工程机械型材驾驶室焊接夹具的设计

文亚军

（三一重工股份有限公司 湖南 长沙 410000）

摘要：工程机械是中国装备工业的重要组成部分，驾驶室是其产品重要部件之一，而这些驾驶室绝大多数采用的是型材驾驶室。目前，国内生产此类驾驶室的厂家很少，针对此类驾驶室的相关焊接夹具的系统研究也很少。工程机械行业型材驾驶室有别于汽车行业的钣金类车身，其主要特点有结构采用型材及钣金拼焊、来料精度低、种类多产量少等，因而其相关焊接夹具也具备与汽车行业夹具很大不同的特性。目前现有的焊接夹具水平较为落后。基于此，本文在分析型材驾驶室焊接夹具的作用及现状的基础上，对工程机械型材驾驶室类的焊接夹具设计及其制造工艺进行详细阐述。

关键词：工程机械；型材驾驶室；焊接夹具

0 引言

型材驾驶室作为工程机械产品的重要部件之一，它的结构主要是型材加钣金焊接，这种结构方式的特点是其型材如方管、圆管、异型管等本身的精度及其下料精度不高，其钣金一般为厚钢板，其定位孔一般采用激光切割、等离子切割下料方式，与汽车行业的薄板冲压工艺相比，其定位孔的精度也不高。焊接主要采用的是气体保护焊，将型材与型材搭接焊接或是型材与钢板拼焊。另外，工程机械的特点也决定了型材驾驶室的种类多而产量又少，不能实现大批量生产，因而对其投入的资金也就相对较少，这样就造成工艺落后，焊接夹具的水平也比较落后。开发与产品结构相适应的工装夹具，对优化现有资源、提高产品质量、减轻焊接工人的劳动强度、加速焊接生产实现机械化和自动化进程等诸多方面起着非常重要的作用 [1]。基于此，本文提出工程机械型材驾驶室焊接夹具的设计方法和制造工艺。

1 型材驾驶室焊接夹具的作用及现状

焊接夹具是驾驶室白车身生产过程中不可或缺的工艺保证手段，可以显著提升装配精度和防止焊接变形，同时可大大提高生产效率 [2]。

1.1 焊接夹具的作用

焊接工装夹具在机械装备制造业中具有重要的价值，而其主要作用如下：

第一，确保焊接结构件尺寸的一致性，从而实现相同焊接结构件的互换。由于焊接结构件往往是由两个以上的零件共同构成，依靠人工难以确保零件处于相对位置，在此过程中很容易导致焊接结构件之间的连接出现变形。而借助焊接夹具，可以对进行焊接的每个零件进行固定，最终形成与设计相符合的焊接组件。

第二，可显著提高焊接结构件的生产效率。借用焊接工装夹具，将有效降低拼装、变形矫正这部分所花费的时间，且拼装的工装化也是焊接自动化的重要基础。

第三，可以降低制造成本。借助焊接夹具可以有效降低对操作人员的技术要求。即使操作技能较差的人员，也可以使用焊接夹具开展操作，有效降低了企业的用工成本。

第四，可以显著降低操作人员的工作强度，确保安全生产。通过焊接夹具的使用，将节约工人进行反复测量、划线以及确定零件位置等相对繁琐的工作。而对于需要夹紧力较大的位置，可采用气动或液压驱动装置对部件进行夹紧。

1.2 型材驾驶室焊接夹具的现状

对于工程机械行业来说，型材驾驶室一般种类多、产量小，故考虑到成本因素，生产厂家一般对焊接夹具没有太多资金投入，更别说投入到其研发新技术上。因而，大多数厂家的现状是采用手工配焊的方式制作简易的焊接工装，即按照产品图纸要求的焊接尺寸，用简单的方管、钢板等配焊出一个定位面，再用圆钢等配焊出定位孔，然后进行产品试制，再根据产品试制后的尺寸测量对焊接工装进行调整，直到达成一个较为适合的尺寸精度。用这种方式制

