

# SolarPaq

用户手册

配套软件:

**insight**  
software

第 I 期





A Fluke Company

# SolarPaq

# 用户手册

配套软件:

# insight

software

第 I 期



Datapaq®是世界领先的过程温度监控仪器的制造商。本公司通过持续开发先进而又易用的跟踪仪系统来保持这种领先地位。

#### 欧洲和亚洲

Datapaq Ltd.  
Lothbury House, Cambridge Technopark  
Newmarket Road  
Cambridge CB5 8PB  
United Kingdom  
Tel. +44-(0)1223-652400  
Fax +44-(0)1223-652401  
Email [sales@datapaq.co.uk](mailto:sales@datapaq.co.uk)  
[www.datapaq.com](http://www.datapaq.com)

#### 北美洲和南美洲

Datapaq, Inc.  
3 Corporate Park Dr., Unit I  
Derry  
NH 03038  
USA  
Tel. +1-603-537-2680  
Fax +1-603-537-2685  
Email [sales@datapaq.com](mailto:sales@datapaq.com)  
[www.datapaq.com](http://www.datapaq.com)

# 安全警告

为了安全使用Datapaq设备，务请：

- 认真遵守其随附的使用说明。
- 遵守设备上的所有的警告标志。



表示潜在危险。

在Datapaq设备上，本标志通常表示高温，不过当你看到这种符号时，应参考手册以获得更多说明。



表示高温。

当Datapaq设备上出现这一符号时，设备表面可能非常热（或非常冷）并因此而导致皮肤灼伤。

© Datapaq Ltd. Cambridge, UK 2010

版权所有

Datapaq有限公司对此处的内容不作任何表态或保证，同时也明确拒绝与任何特定目的有关的适销性或适合性作出任何隐含的保证。Datapaq有限公司对其中所包含的错误、或者与Datapaq软件、相关硬件及本资料的供给、性能或使用等有关的偶发或间接的损害概不负责。

Datapaq有限公司保留时常修正本出版物并更改其内容的权利，而且也没有将这种修正或更改通知任何人的义务。

Datapaq和Datapaq标志是Datapaq公司的注册商标。  
Microsoft和Windows是微软公司的注册商标。

备有其他语言的用户手册。欲知详情，请与Datapaq联系。

# 目录

## 7 导言

## 9 基本硬件及其用法

9 系统组成

9 隔热箱

10 热电偶探头

## 15 进行温度曲线测试

15 概述

16 备好记录器

16 将记录器装入隔热箱

16 将系统放入炉中

17 从炉中取出系统并下载数据

17 备好分析用的数据

18 使用有线遥测

18 故障处理

## 21 防反射涂覆（溅镀）

21 隔热箱

21 热电偶

23 进行温度曲线测试

## 25 触点烧结（金属化）

25 隔热箱

26 热电偶

27 进行温度曲线测试

## 29 组件层压

29 隔热箱及护架

30 热电偶

30 进行温度曲线测试



# 导言

带有 Insight™ Solar Tracker® 软件的 Datapaq® SolarPaq 是一套完整的温度曲线测试系统，用来对太阳能电池制造中所用的各种热处理过程中的产品温度状况进行监控和分析。SolarPaq 的强大功能和灵活性使之成为过程温度监控（从试运转和故障处理直到过程优化）的理想工具，从而能够确保稳定的产品质量和最大效率。

Insight 软件的创新性分析技术有助于弄清问题、对过程进行微调并降低运行成本。功能强大的报告工具可使用户生成定制的、包括任一或所有分析结果或者原始温度数据在内的报告。

本手册中的资料和规程旨在帮助 SolarPaq 用户获得精确而又可重复的温度曲线。本手册将详细介绍 Datapaq 专为晶体太阳能电池制造中的常用温度曲线测试过程而开发的解决方案。书中还就 SolarPaq 系统在薄膜太阳能电池制造等相关行业中的应用问题给出了一些注意事项和基本指导。

本手册包含下列章节：

- **基本硬件及其用法** (第9页) —— 隔热箱和热电偶探头及其规格和用法；
- **进行温度曲线测试** (第15页) —— 太阳能电池制造过程中的常见温度曲线的获取步骤，包括用有线遥测来实时跟踪温度曲线的变化；
- **SolarPaq 系统在特定过程中的具体应用：防反射涂覆（溅镀）** (第21页)、**触点烧结（金属化）** (第25页) 和 **组件层压** (第29页)。

另请参阅数据记录器附带的专用手册。该手册介绍了记录器的操作方法，包括：

- 安装 Insight 并在记录器与电脑之间建立通信联系；
- 用新的数据采集参数来重置记录器；
- 将所采集的数据下载到电脑；
- 使用遥测；
- 记录器故障处理。

要了解 Insight 软件的具体用法，请参阅其在线帮助系统（随软件一起安装在电脑中）。



# 基本硬件及其用法

根据预期用途，SolarPaq 系统带有多种配置以应对太阳能电池制造中所涉及的不同过程。本章的信息适用于所有系统。电池制造过程中有时要对下列特殊情况进行特殊处理：

- 防反射涂覆（溅镀）(第21页)；
- 触点烧结（金属化）(第25页)；
- 组件层压 (第29页)。

关于**数据记录器**以及任何其他专用硬件的用法，  
请参阅其相关说明。

## 系统组成

一套典型的 SolarPaq 系统包括：

- 数据记录器（包括通信线和充电器）；
- 数据记录器用户手册（因记录器型号而异）；
- 隔热箱（用来保护记录器）；
- 热电偶探头；
- SolarPaq 用户手册；
- 太阳能炉温跟踪仪 Insight 软件。

