

# 液压六自由度运动平台

## 新一代测试



用于需要高性能和高可靠性的耐久性测试应用

2024年8月

# 穆格六自由度运动平台为汽车测试制定了新的标准

无与伦比的创新和技术专长，结合密切无间的客户合作，使穆格成为高性能六自由度 (6-DOF) 电动和液压运动平台设计和开发方面的领先者。多年以来，穆格已完成 1,500 多套系统的安装。

穆格久经考验的技术，结合世界水平性能的穆格作动器、伺服阀、伺服驱动器和数字控制器，将为您献上持久高效的解决方案，帮助您从容应对现在和未来的挑战。

我们专注于满足您独特的测试要求，意味着您可以确信无论在哪里，所使用的都是最灵活，性能最佳的测试设备。

采用最新的测试技术已成为新设计成功的重要因素，从而确保汽车上市时间更短，有效应对日益严格的条例管制以及保持经济高效的运作。

穆格六自由度运动平台已经成为测试和开发工程师在汽车开发过程中挑战设计极限时不可或缺的工具。



## 产品概述

穆格六自由度运动平台使用六杆并联式配置的优化设计，通过加速度、力和位移输入获取仿真和测试能力，在完全不受测试类型、测试方法或者试件限制的情况下，有效再现试车场采集的数据。时时把握测试市场的发展趋势和挑战，积极聆听全球客户的需求，我们开发出了可以用于特定应用场合的各种液压六自由度运动平台。

标准六自由度运动平台可用于 680 kg 及以下载荷和 100 Hz 以上频率的测试。高频六自由度运动平台专门设计用于 200 Hz 及以下的较高频率的测试。低载荷液压六自由度运动平台专门设计用于 300 kg 及以下的较小和较低载荷的测试。高载荷液压六自由度运动平台的载荷能力较强，可用于 2,000 kg 及以下载荷的大质量试验件测试应用。



## 关键特性

### 测试

振动、耐久性、异响及噪音测试。

### 六自由度运动

平移：竖向、横向和纵向；  
旋转：俯仰、偏摆和侧倾。

### 同步工作

六个相同的作动器同时运转，产生更大的力和加速度。

### 自由度控制

自由度控制只需为所期望的运动方向输入频率和幅值，控制器和软件就可接替实现预期的运动结果。

### 性能

这款行业创新的工程设计采用特有的软件和数字化控制技术，以及最优质的部件来确保最佳性能。

## 用户效益

### 高性能和多功能性

独特的构架和没有传统的曲柄及连杆的设计，提供了更强的结构刚度，从而可获得更高的频率响应/带宽。

### 便于操作

最少的运动部件使得六自由度运动平台便于安装，调试及维护。作动器组合件的几何结构设计提供了舒适的工作高度，便于操作人员安装和检查试件。

### 占地极小

仅使用传统系统要求的 1/3 空间，这种小尺寸设计使其成为易于在测试实验室的任何位置进行安装、运行和控制的一体化解决方案。

### 灵活性最大

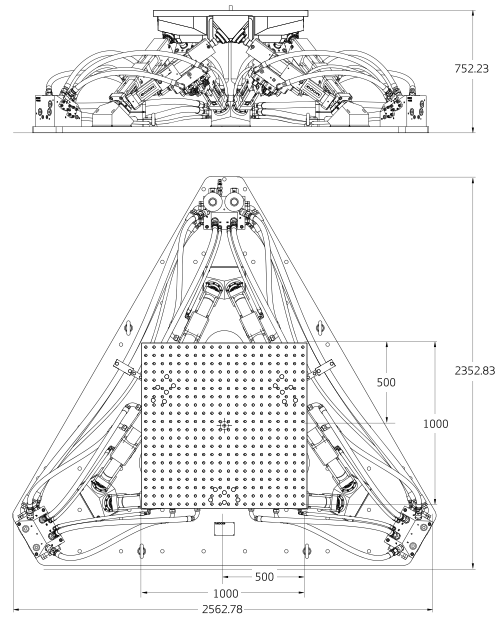
适合与环境舱集成为一体，进行振动测试同时还可进行温度和湿度测试。

### 选择您适用的液压六自由度运动平台

由于穆格广泛的技术和设计专长，客户可以自由选择满足特定性能需求的六自由度运动平台。我们的解决方案能有效满足用户对频率、有效载荷、占地面积、性能、环境舱、消声室、静压球铰以及底座固定式作动器设计的任何具体要求。

