

浅谈铝母线全截面熔焊装置移动式焊接机头的研制

杨聪富 刁桂芳
(云南文山铝业有限公司 云南 文山 663000)

摘要：铝母线全截面熔焊装置作为一种新型自动焊接设备，主要用于电解铝企业的铝母线全截面焊接修复，为适应铝电解用铝母线焊接工况，本研究设计开发了一种新型移动式焊接机头，包括送丝机构、校直机构、摆动机构、上下调节机构、熔嘴夹持器、焊丝机架和移动平台等部件，能够适应各种大规格铝母线、能够适应强磁场环境、移动方便，较好的满足了现场使用需求。

关键词：铝母线全截面熔焊装置；移动式焊接机头；电解铝

0 引言

当前国内外电解铝企业铝母线的焊接主要采用“铝交错板”传统焊接工艺，有效焊接面积小、电阻大，焊接效率低、焊接成本高。铝母线全截面熔焊装置是一种新型焊接设备，其基于电渣焊原理，利用电流通过导电的液体熔渣所产生的电阻热作为热源，使铝焊丝、熔嘴和铝母线自身不断熔化进行熔焊焊接的过程。

电解铝企业用铝母线具有数量庞大、规格种类多、尺寸大等典型特点，因此，要求铝母线全截面熔焊装置的焊接机头具备移动方便、且需要适应电解铝强磁场的工况的特征，为此，我们设计开发了一种新型移动式焊接机头，包括送丝机构、校直机构、摆动机构、上下调节机构、熔嘴夹持器、焊丝机架和移动平台等部件。

1 移动式焊接机头设计

焊接机头是铝母线全截面熔焊装置的主要焊接执行单元。

移动式焊接机头主要分为送丝机构、校直机构、摆动

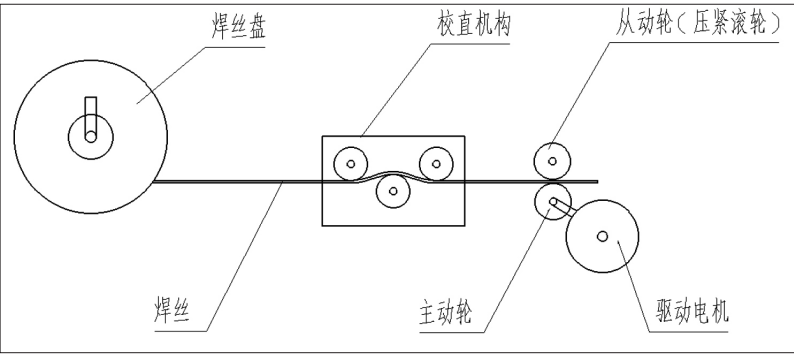


图 2 送丝工作原理图

机构、上下调节机构、熔嘴夹持器、焊丝机架和移动平台等部件，见图 1。

1.1 送丝机构设计

送丝机构主要由驱动机构和送丝轮压紧机构两部分组成。如图 2 所示，焊丝由焊丝盘送出，由于焊丝开始呈盘状，焊丝送出之后是弯曲状态，先经过校直机构校直，然后由送丝滚轮将焊丝送入导向套管，再进入熔嘴。

1.1.1 驱动机构

焊丝抽送驱动采用驱动电机直连驱动轴带动送丝轮的驱动方式，一个驱动电机带动两个送丝轮，送丝轮直接驱动焊丝运动。驱动机构由驱动电机、绝缘垫板、驱动轴、主动送丝轮、绝缘套管以及轴承组成（见图 3）。

