



北京精准博达科技有限公司
地址：北京市顺义区南法信府前街东港鑫
座东楼515室
Tel.: +86 10 89492998
Fax: +86 10.51418229
www.bjjzbd.com

捷力电机轴组应用技术问答

名称	日期	设备名称	文档目的	工程师
技术问答	2021年8月20日	瑞士捷力直线电机	方便用户使用	李家兴

目 录

1、电机与伺服控制器的连接

- 1.1 浏览器网络没有连接，相关使用提示和技巧
- 1.2 LINAX® Lxs, Lxu, Lxe, 与 XENAX® Xvi 伺服控制器连接
- 1.3 如果电机出现振动时，通过控制器进行调整的解决步骤
- 1.4 硬件/WebMotion 更新
- 1.5 打开和关闭 XENAX®Xvi 后，位置检测是否仍然工作
- 1.6 LINAX®, ELAX®或 ROTAX®使用第三方控制器
- 1.7 控制器的 IP 地址
- 1.8 更改或者增加总线协议、安全运动单元模块
- 1.9 运动控制参数和曲线的实时传输
- 1.10 选配安全运动控制单元 (SMU)
- 1.11 保存电机参数的配置信息

2、电机的选型

- 2.1 捷力电机的优势
- 2.2 直线电机精度
- 2.3 运动过程当中的力学和速度计算方法
- 2.4 直线电机承受载荷的计算
- 2.5 直线电机垂直安装时应注意事项
- 2.6 直线电机适配导线
- 2.7 所需电源功率的计算
- 2.8 直线电机轴的磁效应
- 2.9 直线电机匀速性
- 2.10 运动轨迹的重复性
- 2.11 距离编码参考点
- 2.16 精度校正表
- 2.13 负载的配置
- 2.14 ROTAX®Rxvp 的轴向跳动
- 2.15 电机出现错误代码 63 (线圈温度超过 80°C, 电源自动切断)



北京精准博达科技有限公司
地址：北京市顺义区南法信府前街东港鑫
座东楼515室
Tel.: +86 10 89492998
Fax: +86 10.51418229
www.bjjzbd.com

捷力电机轴组应用技术问答

名称	日期	设备名称	文档目的	工程师
技术问答	2021年8月20日	瑞士捷力直线电机	方便用户使用	李家兴

2.16 ISO 洁净室等级和国标的对照

2.17 超出持续推力情况下电机所需要的冷却时间

3、保养维护

3.1 直线电机的维护保养

3.2 Jenny 电机润滑脂

4、Forceteq®力学控制模块

4.1 Forceteq®力学控制模块介绍

4.2 Forceteq®两个版本可以达到的力控精度对比

4.3 力控精度与分辨率

4.4 Linax®Lxu 系列电机力控范围

4.5 力控电流与力系数

4.6 Forceteq®专业版 Burster 力学传感器性能

4.7 电机压装曲面时效果不理想的可能原因



名称	日期	设备名称	文档目的	工程师
技术问答	2021年8月20日	瑞士捷力直线电机	方便用户使用	李家兴

1、电机与伺服控制器的连接

1.1 浏览器网络没有连接，相关使用提示和技巧

控制器侧面的标签上面会有一个 IP 地址，这就是该控制器的出厂设置 IP 地址。默认情况下，XENAX®伺服控制器的 IP 地址是 192.168.2.100。子网掩码设置为 255.255.240.0。这意味着平板电脑/笔记本电脑/PC 需要在 192.168."0-15"."0-255"内尝试第一次连接，在“控制面板\网络和互联网\网络及共享中心”下可调整适配器设置，然后在 IP 协议 TCP/IPv4 中右键单击属性自定义所需的连接。可以使用“cmd”命令检查连接，或者执行命令“ping+IP 地址”，一旦建立连接，IP 地址和子网掩码的 XENAX®伺服控制器可以改变任何地址使用 XENAX 以太网安装程序。

在 XENAX®Xvi75v8 上的 WebMotion®是基于 Java 程序编制的。而新的 XENAX®Xvi48v8 是基于 HTML5 程序编制的。由于各类浏览器不再支持 Java 编程，所以我们提供了集成 Java 编程的 QupZilla web 浏览器。HTML5 版本的 WebMotion®适用于所有主流的浏览器 FireFox、Google Chrome、IE、Microsoft Edge 等。

当出现“10001 端口被拒绝 (Port 10001 refused)”错误提示时，意味着已连接到 XENAX® Xvi 了，这种情况出现在浏览器试图打开多个相同的 XENAX® Xvi IP 地址。

1.2 LINAX® Lxs, Lxu, Lxe, 与 XENAX® Xvi 伺服控制器连接：

LINAX® Lxs, Lxu, Lxe 系列 与 XENAX® Xvi 伺服控制器连接完成之后，控制器自动识别每个 LINAX®、ELAX®、ROTAX®。基本参数将自动设置，在成功启动驱动器后，可以进行参数调整。如果连接控制器后不能正确识别电机型号，请联系我们的工程师提供支持。

WebMotion® 《设置 (Setup) 》、《状态控制(State Controller)》、闭环循环设置：

- 1) 设置 《有效负载(Pay Load)》
- 2) 点击 《自动增益(Auto Gain)》

WebMotion® 《移动轴(Move Axis)》、《通过单击(By Click)》开始以期望的速度在两个位置之间连续运动：

- 1) 设置 《速度(Speed)》和 《ACC*1000》
- 2) 设置移动之间的等待时间 《等待反转(Wait Reserve)》为 200ms
- 3) 《前往位置 (绝对位置) (Go Position (Absolute))》
- 4) 使用 《往复运动(Rep Reverse)》启动相对移动。



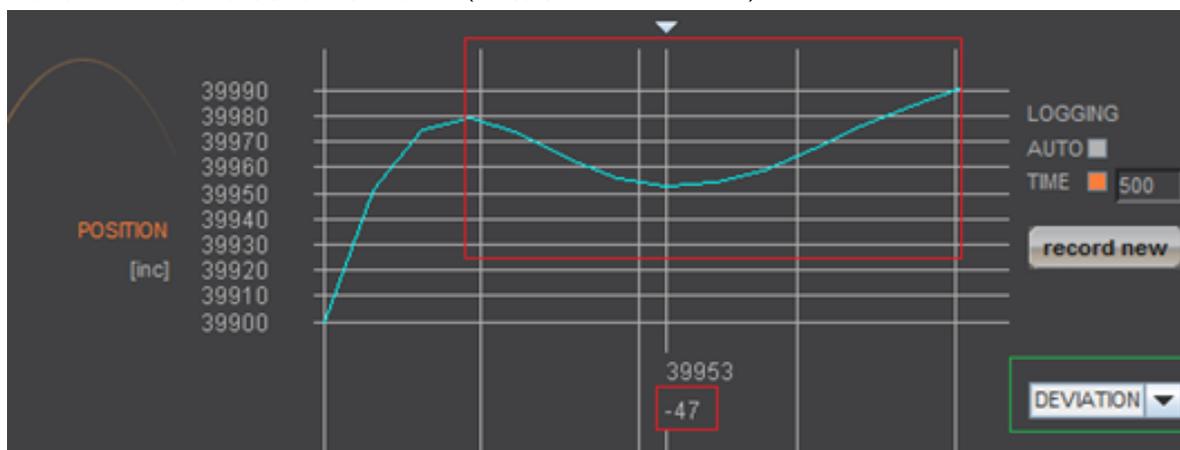
名称	日期	设备名称	文档目的	工程师
技术问答	2021年8月20日	瑞士捷力直线电机	方便用户使用	李家兴