## 隔热箱

隔热箱可为数据记录器提供必要的热保护和机械保护以使其能够耐受炉内的严酷环境。

本公司备有各种隔热箱以适应各种过程和记录器的需要。关于这些隔热箱的规格和用法请参阅本手册的相关章节。

由陶瓷纤维布包覆的微孔陶瓷隔热层提供主要的热保护，可使系统长时间在高温条件下工作。

对于将要用于**真空过程**并且闲置了一段时间的隔热箱，由于要从陶瓷隔热层除气，因此抽真空过程可能会持续更长时间。

## 选择隔热箱

进行温度曲线测试前，用户必须确保 SolarPaq 系统符合要求。

所用隔热箱的规定隔热时间必须超过过程中将会遇到的时间/温度状况所要求的隔热时间（请参阅本手册中的隔热箱规格部分）。

**隔热箱选用不当会导致隔热箱和/或记录器严重受损。**

应考虑 SolarPaq 系统（主要是隔热箱）的物理尺寸以使其能够安全自如地穿越过程。把隔热箱放入炉中或从炉中取出时必须特别小心。

选择隔热箱时若有任何疑问，请在联系 Datapaq 的同时提供过程的详细情况。

## 热电偶探头

热电偶探头的原理基于 19 世纪所发现的赛贝克效应（Seebeck effect）。根据该效应，任何导电材料在不均匀温度下都会产生电动势。所测得的实际电压与热电偶的“热”/“冷”接点（热接点是测量接点，而冷接点则是热电偶与测量仪器之间的接点）之间的温差成正比。

热电偶的实际应用要求用先进的电子装置来消除潜在的测量误差，如测量范围内的不良线性、因冷接点处的温度变化而引起的精度不良等。为了对付这些问题，测量系统中的电子装置必须模拟冷接点处的 0°C 温度并对热电偶工作范围内的任何非线性作出补偿。

近年来，我们根据所选材料的灵敏性、线性（在有用温度范围内灵敏度的一致性）、价格以及可用性等开发出了“标准”热电偶。现行标准包括 K、N、R、S 和 T 型，每种类型都可根据其接头颜色来识别。

### 热电偶规格

太阳能电池制造中的炉子运行采用 K 型标准热电偶探头，其热接点由镍铬合金和镍铝合金组成。K 型的国际规格对 0~1,250°C 范围内的灵敏度和线性作了定义，不过工作范围实际上会受到电缆隔热层的限制（见下文）。

探头类型	温度范围	电缆隔热层	Datapaq 探头的精度
K	-150°C 至 1,370°C	矿物、PTFE、陶瓷	0~1,250°C 时为 $\pm 1.1^\circ\text{C}$ 或 $\pm 0.4\%$ （以两者中的较大值为准）

Datapaq 提供的 K 型热电偶带有绿色接头和电缆，符合 IEC584 颜色标准。

### 热电偶电缆隔热层

热电偶探头的实际工作温度会受到电缆隔热材料的温度特性的限制。出于太阳能电池制造过程的考虑，探头隔热材料应首选矿物和 PTFE。

隔热层	温度上限
矿物隔热层 (MI)	1,250°C
PTFE	265°C
无粘接剂玻璃纤维	1,000°C

**矿物隔热 (MI)** 探头带有封闭接点，可增强抗电干扰的能力，这一点在溅镀过程中非常有用 (第21页)。矿物隔热层不如 **PTFE** 那么柔韧，但可应对最高 1,250°C 的温度。

**无粘接剂玻璃纤维** 是一种可应对高温的非常轻巧柔韧的隔热材料，适用于触点烧结等过程。

**PTFE** (聚四氟乙烯) 隔热探头适用于温度高达 265°C 的一般用途。是一种耐用、柔韧而又无粘性的材料，具有热质低而响应快的特点。

### 警告

PTFE 不支持燃烧，但会在 265°C 以上分解，并产生少量的毒烟。

PTFE 热分解的主要产物如下：

处于下列温度以上时	产物
400°C	参见注解*
430°C	四氟乙烯
440°C	六氟丙烯
475°C	全氟异丁烯
500°C	羰基氟* (在湿空气中会转化为酸性气体氟化氢)

