用于轨道车辆构架加工的微应变装夹方法

杜永强[1,2]，朱书娟[1,2]，宋兴华[1,2]，徐雷[1,2]

1．河北省城市轨道交通车辆技术创新中心　河北保定　072150

2．河北京车轨道交通车辆装备有限公司　河北保定　072150

摘要：以轨道车辆构架为加工案例，针对焊接结构精度要求高、整体刚性差及加工难度大的特点，对构架考料划线、装夹找正等因素进行工艺分析，提出了一种微应变装夹方法来提高构架装夹精度，装夹过程几乎无变形，加工后无反弹，尺寸一致性好，大幅提升了转向架零件的安装精度和使用寿命。

关键词：轨道车辆；构架；微应变装夹方法；划线；安装找正

1　序言

转向架系统是轨道车辆中最重要的走形机构，在车辆运行过程中提供牵引力和制动力。构架作为其中的主体结构，将一系悬挂、二系悬挂、减振装置、牵引装置、制动装置、电动机、齿轮箱和轮对等联系在一起，对其强度要求极高。目前构架大多采用全焊接的H形结构，主要由侧梁、横梁及各种锻件或铸件焊接而成[1]。为了保证零件的安装精度，构架的各个部位需要精确加工，精度的高低直接决定了后续零件的安装便捷性和使用寿命，零件的制造精度越高，其使用寿命也越长。目前，构架的最低加工精度普遍为0.1mm，但对于3m×4m的构架来说，除去加工设备的影响外，考料划线[2]的精确性、构架在机床上安装的准确性和压紧的稳定性极大地影响着加工精度。

2　影响构架加工精度的主要因素

2.1　构架考料划线

构架为全焊接结构，由于热输入量大，其焊接变形也随之增大，而为了减轻质量，以及减少加工余量，设计构架时预留的加工量一般不超过5mm，因为构架焊接变形大且加工量小，所以在构架加工前必须进行考料划线，构架划线如图1所示，将待加工位置用划线仪模拟一遍，由于划线仪自身没有进给运动，因此各轴运动是靠操作人员用一只手推动划线仪各轴行进，另一只手扶着划针使划针尖贴在工件毛坯表面上运动，从而在工件毛坯面上形成找正线。构架形状较大，由于人为因素的影响，在*X*向、*Y*向和*Z*向各找正线之间会形成0.5mm左右的垂直误差、平行误差，因此当所有加工位置均能保证有0.5mm的加工量时才算合格。



图1　构架划线

2.2　构架安装找正

常用的构架装夹一般是在机床平台或工装平台上设置4个支撑座[3]，支撑座在构架的4个帽筒位置，利用找正盘调整4个支撑座，使构架四角的*Z*向线高度一致，然后利用机床的找正针，通过两点确定一条直线的方式，调整构架的*X*向或*Y*向线和工作台*X*或*Y*向保持平行，使机床加工坐标系和构架坐标系重合。由于此方法全部参照考料划线，而考料划线会有0.5mm的误差，比如构架端部*Z*向找正线高度不一致、两条侧梁*X*和*Y*向找正线分别不平行，因此最终误差可能达到1mm。一般构架初次加工都是直接按照此线加工，此种方法会把划线误差转换成最终加工误差。

2.3 构架压紧方式

由于构架对外在一系悬挂和二系悬挂存在关联，该位置受力较大，同时，一系悬挂位置在构架的4个端部，该部位也是构架刚性最差的位置，因此主压紧位置必须选在一系弹簧帽筒的位置，且在二系悬挂位置增加辅助支撑和压紧的方式来保证稳定性。由于压紧会产生变形，有变形就有反弹，因此目前采用常规压紧方法加工后的构架的反弹变形量最大为0.5mm，虽然精度满足设计要求，但是对于个别精度要求高的构架或部位，此变形量容易引起超差，极易出现废品。

