

工程起重机重要结构件加工工艺创新

吴鹏

太原重型机械集团有限公司 山西太原 030401

摘要：伸缩臂结构、车架结构和转台结构加工内容多，且尺寸、质量都比较大，采用与传统加工不一样的模块化的创新方式，通过拆分结构件，提升了工程起重机大型结构件的装夹加工效率。

关键词：工程起重机；结构件；加工工艺；拆分；创新

1 序言

若干节伸缩臂组装在一起，装配于工程起重机转台上，通过液压缸使其伸缩，用以满足不同的高度和幅度起吊重物，而转台通过回转支承与车架连接，可以在不同的位置进行回转。伸缩臂结构、车架结构和转台结构主要是由高强度钢板经下料、折弯后拼焊组装而成，三者之间的相关配合尺寸及位置需通过加工保证。

我公司生产的工程起重机结构件最长的长度为10m以上，质量最重的为4t以上，加工装夹、翻身辅助时间长，效率低。伸缩臂结构、车架结构和转台结构普遍采用Q690E、Q960E高强度钢材拼装成腔体结构，这些钢材硬度、强度高，韧性强，导热

性差，属于难加工材料，受腔体结构刚性影响，装夹要求高。两方面因素导致加工时间比较长、效率低，安全性也无法保证。因此对工程起重机重要结构件加工工艺进行优化至关重要，本文提出一种创新的加工工艺思路，不仅可大幅提高加工效率，而且更安全。

2 工程起重机组成

工程起重机主要分成两大部分：底盘部分和起重机部分，又称上、下车。特别适用于流动性大、不固定的作业场地。工程起重机主要是由主臂总成、副臂总成、转台总成、底盘总成、伸缩支腿总成、上车操纵室、下车司机室、传动系统、液压系统、配重总成及吊钩总成等组成（见图1）。本文对

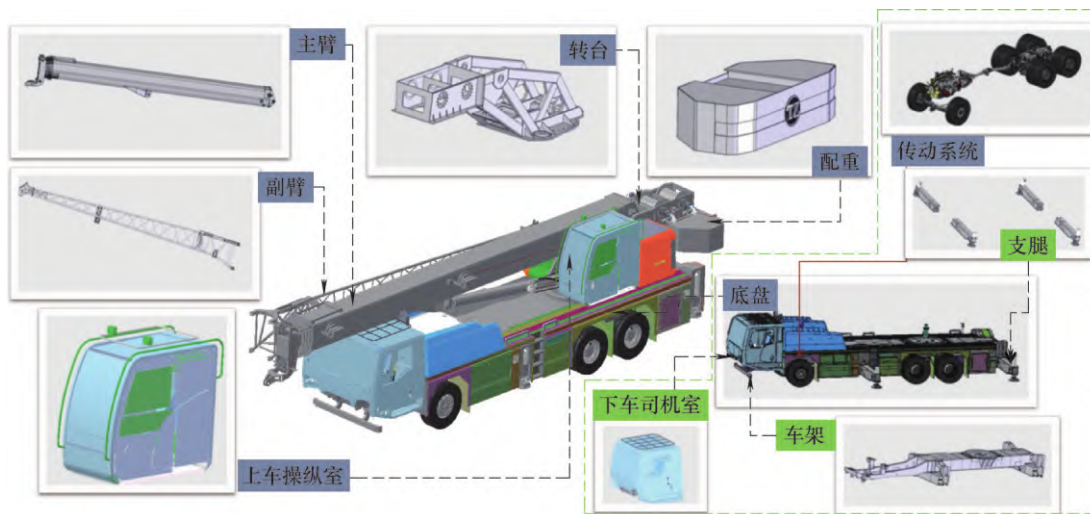


图1 工程起重机组成

其中重要结构件伸缩臂结构、车架结构和转台结构的加工工艺进行研究。

(1) 伸缩臂结构 主臂总成由若干节伸缩臂结构组成, 伸缩臂结构为半封闭式腔体结构, 如图1中所示, 其中中间臂是由臂筒与臂尾拼焊组成, 末节臂是由臂筒与臂头拼焊组成。臂头用来连接滑轮组, 臂尾用来连接伸缩液压缸、滑轮等。

(2) 车架结构 车架结构也叫底盘结构, 为半封闭式腔体结构, 由车架前段与车架后段拼焊组成。车架前段部分用来连接司机室, 车架后段部分用来通过回转支承与转台连接。