WebMotion® 《移动轴(Move Axis)》 《运动图(Motion Diagram)》记录运动。

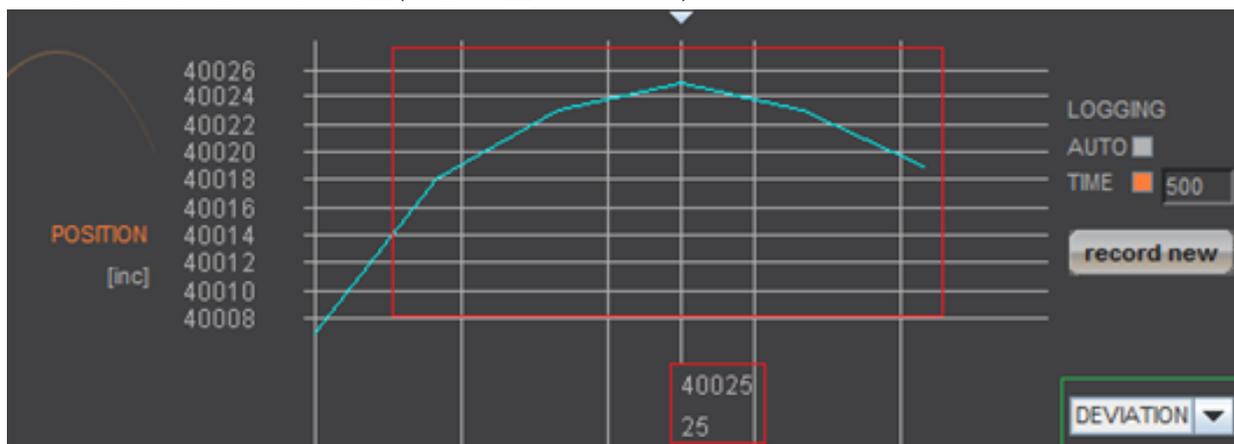
- 1) 《新的纪录(Record New)》
- 2) 选择《误差(Deviation)》

监控目标位置

在到达目标位置之前的一次超调(在下图示例中是-47 inc)。这意味着《有效载荷(Pay Load)》太小/没有设置。增加载荷并重复测量（目标位置 40000inc）。



在到达目标位置之前的一次超调(在下图示例中是+25 inc)。这意味着《有效载荷(Pay Load)》过高。减少有效载荷并重复测量(目标位置 40000 inc)。



再次调整之后，《增益位置(Gain Position)》可以在《设置(Setup)》《状态控制器(State Controller)》下增加。这需要保持直线电机静止没有震动或者摆动。如果你有一个多轴系统，系统通常会因为各个轴的相互影响而出现摆动现象。



北京精准博达科技有限公司
地址：北京市顺义区南法信府前街东港鑫
座东楼515室
Tel: +86 10 89492998
Fax: +86 10.51418229
www.bjjzbd.com

捷力电机轴组应用技术问答

名称	日期	设备名称	文档目的	工程师
技术问答	2021年8月20日	瑞士捷力直线电机	方便用户使用	李家兴

1.3 如果电机出现振动时，通过控制器进行调整的解决步骤：

1) 在直线电机振动的位置之间来回移动直线电机。

注意:慢速行驶时，这些位置通常更容易找到(例如《移动轴(Move Axis)》《通过单击(By Click)》将《速度覆盖(SP Override)》设置为 20%)

2) 在《设置(Setup)》-《状态控制器(State Controller)》上《频率设置 (F Setting) 》单击《频率分析(F Analysis)》确定摆动频率。

3) 使用《频率设置(F Setting)》，频率将被过滤。

4) 如果它仍然振动，重复分析。如果第二个频率是原始频率的一半，再对其进行设置。

5) 在进一步振动时，减少《增益位置(Gain Pos)》。

如电机振动问题仍然没有解决，请与我们的技术支持联系。

1.4 硬件 (Firmware) /WebMotion 更新：

每次对电机进行维护或者检修时，请点击以下链接，根据驱动器型号，下载最新版本的硬件和软件更新，以实现电机系统的最佳性能：

[XENAX 控制系统安装程序下载](#)

<https://www.jennyscience.ch/en/products/download>

下载软件之后的更新步骤，请参考《XENAX 控制器中文说明书》进行安装更新，或者联系我们的技术支持。

1.5 打开和关闭 XENAX®控制器后，位置检测是否仍然工作：

只要电源打开，位置检测就会进行。每次重新启动电源时，都需要运行找到参考点。LINAX®直线电机轴移动超过 2 个参考标记（最大距离 20mm）。ELAX®直线电动滑台（伸出或者缩回）移动至内部机械限位。内部机械限位的校准在出厂之前的组装过程中就已经完成了。

1.6 LINAX®, ELAX®或 ROTAX®使用第三方控制器：

根据我们以往的经验，捷力直线电机轴组如果和第三方控制器连接，会经常出现错误。这主要的原因是由于换向角错误或参数设置不正确所造成的，而且会导致电机运行效率低，电机过热现象。所以我们不建议使用第三方控制器。



北京精准博达科技有限公司
地址：北京市顺义区南法信府前街东港鑫
座东楼515室
Tel.: +86 10 89492998
Fax: +86 10.51418229
www.bjjzbd.com

捷力电机轴组应用技术问答

名称	日期	设备名称	文档目的	工程师
技术问答	2021年8月20日	瑞士捷力直线电机	方便用户使用	李家兴

更为重要的是，下列重要功能只能通过捷力 XENAX®伺服控制器来实现：

- 对连通的直线电机轴组直接进行识别和通讯。
- 参数自动设置。
- 通过线圈内的传感器和 I2T 进行电机温度监测。
- 用于检测绝对位置的参考驱动器。
- 精确计算换向角，对电机的高效运行非常重要。
- 启动 Forceteq®功能，无需外加力传感器即可记录、监控、限制和标定力。
- 通过实时以太网总线连接所有常见的 PLC，如 EtherCAT，Profinet，Ethernet / IP，Powerlink 或 CANopen。
- 可选功能安全（STO，SS1，SS2，SLS）TÜV 认证 SIL2，PLd，Cat。

1.7 控制器的 IP 地址：

不建议随意修改控制器的 IP 地址，如需控制器更改 IP 地址，必须写在贴纸或电气图纸上，否则没有办法找到或修改。如果不知道 IP 地址唯一方法是更换 XENAX®主板上的 Lantronix 模块。在新一代 XENAX®Xvi48V8 和 Xvi75V8S 控制器上，我们集成了检索 IP 地址的装置。

1.8 更改或者增加总线协议、安全运动单元模块：

现场总线和安全运动单元（SMU）模块严格按照 TÜV 规范进行组装和测试，因此保证了所有安全功能。在组装过程中使用适当的 PLC 安装到 XENAX®Xvi 后，现场总线模块将进行 100% 的功能检查。这就是我们的选件模块无法由客户改装的原因。因此如果客户在选配控制器的时候，漏选或者错选现场总线，或者安全运动控制单元（SMU）的时候，控制器只能发回原厂，重新安装。

1.9 运动控制参数和曲线的实时传输

XENAX®控制器集成了运动参数记录的工具，可以通过 XENAX®控制器在 WebMotion 在网页端记录和显示如下运动参数，显示时长为 8 秒，频率为 2 毫秒：

