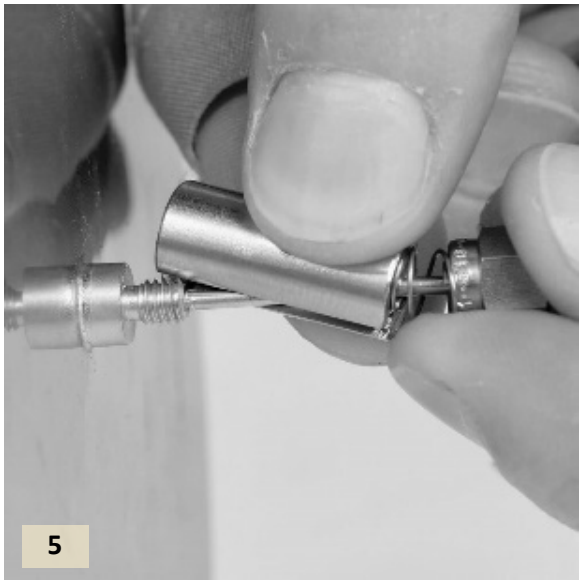
3. 如图所示，将整个“毛毛虫”式磁铁组件从旧探头板上取下。将磁铁组件放在一旁。磁铁磁力很强，应小心操作，以免其吸附铁磁性金属。





4. 将集电板底座从旧探头板上拧下。

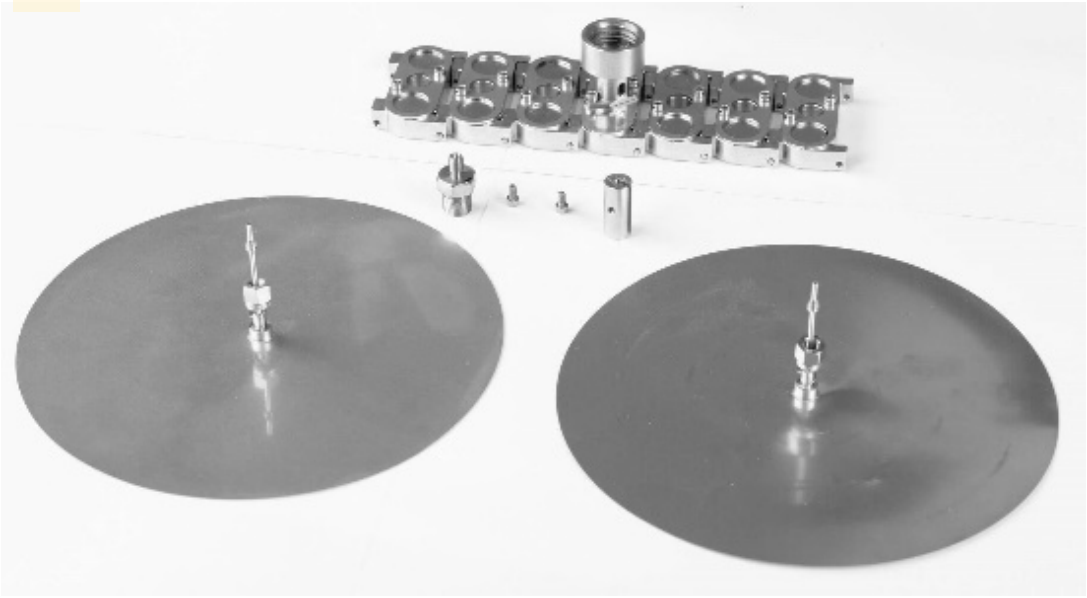
5. 现在，将底座从基座上取下：先将其从集电板上的拉伸弹簧处拉开，然后旋转使其脱离。



