中国煤炭行业知识服务平台（中国煤炭期刊网）
CHINA COAL INDUSTRY KNOWLEDGE SERVICE PLATFORM

推荐阅读：

“智能化煤矿建设关键技术”专题

智能化煤矿分类、分级评价指标体系

煤矿智能化标准体系框架与建设思路

煤矿智能化(初级阶段)研究与实践

综采工作面煤层装备联合虚拟仿真技术构想与实践

煤矿井下随钻测量定向钻进技术与装备现状及展望

智慧煤矿主体架构设计与系统平台建设关键技术

虚拟现实技术在煤矿领域的研究现状及展望

德国工业 4.0 与中国煤机装备智能制造的发展

智慧煤矿与智能化开采技术的发展方向

智能矿井安全生产大数据集成分析平台及其应用

基于 TOA 压缩感知的矿井分布式目标定位方法

松软突出煤层瓦斯抽采钻孔施工技术及发展趋势

我国煤层气钻井技术及装备现状与展望

煤矿井孔钻进技术及发展

2311m 顺煤层超长定向钻孔高效钻进技术

我国煤矿区钻进技术装备发展与应用

煤矿井下人员精确定位方法

智慧矿山建设架构体系及其关键技术

矿山工程信息物理系统研究及挑战

智能化无人开采系列关键技术之一——综采智能化工作面调斜控制技术研究

中国煤炭行业知识服务平台www.chinacaj.net

8.8 m 回撤液压支架结构件制造工艺研究

张国民[1],朱永战[2]
(1.神华神东煤炭集团有限责任公司,陕西 神木　719315;2. 平顶山平煤机煤矿机械装备有限公司,河南 平顶山　467001)

摘　要:通过对液压支架结构件制造过程的研究,利用有限元分析,确定回撤液压支架制作的关键点,从中找到提高的方法。制定合适的钢板预处理方案;找出特殊零件的下料工艺要点,制定合适的零部件制作方案;根据部件特点设计组装工装,优化组装焊接顺序,减小焊接应力;制定合理的焊前预热及焊后消氢方案,达到消除应力的效果。

关键词:液压支架;焊前预热;工装;消氢处理;制造工艺
中图分类号:TD263　　**文献标志码**:B　　**文章编号**:0253-2336(2019)S2-0036-04

Research on manufacturing process of withdrawal hydraulic support structural

ZHANG Guomin[1], ZHU Yongzhan[2]
(1.*Shenhua Shendong Coal Group Co., Ltd.*,*Shenmu*　719315,*China*;2.*Pingdingshan PMJ Coal Mine Machinery Equipment Co., Ltd.*,*Pingdingshan*　467001,*China*)

0　引　　言

液压支架作为三机一架配套中的重要构件,其设计制作质量的好坏,直接影响支架的使用寿命及井下工作人员的安全。回撤支架工作阻力大、采高大,结构件中涉及的板材种类比较多,焊缝的接头形式比较复杂;因此要保证回撤支架结构件的承载能力,支架结构件从钢板的下料,零部件的制作,及组装焊接工艺就必须达到极高水平,才能有效保证结构件质量。笔者通过对神东 8.8 m 回撤液压支架受力情况的分析,从制造环节,研究支架结构件的工艺方法。

1　8.8 m 回撤专用掩护支架使用背景及受力分析

近年来,随着国内外煤炭开采技术的高速发展和采掘机械化程度的迅速提高,综采工作面的接续时间越来越短,综采工作面的设备搬家次数由以前的 1 年 1 次缩短到 1 年 2 次或 3 次以上,因此综采搬家工艺亟待改革创新。

现有综采工作面回撤工作中,大多数利用单体支柱配合钢梁来支护撤架作业空间,而单体支柱、钢梁支护等往往存在操作复杂、不能及时支护顶板等问题,此外,还存在支撑能力不足的隐患,不能有效控制顶板的变形、来压,同时也会丢失大量的支柱、钢梁及木跺等,对安全生产造成严重的影响。因此,在国家日益重视安全的今天,必须对综采搬家工作中存在的危险工序与工艺进行改革创新,从而实现安全生产,保障人民的生命财产安全。

