

**M&T HORIZON**

## 操作手册

石英三分力测力台

型 号 **HR-FP3404**

## 前言

感谢您选择上海好耐电子科技有限公司的产品。主要部件采用欧洲知名企业的三分量力传感器，具有高刚度、极好的稳定性、动态响应快、精度高、既可测量大量程也可测量小量程等特点，广泛用于需要三分量测力的场合。主要应用领域：航空航天、汽车、船舶、生物力学等领域的研究开发。

# 目录

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| 1. 注意事项 .....                            | 4  |
| 1.1 安全问题 .....                           | 3  |
| 1.2 仪器使用 .....                           | 4  |
| 1.3 操作指南要点.....                          | 4  |
| 2. 设备概述 .....                            | 5  |
| 2.1 一个多分力测力台能做什么? .....                  | 5  |
| 2.2 工作原理 .....                           | 6  |
| 2.3 测力台的设计.....                          | 7  |
| 3. 操作前的组装 .....                          | 8  |
| 3.1 重要说明 .....                           | 8  |
| 3.2 安装测力台 .....                          | 8  |
| 3.3 计算系统的基本电路和布线.....                    | 10 |
| 3.3.1 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 三分力测力台 ..... | 11 |
| 4. 操作 .....                              | 13 |
| 4.1 范围选择 .....                           | 13 |
| 4.2 计算微小力的改变.....                        | 13 |
| 4.3 可用的频率范围.....                         | 15 |
| 4.4 温度的影响 .....                          | 17 |
| 4.5 测量信号的极性.....                         | 17 |
| 5. 保养 .....                              | 18 |
| 5.1 重新校准仪器.....                          | 18 |
| 5.2 维护任务 .....                           | 18 |
| 6. 技术参数 .....                            | 18 |
| 6.1 三分力测力台 HR-FP3404 .....               | 18 |

## 1. 注意事项

请按说明书正确操作测力台。这能保证操作过程中您个人的安全和仪器长期的正常运作。

### 1.1 安全问题

- 这款测力台已通过了严格测试，它能保证您工作于安全环境。为了保证安全，用户必须仔细阅读手册中的指令和警告。
- 测力台必须由熟悉它并且有充分资格的人员来安装和操作。
- 当安全操作条件失效时，请不要使用测力台。这些条件包括：
  - 仪器已明显损坏
  - 仪器功能无效
  - 仪器长时间在不利环境下存放
  - 仪器在收到时受到粗暴搬运
- **警告 1!**  
请将测力台固定于基础平板上。详情请看章节 **3.2: 安装测力台**。
- **警告 2!**  
按照规定力矩将被测部件固定于测力台上平板上。

## 1.2 仪器使用

- 测力台只可在规定的环境和操作条件下使用。
- 绝缘电阻对压电计算至关重要。它阻值必须在  $10^{14}$ ~左右（至少  $10^{13}$ ~）。  
为了获得好的绝缘效果，所有的插头和插座连接必须保持干净和干燥。  
可使用 5493 绝缘测试仪测量绝缘电阻。
- 注意信号输出接头的防尘并且不要用手指碰触。当连接线等不使用时，将所提供的防尘帽堵上。
- 连接测力台和电荷放大器的电缆高度绝缘。只能使用此原配套电缆。
- 请不要将连接电缆从测力台上拔出。
- 当测力台不被使用时，请把它放入所配的包装箱中保护。
- 当进行长时间测量时，请尽量保持测力台的温度不变。
- 测力台使用之前必须将电荷放大器提前预热 1 到 2 小时。否则会产生较大的漂移误差。

## 1.3 操作指南要点

我们强烈建议您阅读整篇操作指南。如果您很忙，或者您已经具备测力经验，那么您可以自行选择您需要的章节来阅读。我们尽所能整理了这些指令来让你们能够轻易地找到需要浏览的地方。请将操作指南放在一个保险之处以备将来任何时候查阅。

## 2.设备概述

### 2.1 一个多分量测力台能做什么？

多分量测力台提供了一个基于测力平台上表面正交直角坐标系上的三个方向的准静态和动态测力（ $F_x$ 、 $F_y$  或  $F_z$ ）以及三个方向的力矩（ $M_x$ 、 $M_y$  和  $M_z$ ）。

