

多维度调节可旋转印制板拆改焊夹具的设计和应用*

杨晴¹, 赵起超¹, 张华伟², 霍文轅¹, 金鹏¹

(1. 天津中德应用技术大学 机械工程学院, 天津 300350;
2. 军委装备发展部军事代表局驻天津地区军事代表室, 天津 300450)

摘要:文中设计了一种多维度调节可旋转印制板拆改焊夹具,并介绍了其使用方法。该夹具是一种需要手工在印制电路板上维修和替换元器件时的元器件拆改焊的工装夹具,尤其针对于手工拆改焊多品种、多引脚或BGA型元器件。夹具的结构设计实现了稳定装夹印制板的同时,能够容易实现不同规格的印制电路板沿水平轴线可翻转,沿垂直轴线360°任意角度旋转,且能够改变上下高度,从而实现了多维度自由调节角度以方便人工操作的使用功能。夹具体积结构稳定、夹持力大、结构部件简单、加工方便、可靠性高,极易维修,能够提高印制板手工拆改焊的成功率和效率,从而保证多品种大型元器件的手工装配或返修进度。在本夹具的设计基础上,针对手工拆装和焊接BGA器件的情况,文中还提出了一种简化结构。

关键词:印制电路板装夹;元器件拆改焊;BGA芯片拆装夹具;结构设计

中图分类号:TH122 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-2354(2024)S1-0109-05

DOI:10.13841/j.cnki.jxsj.2024.s1.015

Design and application of multi-dimensional adjustment of rotatable PCB dismantling and welding tooling

YANG Qing¹, ZHAO Qichao¹, ZHANG Huawei², HUO Wenyuan¹, JIN Peng¹

(1. College of Mechanical Engineering, Tianjin Sino-German University of Applied Sciences, Tianjin 300350;
2. Tianjin 712 Communication & Broadcasting Co., Ltd., Tianjin 300450)

Abstract: In this paper, a multi-dimensional adjustment of rotatable PCB dismantling and welding tooling is designed and its use method is introduced. This fixture is a kind of tooling fixture that needs to be manually repaired and replaced on the printed circuit board when the components are disassembled, soldered, especially for manual dismantling and soldering of multi-variety, multi-pin or BGA-type components. The structural design of the fixture realizes the stable clamping of the printed circuit board at the same time, and can easily realize that the printed circuit board of different sizes and specifications can be flipped along the horizontal axis, rotate at any angle of 360° along the vertical axis, and can change the upper and lower heights, so as to realize the multi-dimensional free adjustment angle to facilitate the use of manual operation. The overall structure of the fixture is stable, the clamping force is large, the structural components are simple, the processing is convenient, the reliability is high, and it is easy to maintain, which can improve the success rate and efficiency of manual dismantling and welding of the printed board, so as to ensure the manual assembly or repair progress of many varieties of large components. On the basis of the design of this fixture, a simplified structure is proposed for the manual disassembly and soldering of BGA devices.

Key words: printed circuit board clamping; electronic component modification; fixture for BGA chip disassembly and assembly; structural design

印制电路板(PCB)是电子信息产品不可或缺的基础组件,印制电路板是承载电子元器件并连接电路的桥梁,广泛应用于通信电子、消费电子、计算机、汽车电子、工业控制、医疗器械、国防及航空航天等领域,是现代电子信息产品中不可或缺的电子元器件,印制电路板产业的发展水平可在一定程度上反映一

个国家或地区电子信息产业的发展速度与技术水准^[1]。印制电路板在其生产、检测、维修环节中广泛面临着焊接或拆改焊时须夹持的需要。目前,市面上也存在用于固定印制电路板的焊接夹具,主要分为2类。第1类,针对于同一型号大量生产的印制电路板,其焊接夹具集成于贴片机或回流焊机或维修拆改焊

* 收稿日期:2024-01-12;修订日期:2024-05-20

基金项目:国家级大学生创新创业训练项目资助(202312105002)