作的焊接工装技术上较为落后，存在很多弊端，其工装本身的精度不高，也就很难保证产品的精度要求，难以达到产品的一致性，而且生产效率非常低。因此，为了提高焊接精度，提高生产效率，需要改变现有配焊式的简易焊接工装，对其相应的焊接夹具进行研发和技术创新。

2 型材驾驶室焊接夹具的设计步骤

2.1 总体规划方案

在设计焊接夹具之前，应首先了解型材驾驶室的产量、产品结构、工艺方法及生产线布置方式，先做好成本及工艺方面的分析，再结合实际情况来确定夹具的初步方案。如产量少，则主要采用相对简易的焊接夹具，简易的焊接夹具包括简单的配焊式夹具以及整体式数控加工方式的夹具；如果产量适中，成本上可接受，则可采用定位面及定位销可装配、可拆卸、可调整的方式，即类似于汽车行业的定位块加 L 块等装配调节式的夹具，但夹紧装置为手动式；如产量较大，则可在装配调节式夹具上增加气动控制，如夹持部分采用气缸夹紧，部分定位块、定位销也采用气动控制来进行定位。

2.2 确定夹具样式

首先，根据焊件结构特点及所需焊接设备型号、规格，确定定位及夹紧方式（如果有式样书直接采用式样书上的夹紧定位方式即可）。其次，根据来料的工艺特点及后续装配工艺的需要选择合适的定位点及关键定位点，从而确定夹具的主体结构。最后，确定辅助装置，如气控布置、夹持方式等。

2.3 三维方案和工程图设计

按照确定好的夹具主体结构及定位点进行三维方案设计，完成后组织各相关部门（如研发、制造、工艺、质保等部门）进行方案设计评审，再将评审问题整改到位。在进行夹具的具体结构设计时，应尽可能多地采用标准化元件，或提高自身的通用化、系列化程度。定位块要求在定位面的法向有 3mm 的调整量。定位销要求在与定位孔中心线垂直的平面上有两个方向的调整量。此外，根据夹具的三维模型绘制二维 CAD 工程图，以方便生产部门参照图纸进行制作。

3 型材驾驶室焊接夹具的结构设计

3.1 Base 设计

型材驾驶室的焊接夹具一般分为分总成夹具和总拼夹具。分总成夹具是对部件进行焊接，如侧围、车门、地板等，总拼夹具是对各部件进行总拼焊接；分总成夹具的底座与 Base 一般是分开的，而总拼夹具的底座与 Base 是一体的。

夹具的 Base 是焊接夹具的基础元件，它的刚性、精度将直接影响定位机构的准确性，因此对工作平面的平面度和表面粗糙度均有严格的要求。在不影响定位机构装配和定位槽建立的情况下，应尽可能采用框架结构，这样可以节约材料、减轻夹具自重。

分总成夹具的底座主要起支撑并抬高 Base 的作用，用以保证 Base 的高度符合焊接工人操作的人体工程学。部分底座还带有能旋转 Base 的功能，在 Base 的两面分别做对称部件（如左右侧围、左右门）的定位夹紧机构，在其中一面完成一种部件的焊接，再将 Base 翻转到另一面，继续焊接其对称的部件，这样就把两个部件的夹具整合到一套夹具上。这种结构方式适合产品种类众多、产量少而场地又有限的工程机械行业型材驾驶室的生产特点，不仅节约了场地，还能降低夹具本身的制作成本。分总成夹具 Base 的大体结构方式如图 1 所示。

