



MTS 215系列扭转作动缸

满足电液伺服闭环回路控制测试应用严苛需求的重载、多用途扭转作动缸

be certain.

MTS 215系列扭转作动缸是应用于电液伺服闭合回路控制扭矩生成测试应用的**最佳选择之一**。该产品与MTS电液伺服阀、传感器产品配合使用，是进行材料、转轴、联轴器、驱动轴等需要扭转工作的样件力学性能评估的理想选择。



产品描述

该作动缸采用双腔体叶轮设计，用于产生扭转运动或者循环扭矩载荷，适用于各类动态扭矩循环加载试验。该产品具有最大静态角位移 100° 或 $\pm 50^{\circ}$ ，最大动态角位移 90° 或 $\pm 45^{\circ}$ ，其中 5° 为扭转角位移油垫缓冲。伺服阀通过伺服阀阀块安装于作动缸顶部，减少缸体内可压缩的液压油油量，有效提高了作动缸产品的动态响应能力和控制精度。该产品可以根据需要安装于各种试验场地，MTS提供该产品不同安装形式所需的附件。

3

产品特性：

- » 重载滚动轴承可承受较高的径向载荷，并且具有较低的摩擦力和较长的寿命；
- » 精确加工的非金属喷丸工艺转子，低摩擦、无间隙，消除载荷尖峰，避免影响试验效率；
- » 液压静态支撑止推轴承进一步降低摩擦力，有效改善闭合回路控制精度；
- » 精确加工的转子腔体无需高压密封，降低摩擦力，延长使用寿命；
- » 油口设计满足较宽泛的液压伺服阀选择，以适应各类测试应用的需求；
- » 动态扭矩范围从 $226\text{Nm}\sim 11,300\text{Nm}$ ($2,000\text{ lbf}\cdot\text{in}\sim 100,000\text{ lbf}\cdot\text{in}$)；
- » 疲劳级设计满足额定载荷范围内最大可能延长服役寿命；
- » 内置油垫缓冲保护作动缸产品在最大动态范围内应用时产品不受影响；



图示 215 扭转作动缸包括伺服阀与阀块、法兰盘、安装底板等

产品组成

图1所示产品组成如下：

1. 精加工高等级合金钢转子
2. 大油口设计满足最大流量为 189lpm (50gpm)，
3. 重载滚动轴承
4. 非金属材质压力自平衡止推轴承
5. 内置低压密封与刮油装置
6. 卸油口
7. 非金属腔体叶轮表面
8. 液压油垫缓冲，至少 5° 角位移

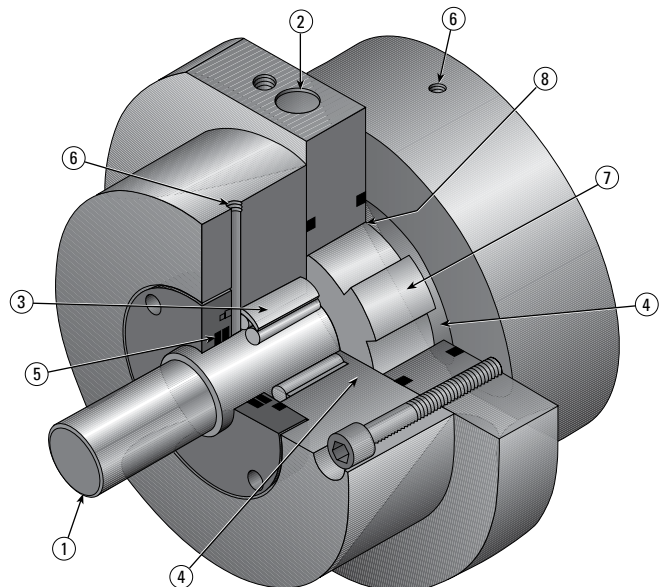
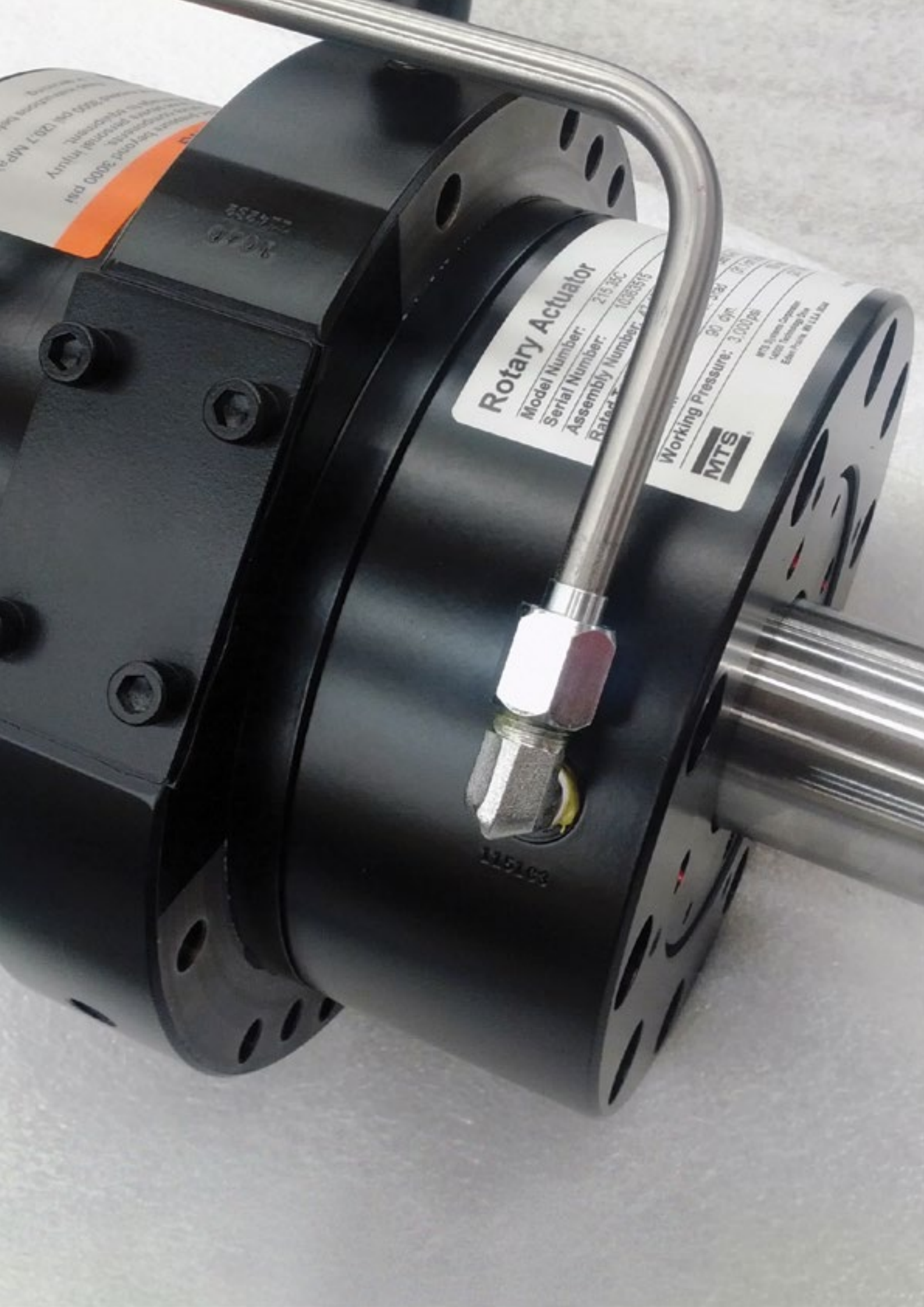


图1 典型215型扭转作动缸剖视图



Rotary Actuator

Model Number: 215-25C
Serial Number: 10283516
Assembly Number: 47
Rated

Working Pressure: 3,000 psi
90 cfr
MTS
MTS Systems Corporation
1000 Technology Drive
Evanston, IL 60120 USA

352172
0707

115103

可选部件

MTS 215系列扭转作动缸产品总成包含了不同可选部件，在本页下图所示了由215型扭转作动缸组成的典型测试系统配置，包括了扭转作动缸本身以及某些组件。每个组件的基本功能与描述如下。

反力基座

采用反力基座有两个目的：(1) 精确加工的基座平面和导轨确保扭转作动缸位置与加载线对中；(2) 提供足够刚度的反力结构，特别是较高的抗扭转刚度。

法兰盘

法兰盘是用于连接样件或者弹性支撑的接口，通过双同心圆组合将样件或者弹性支撑安装于作动缸的转子轴之上。

弹性支撑

如果进行试验时样件直径较大并且角位移也比较大的时候，推荐在样件两端安装弹性支撑。如果施加的载荷超过了作动缸能够承受的极限，弹性支撑能够减少轴向力和径向力，保护样件或者作动缸不被意外破坏。该组件没有显示在下图之中。