接机内部^[2-3],这类焊接夹具服务于印制板批量的生产,对于少量返修印制板,例如,维修时须将已损坏的BGA器件拆卸的情况,使用专用BGA拆卸机需要预设程序实现操作;第2类,针对于多品种不同型号的印制电路板,当所需拆除或补装的元器件品种繁多且单件数量不多时,就需要手工拆改焊元器件并手工补装元器件,焊接夹具普遍采用固定的形式夹持,操作中无法调整印制电路板的位置,对于一些印制电路板上的大元器件,尤其是大型多脚的元器件,需要在拆改焊时不断变换印制电路板的方位,以方便操作工在短时间内对不同部位的焊点熔锡后拆焊,才能实现拆装元器件。在生产实践中,对于印制板装配车间,在印制板手工插装元器件的装配、印制板元器件的拆改焊等工序操作中,尤其对于印制板元器件拆卸的操作,操作人员需双手同时进行操作,且不断调整操作角度,大大降低了企业的实际生产效率。在实际操作中加工修复一个小小的电路板就需要两人甚至三人共同操作。很多企业出现人工成本较高、印制板维修不便、效率低下等问题。

针对于以上问题,文中设计了一款简单机械结构,是一种手工在印制电路板上维修和替换元器件时的元器件拆改焊的工装夹具,尤其适用于手工拆改焊多品种、多引脚元器件或BGA型元器件。夹具的结构设计实现了稳定装夹不同尺寸印制板的同时,能够实现印制电路板沿水平轴线可翻转,沿垂直轴线360°任意角度旋转,且能够改变上下高度适应不同操作人员的需求,从而实现了多维度自由调节角度以方便人工操作的使用功能。

该夹具整体结构稳定、夹持力大、结构部件简单、加工方便、可靠性高,极易维修,能够提高印制板手工拆改焊的成功率和效率,方便操作、保证装配和返修进度。其受众主体是在印制板手工插装元器件的装配、印制板元器件的拆改焊等工序的厂家,本夹具在印制板装夹领域能够得到广泛应用。

1 夹具结构

夹具整体结构如图1所示^[4]。采用不锈钢和铝合金加工。此工装整体结构由底座、带轴承的转台、转台上的滑轨和滑块、立柱(包括固定立柱和可滑动立柱)、装夹结构五部分组成实现。夹具的多维旋转体现在4个维度:第一,夹具的转台可绕垂直轴线进行360°任意角度旋转;第二,针对不同、规格印制板,可以调节转台上滑块的位置进而调节装夹的位置,实现不同尺寸印制板均能方便夹持;第三,装夹结构的放置设计实现印制电路板可沿水平轴线进行360°12档变换的不同水平角度装夹;第四,印制电路板可在两档不同高度进行快速夹持,仅通过放置装夹结构及旋钮的锁紧即可实现印制板夹持高度的调整及锁紧,高度的调节适用于不同人员的操作习惯。整体上夹具的4个维度可极大地适应了不同操作人员在不同情况下针对于多种元器件的拆卸和手工焊接的操作情况,从而提高车间在印制板手工插装件焊接和元器件拆改焊工序的工作效率,降低

印制电路板的失效率。

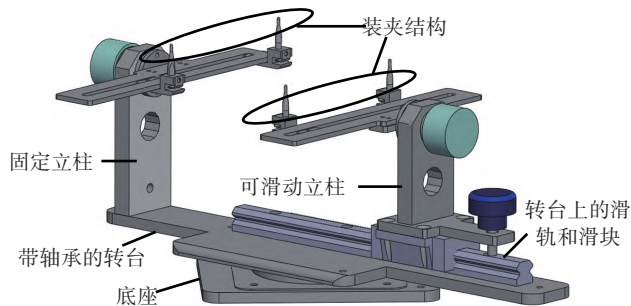


图1 夹具整体结构图

1.1 底座和带轴承的转台结构

夹具底座和转台的结构如图1所示。底座是印制板夹具的重要组成部分,它主要是为夹具提供支撑和固定的作用,如图1下方所示采用大小适合的长方形铝合金厚板。转台通过旋转轴承与底座连接起来,其作用是承载工装其余结构部分,使得安装于转台之上的部分可绕垂直轴线进行360°任意角度旋转。