- 位置信息
- 速度信息 (通过位置信息计算获得，频率 2 毫秒)
- 偏差 (通过位置信息计算获得，频率 2 毫秒)
- I_Force 力学参数信息



北京精准博达科技有限公司
地址：北京市顺义区南法信府前街东港鑫
座东楼515室
Tel.: +86 10 89492998
Fax: +86 10.51418229
www.bjjzbd.com

捷力电机轴组应用技术问答

名称	日期	设备名称	文档目的	工程师
技术问答	2021年8月20日	瑞士捷力直线电机	方便用户使用	李家兴

但是 XENAX® 控制器和 WebMotion 配套显示的这些数据，仅作为工程师在安装调试产品时使用。如果客户想在生产过程中，获得上述实时数据并进行分析存储，必须要通过总线协议（例如：PROFINET, EtherCAT 等）在上位机段设置获得。XENAX® 控制器自带的运动参数记录，可以通过 Ethernet TCP/IP ASCII 程序命令进行设置。所有的监控数据，则可以在上位机控制面板上进行读取。

1.10 选配安全运动控制单元 (SMU)：

当设备必须符合 TÜV 要求时，必须使用安全运动单元 (SMU)。高度集成设计的 XENAX®Xvi75V8 控制器可以将所有 SMU 模块集成一体，供客户选配。

SMU 安全完整性等级 2：

STO：安全转矩关闭（立即关闭输出级）

可以通过安全断电（关闭电源）或 XENAX®Xvi 引脚 9 来实现。

SS1：安全停止 1（停止然后关闭输出级）

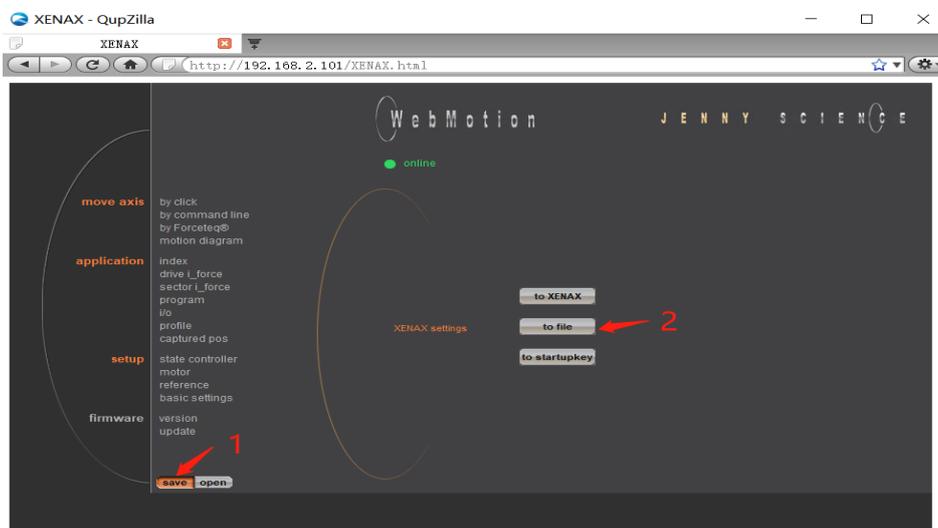
SS2：安全停止 2（在停止位置时停止）

SLS：安全限速（如果超过限速 SS2，则为安全速度）

运动控制单元的详细介绍和设置办法，请参考控制器说明书。

1.11 保存电机参数配置信息：

当电机稳定运行一段时间后，出现报警信息时，可以通过 Webmotion®将电机正常工作时和非正常工作时的参数配置保存下来，发送给我们的工程师进行分析，保存数据后会生成一个 txt 和一个控制器可读取的文件。保存数据方法如下：





北京精准博达科技有限公司
地址：北京市顺义区南法信府前街东港鑫
座东楼515室
Tel.: +86 10 89492998
Fax: +86 10.51418229
www.bjjzbd.com

捷力电机轴组应用技术问答

名称	日期	设备名称	文档目的	工程师
技术问答	2021年8月20日	瑞士捷力直线电机	方便用户使用	李家兴

2. 电机的选型

2.1 捷力电机的优势

在您进行电机选型的时候，捷力电机所具备的独特优势和我们优质的服务支持，一定可以帮您找到合适的解决方案：

- 紧凑的尺寸和轻巧的结构
- Forceteq® 力控技术
- 更高的精度和更小的公差
- 匀速性能优越
- 可自由组装的模块化结构
- 轴组的自动识别、校准、补偿
- Web 浏览器操作菜单
- 丰富的 PLC 总线通讯
- XENAX® 伺服控制器集成的安全功能
- 适合医卫应用的材质和设计

2.2 直线电机精度：

客户选择直线电机轴组的时候，最优先关注的指标就是电机可以实现的精度。精度实际上就是误差的最大值， $\text{误差} = \text{实际值} - \text{标准值}$ 。在我们设备的标准中，一般用标称精度高的仪器值代表标准值，例如：用激光干涉仪的测量结果或者光栅尺的测量结果。直线电机精度的标称并没有统一的标准，但是对于大部分进口品牌都会同时标称重复精度和定位精度，和标称使用的条件，并遵循一定的规则。没有说明标称条件和遵循规则的精度是没有可比性的。

重复性误差：是指电机重复运动到一个相同位置时的误差。例如：电机多次(至少5次以上)运动到1mm的位置时，多次测量的结果。所以在标称重复精度的时候，一定要说明系统使用的位置反馈系统的分辨率和类型，比如说光栅或磁栅，0.1 μm 或0.5 μm 分辨率等。而且，重复性误差是可以通过软件进行补偿的。

LINAX® Lxc 电缆不移动，双向重复性好，电机温度稳定

—选配光栅尺分辨率100nm：重复精度 $\pm 0.4\mu\text{m}$

—选配光栅尺分辨率1 μm ：重复精度 $\pm 1\mu\text{m}$



北京精准博达科技有限公司
 地址：北京市顺义区南法信府前街东港鑫
 座东楼515室
 Tel: +86 10 89492998
 Fax: +86 10.51418229
 www.bjjzbd.com

捷力电机轴组应用技术问答

名称	日期	设备名称	文档目的	工程师
技术问答	2021年8月20日	瑞士捷力直线电机	方便用户使用	李家兴

LINAX® Lxs, Lxu, Lxe 线缆可以移动，双向重复性好，温度稳定

—选配光栅尺分辨率 100nm：重复精度±0.5um

—选配光栅尺分辨率 1um：重复精度±2um

—选配磁栅分辨率 1um：重复精度±5um（磁栅可用于 Lxs/Lxu）

ELAX® Ex，双向重复性好，温度稳定

选配磁栅分辨率 1um：重复精度±5um

ROTAX® Rxvp（真空/压缩空气穿通），双向重复性好，温度稳定

—选配圆盘磁栅分辨率 64000 Inc/Rev：重复精度 ±0.006°/±20ws

—半径 10mm 对应±0.5um

ROTAX® Rxhq（高转矩），双向重复性好，温度稳定

—选配圆盘磁栅分辨率 120000 Inc/Rev：重复精度±0.004°/±12ws

—半径 10mm 对应±0.3um 双向的绝对精度

线性标尺随温度变化长度会发生变化，从而影响径向运动：

—光栅尺：100mm 尺子每°C 变化 0.85um

—磁栅尺：100mm 尺子每°C 变化 1.1um

绝对精度/运行精度/定位精度：移动部件实际位移量与相关移动指令位移的偏差的最大值。由于测量点位置和测头的距离可变，所以这个数值是可变的。以 X 轴为例，要求移动距离 X=100mm，激光干涉仪或三坐标测量机实际移动轨迹不可能与 X 轴完全一致。它包括在 Y，Z 轴两个方向上的偏移。从其定义可以看出行程越短，精度越好；行程越长，精度就会降低。这是符合测量学标准的。所以如果一个电机产品，用一个精度值来标称所有方向上的偏移，这是没有任何意义的。