反力架

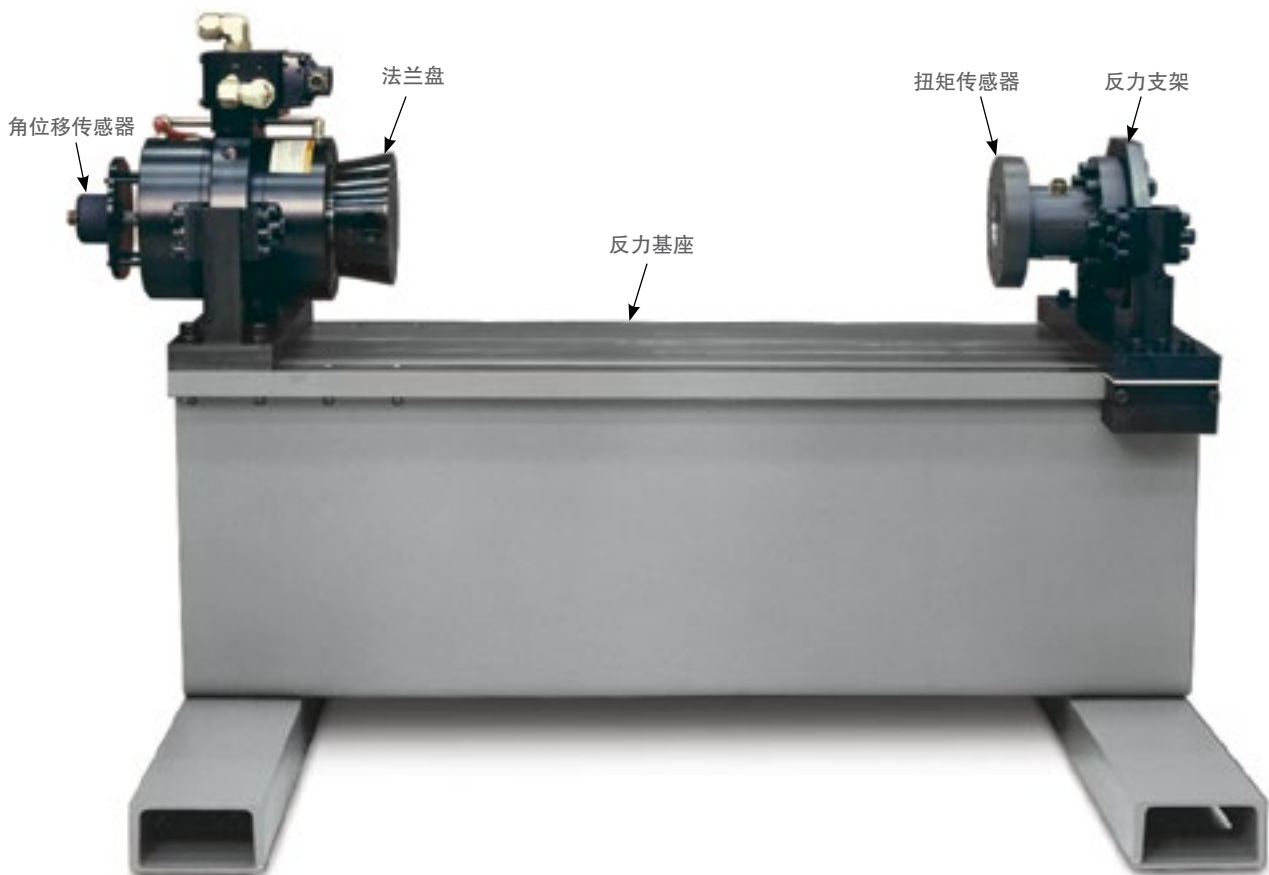
反力架需要紧固于反力基座或者客户提供的T型槽台之上，该反力架是安装扭矩传感器的反力装置，反力架的选择需要根据所选择的扭矩传感器型号来确定。

扭矩传感器

扭矩传感器是进行精确扭矩控制的关键部件之一，关于MTS 扭矩传感器的详细信息，请联系MTS系统公司的业务代表了解详情。

角位移传感器

在作动缸转子轴末端内置了角位移传感器，一般该角位移传感器是直流型传感器，感知转轴的旋转角度。该传感器不会引入额外的扭矩误差，产生的信号需要通过控制器的信号调理模块放大处理。也可以选择采用绝对值编码器作为角位移反馈传感器。



参数规格

表1列出作动缸的主要性能参数；
表2列出作动缸的外形尺寸和自重；
(所列出的字母次序参考图示2)

表1 作动缸性能参数

| 型号 | 动态扭矩* | | 排量 | |
|--------|---------|--------|-----------------------|----------------------|
| | lbf-in. | N-m | in. ³ /rad | cm ³ /rad |
| 215.32 | 2000 | 226 | 0.8 | 13.1 |
| 215.35 | 5000 | 565 | 1.9 | 31.1 |
| 215.41 | 10,000 | 1130 | 3.7 | 60.6 |
| 215.42 | 20,000 | 2260 | 7.2 | 117.9 |
| 215.45 | 50,000 | 5650 | 19.0 | 311.3 |
| 215.51 | 100,000 | 11,300 | 38.0 | 622.7 |

| 型号 | 最大轴向力(Q) | | 最大径向力(P) [†] | | 最大弯矩(M) | |
|--------|----------|-----|-----------------------|-------|---------|------|
| | lbf | kN | lbf | kN | lbf | kN |
| 215.32 | 750 | 3.3 | 1500 | 6.67 | 3600 | 405 |
| 215.35 | 750 | 3.3 | 3500 | 15.57 | 15,400 | 1732 |
| 215.41 | 750 | 3.3 | 3500 | 15.57 | 15,400 | 1732 |
| 215.42 | 750 | 3.3 | 3500 | 15.57 | 17,300 | 1946 |
| 215.45 | 1200 | 5.3 | 5700 | 25.36 | 43,000 | 4837 |
| 215.51 | 1200 | 5.3 | 6500 | 28.92 | 50,000 | 5625 |

| 型号 | 最大速度 ^{‡§} | | 扭转作动缸的转动惯量 [¶] | |
|--------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------|
| | 英制 rad/sec | 公制 rad/sec | lbf-in. ³ J | kg-m ² l |
| 215.32 | $w = \frac{260}{\sqrt{J}}$ | $w = \frac{4.4}{\sqrt{J}}$ | 11.67 | 0.00342 |
| 215.35 | $w = \frac{305}{\sqrt{J}}$ | $w = \frac{5.2}{\sqrt{J}}$ | 18.54 | 0.00544 |
| 215.41 | $w = \frac{385}{\sqrt{J}}$ | $w = \frac{6.6}{\sqrt{J}}$ | 20.23 | 0.00594 |
| 215.42 | $w = \frac{840}{\sqrt{J}}$ | $w = \frac{14.4}{\sqrt{J}}$ | 29.04 | 0.00852 |
| 215.45 | $w = \frac{970}{\sqrt{J}}$ | $w = \frac{16.6}{\sqrt{J}}$ | 171 | 0.0500 |
| 215.51 | $w = \frac{1525}{\sqrt{J}}$ | $w = \frac{26.1}{\sqrt{J}}$ | 284 | 0.0831 |

* 作动缸可以在额定动态载荷范围内正常工作，额定最大工作压差为21MPa(3,000psi)；

† P值和M值互斥，如果P值为最大值，则M值必须为零，如果P值为最大值的75%，则M值为最大值的25%。

‡ 如果在使用过程中超过了表格所列值，则需要增加内部的油垫缓冲，请联系MTS的业务代表；

§ w为转速，单位为rad/s，J或者l表示惯量，单位为lbf-in²或者kg-m²，包括作动缸转轴、法兰、弹性支撑以及1/2被测对象质量(lpm为磅值质量)

¶ 不包含法兰盘

上述参数规格发生变化恕不另行通知，若有疑问请联系MTS系统公司的业务代表予以确认。

表2 作动缸外形尺寸和自重

| 型号 | A | | B | | C | | D | | E | |
|--------|-------|------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|
| | in. | mm | in. | mm | in. | mm | in. | mm | in. | mm |
| 215.32 | 1.50 | 38.1 | 7.875 | 200.0 | 10.00 | 254 | 1.175 | 29.8 | 3.130 | 79.5 |
| 215.35 | 2.251 | 57.1 | 7.875 | 200.0 | 10.00 | 254 | 2.275 | 57.8 | 3.130 | 79.5 |
| 215.41 | 2.251 | 57.1 | 7.875 | 200.0 | 10.00 | 254 | 2.275 | 57.8 | 3.130 | 79.5 |
| 215.42 | 2.251 | 57.1 | 7.875 | 200.0 | 10.00 | 254 | 3.275 | 83.2 | 3.130 | 79.5 |
| 215.45 | 3.751 | 95.3 | 9.875 | 250.8 | 12.25 | 311 | 2.775 | 74.5 | 4.137 | 105.1 |
| 215.51 | 3.751 | 95.3 | 9.875 | 250.8 | 12.25 | 311 | 5.553 | 141.0 | 4.137 | 105.1 |