1.2 滑轨和滑块结构

滑轨通过螺钉固定在转台之上的相应位置,如图2所示。滑块与滑轨配合,可以顺畅地在滑轨长度方向自由滑动,以实现调节可滑动立柱的位置,进而对不同大小印制电路板进行方便的夹持。滑轨的长度选择是由须手工拆改焊的印制电路板的大小调研而来^[5]。当滑块运行到滑轨的最左侧时,可以夹持规格较小的印制电路板;当滑块运行到滑轨的最右侧时,夹持本工装应用的最大规格印制电路板。

滑块上设置一个带耳板的连接板,耳板螺钉孔中安装一个带旋帽的锁紧螺钉,用于滑块滑到特定位置时锁紧限位,使可滑动立柱不再可动,保证印制板的稳定夹持。

滑轨和滑块部分实现可滑动立柱及其上结构实现沿滑轨方向的任意位置的变动,且旋紧带旋帽的螺钉即可锁紧,旋开螺钉即可随意滑动,实现不同规格印制板的快速、稳定的夹持功能。

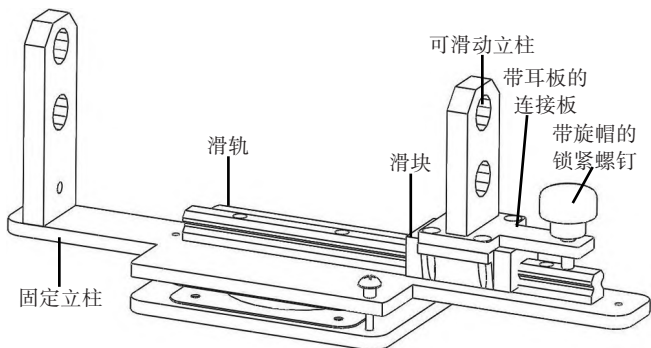


图2 夹具滑轨和滑块结构图

1.3 夹具立柱结构

立柱是本产品中起到支撑、装载装夹结构和调节装夹高度作用的部分。如图1所示,立柱分为左侧固定立柱和右侧紧固在滑块连接板之上的可滑动立柱两部分。二者在相同高度处可设置多组对应位置的12棱孔(本装置设置两组,可根据

需要增设),两个高度的设定可以实现印制电路板两档不同高度的快速夹持。

在立柱上开设的两组12棱孔(图3),与装夹结构上的12棱柱连接块相配合,12棱柱如图4所示。通过合适的公差配合,当12棱柱连接块插入12棱孔时,可使装有印制板的装夹结构稳定保持特定的装夹角度,12棱孔的设置可使装夹角度有 $30^\circ(360^\circ/12)$ 的调整,实现印制电路板绕X轴旋转 360° 的12级快速变换。同时,立柱上方铣出两个大倒角可防止尖锐部分碰伤操作工。立柱及部分装夹结构效果图如图3所示。

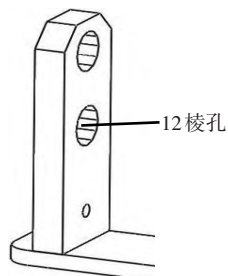


图3 夹具立柱结构图

1.4 夹具装夹结构

装夹结构爆炸示意图如图4所示。装夹结构分为左右两个,左右结构相同,完全对称。每个装夹结构由锁紧旋钮、12棱柱连接块、连接盘、带挖槽的条状板、夹子部分几部分组成。12棱柱连接块与立柱的12棱孔配合,实现特定角度的装夹结构的固定,其中12棱柱如图4所示,与图3所示的12棱孔配合。带挖槽的条状板通过连接盘与12棱柱连接块固定。带挖槽的条状板上安装两个可沿挖槽滑动的夹子,夹子通过旋钮可在某位置旋紧固定在条形板上,实现夹子夹持在印制板合适的位置上。由于很多印制电路板边沿存在器件或线路,印制电路板的可夹持位置随不同的电路板而变换,夹持位置必须可以任意调节,以实现各种尺寸、复杂多样印制电路板的方便夹持。

