

电连接器焊接技术在小型设备中的应用研究

王国洪 李载琳 郭雨颀 李宗波 冯富强
四川航天燎原科技有限公司 四川成都 610100

摘要: 本文深入探讨电连接器焊接技术在小型设备中的应用。详细阐述了多种常见电连接器焊接技术,如电阻焊、激光焊、超声焊等的基本原理与特点。通过分析小型设备对电连接器的特殊要求,包括高精度、高可靠性、小型化等,研究了不同焊接技术在各类小型电子设备、机械装置等具体应用场景中的适用性与优势。同时,针对实际应用中出现的焊接质量缺陷问题,探讨了相应的质量控制方法与检测手段。旨在为小型设备制造中电连接器焊接技术的选择与优化提供全面的理论依据与实践指导,以提升小型设备的整体性能与质量。

关键词: 电连接器; 焊接技术; 小型设备; 应用

随着科技的飞速发展,小型设备在各个领域的应用日益广泛,如智能手机、平板电脑、微型传感器、便携式医疗设备等。这些小型设备通常具有体积小、重量轻、功能集成度高等特点,而电连接器作为电气连接的关键部件,其焊接技术的好坏直接影响着设备的性能与可靠性。传统的焊接技术已难以满足小型设备对高精度、高密度、高可靠性连接的需求,因此,研究电连接器焊接技术在小型设备中的应用具有极为重要的意义。它不仅能够确保电气信号的稳定传输、降低能耗与发热,还能提高设备的装配效率与使用寿命,为小型设备的创新发展提供坚实的技术支撑。

一、电连接器焊接技术概述

1. 电阻焊技术

电阻焊是一种利用电流通过工件及其接触处产生的电阻热,将金属加热至塑性状态或局部熔化状态,然后施加压力使工件相互结合的焊接方法。在电连接器焊接中,电阻焊具有焊接速度快、效率高的优点。例如在一些大规模生产的小型电子设备连接器焊接中,电阻焊能够在短时间内完成大量焊点的焊接,满足生产线的高效运行需求。其焊接过程相对简单,易于实现自动化控制,能够保证焊接参数的一致性,从而提高焊接质量的稳定性。然而,电阻焊也存在一些局限性,如焊接过程中容易产生飞溅,对焊件表面的清洁度要求较高,且焊接接头的力学性能相对较弱,对于一些对连接强度要求极高的小型设备关键部位可能需要进一步的加固处理^[1]。

2. 激光焊技术

激光焊是以高能量密度的激光束作为热源的焊接方

法。它具有能量集中、焊接精度高的特点,特别适合于小型设备中精细部件的焊接。比如在高端智能手机的电路板上,一些微小的电连接器焊点采用激光焊技术,能够精确地控制焊接位置与深度,避免对周边脆弱元件造成热损伤。激光焊可以实现深熔焊,焊接接头的强度高、密封性好,能够有效防止外界环境的侵蚀与干扰。但激光焊设备成本较高,对操作人员的技术水平要求也较高,且焊接过程中需要对激光参数进行精确控制,如激光功率、脉冲宽度、频率等,否则容易出现焊接缺陷,如焊透不足、焊缝气孔等^[2]。

3. 超声焊技术

超声焊是利用超声波的高频振动能量使工件表面相互摩擦、升温,进而实现连接的一种焊接技术。在小型设备的电连接器焊接中,超声焊对于一些塑料材质或软质金属的连接器具有独特的优势。例如在一些穿戴式设备中,其外壳与内部电路的电连接器部分采用超声焊,能够在不损伤内部电子元件的前提下,实现良好的电气连接与密封。超声焊过程中不需要大量的助焊剂,减少了对环境的污染,且焊接后接头的导电性好、内阻小。不过,超声焊的焊接效果受工件表面粗糙度、清洁度以及超声振动系统的频率匹配等因素影响较大,如果工件表面处理不当或超声参数设置不合理,可能会导致虚焊、焊点松动等质量问题^[3]。

二、小型设备对电连接器焊接的要求

1. 高精度要求

在小型设备的制造领域,电连接器焊接的高精度要求至关重要。小型设备空间紧凑,这使得电连接器的焊

点间距极小。以微型无人机的飞行控制系统为例，其电路板上的电连接器焊点间距可能仅有几十微米。在这样的微观尺度下，哪怕是极其微小的焊接偏差，都可能引发电路短路或断路等严重问题，进而影响设备正常运行。为了实现高精度焊接定位，焊接技术需要具备精确的位移控制能力。这就好比在微观世界里进行一场精准的“手术”，要将焊料准确无误地填充到微小的焊点位置。只有这样，才能确保电气连接的准确性与稳定性，保证小型设备内部电路的高效运行，使其在复杂的工作环境中稳定发挥功能。

