DOI:10.16173/j.cnki.ame.2019.12.005

排气管自动化焊接干涉情况下的焊接质量提升

□ 盐城工学院 江苏沿海新能源汽车研究院 / 胡学敏
□ 东风悦达起亚 / 吉建东
□ 腾德机械设备有限公司 / 施海林

随着日益提高的环保标准，排气管的质量要求也在不断提高。机器人焊接具备精度高、效率快、可连续生产等优点，被广泛应用于现代汽车制造，但由于产品的生产不一样，自动化焊机生产过程中也会出现各种质量问题，本文讨论带干涉管、接排气管的机器人焊接质量提升。

中国汽车市场的蓬勃发展，使中国汽车产销量连续十年蝉联世界第一，与之相应的，中国汽车零部件需求也呈爆发式增长。排气管是燃油车的必备部件，如图1所示，它是汽车排气系统中至关重要的一环，一方面负责将废气排出，降低噪声，保持汽车供气系统通畅；另一方面又结合氧传感器、三元催化器等改善排放性能。

图1 排气管形状

自动焊机结构一样如图2所示，由焊机系统、控制器系统、保护气系统、自动送丝和焊枪等部件组成。

不同于汽车点焊系统，CMT或者CO_2焊接系统，由于多台机器人联动的排气管焊接系统价格贵，技术操作成本高，排气管焊接系统一般由自动焊机、机器人、变位机、夹具（非标定做）组成，如图3所示。

排气管形状复杂，曲管各部分连接时在接头部位一般需要有夹具定位，当焊接夹具具有大面积的基座、卡座时，对于机器人，就会形成一定的不可到达区域。以比较常

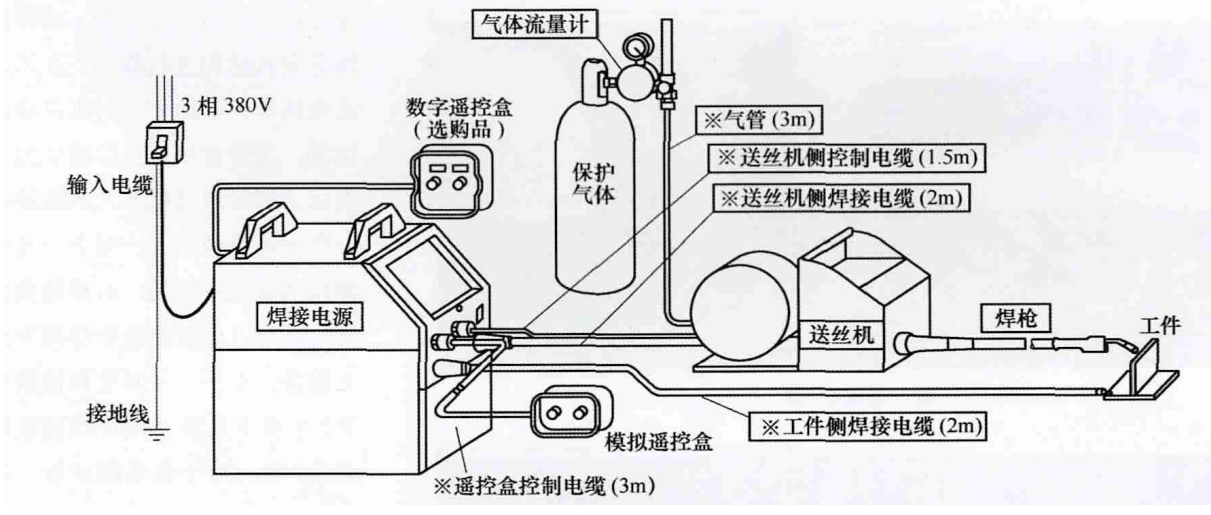

图2　自动焊机组成示意

见的环管焊接为例，如图4所示环管焊接中，只考虑钢管与钢网状零件的焊接，由于需要对端部位置需要对形状与位置都进行控制，设计相应的夹具进行定位；同时法兰端在夹具上需要定位，一般具备图中所示的CLAMP机构。这导致在焊接钢管与钢网时，一方面机器人的空间受到压缩，焊枪无法在最优角度得到最优焊接结果；另一方面，类似与图4中CLAMP机构也使环管焊接无法一次成环。

一般的，由于零部件的形状与夹具布置的干涉，即使机器人工作在极限位置，也没办法按照最佳的角度与距离进行焊接。机器人不可能通过简单的三个点的示教，就可以完成一个环管焊接。不可避免地就会出现焊接条件不一致，引发焊接质量问题。同样的设备和同样的焊接条件下，在固定部位会出现同样的问题。如图5所示法兰端焊接，分段焊接解决了焊穿与虚焊的重大质量缺陷，但依然存在即使是机器人在极限位置也无法到达的点，从而产生收弧不一致问题，留下焊瘤。如图6所示，由于干涉，机器人无法一次走完一个完整环管，导致在同一个环管焊接中，同样的参数，同样的设备，但是由于角度的不一致，会导致局部焊接质量不良，严重时焊穿。