\* PTFE 胶带长时间保持在 400°C 时也可能产生。

### 健康危害数据

- 吸入 PTFE 分解物会产生“聚合物烟尘热”病，其症状与流感相似。
- 摄取或皮肤接触并不会危害健康。
- 医疗状况一般不会因暴露于 PTFE 而恶化。

### 应急和急救措施

- 如果有人不慎接触了 PTFE 毒烟，应将其转移到空气清新处。
- 灭火时应穿戴自给式呼吸器和防护服。

## 热电偶类型及附件



### 超细高温热电偶

矿物隔热电缆，直径 0.5 mm。符合 BSEN 60584.2 I 级。短时间耐受最高 1,100°C。

PA1570 0.3 m

PA1571 0.6 m

PA1572 1.0 m



### 贴片热电偶

直接用粘性贴片和/或高温胶带附着在小型金属或塑料上。非常适用于需要快速响应的场合或红外过程。PTFE 隔热电缆。最高 265°C。

PA0061 1.0 m

PA0060 1.5 m

PA0062 3.0 m

### 无粘接剂玻璃纤维热电偶

1/0.2 扁平双股电缆（热接点被压平以增强热接触）。符合 ANSI MC96.1 Special Limits of Error。最高 1000°C。

PA1144 0.5 m

PA1145 1.0 m

### Kapton 胶带 — 高温胶带

用于固定接点外露式热电偶。压敏有机硅粘合剂。最高 400°C。

HT0090 9 m

## 热电偶探头的用法

Datapaq 探头的用途非常广泛。从上述列表中选择适合具体过程及探头位置的型号。

过程温度将决定热电偶隔热材料的选择。如果过程温度允许，应首选 PTFE (第10页)。

热电偶端头（热接点）的构造设计应适合所要连接的产品。要测量晶体电池的表面温度，非常轻巧的平端头最为理想。测量厚玻璃板的温度时，可使用较重的探头以加强牢固性。

应选择长度适中的热电偶以确保有足够的导线将产品连回到记录器，但也不宜过长以免多余导线在系统穿越过程时被挂住或卡住。

热电偶类型（K、N、R、或 T 型）必须与所用的数据记录器类型相匹配。

### 探头定位

产品的几何形状和过程的热要求限定了测试时所需的热电偶数量和位置。有时需要安装一个热电偶阵列以便覆盖产品的整个面积，而有时则要把热电偶安装在特定位置以便监控产品的某个部分。

## 探头附接

将探头附接到产品是获得精确而又可重复的温度曲线数据的一个关键步骤。应根据产品的具体特性及其经受的温度来选择附接方法：

- 胶带；
- 粘合剂（高温环氧树脂或陶瓷粘合剂均可使用）；
- 机械附着（使用夹紧机构）。

热电偶端头及其紧固件的**热质**必须低于产品的热质以确保测量值能够真实反映正常生产中的产品温度。

监控表面温度时，热电偶探头尖必须与产品保持良好的**机械接触**。不良的热接触会减缓产品对探头的加热速度，甚至会阻止探头达到相同的温度。附接前应确保探头尖洁净。

为增强可重复性并最大限度地延长探头寿命，最好把永久附接有热电偶的产品标准样品用作**试件**。

## 测试热电偶探头

热电偶通常非常坚固，但使用中也可能受损。可用下列任一方法来确认热电偶安装后能否正确工作：

- 将系统设为使用有线遥测来监控温度曲线测试（第18页），并注意 **Insight** 所显示且由热电偶所记录的温度；
- 使用 **K** 型数字式温度计，依次将每只热电偶连接到温度计接头上；
- 在全套热电偶都连接到记录器并且记录器连接到电脑的情况下，打开 **Insight** “通信设置” 对话框的“诊断”部分。对话框将显示探头的当前温度。

按下列步骤继续：

1. 首先注意环境温度下的读数：如果 **Insight** 显示无数据记录或显示数字式温度计开路（“通信设置”对话框中显示 \*OC\*），热电偶则有可能损坏。不一致的读数表明有可能存在间歇短路。
2. 记录到令人满意的环境温度后，用手指或其他热源给热电偶尖加热。此时应显示温度增加。
  - 如果读数没有变化，则表明热电偶已经短路，需要更换。
  - 如果探头测到的是空气温度，则表明电缆可能存在损伤（从而造成新的热接点）。
  - 如果温度计显示温度减少，则表明热电偶被接反。
3. 把热电偶尖放入沸水以确认在 100°C 下能否正确工作。
4. 更换电缆受损的所有热电偶。



# 进行温度曲线测试

本章的信息适用于所有 SolarPaq 系统。另请参阅下列特定系统的详细说明：

- 防反射涂覆（溅镀）(第21页)；
- 触点烧结（金属化）(第25页)；
- 组件层压 (第29页)。

温度曲线可用两种方法来获得：

- **标准温度曲线测试** — 记录器和产品穿越炉子后，将数据从记录器下载到电脑以便用 **Datapaq Insight** 软件来显示和分析。
- **使用有线遥测** — 在记录器从炉内产品采集温度数据的同时，数据通过有线连接直接传至电脑。可实时观察温度曲线的变化情况 (第18页)。

本章讲述在不用遥测的情况下使产品或试件穿越炉子以获取温度曲线的基本步骤。

## 概述

使产品和数据记录器穿越炉子之前，用 **Insight** 软件重置记录器以使其做好接收新数据的准备。从炉中回收记录器后，再次用 **Insight** 软件下载温度曲线数据并将其保存到磁盘中。操作步骤如下：

- 定位并附接热电偶探头；
- 建立数据记录器与电脑之间的通信联系（如果此前尚未建立这种联系的话）；
- 重置数据记录器以准备接收新数据，与此同时还可设定采样间隔和数据采集触发方法并检查记录器的电池状态；
- 将记录器装入隔热箱；
- 使试件和记录器/隔热箱穿越炉子；
- 将记录器中的数据下载到 **Insight** 软件中；
- 必要时在数据中设定炉子启动位置；
- 添加希望与温度曲线数据一起被记录下来的任何附加信息。

然后便可根据需要用 **Insight** 软件来分析温度曲线数据。

# 备好记录器

初次将数据记录器连接到电脑时，必须在它们之间建立通信联系。运行前还必须用 **Insight** 软件来重置记录器以建立数据采集参数。请参阅记录器专用手册或 **Insight** 帮助系统。