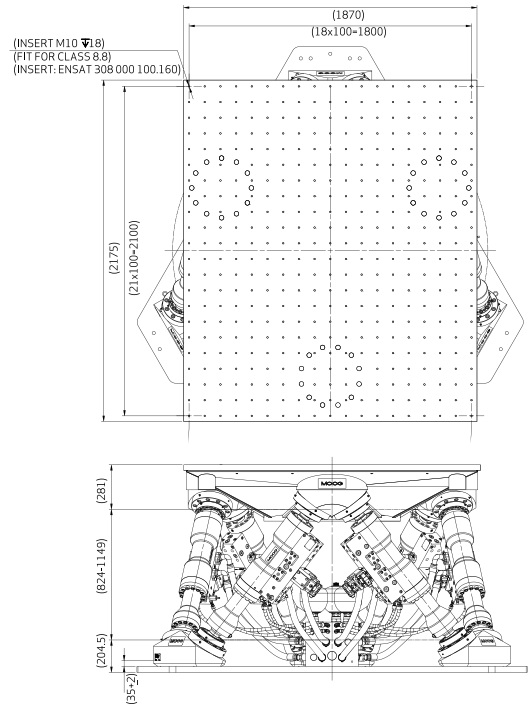
### 低载荷液压六自由度运动平台

是一种经济高效、结构坚固且用途广泛的测试系统，可用于承受高达 300 kg 的有效载荷和高达 60 Hz 的测试频率。



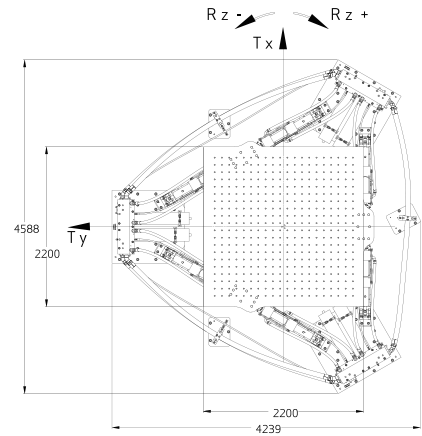
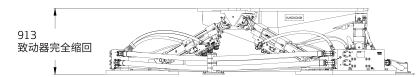
### 标准六自由度运动平台

一种多功能测试系统，设计适用于多种不同的测试应用场合，有效载荷高达 680 kg，且测试频率超过 100 Hz。



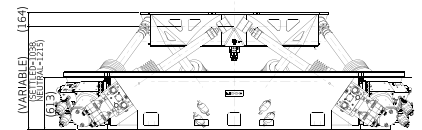
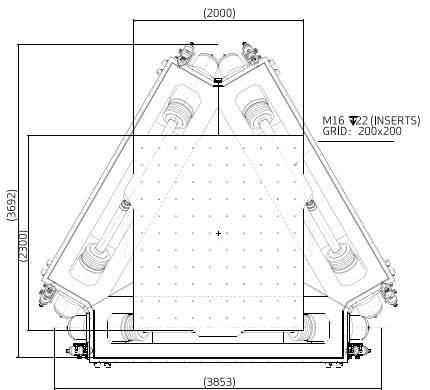
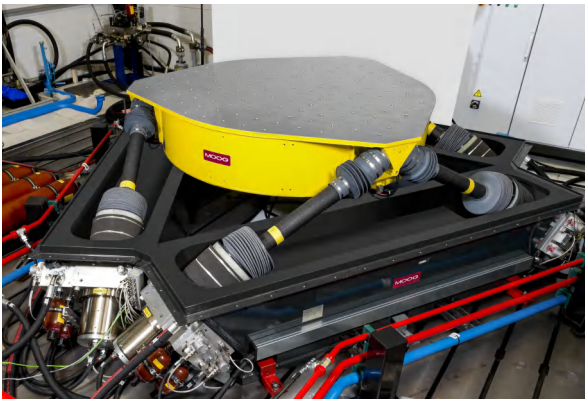
## 重载液压六自由度运动平台