测力台拥有高的刚度，因此具备高的固有频率。

高分辨率使得在测量大量程力时也能反映微小力的变化。

测力台在测量某些力时，如有效切削力时，不需要考虑力作用点。可同时测量力平均值以及动态力变化。可用的频率范围主要取决于整个测试台的共振频率。



多向测力台大部分的应用案例：

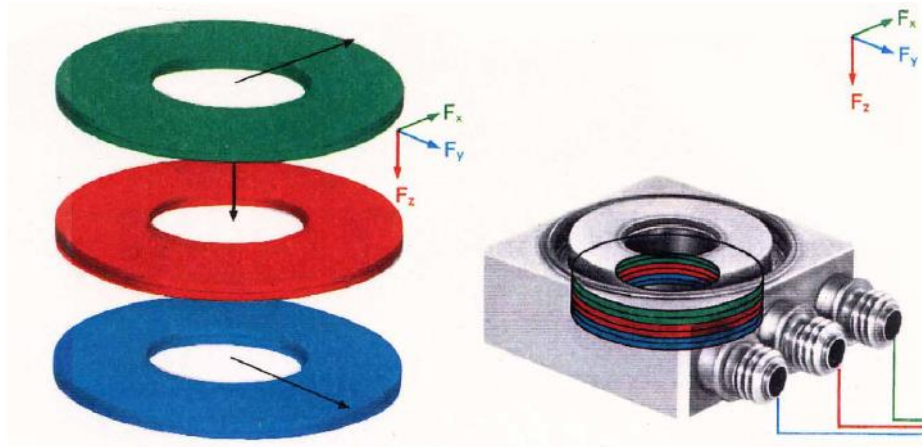
- 在机床和加工中心切削时进行切削力测量
- 冲床上的测量
- 风洞模型中的测量
- 机器地脚支撑力的测量
- 火箭推进装置力的测量
- 对接机构的碰撞力
- 卫星太阳帆板展开力
- 力限实验力
- 减震器测力
- 地震模拟台测力
- 生物力学应用

## 2.2 工作原理

每个传感器有 3 对石英片圈，一个对 Z 方向力敏感，其他两个分别对 X 和 Y 方向力敏感。测量过程非常真实，无任何位移产生。

每个传感器的力都分为 3 个方向的力。

由四个同样的传感器构成测力台的测量链。



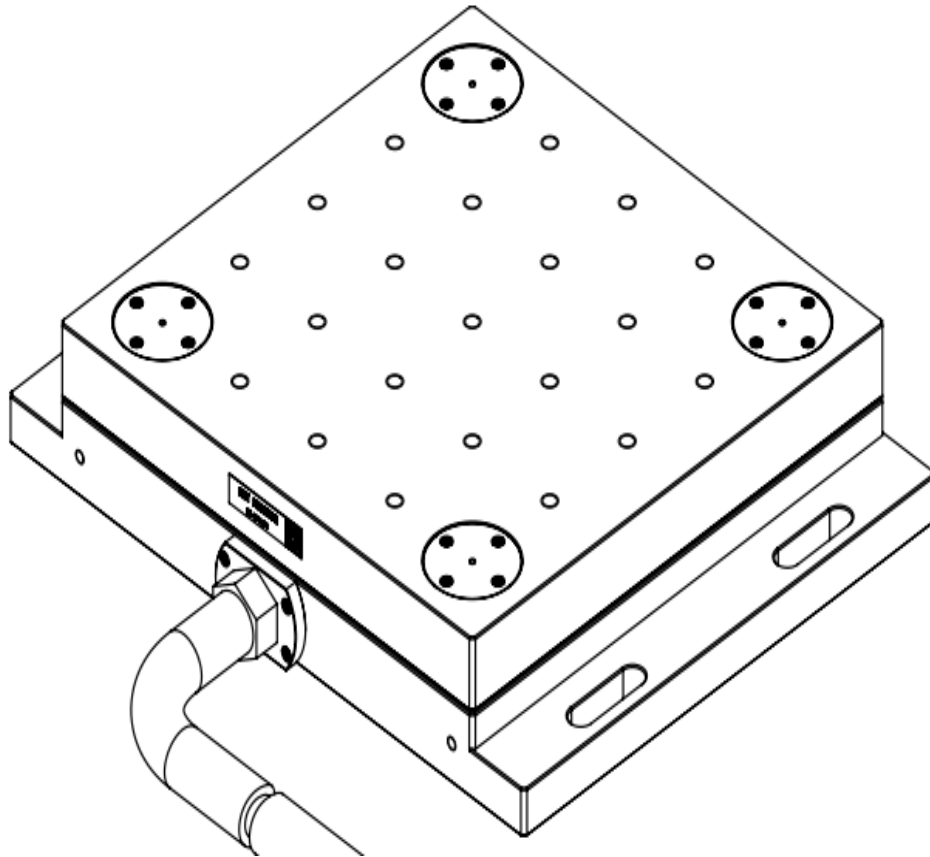
对于力的测量，由连接电缆汇合传感器各个三分量力信号，。对于 6 分量力和力矩的测量，所有 8 个单独的信号在连接电缆中汇合后直达电荷放大器。