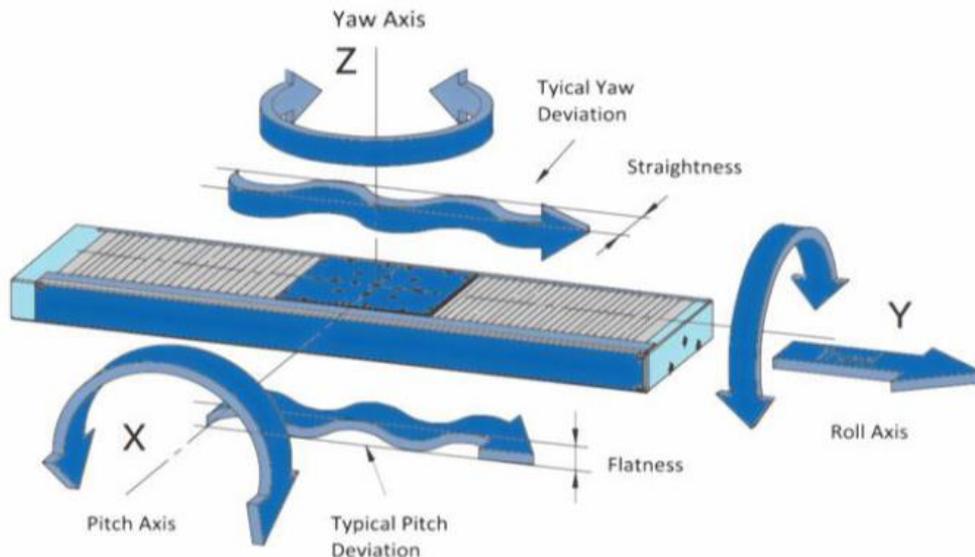
在理解绝对/运行/定位精度时，我们必须知道三个概念：Pitch（俯仰角），Yaw（偏转角），Roll（滚动角），单位是角秒。一个圆周是 360 度，一个角度=60 角秒 (asec)。因为运动部件在沿导轨作直线运动时，除了会发生直线运动误差外，还会产生绕轴的角运动误差。仍以 X 轴为例当运动部件沿 X 轴移动时，会产生绕 X、Y、Z 轴转动的角运动误差。一般定义为：绕直线运动方向转动的角运动误差称为滚转误差（Roll）；绕与运动方向垂直的水平轴转动的误差称为俯仰误差（Pitch）；绕与主运动方向垂直的铅垂轴转动的角运动误差称为偏转误差（Yaw）。角运动误差与直线运动误差产生原因一样，也是由导轨系统制造不完善造成的。从机械原来上讲 Pitch 误差最大，Yaw 次之，Roll 最小。我们可以通过下图来直观的理解：



北京精准博达科技有限公司
 地址：北京市顺义区南法信府前街东港鑫
 座东楼515室
 Tel.: +86 10 89492998
 Fax: +86 10.51418229
 www.bjjzbd.com

捷力电机轴组应用技术问答

名称	日期	设备名称	文档目的	工程师
技术问答	2021年8月20日	瑞士捷力直线电机	方便用户使用	李家兴



捷力电机具备专业和严谨的态度和设备来向客户展示其产品的精度。

- 在产品设计和制造过程中，考虑每一个细节以提升产品的精度水平。
- 在同行业当中，产品手册当中披露更完整和全面的精度参数。
- 具备更高端的设备和测试的流程，来满足客户对于精度的测试要求。出具测试报告。
- 对于定位精度要求很高的客户，可以在出厂前提供定制化的精度修正表，直接存入控制器进行补偿。

LINAX®	Running Accuracy EYX	Roll QX	Pitch QY	Yaw QZ
Lxc 44F08	±5μm	±15ws	±30ws	±20ws
Lxc 85F10	±7μm	±20ws	±35ws	±25ws
Lxc 135F10	±10μm	±20ws	±40ws	±30ws
Lxc 230F10	±12μm	±20ws	±50ws	±35ws
Lxc 80F40	±8μm	±20ws	±30ws	±30ws
Lxc 176F40	±10μm	±20ws	±35ws	±35ws
Lxc 272F40	±12μm	±20ws	±40ws	±40ws

如需详细了解电机型号和对应的精度数值，请参考电机说明书。



北京精准博达科技有限公司
 地址：北京市顺义区南法信府前街东港鑫
 座东楼515室
 Tel.: +86 10 89492998
 Fax: +86 10.51418229
 www.bjjzbd.com

捷力电机轴组应用技术问答

名称	日期	设备名称	文档目的	工程师
技术问答	2021年8月20日	瑞士捷力直线电机	方便用户使用	李家兴

2.3 运动过程当中的力学和速度计算方法：

我们的直线电机轴的最高速度为 4m/s，我们可以通过设计软件为客户计算在要求的负载下可实现的最大运行速度。我们的电机的额定力可以从电机型号当中获知。

例如：LINAX®Lxs 400F60，“F60”相当于 60N 的额定力。峰值力是额定力的三倍，这里是 180N。最大推力=180N，加速度«a»由 $F=m*a \rightarrow a=F/m$ 计算得到。

例如：m (负载) =1500g, m (滑块) =950g, M= m (负载) + m (滑块) =2.45kg

最大加速度即为 $a=FP/m=180N/2.45kg=73.5m/s^2$, $73.5/9.81=7.5g$

运行时间说明：在额定力下运行时间为 100%。对于峰值推力，电流是它的 3 倍。功率损耗 2 次方以增加， $PV=I^2*R$ ，使用峰值推力时功率损失是 9 倍，因此峰值推力只能在 1/9 的运行时间内使用。

2.4 直线电机承受载荷的计算：

在水平应用中负载是在直线电机的驱动下移动的。一种合理的方法是选择电机类型，使最大负载仍然允许 $1g = 9.81m / s^2$ 的加速度（如自由落体状态），然后给出动态中位数值。我们使用峰值力来加速，这比我们的直线电机的额定力高 3 倍。

直线电机类型	额定推力 (N)	峰值推力 (N)	动态载荷中位值
LINAX®Lxc44F08	8	24	$m = 2.45 - 0.13 = 2.32$
LINAX®Lxc176F40	40	120	$m = 12.23 - 0.75 = 11.48$
LINAX®LxsxxxF60	60	180	$m = 18.35 - 1.00 = 17.35$
ELAX® Ex 50F20	20	60	$m = 6.12 - 0.26 = 5.86$

动态载荷中位值=峰值推力/重力加速度-滑台质量

例如：LINAX®Lxc44F08 峰值推力 24N 重力加速度 9.81 滑台质量 0.13kg

那么， $M=24/9.81-0.13=2.23kg$

如果降低加速度和速度，电机甚至可以推动更多的载荷。在这种情况下，仍应实现 1/2 g 的加速度，最大负载是上述计算的动态载荷的两倍。

我们设计的目标始终是尽可能降低有效载荷，精细结构和质量小的零件总是设计人员最好的选择。如需进京更详细的载荷计算，请咨询我们的技术人员。



北京精准博达科技有限公司
 地址：北京市顺义区南法信府前街东港鑫
 座东楼515室
 Tel.: +86 10 89492998
 Fax: +86 10.51418229
 www.bjjzbd.com