应注意记录器的推荐采样间隔（重置时选择）会因所监控的过程而异。  
请参阅本手册的相关章节。

还要用重置规程来检查记录器电池电量在运行时是否够用。

欲知相关规程的详情，请参阅记录器专用手册  
或 **Insight** 帮助系统。自上次使用后记录器必须冷却至  
35℃ 以下（达到不戴手套也可舒适持握的程度）。

## 将记录器装入隔热箱

确保自上次使用后隔热箱已充分冷却。

1. 将热电偶插入记录器的编号插孔中。如果正在使用过程文件，应确保记录器上的探头/插孔编号对应于该文件中用来定义探头编号和位置的那些编号（关于过程文件，请参阅 **Insight** 软件：按能键 **FI**，或从菜单栏上选择“帮助”>“目录”，然后点击“过程文件：炉、配方、产品”）。
2. 确保隔热箱密封件洁净且完好无损。为了保护数据记录器，隔热箱与热电偶电缆之间必须有良好的密封。确保热电偶电缆不会在隔热箱的电缆出口处发生交叉以便在隔热箱关闭时获得最佳密封。
3. 如果触发模式为启动按钮，按住启动按钮约 1 秒钟直至绿色 LED 开始闪烁时为止。
4. 关闭隔热箱并确保箱盖扣紧。

## 将系统放入炉中

穿越炉子的线速可能很快，因此将系统的任何部分放入炉子前必须做好一切准备。过程入口处的进入空间和进入时间通常会受到限制，因此应仔细考虑如何装入系统。

1. 将载仪试件放在炉子的输送带或装载机构上（热电偶电缆朝后），并设法做好组件定位以免在其穿越炉子时卡在炉子的某处。一般来说，试件先于隔热箱进入过程时可获得最佳结果，从而最大限度地降低测量产品温度时的热扰动。
2. 如果系统将长时间处在测温过程中，应注意其入炉时间以便估算其出炉时间。

# 从炉中取出系统并下载数据

## 警告

隔热箱和记录器很烫，请戴上防护手套。

如果系统回收安全可行，则应在系统出炉后尽快回收。炉子周围必须有足够的空间以便操作。

打开隔热箱并取出记录器。

如果不从很烫的隔热箱中取出记录器，记录器则有可能受损。

完全打开隔热箱并将其放在冷表面上以加快冷却速度。

如果情况允许，可将热电偶探头留在原位以便在后续运行中使用。热电偶留在原位可减少磨损和电缆应力，从而最大限度地延长其寿命。

要手动停止数据采集，应按住记录器的红色停止按钮直至记录器的红色和绿色状态指示灯同时点亮时为止。红色状态指示灯每 5 秒闪烁一次表示数据已存入记录器但尚未下载到电脑中。

使用 Insight 软件将记录器中的数据下载到电脑中。欲知相关规程的详情，请参阅记录器专用手册或 Insight 帮助系统（在 Insight 菜单栏上选择“帮助”>“目录”）。

## 备好分析用的数据

要全面了解 Insight 的强大分析能力，请参阅在线帮助系统（在 Insight 菜单栏上选择“帮助”>“目录”>“数据分析”）。对下载数据进行全面分析之前，建议：

- 应用过程文件（关于过程文件，请参阅 Insight 软件：按功能键 F1，或从菜单栏上选择“帮助”>“目录”，然后点击“过程文件：炉、配方、产品”）；
- 在数据中指定炉启动位置（参见下文）；
- 将热电偶校正系数应用于数据（参见下文）；
- 记录与温度曲线测试运行有关的注解（参见下文）。

### 指定炉启动位置

如果下载期间尚未对数据应用过程文件（参见上文），或者所应用的过程文件没有指定所要调节的炉启动位置，则可在调节炉启动位置：从菜单栏选择“过程”>“调节炉启动”或使用右键菜单。

这一点非常有用，因为据此可对不同的温度曲线文件（即来自不同温度曲

线测试运行的数据) 进行相互比较。如果现在不想调节炉启动位置, 以后仍可随时调节。

关于炉启动及其调节方法, 请点击“调节炉启动”对话框中的“帮助”。

## 热电偶校正系数

可用热电偶校准数据来建立校正系数以提高精度。如果已知一系列温度值的校正系数并假定相邻温度值之间存在线性关系, 则可将相应的校正系数应用于校准温度范围内的所有数据。**Insight** 将这些校正系数保存在“校正系数文件”中, 只需将该文件应用于数据便可达到校正目的。

关于校正系数文件, 请参阅 **Insight** 在线帮助系统中的“校正系数”一节。

## 保存注解并打印报告

要用 **Insight** 来保存与温度曲线测试运行数据有关的任何注解或照片, 请选择“编辑”>“注解”。


要打印关于温度曲线测试数据及其分析结果的定制报告, 请选择“文件”>“打印选项”。

## 使用有线遥测

除标准的离线分析外, 还可用 **Insight** 软件通过有线遥测进行实时分析。

这样一来, 利用从炉内引出并连接到炉外的记录器上的热电偶, 记录器正在采集的数据便会经由通信线被直接发送到电脑中, 因而可在接收数据的同时实时观察温度曲线的变化状况。

运行完成后, 可将所接收的数据保存为一个新的温度曲线文件(在运行期间数据也被保存在记录器内, 因此也可在运行结束后将数据从记录器下载到电脑中并将其保存为最终的温度曲线文件)。