根据不同力的方向，在连接处上会产生正负电荷。负电荷给予电荷放大器正电压，反之亦然。分别对应正向力和负向力。

## 2.3 测力台的设计

测力台包含了 4 个 3 分量力传感器，以高预加载力夹在底板和顶板之间。  
此预载是必要的，以用于传递摩擦力。

测力台主要组成：三分量力传感器、顶板、底板、 信号电缆及保护管。  
防护等级：IP67



## 3. 操作前的组装

### 3.1 重要说明

型号为 **HR-FP3404** 的多向测力台是一个精密仪器，因而其精度仅在小心的情况下才能得以保持。以下事项需要提请注意：

- 请勿乱扔测力台或重击测力台！这种大冲击力将可能超过测力台的测力最大范围并且产生永久变形。
  - 请勿使用榔锤定位工件，因为类似的敲击可能导致变形！
- 接下来您将看到测力台的安装指导和此测量设备的基本数据。

### 3.2 安装测力台

在正确安装被试件到测力台前请遵从以下的安装指导：

- 测力台必须仅由熟悉它的人并且具有相应资质的人员来安装。
- 首先需安装连接电缆。所有连接的两侧（一头测力台一头电缆）必须用特殊的可去污和绝缘的型号 **1003** 喷雾清洁。为了让连接电缆密封要使用橡胶圈（用于接合）。接触橡胶圈的安装面必须干净。橡胶圈需正确安装并且电缆上的凸缘用 2 个螺丝固定和拧紧。
- 在把测力台装于机床或测试设备之前，确保安装面是平的。不平坦的支撑面将产生内应力，使得个别力传感器产生附加的剪切应力并且产生附加的耦合误差。
- 测力台底面要求平面，比如是经过精加工的。因此设备应该安装在平板上或经过精加工的平面上。
- 在安装之前彻底地清洁连接表面。

- 可使用其一侧边缘使测力台在机床上对齐。
- 确保测力台放置的水平。即使是最小的不水平也会导致不应有的附加力并且会减少测试台的共振频率。所有的安装和配件也需要考虑振动方面的问题。
- 固定：测力台可由螺栓直接紧固。

使用 4×M16 螺栓，拧紧力矩：280Nm

- 如果仅需测量很小的力，需要使用对称布置的爪子（或压板）。如果测力台以最好的方式安装（通过调整达到），将可以获取一个更好的响应频率。也可以使用四个附加的 M12 的螺栓来固定测力台。

### 3.3 计算系统的基本电路和布线

测量平板上输出的电荷（库伦）被电荷放大器转换为成比例的电压，可被一般仪器显示、记录或者其他处理。

当给测量设备布线时以下事项需要注意：

- 连接测力台与电荷放大器的电缆必须由高度绝缘并且无摩擦电。因此您得使用配套厂家提供给的电缆线。
- 普通电缆可能只被用来连接电荷放大器和显示器或者求值计算器。
- 确保所有电气连接的工作都仔细无污地完成。只有在要连接一根电缆之前才迅速拿掉连接件的保护盖。