焊接轨迹多段调整提升焊接质量

理想状态下的环管焊接，机器人只需示教三个点即可。由于焊接实际情况，焊接夹具成本与生产工艺的限制，不可避免地会出现焊接夹具与焊枪轨迹干涉。针对干涉情况，通过无法通过简单示教一次性完成环管焊接。变位机与机器人的协同动作也无法完成一次轨迹成型。

如图7所示，环管焊接夹具自

图3　机器人焊接系统

图4　焊接夹具

图5　收弧不一致

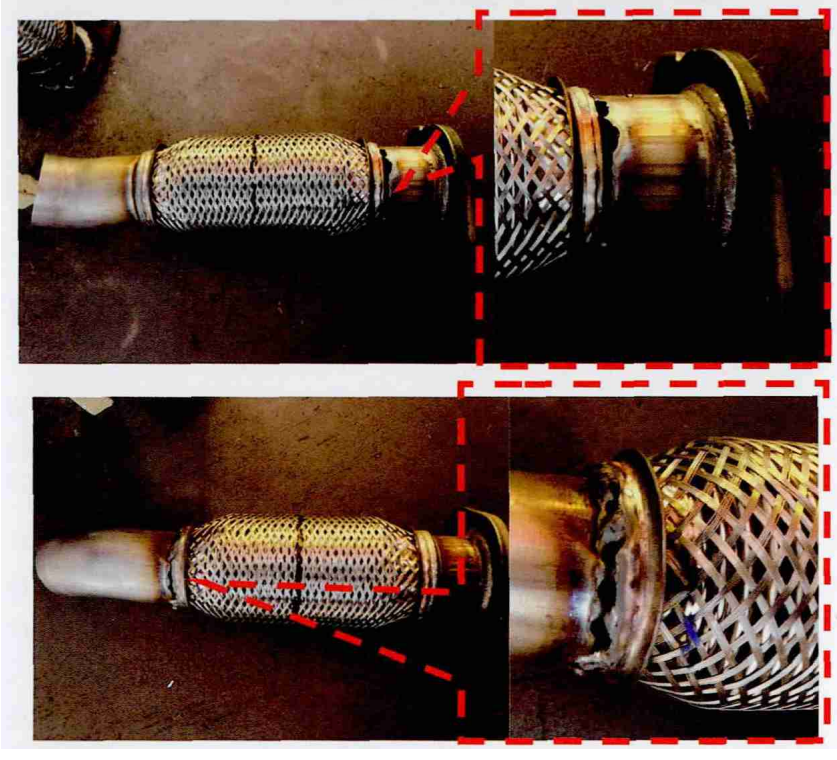

图6　焊穿

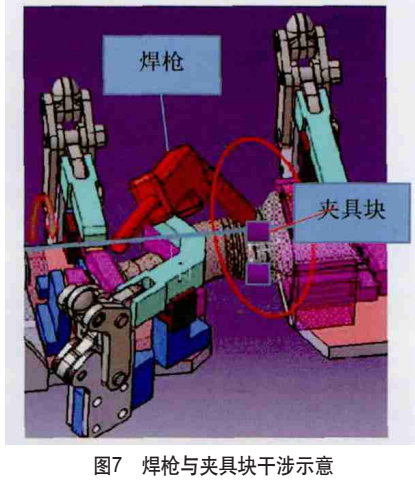

图7　焊枪与夹具块干涉示意

身结构与焊枪轨迹干涉，对焊接干涉点夹具结构进行检讨，在不影响装夹精度的前提下，对夹具块进行切割，为焊接机器人焊枪让出运动空间。同时焊接机器人的轨迹在对应的干涉区域断开，对下一点位置根据情况进行调校，对焊枪角度进行示教，以保证断点处焊接平滑，无漏焊。对于一个环管周围假设有*N*个干涉夹具块，则将焊接轨迹划分为*N*段，对于段头的示教，则有2*N*次。

由于排气管形状特殊，焊接配件与夹具之间，导致焊枪无法一次环管成形，一方面使机器人与变位机配合给出极限位置，根据实际情况，在安全操作空间内进行环管焊接；另一方面，适当增加焊丝伸长长度，调整焊枪角度与焊接姿势。如图8所示，工件本身的形状使焊接机器人无法走完完整的圆弧，在不可正面焊接区域的两侧，增加焊枪倾斜角度，使焊接完成，完成环管焊接。在起弧阶段，与收弧阶段增加5个脉冲，以确保焊透率在90%以上，同时注意控制焊接电流，适当增加焊接电压，以避免焊穿。

