

#### 作者简介



Gary Rosengren 是 Tolomatic 的工程部总监，有超过 30 年的参与线性致动器和运动系统的设计和制造的经验。他主管 Tolomatic 工程部，并帮助打

造运用到电动、气动和动力传动技术的编目产品和为特定客户需求而定制的产品。

Tolomatic 在电动和气动驱动方面都是市场领先的线性致动器供应商。Tolomatic 的专长包括线性致动器、伺服驱动的大推力致动器、伺服和步进马达、驱动器和配置的线性系统。标准产品可按订单制造，并在五天之内即可发运。Tolomatic 也生产直角齿轮驱动器、钳盘式制动器和离合器。

## 伺服点焊为汽车制造业提供卓越的性能和更低廉的寿命周期成本

作者：Gary Rosengren

全球领先的汽车制造商依靠自动伺服点焊设备进行汽车车身的组装，以确保与老式气动点焊设备相比具有高效率、更低的成本和更好的质量。

### 简介

全球领先的汽车制造商在很大程度上依赖于自动化设备。根据 International Organization of Motor Vehicle Manufacturers (国际汽车制造商协会的)数据，在过去十年中全球汽车行业的产量增长了 30%。其中很多制造商都在他们的白车身生产线上采用了机械手运载的（和固定的）伺服控制点焊设备。这样做有很好的理由，因为伺服控制能给这种生产环境带来很多优势。更高质量的焊缝、更高的生产效率、更低的成本和更好的总体质量是伺服控制所带来的一些关键优势。然而，为其他市场（如中国、巴西、韩国、印度等国）生产汽车的汽车制造商主要还是在采用传统的手工定位的气动点焊设备。随着在这些局部市场上汽车产量的增长，消费者对质量有更高的要求，这些制造商正在考虑从手工定位的气动设备过渡到机械手运载的伺服控制点焊设备，以在全球市场中的保持竞争力。本文讨论了在汽车制造业中，在用于机械手运载式和固定式或底座式的点焊设备方面，电动伺服致动器相对于气动致动器的优势。

## 在点焊枪上使用气动致动器是一种成熟的技术

在全球各地的汽车制造厂中，不论是手工定位式还是机械手运载式（和固定式）的气动点焊设备都已经被使用了很多年。对这种成熟的技术已有了深入的理解，该技术购置成本低，但运营成本较高。

总的来说，与电动伺服点焊技术相比，气动点焊有一些缺点。其中最值得注意的是焊缝的一致性。

总的来说，与电动伺服点焊技术相比，气动点焊有一些缺点。其中最值得注意的是焊缝的一致性。其部分原因是因为气缸对不同的焊缝输出的夹紧力不同。供气压力的波动、系统中的微小泄漏和来自环境的污染都可能影响到输出力波动。认识到这种情况，操作者可以增加对气缸的压力以克服由于低焊接力而导致的一致性质量问题，但这反过来会加剧其他的问题。这些问题包括焊帽的快速磨损（从而需要更高水平的维护）以及在某些情况下，可能发生的焊帽烧穿。此外，由于在焊接点上的强力——特别是强的部件接触力——而导致的金属喷溅会更严重，导致环境污染物增加。而手工定位设备可能造成焊帽朝向和/或定位不当，产生劣质焊缝，需要采取冗长的定位或额外的焊缝，从而使问题进一步复杂化。

### 不同焊缝所受夹紧力不一致的结果

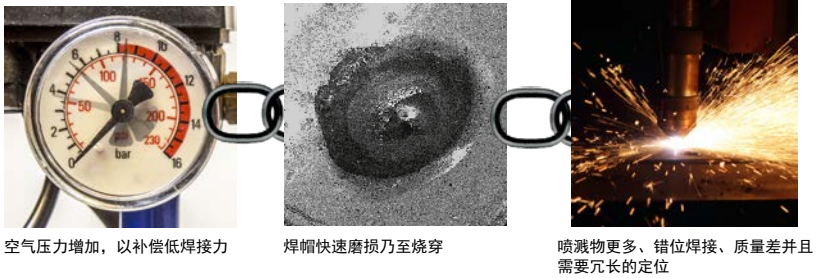


图 1：漏气和压力波动可能导致一系列不利事件发生。

## 伺服系统提供更好的成本控制

气动点焊设备的运营成本可以占到汽车制造商车身车间总支出的很大一部分。高效率的空气压缩机不仅购买、安装和维护的费用都很高，而且它们也是出了名的耗电，并且在很多时候需要连续运行以不间断地供给压缩空气。此外，气动设备需要数百个接头和长达几英里的管道以将压缩空气输送到每一个点焊站，在这种情况下，漏气是不可避免的。这影响了效率，也进一步增加了运营成本。