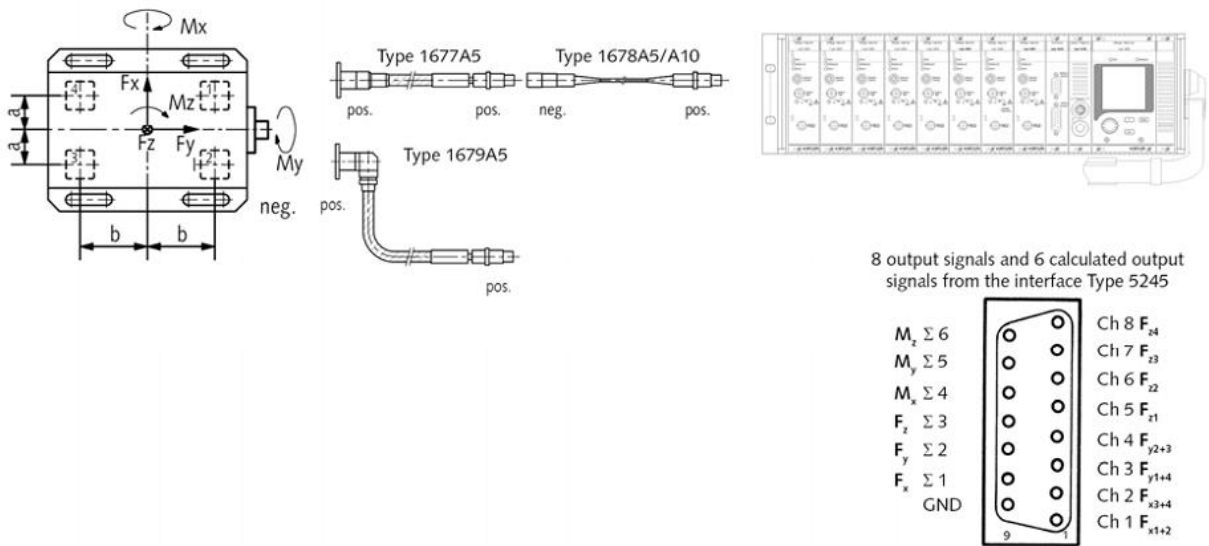
### 3.3.1 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 分力测力台

以下说明图表明了连接测力台所用的多通道电荷放大器 5073A...图中 HR-FP3402 也可用 HR-FP3404/3405/3407/3408 代替

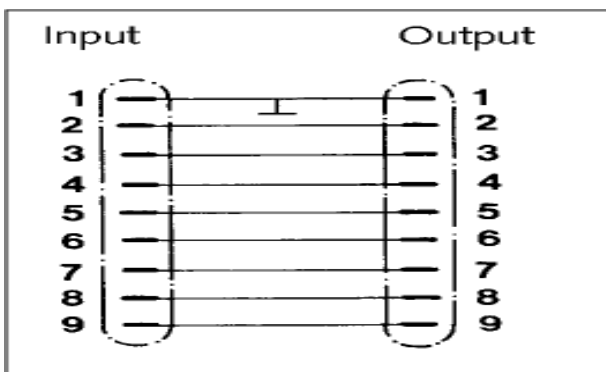
Dynamometer  
Type **HR-FP-3402**

Cable

Charge Amplifier  
Type 5080Axx80004



连接电缆 1677A5/1679A5 和延伸电缆 1678A5/A10 如下分配:



## 4. 操作

### 4.1 范围选择

我们使用的是 5073A 电荷放大器作为多分力测力台 HR-FP3404 的电荷放大器。

按照校准数据表给  $F_x$ 、 $F_y$  和  $F_z$  通道调整灵敏度。输出电压将直接被设置为成比例的相对值。(...N/V).调整灵敏度请参阅电荷放大器的操作手册。

