

浅谈机器人在柴油机装配线上的应用

王东鑫 李光阳 黄宁 邱桂林 周华祥

湖南道依茨动力有限公司 湖南 长沙 410100

摘要：机器人在柴油机装配线上应用较为广泛，从内装上线，活连入缸，涂胶合装等。根据工艺要求具体布置，方便灵活；机器人布置可采用集中布置，也可单独布置。但是柴油机装配线并不是所有工位都适合用机器人进行自动装配或测试，要根据实际工艺要求进行判断，保证机器人应用的稳定，高效，流畅。

关键词：机器人；柴油机；装配；系统

引言：随着人力成本的提高，装配自动化程度的提高，在柴油机装配线上机器人的应用较为广泛，机器人确实解决了很多重复，繁重的劳动问题。一般机器人环境运行温度从10℃到55℃，重复定位精度可以达到 $\pm 0.06\text{mm}$ ；防护等级一般在IP65（完全防止外物及灰尘侵入，防持续至少3分钟的低压喷水），工作半径可根据实际工位情况进行选型。这些特点在柴油机的很多工位可以进行应用。

1. 机器人在柴油机内装线上的应用

柴油机内装主要装配的零部件包括：缸体、主轴承盖、轴瓦、曲轴、活塞，连杆，油底壳，齿轮室等。这些零部件包含以下特点：

- 1) 相对比较规整，在特定的位置上有精度较高的定位面或孔；
- 2) 柴油机一旦量产，内装的零部件的变化较小，整体上不会有大规模的改动；
- 3) 装配的相对位置固定，分岗位装配时几乎没有较复杂的配合关系；
- 4) 即使是同一平台不同柴油机的装配，也可以通过结合上述三点进行不同夹具的更换来实现装配工作；

对于柴油机内装线，机器人可以很好的完成被赋予的搬运，路线较简单的装配，导引等工作内容。

2. 机器人在柴油机缸盖线的应用

相对于柴油机内装线，缸盖分装线主要装配的内容包括：缸盖、气门油封、进排气门、上座、锁夹压装等。这些零部件除与柴油机内装件比较来说有如下特点

- 1) 除缸盖外，零部件的尺寸较小，但相对规整；
- 2) 零部件的用量大，几乎是柴油机装配线上装配零部件数量最多的地方；
- 3) 零部件之间的配合关系要求较高，有比较严谨的装配顺序。

对于缸盖分装线，机器人可以很好的完成工作，逻辑性强，可以在严格的装配顺序下自如的完成搬运，装配工作；配合合适的夹具可以满足对于体积较小数量较多的重复性零部件装配非常适合。

3. 机器人在柴油机装配涂装工位的应用

机器人的重复定位精度可以达到 $\pm 0.06\text{mm}$ ，而柴油机密封面涂胶例如常见的齿轮室，油底壳，飞轮壳涂胶的涂胶位置精度一般在0.1mm左右，所有用机器人带动夹具进行这些工件的涂胶是非常适合的，这些工件具有的特点非常明显。

- 1) 有相对固定的定位面，精加工定位孔；
- 2) 胶线的轮廓，走向在量产的柴油机确定后，几乎是不变的；即使是在后期有小的变化，靠机器人灵活性，调整起来也是非常方便的。

3) 涂胶要求胶线粗细均匀，无断胶，积胶，胶线渐粗或渐细，机器人的行走在程序的控制下，路径较为平稳，可以在供胶系统压力保持情况下，胶线得到良好的控制；

4) 工件几乎都是在平面上进行涂胶，没有断面，垂直的陡降或陡升；有坡度也是连续的渐变的，所以机器人可以适应这样的工件涂胶。

5) 结合机器人的特点，柴油机涂胶工件的特点，涂胶也可以引入闭环反馈系统，涂胶闭环控制系统包括视觉系统，涂胶系统，信号反馈系统，视觉系统在毫米级别实时反馈涂胶情况，信号反馈系统收到信号后立即向机器人发送信号，控制机器人相对的行走速度，同时涂胶系统迅速改变出胶速度，保证胶线及轨迹的正常，整个涂胶在闭环修正的状态下进行，完全的自动化涂胶，系统减少了很多其他环节例如稳压系统，加热系统。当前的机器人涂胶都是开环的，没有充分利用机器人的全部功能，当然也是受投资所限。