一种耐用的测试系统，可以模拟高度动态的场景，适用于测试和分析质量高达 2,000 kg 及测试频率高达 100 Hz 的大型组件。



## 高频六自由度运动平台

一种超低噪音测试系统，能够对质量高达 600 kg 的试验件进行测试，并且测试频率可高达 200 Hz。



## 德国知名研究所采用穆格高频六自由度运动平台进行汽车部件和蓄电池测试

穆格向该结构耐久性 & 系统可靠性研究所供应了可以与环境舱和蓄电池测试安全系统集成使用的全套测试系统。该测试系统由穆格高频六自由度运动平台和实时控制器构成，包括穆格操作员测试和应用软件。

额定频率高达 200 Hz 的穆格测试系统将帮助该研究所进行电动汽车的蓄电池性能的评估，从而助力汽车行业进行蓄电池和电动汽车的研发。测试期间，会对蓄电池进行驾驶模拟和振动测试，以衡量其在真实环境下的性能和耐用性。

虚拟模型可以模拟乘车模式下的功率消耗，并测量蓄电池的充放电。汽车所有消耗功率的部件都包含在测试中，例如：电动机、动力转向装置、雨刷、车窗、车灯、音响、空调等。



## 规格

型号	低载荷液压六自由度运动系统	标准六自由度运动系统	高载荷液压六自由度运动系统	高频六自由度运动系统	
系统有效载荷	300 kg	680kg <sup>1)</sup>	2,000 kg	600 kg	900 kg <sup>1)</sup>
供应压力	210 bar	210 bar	210 bar	210 bar	280 bar
台面质量	220 kg	758 kg	1,000 kg	750 kg	
台面尺寸 (长 × 宽)	1,000 × 1,000 mm	2,175 × 1,870 mm	2,200 × 2,200 mm	2,300 × 2,000 mm <sup>2)</sup>	
台面安装形式	50 × 50 mm	150 × 150 mm	100 × 100 mm	200 × 200 mm	
台面安装孔尺寸	M12	M16	M12	M16	
作动器峰值力	25 kN	54 kN	80 kN	53 kN	70 kN
频率	60 Hz	> 100 Hz <sup>3)</sup>	100 Hz	200 Hz	
<b>位移</b>					
(X) 纵向	-61/+57 mm	+216/-177 mm	±135 mm	±118 mm	
(Y) 横向	±52 mm	±174 mm	±120 mm	±103 mm	
(Z) 升沉 (垂直)	-64/+60 mm	±122 mm	±150 mm	-163mm /+140 mm	
侧倾角	±8°	±9°	±8.3°	±7.6°	
俯仰角	±8°	±8.5°	-8° / +9°	-8.4° / +7.2°	
偏摆角	±7°	±12°	±6.2°	±5.3°	
<b>速度</b>					
(X) 纵向	±1.3 m/s	±1.4 m/s	±1.35 m/s	±1.2 m/s	±1.3 m/s
(Y) 横向	±1.1 m/s	±1.4 m/s	±1.30 m/s	±1.1 m/s	±1.2 m/s
(Z) 升沉 (垂直)	±1.3 m/s	±1.2 m/s	±1.70 m/s	±1.5 m/s	±1.6 m/s
侧倾角	±200°/s	±110°/s	±80°/s	±100°/s	±110°/s
俯仰角	±180°/s	±110°/s	±75°/s	±90°/s	±100°/s
偏摆角	±160°/s	±120°/s	±60°/s	±58°/s	±65°/s
<b>加速度 (带有裸台/有效载荷)</b>					
(X) 纵向	±19 g / ±10.0 g	±11 g / ±6.5 g	±11.5 g / ±5.8 g	±10.5 g / ±6.5 g	±12.2 g / ±8.8 g
(Y) 横向	±15 g / ±9.0 g	±10 g / ±6.0 g	±11.0 g / ±5.5 g	±10 g / ±5.8 g	±12.0 g / ±8.3 g
(Z) 升沉 (垂直)	±22 g / ±11 g	±14 g / ±9.0 g	±15.0 g / ±7.0 g	±12.1 g / ±8.2 g	±14.3 g / ±10.2 g