7

| 型号 | F | | G | | H | | K | | 自重 | |
|--------|-------|--------|--------|-------|--------------------|-------------------|-------|------|-----|-----|
| | in. | mm | in. | mm | in. | mm | in. | mm | lb | kg |
| 215.32 | 2.50 | 63.5 | 9.000 | 228.6 | 1.000 | 25.4 | 0.406 | 10.3 | 100 | 45 |
| 215.35 | 2.50 | 63.5 | 9.000 | 228.6 | 1.000 | 25.4 | 0.406 | 10.3 | 130 | 59 |
| 215.41 | 2.50 | 63.5 | 9.000 | 228.6 | 1.000 | 25.4 | 0.406 | 10.3 | 130 | 59 |
| 215.42 | 2.99 | 75.9 | 9.000 | 228.6 | 1.000 | 25.4 | 0.406 | 10.3 | 150 | 70 |
| 215.45 | 3.49* | 88.6* | 11.000 | 279.4 | 1.000 | 25.4 | 0.656 | 16.7 | 270 | 125 |
| 215.51 | 5.12* | 130.0* | 11.000 | 279.4 | 1.000 [†] | 25.4 [†] | 0.656 | 16.7 | 365 | 165 |

* 此处包括3.0mm(0.12in)轴肩，在A尺寸需要增大0.25mm(0.01in)；

† 215.51型作动缸包括较多的安装孔，因此不是等间距分布；

上述尺寸和自重发生变化恕不另行通知，若有疑问请联系MTS系统公司的业务代表予以确认。

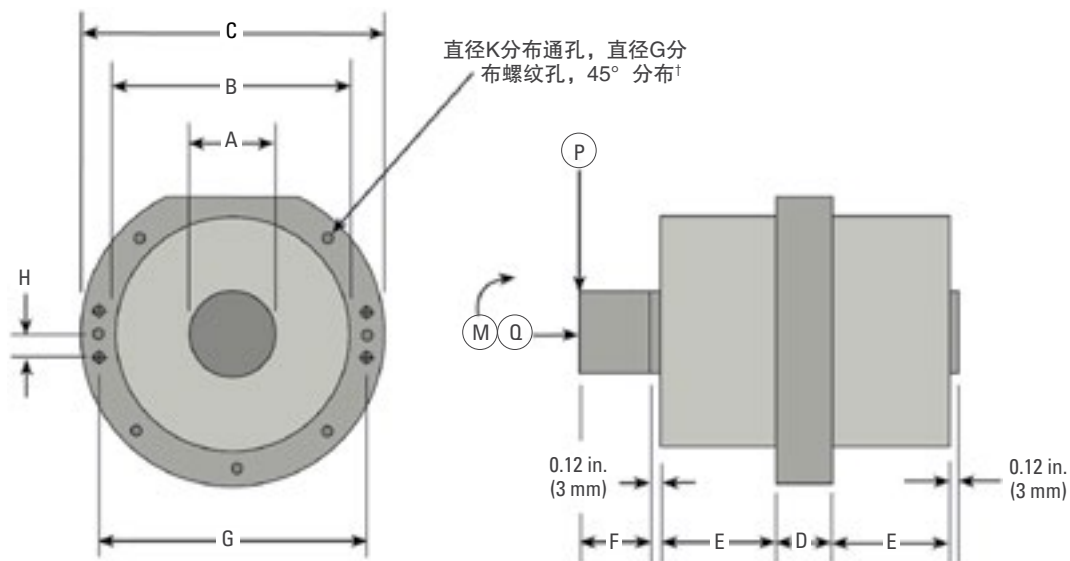


图2 作动缸外形尺寸草图

在使用MTS 215系列扭转作动缸开展试验时，需要考虑很多因素，包括作动缸本身的性能、扭矩载荷范围、轴向力以及径向力、系统的转动惯量等等。这些因素若考虑不够周全则极有可能会引起作动缸的损坏或者影响其使用寿命。请参考下面所列出的示例和计算公示来确定对应的参数。

作动缸性能与扭矩

较大的转动惯量、较高的工作频率需要较大的角加速度，作动缸的性能往往受到产品本身的限制。根据给定的转动惯量(J, lbf-in²或者I, kg-m²，参见图6)，工作频率(f,Hz)和双端位移量(θ DA, 度)，则对应的扭矩(T)输出可以用下列公式计算得出：

$$T \text{ (lbf-in.)} = \frac{J\theta_{DA} f^2}{1121}$$

或

$$T \text{ (N-m)} = \frac{I\theta_{DA} f^2}{2.903}$$

扭矩输出默认为正弦信号。如果试验所需要的扭矩超过了上述计算值，则需要选择较大尺寸的扭转作动缸。

轴向力和径向力

在试验过程中，样件的扭转、对中不佳、温度效应、反力基座变形会引起轴向力或者径向力过大，弹性支撑或者扭转刚度较好的反力基座可以防止产生过大的轴向力和径向力。同时，轴向力和径向力还会增大作动缸的动静态摩擦力，对整体寿命也有不利影响，特别是作动缸轴承的磨损还会给试验件带来不确定的额外载荷。

虽然作动缸有一定的轴向力和径向力承受能力，还是建议选择弹性支撑以及高刚度的反力基座来抵消这些不利载荷对试验系统的影响。另外，弹性支撑抵抗弯矩的能力有限，如果被测对象具有球笼关节或者U型球铰，则不建议使用扭转作动缸来完成试验，请尝试通过机械结构将扭转运动转化为线性运动。

轴向力示例

轴向力的产生与几个因素相关，例如在扭转样件的时候样件长度方向变形，或者由于样件热效应产生了膨胀，有些时候由于样件没有被妥善安装也能产生偏心矩。转轴安装只能确保在零加载的时候，不产生任何轴向力。

排除偏心载荷的情况(偏心载荷需要通过改进工装设计来消除)，轴向力和径向力都是由于样件本身的变形和运动而引起。假设一个钢材质的主轴试验件，直径25.4mm(1inch)，长度1270mm(50inch)，样件升温22℃(40°F)时，就要膨胀伸长0.305mm(0.012inch)。那么如果这个主轴被安装在215扭转作动缸之上，则会产生大约26.7kN(6000lbf)的轴向力。假设此时在样件与作动缸之间安装有弹性支撑，其刚度为1050N/mm(6000lbf/inch)，则此时弹性支撑可以产生大约356N(80lbf)的轴向力作用在作动缸上。

径向力示例

如果样件安装就位不好，存在偏心，试验过程中会产生径向力。有的时候由于工装的扭曲变形，也可能产生一定的径向力。这个径向力会引起作动缸和载荷传感器轴线出现偏移，作用在作动缸的径向力大小取决于被测样件的弯曲刚度。

采用高刚度的反力基座以及在作动缸和扭矩传感器处都使用弹性支撑可以有效减少径向力对系统的影响。图3和图4给出了基座扭曲变形，样件轴向变形所引起的径向力示例。接下来的例子则给出了高刚度反力基座可以提高较大径向力的耐受能力以及克服样件弯曲变形所带来的径向力问题。