捷力电机轴组应用技术问答

名称	日期	设备名称	文档目的	工程师
技术问答	2021年8月20日	瑞士捷力直线电机	方便用户使用	李家兴

2.5 直线电机垂直安装时应注意事项：

如果垂直使用直线电机，首先要注意的就是：关闭电源时滑块不应掉落。此外，还应该对垂直运动的直线电机负载提供可调节的重力补偿。以减少电机发热，从而影响运行精度。

注意：使用压缩空气式重力补偿时需要注意安装方向，重力补偿需要起到托起动子的效果，以 LINAX®Lxu 为例：当线圈固定磁体移动时，重力补偿伸出的轴在上方；当磁体固定线圈移动时，重力补偿伸出的轴在下边。

另外，弹簧式重力补偿有两种，一种是弹簧拉伸时重力补偿，一种是弹簧压缩时重力补偿。

重力补偿的优点：防止电机因突然断电滑块下坠造成机械损伤；还能有效减少能量的损失，不需要通过驱动器供电来承载滑台的质量。

直线电机型号	补偿技术	有效载荷范围
LINAX® Lxc 44F08	压缩空气	最多 3kg
	弹簧	最多 0.9kg
LINAX® Lxc 85F10	压缩空气	最多 3kg
LINAX® Lxc xxxF40xxx= 80, 176mm	压缩空气	最多 6kg
LINAX®LxuxxxF60xxx=40,80,160mm	压缩空气	最多 6kg
		最多 3kg
ELAX®ExxxxF20xxx=30,50,80,110mm	弹簧	最多 2kg

2.6 直线电机的适配导线：

LINAX®系列直线电机需要电机和编码器导线。这些可以按以下选择订购。每根导线的长度可以选择（最大总长度 20 米）。

选项一：标准导线连接方式，适用于独立应用，其中导线很少或没有移动。





北京精准博达科技有限公司
地址：北京市顺义区南法信府前街东港鑫
座东楼515室
Tel.: +86 10 89492998
Fax: +86 10.51418229
www.bjjzbd.com

捷力电机轴组应用技术问答

名称	日期	设备名称	文档目的	工程师
技术问答	2021年8月20日	瑞士捷力直线电机	方便用户使用	李家兴

选项二：延长导线连接方式。



选项三：带转接线的延长导线连接方式。可以用于线束当中，可以使用多个转接导线。



ELAX®系列直线电机滑块和 ROTAX®系列旋转电机：这两个型号都采用单导线解决方案，集成了电机电缆和传感器数据线。可以使用上述 LINAX®中提供的三种连接方式。但是对于选项三，由于特殊的 EMV 保护，最多仅可以使用一根转接线。

2.7 所需的电源功率的计算：

XENAX®Xvi 伺服控制器对于逻辑和电源可以单独供：

逻辑：每轴 24 V + 0.3 A.

功率：每增加一个轴 24-72V 5A + 3A.

直线电机轴组在 24V 电源情况下可以达到其峰值力。如果 LINAX®Lxu 和 Lxs 以高速行驶，因为反动电势的原因，则需要更大的电源：

速度 > 1 m / s 则需要 48 V，速度 > 2.5 m / s =则需要 75V。



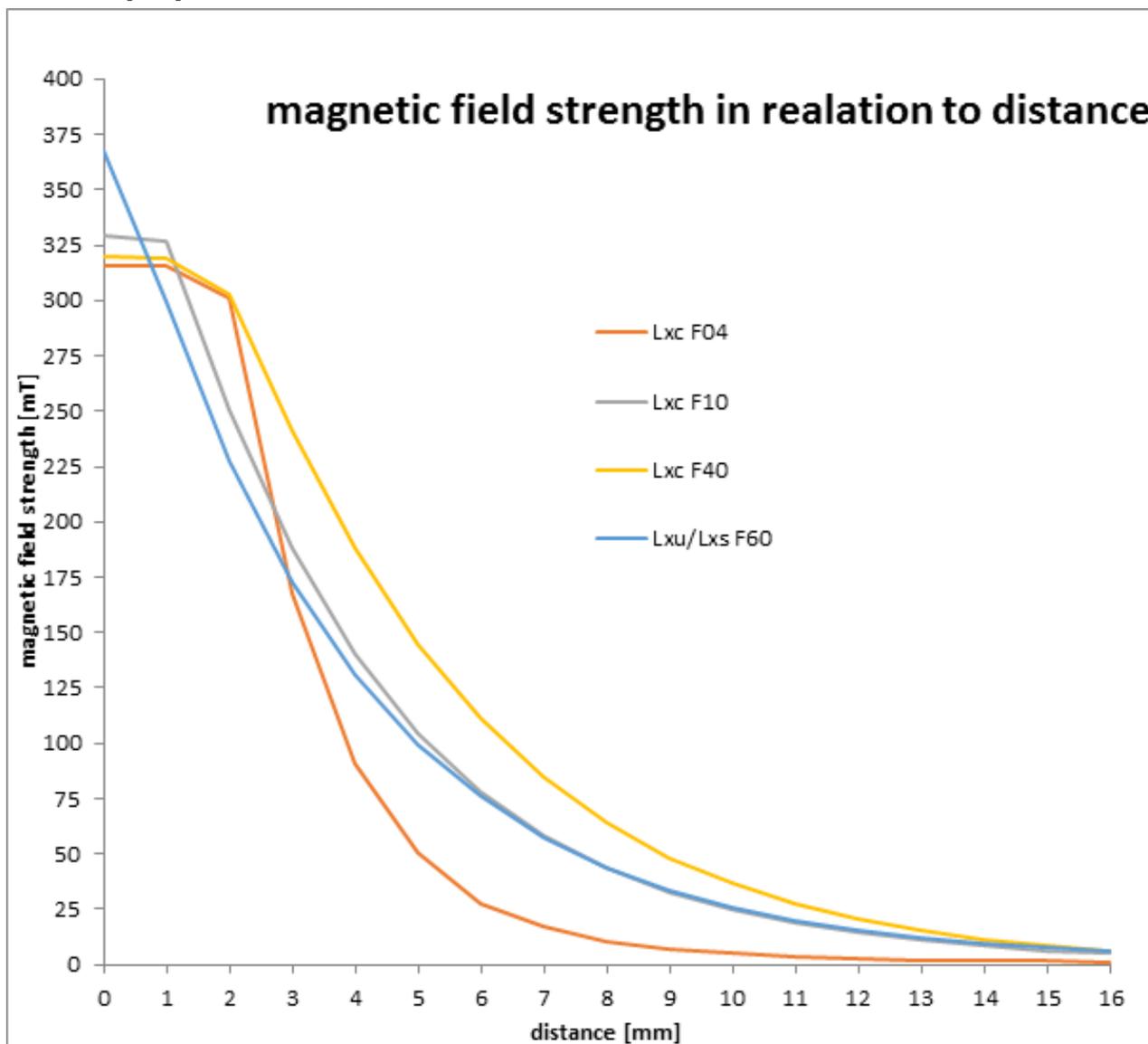
名称	日期	设备名称	文档目的	工程师
技术问答	2021年8月20日	瑞士捷力直线电机	方便用户使用	李家兴

2.8 直线电机轴的磁效应：

直线电动机轴的永磁体会产生磁场，并直接作用于外部。在我们的 LINAX®Lxc 和 ELAX®Ex 系列直线电机轴上，当托架伸出时，磁效应会出现在托架底部。在托架的上侧没有磁场。