上表技术数据以当前可用信息为基础，穆格可以随时进行修改。所有数据均作了节略以提高可读性。特定系统或应用程序的规格可能会有所不同。

<sup>1)</sup> 还提供 1,000 kg 有效载荷版本。

<sup>2)</sup> 还可提供圆形平台。

<sup>3)</sup> 实际频率取决于测试类型、测试幅度和有效载荷。

## 穆格测试控制器

穆格测试控制器是一个可以灵活配置的实时模块化控制系统，可以对任何液压或电动测试系统进行控制或采集它们的数据。强大而紧凑的模块提供了多种易于配置的传感器输入和控制输出，便于实现最优化的使用。穆格测试控制器允许用户以便于使用的形式控制并记录所有信号，从而最大限度地满足用户长期可靠使用的需求。



特性	优点
常见的多功能软件：可配置的硬件绑定、标定向导、强大的控制闭环	老用户无需培训；新用户在经过最基本的培训后即可通过简化的界面执行复杂任务
更易于操作的一体化模块	需要管理的部件更少，在控制器之间移动硬件更加安全
将来可凭借中央处理单元 (CPU) 和子站控制单元轻松升级	模块化设计使低成本升级成为可能，从而实现对技术改进和控制器扩展的利用
模块 I/O 密度更大	每个接口的成本更低，更小的空间容纳更多的输入/输出
灵活的 I/O — 可配置的数字输入、数字输出、模拟输入或加速度计 (ICP)	单个接口可用于实现不同功能，使得您在测试需求改变时无需增加成本
1 至 32 个通道，扩展方便	控制器扩展成本低，由于采用了空间节约型通道或数据采集模块，从而无需使用插槽数量有限的昂贵机架
24 位信号分辨率	高分辨率模拟输入能够更为精确地控制和提高数据采集的精准度

### 德国拓乐 (Thule) 公司利用穆格六自由度运动平台进行车顶架扭曲和翻转测试

拓乐集团投资购买了穆格六自由度运动平台，并通过订购测试频率高达 100 Hz 的新一代穆格六自由度运动平台提升了其测试能力。由于拓乐集团产品组合不断增长，持续关注对产品的安全测试需求，因此需要采购第二个系统。

拓乐集团基于当前六自由度运动平台的可靠性和性能、多年来提供的服务水平以及穆格的技术专业知识，再次选择了穆格。

“利用这个测试系统，我们取得了巨大成功。”拓乐公司的产品合规副总裁 Eric Gustavsson 表示，“我们模拟‘时间历史档案’中的情形，准确复制测试所需的任何特定道路条件。这个系统设计紧凑且其布局非常便于实验室人员使用。穆格的软件运行快速并且迭代过程简单，优化了实验室生产力。我们 24 小时不停地集中使用它。随着公司测试专业知识多年来的增加，工程师们能够充分利用测试系统的潜力。”

Gustavsson 表示：“不同的客户需要不同类型的测试和不同的测试配置文件。穆格系统使我们能够在不同的道路和地形条件下模拟各种车型和尺寸的汽车，使我们能够在较短测试设置时间内，高精度地模拟最极端的条件。这对我们公司的产品开发和鉴定过程至关重要，拓乐因此而广为人知。”



## 满足您需求的软件

穆格测试控制器以穆格基础测试软件 (MITS) 为核心，能够以简便的方式完成复杂任务操作。除了基础软件外，还配备了几个可选的应用程序包，用于扩展控制功能、提升系统能力并增强测试性能。

### 耐久测试软件 (Runner)

根据简单的指令构建复杂的嵌套耐久性测试。运行耐久性测试和试样，并监控它们的进展情况

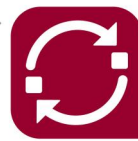


### 随机振动软件 (Vibration)

运行实时闭环控制，以定义随机振动频率谱 (PSDs)