在电阻点焊中，伺服致动器的寿命可高达气缸寿命的 10 倍。

伺服致动器系统的动作可以被非常精确地控制。

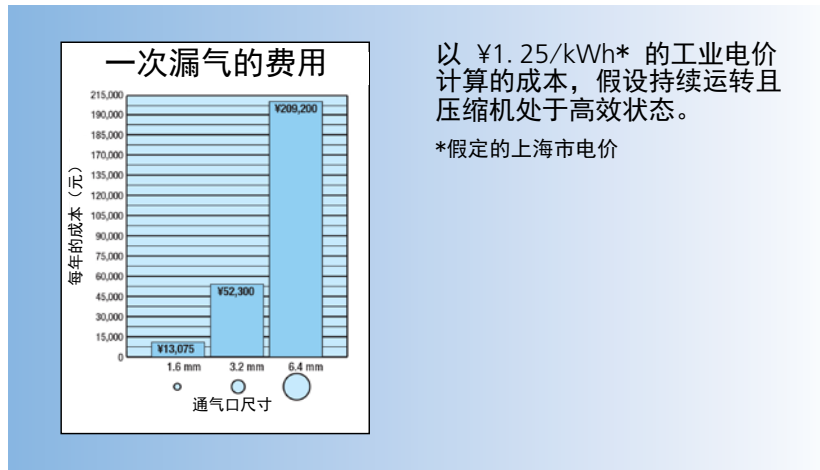


图 2: 上图显示了气动焊接的某些隐性成本。

也有在点焊设备上采用“伺服气动”装置的气动系统。这些系统可对各种功能编程；然而，由于它们必须应对压缩流体（空气）的伺服控制，这些系统要更复杂。虽然伺服气动系统增加了可编程性和优于传统气动系统的控制性等功能，但它们从根本上仍是气动系统，仍然可能遇到漏气和高运营成本的问题。

电动伺服驱动的点焊设备与气动和伺服气动的气动设备相比具有很多优势。即使用于点焊枪的伺服致动器的购置成本要更高（在某些情况下可为相应的气动设备的五倍），但其寿命成本更低。例如，在一个有 200 支焊枪的生产设施里，每年节约的电力成本（假定没有发生漏气）就将超过 ¥558,000（请查看第 6 页上的 ROI（投资回报）计算）。并且，由于伺服致动器的动作完全受控，其造成的冲击也更柔和，导致焊帽磨损更小，而较不频繁的焊帽更换也可以节约成本。除了焊帽磨损更小，焊嘴修整的频率也降低了，能够最大程度地减少焊嘴上铜的损失。在 5 年的时间内，工厂里每天每把焊枪少更换一个磨损焊帽可以节约高达 ¥620,000 以上的成本。事实是，伺服致动器寿命更长，比气缸制造更多的焊缝，并且其灵活性允许它们被很容易地重新部署到新的项目中。在电阻点焊中，伺服致动器的寿命可高达气缸寿命的 10 倍。此外，也没有必要将空气运送到机械手的多个轴上，这样就消除了因机械手扭曲或复杂运动而产生的对空气管道进行维护的需要。其结果是，当使用伺服系统时，设备的寿命延长，可靠性提高。