### 4.2 计算微小力的改变

压电测量技术允许有高预载力的存在下，对微力变化的高精度测量。

- a 复位电荷放大器，按<Reset>键。选择 F 范围如下：2 103 N/V (amplifier to <Long Time Constant>).
- b 置电荷放大器于测量状态<Operate>.
- c 加上 Fz 力 (防止机械装置工具于操作的状态).
- d 在读出或记录力值后，将放大器置回于 RESET 状态因而对应于 Fz 的电荷直接被引开
- e 将电荷放大器置于更加灵敏的比例 (e.g. 1 N/V for \Fz).
- f 将电荷放大器置于短时间不变状态<Short Time Constant>.
- g 将放大器置于工作状态<Operate>.  
此时 Fz 的微小变动可以以极高的精度测量出来，此时的动态响应阈值将可达到 0,02 N。这意味着，\Fz 的 0,02 N 的变化将可以达到高达 20mV 的电压输出 (as a change in Fz ~ 20 kN) 可获取的分辨率将可达到：  
1  
-----!  
1 000 000
- h 将放大器重置<Reset>.
- i 将放大器调回至较小的灵敏度 (2 · 103 N/V). 选择长时间不变状态<Long Time Constant>，将放大器置于操作模式<Operate>.
- k Fz 的消失力 (工具撤出力) 也能被检测出来 (tool withdraw)

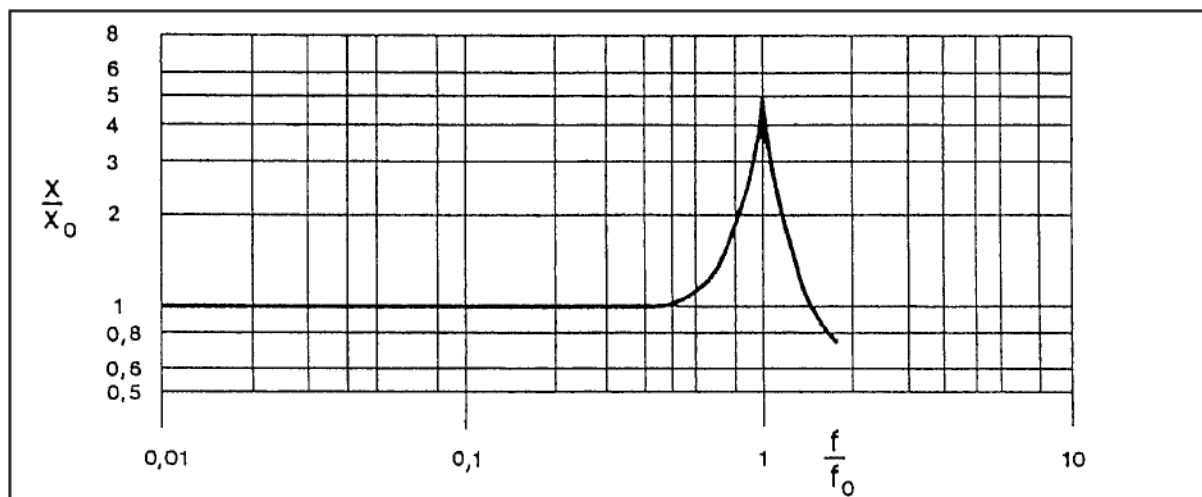
### 4.3 可用的频率范围

在频率上限，测力台显示了其较小的阻尼振荡。直到自然频率  $1/3$  的位置，测力台都能获得较小的测量误差。较低的频率限制主要取决于电荷放大器的漂移和电缆的绝缘质量。漂移有可能在准静态测量时达  $\pm 10$  mN/s。因此根据测量范围，测量从几分钟到几个小时都是有可能的。