6. 至此，您已完全拆解了LR探头，如图所示。要重新组装探头，请按照步骤1至5的完全相反顺序操作。

6

7. 将集流板底座安装到新的集流板上，方法是将无螺纹的一端向下推，使



其抵住集流板上的拉伸弹簧（参见上文第 5 步）。

8. 确保底座居中且紧贴板毛细管，然后将底座拧到集流板上（参见上文第 4 步）。

9. 确保磁性组件未吸附任何铁质碎屑。将磁性组件放置在收集板底座上方（参见上文第 3 步）。

10. 确保组件完全卡入到位，然后将探头手柄适配器套在集流板底座上。使用内六角扳手拧紧两侧的螺丝，将适配器固定在集流板毛细管上（参见上文第 2 步）。

11. 最后，使用两把扳手，将集流板导管适配器连接到集流板端头螺母上（参见上文第1点）。

12. LR 收集器总成已组装完毕。不使用时，请确保对该板进行保护。

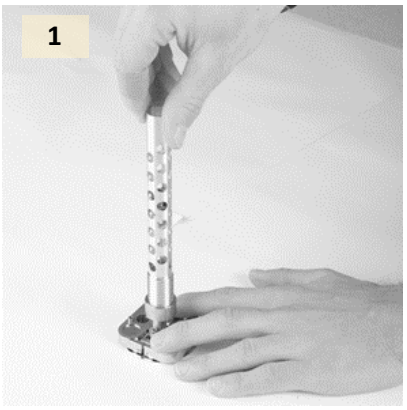
SR 探针板的更换

当 SR 探头板出现严重凹凸或凹陷时，应予以更换，因为这会影响探头收集氢气的效率。

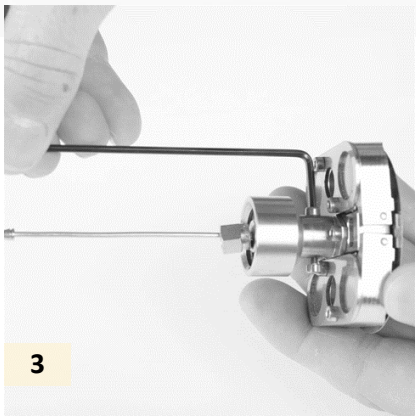
更换 SR 探头板时，您需要准备其所连接的 SR 探头、一块新的 SR 探头板、大号和号扳手以及 2 毫米内六角扳手。



1. 用手将手柄从 LR 探头拧下。
2. 如图所示，使用两把扳手夹紧并拧下探头组件上的集气板管路适配器。







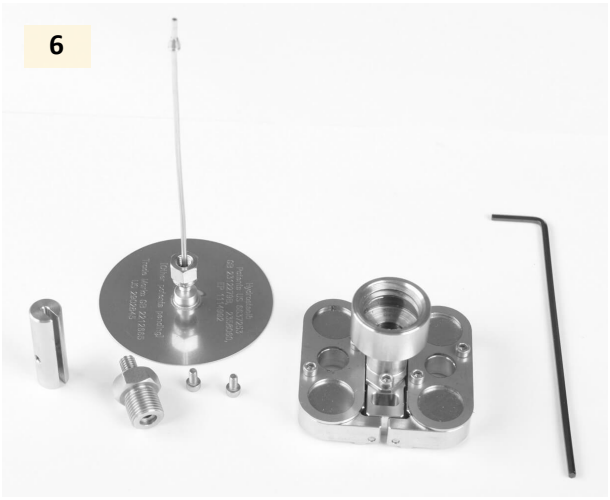
3. 使用内六角扳手拧下探头手柄适配器上的两颗侧面螺丝。请将螺丝小心放在一旁，以免丢失。

4. 探头手柄适配器并未与磁性组件分离。此时，应将连接在适配器上的磁性组件从旧的集电板上拆下。将磁性组件放在一旁。磁铁磁力很强，应小心操作，以免其吸附铁磁性金属。