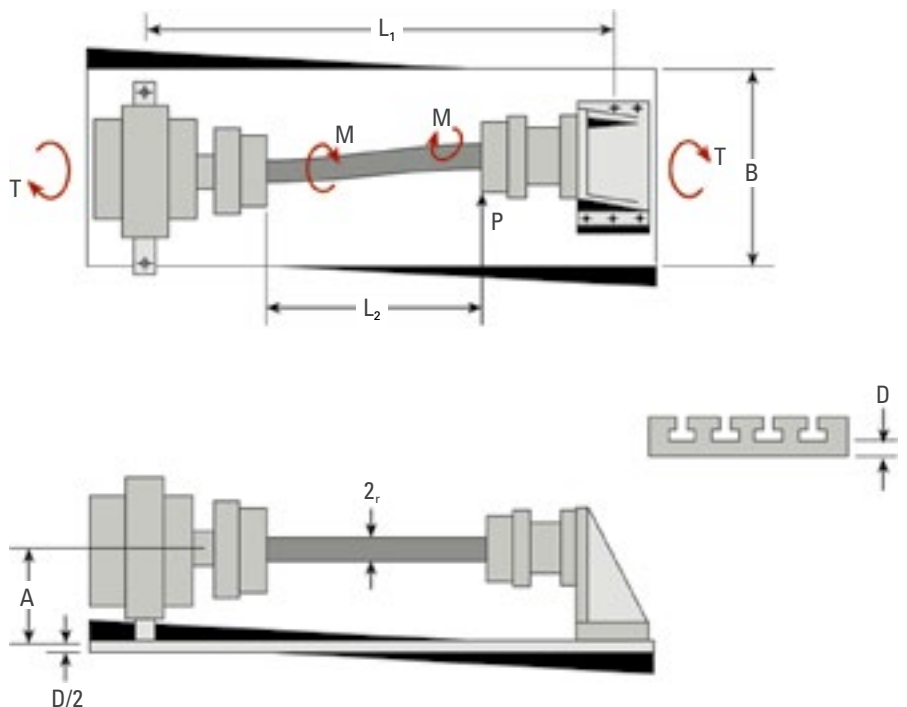


图3反力基座扭曲变形引起的载荷

示例A

不安装弹性支撑

图3给出了不安装弹性支撑的试验配置示意。相应的参数以及计算过程和结构如下。

计算

使用下列的公式，计算P值并且与表2所列的径向力载荷指标进行比较。如果计算得出的P值超过或者接近相应的指标，则需要在试验配置中增加两组弹性支撑。

另外还需要计算 S_B 值，如果 S_B 超过了所允许的最大值，则必须在试验配置中增加弹性支撑。

参数

$$P = \text{表示由于反力基座扭曲变形对样件产生的载荷(N)} \quad P = \frac{\frac{K_2}{K_1} aT}{1 + \frac{K_2}{K_1} a^2}$$
$$K_1 = \text{表示基座的扭曲刚度} \quad K_1 = \frac{E_s bD^3}{L_1}$$

E_s = 样件的剪切模量

B = 表示反力基座的宽度

D = 表示反力基座的厚度

$$b = 0.333 - 0.21 \times \left(\frac{d}{b}\right)$$

L_1 = 表示反力基座或者T型槽台扭曲变形部分的长度(mm)

A = 表示作动缸主轴中心线与反力基座实体顶部之间的距离

T = 表示施加的扭矩载荷

$$K_2 = \text{表示实心样件的水平刚度} \quad K_2 = \frac{12E_T I}{L_2^3}$$

E_T = 样件的拉伸模量

$$I = \text{棒状样件的转动惯量} \quad I = \frac{\pi r^4}{4}$$

r = 样件的半径

$$M = \text{样件的弯矩} \quad M = \frac{PL_2}{2}$$

L_2 = 样件的长度

S_B = 由于基座扭曲变形对样件产生的额外应力，根据样件的不同、试验配置不同略有区别。 $S_B = \frac{Mr}{I}$

示例：选择MTS 215.45扭转作动缸，并且安装于铁地板，则相应的参数如下：

基座：1000mm x 600mm x 150mm

T型槽深度：50mm

作动缸中心线高度(a): 200mm

作动缸最大载荷能力: 5,650Nm

基座扭曲变形部分的长度(L1): 940mm

样件材质：碳钢

样件长度：250mm

样件半径：25mm

为了计算得出P，首先需要分别计算得出 K_1 和 K_2 ，以及其余的参数，如下：

$$K_1 = \frac{E_s b D^3}{L_1}$$

其中： $E_s = 83\text{GPa}$

$$b = 600\text{mm}$$

$$D = 150 - 50 = 100\text{mm}$$

$$b = 0.333 - 0.21 \times \frac{100}{600} = 0.298$$

$$L_1 = 940\text{mm}$$

于是： $K_1 = \frac{83 \times 10^9 \times 0.298 \times 0.600 \times (0.100)^3}{0.940} = 15.79 \times 10^6 \text{ Nm/rad}$

然后计算： $K_2 = \frac{12E_T I}{L_2^3}$

其中： $I = \frac{\pi I^4}{4} = \frac{\pi \times (0.025)^4}{4} = 3.068 \times 10^{-7}$
 $r = 25\text{mm}$
 $L_2 = 250\text{mm}$

于是： $K_2 = \frac{12 \times 210 \times 10^9 \times 3.068 \times 10^{-7}}{(0.250)^3} = 49.48 \times 10^6 \text{ N/m}$

最后计算： $P = \frac{K_2}{K_1} a T$
 $1 + \frac{K_2}{K_1} a^2$

其中： $A = 200 + 50 + \frac{150}{2} = 325\text{mm}$
 $T = 5,650\text{Nm}$

于是： $P = \frac{49.48 \times 10^6}{15.79 \times 10^6} \times 0.325 \times 5650$
 $1 + \frac{49.48 \times 10^6}{15.79 \times 10^6} \times (0.325)^2$
 $= \frac{5754.126}{1.33099} = 4,232\text{N}$

再计算样件的弯矩：

$$M = \frac{P L_2}{2} = \frac{4323 \times 0.25}{2} = 540\text{Nm}$$

在本示例中， $P = 4323\text{N}$ 大约是作动缸承受径向载荷17%左右的能力，而 $M = 540\text{Nm}$ 是承受弯矩载荷大约11%左右的能力。两个数值相加并没有超过100%，也就是说在这个试验配置里，不需要额外增加弹性支撑。

最后，再来计算一下 S_b 值：

$$S_b = \frac{M r}{I} = \frac{540 \times 0.025}{3.068 \times 10^{-7}} = 44\text{MPa}$$

这里的44MPa则是由于基座变形给样件带来的额外应力。一般情况下，在进行扭转试验的时候，反力基座或者T型槽台应该具有足够的刚度不产生变形，这样给样件引入的应力为零或者几乎为零。在上面的示例之中，由于引入了额外的应力，对样件可能会产生永久破坏，影响试验的结果。所以，应使用刚度更好的扭转作动缸底座。

示例B

安装支架与反力支架的弹性变形(标准配置)

图4所示在作动缸的安装支架和反力支架处均存在一定的弹性变形的试验配置。相应的参数沿用前面的示例A，并且增加下列参数：

参数

Δ = 作动缸与反力架之间的相对位移量，该位移量由基座的扭曲变形所引起，计算公式如下：

$$\Delta = \frac{Ta}{K_1}$$

θ = 作动缸与反力支架的弹性偏转角度：

$$\theta = \frac{\Delta}{L_2}$$

M_{F1} = 最大水平弯矩

θ_{F1} = 最大水平偏转角

$$K_{F1} = \frac{M_{F1}}{\theta_{F1}}$$

$$M_1 = K_{F1}\theta$$

$$M_2 = M_1 \frac{L_2}{L_1}$$

$$S_B = M_2 \frac{r}{I}$$

计算

首先根据上述公式计算 Δ 和 θ ，如果计算得出的 θ 不超过作动缸的 θ_{F1} 参数，则相应试验配置不存在问题。

再来计算 S_B ，来确定该数值是否对试验有不利影响。

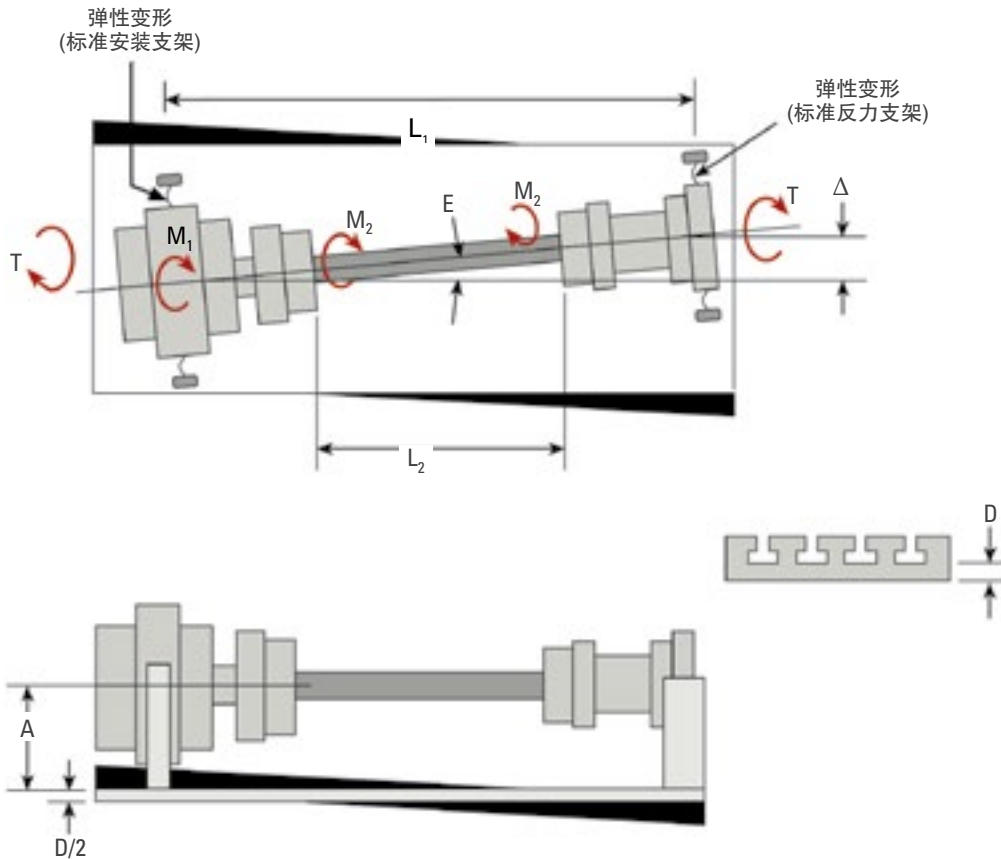


图4由于基座变形产生的载荷(集成变形)

