轨道车辆端墙柔性化工艺装备的分析

唐山轨道客车有限责任公司 （河北 063035） 岳玉梅

【摘要】轨道车辆生产品种众多，以往端墙组焊采用刚夹具定位夹紧，但存在着工装利用率低、生产成本高等问题。本文分析了当前端墙组焊工装的不足，对端墙柔性化工装的可行性进行了研究，对夹紧装置及定位装置进行模块化、标准化设计，改变了传统的刚性工装的不可调性，创新开发了端墙柔性组焊翻转工装。实践表明，端墙柔性组焊工装可以根据产品变化需要，能够达到快速调整定位模块，缩短端墙的生产周期，减少工艺装备重复制造，提高生产效率，降低制造成本的效果。

1. 概述

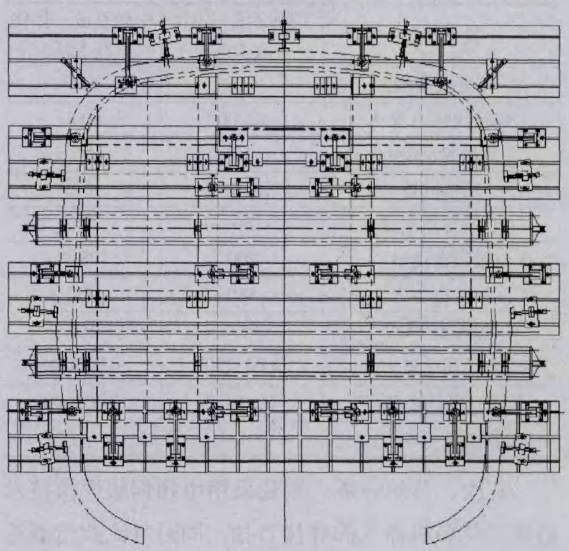
近年来，在轨道车辆生产制造中，合理的工艺装备是保证车辆产品质量的重要环节之一，而轨道车辆柔性制造则具体体现为制造系统及元件对产品多样性和不确定性的适应能力。随着轨道车辆的发展，个性化的铁路车型、多品种多样性的市场需求，导致传统意义上的质量、价格已逐步细化到对产品单件质量、成本控制及制造周期的响应速度的工艺装备生产环节中，为降低车辆的生产成本，提高车辆的制造工艺水平，柔性化的工艺装备设计是适应不断变化的市场需求的必然选择，是直接影响到企业的市场响应速度及生产效率，是关系到企业未来发展的关键因素之一。

本文正是基于端墙组焊工艺装备的柔性化设计，系统的就柔性化工艺装备对降低生产成本、提高产品质量及对多品种车辆适应性等进行了分析。

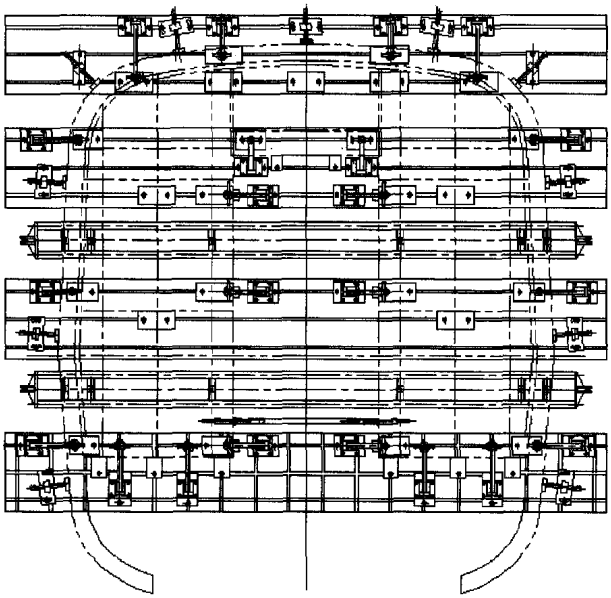
2. 端墙组焊工装存在的问题

轨道车辆的端墙钢结构大部件制造工艺主要由焊接实现。采用弧焊组装钢结构，弧焊所产生的热量很大，焊缝处收缩产生压应力导致端墙结构失稳，产生波浪变形，既降低了结构强度又影响了表面的平面度和美观性。但目前端墙生产工艺手段相对落后，车体组装生产线工艺布局缺乏柔性，工艺装备占地面积大，吊运大部件频繁，影响生产线的流水化作业及工装定位模块的精度，工艺装备的基础刚性较大，缺乏柔性、通用性、系列化；自动化程度低，缺乏必要的工艺装备检测手段；工装设备管理混乱，重复性工装设备较多，缺乏通用性和可协调性；缺少对工装的保养维护，不能很好地适应快节奏的生产需求及企业降低生产成本的要求。