5. 将集电极板底座从旧探头板上拧下。
6. 至此，您已如图所示将LR探头完全拆卸完毕。要重新组装探头，请按照步骤1至5的完全相反顺序操作。





7. 将替换用的集电板拧入集电板底座（参见上文第 5 步）。
8. 确保磁性组件未吸附任何铁质碎屑。将磁性组件放置在集电板底座上（参见上文第 4 步）。
9. 确保组件完全卡入到位，然后将探头手柄适配器套在集电板底座上。使用内六角扳手拧紧两侧的螺丝，将适配器固定在集电板底座上（参见上文第 3 步）。
10. 使用两把扳手，将集电板导管适配器连接到集电板端子螺母上（参见上文第 2 点）。
11. 重新安装探头手柄（参见上文第 1 步）。
12. SR集热器组件安装完成。 不使用时请确保集热板得到保护。

的清洁

请使用湿布和温和的清洁剂清洁分析仪及设备。在分析仪进样口和所有气动开口（样品管等）周围操作时须格外小心，以确保水分不会渗入。请立即用合适的毛巾擦干。

磁铁随时间推移可能会吸附磁性及铁磁性颗粒。可使用普通气源（100 psi / 7 bar）的喷气流轻松清除这些颗粒。只需将气流在表面来回吹拂，并在必要时擦拭，即可吹走颗粒。

警告：请勿使用异丙醇（IPA）等有机溶剂清洁分析仪或收集板。高浓度的溶剂蒸气可能会影响传感器的读数。

必须注意保持以下区域的清洁：

所有气动接头

分析仪进样口。

收集板的表面。

探头组件底部及收集板表面应无可能被磁力吸附的砂粒和金属碎屑。

连续磁通量监测指南。

对于在腐蚀性环境中运行且在既定的长期计划更换周期前存在氢损伤风险的设备，通常会进行连续氢通量监测。此时，通量监测可能需要持续数月之久。数据读取可方便地与电池充电结合进行，具体频率取决于测量间隔，通常为每周一次至每隔数月一次。

对于长期应用，Hydrosteel分析仪应牢固安装在立柱上，并尽可能靠近目标测量点。连接Hydrosteel与固定探头的导管长度可达10米，且不会造成显著的氢气损失。

分析仪应避免遭受倾盆大雨的直接冲击。 其所处环境温度不得超过 50 ° C。

将分析仪从测量地点移出以下载数据和充电时，请使用皮套将分析仪运送到维修区并运回。在现场，请先关闭分析仪，然后将所有导管从分析仪上拆下，再将其放入皮套中。

适合进行通量测量的地点

涂层、锈迹和表面处理

在大多数通量测量的目标位置，钢材表面覆盖着足够薄的环氧树脂或醇酸树脂涂层（<1 毫米），氢气可以有效地穿透该涂层。如果表面和钢材符合以下标准，则无需去除涂层：可立即进行通量测量。裸露的钢材表面，或附着在目标区域上、薄而连续且均匀的锈层，也完全允许氢气渗透。 偶尔，钢材表面可能附着锈尘或松动的油漆，应予以清除，最好在通量测量前数小时进行，因为清除过程可能会导致表面氢气初期耗尽，从而导致未稳定状态下的氢通量读数偏低。

锌涂层通常具有极强的氢气阻隔性，必须完全清除才能进行通量测量。

氢通量在评估高温酸腐蚀（特别是环烷酸腐蚀，NAC）方面尤为重要。 如果遭受这种腐蚀的钢材锰含量较低且使用时间较长，或者曾遭受外部腐蚀（通常是在绝缘层下的腐蚀，简称 CUI），其外表面可能会形成一层厚而松散的锈层。如果存在大量氢通量渗透到钢材中，这些氢通量会部分被困在锈层内，部分在连接探头时释放出来，从而产生无法量化的通量峰值响应。 另一方面，如果通过机械方式清除松散的锈层，钢材表面必然会受到扰动，从而产生大量供氢气捕获的空位。这些空位至少