3 微应变装夹法

3.1 构架安装找正准则

为了消除构架考料划线及安装找正的误差，需要在调整构架找正线时，按照如下原则进行。

（1）*Z*向找正　构架*Z*向支撑镐位置如图2所示。将找正器底座放在机床工装上，调整一条侧梁下方支撑镐1和支撑镐2，使构架两端找正线在找正器针尖上0.3～0.4mm位置（或根据不同产品及支撑镐进行适应性调整）。调整另一条侧梁下方支撑镐3，使找正器针尖与构架侧梁左端找正线平齐，检查侧梁右端线与划线尖平齐。找正器与工装放置位置如图3所示，找正器针尖与找正线位置如图4所示。

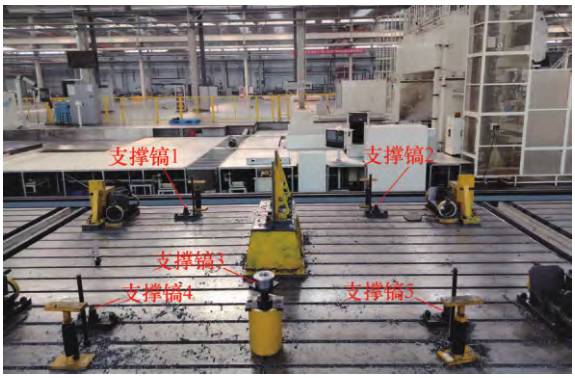


图2　构架*Z*向支撑镐位置

如果支撑镐3支撑的侧梁两端的线高低差值在0.5mm以内，那么调整支撑镐3，使侧梁两端的线一端高于划针尖高低差值的1/2，一端低于划针尖高低差值的1/2。

如果支撑镐3支撑的侧梁两端的线高低差在0.5～1mm，那么把有误差一端相应对角找正线调高或降低高低差值的1/3，再按上述方法调整支撑镐3。



图3　找正器与工装放置位置



图4　找正器针尖与找正线位置

如果支撑镐3支撑的侧梁两端的线高低差超过1mm，则需返回构架划线工序。

（2）*Y*向找正　构架结构如图5所示。先找正支撑镐1、支撑镐2支撑的侧梁，按预先设定的工件坐标系将机床找正针移动到侧梁中心线*A*附近的*C*位置，调整*Y*向侧顶螺栓，侧顶螺栓位置如图6所示，使侧梁中心线*A*与找正针尖对齐，手动拧紧*Y*向侧顶螺栓。构架*Y*向找正如图7所示。同理调整同一侧梁*D*位置。

检查有支撑镐3支撑的侧梁中心线*B*，将机床找正针尖对准侧梁端头中心线*B*、*F*位置，以此为基准检查侧梁另一端头中心线*E*位置与找正针尖是否对齐。

设*L*为侧梁中心线距离理论值（mm）；L_1为左侧梁中心线距离实际值（mm）；L_2为右侧梁中心线距离实际值（mm）；L_3为左右侧梁所需调整的量（mm）。不需调整左右侧梁时允许的最大误差值为0.2mm；需要重新调整左右侧梁时允许的最大误差值为1mm。