6) 结合涂胶的机器人自动装配，由于机器人有这些特点，所有涂胶之后可以方便的完成自动装配，在本工位尽可以完成这个相对复杂的工作，机器人可以辅助安装力位移传感器系统，系统可以有效的避免装配时的碰撞，合理的设定该系统，让涂胶后的装配控制变的简单。

4. 机器人在柴油机装配线分拣物料的应用

在柴油机装配线的物流分拣区，机器人对于包装好的零部件

进行分拣，分拣通过条形码，二维码等扫描结合机器人进行抓取，另一种方式为通过RFID加TAG的形式结合机器人的抓取。

抓取或进行分拣的柴油机零部件都是经过规整的包装，对于特别适合反复简单搬运的机器人尤为适用，再者结合视觉系统，对于堆垛不规整但包装规整的零部件也比较适用。

5. 机器人在柴油机装配线应用的局限性

机器人无论是自动安装，自动涂胶，自动涂胶安装都必须结合夹具，因为机器人本身只提供搬用或装配用的动力，行走轨迹等，不能和工件直接解除，只有夹具和机器人配合使用才能达到比较完美的效果。那么我们对柴油机装配线不适用机器人的场景进行简单的归纳。

1) 外装异形件，柴油机装配线外装涉及到很多异形件，例如进气歧管，排气歧管，涡轮增压器，空压机，燃油泵等；这些零部件在柴油机的装配面上空间狭小，零部件自身形状也不规整，与机器人配合使用的夹具较难设计制作；即使夹具能够设计，那么零部件在料架上也需要合适的定位方式，利用模糊视觉抓取由于零部件之间互相挤压，夹具仍不能获得合适的空间进行抓取。

2) 需要调整，配合的装配的零部件，使用机器人是不合适的，因为通用机器人还未达到微量调整的能力，有些调整完全依靠“手感”，而这些需要“手感”的装配调整完全需要有经验的工人进行装配才能保证装配质量。

3) 柴油机拧紧力矩较大的拧紧部位，由于机器人依靠关节进行连接，每个关节的连接都较为精密，拧紧时强大的反力作用在关节上，长期使用或者力矩较大的短期使用都可对机器人的关节造成极大的损伤，因而有较大力矩的拧紧完全不能直接使用机器人进行拧紧。

4) 较为精细的检测，例如会装力矩检测，气门冷态间隙调整，使用机器人进行检测调整是不合适的，因为机器人的重复定位精度只有0.02mm到0.06mm，而柴油机的很多调整检测精度都在0.01mm以上，固使用机器人进行检测，机器人自身的精度是达不到，更不具备带夹具检测调整的能力。

机器人在当前的能力下，在柴油机装配线上的应用还比较局限，根据当前自动化比价高的装配线的统计，机器人的应用情况统计如下，仅是对于柴油机装配线而言。

柴油机内装线机器人可应用场景

缸体上线	活连分装	曲轴装配	齿轮室装配	油底壳装配	涂胶
100%	100%	100%	100%	100%	100%

柴油机内装线所有工位都可以应用机器人进行装配或涂胶装配，内装零部件较为统一，变化极少，统一平台的柴油机换型可通过更换夹具进行切换处理。

柴油机缸盖线机器人可应用场景

缸盖上线	油封装配	气门装配	喷油器装配	上座装配	锁夹
100%	100%	100%	100%	100%	100%

柴油机缸盖线所有工位都可以应用机器人进行装配，压装或拧紧，内装零部件规格统一，数量较多，变化极小。统一平台的柴油机换型可通过更换夹具进行切换处理。

柴油机装配线机器人应用，可以有效的提高效率，降低劳动强度；但不是每个应用场景都适合用机器人，应该结合特有的零部件特点制定相应的方案，充分利用机器人的特点。机器人应用可以促进零部件的标准化，通用化，柴油机产品的统一平台管理，这样可以在相对投资较少的情况下，获得比较满意的自动化程度。