对于 LINAX®Lxs / Lxu 系列，磁场位于底板顶部。永磁体直接作用于外部。同样，底板的下侧没有磁场。

磁场强度[mT]与磁铁距离的关系





名称	日期	设备名称	文档目的	工程师
技术问答	2021年8月20日	瑞士捷力直线电机	方便用户使用	李家兴

2.9 直线电机匀速性：

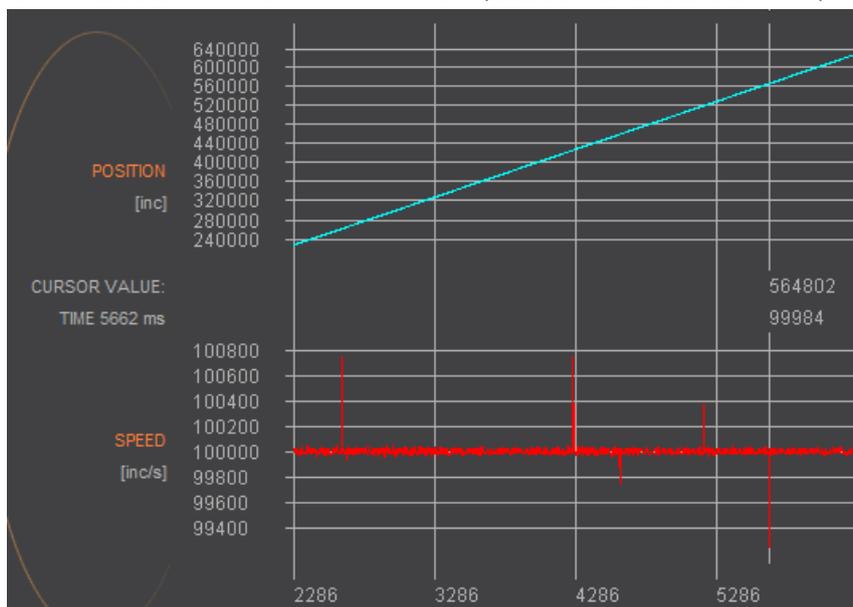
除了定位精度之外，判断直线电机性能的另一个重要指标就是匀速性，尤其是在低速运行状态下，电机运行的速度波动。

我们可以通过 Webmotion®中的运动曲线来直接观察运行速度。但这个速度并不能准确地反映电机的速度。这只是对速度的一种解释，电机在 2ms 的时间运行的两个相对位置。如以 10mm/s (10000inc /s)的速度，运行 2ms 后的位置间隔为 20μm。在 2ms 的时间内，一个增量(或多或少)可以影响 +/- 500inc /s 的显示速度。所以为了减小的速度波动，XENAX®控制器需要更多的增量。如果我们选用 100nm 分辨率的光栅，则可以提高单位时间内的增量数。这也是为什么在高匀速性要求的应用中，我们会建议选配高分辨率光栅的原因。

Speed fluctuation in %, @10mm/s	Internal profile position		Cyclic Synchronous Position							
	optimized setting	default setting	MC464		Beckhoff		Beckhoff			
			Default setting				Optimized			
			1ms	500μs	500μs	500μs	1ms	2ms		
with LINAX® 1μm	10	24	15	10	13	5	6	6		
with LINAX® 100nm	2	8			8	3				

Speed fluctuation in %, @20mm/s	Internal profile position (2ms)		Cyclic Synchronous Position							
	optimized setting	default setting	MC464		Beckhoff		Beckhoff			
			Default setting				Optimized			
			1ms	500μs	500μs	500μs	1ms	2ms		
with LINAX® 1μm	7.5	12	12	12	12	4	4.5	4		
with LINAX® 100nm	2.5	4.5			3	1.5				

通过实验，Lxc230F10 电机轴组 在 10mm/s 的慢速运行状态下，优化状态参数，进行力学校准后，实际测试结果为+0.075/-0.075 mm/s (速度波动比率仅为 1.5%)。





北京精准博达科技有限公司
地址：北京市顺义区南法信府前街东港鑫
座东楼515室
Tel.: +86 10 89492998
Fax: +86 10.51418229
www.bjjzbd.com

捷力电机轴组应用技术问答

名称	日期	设备名称	文档目的	工程师
技术问答	2021年8月20日	瑞士捷力直线电机	方便用户使用	李家兴

2.10 运动轨迹的重复性：

两轴插补运行轨迹跟踪性能的好坏，主要依赖于伺服控制器的算法和速度。XENAX® Xvi 控制器轴同步是通过模拟量或脉冲/方向信号实现的。

运动轨迹的形成可以理解为，运动控制器在每个总线周期时间向伺服控制器发送新的目标位置需求值。伺服控制器会运算速度、加速度并向电机线圈导入电流。一个标准运行轨迹包含加速阶段、随后是恒速阶段，再以减速阶段结束。但是大多数插补运行轨迹，例如曲线和圆周运动，每个轴会生成一个非标准的运行轨迹。

通过使用 EtherCAT，我们的 XENAX® Xvi 伺服控制器能够每 200 μ s 接收一次新的需求值。最好的运动控制器能够将更多信息作为位置需求值发送到伺服控制器。使用 Beckhoff NC 运动控制器，XENAX® Xvi 接收：位置、速度和加速度信息，轨迹跟踪会更加准确，轨迹振荡会更加小。

2.11 距离编码参考点：

联机后电机会自动寻找到参考点，电机必须读取到两个 Z 标记来确认参考点。如果因为行程原因没有读取到两个 Z 标记，则电机会向反方向受控运行，并不会剧烈撞击到限位，也不会对电机造成不良影响。

2.12 精度校正表：

XENAX® Xvi 控制器内提供了精度校正表的功能模块，可以提高直线电机单轴的绝对精度。但校正后单轴精度也并不能优于单轴的重复精度。绝对精度与机械误差和测量距离都有关系。所以我们不建议客户自行进行校正。如需更高的定位精度，客户可提供测量的位置，并订购《精度测量报告》。这样的话，我们将在出厂前，使用激光干涉仪对客户订购的电机进行精度测试，并根据要求提供精度校正表。

2.13 负载的配置：

电机状态参数配置中有效载荷的配置，仅指外部负载的质量。因为 XENAX® Xvi 控制器联机之后会自动识别电机型号，电机滑块的自重会自动进行配置，不需要重复计算。Z 轴使用的重力补偿并不会影响负载的质量添加，因为质量与重量是两个概念。



北京精准博达科技有限公司
地址：北京市顺义区南法信府前街东港鑫
座东楼515室
Tel.: +86 10 89492998
Fax: +86 10.51418229
www.bjjzbd.com

捷力电机轴组应用技术问答

名称	日期	设备名称	文档目的	工程师
技术问答	2021年8月20日	瑞士捷力直线电机	方便用户使用	李家兴

2.14 ROTAX®Rxvp 的轴向跳动：

ROTAX® Rxvp 的轴直径很短，所以没有用于测量任何轴向跳动的表面。最终的轴向跳动取决于客户工装。通过 ROTAX®Rxvp 轴 M5 螺纹孔连接的工装不会比使用 ROTAX® Rxvp 的轴更精准。

2.15 电机出现错误代码 63（线圈温度超过 80°C，电源自动切断）：

电机轴组内部线圈位置安装有温度传感器，用以检测电机内部温度。如果控制器出现 63 报错代码时，可以通过以下步骤排查，是什么原因引起的电机发热：

- 1) 电机是如何安装在机器内部的；
- 2) 电机是垂直使用还是水平使用；
- 3) 垂直使用是否加装了重力补偿；
- 4) 电机的有效载荷是多少；
- 5) 是在待机状态出现的报警还是在运行过程中；
- 6) 是否有其他组件在电机上方发生振动，或阻碍电机运行；
- 7) 通过 webmotion 查看，状态参数是否配置错误（负载*）；