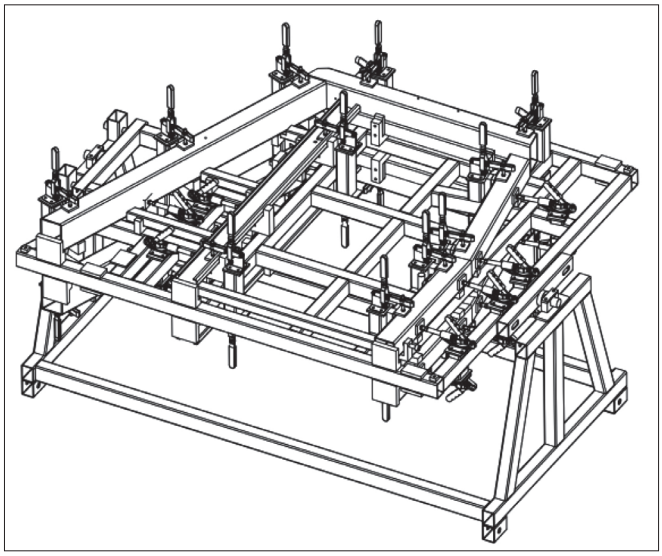


图 1 分总成夹具 Base 结构

总拼夹具 Base 较为复杂，因在侧围上件及焊接、总拼焊后取出时都需要两侧墙体进行侧滑，故在 Base 上要设置侧滑台的安装机构，如导轨、限位块等。另外，为了方便整个大 Base 的搬运及调整，需在 Base 上设置起吊装置，起吊装置一般采用吊耳，可在四个角上各设置一个，还要注意避免起吊时跟夹具上的定位夹紧机构干涉。为了方便后续整个夹

具的精度调整及水平调整，还需要设置地脚结构。

Base 的设计尺寸应充分考虑焊接及加工的工艺性，需要考虑数控铣床的可加工尺寸。对于较宽大的 Base，如总拼夹具 Base，为使其便于加工，往往将其划分为几个 Base 分别加工，到最后组装时再将各个 Base 之间用连接板进行连接。总拼夹具 Base 的大体结构如图 2 所示。

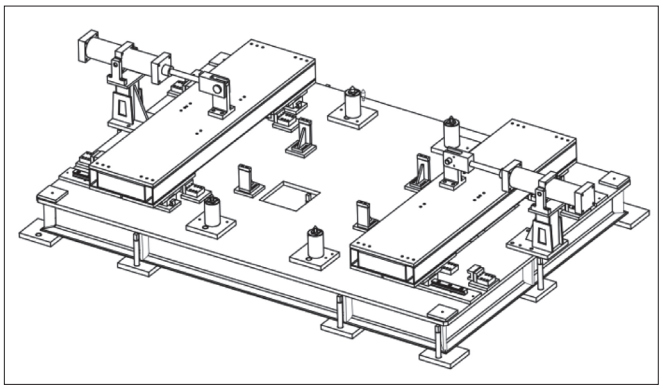


图 2　总拼夹具 Base 结构

3.2　定位机构设计

定位机构是焊接夹具中最重要的部分，它的精度直接决定了产品焊接的精度，所以在夹具设计时要充分考虑定位机构的定位可靠性以及它的加工可达到的精度。型材驾驶室焊接夹具的定位组件一般根据其型材驾驶室的产量来确定类型，主要分为固定式和可调整式两大类。

（1）固定式，即定位机构是固定不动的，所有定位面、定位销的位置都是通过先焊接钢板再用数控铣床一次性加工出来的。这种方式的优点是：初始定位精度较高、夹具制造速度较快。其缺点是：在夹具经过长时间的使用后，其定位受到磨损、变形，将导致定位精度变差，而其定位机构是固定不变的，不方便及时进行调整，需要重新送至数控机床进行加工，比较费时费力。这种固定式的定位机构适用于产量较少、焊接尺寸精度要求偏低、夹具需求时间较短的型材驾驶室类型。固定式定位机构见图 3。

（2）可调整式，即定位面、定位销的位置可通过增减垫片来进行调整，这种定位机构是通过先加工出各个定位块、L 连接块等然后再一件件装配上去。这种方式的优点是：定位可进行调整，其精度可调整到非常高；由于需要先加工出各个定位元件再装配上去，定位元件本身可进行热处理而达到较高的硬度与耐磨度，因此其精度长期性较好，后期维修也较方便，随