2. 高可靠性要求

小型设备常常处于复杂的使用环境中，因此对电连接器焊接接头的高可靠性要求极高。例如汽车发动机控制系统中的小型电子控制单元，它长期位于发动机舱内，这里高温、震动以及油污等恶劣条件交织。在这样的环境下，电连接器焊接接头首先要能够承受机械应力的作用。发动机工作时产生的震动可能会使接头松动甚至脱落，所以焊接必须牢固，防止此类情况发生。同时，油污等腐蚀性物质的存在要求接头具备良好的抗腐蚀能力。这就要求焊接技术能够形成高质量的焊缝，该焊缝不仅要有良好的机械性能，能抵御外界力量的冲击；还要有出色的导电性能，确保电流稳定传输；更要有密封性能，防止油污等有害物质侵入。只有这样，才能保证设备在各种恶劣环境下都能可靠运行^[4]。

3. 小型化与轻量化要求

随着科技的发展，小型设备对便携性与集成性的需求日益凸显，这使得电连接器不断朝着小型化与轻量化方向发展，而相应的焊接技术也必须跟上这一步伐。以可穿戴智能设备为例，其内部空间有限，电连接器尺寸极小，重量也受到严格限制。在焊接过程中，既要保证焊点牢固，为设备的正常运行提供稳定的电气连接，又不能因焊接工艺导致连接器体积过大或重量增加过多。为此，需要采用先进的焊接材料与工艺。例如超细焊丝，能够在微小的空间内实现精细焊接；低熔点合金可以在较低的温度下完成焊接，减少对连接器的热影响；还有精密的焊接模具，能够精准地控制焊接形状和尺寸。通过这些先进手段，在实现可靠连接的同时，尽可能减少焊接对连接器小型化与轻量化的影响，满足小型设备的发展需求。

三、电连接器焊接技术在小型设备中的应用实例

1. 在智能手机中的应用

智能手机作为现代生活中典型的小型电子设备，其

内部结构犹如一个精密的微观世界，复杂且电连接器众多。在手机主板与显示屏、摄像头等关键组件的连接环节，激光焊技术大放异彩。以行业巨头苹果的iPhone系列手机为例，其主板上存在着大量高密度的电连接器焊点。这些焊点间距极小，对焊接精度要求极高。激光焊技术凭借其高度精确的光束控制能力，能够精准地作用于每一个微小焊点，实现精细无比的焊接效果。这不仅保证了信号在传输过程中的高速与稳定，避免了因焊接不良导致的信号衰减或失真，还为手机的高性能运行奠定了坚实基础。同时，在手机电池与电路板的连接方面，部分厂商巧妙地采用超声焊技术。超声波的能量如同无数微小的“工匠”，使电池极耳与电路板上的焊盘牢固地结合在一起。这种焊接方式巧妙地减少了焊接过程中的热影响区，从而有效地避免了对电池可能造成的损伤。而且，超声焊还能保证良好的电气连接与密封性能，防止外界物质侵入，延长电池使用寿命，确保手机整体的安全性和可靠性。此外，在一些手机的组装流程中，电阻焊也扮演着重要角色。特别是在充电接口附近的连接器焊接部位，这里往往需要承受较大的电流。电阻焊以其高效的焊接速度著称，能够在短时间内完成焊接任务，满足智能手机大规模生产的需求。它通过电流产生的热量迅速熔化焊料，使连接器与电路板牢固连接，为手机的正常使用提供了稳定的电力传输通道^[5]。

2. 在微型医疗设备中的应用

微型医疗设备如心脏起搏器、血糖监测仪等对电连接器焊接技术的要求极高。以心脏起搏器为例，其内部的电路与电极之间的电连接器焊接需要采用高精度、高可靠性的焊接技术。由于起搏器的体积微小且植入人体内部，任何焊接缺陷都可能导致严重的后果。通常会采用激光焊技术来焊接这些关键的电连接器，激光束能够精确地作用于微小的焊点，形成高质量的焊缝，确保电气信号的稳定传输。同时，为了保证起搏器的生物相容性与安全性，焊接过程中还需要严格控制焊接温度与材料的选择，避免对人体组织产生不良影响。在血糖监测仪中，其传感器与电路板的连接也会涉及到电连接器焊接，可能会采用超声焊或电阻焊等技术，根据具体的设计要求与生产规模选择合适的焊接方法，以满足设备的小型化、高精度与高可靠性需求^[6]。