### 正弦扫频软件 (Sinesweep)

查找测试样品的共振频率，运行正弦扫频耐久性测试



### 路谱迭代软件 (Replication)

利用最先进的算法以强大便捷的方式复现时间历程文件

### 基础测试软件 (Integrated Test Suite)

使用易于使用的设置屏幕配置、校准和调整设备，然后构建并按照简单到复杂的测试顺序开展耐久性测试

特性	优点
<b>支持多个测试系统</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>单轴和多轴液压或电动测试系统、液压六自由度运动平台、电动六自由度运动平台、轮胎耦合式道路模拟系统</li> </ul>	<b>一个控制器平台实现多种用途</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>用户界面包含了适用于强度、疲劳和振动测试的配置、调参以及测试播放器</li> </ul>
<b>集成套件</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>轻松设置和配置测试站</li> <li>进行一些简单的初始调整</li> <li>可以与外部设备通信</li> </ul>	<b>直观易用</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>一次学会就可以操作不同的测试台架</li> <li>为不熟练的操作人员提供支持</li> <li>通过可选应用软件提供附加性能</li> </ul>
<b>实时运动控制</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>多重控制闭环、幅值相位匹配、无扰动控制切换、数据采集</li> </ul>	<b>测试精度和效率</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>适用于所有通道的最优控制和数据记录功能最大限度地缩短了设置和运行时间</li> </ul>
<b>获取数据</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>便于创建记录集</li> <li>基于块的记录</li> <li>便于配制的记录说明</li> </ul>	<b>定制测试记录模式</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>按照需要的频率记录所需的任何信号</li> <li>防止记录丢失</li> <li>选择记录时间和记录内容</li> </ul>
<b>定制安全和活动界面</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>配制安全事项</li> <li>活动动作</li> </ul>	<b>防止试样或设备的不必要损坏</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>便于设置安全关键措施</li> <li>配制额外测试的特定动作</li> </ul>
<b>对可配置硬件的访问量最大化</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>将所需的高密度 I/O 与测试站绑定</li> <li>轻松校准传感器</li> </ul>	<b>高性价比的硬件和软件组合</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>可用 I/O 的利用率高</li> <li>快速设置，更多正常测试运行时间</li> </ul>
<b>定制您的用户界面</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>支持多语言 (英语、德语和中文等九种语言)</li> <li>保存/加载用户界面布局 (示波器和数字表)</li> <li>用户认证 (访问级别)</li> <li>工具栏</li> </ul>	<b>高效的本地化</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>选用习惯的语言</li> <li>节省大量时间的监控显示器组</li> <li>对关键信息的访问控制</li> <li>可以选定访问人员和访问内容</li> <li>任何角度都提供便于使用的常用工具</li> </ul>
<b>用若干播放器来运行测试</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>循环播放器——具有目标匹配和记录功能的多轴分段操作</li> <li>顺序播放器——使用斜坡、循环、驱动文件指令、记录和/或触发操作创建定制化测试</li> </ul>	<b>使用同一的软件包运行各种简单或高级的测试</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>采用一个用户界面运行和监控简单的疲劳测试，或者使用嵌套指令、数据记录和数十个触发动作来监控复杂的测试</li> </ul>

## 零部件保证最佳精度

每个穆格六自由度运动平台都由世界级性能的穆格部件组成。六自由度运动平台每个元件都与工程设计完美融合，以提供绝佳的性能、可靠性和持久性。

### 伺服阀

穆格六自由度运动平台包含我司知名的伺服阀。穆格伺服阀以其精密的公差、卓越的性能以及非凡的耐用性而著称。穆格伺服阀是先进测试工程师的首选产品，被公认为液压伺服阀性能的世界标准。



### 测试作动器

我们的液压模拟测试平台采用六个液体静压或聚合物复合材料轴承作动器。该设计可以在数以亿次的循环中提供始终如一的性能。这些作动器具有更高的可靠性、刚性和加强的抗侧向载荷能力。由于改善了密封寿命和缓冲垫能更好地消散能量，作动器的设计坚固耐用，维修率低。

穆格在开发苛刻应用环境中的作动器方面有丰富的经验，制造高性能运动控制部件是我们的强项。作动器是高性能测试解决方案的关键，我们的客户也表示，他们需要比市场上更加可靠、性能更高的部件。