示例C

在样件两端增加弹性支撑

图5所示采用了弹性支撑的试验配置，该弹性支撑安装于样件的两端。这时，需要将作动缸、扭矩传感器、安装支架和反力支架都安装在有足够刚度的反力基座之上。相应的参数沿用前面的示例A，并且增加下列参数：

L_F = 表示弹性支撑两个变形点的间距

θ = 弹性支撑的弹性偏转角度： $\theta = \Delta/L_F$

M_{F2} = 最大水平弯矩

θ_{F2} = 最大水平偏转角

K_{F2} = 弹性支撑的水平刚度 $K_{F2} = M_{F2}/\theta_{F2}$

$M = K_{F2}\theta$

$S_B = Mr/I$

计算

首先根据上述公式计算 Δ 和 θ ，如果再来计算 S_B ，来确定该数值是否对试验有不利影响。如果计算得出的 θ 不超过作动缸的 θ_{F2} 参数，则相应试验配置不存在问题。

建议

在绝大多数的试验配置中，在样件末端或多或少存在一定的弹性变形。首先，要确定由于反力基座或者T型槽台发生的扭曲变形或者由于样件本身长度发生变化对作动缸产生的不利载荷。需要仔细核算角度、轴向的变形量和载荷是否超出了作动缸能够承受的极限。如果超过了作动缸本身能够承受的范围，则需要改变试验配置或者减少试验的载荷。

MTS专门设计的反力基座，具有足够的刚度来应对各种试验，将标准的作动缸安装支架、载荷传感器的反力支架都安装在反力基座之上，可以确保作动缸承受的径向力在允许范围内。但是，仍然需要计算轴向变形对反力支架和安装支架的影响。如果有必要，再增加弹性支撑来消除较大的轴向变形。

转动惯量

如果转动惯量引起的惯性载荷较大，则在作动缸内部或者外部需要增加足够的缓冲来抵消这种惯性载荷。

较高的旋转速度或者样件尺寸较大，亦或弹性变形部分的尺寸较大，都会引入较大的转动惯量。这种惯性力有可能对作动缸的输出轴产生破坏。在表3中列出了每个型号作动缸所允许的最大转动惯量，具有英制尺寸和公制尺寸。在选择不同流量伺服阀的时候，每个型号作动缸的允许最大转动惯量也有所不同。如果通过核算，相应配置的系统引入转动惯量超过了许用值，则必须额外设置缓冲。请联系MTS系统公司的业务代表获取详情。

在表3中所列的最大转动惯量J包含了作动缸本身、法兰、弹性支撑以及一半的样件。请参考图6所示的转动惯量计算方法。其中J表示英制单位的惯量，I表示公制单位的惯量。

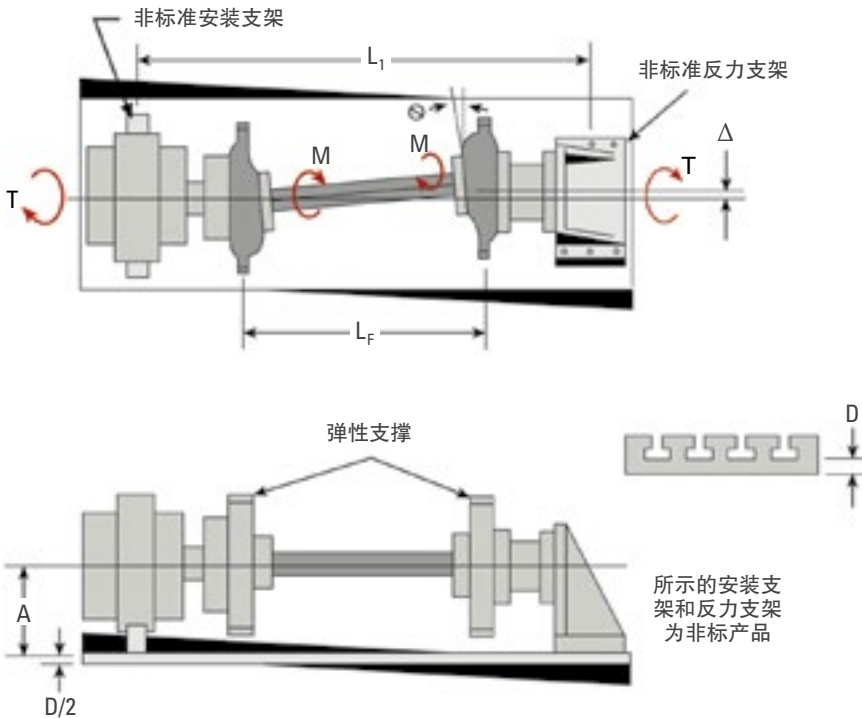


图5 由于基座扭曲产生的载荷(包含弹性支撑)

表3标准配置作动缸转子腔体止档所允许的最大转动惯量(J)

英制

| 型号 | 伺服阀流量 | | 最大转动惯量许用值 J_T | | | | | |
|--------|---------|----------|-----------------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | 额定(gpm) | 峰值*(gpm) | 215.32 | 215.35 | 215.41 | 215.42 | 215.45 | 215.51 |
| 252.23 | 5.00 | 9 | 39 | 302 | 1825 | 32905 | 305558 | 3020992 |
| 252.24 | 10.00 | 17 | - | 76 | 456 | 8226 | 76389 | 755248 |
| 252.25 | 15.00 | 26 | - | 34 | 203 | 3656 | 33951 | 335666 |
| 252.31 | 25.00 | 43 | - | - | 73 | 1316 | 12222 | 120840 |
| 256.04 | 40.00 | 70 | - | - | - | 514 | 4774 | 47203 |
| 256.09 | 90.00 | 156 | - | - | - | - | 943 | 9324 |

13

公制

| 型号 | 伺服阀流量 | | 最大转动惯量许用值 J_T | | | | | |
|--------|---------|----------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 额定(lpm) | 峰值*(lpm) | 215.32 | 215.35 | 215.41 | 215.42 | 215.45 | 215.51 |
| 252.23 | 19.00 | 33 | 0.01 | 0.09 | 0.54 | 9.67 | 89.49 | 884.89 |
| 252.24 | 37.00 | 64 | - | 0.02 | 0.13 | 2.42 | 22.37 | 221.22 |
| 252.25 | 56.00 | 97 | - | 0.01 | 0.06 | 1.07 | 9.94 | 98.32 |
| 252.31 | 93.00 | 161 | - | - | 0.02 | 0.39 | 3.58 | 35.40 |
| 256.04 | 151.00 | 262 | - | - | - | 0.15 | 1.40 | 13.83 |
| 256.09 | 340.50 | 589 | - | - | - | - | 0.28 | 2.73 |

* 峰值伺服阀流量为压差(ΔP)为21MPa(3,000psi), 如果降低了工作压力则根据公式来计算峰值流量 $Q_{peak} = Q_{rated} \sqrt{\frac{\Delta P}{7}}$ 。
峰值流量降低之后可以适度增加可接受的转动惯量值(J)。

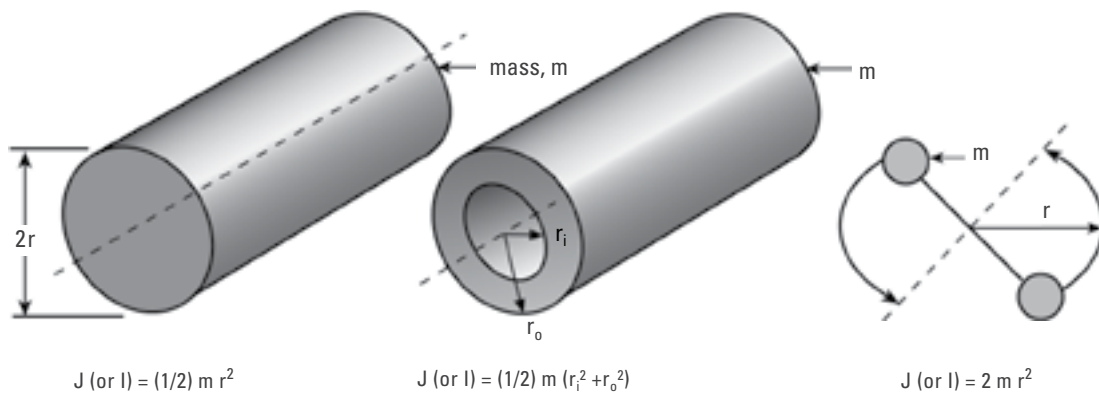


图6 转动惯量的计算

可选项

配合215系列扭转作动缸常用的可选项产品描述如下

安装支架

安装支架用于将作动缸安装于反力基座之上，并且提供一定的弹性支撑变形能力。表4列出了安装支架的外形尺寸、重要的载荷和变形量数据指标。相应的字符标识参见图7。

反力支架

反力支架用于安装扭矩传感器，给扭矩传感器和反力基座之间提供可靠坚固的安装。反力支架具有一定的弹性支撑变形能力，并且提供扭矩传感器的准确接口。表5列出了反力支架的尺寸。相应的字符标识参见图8。