驱动电机选择使用直流伺服电机，这种类型电机具有调整范围宽、体积小、重量轻、效率高、结构紧凑、且输出转矩大等特点，有利于机头部分结构的简单化，有助于减轻机头重量。

绝缘垫板使用环氧树脂材质，大小尺寸与电机安装板尺寸一致，起电机与校直板绝缘作用。

驱动轴同样使用环氧树脂材质，驱动轴尺寸结合驱动电机输出轴、主动送丝轮以及选用轴承尺寸进行设计。驱动轴截面工作应

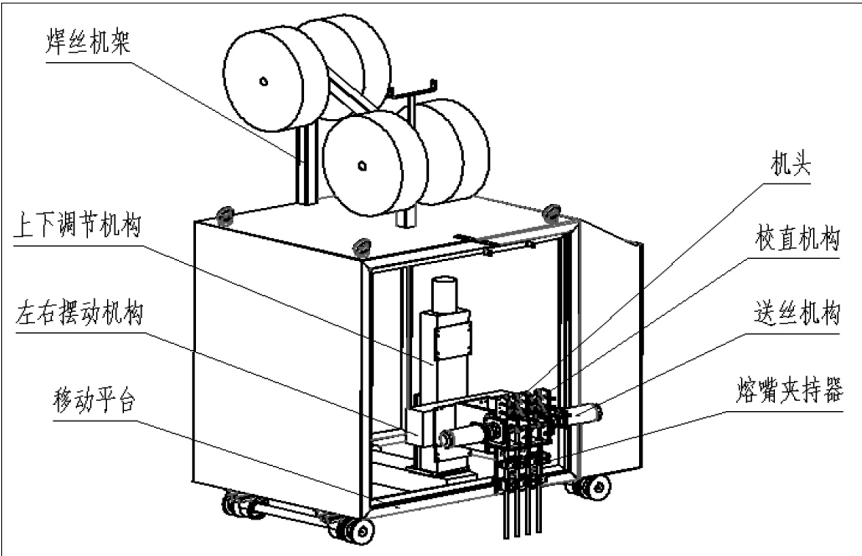


图 1 移动式焊接机头结构图

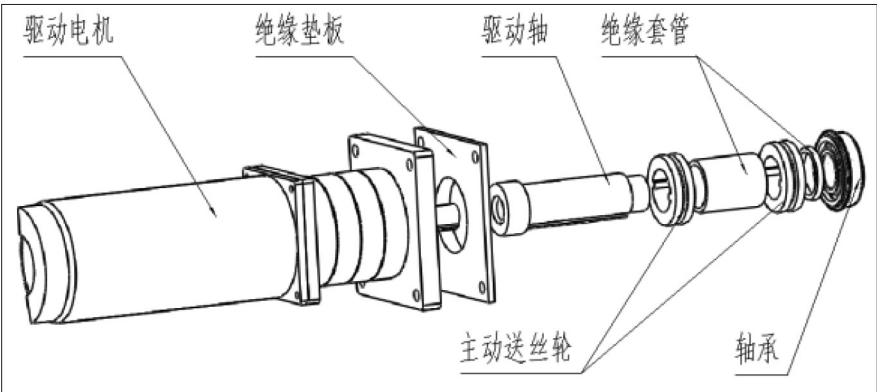


图 3 驱动机构结构图

力参照下式进行计算：

$$\sigma = 10 \sqrt{\frac{M^2 + (\alpha T)^2}{d^3}}$$

式中：

M—为轴计算截面的合成弯矩（N·mm），结合结构尺寸及轴受力情况计算 M 为 30000N·mm；

T—为轴计算截面的转矩，取 T 为 387mN·m；

α—为根据转应力变化性质而定的校正系数，α 取为 0.7；

d—为轴计算截面直径，取 25mm。

经计算，驱动轴中间截面工作应力 σ 为 19.4MPa。驱动轴所带负载及工作应力相对都比较小，使用环氧树脂材质足以满足其强度需求。

主动送丝轮直接驱动着焊丝的运动，送丝力是由主动轮和压紧轮传递给焊丝，在选择送丝轮时，要保证送丝的可靠性和稳定性，使焊丝不打滑又尽可能增大送丝力。送丝轮的材质使用 45# 钢、高碳工具钢或者合金钢，加工完成后进行表面热处理，表面硬度达到 HRC50 ~ 60。送丝轮开有送丝凹槽，保证焊丝位置和送丝方向。由于铝材质焊丝比较软，不使用送丝凹槽带齿的送丝轮，送丝轮表面硬度较高，这样在压紧焊丝时，容易损伤焊丝表面，留下锯齿状痕迹，焊丝在进入送丝套管时容易产生卡滞，增大了送丝阻力。送丝轮选用市场上常用埋弧焊送丝轮，其直径不易过小，选择直径 40mm 的送丝轮。