1）当$|L-L_1|\leqslant 0.2$或$|L-L_2|\leqslant 0.2$时，则进行下一工序。

2）当$0.2\leqslant|L-L_1|\leqslant 1$或$0.2\leqslant|L-L_2|\leqslant 1$

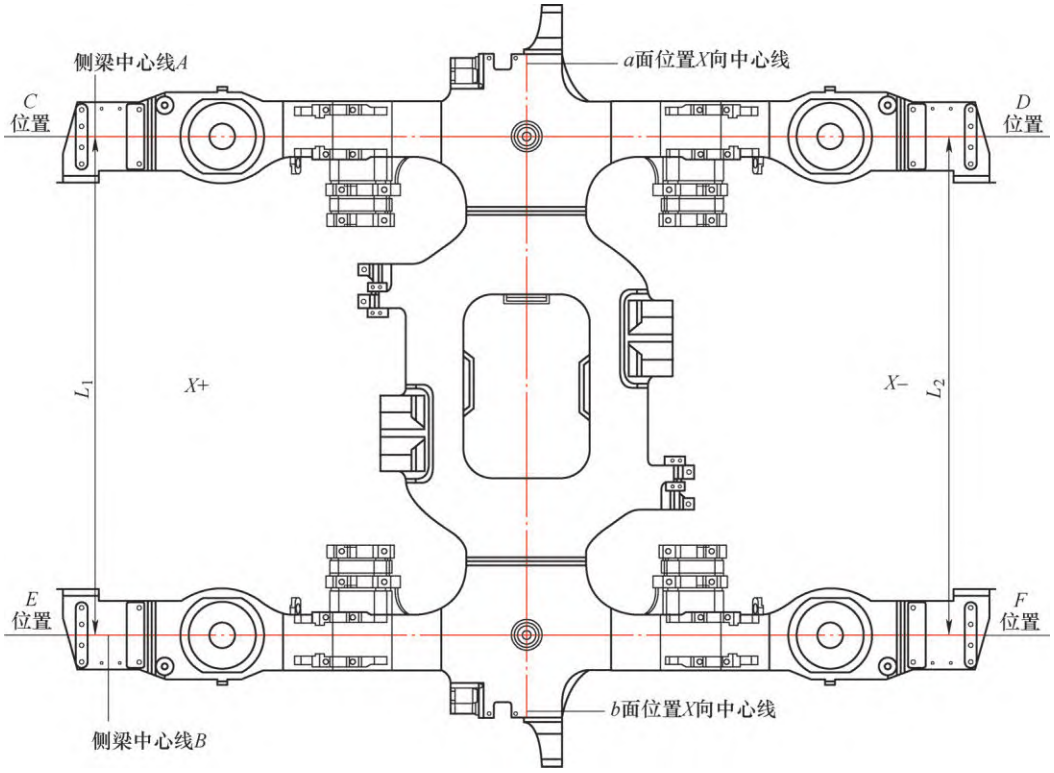


图5　构架结构



图6　侧顶螺栓位置

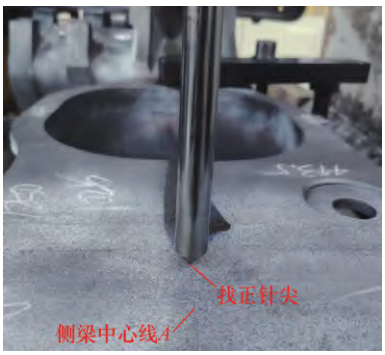


图7　构架Y向找正

时，调整有支撑镐1、支撑镐2支撑的侧梁两端工装侧顶螺栓，使找正针尖与侧梁中心线A相差值$L_3=$｜$L-L_1$｜/2或$L_3=$｜$L-L_2$｜/2。检查有支撑镐3支撑的侧梁中心线B与找正针尖相差值L_3和找正针尖与侧梁中心线A相差值一样，方向对称，即D、F对称，C、E对称。

3）当｜$L-L_1$｜＞1或｜$L-L_2$｜＞1时，则需返回构架划线工序。

（3）X向找正　构架X向找正如图8所示，按预先设定的工件坐标系将机床找正针移动到a面位置X向中心线，调整有支撑镐1、支撑镐2支撑的侧梁两端X向侧顶螺栓，使构架a面位置X向中心线与找正针尖对齐。

检查b面位置X向中心线，找正针尖对准构架横



图8　构架X向找正

梁X向中心线，找正针尖与按预先设定的工件坐标系位置值差值是否在0.2mm以内。

1）如果a面位置X向中心线与b面位置X向中心线之间差值在0.2mm以内，则进行下一工序。

2）如果a面位置X向中心线与b面位置X向中心线之间差值在0.2～0.8mm，设为L_4，再次调整侧顶螺栓，使找正针尖一侧在X向中心线正方向误差$L_4/2$位置，一侧在X向中心线负方向误差$L_4/2$位置。