需要一天时间才能填满，之后才能获得可测量的通量值。因此，此类测量点通常仅适用于固定探头，绝对不适合使用移动探头进行通量调查。

偶尔会遇到带有多层历史涂层的钢表面，其中涂层已与钢材脱粘。在这种情况下，氢气容易穿过钢材与涂层之间的气态夹层迁移，从而导致无法进行有意义的通量测量。如果必须在此类位置进行测量，则必须清除涂层，同样，至少需要一天时间才能进行有意义的氢通量测量。

钢材类型

当钢材温度低于约 120 ° C 时，低合金钢对氢的渗透性较弱。必须发生严重的氢致腐蚀，才能驱动可测量的氢通量穿过钢材，并从腐蚀的钢管或容器的外表面逸出。只有氢促进型腐蚀剂（如含硫气体和 HF）才能产生这种通量

随着温度升高，产生可测量的氢通量所需的氢活度大幅降低，且高合金钢也变得适合进行通量测量，具体细节如下所述。

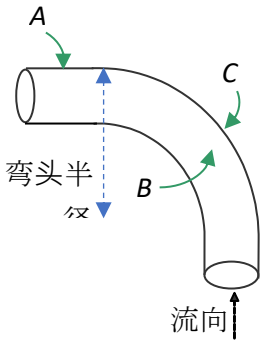
温度	可渗透钢材
0 至 120 ° C	低碳钢至合金含量<5%的钢
120 至 200 ° C	合金含量<10%
200 至 300 ° C	合金含量<13%
300 至 400 ° C	所有非奥氏体钢

钢材几何形状

侵蚀-腐蚀现象常出现在管道弯头处，特别是在腐蚀性流体剪切速度较高的位置，这会导致原本具有钝化作用的腐蚀保护膜被剥离。

所有 Hydrosteel 6500 探头板均可在一个方向上发生变形，从而使整个探头能够紧密接触管道等圆柱形物体的表面。如果该表面呈二维曲面（如穹顶容器或弯曲管道），则探头容易产生褶皱（可想象一张纸被压在测试表面上的情景）。 然而，由于探头（尤其是 SR 和 HT-S 探头）直径仅约 2.5 英寸（60 毫米），因此能够适应一定的管道曲率。此外，也可能监测管道弯头下游位置的氢通量，例如下图中的位置 A。 还应注意，位置B的二维曲率小于位置C。下表给出了管道弯头曲率的“容许范围”。

管径半径	探头 位置	LR 和 AT-S 最小弯头半径	SR 和 HT-S 最小弯头半径
6-10 英寸	A	任意	任意
6-10 英寸	B	不适用	24英寸
6-10 英寸	C	不适用	32英寸
> 10英寸	A	任意	任意
> 10英寸	B	45英寸	18英寸
> 10英寸	C	60英寸	24英寸



对于穹顶表面，其曲率通常在穹顶顶部最小。对于大型LS和AT-S探头，曲率半径为60英寸是可接受的；对于小型SR和HT-S探头，曲率半径为24英寸是可接受的。

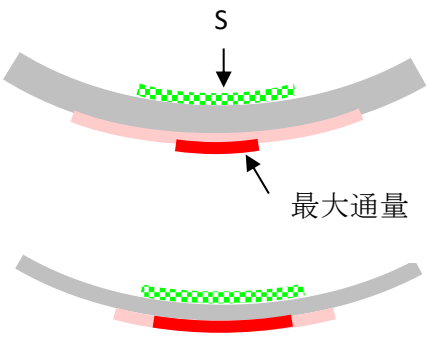
钢壁完整性：分层和起泡

氢通量测量通常在先前钢材容易受到氢损伤的地点进行。这种损伤正是由渗透到钢材中的氢引起的，因此氢通量是未来可能发生活性氢损伤的有力证据。 然而，一旦钢材发生分层或开裂，夹层空腔会显著阻碍氢向外壁的进一步渗透。（尽管气泡内的氢压可能达到几百巴，但与导致开裂的钢中氢的活性相比，这微不足道——其化学当量相当于10^6巴）。