驱动机构末端轴承基本只承受径向载荷作用，径向载荷随压紧力大小变化而变化，载荷大小相对比较小。结合工作条件选择使用深沟球轴承，直径大小结合驱动轴直径及安装位置处空间尺寸确定，选择 GBS6004ZZNR 型号轴承。轴承为不锈钢材质，两面扣环密封，防止焊接烟气进入，影响轴承寿命。

1.1.2 送丝轮压紧机构

送丝轮压紧机构主要由压紧轮、连杆、弹簧、拉杆、调节旋钮、固定板和以及固定螺栓、垫片

组成（图 4），压紧轮将焊丝压紧至送丝轮送丝凹槽，送丝轮旋转产生摩擦力，带动焊丝运动。压紧机构设计要求压紧力可调，并且在更换焊丝后，要方便穿丝，留有足够的操作空间。

在正常工作时，弹簧处于压缩状态，提供沿拉杆方向的弹力，通过连杆的杠杆作用，产生压紧焊丝的压紧力，调节旋钮，即调节弹簧压缩量及弹力大小，进而调节压紧力大小。

压紧轮属于从动轮，结合周围空间尺寸要求选择直径大小 25mm 的送丝轮，送丝轮表面包覆一层耐磨橡胶，一方面将焊丝与送丝轮间的接触变为软接触，减少送丝轮造成的焊丝表面划伤，同时减少焊丝对送丝轮表面的磨损；另一方面增大送丝力，焊丝与橡胶的摩擦系数要比与金属之间高，同时焊丝与橡胶送丝轮之间的接触面积也有所增加，可以获取更大的送丝力。