下图展示了一个典型的频率曲线，其中：

$f$  = 测量频率  $f_0$  = 固有频率

$X/X_0$  = 振幅之比



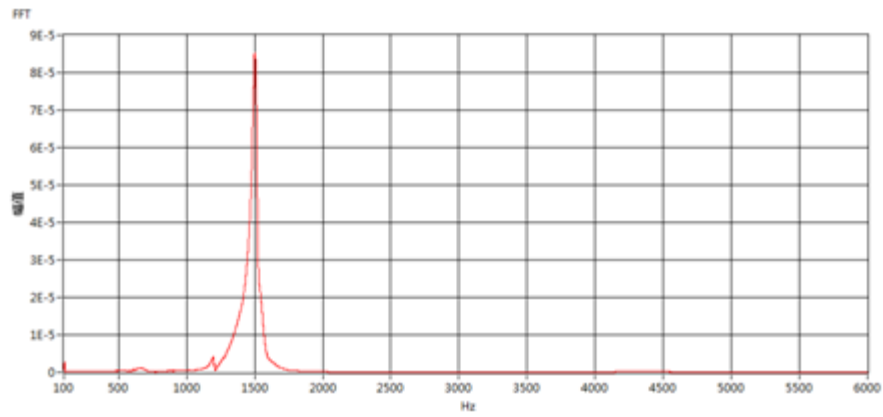
对于有些严苛的需要很宽频率范围的应用场合，必须检测整个测力台的频率特性和可用的频率范围。例如，安装于测力平台上的一个很重的工件将有可能影响台子的频率特性

为了使得可用的频率范围更加明晰，我们已经做了我们这块测力台的频率特性试验。图纸显示了不同安装方式的频谱图

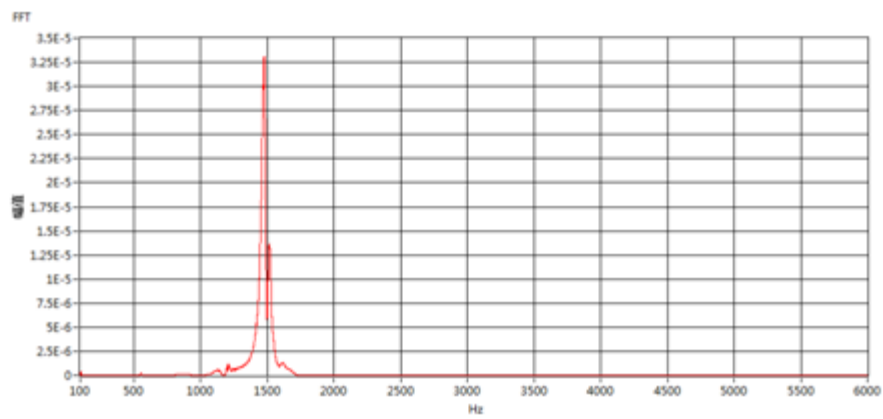
图中的 Y 轴表示振幅比，相当于测力台的输出信号（测试对象）和参考输出信号（脉冲）的商。

图中 X 轴代表固有频率的范围。  
对于力的介绍（脉冲），可以使用一个锤子进行简短的打击（参考传感器）。

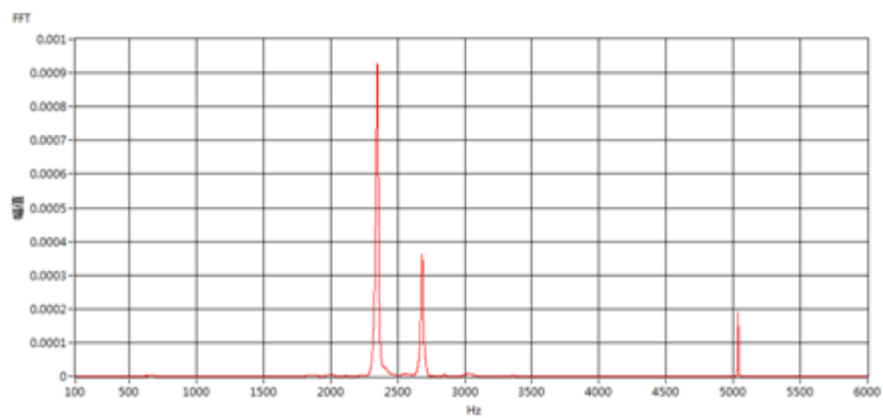
X 方向.



Y 方向.



Z 方向.