综上所述，柴油机装配线是较为复杂的系统工程，涉及到的定位精度和装配精度都比较高，根据机器人的特点：灵活、重复精度较高、搭配不同的夹具可以获得不同的装配效果，在部分工位可以完全代替人工进行装配，但我们也看到机器人在柴油机装配线的局限性。如何获得较为合适的应用，应该从几个方面进行系统评估，以期用最小的投资获得最大的自动程度，不可盲目的认为机器人是可以完成所有的装配工作，这样的思维方式只会导致机器人应用的死板，僵硬，不能够结合实际给出具体的方案，是不负责任也是不科学的选型。

首先需要定义设计装配线的自动化程度要求，自动化程度一般与量纲对应，以期获得较快的节拍和较稳定的装配过程。因为机器人不适宜在较复杂的工序中承担中心工作，以围绕机器人作为基础装备进行的发动机装配是不合适的，过于复杂的工艺设计让机器人来承担会造成程序上的复杂，复杂的程序运行就会不稳定。过多的工艺内容，多次的更换夹具，会造成工序工艺运行的不稳定，应当尽量分散工艺风险，集中装配，以机器人为中心的工艺设计维护不易，运行不够流畅。

其次应结合产品的特点，供货装配的特点；应尽量统一发动机零部件的一致性，例如同一平台统一缸体定位方式，统一打印发动机流水号位置等；因为不同的零部件需要机器人结合不同的夹具进行抓取，如果零部件外形尺寸多样，定位点不一致；虽然机器人可以灵活的进行抓取，但需要频繁的更换夹具，更换夹具会形成很大的不稳定因素，另外怎样对不同平台在同一工序装配的内容进行区分绑定是非常困难的，维护的级别也非常高。所以，应尽可能的将同一平台的产品布置在同一装配线上，对于差异较大的其他平台产品，不能强行进行兼容，会造成装配线的运行不稳定，发生碰撞的几率会大大增加。

再次发动机装配线建成后，在后期的不可避免的遇到发动机的变更，需要详细的进行评估，产品设计也应该结合在制生产线的特点，尤其是机器人自动工位的兼容情况。对于机器人工位由于产品变更导致的变化一般有两种，一是程序发生变化即通过调

整程序改变机器人的行走路径；二是更换或增加与机器人对接的夹具，来适应零部件定位方式的改变。机器人程序发生变化是较为简单的变更，机器人维护工程师可以很容易的进行处理；更换或增加与机器人对接的夹具是较为复杂的工艺变更，此时就需要详细的评估对工序的影响，在保证节拍的情况下优化机器人的行走路径，增加夹具后需要进行必要的稳定性验证，这与前期由于零部件不统一造成的问题是一致的，需要认证评审验证处理。

最后机器人的运行速度需要在合适的范围内，由于柴油机装配线是流水线作业，自动工位的节拍一般会低于手工工位的节拍；中间会有自动工位，手工工位共存的情况；当然最理想的设计就是自动工位集中，在自动工位中间夹杂手工工位是不合适的，会造成操作者的孤独感；全手工工位的中间夹杂一两个自动工位也是不合适的，容易产生危险源。所以一般最好的设计都是自动工

位相对集中，手工工位相对集中的布置。机器人的运行速度介于其最高运行的 70% 到 85% 之间，运行到 90% 到 100% 的速度会造成机器人的不稳定，对工位防护等级，程序稳定，维护频率都要求极高。

小结

机器人在各行各业都应用的极为广泛，但在柴油机装配线上的应用，因为考虑到柴油机装配线的复杂性，应该慎重考虑，系统考虑，结合产品的特点，平台的特点，后期机型更改的预测进行综合选型，以期机器人可以在柴油机装配线上发挥更佳的效果。

参考文献：

- [1] 田大志,邱扬文.浅析柴油机装配线实现多系列产品柔性化生产的可行性[J].柴油机设计与制造,2014,20(3):5.DOI:10.3969/j.issn.1671-0614.2014.03.009.