8) 使用 webmotion 控制电机 power quit，消除报警后，使电机运行观察电机是运行一段时间后升温报警，还是一上电就出现报警。

2.16 ISO 洁净室等级和国标的对照

洁净室(Clean Room)，亦称无尘车间、无尘室或清净室。主要应用在两个领域，工业和生物。

工业：以无生命微粒的控制为对象。主要控制空气尘埃微粒对工作对象的污染，内部一般保持正压状态。它适用于精密机械工业、电子工业(半导体、集成电路等)宇航工业、高纯度化学工业、原子能工业、光磁产品工业(光盘、胶片、磁带生产)LCD(液晶玻璃)、电脑硬盘、电脑磁头生产等多行业。

生物：主要控制有生命微粒(细菌)与无生命微粒(尘埃)对工作对象的污染。又可分为：

A、一般生物洁净室:主要控制微生物(细菌)对象的污染。同时其内部材料要能经受各种灭菌剂侵蚀，内部一般保证正压。实质上其内部材料要能经受各种灭菌处理的工业洁净室。例:制药工业、医院(手术室、无菌病房)食品、化妆品、饮料产品生产、动物实验室、理化检验室、血站等。



北京精准博达科技有限公司
 地址：北京市顺义区南法信府前街东港鑫
 座东楼515室
 Tel: +86 10 89492998
 Fax: +86 10.51418229
 www.bjjzbd.com

捷力电机轴组应用技术问答

名称	日期	设备名称	文档目的	工程师
技术问答	2021年8月20日	瑞士捷力直线电机	方便用户使用	李家兴

B、生物学安全洁净室:主要控制工作对象的有生命微粒对外界和人的污染。内部要保持与大气的负压。例:细菌学、生物学、洁净实验室、物物工程(重组基因、疫苗制备)。

空气洁净度分级标准: ISO14644-1 (国际标准)

空气洁净度等级 N	大于或等于所标粒径的粒子最大浓度限值 (个/每立方米空气粒子)					
	0.1u	0.2u	0.3u	0.5u	1u	5u
ISO Class 1	10	2				
ISO Class 2	100	24	10	4		
ISO Class 3	1 000	237	102	35	8	
ISO Class 4	10 000	2 370	1 020	352	83	
ISO Class 5	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29
ISO Class 6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
ISO Class 7				352 000	83 200	2 930
ISO Class 8				3 520 000	832 000	29 300
ISO Class 9				35200000	8320000	293 000

注: 由于涉及测量过程的不确定性, 故要求不超过三个有效的浓度数字来确定等级水平。

空气洁净度分级标准: GB/T16292-1996 (中国标准)

粒径、数值洁净度级别	尘埃最大允许数/立方米		微生物最大允许数	
	>=0.5u	>=5u	浮游菌/立方米	沉降菌/皿
100级	3500	0	5	1
10 000级	350 000	2000	100	3
100 000级	3 500 000	20000	500	10
300 000级	10 500 000	60000	-	15

2.17 超出持续推力情况下电机所需要的冷却时间:

电机可以在超出持续推力情况下运行, 但是需要更多的冷却时间, 为电机线圈降温。这部分冷却时间, 需要在计算工作节拍的时候考虑进去。

具体冷却时间可使用以下运算表进行运算:



北京精准博达科技有限公司
地址：北京市顺义区南法信府前街东港鑫
座东楼515室
Tel.: +86 10 89492998
Fax: +86 10.51418229
www.bjjzbd.com

捷力电机轴组应用技术问答

名称	日期	设备名称	文档目的	工程师
技术问答	2021年8月20日	瑞士捷力直线电机	方便用户使用	李家兴

持续推力 F_{nom} 60 N

应用推力 $F_{applied}$ 100 N

持续时间 $Time\ with\ force$ 0.5 s

冷却时间 $Needed\ time\ without\ for$ 0.888889 s

占空比 $Duty\ cycle$ 36.0 %

$$Fn = \sqrt{\frac{Fv^2 * t}{t + n}}$$



北京精准博达科技有限公司
地址：北京市顺义区南法信府前街东港鑫
座东楼515室
Tel.: +86 10 89492998
Fax: +86 10.51418229
www.bjjzbd.com

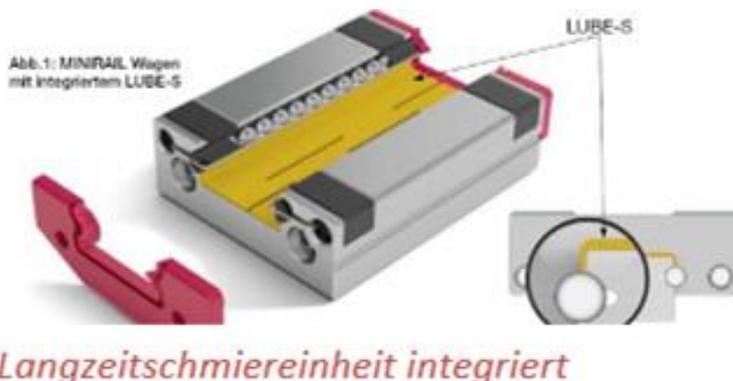
捷力电机轴组应用技术问答

名称	日期	设备名称	文档目的	工程师
技术问答	2021年8月20日	瑞士捷力直线电机	方便用户使用	李家兴

3、保养维护

3.1 直线电机的维护保养：

Jenny Science 电机的集成度很高，基本上可以实现免维护。但是从延长电机使用寿命的角度考虑，我们还是建议滚珠轴承导轨（LINAX®Lxu, Lxs 系列）每隔 5,000 Km 重新润滑润滑垫。通常，这在机器的半年或年度维护期间完成。



交叉滚柱导轨（LINAX®Lxc 和 ELAX®Ex 系列）每年润滑导向杆即可。



如果控制器出现 50 错误代码，可能是光栅尺需要进行清洁，这时可以使用无水酒精对光栅尺进行擦拭即可。

出现故障，切勿自行拆解电机，内部构件可能会出现损坏或严重影响性能。我们的工程师会给与指导，如果判断确实无法现场修复，需要返回瑞士工厂进行维修。

3.2 电机润滑脂：

润滑脂属于危险化学品，运输和进口受到严格管控。我们建议客户在国内自行购买，Jenny Science 使用的品牌和标号是：克鲁勃 KLUBER ISOFLEX TOPAS NB 5051/NB152。



名称	日期	设备名称	文档目的	工程师
技术问答	2021年8月20日	瑞士捷力直线电机	方便用户使用	李家兴

4、Forceteq®力学控制模块

4.1 Forceteq®力学控制模块介绍

力学控制模块分为 Forceteq®Basic 基础版和 Forceteq®Pro 专业版，两者的区别就在于是否配置外置的力学传感器。Jenny Science 所有的电机型号均可以配备该力学控制模块。

Forceteq®基础版测量技术已集成在 XENAX® Xvi 伺服控制单元中。该技术用于监测推力，控制 Jenny Science 全部直线电机轴和旋转电机轴。获专利的 Forceteq®测量技术可以在生产过程中测量推力，无需使用任何外部测力传感器。因此，可采集和记录全部运动中与质量有关的推力距离关系曲线。“在线”监测组件操作。立即检测错误和异常。也就是说达到更高质量和更高产能。不再需要另外的检查工位。