可用 **Insight** 拖线向导(点击 **Insight** 工具栏上的 , 或从菜单上选择“工具”>“向导”)来逐步完成整个运行过程。详情请参阅 **Insight** 帮助和记录器专用手册。

## 故障处理

### 检查热电偶探头

热电偶探头通常是可靠的, 但如果因使用或操作不当而受损, 则会产生错误读数。如果怀疑无效数据已被引入温度曲线(温度曲线文件), 则请在

**Insight** 软件的分析窗口中选择查看数据选项卡以查看从记录器下载的原始数据。分析网格中将显示的温度曲线文件可能包含的下列各种类型的无效数据:

- \*OC\* 开路
- \*NA\* 数据无法获取。
- \*LO\* 所测得的温度低于记录器的范围。
- \*HI\* 所测得的温度高于记录器的范围。
- \*\* 无法计算 (未必是因为数据无效)。

间歇开路的探头可能会产生尖长而又不规则的温度曲线。从仍在采集数据的记录器断开探头必然会导致尖峰。无效或中断数据的典型原因有:

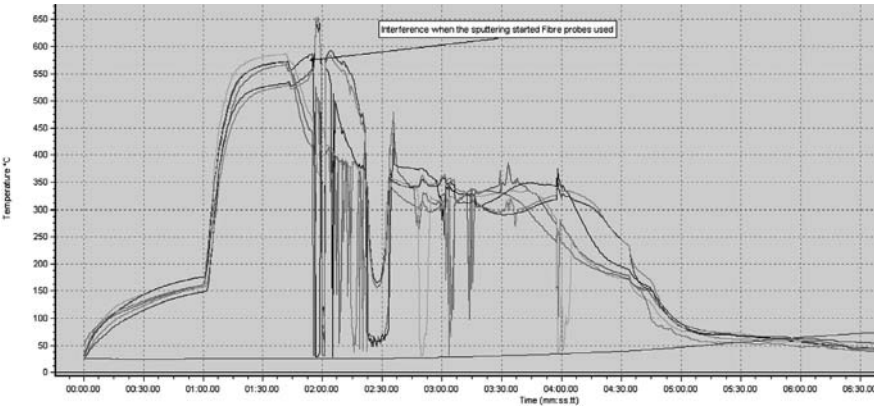
- 热电偶脱离了记录器;
- 连接有误。

错误的热电偶读数 (与其他探头的读数不一致) 可能是由短路 (未绝缘导线在热接点之前发生接触, 从而形成所谓的“虚假热接点”) 引起的。隔热箱的隔热层受损时, 隔热箱中也会出现这种现象。

在上述情况下都必须更换相关探头。

## 干扰

过多的外部电干扰会导致不规则或尖峰读数, 不过使用合适的热电偶类型通常可以消除这种现象。这是在监控溅镀过程 (用来将防反射涂层涂覆到太阳能电池上) 中所遇到的一个特殊问题 (第21页), 此时 **SolarPaq** 系统暴露于等离子体。在这种情况下请最好使用接点隔离式矿物隔热探头。在受激等离子体中使用陶瓷或玻璃纤维隔热探头可能会导致不规则的错误读数。



某溅镀过程的温度曲线 (图中给出了在不用接点隔离式矿物隔热热电偶的情况下进行测温运行时所产生的典型干扰)



# 防反射涂覆（溅镀）

下列 SolarPaq 硬件和规程用来监控在太阳能电池制造期间涂覆防反射氮化硅涂层时所用的溅镀及其他过程。

对涂覆过程的密切监控是优化过程以及太阳能电池最终效率的关键。SolarPaq 系统在穿越整个过程的同时测量电池表面温度，从而反映出过程内的各处正在发生的情况。

在太阳能电池托架穿越过程的同时只需将记录器及其热保护装置放入其中即可。SolarPaq 系统恰好占据一个 156mm 电池位，因此无需对托架进行任何改造。接着系统便会像正常生产期间一样随受激等离子场（plasma field）一起穿越整个过程。