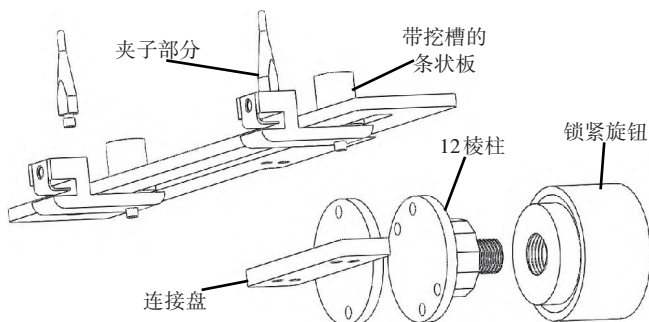


图4 夹具装夹结构爆炸示意图

本产品夹子的装夹方式有二,第1种方式:通过弹片夹持,此方式夹持牢固,弹片的设置根据生产企业调研,夹持力大小合适,不伤印制板。第2种方式:通过夹子部分顶面设置的4个锥形导柱与印制电路板的4个安装孔配合进行定位,使印制电路板固定在本工装之上。第1种夹持方式非常适合拆改焊操作,适合各个方向的力拉拽器件,第2种装夹方式适合焊接操作,适合单一方向用力。夹子的具体结构如图5所示。

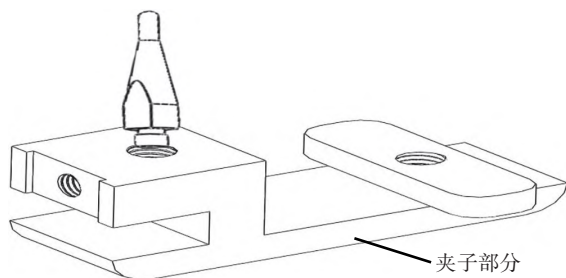


图5 夹子结构示意图

1.5 实际装夹

实际装夹指将印制板固定在本夹具上的过程。如图6所示,在印制板装夹的过程中,印制板可绕Z轴任意旋转,且绕X轴进行12个档位的旋转,且由两个装夹高度可选。4个夹子可根据印制板的尺寸和边沿器件分布情况进行夹持位置选择。通过合理的装夹方式,可确保印制板的稳定固定,减少操作失误,提高加工质量和效率。印制板实际装夹效果如图6所示。

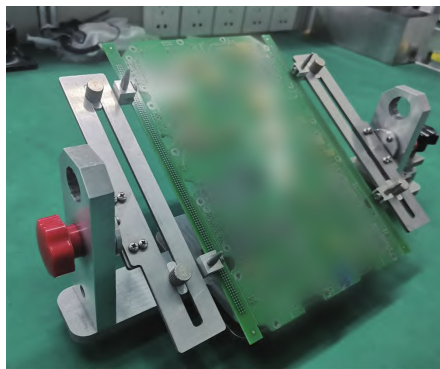
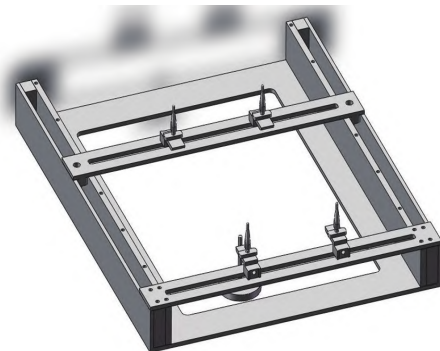


图6 印制板实际装夹照片

1.6 简化结构

在企业实际应用中,操作人员进行BGA封装的器件手工拆卸和装焊的过程中,由于BGA器件焊接脚很多,在拆装时,须快速熔锡且拆装力较大,对于大块印制板,在向下大力按压印制电路板中部时,容易导致印制板弯曲变形,且不需要多维度旋转,因此本夹具精简了结构,成本进一步降低。除去高度调节、可旋转的部分功能,在印制电路板水平位置提供大力支持,只针对BGA器件提供一种价格低廉的特种BGA拆改焊工装夹具,作为本夹具的一个变型简化产品,已加工实物并为相应企业提供服务。其3D建模结构示意图及实物应用图如图7所示。