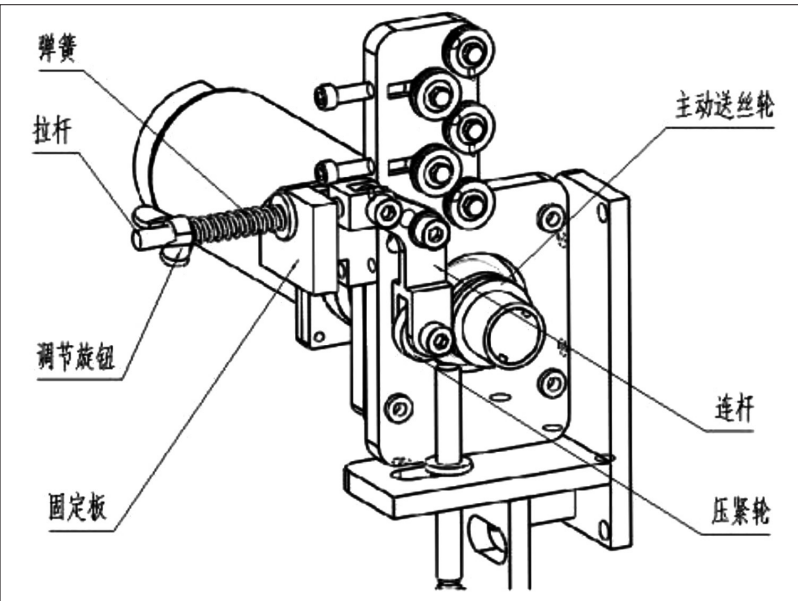


图 4 压紧机构结构

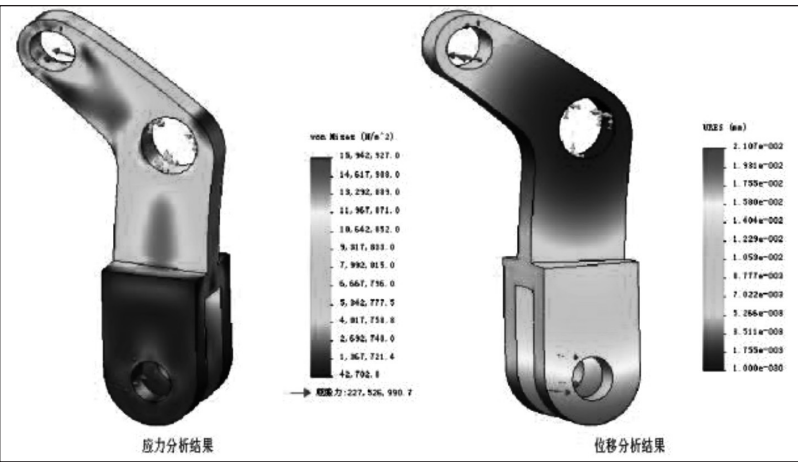


图 5 连杆受力分析

结合连杆受力分析情况和安装空间尺寸对连杆的形状和结构尺寸不断进行优化。设定连杆承受拉力大小 175N，连杆材质选择为 6061-T4 铝合金材质，最终优化后结构受力分析结果如图 5 所示，应力最大值为 16MPa，位移最大为 0.02mm，强度满足使用要求。

固定板选择使用 6061-T4 铝合金板材拼焊而成，结合受力分析情况对其结构尺寸进行优化，结构薄弱位置增加加强筋。优化后结构选择厚度 12mm 的板材加工，受力分析结果见图 6，应力最大值为 21MPa，最大位移 0.06mm，强度满足使用要求。

1.2 校直机构设计

1.2.1 校直工作原理

送丝时，焊丝由盘状送出，呈弯曲状态，在焊丝通过校直机构时，校丝轮使得焊丝产生数次塑性变形，逐渐达到焊丝校直的目的，见图 7。

1.2.2 校直机构结构

该装置校直机构由四组校直器组合而成（见图 8），各组校直器校丝轮之间的间距与所需的焊丝间距一致，每组校直器均不相同，但除校直板外所用其余零部件一致，设计尽可能增加了零件的通用性。

单个校直器主要由校直板、校丝轮、调节滑块、调节螺钉以及安装螺钉等部分组成。为满足装置防磁场功能要求，校直板选用 6061 铝合金材质，并且可以减轻机头重量，校直板与安装板和连接板通过螺栓连接固定，方便拆卸更换零部件；校丝轮选择表面包塑并带 U 型凹槽的滚轮，直径大小 24mm，可校焊丝直径 $\Phi 2 \sim \Phi 5\text{mm}$ ；调节滑块使用 06Cr19Ni10 不锈钢材质的 T 型滑块螺母。

1.3 熔嘴夹持器设计

该装置夹持器需要夹持四根熔嘴，主要由安装板、管夹、导电铜块、压紧块、绝缘板及紧固螺钉等零部件组成（见图 9）。由于导电铜块需要连通电源，使用导电铜块与管夹上下交错的排布方式，增大铜块末端与电缆线连接安装操作空间。

1.4 左右摆动机构

1.4.1 结构形式

如图 10 所示，机头通过连接架连接至直线模组滑块上，机头的左右摆动动作由直线模组实现。

1.4.2 连接架

连接架一端连接至直线模组滑台，另一端连接至机头安装板。对连接架进行受力分析（图 11），应力最大位置在上部与左右直线模组滑块安装孔位置附近，应力最大值为 26MPa（参照《GBT3880.2-2012 一般工业用铝及铝合金板、带材第 2 部分：力学性能》中 6061 铝合金力学性能指标，强度满足使用要求）。