## 伺服系统提供精确的控制

在伺服系统中，所有动作的位置、力度和速度都是“可编程”的，可以根据每一个待焊部件来进行优化。

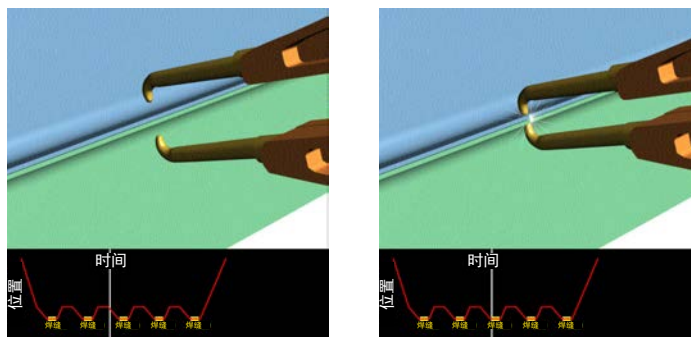


图 3：上图显示了采用伺服点焊程序可以进行的精确的小动作。这使得更快的高质量焊接成为可能。

而在另一方面，气动系统为位置或速度编程的能力有限，且力度取决于操作压力。

例如，一个典型的焊接周期可以开始于焊枪打开或使其处于焊帽彼此离得最远的状态。接着，设定程序，使伺服致动器快速或高速地移动到离待焊材料非常近的位置。接着，焊帽以受控的速度与待焊材料接触，并在焊接过程中保持恒定的力度。焊接完成后，焊帽缩回到某个靠近待焊材料的位置，并移动到下一个焊接位置。这种移动比气动系统的移动更温和，使得焊帽寿命更长，焊缝更一致，部件变形更小。在焊枪返回到完全打开的状态以允许在一个新的部件上开始工作之前，可以生成数条焊缝，以节省定位时间。在伺服系统中，所有动作的位置、力度和速度都是“可编程”的，可以根据每一个待焊部件来进行优化。这一优势，再加上所有的焊缝都处于机械手控制器的控制下，使得所有动作和所有焊缝都能达到近乎完美的同步。此外，该系统还监视着流向伺服马达的电流。当焊嘴处于适当位置并达到适当挤压力（基于系统校准和压力表）时，系统就会发出“焊接准备就绪”的信息。这消除了过程中不必要的等待或延迟。此外，机械手上所有七根轴的完整内插运动，包括 RSW（电阻点焊）枪上的伺服致动器，使得具有最大生产能力和最高效率的最佳焊枪和焊接过程运动成为可能。为了实现这些优势功能，需要使用与七轴机械手控制器兼容的反馈装置。

而在另一方面，气动系统为位置或速度编程的能力有限，且力度取决于操作压力。在现实中，气动系统往往用不同的力度突然接触部件，接着在重复进行另一相邻焊接之前又突然缩回到某个预设的位置。由于在预设位置之间的移动非常突然，这种类型的动作使气动系统被戏称为“bang-bang”技术。而且，由于气动系统需要移动到某个预设的位置，气缸移动的距离比伺服致动器移动的距离更长，也需要额外的周期时间。此外，在使用气动焊枪时，在机械手的六个轴将焊枪移动到位之前，系统都不会发出“焊接”信号。在这一点上，焊接信号是由“基于时间”的命令而引发的，而不是等待着焊嘴（由气缸驱动）接触到部件，由“焊接准备就绪”的命令而引发。这种基于时间的命令在这里是很必要的，因为焊嘴（或气缸）的移动时间会随供气和来自其他相邻焊枪和气缸的并发耗气的压力波动而变化。



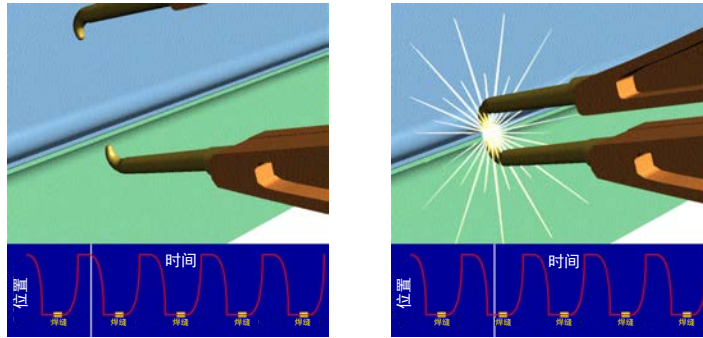


图 4: 与伺服点焊相比, 气动点焊需要设置更大的固定开口, 从而导致焊接速度更慢, 并产生了更多的喷溅污染物。

伺服系统能够接受对关键操作特性进行编程的能力自动提高了质量。

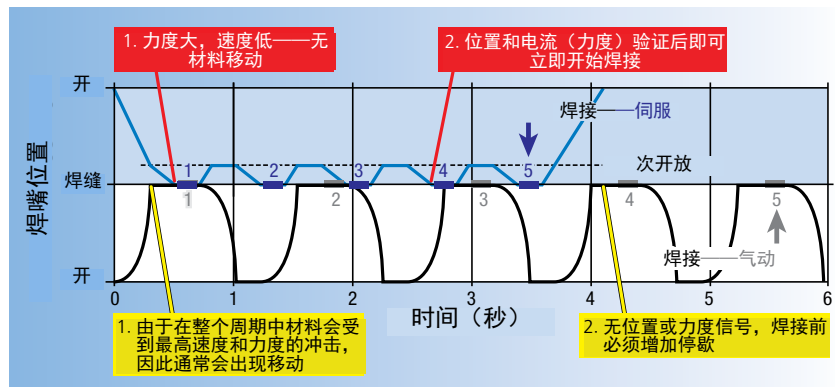


图 5: 上图显示了相对于气动“基于时间”的命令, 采用伺服“焊接准备就绪”命令所带来的焊接周期的缩短。

正如这些图表所示, 伺服焊接技术能缩短周期时间, 提高生产能力。此外, 由于焊接周期效率得到了优化, 这在很多时候减少了需要在整个厂房里部署的焊枪站的数目, 从而进一步节省了成本和维护费用。