(a)夹具结构



(b)实际应用

图7 BGA拆改焊夹具结构示意图及应用

2 夹具使用方法

2.1 多维可调节拆改焊夹具使用方法

夹具使用示意图如图所示,使用步骤如下:

第1步 根据操作人员的身高选择装夹结构设置的高度,本文中给出的一个实物案例设置了高低两种操作高度;

第2步 夹具须打开带旋帽的锁紧螺钉,使滑块沿导轨长度方向自由滑动,根据印制电路板的宽度,手动调节滑块位置;

第3步 根据操作需要,将装夹结构的12棱柱从左右两个立柱的12棱孔中取出,转换任意角度后再放入,实现印制板相对于X轴旋转至一个位置后固定,此步骤可实现装夹结构沿X轴进行12个档位的360°旋转。注意左右装夹结构的条状板须保持平行,以便于印制板的夹持;

第4步 使用4个夹子部分装夹印制板,夹子有2种装夹方式,可根据需要选择;

第5步 装夹稳固后,旋紧带旋帽的锁紧螺钉,使滑块及其上方结构部分固定位置,不可移动;

第6步 进行印制板上不同元器件的拆卸或焊接,可根据操作需要随时旋转托盘以实现印制电路板绕Z轴360°旋转;

第7步 完成后取下或更换印制板。

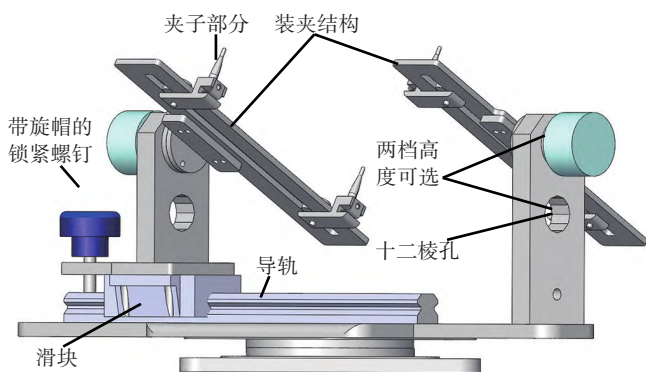


图8 夹具使用示意图

2.2 BGA简化版拆改焊夹具使用方法

BGA夹具结构示意图如图9所示。首先将4个夹子9的螺钉10松开,将印制电路板12水平放在固定导轨4与滑动导轨5上,调节滑动导轨5以适配电路板大小,拧紧滑动导轨5两端的

螺钉固定滑动导轨5,将4个夹子9调节移动至印制电路板四角或适当位置,将螺钉10拧紧固定印制电路板;然后根据每块支撑印制电路板背面的结构,在底座的底板1-1镂空对应位置放置弹性支撑柱6,支撑起印制电路板12,即可进行人工操作。

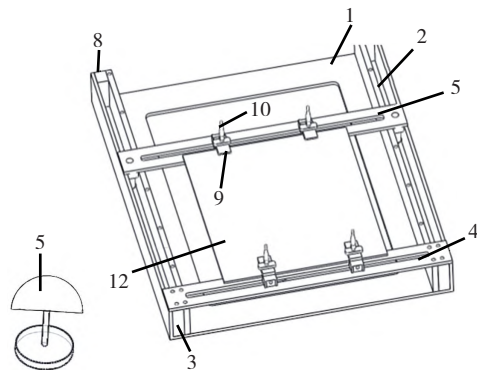


图9 BGA夹具结构示意图

3 应用效果

目前,文中设计的夹具已在多家生产维修印制板的企业中推广应用,尤其对于一些企业,如军工企业,其产品涉及大量高精尖技术,机载电子设备、导航系统、通信系统等众多产品涉及不同型号不同设计及规格的印制电路板,印制电路板的种类繁多,每种印制板上都分布着BGA器件或大型元器件和一些插脚器件。军用产品的印制电路板虽然经过耐腐蚀、耐霉菌、耐盐雾的三防涂刷和表面喷涂工艺,但实际印制电路板所处的极端环境还包括极高及极低温度,短时间大的温差或温度梯度变化,剧烈震动等等,导致印制电路板上重要精密元器件涉及大量损坏和返厂维修工作。