排气管焊接工艺调整

排气系统一般具备消音、降噪、催化等作用，所以排气管的结构相应的会比较复杂。排气管焊接除了对焊接强度、熔深、尺寸等有要求，对于气密性的要求也非常高。根据现代集团金属材料研究组技术标准，连续焊接长度、断续焊接长度及PITCH长度误差要求都在20%以内，而根据实际状况、具体要求进行相应标准的重新评估。对于其他焊接质量标准，则必须严格

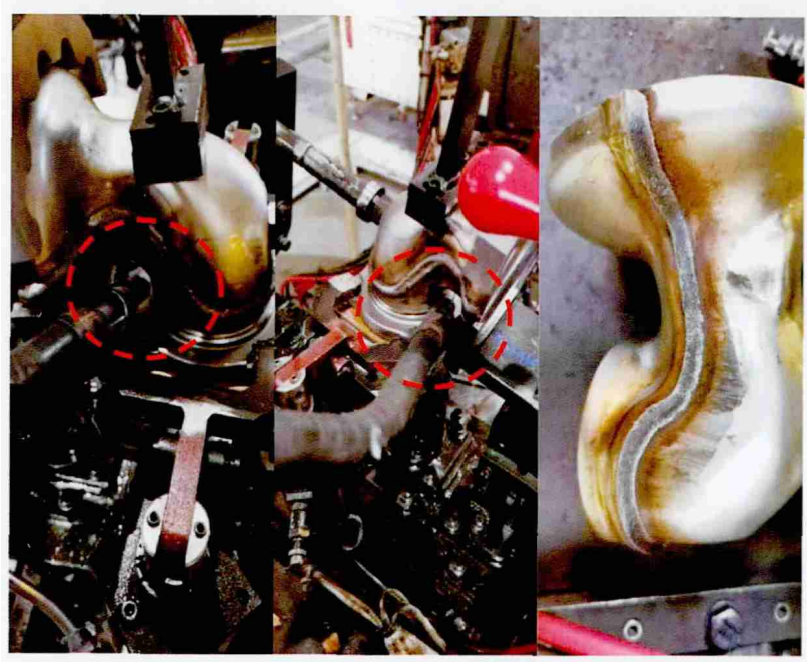

图8　焊枪轨迹与工件干涉

执行，焊瘤应在焊缝幅度的10%以下，焊口应该在薄板厚度的20%以下，关键部位在10%以下，不允许出现气孔和夹杂物。对环管焊接，假设薄板厚度为t，焊缝厚度应该超过薄板管厚度t，焊脚长度应该超过1.4t。在满足此前提下，焊接电压可以适当增加，以增加焊缝美观。在焊接工作中，工件精度与焊接质量有直接关系。焊接间隙过大，容易焊穿，同时过多的焊料填充，容易造成变形；间隙过小，不易焊透。环管焊接的特殊性，也要求工件配合间隙合理，定位精准。

焊接效率调整

为解决干涉而进行的焊接调整，必然会带来焊接效率的降低。在满足焊接质量前提下，提高焊接速度即增加了焊接效率。第一步，通过现场试验与作业指导书，确定好初步焊接条件，确保焊接起弧正常；第二步，以低电流找到满足焊接要求的焊接参数；第三步，根据焊接电流增加倍数，设$\gamma=I_{调}/I_0$，则焊接速度调整倍数为γ_2，然后加以调整。得出最佳焊接参数。

目前排气管焊接大多数采用的分段式焊接，这导致一个排气管的焊接需要更换3～4次的夹具。每次夹具更换后，又会需要大量的时间调试与示教，这使得生产效率相对低下。在满足经济效益前提下，一方面可以按照工序，布置相应位置的自动化焊接系统；另一方面，可以尽量在一个综合夹具上完成产品的生产。增加单次调试时间与工作量，但是在整体效率提升上，却有明显提高。

结语

机器人焊接能够节省人工成本，效率高，焊接质量稳定。高精度的位置示教，轨迹规划与自动化焊接编程，是机器人焊接高效工作的稳定前题。本文针对排气管自动化焊接中遇见的干涉问题，以干涉位置及机器人无法完成焊接位置为研究对象，提出分段、夹具切割及效率提升等观点。实践证明，该方法可行性高，质量稳定。但更为妥当的办法，是在设计之初就充分考虑到焊接夹具的定位与焊接工艺，以避免焊接过程中焊枪与焊接夹具的干涉。

胡学敏，硕士，盐城工学院汽车电子技术教师，机械电子工程师。先后供职于中科院扬州所，东风悦达起亚生技部。具备8年一线开发经验，成功完成K2改造车、新K3、K3S、K5等车型国产化项目。2013-2015年间完成DYK二工厂K3S自动化生产线改造，2015-2017年负责实施起亚KX7车型国产化及其自动化生产线改造，具备丰富的车身制造、车身研发、车间自动化生产线建设经验。

2017年至今先后承担多项生产线改造项目，为国内外多家汽车零部件供应商提供生产制造技术支持。