1.5 上下调节机构

机头的竖直上下动作由上下调节直线模组实现，左右直线模组通过连接板安装至上下调节直线模组滑台上，连接形式如下图 12 所示：

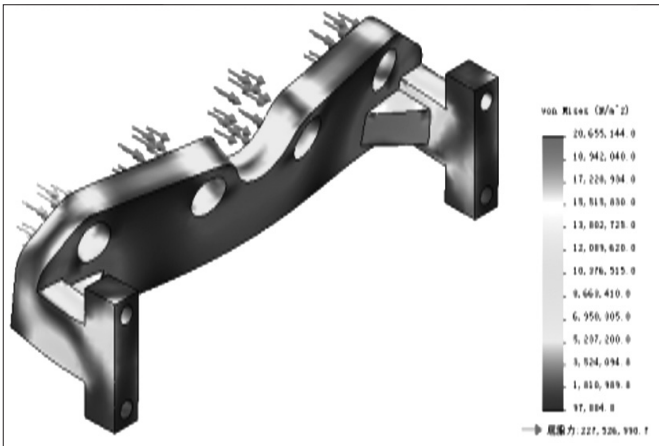


图 6 固定板受力分析

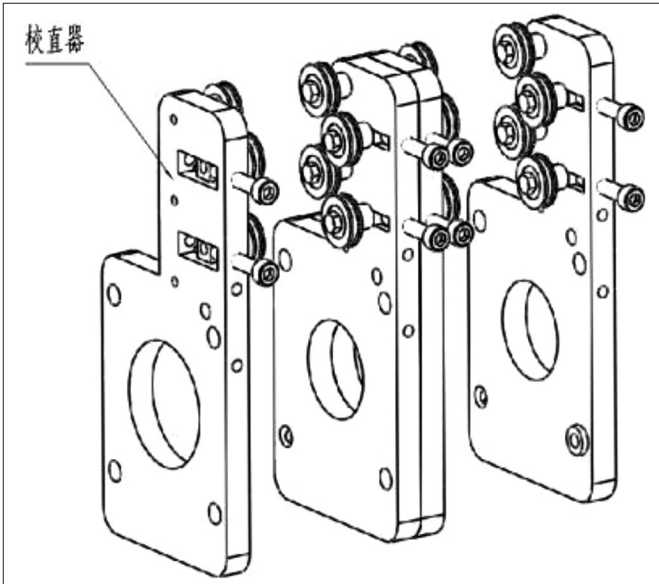


图 7 校直机构示意图

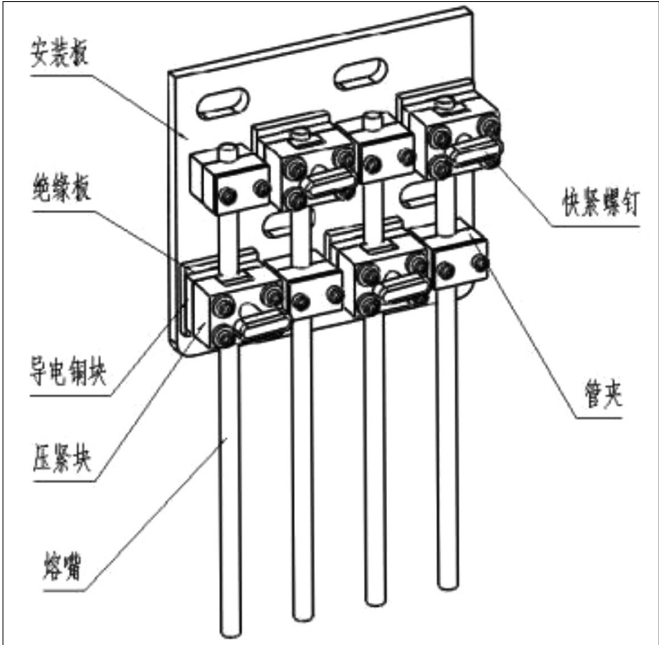


图 8 装置校直机构结构图

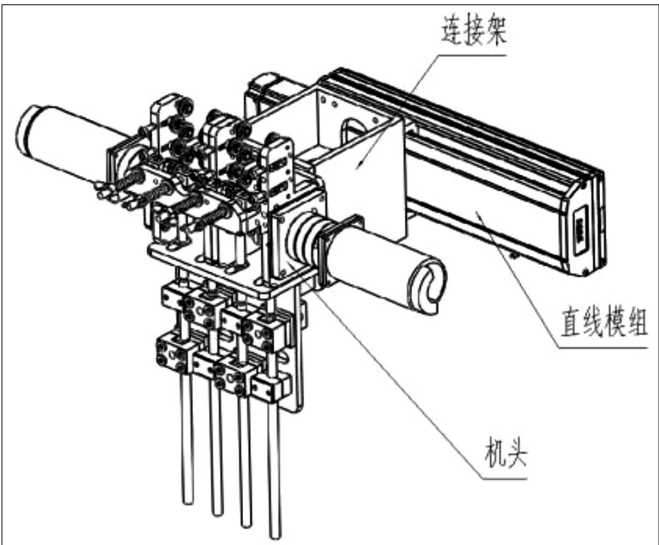


图 9 夹持器结构图