反力基座

反力基座采用高质量钢材加工制作，具有极高的扭转刚度，适用于MTS扭转作动缸以及相应部件的安装。如果全部使用MTS供货的安装支架、反力支架则可以保障其具有足够的刚度和变形能力来保障作动缸不超过径向力，不过，此时仍然需要仔细评估轴向力。

当购买全套系统时，样件的长度一定具有可调节能力，不需要对作动缸以及反力支架进一步调整对中度。如果必要，可以增加桌腿将台面升高以便于操作。表6列出反力基座的尺寸、自重和扭转刚度等参数。



表4 安装支架外形尺寸和性能参数

| 型号 | A | | B | | C | | D | | E | | F | |
|--------|------|-------|------|----|------|-----|-------|-----|-------|-------|------|-------|
| | in. | mm | in. | mm | in. | mm | in. | mm | in. | mm | in. | mm |
| 215.32 | 6.25 | 158.8 | 0.75 | 19 | 5.00 | 127 | 17.00 | 432 | 12.00 | 304.8 | 3.75 | 92.3 |
| 215.35 | 6.25 | 158.8 | 0.75 | 19 | 5.00 | 127 | 17.00 | 432 | 12.00 | 304.8 | 3.75 | 92.3 |
| 215.41 | 6.50 | 166.4 | 1.00 | 25 | 5.00 | 127 | 19.50 | 495 | 18.00 | 457.2 | 3.50 | 88.9 |
| 215.42 | 6.50 | 166.4 | 1.00 | 25 | 5.00 | 127 | 19.50 | 495 | 18.00 | 457.2 | 3.50 | 88.9 |
| 215.45 | 7.75 | 196.8 | 1.50 | 38 | 6.00 | 152 | 22.00 | 559 | 18.00 | 457.2 | 4.00 | 101.6 |
| 215.51 | 7.75 | 196.8 | 1.50 | 38 | 6.00 | 152 | 22.00 | 559 | 18.00 | 457.2 | 4.00 | 101.6 |

| 型号 | G | | 最大轴向力* H | | 最大轴向变形量 I | | 最大水平弯矩* J | | 角度变形量K rad | 最大垂向*弯矩 L | | 角度变形量M rad |
|--------|-------|------|-------------|------|--------------|------|--------------|-----|---------------|--------------|------|---------------|
| | in. | mm | lbf | N | in. | mm | lbf | N-m | | lbf-in. | N-m | |
| 215.32 | 0.781 | 19.8 | 100 | 445 | 0.03 | 0.76 | 200 | 22 | 0.004 | 4500 | 508 | 0.003 |
| 215.35 | 0.781 | 19.8 | 100 | 445 | 0.03 | 0.76 | 200 | 22 | 0.004 | 4500 | 508 | 0.003 |
| 215.41 | 0.781 | 19.8 | 150 | 670 | 0.07 | 1.8 | 400 | 45 | 0.008 | 9000 | 1000 | 0.003 |
| 215.42 | 0.781 | 19.8 | 150 | 670 | 0.07 | 1.8 | 400 | 45 | 0.008 | 9000 | 1000 | 0.003 |
| 215.45 | 0.781 | 19.8 | 500 | 2200 | 0.06 | 1.5 | 2000 | 225 | 0.006 | 20,000 | 2260 | 0.0008 |
| 215.51 | 0.781 | 19.8 | 500 | 2200 | 0.06 | 1.5 | 2000 | 225 | 0.006 | 35,000 | 3960 | 0.0004 |

* 轴向力(H)和弯矩(J,L)两个参数互斥，H最大值的时候J和L应该为0，J和L最大值的时候H应该为0。这两个参数互斥，此消彼长，假设H为最大值的75%时，则J和L不能超过最大值的25%。

上述尺寸和参数等若有改变恕不另行通知，若有疑问，请联系MTS系统公司的业务代表予以确认。

表5 反力支架的尺寸和性能参数

| 型号 | A | | B | | C | | D | | E | | F | |
|--------|------|-------|------|----|------|-----|-------|-----|-------|-------|------|-------|
| | in. | mm | in. | mm | in. | mm | in. | mm | in. | mm | in. | mm |
| 215.32 | 6.25 | 158.8 | 0.75 | 19 | 5.00 | 127 | 17.00 | 432 | 12.00 | 304.8 | 3.75 | 92.3 |
| 215.35 | 6.25 | 158.8 | 0.75 | 19 | 5.00 | 127 | 17.00 | 432 | 12.00 | 304.8 | 3.75 | 92.3 |
| 215.41 | 6.50 | 166.4 | 1.00 | 25 | 5.00 | 127 | 19.50 | 495 | 18.00 | 457.2 | 3.50 | 88.9 |
| 215.42 | 6.50 | 166.4 | 1.00 | 25 | 5.00 | 127 | 19.50 | 495 | 18.00 | 457.2 | 3.50 | 88.9 |
| 215.45 | 7.75 | 196.8 | 1.50 | 38 | 6.00 | 152 | 22.00 | 559 | 18.00 | 457.2 | 4.00 | 101.6 |
| 215.51 | 7.75 | 196.8 | 1.50 | 38 | 6.00 | 152 | 22.00 | 559 | 18.00 | 457.2 | 4.00 | 101.6 |

15

| 型号 | G | | 最大轴向力* H | | 最大轴向变形量 I | | 最大水平弯矩* J | | 角度变形量K rad | 最大垂向*弯矩 L | | 角度变形量M rad |
|--------|-------|------|-------------|------|--------------|------|--------------|-----|---------------|--------------|------|---------------|
| | in. | mm | lbf | N | in. | mm | lbf-in. | N-m | | lbf-in. | N-m | |
| 215.32 | 0.781 | 19.8 | 100 | 445 | 0.03 | 0.76 | 200 | 22 | 0.004 | 3500 | 395 | 0.003 |
| 215.35 | 0.781 | 19.8 | 100 | 445 | 0.03 | 0.76 | 200 | 22 | 0.004 | 3500 | 395 | 0.003 |
| 215.41 | 0.781 | 19.8 | 150 | 670 | 0.07 | 1.8 | 400 | 45 | 0.008 | 9000 | 1000 | 0.003 |
| 215.42 | 0.781 | 19.8 | 150 | 670 | 0.07 | 1.8 | 400 | 45 | 0.008 | 9000 | 1000 | 0.003 |
| 215.45 | 0.781 | 19.8 | 500 | 2200 | 0.06 | 1.5 | 2000 | 225 | 0.006 | 20,000 | 2260 | 0.0012 |
| 215.51 | 0.781 | 19.8 | 500 | 2200 | 0.06 | 1.5 | 2000 | 225 | 0.006 | 35,000 | 3960 | 0.0012 |

* 轴向力(H)和弯矩(J,L)两个参数互斥, H最大值的时候J和L应该为0, J和L最大值的时候H应该为0。这两个参数互斥, 此消彼长, 假设H为最大值的75%时, 则J和L不能超过最大值的25%。