(3) 转台结构 转台结构为半封闭式腔体结构, 是由转台前段与转台后段拼焊组成。转台前段上半部分用来连接变幅液压缸、伸缩臂, 转台前段下半部分用来通过回转支承与车架连接, 转台后段与卷筒连接。

3 工程起重机重要结构件加工工艺及现状

3.1 伸缩臂结构加工工艺

液压缸、滑轮连接孔及端面的加工要求是: 孔径 $\leq \phi 120\text{mm}$, 垂直度 $\leq 0.12\text{mm}$, 同轴度 $\leq \phi 0.05\text{mm}$, 尺寸公差等级IT7~IT8, 孔及面加工单边余量 $\leq 5\text{mm}$ 。

伸缩臂传统加工工艺是臂筒与臂尾、臂头焊接成整体结构件, 划线后整体在机床上装夹加工。因伸缩臂臂筒部分较长, 在机床上来回起吊十分不安全, 装夹占用时间比较长, 另外因其为腔体结构, 受加工刚度影响, 对装夹要求比较高, 且普遍采用Q690E、Q960E高强钢材, 因此综合加工效率低。

我公司采用传统结构件整体加工工艺, 伸缩臂结构加工节拍16h, 加工费用为3200元/件。

3.2 车架结构加工工艺

回转支承面及螺纹孔加工要求是: 螺纹孔 $\leq M30$, 螺纹孔深度 $\leq 54\text{mm}$, 螺纹孔位置度 $\leq 0.5\text{mm}$, 螺纹孔垂直度 $\leq 0.1\text{mm}$, 回转支承平面度 $\leq 0.2\text{mm}$, 回转支承面加工余量 $\leq 5\text{mm}$ 。

车架结构传统加工工艺是车架前段、车架后段焊接成整体结构件, 划线后整体在机床上装夹加工。因车架结构整体较长, 在机床上来回起吊十分不安全, 装夹的时候占用时间比较长, 且车架为腔体结构, 受加工刚度影响, 对装夹要求比较高, 又

普遍采用Q690E、Q960E高强钢材, 因此综合加工效率低。

我公司采用传统结构件整体加工工艺, 车架结构加工节拍36h, 加工费12000元/件。

3.3 转台结构加工工艺

转台结构加工要求具体如下。

(1) 回转支承安装面及螺纹孔 螺纹孔 $\leq M30$, 螺纹孔位置度 $\leq \phi 0.5\text{mm}$, 螺纹孔垂直度 $\leq 0.1\text{mm}$, 回转支承面平面度 $\leq 0.1\text{mm}$, 回转支承面表面粗糙度值Ra为6.3 μm 。

(2) 回转减速机孔、安装面及螺纹孔 回转减速机孔 $\leq \phi 250\text{D}9$, 螺纹孔M12, 回转减速机孔 $\phi 250\text{mm}$ 与回转支承中心位置公差 $\leq 0.1\text{mm}$, 孔系平行度 $\leq 0.06\text{mm}$, 孔同轴度 $\leq \phi 0.04\text{mm}$ 。

(3) 连接孔 与伸缩臂连接的孔 $\leq \phi 120\text{E}8$, 与变幅液压缸连接的孔 $\leq \phi 120\text{E}8$ 。

(4) 工件材质 材质要求为Q690E、Q890E和Q960E等。

(5) 加工余量 各面单边留余量5mm, 各孔单边留余量5mm。

转台结构传统加工工艺是转台前段、转台后段焊接成整体结构件, 划线后整体在机床上装夹加工^[1]。因转台结构整体较大、质量大, 考虑到转台结构局限性及加工工艺要求, 不能一次装夹完成全部加工工序, 因此需要二次加工, 二次加工中转台翻转困难, 在机床上来回起吊十分不安全, 装夹占用时间比较长, 且转台为腔体结构, 受加工刚度影响, 对装夹要求比较高, 且普遍采用Q690E、Q890E和Q960E高强钢材, 因此综合加工效率低。

我公司采用传统结构件整体加工工艺, 转台结构加工节拍48h, 加工费用28800元/件。

4 工程起重机重要结构件加工工艺创新

伸缩臂结构、车架结构和转台结构作为工程起重机重要的结构件, 加工工艺内容较多, 目前加工工艺均为结构件整体加工, 其中转台结构加工涉及到二次翻身, 工件大是翻转最难应对的问题, 加工装夹时间长, 极大影响生产效率且不利于加工精度的保持。不难看出, 工程起重机重要结构件除了自身体量大, 而且加工内容较多, 安全性也受到很大的挑战, 为此, 提出以下创新做法。