根据企业的实际调研发现，现有的端墙组焊工艺方案中采用的是两个胎位分别组焊，如图1所示端墙组焊工艺装备，其由固定底座、定位块、组合



(a) 正装工装



(b) 反装工装

图1 端墙组焊工艺装备

夹具组成，反装组焊工艺完成后再把端墙部件通过天车翻转放在正装组焊胎上进行组焊。这种工装占用厂房面积大，天车翻转操作不稳定，采用此种方式需要耗费大量人力，工人劳动强度大，且生产效率低下。

从上面的分析可以看出，实现端墙组焊工艺装备的柔性化势在必行。

3. 端墙柔性化工艺装备分析

（1）端墙柔性化工装的可行性分析 随着高速铁路及城轨车辆的逐步发展，市场需求也从单一性向多样性变化，迫使企业在同一生产周期内要逐步完成不同车型的转换生产需求。频繁的转产导致了工装设计、制造成本的上升，提高了生产成本及设备的重复性浪费，因此实现工装设备的柔性化，可以为企业创造巨大的经济效益。

基本的工艺装备端墙结构在车体设计中，虽各有不同，但整体组成部件基本相似，主要包括了端墙板、横梁及立柱等小部件，生产工艺流程基本一致。图2为铝合金车体端墙设计结构示意，从图中可以看出，其端墙的整体框架由梁柱组成，这些为端墙工艺装备的可行性提供了可能。端墙的生产工艺流程：端墙组对→端墙内侧焊接→端墙反装焊接外侧→端墙调修→检查交验。

采用柔性化端墙工艺装备可大幅度提高工件的入胎速度，缩短工件的定位时间，降低工人的劳动

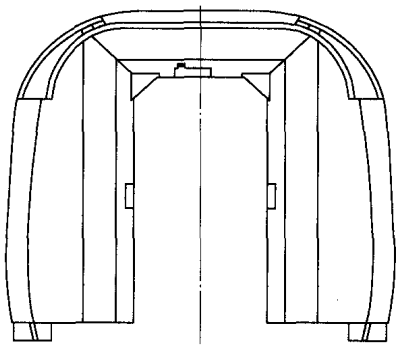


图2 铝合金车体端墙结构示意

强度，提高工作效率，而且定位准确，占用的空间较小。

根据以上分析，实现轨道车辆端墙工艺装备的柔性化设计技术已成熟，相关结构参数可以为柔性化工装设计提供必要的理论支持。

（2）端墙柔性化工装的结构分析 典型的工艺装备组成主要由基础平台、定位装置、夹紧装置等组成，如图3所示。实现轨道车辆的工艺装备柔性化设计，重点应实现基础平台、定位装置、夹紧装置的柔性化。其中，基础平台主要包括一些基础和支撑部件；定位装置的主要作用是保证车辆组装的外形特征尺寸控制；夹紧装置为车辆制造实现组装部件间的紧密结合，防止焊接变形，控制部件的焊后尺寸。

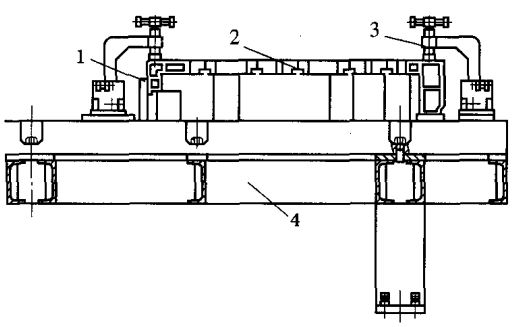


图3 典型工艺装备组成

1.定位装置 2.工件 3.夹紧装置 4.基础平台

通过对企业内部产品结构相似性和工艺装备特点的分析，要实现端墙工艺制造中工艺装备的柔性化，重点就是实现基础平台、定位及夹紧的柔性化。

为适合于铝合金车体端墙组焊时使用，简便更换垫板能用于碳钢车的端墙使用，其主要设计理念是采用模块化，整个工艺装备由相似的13个功能单元组成，每个功能单元又由底架模块、翻转模块、定位模块和压紧模块组成，如图4所示。从图4

可以看出，底架模块采用优质的钢质方管焊接成框架结构，在设计框架时要考虑由于长期使用时框架变形区域不影响工件焊接区域；整个工装由四组组合夹具组成，其优点是每个夹具上的零件是可以互换的，当工件尺寸有变化时，改变其任何一个零件尺寸都能达到使用要求；工装的可调支承，便于不同车型的端墙组焊，通过调整支承尺寸达到使用要求；对反焊接变形装置的采用，由于铝焊接变形较大，需要采取一定的方式使之在焊接后，使部件的变形量控制在图样要求的范围内。此外，为了解决端墙组焊胎位占地面积较大且重复装夹影响部件尺寸精度等问题，采用翻转式的焊接工装夹具。该组焊工装采用丝杆式变位机将基础平台与变位机紧密连接，便于翻转焊接，利用其占用空间小、使用灵活方便等特点，以达到其控制焊接变形，提高短端墙部件尺寸精度、减少占用空间等目的。