在很多企业都配备有BGA拆改焊机一类的专业印制板返修设备,但当实际情况是,每块印制板上须换装的元器件都有所不同,或印制板型号过多,每个不同的元器件拆改焊动作都需重新设定程序,使得人工操作变得繁琐,很多技术高超的工人更倾向于手工拆改焊元器件,这使得拆改焊效率反而提高了。本夹具在这些企业得到了广泛的应用。

在文中夹具应用的企业中,针对多管脚插装元器件或多足的贴装件,包括BGA器件,操作人员需要一只手执电烙铁,另一只手执镊子进行操作,并且需要在短时间内变换角度去给不同位置的管脚加热,使得管脚熔锡从而实现拆焊。对夹具的夹持稳固和可旋转变化角度的特征给予了认可。通过计时测量和一段实用时间的观察,发现采用本夹具的生产企业效率得到大幅提升。

实测夹具可实现1h拆改焊22个BGA器件,单个BGA的拆装用时为2.72min。而在没有有效夹持夹具的工作环境下,单个BGA器件的装配速度实测可达12min左右,此外,还需要另一个工人协助,单人无法完成。此数值还浮动较大,比较依赖工人的精神状态、熟练程度、疲劳与否及专心程度,不可控因素

较多。以BGA器件为例,对比不使用夹具的效率,采用本夹具的工作效率提升:

$$\delta = \frac{\eta_{\text{夹具}} - \eta_{\text{无夹具}}}{\eta_{\text{无夹具}}} = \frac{\frac{1}{t_{\text{夹具}}} - \frac{1}{t_{\text{无夹具}}}}{\frac{1}{t_{\text{无夹具}}}} = \frac{\frac{1}{2.72} - \frac{1}{12}}{\frac{1}{12}} = 342.9\%$$

可见,效率提高约343%,是不使用夹具的3倍多。可以有效提高需求中小批量组装螺钉的企业的工作效率,进而保证了装配进度。同时降低了50%以上的人力返修成本。

4 结论

综上所述,文中所设计的多维调节可旋转印制板拆改焊夹具为一种用于印制板装配车间的新工具——一种能够夹持、调整高度、角度并且随时进行旋转的可旋转工装。该工装能够适应不同操作人员的个人习惯及操作位置的变化,并提高工作效率,方便操作,保证装配或返修进度。本夹具旨在克服现有技术中印制板夹持位置固定、角度不可调整、操作台不可旋转等弊端,可对不同尺寸印制板不同位置进行夹持,从而提高车间

在印制板手工插装件焊接和元器件拆改焊工序的工作效率,在印制板元器件拆改焊装夹领域有着广泛应用。

参考文献

- [1] 印制电路板行业现状与发展趋势[J]. 网印工业, 2020(4):13-14.
- [2] 徐平凡,肖文勋,徐鸣利等. 应用于SMT生产的高精度支撑夹具设计[J]. 机电工程技术, 2021, 50(11):116-118.
- [3] 张飒爽. 组装件上的BGA返修焊接[C]//四川省电子学会SMT专委会,广东省电子学会SMT专委会. 2007中国高端SMT学术会议论文集,湖南张家界, 2007:542-544.
- [4] 杨晴,张庆宝. 印制板夹持工装:中国, CN303463267S[P]. 2015-11-25.
- [5] SJ 20810A—2016 印制板尺寸与公差[S].

作者简介:杨晴(1984—),女,高级工程师,硕士,研究方向:结构设计压电陶瓷器件结构设计及仿真分析。
E-mail: yangqing29@126.com