本章中关于 SolarPaq 系统在防反射涂覆（溅镀）过程中的使用说明是对其他章节（第9页和 第15页）中的相关内容的补充，因此应一并阅读。

## 隔热箱

关于隔热箱的选择和使用，请参阅 第9页。

防反射涂覆过程用的隔热箱适用于标准 6 通道 K 型 Q18 数据记录器（DQ1863）。

### TB7400

温度 °C	450				
持续时间（分）	8				
尺寸	高 18 mm	宽 149 mm*	长 148 mm*	重量 0.44 kg	

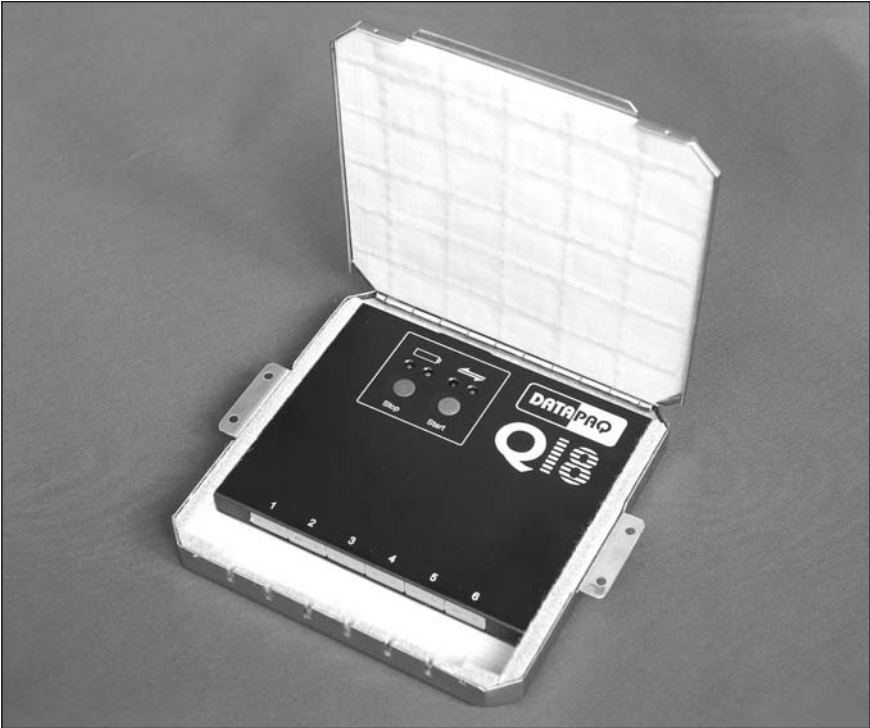
\* 三侧带有 10 mm 宽的固定用法兰。

可使用隔热箱自带的垫片来调整托架高度以适应过程室（process chamber）的尺寸。

## 热电偶

对于防反射涂覆过程，建议采用接点隔离式矿物隔热热电偶。这种热电偶可最大限度地屏蔽过程等离子室（processes plasma chamber）中所产生的

电场。使用任何其他类型的热电偶都有可能导致错误而又不稳定的读数（请参阅 第19页）。



Q18 数据记录器（装在 TB7400 隔热箱中，用于防反射涂覆过程）

建议使用 Datapaq 超细高温热电偶（PA1570）（请参阅 第12页）。

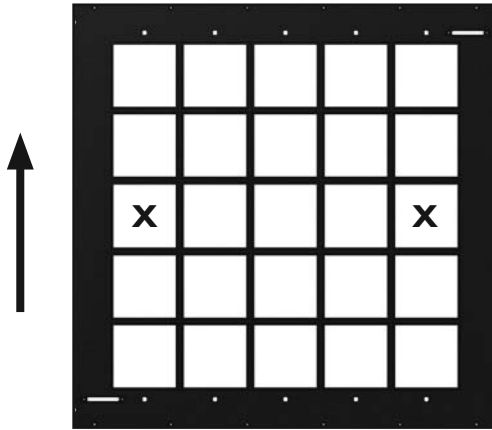
### 探头定位和附接

将探头附接到太阳能电池的方法取决于过程温度。温度较低时可使用 Kapton 高温胶带（第12页）以快速获取适当结果，不过每次运行后都可能需要更换胶带。温度较高时既可用高温粘接剂也可通过将热电偶电缆弯成弧形（靠电缆弹性保持与电池接触）的简单方法将探头固定到位。

所要监控的太阳能电池的数量和位置将由过程工程师决定，并取决于炉子以及测温原因。

隔热箱应尽可能靠近托架一侧并位于前后方向的中间位置。这将减少托架在过程室内受热时因系统重量而下陷的可能性。将热电偶电缆集中铺设回记录器和隔热箱时应尽量减少电缆被卡在过程室内的可能性。

最好使用可将热电偶探头留在原位以便重复使用的专用托架。热电偶留在原位可减少磨损和电缆应力，从而最大限度地延长其寿命。



太阳能电池防反射涂覆（溅镀）过程中所用的典型托架（SolarPaq 隔热箱组件应放在有 X 标记的任一位置。箭头指示穿越过程的方向）

## 进行温度曲线测试

关于基本规程，请参阅 第15页。

### 备好记录器

将采样间隔设为 0.5 秒。这一设置可获得足够的分辨率，而更短的采样间隔则有可能导致结果中出现电干扰（请参阅 第19页）。采样间隔为 0.5 秒或更大时，记录器内部回路具有最大的抗干扰性。


### 将记录器装入隔热箱

按上述说明将隔热箱装入托架中，并将热电偶逐个放入隔热箱前面的出线槽中。

### 将系统放入过程室中

SolarPaq 系统装入托架后，用自动装载系统将托架放入过程室中。

## 检查温度曲线

用 **Insight** 分析从记录器下载的温度曲线数据时，应确保已将“防反射”选为炉型。最好用**过程文件**（关于过程文件，请按 **F1**，或从菜单栏上选择“帮助”>“目录”，然后点击“过程文件：炉、配方和产品”部分）来选择炉型。也可在“过程详细信息”对话框的“高温炉”选项卡（点击 **Insight** 工具栏上的 ，或从菜单上选择“过程”>“过程详细信息”）上设定炉型。

从 **Insight** 窗口底部的选项卡上选择专用**防反射分析模式**。应特别关注与峰值温度、上升/下降斜率以及用户指定的两个温度之间的平均斜率有关的分析数据。

# 触点烧结（金属化）

太阳能电池能否达到最佳性能主要取决于触点烧结过程。不正确的温度曲线会影响接触电阻以及填充因子，从而直接降低产能。使用 SolarPaq 系统时，记录器在穿越炉子的同时可记录测试电池顶部和底部上的最多六个点的温度曲线，这样便可在不中断正常生产的情况下对过程进行监控。