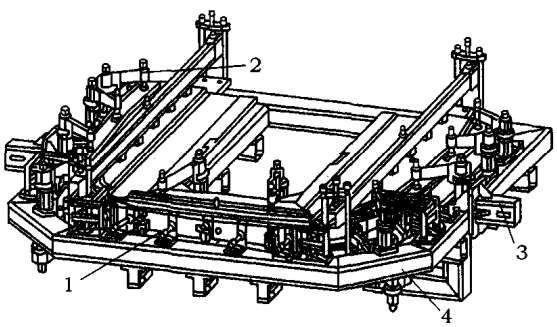


图4　翻转式端墙组焊工装示意

1.定位模块　2.压紧模块　3.翻转模块　4.底架模块

（3）端墙柔性化工装的关键技术分析　依据对端墙柔性化工装的设计分析，其关键技术主要为翻转式焊接方式及压紧、定位装置的模块化、标准化。根据对不同车辆产品的统计，本文提出了一种可翻转式组焊工装。由于轨道车辆的端墙结构较大，为了减轻工人的劳动强度，让工人在不需要上胎焊接的条件下完成焊接工作，采用丝杠式变位机，将基础平台与变位机用螺栓紧密联接，由电动机驱动实现翻转装置可自由升降和翻转，这种工艺装备不仅实现了柔性化，还易于自动化生产的推广，保证了端墙部件的整体尺寸精度。图5为翻转式端墙组焊工装的整体示意，可以看出，工人可以根据各人的需求，调整其工装的高度及角度，方便组焊工件，解决了端墙占地较多的局限性、节省了成本并提高了部件的生产效率。

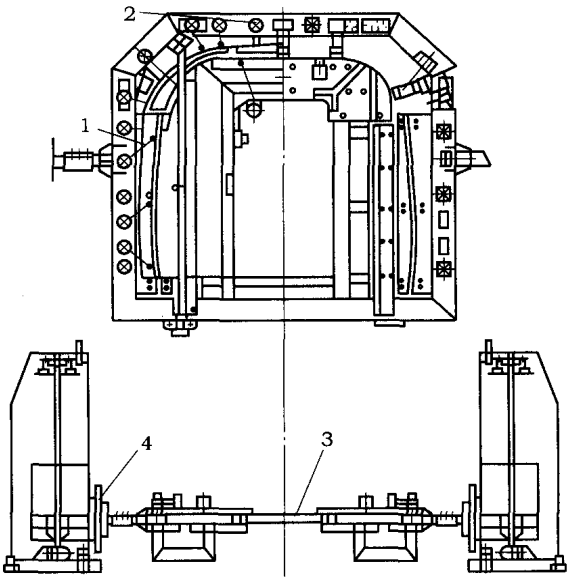


图5　翻转式端墙组焊工装

1.夹紧装置　2.定位装置　3.基础平台　4.翻转装置

采用上述翻转式端墙组焊工装的工艺流程为：首先采取正装的模式，通过各定位装置快速调整好位置，依次将板材等放入胎中，利用定位装置定位，通过夹紧装置压紧工件；焊接完毕后，开启变位机，工装上升适合的高度，使工装反转180°，反面焊接端墙的焊缝，焊接完成，冷却后松开各种夹具。由于该工装中采用了模块化的设计理念，将压紧装置及定位装置标准化、柔性化，便于调整各焊缝间隙，保证了板材的组装精度，提高了焊接质量且压紧装置防止了焊接变形，对不同车型的端墙组焊都具有广泛的适应性。

图6为新型的压紧、定位装置，该装置的柔性化设计主要体现在对工件形状变化的适应性和可调整性，解决了传统压紧装置的螺栓联接定位装置的不准确及使用繁琐、操作性差、效率低的问题。压

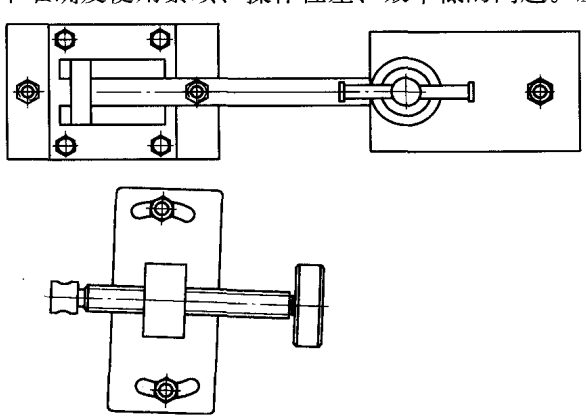


图6　柔性化的压紧、定位装置

（下转第68页）

（3）反面焊剂成形　反面铜垫和反面焊剂是FCB焊接应用最核心技术。

反面铜垫外形要有良好的追随性，材质要有防粘贴性、良好的散热性及较强的表面硬度；时下应用较广的工艺为铬锆铜，冷拉成形。另外，气囊的布置及充气压力是保证铜垫追随性的关键，时下流行的双气囊能较好保持铜垫与钢板面的贴合。