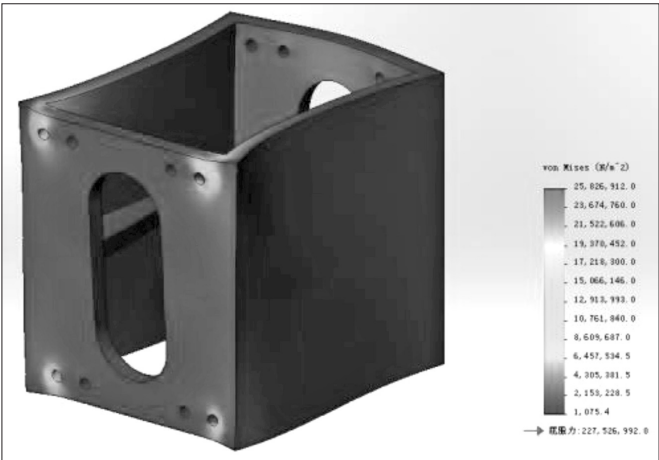


图 10 左右摆动机构

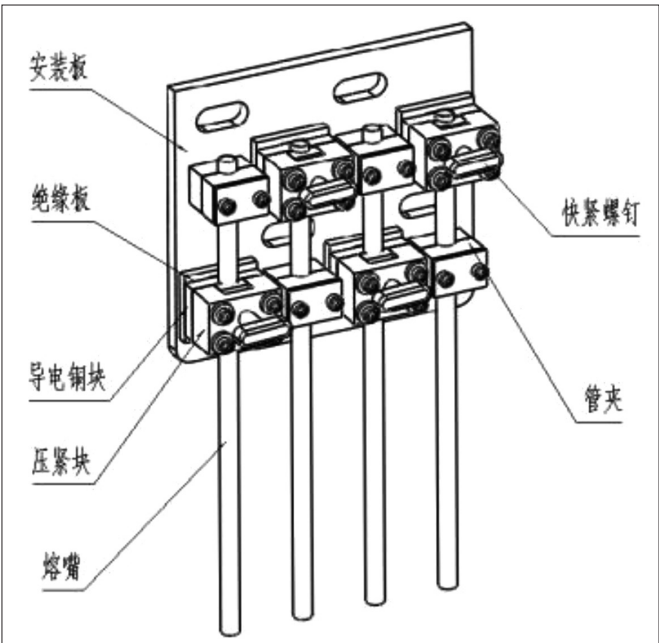


图 11 连接架受力分析

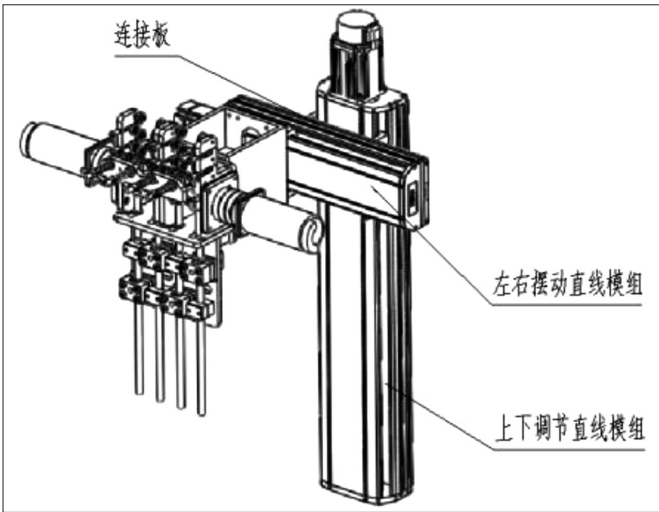


图 12 上下调节模组

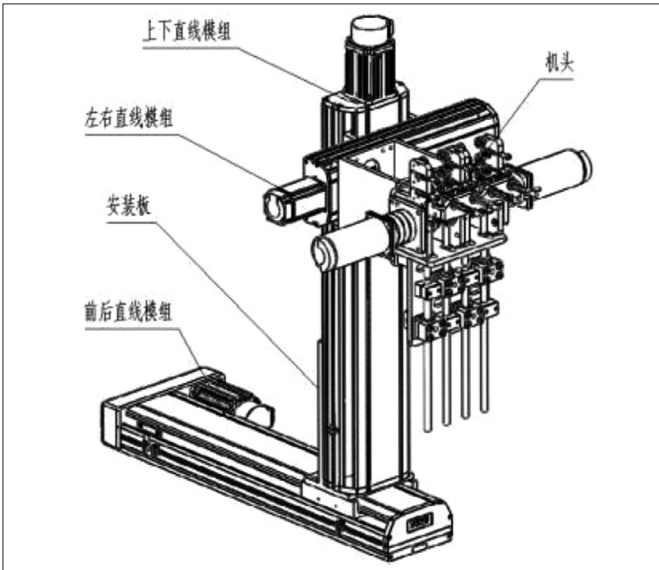


图 13 前后调节模组

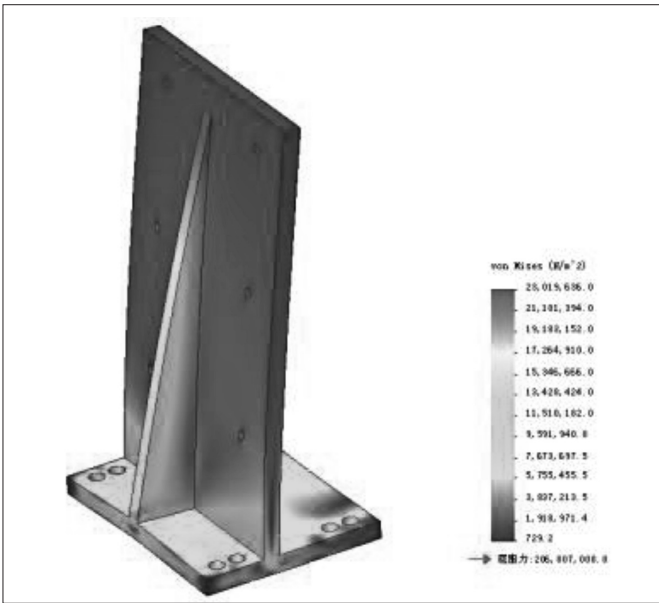


图 14 安装板受力分析

1.6 前后调节机构

1.6.1 结构形式

机头的前后调节动作由前后直线模组实现完成，上下直线模组通过安装板连接固定至前后直线模组滑块上，连接形式如下图 13 所示：

1.6.2 安装板

安装板底板连接安装至前后调节直线模组滑块上，立板用以安装固定上下调节直线模组。对安装板进行受力分析，受力分析结果如图 14 所示，产生应力最大为 23MPa；参照《GB/T 280-2007 不锈钢冷轧钢板和钢带》中 06Cr19Ni10 不锈钢的力学性能指标，强度满足使用要求。

1.7 焊丝机架

焊丝机架主要包括送丝盘架、导丝杆、送丝盘轴和焊丝盘几个部分（见图 15），焊丝盘设计放置在移动平台框架上方，在这个位置焊丝能够比较顺畅送出。送丝盘架由结构件焊接制作而成，导丝杆焊接自制，送丝盘轴和焊丝盘外购。