下面介绍适用于触点烧结过程的 SolarPaq 硬件和规程。

本章中关于 SolarPaq 系统在触点烧结过程中的使用说明是对其他章节（第9页 和 第15页）中的相关内容的补充，因此应一并阅读。

## 隔热箱

关于隔热箱的选择和使用，请参阅 第9页。

适用于触点烧结过程的两款隔热箱在耐热时间上各不相同。两者都适用于标准 6 通道 K 型 Q18 数据记录器（DQ1860）。

### TB7200

温度 °C	200	400	600	800	
持续时间 (分)	6.5	2.0	1.5	1.0	
尺寸	高 19.5 mm	宽 165 mm	长 234 mm	重量 1.0 kg	



触点烧结过程用的 TB7200 隔热箱（TB7250 与之类似）

## TB7250

温度 °C	200	400	600	800	
持续时间 (分)	19	5.5	4.5	3.5	
尺寸	高 23 mm	宽 165 mm	长 224 mm	重量 1.25 kg	

## 热电偶

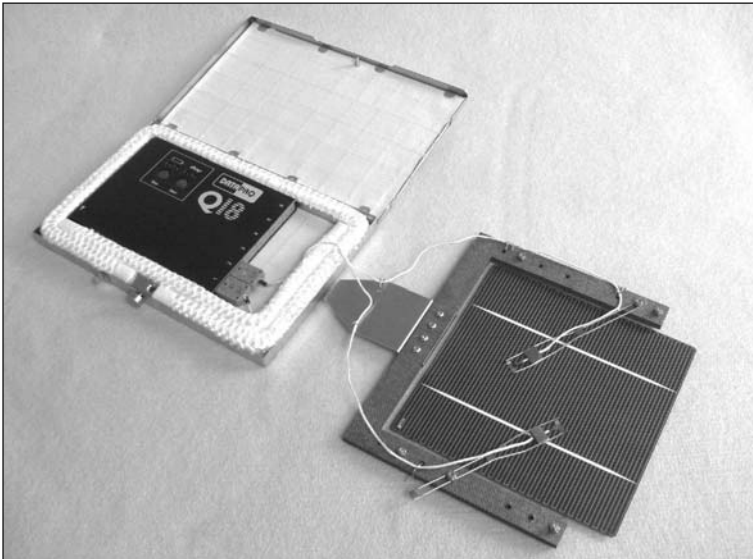
建议使用 **Datapaq** 超细高温型 (PA1570) 或无粘接剂玻璃纤维 (PA1144) 型热电偶 (请参阅 第12页)。

## 探头附接

关于基本规程, 请参阅 第13页。

## 使用 **Datapaq** 电池夹

电池夹 PA2070 适用于最大 156 mm 见方的太阳能电池。电池牢牢定位后, 用电池夹侧面的螺钉将探头固定到位, 接着只需将相关探头尖滑动到电池表面上的所需位置即可。电池夹可与最多四个上侧探头和两个下侧探头配合使用。



触点烧结过程用的 **SolarPaq** 系统 (图中记录器位于打开的隔热箱中, 而电池夹则将两个热电偶探头固定在电池上侧)

使用前应确保支持电池的导线已被调整到足够的张力以提供良好的热接触并防止电池过度弯曲。调整探头时，应确保组件总宽不会触及炉壁或炉子自带的电池导向器。将热电偶电缆集中铺设回记录器和隔热箱时应尽量减少电缆被卡在炉子输送带上的可能性。

## 不用电池夹附接

在不用电池夹的情况下将探头附接在很薄的电池上是非常耗时费心的，而且难以获得可重复的结果。一个最常用的有效方法是采用 **0.5mm** 的矿物隔热探头 **PA1571**。这些探头需要压贴在输送带（电池后不远处）上，电缆的最后 **150 mm** 弯成弧形以便靠电缆的弹性与电池保持接触。

**Datapaq** 可提供一种在玻璃行业被广泛用来将热电偶附接到平板玻璃上的陶瓷粘合剂。不过，由于太阳能电池非常易碎，并且粘合剂的额外热质会对温度测量产生负面影响，因此这一方案在太阳能电池上的效果并不理想。


## 进行温度曲线测试

关于基本规程，请参阅 第15页。

## 备好记录器

选择尽可能快的采样间隔（**0.05 秒**），因为这样会在非常快的升温和降温周期内产生最好的数据分辨率。

## 检查温度曲线

用 **Insight** 分析从记录器下载的温度曲线数据时，应确保已将“触点烧结”选为炉型。最好用**过程文件**（关于过程文件的详情，请按 **F1**，或从菜单栏上选择“帮助”>“目录”，然后点击“过程文件：炉、配方和产品”部分）来选择炉型。也可在“过程详细信息”对话框的“炉”选项卡（点击 **Insight** 工具栏上的 ，或从菜单上选择“过程”>“过程详细信息”）上设定炉型。

从 **Insight** 窗口底部的选项卡上选择专用**触点烧结分析模式**。此外还应特别注意下述分析模式：

- **斜率** — 加热和冷却速率。还可查看斜率的变化情况（选择“编辑”>“虚拟探头”，接着选择“一阶导数”）。
- **曲线下面积** — 可用来衡量太阳能电池在烧结温度以上时所吸收的能量。