反面焊剂是能否得到好的焊缝质量的另一关键，FCB焊接在国内早期使用时，反面焊剂为日本、欧洲国家所垄断，但随FCB高效自动化拼板焊接装备在国内推广，国产化焊剂已逐步替代了进口焊剂，国产焊剂的综合性能已能满足造船性能要求。

（4）影响电弧偏移的电磁吸盘结构　用于固定铁板的电磁铁，由于距离焊缝较近，电磁对焊接电流易产生干涉，所以易引起偏弧，造成焊接缺陷。

矩形结构电磁吸盘，在保证相同吸力的情况下，电磁影响最小；同时将单电磁磁芯改为多电磁磁芯，可减少在焊缝垂直方向上电磁影响；另外相邻电磁铁采用反向绕线，两组电磁铁发散的电磁相互抵消，可进一步减小电磁对焊接电流的影响，影响区可减少到电磁吸盘周边50mm。

（5）多电极焊接的电弧干扰　为提高FCB焊接效率和焊接熔透性，FCB焊接现多用3电极、4丝的焊接方式。

多丝、大电流的焊接存在焊接电流的串扰问题，我公司的试验表明：采用全交流焊接电源系统（AC+AC+AC），外加一平衡电路，能很好地解决焊接电流的串扰问题。另3电极位置关系，对焊接质量也有较大的影响，电极配置关系如图2所示，效果更佳。

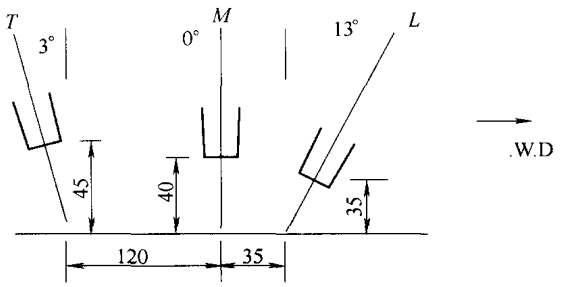


图2　电极配置

（6）反面焊剂铺撒与回收　FCB高效自动化拼板焊接装备，需对拼板多道焊缝进行单工位多次焊接，拼板下的反面焊剂铺撒与回收的自动化，是保障焊接高效运行的重要一环。FCB在反面铜垫升起前，通过焊剂铺撒与回收小车在反面铜垫来回行走，去程时先完成对上一次反面焊剂的清理及回收，接着回程时完成对下一次反面焊剂的铺撒。在升降装置中设有回收使用后焊剂的输送装置，使用螺杆输送器将使用过的焊剂送至装置端部，落入地坑内的回收桶内。

（7）焊缝的对正　由于FCB高效自动化拼板焊接装备，需对拼板多道焊缝进行单工位多次焊接，前期的FCB多为固定位置焊接，钢板位置不合适时，焊缝调整费时费力；为进一步提高FCB焊接效率，近期FCB多为可移动焊接台架，且两台FCB同时工作，在粗调整拼板后，再通过调整移动焊接台架，能同时实现两条焊缝的焊接。

4. 结语

随FCB高效自动化拼板焊接工艺在国内推广，“FCB高效自动化拼板焊接装备”国产化，冲破国际垄断，拥有自主知识产权，且逐步实现了焊接材料国产化，为国产造船焊接装备的发展，打下了坚实的基础，必将进一步带动了我国造船行业自动化焊接技术的发展。**MW**　（20120103）

（上接第58页）

紧、定位装置的标准化设计，保证了在柔性工装中的可互换性，发挥了柔性化工装的优点，保证适应于不同车型的结构变化。

该端墙翻转式组焊工装，现广泛应用于唐车公司铝合金动车组及城轨车端墙的组焊制造中，与传统的工装相比，该工装有效地提高了产品的生产效率及焊接质量，并逐步将该工装向碳钢车端墙的制造中延伸使用。

4. 结语

本文对轨道车辆端墙柔性化工装进行系统分析，设计制造了端墙的可翻转式组焊工装，解决了传统工装中存在的夹具准备周期过长、利用率低、生产成本高等问题，实现了轨道车辆端墙工装的柔性化，适应了轨道车辆的多品种、多样化发展，为轨道车辆的柔性化工装设计提供了理论依据。经实践证明，该翻转式工装结构紧凑、设计标准，满足了不同车型的快速转化，并有效地提高了产品的生产效率。**MW**　（20120113）