基于气动装置的香蕉插头高效自动装配模具创新设计

王晓静[1]，陈继伟[2]
1．贵州航天职业技术学院　贵州遵义　563006
2．贵州其端科技有限责任公司　贵州遵义　563000

摘要：通过分析插头各零部件特点、装配要点及常见问题，设计了基于气动装置的自动装配模具。该模具采用高强度金属模块化框架，以气动传动控制装配系统，对金属座定位与收口、限位盖固定块、插针限位块等关键部位进行精心设计，实现了各组件的高效精确装配，在提升生产效率的同时，确保产品质量稳定。

关键词：香蕉插头；气动装置；自动装配模具；装配工艺

1　序言

香蕉插头作为一种常用的电气连接零件，在电子设备、电器等领域应用广泛。传统的香蕉插头装配主要依靠人工操作，效率低、劳动强度大且装配质量不稳定。随着工业自动化的发展，设计一种高效、精准的香蕉插头自动装配模具意义重大。气动装置因具有结构简单、动作迅速、可靠性高、成本较低等优点，在自动化装配领域应用广泛。

香蕉插头主要由插头金属座1、弹性插针2、限位盖3和限位插针4四部分组成（见图1）。根据其使用要求，限位插针需过盈压入，压入过程不能损伤表面镀层，且要保证工作部位尺寸精度，装配完成后还需满足产品技术要求的防脱力，以及香蕉插头与插座金属座对接的插入、离合和分离力。因此，对产品装配过程的尺寸限位以及收口尺寸等提出了较高要求。传统手工装配模式不仅工作效率低，而且很难保证收口尺寸的一致性。为解决这个问题，本文研究利用气动装置与收口模具的协同运作实现香蕉插头的自动装配。气压装置具有气源容易获得、工作速度快、动作频率高及工程实现容易等优点，能够有效解决香蕉插头传统装配模式的问题[1]。

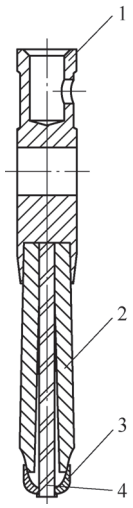


图1　香蕉插头

1—插头金属座　2—弹性插针　3—限位盖　4—限位插针

2　产品工艺分析

2.1　零部件分析

插头金属座是整体装配的基础零件，需与限位插针和弹性插针准确配合。与插座金属座对接时，最大插入力为40N，分离力为10～15N。这就要求其插孔尺寸精度合适，既能保证插针顺利插入，又能提供合适的插拔力，从而确保连接的可靠性和使用的便利性。良好的插入力和分离力，不仅能满足产品技术要求，其顺畅的插入手感及良好的拔出手感，而且能更好地满足客户体验[2]。

弹性插针通过机械加工或冲压等工艺将原材料制成特定形状和尺寸。其形状一般为细长圆柱体，一端插入金属座，另一端放入限位盖。为保证与金

基金项目：遵义市科技计划项目“高性能电连接器卡簧批生产关键工艺技术研究”[遵市科合HZ字（2024）164号]。

属座的良好配合，插针的加工精度和装配工艺要求较高。在弹性插针压入时不能损伤镀层，镀层质量直接关系到电连接器接触件电接触稳定性和使用寿命[3]。压入后要保证最小防脱力，这对装配过程中的压力控制和插针本身的质量要求非常严格。

2.2 装配要点

电气连接部件是确保连接器接触可靠的关键零件，在频繁插拔及高温、低温等使用环境下，需具备足够弹性以维持合适的接触正压力[4]，故而对装配过程要求较高。装配过程中，插针压入金属座并进行收口，这一过程需要精确控制压入力，防止因压力过大而损伤插针镀层或使金属座变形，同时要保证压入后的尺寸符合相应要求，以及达到最小防脱力。压入前要确保插头金属座的插孔清洁无杂质，避免影响插针压入和电气连接性能[5]。

2.3 装配过程中常见的问题

（1）镀层损伤　香蕉插头装配过程中，插针压入时各部件相互摩擦，可能磨损镀层，使底层金属暴露，进而影响连接零件性能，导致插针生锈或导电性能降低[6]。

（2）压入力控制不当　在装配过程中，若对电气连接部件施加过大压入力，会改变连接部位结构，影响后续安装与使用，还可能使插针金属组织变化，产生应力集中，降低机械强度。若压入力过小，插针与其他部件无法紧密贴合，导致插针松动，影响插头力学性能和使用寿命[7]。