Forceteq®专业版使用 Signateq®测量放大器，可将标准应变片力学传感器直接连接 XENAX® Xvi 75V8S 伺服控制单元。可显著提高 Forceteq®测量技术的测量精度和调整的控制精度。由于采用两级测量放大器，有效降低信号噪音，所以完全可以使用低灵敏度的传感器。

技术亮点

- 直线电机技术为基础的直接和高精度距离测量（深度，交迭）。
- 高速预定位和高速回位运动，缩短周期时间。
- 用 XENAX Xvi 系统自带的功能在整个运动距离范围内记录推力/距离。

4.2 Forceteq®两个版本可以达到的力控精度对比：

直线电机类型 测量系统	最大推力	最大驱动距离 [mm]	Forceteq基础版 分辨率	Forceteq专业版 分辨率 / 范围
LINAX® Lxc F08, 1 μm/100 nm光栅	24 N	44*	0.25 N	5.4 mN, 最大20 N
LINAX® Lxc F10, 1 μm/100 nm光栅	30 N	85*, 135, 230	0.25 N	5.4 mN, 最大20 N
ELAX® Ex F20, 1 μm磁栅	60 N	30*, 50*, 80*, 110*, 150	0.25 N	13.4 mN, 最大50 N
LINAX® Lxc F40, 1 μm/100 nm光栅	112 N	80*, 176*, 272	0.5 N	26.8 mN, 最大100 N
LINAX® Lxu F60, 1 μm磁栅/100 nm光栅	180N	40*, 80*, 160*, 240, 320	5.0 N	53.6 mN, 最大180 N
LINAX® Lxs F60, 1 μm磁栅/100 nm光栅	180N	160至1600	5.0 N	53.6 mN, 最大180 N



北京精准博达科技有限公司
地址：北京市顺义区南法信府前街东港鑫
座东楼515室
Tel: +86 10 89492998
Fax: +86 10.51418229
www.bjjzbd.com

捷力电机轴组应用技术问答

名称	日期	设备名称	文档目的	工程师
技术问答	2021年8月20日	瑞士捷力直线电机	方便用户使用	李家兴

4.3 力控精度与分辨率：

力控分辨率请参考 Forceteq®说明书，但分辨率并不代表精度。传感器的型号、量程都会影响到精度，所以需要根据实际使用情况，由我们的设计人员对传感器选型和精度进行评估。

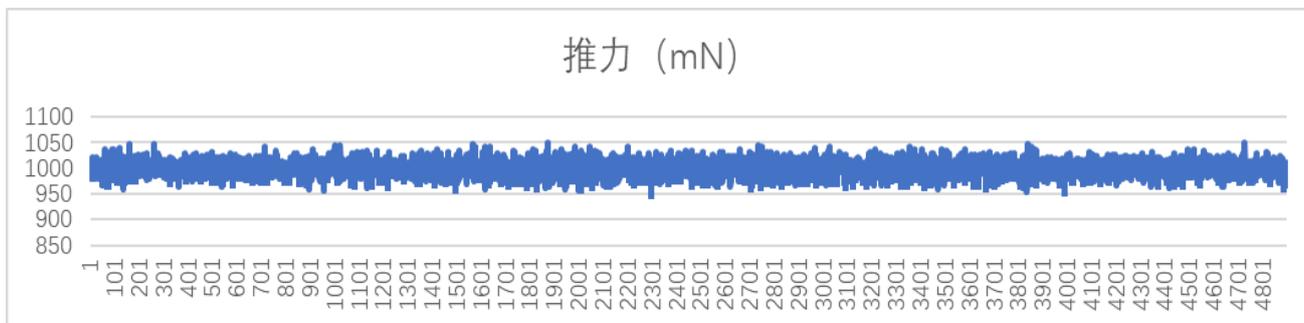
4.4 LINAX®Lxu 系列电机力控范围：

因为安装了滚珠循环直线轴承，摩擦力相比其他系列电机更大（大约 8N 左右），所以 LINAX®Lxu 系列如果仅使用 Forceteq®基础版就无法测量低于 10N 的力。

4.5 力控电流与力系数：

不同推力时，所需的电流值不同且不是线性增加，也就是说不是一个恒定系数，这个系数变化是正常现象。如果需求的力更加精准，我们推荐使用我们专门为 Forceteq®推出的新款 XENAX® 控制器 75V8S。

电机执行“Driver I_Force End”期间，不能取某一点瞬时推力值代表当前电机推力值，需要以一定时间间隔取多点瞬时推力值进行平均，来表示实际推力值。例如下图，实际设置电机推力值 1000mN，间隔 10ms 取一个点后进行平均值后为 1000.063mN。



4.6 Forceteq®专业版 Burster 力学传感器性能：

通讯时间：传感器滤波频率 2kHz => 0.5ms；

循环时间：应变式压力传感器适用于在 3Hz 循环时间以下的施力过程；

使用寿命：应变式传感器 8431、8432、8416 系列采用不锈钢材料，使用寿命长。通过在其满量程上施加 70% 的正弦力，Burster 不锈钢应变计压力传感器的生命周期超过 1200 万次；

维护保养：推荐校准间隔为 12-24 个月。取决于客户具体应用，可以在更短的间隔对推力进行检测。力对称重传感器的冲击缩短了生命周期，受力越小，生命周期越长。



名称	日期	设备名称	文档目的	工程师
技术问答	2021年8月20日	瑞士捷力直线电机	方便用户使用	李家兴

Burster型号	测量范围	灵敏度	推力分辨率
8432-5005	0 - 5 N	0.75 mV/V	1.3 mN / 0.13 gf
8432-5010	0 - 10 N	1.5 mV/V	2.7 mN / 0.28 gf
8432-5020	0 - 20 N	2.0 mV/V	5.4 mN / 0.55 gf
8432-5050	0 - 50 N	2.0 mV/V	13.4 mN / 1.37 gf
8432-5100	0 - 100 N	2.0 mV/V	26.8 mN / 2.73 gf
8432-5200	0 - 200 N	2.0 mV/V	53.6 mN / 5.47 gf

4.7 电机压装曲面时效果不理想的可能原因：

如果压装表面不是一个平面，压装力控效果可能会不理想。我们需要综合考虑 Z 轴向下运行的推力限制，加速度限制和接触曲面的材料深度这几个因素。这就像一辆快速行驶的汽车，车轮在与路面上深坑接触时，也并不一定会接触到坑洞的最深处。

解决这类问题时，可以通过曲面的深度及要求压接的推力、横向移动的速度初步判断电机提供的推力是否足够。以 Forceteq® 专业版为例，力传感器控制推力保持在设定值，电机可以带动负载运行（以 3kg 负载为例），计算电机最大加速度：

$$\Rightarrow F = m \cdot a \quad \Rightarrow a = F / m$$

$$ELAX^{\circ} F20 = 20 / 3 = 6.66 \text{ m/s}^2$$

$$LINAX^{\circ} Lxc F40 = 40 / 3 = 13.33 \text{ m/s}^2$$

横向移动速度 V_1 ，曲面横向距离 S_1 ，运行过一个曲面所需时间 $t = S_1 / V_1$

$$\text{竖直运行距离 } S_2 = a_2 t^2 / 2 = a_2 S_1^2 / 2V_1^2$$

$$a_2 = S_2 S_1^2 / 2V_1^2$$

在横向移动速度固定时，要想竖直运行指定距离 S_2 ，至少电机加速度要满足 $a > a_2$ 。