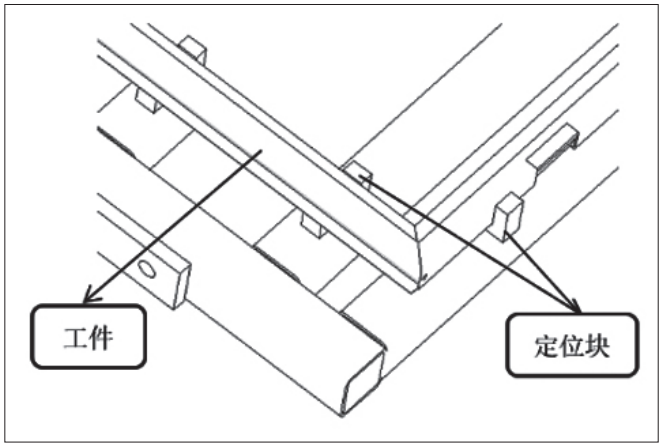


图 3　固定式定位机构示意图

时可通过增减垫片来调整定位的位置。其缺点是：制造成本较高，制造周期非常长。这种可调整式的定位机构适用于产量较大、焊接尺寸精度要求高、夹具需求周期比较长的型材驾驶室类型。可调整式定位机构见图 4。

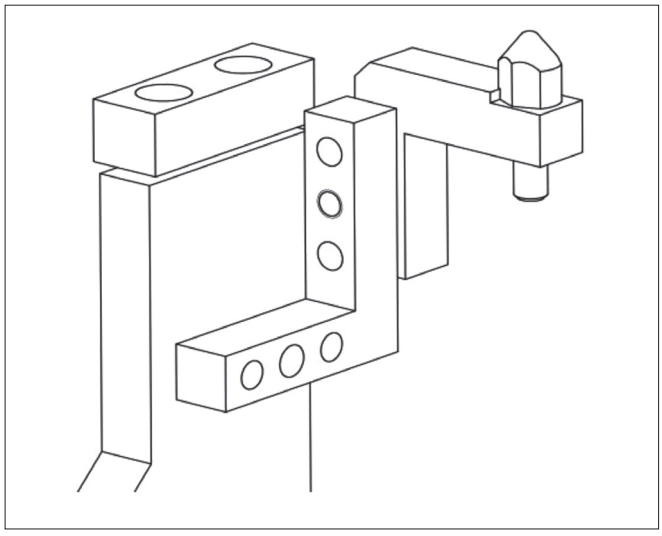


图 4　可调式定位机构示意图

3.3　改良定位组件设计

现有夹具常采用定位销及定位面的方式对零件进行定位，定位精度需要通过增减垫片的方式来调整，现有的定位件上设有底座及至少 3 个调节块，每个调节块负责调节一个方向，在每个调节块上增减垫片实现调整定位，现有的定位件存在以下问题：

（1）结构复杂：需要采用底座加 3 个调节块组装，调节块数量多、加工周期长、成本较高；

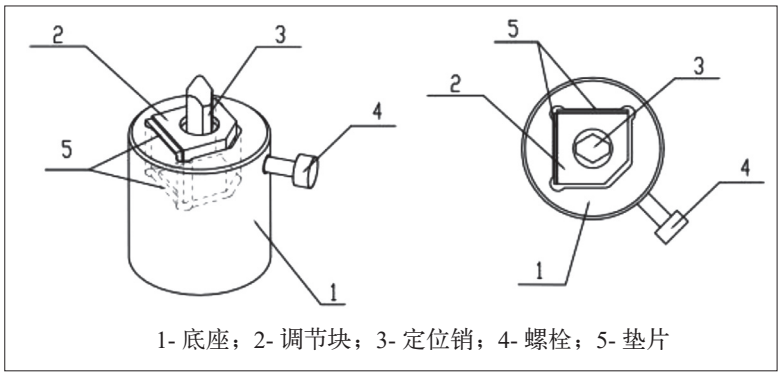
（2）组装复杂：需要将底座及 3 个调节块分别连接，每个连接均需插入两个销轴及拧紧一个螺栓；