# 组件层压

太阳能电池组件在层压过程中所遇到的温度情况对 EVA 粘结剂的固化效果非常重要，因而也会直接影响到组件寿命。将 SolarPaq 系统连同所要监控的薄片（sheet）放入层压机，这样便可在不中断正常生产的情况下对过程进行监控。

本章中关于 SolarPaq 系统在层压过程中的使用说明是对其他章节（第 9 页 和 第 15 页）中的相关内容的补充，因此应一并阅读。

## 隔热箱及护架

隔热箱及其护架不仅可以保护数据记录器免受层压过程的温度和压力的影响，而且可以确保层压膜（laminator membrane）上不会形成额外的应力点。

### TB7100 隔热箱

关于隔热箱的选择和使用，请参阅 第 9 页。

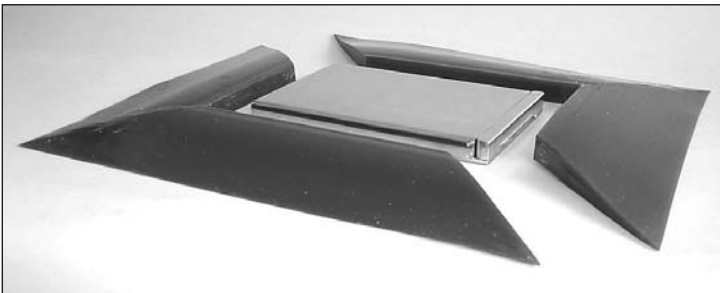
层压过程用的隔热箱适用于标准 6 通道 K 型 Q18 数据记录器（DQ1860）。

尺寸	高	宽	长	重量
	20 mm	147 mm	219 mm	1.25 kg

### TB7150 硅护架

护架用硅橡胶制成，分为两部分。

尺寸	高	宽	长	重量
	20 mm	365 mm	443 mm	0.65 kg



层压过程用的 TB7100 隔热箱（护架的两部分紧贴在隔热箱周围）

# 热电偶

层压过程的温度远低于 250°C，因此建议使用柔韧的 PTFE 隔热热电偶，如 PA0061（第12页）。

## 探头附接

PA0060 系列热电偶带有扁平接点和自粘胶带，因此需要时只需将其粘贴到玻璃表面或太阳能电池组件的背膜上即可。将热电偶放在组件中央以及周围的边角上可使用户监控整个组件的温度，从而确保各点的温度都处在规格范围内。

布设热电偶电缆时应避免其使之相互交叉。建议将隔热箱组件放在紧随测试组件的薄片上并将所有热电偶向后敷设到隔热箱组件。

## 进行温度曲线测试

关于基本规程，请参阅 第15页。

## 备好记录器

将采样间隔设为 0.5 秒。对于 10~20 分钟的典型过程持续时间而言，这一间隔将会获得足够的分辨率。

## 将记录器装入隔热箱

将记录器滑入隔热箱后关闭隔热箱，此时应确保热电偶电缆从铰链门底座上的切口引出。接着将隔热箱放在硬纸板或玻璃板上，并将硅护架放在隔热箱周围。热电偶电缆应从护架与放有护架的板之间穿过。

## 将系统放入层压机

很多大型层压机都有自动装载系统，不过有时可能需要改用手动操作以便将 SolarPaq 系统放入装载区。


将载仪组件和隔热箱/护架组件放在载送带上。确保护架牢固就位以保护可在层压机内形成真空密封的昂贵隔膜。

*护架定位不当可能会导致层压机损坏。*

## 从层压机中取出系统并下载数据

从层压机中回收系统后，护架仍可留在原处。此时只须卸下护架的前面部分以便从隔热箱中取出记录器。

## 检查温度曲线

用 **Insight** 分析从记录器下载的温度曲线数据时，应确保已将“层压机”选为炉型。最好用**过程文件**（关于过程文件，请按 **F1**，或从菜单栏上选择“帮助”>“目录”，然后点击“过程文件：炉、配方和产品”部分）来选择炉型。也可在“过程详细信息”对话框的“高温炉”选项卡（点击 **Insight** 工具栏上的 ，或从菜单上选择“过程”>“过程详细信息”）上设定炉型。

从 **Insight** 窗口底部的选项卡上选择专用**层压分析模式**。应特别关注与峰值温度和在用户指定温度以上所花的时间有关的分析数据。所用 **EVA** 粘合剂的规格中将含有与所需交联温度和时间有关的详细信息；可设法对分析进行配置以显示这些信息并在某个探头的温度曲线不符合规格时触发警报。

欧洲和亚洲

Datapaq Ltd  
Lothbury House  
Cambridge Technopark  
Newmarket Road  
Cambridge CB5 8PB  
United Kingdom  
Tel. +44-(0)1223-652400  
Fax +44-(0)1223-652401  
sales@datapaq.co.uk

北美洲和南美洲

Datapaq, Inc.  
3 Corporate Park Dr., Unit 1  
Derry, NH 03038  
USA  
Tel. +1-603-537-2680  
Fax +1-603-537-2685  
sales@datapaq.com

中国

Datapaq Ltd  
3rd Floor, Lane 280-6  
Linhong Road  
Shanghai 200335  
China  
Tel. +86(0)21-6128-6200  
Fax +86(0)21-6128-6221  
Fax +86(0)21-6128-6222  
sales@datapaq.com.cn



A Fluke Company

[www.datapaq.com](http://www.datapaq.com)