### 可编程性提高了质量

伺服系统可接受对关键操作特性进行编程的能力自动提高了质量。受控的部件接触速度和施力力度使焊接过程中的夹紧力更具可重复性。其结果是, 减少了金属喷溅, 减轻了焊帽磨损, 降低了焊嘴修整频率, 消除了烧穿的危险, 并且减少了为确保部件完整性所需的冗余焊缝的数量。与手工定位的气动点焊设备相比, 机械手运载的伺服点焊设备具有更大的优势。由于消除了为点焊工具定位时自然的人工误差, 焊缝质量和整体的部件质量都有了一个飞跃。机械手有能力将点焊工具非常准确地定位。由于这种能力, 焊缝可以被非常精确地定位在所需位置上。此外, 机械手还可以将焊缝定位在工人无法安全地接近的位置。

伺服控制的点焊设备可以接受编程的事实还带来其他显著的优点。例如, 伺服系统的程序可以被重新设定。这意味着可以将系统重新部署或重新用于另一项任务。这使得汽车制造商不仅可以利用其可编程方面的优势, 而且可以将该设备在多个汽车平台上重复使用, 从而从机械手和伺服点焊设备两方面都取得最大收益。很多时候, 这可以成为获得对资本设备所要求的投资回报率的一条途径。在那些汽车产量较低, 单个车辆生产平台可能还不足以充分证明机械手设备价值的新兴市场中, 这一点尤为有利。

可以将伺服控制的系统重新部署或重新用于另一项任务。这使得汽车制造商不仅可以利用其可编程方面的优势, 而且可以将该设备在多个汽车平台上重复使用, 从而从机械手和伺服点焊设备两方面都取得最大收益。

## 可以在短至一年半的时间内即产生投资回报

总之，在汽车电阻点焊应用方面，相比于气动焊枪，伺服焊枪能够生成更高质量的焊缝，而只需要更少的维护和更低的运营成本，并且设备寿命更长，具有更好的投资回报率。据某些制造商计算，在大批量生产的工厂里，具有这些优点的机械手运载式伺服焊枪在不到一年半的时间内即可产生投资回报。\*目前还在使用手工定位或机械手气动点焊技术的汽车制造商应该好好分析伺服机械手焊接设备所带来的好处。通常，生产质量的提高和伺服设备固有的竞争优势已足以证明投资的正确性。

\* 请参见第 6 页上的气动/伺服式焊枪比较表以查看气动和伺服致动器各自的投资回报情况。

### P/S 型焊枪中气动和电动致动器的投资回报情况比较

以下模型的假定对象为拥有 200 支焊枪的生产现场，计算中没有将通过使用电动焊枪导致产量增长而节省下来的费用或因为减少了焊枪购置而节省下来的资本设备费用包括在内。

气动与电动成本解析*				
成本	大批量生产		小批量生产	
	气动	电动	气动	电动
初次购买	¥ 7,746	¥ 30,984	¥ 7,746	¥ 30,984
每年的维修费用	¥ 7,746	¥ 2,324	¥ 2,323	¥ 697
每年的电费	¥ 10,637	¥ 2,516	¥ 3,191	¥ 755
每年的零部件更换费用	¥ 12,910	—	¥ 3,873	—
每年的漏气成本/单位	¥ 1,018	—	¥ 1,018	—

\* 上述的气动成本是基于一个致动器以及所需气动组件来估算的；上述电动成本是基于一个电动致动器、马达、电缆和驱动器来估算的。

气动与电动年度累计成本						
年	大批量生产			小批量生产		
	气动	电动	生成焊缝的数目	气动	电动	生成焊缝的数目
1	¥ 31,451	¥ 35,823	5,000,000	¥ 14,279	¥ 32,436	1,500,000
2	¥ 63,762	¥ 40,663	10,000,000	¥ 24,685	¥ 33,888	3,000,000
3	¥ 96,073	¥ 45,502	15,000,000	¥ 35,091	¥ 35,339	4,500,000
4	¥ 128,385	¥ 50,341	20,000,000	¥ 45,498	¥ 36,791	6,000,000
5	¥ 160,696	¥ 86,165	25,000,000	¥ 55,904	¥ 38,243	7,500,000