#### 4.4 温度的影响

灵敏度的温度系数随温度变化，整个测力台是在相同温度时，灵敏度的温度系数小到可以忽略不计。

另一方面温度以零点漂移的形式显示误差信号。这种温度漂移是一个热量输入的函数。

对于关键的应用，因此推荐使用防护罩来防止测力台上或其紧邻区域累积的热金属屑或周围其他热源的靠近。

#### 4.5 测量信号的极性

##### X 和 Y 方向

当力作用在表面上刻有箭头的方向，相应插头上产生负电荷。它被电荷放大器转换成一个正输出电压。

##### Z 方向

垂直于支撑面的一个压力同样产生一个负电荷信号并被电荷放大器转换成正输出电压。

## 5. 保养

多向测力台 **HR-FP3404** 是一个可靠的几乎不需要维护的仪器。为了保证长期可靠地运行测力台，请阅读以下两小节。

### 5.1 重新校准仪器

例如不小心超载后要重新校准测力台。这必须由制造商来进行。**(M&T HORIZON)**；客户可以通过试验来验证是否需要校正。

### 5.2 维护任务

以下是对于测力台维护的几点事项：

- 始终在使用前检查测力台是否有明显损坏。不要将受损的测力台投入运作。
- 保留所有制造商维护需注意的东西（例如更换损坏的插头和插座连接件或者有缺陷的传感器）。
- 注意：测力台的底板和顶板表面与地面平行并且具有非常好的行位公差。这些表面不得重新加工。肉眼可见的划痕和缺口可以修正。
- 定期用极纯的清洁剂，例如**特别清洁和绝缘喷 1003 或纯苯溶液**的来清洁测力台通用型的 9 针插头和插座连接或者连接电缆。
- 为了确保试验数据有效性，需要在试验前确认测力台状态良好，如通过砝码验证；试验过程中发现异常情况，中断试验，进行同样的操作，以确保异常数据是否是测试系统的问题。

6. 技术参数

请注意，本节所有技术参数和其他信息可能随时更改，恕不另行通知。

6.1 三分力测力台 HR-FP3404

|                                                            |                                      |                    |                                 |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| 范围                                                         |                                      |                    |                                 |
| Force application within and max. 100 mm above top surface | Fx (KN)<br>Fy (KN)<br>Fz (KN)        |                    | -4~4<br>-4~4<br>-8~8            |
| 局部校正范围                                                     | Fx, Fy (KN)<br>Fx,Fy (KN)<br>Fz (KN) |                    | 0 ~1<br>0~0.1<br>0~8;0~0.8      |
| 过载                                                         | Fx,<br>Fy,<br>Fz                     |                    | >20%FSO                         |
| 响应极限                                                       |                                      | <0.01N             |                                 |
| 灵敏度                                                        |                                      |                    |                                 |
| 线性度（所有范围）% FSO                                             |                                      | ≤ 1, typical ≤ 0.2 |                                 |
| 迟滞（所有范围）                                                   |                                      | ≤ 1                |                                 |
| 干扰                                                         |                                      |                    |                                 |
| 刚度                                                         | Cx,<br>Cy<br>Cz                      |                    |                                 |
| 固有频率                                                       | f0 (x, y, z)<br>f0(x,y)<br>f0 (z)    | KHz<br>KHz<br>KHz  | >2.8<br>1.04<br>0.9             |
| 工作温度范围                                                     |                                      | °C                 | -30~50                          |
| 20 °C 时的绝缘阻抗                                               |                                      | Ω                  | >10 <sup>13</sup>               |
| 地面绝缘                                                       |                                      | Ω                  | >10 <sup>8</sup>                |
| 电缆型号为 1687B5, 1689B5, 1677A5, 1679A5 的保护等级                 |                                      | -                  | IP 67                           |
| 重量                                                         |                                      | 公斤（顶板）<br>公斤（整体）   | ≈37.23 公斤<br>≈87.58 公斤          |
| 尺寸                                                         |                                      | 顶板<br>底板<br>高度     | 400x400mm<br>500x400mm<br>100mm |

Dimensions of dynamometer Type HR-FP3404