上述尺寸和参数等若有改变恕不另行通知, 若有疑问, 请联系MTS系统公司的业务代表予以确认。

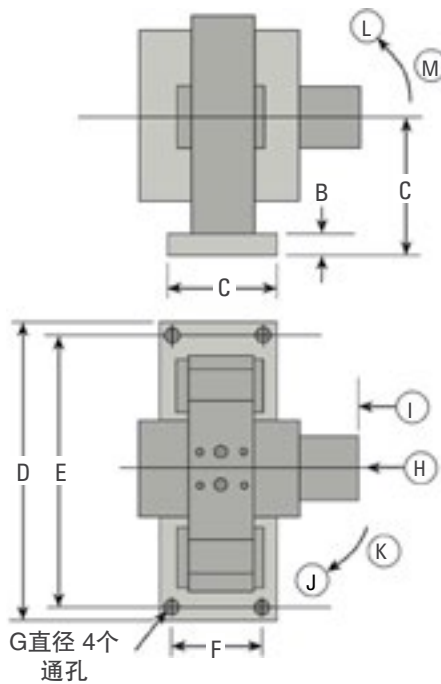


图7 安装界面尺寸图

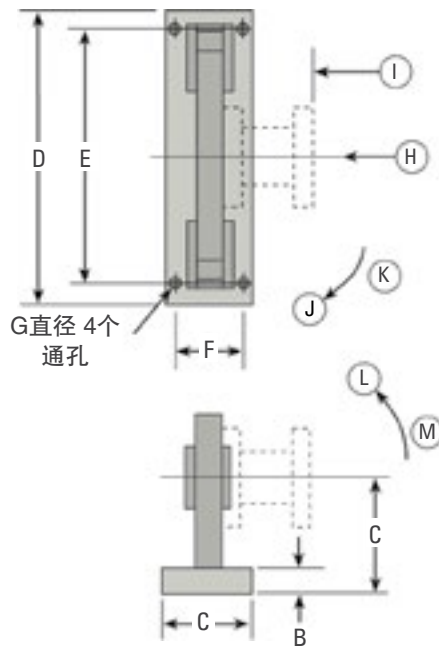


图8 反力支架尺寸图

表6 反力基座尺寸和性能参数

| 型号 | 长度 [§] | | 宽度 | | 高度* | | 最大间距 [†] | |
|--------|-----------------|------|-----|-----|-----|-----|-------------------|-----|
| | in. | mm | lbf | N | in. | mm | lbf-in. | N-m |
| 215.32 | 45 | 1143 | 15 | 380 | 4.7 | 120 | 28.50 | 724 |
| 215.35 | 45 | 1143 | 15 | 380 | 4.7 | 120 | 28.00 | 711 |
| 215.41 | 54 | 1370 | 22 | 560 | 5.7 | 144 | 33.50 | 851 |
| 215.42 | 54 | 1370 | 22 | 560 | 5.7 | 144 | 29.75 | 756 |
| 215.45 | 60 | 1525 | 22 | 560 | 20 | 508 | 34.50 | 876 |
| 215.51 | 60 | 1525 | 22 | 560 | 20 | 508 | 30.25 | 768 |

| 型号 | 自重 | | 扭转刚度 [‡] | |
|--------|------|-----|-----------------------|------------------------|
| | lb | kg | lbf-in./rad | N-m/rad |
| 215.32 | 375 | 170 | 55 x 10 ⁶ | 6.2 x 10 ⁶ |
| 215.35 | 375 | 170 | 55 x 10 ⁶ | 6.2 x 10 ⁶ |
| 215.41 | 800 | 363 | 122 x 10 ⁶ | 13.7 x 10 ⁶ |
| 215.42 | 800 | 363 | 122 x 10 ⁶ | 13.7 x 10 ⁶ |
| 215.45 | 1125 | 510 | 742 x 10 ⁶ | 83.8 x 10 ⁶ |
| 215.51 | 1125 | 510 | 742 x 10 ⁶ | 83.8 x 10 ⁶ |

* 不包含桌腿

§ 可根据需要定制更长的台面

† 作动缸输出轴的法兰盘与扭矩传感器之间的最大间距，注意，此时使用MTS的反力支架安装扭矩传感器；

‡ 整体长度的扭转刚度，如果将作动缸和反力架之间的间距适当缩短，则扭转刚度会适度得到提升。

上述尺寸和参数等若有改变恕不另行通知，若有疑问，请联系MTS系统公司的业务代表予以确认。

流量超过189lpm(50gpm)定制油垫缓冲以及油口尺寸

标准的215系列扭转作动缸可以适用于表格3所列出的液压伺服阀。如果需要更高的性能，则需要更大的伺服阀流量，那么则需要定制油垫缓冲以及油口尺寸。



弹性支撑

在试验配置指南处已经充分表述了弹性支撑的作用，当轴向力或者径向力过大的时候，需要在扭转作动缸配置中正确使用弹性支撑，并且将作动缸、反力架安装于坚固可靠的反力基

座之上。法兰盘可以与弹性支撑连接安装，也可以将扭矩传感器与弹性支撑安装在一起。在使用弹性支撑时，需要充分考虑其转动惯量对作动缸性能的影响。

表7给出了弹性支撑的外形尺寸和重要的性能参数包括载荷和变形量等。相应的字符标识参见图9。

表7弹性支撑外形尺寸以及性能参数

| 型号 | A | | B | | C | | D | E | | F | | G | |
|--------|------|-----|-------|-----|------|----|---------|------|----|-------|------|------|----|
| | in. | mm | in. | mm | in. | mm | 螺纹尺寸 | in. | mm | in. | mm | in. | mm |
| 215.32 | 4.00 | 101 | 9.75 | 248 | 2.00 | 51 | 5/16-18 | 0.88 | 22 | 0.344 | 8.7 | 0.41 | 10 |
| 215.35 | 5.00 | 127 | 9.75 | 248 | 2.00 | 51 | 3/8-16 | 0.86 | 22 | 0.406 | 10.3 | 0.40 | 10 |
| 215.41 | 5.00 | 127 | 12.25 | 311 | 2.03 | 52 | 3/8-16 | 0.89 | 23 | 0.406 | 10.3 | 0.42 | 11 |
| 215.42 | 8.00 | 203 | 12.25 | 311 | 2.93 | 74 | 5/8-11 | 1.33 | 34 | 0.656 | 16.6 | 0.39 | 10 |
| 215.45 | 8.00 | 203 | 15.25 | 387 | 2.99 | 76 | 5/8-11 | 1.36 | 35 | 0.656 | 16.6 | 0.42 | 11 |
| 215.51 | 9.75 | 248 | 15.25 | 387 | 3.49 | 89 | 3/4-10 | 1.62 | 41 | 0.781 | 19.8 | 0.42 | 11 |

| 型号 | H | | 最大轴向力 ¹ J | | 最大变形量 K | | 最大弯矩 ¹ L | | 角度变形量 M | 转动惯量 | |
|--------|-------|------|-------------------------|------|------------|------|------------------------|-----|------------|---------|--------|
| | in. | mm | lbf | N | in. | mm | lbf-in. | N-m | rad | lbm-in. | kg-m |
| 215.32 | 0.781 | 19.8 | 100 | 445 | 0.03 | 0.76 | 200 | 22 | 0.004 | 0.003 | 0.003 |
| 215.35 | 0.781 | 19.8 | 100 | 445 | 0.03 | 0.76 | 200 | 22 | 0.004 | 0.003 | 0.003 |
| 215.41 | 0.781 | 19.8 | 150 | 670 | 0.07 | 1.8 | 400 | 45 | 0.008 | 0.003 | 0.003 |
| 215.42 | 0.781 | 19.8 | 150 | 670 | 0.07 | 1.8 | 400 | 45 | 0.008 | 0.003 | 0.003 |
| 215.45 | 0.781 | 19.8 | 500 | 2200 | 0.06 | 1.5 | 2000 | 225 | 0.006 | 0.0012 | 0.0012 |
| 215.51 | 0.781 | 19.8 | 500 | 2200 | 0.06 | 1.5 | 2000 | 225 | 0.006 | 0.0012 | 0.0012 |