通过壁体的通量分散

由于钢管或容器腐蚀导致的氢通量侵入可能非常局部化。当腐蚀由表面状况（如冷凝、润湿、缺乏钝化氧化皮）或盐沉积所决定时，这种情况尤为明显。 因此，通量测量应在已识别的氢气鼓包或分层区域边界之外进行。

从腐蚀区渗透到钢材中的氢通量会向侧面扩散。由于钢晶粒的拉长以及该方向上氢渗透的增强，导致氢气优先沿钢材表面平行扩散，从而加剧了这一效应。 附图示意性地展示了氢从非常局部的源S向外扩散的情况，涉及两段壁厚不同的管道。可以看出，对于厚壁管道，氢的扩散会影响从钢材中逸出的通量的大小和变化。在测量壁厚大于约5厘米的钢材上的局部腐蚀时，必须特别考虑这一点。



AT-S 和 HT-S 探头的安装

先决条件

在现场，应参照前一节*"通量测量的合适位置"*的内容，确定固定监测点的位置。

在安装固定探头前，必须清除目标测量位置上的绝缘层和包覆层。对于直径小于约 32 英寸（80 厘米）的管道和容器，通常使用绑带将探头固定。建议使用 12 毫米的不锈钢绑带。在安装探头前，需清除至少 12 英寸（30 厘米）宽的环形包覆层。

束带可在运至安装现场前按所需长度裁剪。要固定 AT-S 或 HT-S 探头，需将两段等长的束带套在管道或容器的周长上。 束带应裁剪至足以完全环绕管道的长度，并预留至少 30 厘米的余量。

对于直径大于约32英寸的情况，或因其他原因无法使用绑带固定探头时，应改用每支探头配四个磁铁将其吸附在钢表面上，但需先以探头预定位置为中心，去除至少12英寸（30厘米）的包覆层。

由于 Hydrosteel 固定探头的安装属于非电气且非侵入性操作，通常无需申请热工作业许可证。为防止损坏，建议将固定探头装入泡沫箱中运至目标现场。

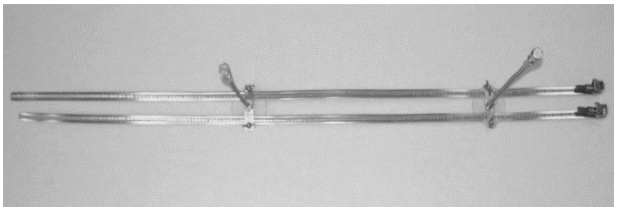
使用捆扎带安装固定探头。

建议如上所述使用绑带，并配合绑带张紧工具或绑带套件。如有必要，可使用硬毛钢丝刷清除测试部位的松散锈迹。

步骤1：再次检查目标管段表面的整个周长是否无杂物。检查探头安装位置本身是否存在松散锈迹、凹槽或凸起——例如因焊接密封造成的。如有必要，使用钢丝刷清除残留锈迹。重新选择探头安装位置，以避开凹槽和凸起。

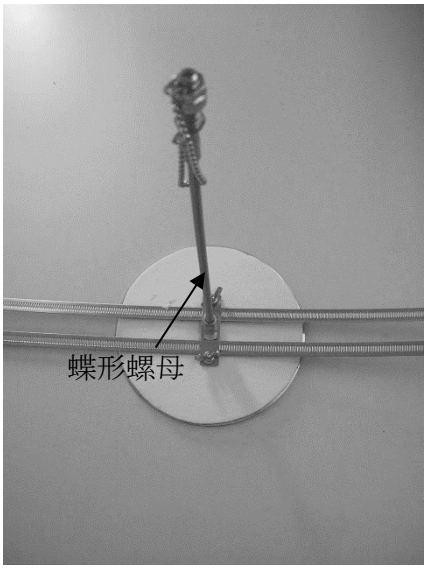
步骤2：将一段捆扎带绕在管道周长上，剪至 12 英寸长，如有必要，可留出约 30 厘米的余量。