（3）调整操作效率低：需要将各个调节块分别拆

开，每个调节块拆开需要拧松一个螺栓，操作费时费力，且易造成调节块变形而导致定位精度变差；

（4）定位件占用空间大：对零件较多且尺寸较小的产品设计夹具时难以在空间上进行布置。

经过多年来的研究，对上述夹具定位组件方式进行了优化改良，设计了一个简易的定位装置，只需要一个底板加一个调节块即可实现三维可调。整个组装过程只需拧一个螺栓即可实现固定。定位调整操作亦只需松开一个螺栓，再在相应方向增减垫片再拧紧即可。整个定位装置占用的空间得到极大的压缩。改良定位组件结构如图 5 所示，定位装置由底座、调节块、定位销组成，调节块通过螺栓与底座固定，定位销通过调节块的限位槽固定，调节块与底座的 X、Y、Z 方向分别预装垫片。



1- 底座；2- 调节块；3- 定位销；4- 螺栓；5- 垫片

图 5　改良定位组件结构

工作原理：在底板上加工一个 30 ～ 40mm 深的限位槽，并在侧面加工一个螺纹通孔。调节块的外形尺寸为根据限位槽的尺寸单边减掉 3 ～ 5mm 调整量，中间位置加工一个通孔并设置限位槽用来安装定位销。组装时，先把定位销固定在调节块中，再将调节块置于底板的限位槽内，在调节块与限位槽之间以及调节块与底板之间预装 3 ～ 5mm 调整垫片，最后用螺栓将调节块往一侧拧紧锁死。

3.4　夹紧机构设计

夹紧机构用于矫正变形的工件、缩小工件间的搭接间隙，将工件夹紧固定在正确的位置上（基准面），避免焊接作业时工件错位或变形，确保工件焊接精度的稳定性。

型材驾驶室的夹紧机构一般分为手动式夹紧和气动夹紧。手动式夹紧即采用手动快速夹钳进行夹紧，而气动夹紧则采用气缸的推动用气路进行夹紧。一般根据型材驾驶室的产量以及工件要求的精度来进行选用，对于产量小需考虑成本因素、精度要求不是很高的情况下选用手动夹紧，对于产量大、精度要求高的情况下需采用气动夹紧。

手动夹紧结构简单，只需将快速夹钳根据夹紧的位置直接焊或装配至支撑板上即可。其优点是成本低、安装及维修简单方便，快速夹钳为标准件，可以根据需要的型号直接采购，从而可以随时配装、随时维修更换。其缺点是作业效率低，需一个个地进行手动夹紧，稳定性差，需要经常更换。

气动夹紧则较为复杂，为实现气动夹紧需配置一套完全的气路控制系统。其优点是作业效率高、精度稳定性高；缺点是成本高，需要采购相应的控制元件、气路、气缸、接头等，维修更换也比较麻烦。

在夹紧机构设计时，要考虑到为方便装卸工件，必须保证夹紧臂有一定的开启角度。一般而言，夹紧臂打开以后，其与工件间隙沿搬运方向的投影不小于 30mm。

4　结语

本文对工程机械型材驾驶室焊接夹具的设计结构进行了详细的阐述，概括了夹具设计的方法与步骤，涵盖了夹具各主要零部件，如 Base、定位机构、夹紧机构的具体设计。夹具与原材料、工件、工序件结构及精度、加工工艺的关系极为密切，其结构形式多样化，在设计时，除了考虑遵循一般的规律外，还必须针对实际情况具体问题具体对待。

参考文献：

[1] 南洋 . 先进焊接工装夹具在机械装备制造中的运用 [J]. 现代制造技术与装备 , 2022, 58(06):129-131.

[2] 纪淑霞 , 曹刚 , 常杰 . 焊接夹具在驾驶室制作过程中的作用及设计原则 [J]. 内燃机与配件 , 2019(06):88-89.