上述尺寸和参数等若有改变恕不另行通知，若有疑问，请联系MTS系统公司的业务代表予以确认。

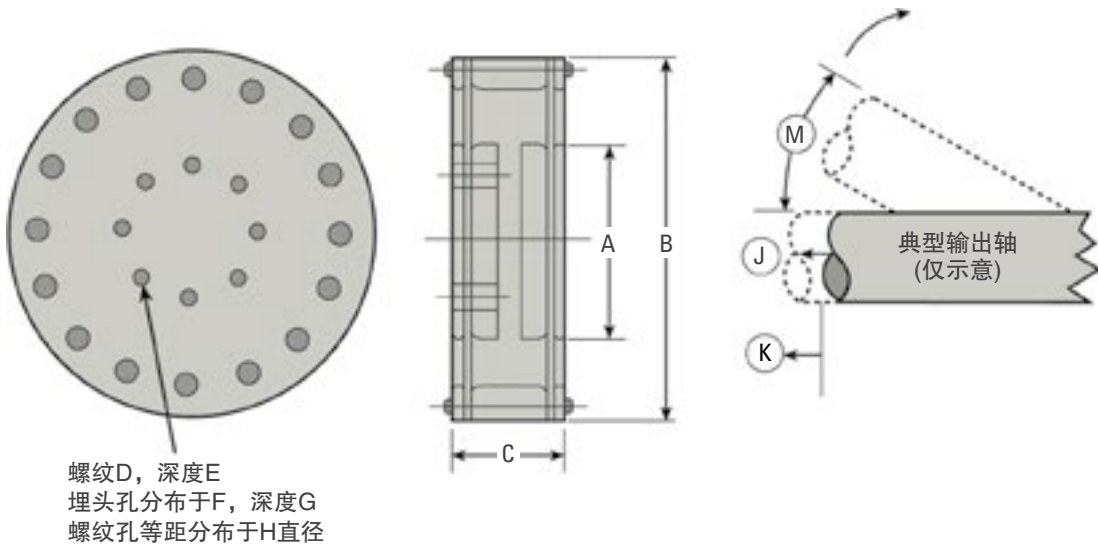


图9 弹性支撑尺寸图

法兰盘

法兰盘用于安装样件，作动缸的输出轴可以延申在法兰盘之外，也可以与之平齐，也可以嵌入其中。图10所示直径A可以作为参考。

表8列出了法兰盘尺寸以及惯量，相应的字符标识参见图10。

表8 法兰盘外形尺寸和惯量

| 型号 | A | | B | | C | | D | |
|--------|--------|------|------|-----|------|-----|------|-------|
| | in. | mm | in. | mm | in. | mm | in. | mm |
| 215.32 | 1.5000 | 38.1 | 4.00 | 102 | 2.25 | 57 | 2.99 | 75.9 |
| 215.35 | 2.2511 | 57.2 | 5.00 | 127 | 2.25 | 57 | 2.99 | 75.9 |
| 215.41 | 2.2511 | 57.2 | 5.00 | 127 | 2.00 | 51 | 2.99 | 75.9 |
| 215.42 | 2.2511 | 57.2 | 8.00 | 203 | 2.00 | 51 | 2.99 | 75.9 |
| 215.45 | 3.7400 | 95.0 | 8.00 | 203 | 3.25 | 83 | 3.68 | 93.5 |
| 215.51 | 3.7400 | 95.9 | 9.75 | 248 | 4.88 | 124 | 5.31 | 134.9 |

| 型号 | E | F | | G | | 转动惯量 | |
|--------|---------|------|------|------|-------|----------------------|-------------------|
| | 螺纹尺寸 | in. | mm | in. | mm | lbm-in. ² | kg-m ² |
| 215.32 | 5/16-18 | 0.63 | 16.0 | 3.25 | 82.5 | 14.4 | 0.00421 |
| 215.35 | 3/8-16 | 0.75 | 19.1 | 4.25 | 107.9 | 21.8 | 0.00639 |
| 215.41 | 3/8-16 | 0.75 | 19.1 | 4.25 | 107.9 | 21.8 | 0.00639 |
| 215.42 | 5/8-11 | 0.75 | 19.1 | 6.50 | 165.1 | 208 | 0.0608 |
| 215.45 | 5/8-11 | 1.25 | 31.8 | 6.50 | 165.1 | 273 | 0.0799 |
| 215.51 | 3/4-10 | 1.50 | 38.1 | 8.00 | 203.2 | 737 | 0.216 |

外形尺寸若有变化恕不另行通知，若有疑问请联系MTS系统公司的业务代表。

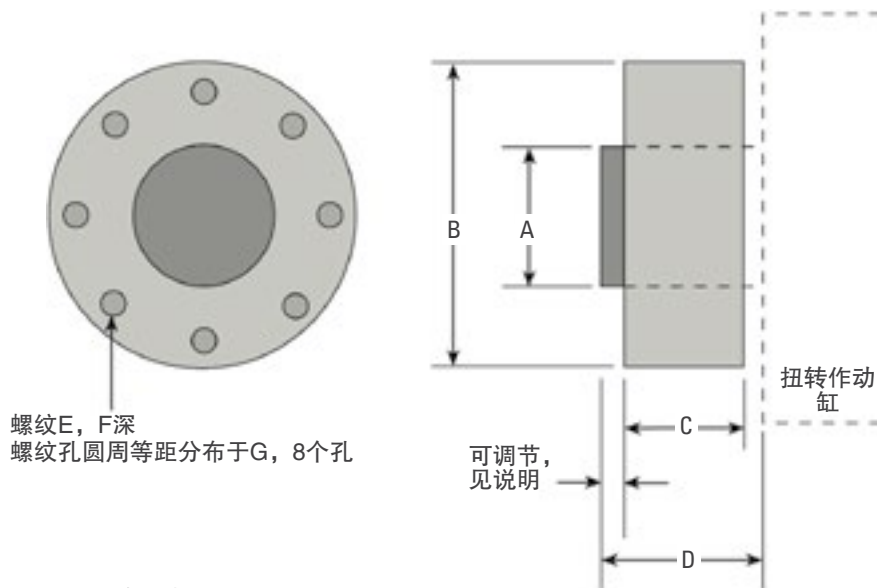


图10 法兰盘尺寸图

角位移传感器

角位移传感器通常是一种直流型传感器，其输出的电压信号与扭转作动缸的输出轴角度位移成正比。角位移传感器安装于作动缸输出轴的末端，大约延长出200mm左右。

MTS 提供该直流型传感器的调理模块以适应角位移传感器的较高的输出，该位移传感器的线性度大约为满量程的 $\pm 0.3\%$ ，注意，该传感器的满量程为 120° ，而215系列扭转作动缸的最大行程为 100° 。

扭转作动缸的特殊应用

MTS可以根据用户的应用需求定制扭转作动缸，例如，更换作动缸内部的液压滑环，作动缸就成为可以连续多圈旋转的液压马达，并且可以根据需要进行调速或者连续扭矩输出。这样，针对类似驱动轴或者变速器等产品，就可以开展这种连续旋转同时进行扭矩加载的测试应用。

MTS还可以生产三种不同尺寸的单腔体扭转作动缸，这样的作动缸可以具有最大 270° 的扭转位移，相应的静压支撑可以提供内力的反力。

订货信息

MTS 215系列扭转作动缸总成包含作动缸本体、角位移传感器、伺服阀阀块、法兰盘以及安装附件。其余可选的部件包括：

- » 弹性支撑
- » 扭矩传感器
- » 反力支架
- » 反力基座

请联系MTS系统公司的业务代表获取上述产品的相关信息，伺服阀、扭矩传感器或者压差传感器分别有自己的型号和产品样本。

相关产品：

请联系MTS系统公司的业务代表了解下列产品的详细信息，这些产品均可用于不同型号的215系列扭转作动缸。

- » 252系列伺服阀
- » 256系列伺服阀
- » 660.22型和660.23型压差传感器
- » 663型扭转传感器

地区业务中心

美洲

MTS Systems Corporation

14000 Technology Drive
Eden Prairie, MN 55344-2290
USA
电话: 952-937-4000
免费电话: 800-328-2255
电子邮件: info@mts.com
网址: www.mts.com

欧洲

MTS Systems France

BAT EXA 16
16/18 rue Eugène Dupuis
94046 Créteil Cedex
France
电话: +33-(0)1-58 43 90 00
电子邮件: contact.france@mts.com

MTS Systems (Germany) GmbH

Hohentwielsteig 3
14163 Berlin
Germany
电话: +49-(0)30 81002-0
电子邮件: euroinfo@mts.com

MTS Systems S.R.L. socio unico

Strada Pianezza 289
10151 Torino
Italy
电话: +39-(0)11 45175 11 sel. pass.
电子邮件: mtstorino@mts.com

MTS Systems Norden AB

Datavägen 37b
SE-436 32 Askim
Sweden
电话: +46-(0)31-68 69 99
电子邮件: norden@mts.com

MTS Systems Limited

98 Church Street,
Hunslet,
Leeds
LS102AZ
United Kingdom
电话: +44-(0)1483-533731
电子邮件: mtsuksales@mts.com

亚太区

MTS Japan Ltd.

Raiden Bldg. 3F 3-22-6,
Ryogoku, Sumida-ku,
Tokyo 130- 0026
Japan
电话: +81 3 5638 0850
电子邮件: mtsj-info@mts.com

MTS Korea, Inc.

4th F., ATEC Tower, 289,
Pankyo-ro, Bundang-gu
Seongnam-si
Gyeonggi-do 463-400,
Korea
电话: +82-31-728-1600
电子邮件: mtsk-info@mts.com

MTS Systems (China) Co., Ltd.

Floor 34, Building B,
New Caohejing International
Business Center,
No. 391, Guiping Road,
Xuhui, Shanghai 200233
P.R.China
电话: +021-24151000
市场: +021-24151111
销售: +021-24151188
服务: +021-24151198
邮件: mtsc-info@mts.com

MTS Testing Solutions Pvt Ltd.

Unit No. 201 & 202, Second Floor
Donata Radiance,
Krishna Nagar Industrial Layout,
Koramangala, Bangalore - 560029
Karnataka, India
电话: + 91 80 46254100
电子邮件: mts.india@mts.com



美特斯工业系统(中国)有限公司
MTS Systems(China) Co., Ltd.

上海
电话: 021-24151000
传真: 021-24151199

北京
电话: 010-65876888
传真: 010-65876777

电邮: MTSC-Info@mts.com
http://www.mts.com
https://www.mtschina.com/

ISO 9001 Certified QMS

参数规格发生变化恕不另行通知。

MTS是MTS系统公司的注册商标, 该商标在美国境内注册, 在其他国家也受到法律保护。RTM No. 211177.

©2020 MTS Systems Corporation
100-561-797b RotaryActuator215_ZH • 3/20