*步骤3：*将绑带穿过探头上的其中一个绑带槽（见图示）。



一个由两个 HT-S 探头组成的预制组件，展示

已安装束带的AT-

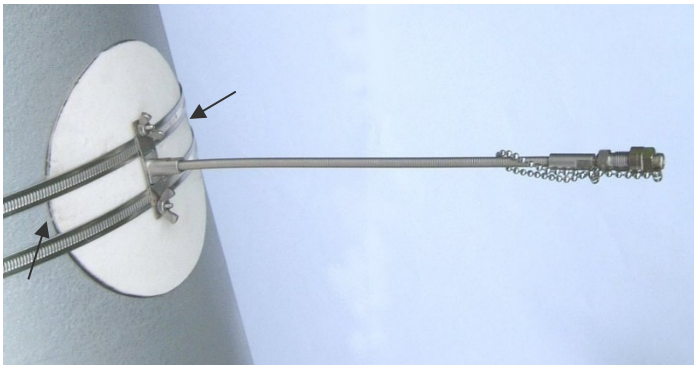


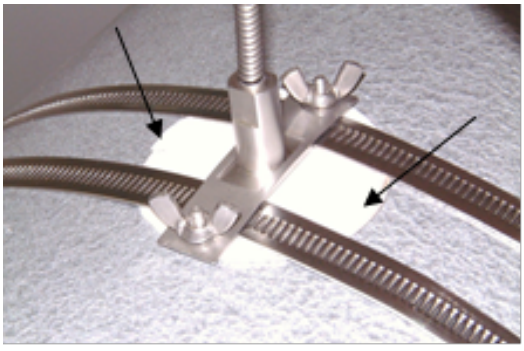
步骤4. 连接束带两端，并按照制造商的说明进行张紧。 在此关键步骤中，有人协助将探头和束带保持在大致位置会很有帮助。

步骤5. 使用第二段束带重复步骤 2 至 4。

步骤6. 确保两段束带平行，并沿整个圆周紧密贴合在钢表面上。重新拉紧两段束带。拧紧探头束带槽上的两个蝶形螺母。

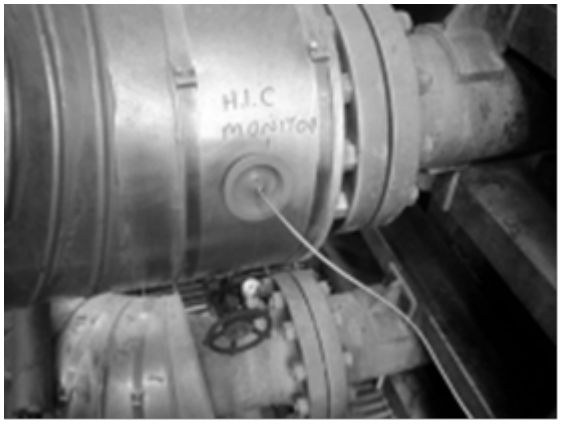
步骤7：检查探头是否被绑带正确固定在位置上，并完全紧贴其接触的整个表面，特别是在随附图中标识的探头周边点处。