（3）收口尺寸一致性难以保证　收口一致性指收口处理后，在尺寸、形状、紧密程度等方面具有高度统一性与重复性[8]。收口一致性能够确保连接零件之间的接触电阻稳定，对于信号传输也至关重要。当收口一致时，连接零件之间的机械配合更加紧密和稳定，可保证连接零件在多次插拔过程中的力学性能[9]。香蕉插头采用传统手工装配收口方式，操作人员技能水平对收口一致性影响较大，很难像机器一样精确控制收口力度的一致性，导致收口后的形状不规则，生产效率低。

3　自动装配模具设计

3.1 总体结构

采用高强度金属材料构建模具框架，以确保模具在装配过程中的稳定性与精度保持性。模具框架采用模块化结构，方便后期组装、拆卸和维护。在装配模具设计过程中优化了模具装夹、收口的参数设置，采用气动压力控制，确保压入力及收口均匀稳定且在合适范围内[10]。

3.2 装配系统

装配过程采用气动传动系统，气动传动系统具有结构简单、易于控制和成本低等特点[11]。气动收口利用压缩空气作为动力源驱动收口工具。其核心部件是气动装置，通常包括空气压缩机、气缸和气动控制阀等[12]。在气动控制阀的作用下，压缩空气推动气缸内的活塞运动，活塞与收口工具相连，将活塞的直线运动转化为收口工具的收口动作。气动系统能够提供稳定的压力，与人工收口相比，气动收口通过调节进气压力可以精确控制收口压力[13]。气动装置的运动精度较高，其活塞的运动行程可以通过机械结构或电气控制进行精确调节，实现对装配过程精确的速度控制和装配收口定位功能，确保每个装配动作的准确性和一致性[14]。

3.3 模具主要工作部位结构

（1）金属座定位与收口　在模具的装配中，设置专门的金属座定位夹爪（见图2），将插头金属座精确固定在指定位置。金属座定位气动夹爪在装配中可快速更换与调整，通过夹紧机构稳固夹紧金属座，防止其受装配力时位移。收口尺寸通过夹爪位尺寸及位移控制，确保收口尺寸在满足技术要求的同时，不会对金属座造成损坏。

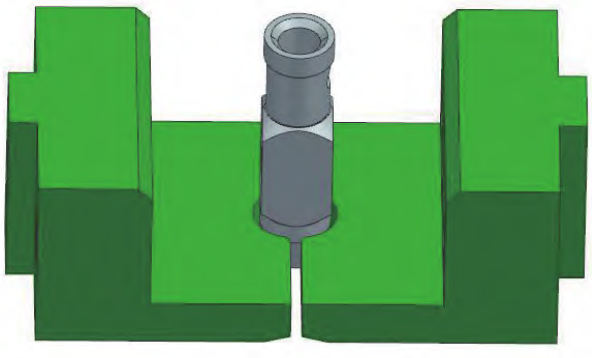


图 2　金属座定位夹爪模型

（2）限位盖固定块　在香蕉插头组件装配中，限位盖固定块（见图3）至关重要，其主要功能是固定限位盖，确保插针装配时限位盖不松动，不发生位移或脱落，保障插头结构完整与稳定。