大结构件整体加工耗时耗力，基于大结构件各加工内容之间无配合及精度要求，拆分成若干小结构件加工后，再用焊接工装保证必要的焊接精度，一方面可避免大结构件较困难的起吊及翻转，提高工件加工过程中的安全性；另一方面小结构件加工效率可大大提高。具体措施如下。

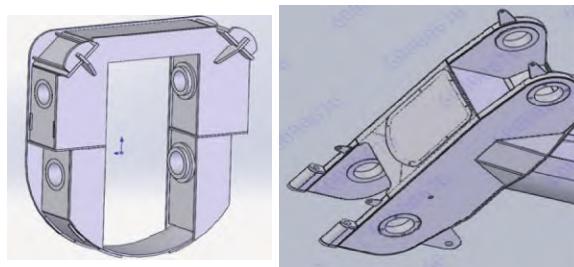
(1) 伸缩臂结构 中间臂拆分为臂筒、臂尾两部分，中间臂加工臂尾后再与臂筒焊接，末节臂加工臂头后再与臂筒焊接。臂头和臂尾单独加工如图2所示。

(2) 车架结构 拆分为车架前段、车架后段两部分，车架后段加工后再与车架前段焊接拼装成车架结构，如图3所示。

(3) 转台结构 拆分为转台前段、卷扬箱，转台前段、卷扬箱分别加工后再合焊，如图4所示。对于转台结构拆分后的转台前段，基于自身结构及加

工工艺考虑，加工过程必须涉及2道加工工序（装夹姿态见图5），工序1：加工回转支承面及螺纹孔、回转减速机孔及螺纹孔。工序2：加工伸缩臂连接孔及面、变幅液压缸连接孔及面。需二次翻转装夹，考虑加工第一件工件工序的同时装夹第二件工件，间接省去装夹时间，提高加工效率。

加工工艺优化后可大大降低生产制造成本，提



a) 臂尾

b) 臂头

图2 臂头、臂尾单独加工

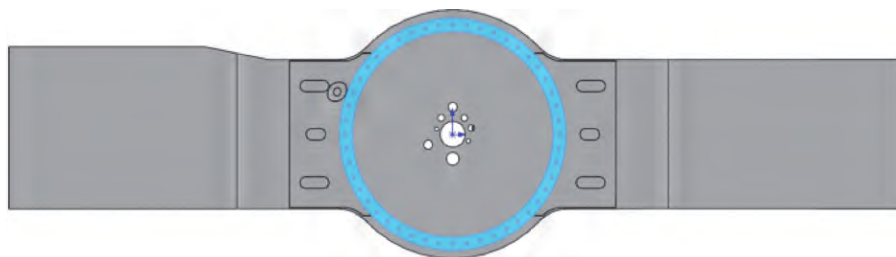


图3 车架后段加工后与车架前段（不加工）合焊

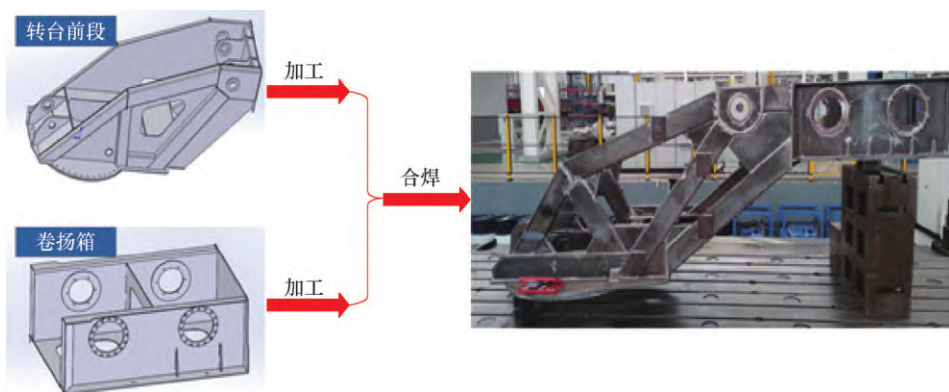
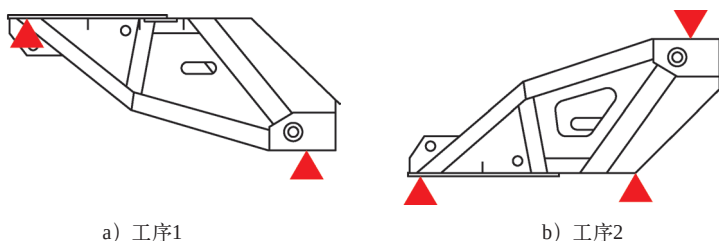