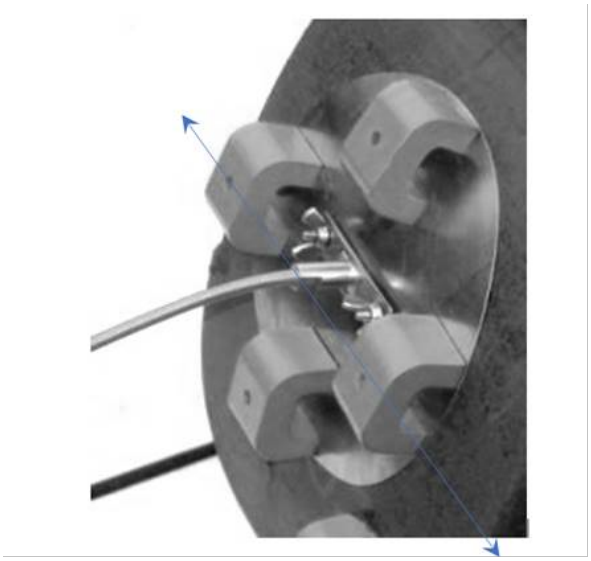
步骤8. 如果钢材需要包覆，请将隔热材料松散地覆盖在钢材圆周上。等待几分钟，让束带受热膨胀，然后最后一次重新拉紧束带。

步骤9. 确保探头盖已安装到位。在重新包覆过程中，将隔热层压在集热器毛细管上，使探头毛细管能够穿透隔热层。 在包覆腔体上开一条缝或打一个孔，以便探头毛细管大致呈径向从管道中伸出。在此过程中，请确保毛细管在重新隔热和包覆时能够承受半径约 2 英寸的多次变形；主要关注点应是集热板是否牢固就位，且不会因毛细管被拉扯而变形。通常，会在如图所示的探头位置制作一个检修口。



使用磁铁安装固定探头。

在温度低于约 350 °C 的情况下，可使用四块未涂漆的 40 x 25 x 25 mm 铝镍钴（Alnico）马蹄形磁铁代替绑带，将探头固定在钢材上。按图示排列磁铁：箭头指示容器或管道的对称轴。



仪器保修与服务

保修

通过我们的网站 https://www.ionscience.com/gas-and-leak-detectors/customer-support/register-your-instrument/ 注册您的 Hydrosteel 6500 仪器，其标准保修期可延长至最多 1 年。