投资回报		
	大批量生产	小批量生产
电动设备开始产生投资回报的时间	1.18 年	3.79 年
工厂省下的费用近似值	5 年内可省下 ¥14,906,264	5 年内可省下 ¥3,532,136

#### 数据假设

- 电动致动器的估算寿命（生成的焊缝数目）：20,000,000
- 气动致动器的估算寿命（生成的焊缝数目）：3,000,000
- 气动致动器的维修寿命（生成的焊缝数目）：1,000,000

- 电动致动器的维修寿命（生成的焊缝数目）：10,000,000
- 气动设备维护（材料和人工）：¥1,550
- 电动设备维护（材料和人工）：¥4,650
- 大批量生产（焊缝数/年）：5,000,000 ~ 1000（车辆数） × 15（每辆车每支焊枪生成的焊缝条数） × 350（生产天数）
- 小批量生产（焊缝数/年）：1,500,000 ~ 300（车辆数） × 15（每辆车每支焊枪生成的焊缝条数） × 350（生产天数）
- 气动系统的效率：22%
- 电动系统的效率：79%
- 电费（kW/hr）：¥1.25
- 6.4 mm 孔漏气/年成本：¥203,639（假定工厂中 200 个气动/伺服式应用的工作单元所需的基础设施的累积漏气量约为一个 6.4 mm 孔的漏气量）

Tolomatic 提供一系列 ServoWeld® 点焊致动器，它们具有相对于气动操作的显著优势。右侧的表格突出了两者之间的差异。

有关 ServoWeld® 致动器的更多信息，请访问我们的网站：[www.tolomatic.com](http://www.tolomatic.com) 并下载我们的宣传册。

SERVOWELD® 相对于气动致动器的优势

	电动伺服致动器	气动致动器
致动器服务寿命	很好到极好，具体取决于焊接致动器的类型和载荷下的行进距离。Tolomatic ServoWeld 致动器能达到超过 20,000,000 次的焊接次数。	如果压缩空气过滤和润滑充足，则可以接受；在预防性维护情况下，所实现的焊接次数通常不到 3,000,000 次。
维护要求	对于前 10,000,000 次焊接，焊接致动器不需要任何维护。	频繁，气缸需重新组装或更换。
软触焊接控制	易于实现——最终用户最常提及的头号想要的性能。为实现快速闭合，位置和速度得到控制，从而在焊嘴接触部件之前减慢为软触速度。减小了部件和焊枪所受的力。	难于维持可重复性；焊嘴与部件全速接触，对部件和焊枪两者形成高冲击。气动焊接系统增强（比例及缓冲控制装置）并不接近伺服性能。
使用成本	由于能量效率提高（+70%），其使用成本显著低于气动致动器操作。使用成本已被确认为电动伺服焊接系统相对于气动系统的一个优势。	昂贵。压缩空气成本高。以 ¥0.43/kWh 的价格计算，在 6.89 bar（100 psi）的气压下，一个 6.35 mm（1/4"）的漏气孔每年会损失 ¥72,757。压缩空气的动力传递效率在 10% 到 20% 之间。
购置成本	更贵——但寿命周期成本降低。投资回收期可以不到一年。	不贵；但在整个系统寿命周期中成本更高。气缸、阀、连接器、管路、滤清器-调节器和润滑器都会增加成本。
库存成本	一支焊枪能够进行多种力度输出——取代了多个气动部件。所需的备件减少。所需的备用整枪减少。	更大的库存需求——每一种力度要求有不同的气缸。库中必须存有许多不同的备用气缸。每种气缸有不同的安装要求，这意味着在备件库中必须存有整支焊枪。
周期率 生产率提高/周期缩短	伺服机构快速移到作业点，然后减速，进行软触焊接。在缩回模式下，可以通过编程，让伺服机构行进较短距离，从而缩短总体周期。另外，伺服机构使得不再需要挤压时间——受力时即发送信号。	气动系统能够快速移动，但借助“bang-bang”控制装置进行的全开到全关操作延长了周期时间。
焊帽寿命	焊帽寿命提高幅度从 5% 到 35%（取决于具体应用情形）。	频繁更换；焊帽在受到全力时变形。
环境影响	各个方面都很小：噪音、污染和能源/动力效率。	排气噪音以及高浓度污染物属不良影响。耗电量增加。
支持制造灵活性	通过焊接或机械手控制装置，可以轻松地对伺服机构进行编程，以适应型号或工具变化。现有的六轴式机械手可以改装用于伺服机构，以实现所有想要的伺服焊接功能。	气动焊接系统需要更多的工程支持才能适应型号或工具变化；需要更多的零部件。