图4 转台前段、卷扬箱分别加工后合焊



a) 工序1

b) 工序2

图5 转台前段机械加工装夹姿态

升安全性的同时，大幅提高生产效率。加工工艺优化并成功运用后^[2]，对我公司55t汽车起重机产品统计，加工节拍经计算达到了以下技术目标。

- 1) 伸缩臂结构、车架结构和转台结构经焊接、加工检验均满足图样技术要求。
- 2) 伸缩臂结构加工节拍提升至13h，车架结构加工节拍提升至29h，转台结构加工节拍提升至

33.6h。经对比分析，伸缩臂结构^[3]、车架结构加工效率均提高20%，转台结构加工效率提高30%。

- 3) 一台汽车起重机包含伸缩臂结构5件，车架结构1件，转台结构1件，其中伸缩臂加工费用3200元/件，车架结构加工费用12000元/件，转台结构加工费用28800元/件。每台起重机的结构件加工工艺优化后的经济效益见表1。

表1 加工工艺优化后的经济效益

序号	加工件	优化前节拍/h	优化后节拍/h	提升效率 (%)	经济效益/ (元/台)
1	伸缩臂结构	16	13	20	$5 \times 3200 \times 20\% = 3200$
2	车架结构	36	29	20	$12000 \times 20\% = 2400$
3	转台结构	48	33.6	30	$28800 \times 30\% = 8640$
合计					14240

单台汽车起重机创造经济效益共14240元。我公司目前规划汽车起重机批量产品达2000台，规模效益十分显著。

5 结束语

本文主要中心思想是拆分结构件为加工单元，产品按此工艺优化执行后，伸缩臂结构、车架结构和转台结构通过加工工艺合理拆分，加工中保证零部件单元自身配合尺寸及精度要求，在焊接工装保证必要的焊接精度前提下，拆分加工后焊接，产品检验后符合焊接与加工图样技术要求，此方案切实可行，达到了检验要求和预期效果。

按照此工艺方案优化工程起重机的重要结构件加工，后期产品在使用过程中均未出现装配间隙不符合图样技术要求的情况，保证了各相关配合尺寸，运行平稳，伸缩、回转顺畅，满足了产品使用性能要求。

此加工工艺创新方法打破了传统焊接结构件的整体加工模式，通过合理拆分，焊接与加工有效配合，避免了传统加工过程中的相对不安全与效率低等问题。

本文提出的工程起重机重要结构件加工工艺创新路线，为近年来工程机械领域类似结构件的加工提供了借鉴经验。基于大结构件各加工内容之间无配合及精度要求，拆分成若干小结构件加工后，再用焊接工装保证必要的焊接精度，一方面可避免大结构件较困难的起吊及翻转，提高工件加工过程中的安全性，另一方面小结构件加工效率可大大提高。

大型结构件拆分加工单元在一定程度上也属于模块化工艺，拆分单元互换性强，批量化模式下灵活性十分高，一定程度上能减少产品不合格返修，为工程机械类产品流水线加工工艺提供了一种创新思路，配合液压夹具、翻转机构等专业工装，效率进一步显著提高，企业效益进一步扩大。

参考文献：

[1] 吕名伟, 王鑫, 龙郭俊. 薄壁结构件装夹工艺分析与优化[J]. 机械制造与自动化, 2024, 53 (3) : 84-87.

[2] 杨叔子, 李斌, 张福润. 机械加工工艺师手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.

[3] 汤爱君. 薄壁结构件铣削加工变形理论及其应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2014.

MW 20240620

欢迎关注：金属加工在线

“金属加工在线”汇聚新闻、技术、产品与市场等内容，纸媒、数字媒体、活动、图书与服务五位一体，是该领域一流的信息服务平台和推广服务平台。



更多信息和专题技术
早知道 请扫描