如需享受延长保修服务，您需在购买后一个月内完成注册（适用相关条款和条件）。随后，您将收到一封确认邮件，告知您的延长保修期已激活并处理完毕。

售后服务

Ion Science 建议您每 12 个月将所有气体检测仪器送回进行维修和工厂校准一次。

注意：在产品使用寿命期间，仪器的可充电电池通常无需更换。若确实需要更换，请务必在经授权的服务中心的安全环境下进行。

请联系 Ion Science 或您当地的经销商，了解您所在地区的售后服务选项。请勿自行尝试维修分析仪，否则可能会导致仪器认证和保修失效。

请访问 www.ionscience.com 查找您当地的经销商

联系方式

ION Science Ltd – 英国/总部

电话：+44 (0)1763 208 503

网站：www.ionscience.com | 电子邮件： info@ionscience.com

ISM ION Science Messtechnik – 德国办事处

电话：+49 (0) 2104 1448-0

网站：https://www.ism-d.de/en/ | 电子邮件： sales@ism-d.de

ION Science India - 印度办事处

电话：+914048536129

网站：www.ionscience.com/in | 电子邮件： kschari@ionscience.com

ION Science Inc – 美国办事处

电话：+1 877 864 7710

网站：https://ionscience.com/usa/ | 电子邮件： info@ionscienceusa.com

ION Science Italy – 意大利办事处

电话：+39 051 0561850

网站：www.ionscience.com/it | 电子邮件： info@ionscience.it

ION Science 中国 - 中国办事处

电话：+86 21 52545988

网站：www.ionscience.com/cn | 电子邮件： info@ionscience.cn

Hydrosteel 6500 技术规格

尺寸	
分析仪：	320 × 150 × 100 毫米
探头延长管：	高 15 厘米 × 直径 150 毫米
收集器：	高20厘米 × 直径150毫米
分析仪重量：	3.1 公斤
电源要求	
电池：	2 × 3.8 V 内置锂离子电池
电池续航时间：	累计运行时间70小时
环境工作条件	
Hydrosteel 6500 单端口型号 环境温度范围：	-40° C ≤ Ta ≤ (+60° C（正常）+45° C（充电期间）) EX I 1M Ex ia I Ma
Hystosteel 6500 4 端口型号 环境温度范围：	-20 °C 至 +60 °C，-4 °F 至 140 °F Ex II 1 G Ex ia IIC T4 Ga
测量表面：	横截面直径大于 3.5 英寸的钢材。 温度范围 < 230°F (110 °C) 仅限快速点测时，温度范围可达 265° F (130° C)。
测试气体压力容差：	±5% 环境压力
测试气体湿度容差：	连续15%至100%（无冷凝），<15%（仅限数小时）

注： *体积规格以20 °C和1 个大气压的环境条件为基准。*

预设输入流量，除非另有说明，否则采用27英寸（70厘米）气体采样管路和LT-R收集器。

1 pL = 10^{-12} 升

全量程：	*0-2500 pL/cm²/s。*

分辨率：	*< 2 pL/cm²/s（钢材释放的氢气）*		
线性度：	*在整个量程范围内呈线性关系*		
重复性：	*5% 或 1 pL/cm²/s，以较大者为准。*		
响应速率：			
%FSD	***1%***	***50%***	***90%***
27英寸（70厘米）导管	*8 秒*	*24秒*	*42秒*
78英寸（200厘米）导管	*17 秒*	*36 秒*	*55 秒*
交叉灵敏度（相对于氢气=100%）：			
CO <1%； H_2S <20%； NO <30%； C_4H_8，80%			
相对响应值（以20 °C时100 ppm为基准=1.00）：			
30 °C = 1.03； 40 °C = 1.11； 50 °C = 1.21			
预设输入流速：	*30 ±1 毫升/分钟*		
背景信号漂移：	*<50 $^{pL/cm^2}$/s（年等效值），每小时<1 pL/cm²/s。< 0.5 $pL^{/cm^2}$/s·°C*		
使用寿命：	*传感器：1年；泵：>1500小时*		

故障排除指南

Error	Criteria	User advice	Causes:	Service advice
Flow errors:				
Line X blocked	Pabs > 20 mBar for 15 s	Ensure probe connected to inlet, press	Nothing plugged in to inlet ports	
		Clear blockage, press	Line blocked (water, rust?)	Test valves for correct switching
		Try different conduit (i.e. unblocked one)		
		Try shorter conduit	Conduit too restrictive > 10 m	
	If only one line:	Return to service	Filter blocked	Replace filter
Line X Low pressure	Pabs < 1 mBar for 60 s	Return to service	Pump fail - no pressure generated	Replace pump
			Piping disconnect upstream of pump	Verify all piping connected correctly
			Severe blockage of restrictor	Inspect and replace restrictor (and filters)
			Output port fully blocked	Inspect and replace tubing downstream of pump
Line X Flow fault	Flow error > 20% for 90 s	Return to service	Pump fail - max flow too low (leaky or val	Test and replace pump
			Output port partially blocked	Inspect and replace tubing downstream of pump
Power on errors:				
SD card	Some SD card failure	Return to service?	SD card ejected	Reseat SD card
			SD card failed	Replace SD card, recalibrate.
Flow temp sensor	No I2C comms with pump	Return to service?	Cable loose, or electroincs failure	Replace cable, or replace pump + sensor board
Pump Control	No I2C comms with pump	Return to service?	Cable loose, or electroincs failure	Replace cable, or replace pump + sensor board
Sensor temp sensor	No I2C comms with sens	Return to service?	Cable loose, or electroincs failure	Replace cable, or replace pump + sensor board
Battery low	Battery < 5%	Charge device, ~3 days operational left*	Battery flat, battery cold	Charge device
Battery Flat	battery < 3.3 V	Charge device according to manual	Battery flat, battery cold	Charge device