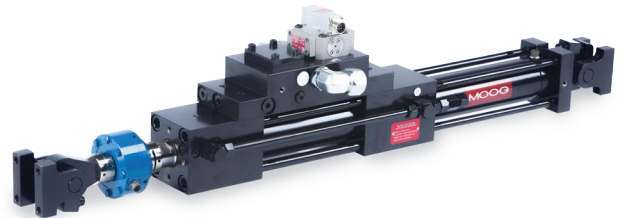
### 静压轴承测试作动器

- 用于标准六自由度运动平台
- 创新的 6 腔静压轴承将侧向承载能力提高到静态输出的 40%，并降低了能耗需求
- 更卓越的性能、更高的可靠性以及更长的使用寿命
- 活塞杆上的先进镀层大大改善了密封磨损情况，从而延长使用寿命、降低维护要求
- 一体化阀块无需任何外部管道



### 聚合物轴承测试作动器

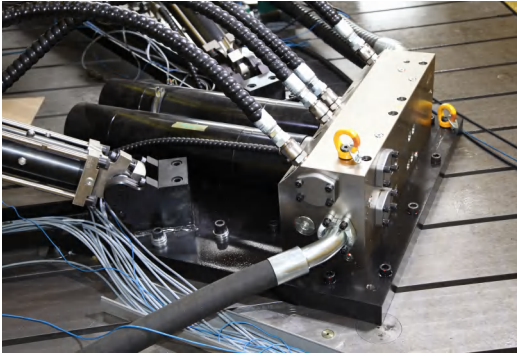
- 用于低载荷和重载荷液压六自由度运动平台
- 油冷聚合物轴承将侧向承载提高到静态输出的 15%，而传统聚合物轴承设计的侧向承载能力为静态输出的 10%
- 更卓越的性能、更高的可靠性以及更长的使用寿命
- 活塞杆上的先进镀层大大改善了密封磨损情况，从而延长使用寿命、降低维护需求
- 无需外部管道



## 液压接口

### 液压分配阀块

液压分配阀块与六自由度运动平台组件完全整合，为作动器软管的连接提供了最佳的配置方式。为了操作方便和灵活性，液压分配阀块可以连接多个可选件。



### 液压分油站

六自由度运动平台使用的液压分油站最小尺寸型号到最大流量需求型号的峰值流量为 400 l/min 到 1,000 l/min。引流管路内配有一个 3 微米过滤器，供油管路上配有一个 20 微米过滤器。引流管路、回油线路和供油线路中安装的蓄能器用于消减多余脉冲。控制阀则可以控制压力和流量，确保系统达到所有安全要求。



液压分配系统	
系统油液	Mobil DTE-24 (-25), Shell Tellus 32 (46), 或相当
过滤要求	为了延长活动液压部件的运行寿命，液压油的清洁度应保持在 ISO 4406 (SAE J1165) 16/14/11 (NAS 5) 水平或更高
工作压力	210 bar (3,000 psi) 和/或 280 bar (4,000 psi)，用于高频液压运动平台
最大回油压力	14 bar (200 psi)
最大泄油压力	3.5 bar (50 psi)
工作温度	液压油温度应当保持在 24 °C (75 °F) 和 57 °C (135 °F) 之间

## 穆格液压六自由度运动平台帮助全球汽车测试服务商 EXOVA 实现更实际的汽车测试

Exova 的运营经理 Steve Panter 先生在购买了标准穆格液压六自由度运动平台后表示：“公司进行测试分析时，很多样件损坏都出现在 50 到 80 Hz 的范围内。在采用低性能六自由度运动平台时，测试结果被过滤至 40 Hz，因此无法获得超过该频率点以上的损坏，穆格液压六自由度运动平台则可将这些损坏包括到测试范围中，提升了测试过程的价值。”

穆格液压六自由度运动平台为用户提供的响应频率高达 100 Hz，可以处理的有效载荷高达 680 kg (1,500lbs)。



## 服务与支持

### 五点检查流程

我们的首要目标是减少停机时间。作必要的维护以便在未来数年内确保可靠性并实现节约成本的目标。若返厂维修，维修品返回后，它必须能够像新的一样继续工作。这就是穆格全球支持的承诺。