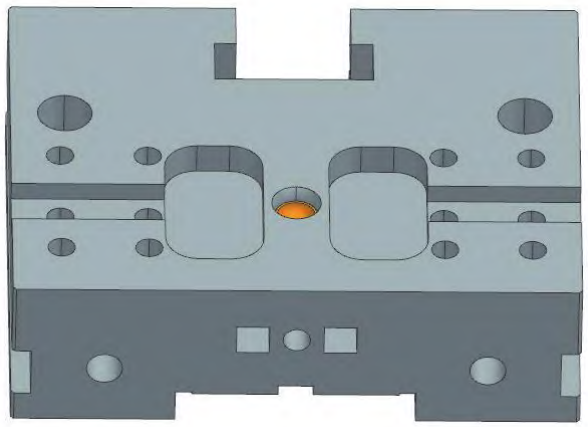


图 3　限位盖固定块模型

（3）插针限位块　弹性插针具有一定弹性变形能力，插针限位块（见图4）用于在装配中固定插针位置，避免其脱落或位移，确保装配后插头插拔时与插座保持良好接触压力，实现稳定电气连接。在装配过程中，对弹性插针进行固定，需要确保其在插头金属座中的位置准确且稳定，防止其在使用过程中发生位移或晃动，以免影响电气连接性能。同时不能损坏弹性插针的弹性结构和表面镀层，否则会降低其使用寿命和导电性能。此外要考虑装配的高效性和可操作性，便于在大规模生产中实现自动化装配，同时保证持久的可靠性。

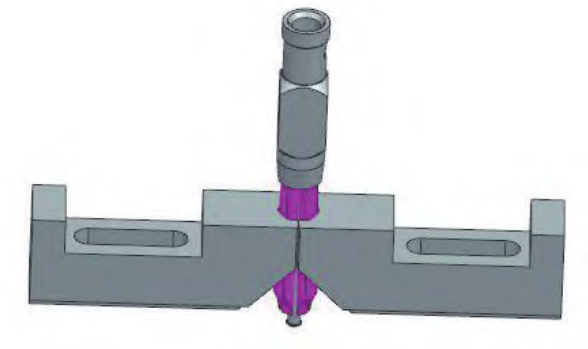


图4　插针限位块模型

4　结束语

香蕉插头作为常用电气连接零件，广泛应用于各类电子设备、电器产品及电气实验装置。其独特形状与结构致使手工装配难以兼顾效率与质量。本文所介绍的香蕉插头装配模具，实现了各组件（金属座、弹性插针、限位盖和限位插针）间的高效精确装配[15]，确保产品质量稳定并满足相关技术要求。通过分析装配工艺，设计出一套完整的模具结构，使用气动装置实现了自动装配，在满足性能要求的前提下，提高了生产效率。

参考文献：

[1] 郝屏，仵征. 基于PLC的料仓自动取料气动装置设计[J]. 液压与气动，2014（3）：61-63.

[2] 黄林平，朱飞杰，赵立锋，等. 墙壁插座插入力影响因素分析[J]. 日用电器，2022（10）：84-87，91.

[3] 杨奋为，房大慧. 弹性接触件选用和可靠性研究[J]. 机电元件，2015，35（6）：50-56.

[4] 叶宇，王庆霞. 连接器方形弹性插孔的设计与分析[J]. 机电元件，2021，41（1）：7-10.

[5] 赵越超，于慧敏，韩继先. 电连接器耐电压性能影响因素分析[J]. 机电元件，2016，36（4）：46-50.

[6] 谭朋朋. 微电机外壳多道次拉深中的镀锌层损伤问题研究[D]. 广州：华南理工大学，2022.

[7] 陈振盛. 电气连接接触电阻的质量控制[J]. 安装，2024（9）：69-72.

[8] 孙豪宁. 航天用钛合金自锁螺母锁紧性能影响因素的分析与研究[D]. 济南：山东建筑大学，2023.

[9] 姜涛，黄超，欧阳康，等. 托板螺母自锁失效原因探讨[J]. 失效分析与预防，2018，13（5）：324-328，334.

[10] 马扬飞. 家电模具多类型非标冲头自动装配系统设计与研究[D]. 武汉：华中科技大学，2019.

[11] 郭文静，李晶，尹昱东. 液压与气压传动开放实验研究[J]. 实验室科学，2018，21（1）：21-23，27.

[12] 汪欢欢，胡国清，周青辉. 基于PLC的气动机械手控制系统设计与研究[J]. 液压与气动，2012（9）：38-40.

[13] 张杰. 全自动气动布鞋收口装置设计研究[D]. 洛阳：河南科技大学，2015.

[14] 杨雅君，赵世英，陈永辉，等. 气压传动系统多功能组合式实验台架的设计[J]. 科技创新与应用，2018（3）：92-93.

[15] 何汉武，熊有伦，谢健文，等. 模具面向制造的设计研究[J]. 华中理工大学学报，1999（7）：46-48.

MW 20250213