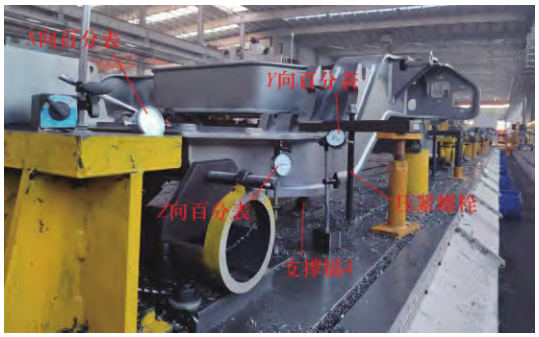
注意此方法必须在两条侧梁中心线平行的情况下使用，如果前期发现两条侧梁中心线不平行且误差在1mm以内，并且a面位置X向中心线误差方向与b面位置X向中心线误差方向一样时，则需按有支撑镐3支撑的侧梁中心线B重新调整构架Y向。

示例：构架a面位置X向中心线在找正针尖正方向位置，构架b面位置X向中心线在找正针尖负方向位置，$L_1>L_2$，则需按侧梁中心线B重新调整构架Y向。

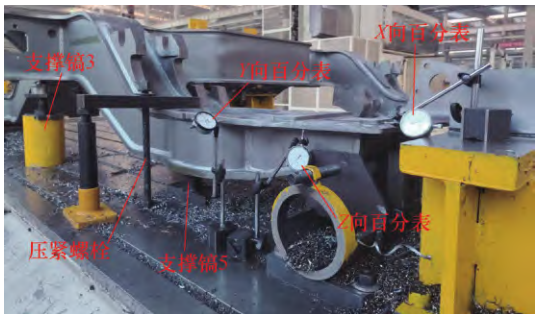
3）如果a面位置X向中心线与b面位置X向中心线之间差值超过0.8mm，则需返回构架划线工序。

3.2 微应变夹紧

首先压紧支撑镐1和支撑镐2，使构架Z向找正线和找正器针尖对齐；然后在构架有支撑镐3侧梁两端X向、Y向和Z向位置分别加装百分表（见图9），分别拧紧支撑镐4、支撑镐5及压紧螺栓，使百分表在压紧前后指针数值相同，由此可视为微应变夹紧。



a）左侧加装百分表位置



b）右侧加装百分表位置

图9 加装百分表

4 检测验证

通过此种方法装夹及加工后的构架，以某产品构架车轴中心线到4处一系弹簧安装面距离（396±0.3）mm为例，构架加工位置如图10所示，经过三坐标测量，一系弹簧安装面距离构架车轴中心线加工精度为0.040mm、0.051mm、0.024mm和0.039mm，平均为0.039mm。而不使用此方法的加工精度为0.271mm、－0.105mm、0.258mm和－0.127mm，平均为0.190mm。可见采用此方法能显著提高加工精度。

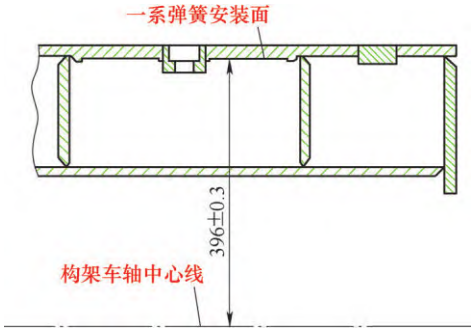


图10 构架加工位置

5 结束语

本文以轨道车辆构架加工为例，对影响加工精度的考料划线、装夹找正和压紧方式等主要因素进行分析，制定构架安装找正准则来消除划线和不规范装夹造成的误差，通过微应变装夹方式，大大提高了加工精度，经生产验证，微应变装夹法适用于所有的构架加工，而且装夹无应力，解决了装夹应力导致的加工后尺寸超差问题，对于类似零部件的高精度加工具有一定的借鉴意义。

参考文献：

[1] 郑建科，王伟，宋兴华，等. 动车组转向架构架转臂定位座精加工技术研究[J]. 组合机床与自动化加工技术，2020（4）：142-144.

[2] 陈仁平. HXD3C电力机车拉杆体划线与加工工艺[J]. 机械制造，2023（12）：44-46.

[3] 李秀艳，王雪岭，王伟，等. 动车组转向架构架加工技术研究[J]. 组合机床与自动化加工技术，2016（2）：141-143，148.

MW 20250307