1.8 移动平台

移动平台主要用以承载焊接机头、焊丝盘以及控制系统，由框架、底板、侧板、柜门、盖板、控制箱及车轮等零部件组成（见图 16），平台箱体上部安装有吊环，方便吊运。

2 结语

铝母线全截面熔焊装置主要用于电解铝企业的铝母线全截面焊接修复，移动式焊接机头作为铝母线全截焊接的主要执行单元，在完成高质量焊接过程中，具备十分重要的作用。我们根据电解铝铝母线的特点及设备运行工况，针对性开发的移动式焊接机头具有以下典型特点：

（1）移动式焊接机头主要由送丝机构、校直机构、摆动机构、上下调节机构、熔嘴夹持器、焊丝机架和移动平台等组成；

（2）焊接机构采用移动式结构，具备移动方便的特点，也可吊装操作；

（3）对主要受力部件进行了受力分析，力学性能完全满足使用需求；

（4）主要部件采用铝板和不锈钢材料，满足了设备自身的防磁需求。

参考文献：

[1] 姜焕中. 电弧焊及电渣焊 [M]. 北京：机械工业出版社 .1993:82-84.

[2] 成大先, 等. 《机械设计手册单行本》. 第五篇轴及其连

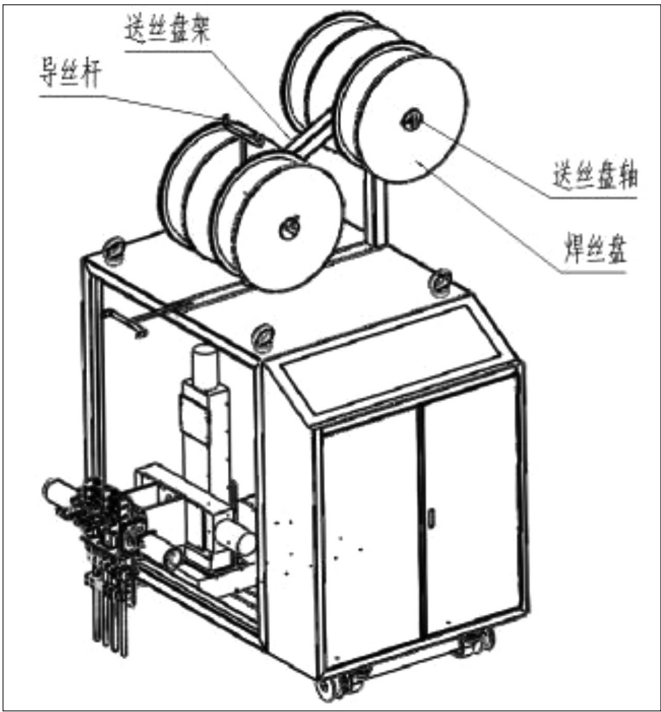


图 15 焊丝机架示意图

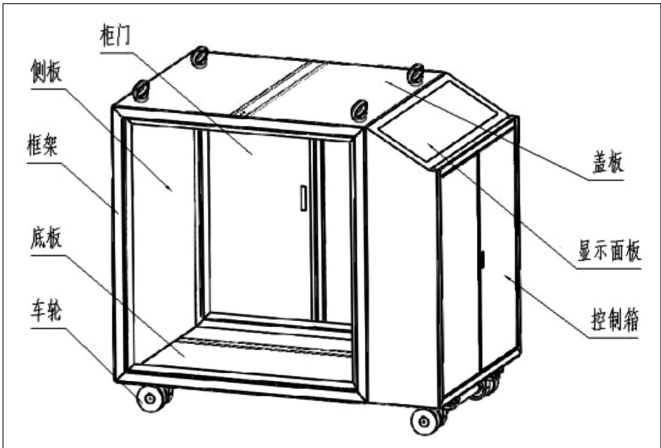


图 16 移动平台简图

接 [M]. 北京：化学工业出版社 .200410.01.

[3] 许定侠, 袁海波, 冯根城, 陈一杰, 柯世金, 谈毅. 气焊焊丝矫直切断机的矫直机构 [J]. 机械工程师, 2018(08):31-33.

作者简介：杨聪富（1985.09-），男，汉族，云南富源人，本科，机械工程师，研究方向：机电设备维修与管理。