- 入厂检查可为客户提供组件性能的详细报告；对于作动器，可能是有关泄漏或响应的报告；对于电子模块，可能是有关连接不工作的报告。此类检查还可以向穆格技术人员提供关于需要关注的关键性能指标问题的详细报告。
- 然后技术人员可以查看工程记录，从而了解可能在产品出厂后发起的任何设计改进的情况。
- 作动器组件被完全拆分成零散部件。然后在检查和尺寸核验之前，用大型超声波清洗机对每个部件进行彻底的清洁。如发现任何部件磨损严重，应用原厂 (OEM) 件将其替换。应对紧配拉杆和轴承等关键部件进行尺寸核验，以确保其符合制定的标准。另外，需安装整套更换的密封套件，以确保结构的完整性。
- 伺服阀也会拆下，并遵循同样严格的评估、拆卸和测试流程。
- 最后，根据原始规格测试单个部件或组件，以确保大修的单元像新产品一样符合所有的设计和性能标准。

### 穆格工程团队随时为您服务

在当今竞争激烈的制造市场中，设备性能是决定您成本预期的重要因素。穆格全球支持是实现设备日复一日经济合理运行的关键因素。

我们致力于提供世界一流的运动控制产品和解决方案，为客户提供远远超出最初销售价值的产品支持。我们有专门的方法为您排忧解难，解决您的设备问题，并使帮助您实现每日生产力最大化。

### 维修能力

穆格全球支持旨在使用 100% 穆格正品替换零部件让您的关键设备始终以最佳状态正常运行。您期望从运动控制解决方案全球领导者处获得的可靠性、通用性和长使用寿命，只有穆格替换零部件能实现。各个穆格零部件确保关键部件具备精确的尺寸、精密的公差和规格。我们深知穆格零部件在您设备的整体运行中的重要作用，因此我们会仔细检查并测试每个返修品，以确定需要更换的部件。

### 穆格与众不同

与我们携手合作吧，作为合作伙伴，穆格能提供您所需的世界一流产品和实现更高级别的性能所需的协作专业知识。今天就联系我们吧，您会发现穆格的不同凡响之处。



# 更多产品，更多支持。

穆格设计多种运动控制产品，可对本文件所述的产品进行补充。穆格还为其产品提供各种服务与支持。如需了解更多信息，请联系离您最近的穆格分公司。

澳大利亚  
+61 3 9561 6044  
info.australia@moog.com

印度  
+91 80 4057 6666  
info.india@moog.com

新加坡  
+65 677 36238  
info.singapore@moog.com

巴西  
+55 11 3572 0400  
info.brazil@moog.com

爱尔兰  
+353 21 451 9000  
info.ireland@moog.com

西班牙  
+34 902 133 240  
info.spain@moog.com

加拿大  
+1 716 652 2000  
info.canada@moog.com

意大利  
+39 0332 421 111  
info.italy@moog.com

瑞典  
+46 31 680 060  
info.sweden@moog.com

中国  
+86 512 5350 3600  
info.china@moog.com

日本  
+81 46 355 3767  
info.japan@moog.com

土耳其  
+90 216 663 6020  
info.turkey@moog.com

法国  
+33 1 4560 7000  
info.france@moog.com

韩国  
+82 31 764 6711  
info.korea@moog.com

英国  
+44 (0) 1684 858000  
info.uk@moog.com

德国  
+49 7031 622 0  
info.germany@moog.com

卢森堡  
+352 40 46 401  
info.luxembourg@moog.com

美国  
+1 716 652 2000  
info.usa@moog.com

香港  
+852 2 635 3200  
info.hongkong@moog.com

荷兰  
+31 252 462 000  
info.thenetherlands@moog.com

如需了解更多信息，请访问：  
[www.moog.com/industrial](http://www.moog.com/industrial)  
[www.moogtest.com](http://www.moogtest.com)

穆格 (Moog) 是穆格公司及其子公司的注册商标。  
文中出现的所有商标均归穆格及其子公司所有。  
©2024 穆格公司版权所有。穆格公司保留所有权利。保留所有修改权利

液压六自由度运动平台  
MTC/PDF/Rev. I, August 2024, Id. CDL-28939-chs



扫码关注穆格官网微信  
获得更多产品及行业信息