3. 在工业自动化小型设备中的应用

在工业自动化领域，如小型机器人、自动化检测设备

业机器人为例，其关节部位的电机与控制器之间的电连接器需要承受频繁的震动与运动冲击。在这种情况下，常采用电阻焊结合特殊的焊接工艺，如增加焊接压力与时间，使焊缝更加牢固，能够承受较大的机械应力。同时，对于一些高精度的传感器与控制系统的连接，激光焊技术能够保证焊接的高精度与高质量，确保信号传输的准确性。在自动化检测设备中，为了实现快速的生产节拍，电阻焊的高效性能够得到充分发挥，对一些大面积的电连接器阵列进行快速焊接，提高设备的装配效率。

四、电连接器焊接质量的控制与检测

1. 焊接过程质量控制

在电连接器焊接过程中，首先要对焊接材料进行严格的质量控制。例如焊丝的纯度、直径公差以及助焊剂的成分与活性等都需要符合相关标准。对于电阻焊，要精确控制焊接电流、电压、通电时间以及电极压力等参数。以某小型电子设备生产线为例，在电阻焊焊接电连接器时，通过传感器实时监测焊接电流与电压，一旦发现参数偏离设定范围，立即停止焊接并进行调整，确保每个焊点都能在稳定的工艺参数下完成焊接，从而保证焊接质量的一致性。对于激光焊，除了控制激光功率、脉冲宽度等参数外，还要注意保护气体的流量与纯度，防止焊缝氧化。超声焊则需要关注超声振动系统的频率稳定性以及工件的装夹精度，保证超声能量能够均匀地传递到焊接部位。

2. 焊接质量检测方法

外观检测是最基本的焊接质量检测方法之一。通过光学显微镜或放大镜对焊接接头的外观进行检查，观察是否有虚焊、漏焊、焊点变形、裂纹等缺陷。例如在智能手机电路板生产中，工人会在强光照明下用显微镜仔细检查每个电连接器焊点的外观，对于发现的任何可疑缺陷及时进行标记与处理。X射线检测技术常用于检测焊接接头的内部缺陷，如焊缝气孔、夹渣、未焊透等。在一些高端微型设备制造中，如航空航天领域的小型卫星设备，会采用X射线检测设备对电连接器焊接部位进行全面检测，能够清晰地看到焊缝内部的结构与缺陷情况，以便及时采取补救措施。此外，还有电气性能检测方法，通过测量焊接接头的电阻、导通性等电气参数来评估焊接质量。如在汽车电子控制单元生产中，会对焊

接好的电连接器进行导通性测试，确保每个焊点都能正常导电，避免因焊接不良导致的电路故障^[7]。

结语

电连接器焊接技术在小型设备中的应用具有至关重要的意义。不同的焊接技术如电阻焊、激光焊、超声焊等各有其特点与适用范围，在小型设备的制造中需要根据具体的应用场景、设备要求以及生产规模等因素综合考虑选择合适的焊接技术。同时，为了满足小型设备对高精度、高可靠性、小型化与轻量化的要求，在焊接过程中需要严格控制焊接质量，采用先进的质量控制方法与检测手段，确保每个电连接器焊点都能达到高质量的连接标准。随着科技的不断进步，小型设备的功能将越来越强大，结构将越来越复杂，对电连接器焊接技术也提出了更高的要求。未来，需要进一步深入研究新型焊接技术，如复合焊接技术、微纳焊接技术等，并不断优化现有焊接工艺与质量控制体系，以推动小型设备制造技术的持续发展与创新，为各领域的科技进步提供更可靠的电气连接解决方案。

参考文献

- [1] 粟凡, 周星辰, 屈云鹏, 等. 长针板间连接器高可靠激光软钎焊技术[J]. 电子工艺技术, 2025, 46(01): 31-35.
- [2] 徐驰, 刘祁, 封栋栋, 等. 基于多芯集成连接器的稳相电缆组件装配技术研究[J]. 焊接技术, 2024, 53(11): 134-139.
- [3] 程虎, 廖明杰, 吴明明, 等. 高速背板连接器折焊工艺研究[J]. 机电信息, 2024, (22): 80-83+88.
- [4] 熊美, 俞璐, 姜宁翔, 等. 执行机构电连接器高频感应焊密封技术研究[J]. 航空精密制造技术, 2024, 60(2): 27-29, 38.
- [5] 裴雨滋, 黄于林. 铜外壳焊接式玻璃烧结密封电连接器设计及关键技术研究[J]. 机电元件, 2024, 44(5): 7-9.
- [6] 赵亚飞, 王薇, 张敬钊. 高密度电连接器接点焊接工艺研究[J]. 科学与信息化, 2024(5): 94-96.
- [7] 丁波. 基于QC方法的降低线缆连接器故障率技术研究[J]. 机电信息, 2024(2): 76-79.