目前,国内大采高综采工作面的回撤通道高度一般不超过 5 m,且工作面顶板压力较小。随着工作面采高的加大,设备质量的增加,对于回撤作业中的顶板管理、设备回撤带来了更大的困难。神华神东煤炭集团有限责任公司新研制的 8.8 m 回撤专用掩护支架,有效解决其 8.8 m 超大工作面回撤作业的需要。

根据 8.8 m 超大采高综采工作面液压支架回撤工艺特点,对回撤专用掩护支架的结构形式、功能特点进行研究,满足回撤作业要求。根据回撤支架在井下受力情况,对支架整体结构进行分析,最终确定回撤支架三维结构图。

采用有限元分析技术对支架强度、抗冲性能和寿命进行综合研究,并对关键部件的损坏机理,结合损伤理论,建立大工作阻力、大支护高度回撤支架可靠度评估体系,提高支架的可靠性。

根据回撤支架的特点,结合有限元分析,确定回撤支架结构件的制作有以下关键点:钢板下料前的预处理;关键零部件的下料及制作工艺优化;设计合适的工装以保证组件的组装精度;选择合理的焊接顺序以减少焊接变形;采用焊前预热及焊后消氢处理的方法,以减少裂纹出现的可能性。

收稿日期:2019-06-15;**责任编辑**:赵　瑞
作者简介:张国民(1981—),男,陕西神木人,高级工程师,副经理。E-mail:zgm1936@sina.cn

中国煤炭行业知识服务平台www.chinacaj.net

2 结构件钢板预处理

实际生产中,钢板表面预处理的程度,也就是钢板抛丸除锈是否完全,会直接影响到结构件整体喷漆的效果。如果除锈不彻底,在焊接过程中会出现焊缝不熔合的缺陷,也会造成支架结构件表面油漆脱落的现象。目前,液压支架制造采用国标 GB 8923—1988《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级标准》。钢板数控切割下料前必须进行抛丸除锈,执行 Sa2.5 级彻底的喷射除锈,钢板表面无可见的油脂、污垢、氧化铁、铁锈和油漆图层等附着物,任何残留的痕迹应仅是点状或纹状的轻微色斑。

3 关键零部件制作工艺

根据结构件部件特点,结合生产实际及以往经验,在部分部件的特殊零件制作过程中,需要对关键零部件作特殊处理。

3.1 顶梁及掩护梁铰接孔预镗

因顶梁与掩护梁均为双侧死侧板结构,在铰接孔的挡销环由于位置限制,挡销环需要比死侧板先拼焊,为保证挡销环精确定位,因此需要预镗铰接孔保证拼装挡销环时定位精度。同时,通过预镗铰接孔也为顶梁拼装平衡耳板提供了定位基准。

3.2 顶梁柱帽下十字筋加工

顶梁柱帽为下弯板为十字筋箱体结构,为保证柱帽能够落底,且受力良好,十字筋的加工为关键点。顶梁柱帽结构如图 1 所示。

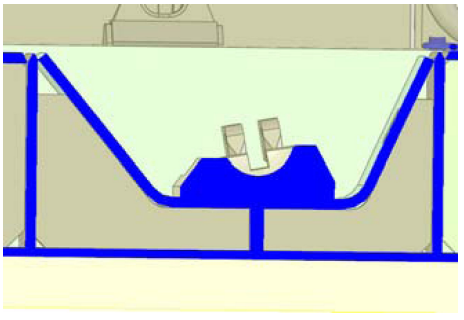


图 1 顶梁柱帽结构

因其箱体结构的特殊性,为保证十字筋能够与顶梁顶板严密贴合,需要对十字筋上下两面进行铣削处理,且加工精度偏差只允许为 0~0.3 mm。铣削时,需要十字筋纵横筋板点拼一起,整体加工,以保证筋板高度的一致性。拼装时,把十字筋纵横筋板,以下底边为基准,在特殊制作的平台上,拼装点固后整体拼装在顶梁顶板上;同时,十字筋上盖板为压弯板件,在压弯制作过程中,要严格保证与十字筋贴合面的平面度,以保证柱帽能够紧密贴合弯盖板。

3.3 掩护梁贴板增加塞焊孔

回撤掩护式液压支架掩护梁后端铰接孔处贴板外形较长,贴板焊接后因焊接应力的原因,在铰接孔处会出现主筋与贴板的分层现象,从而导致铰接销轴受力不均而缩短销轴使用寿命。为避免这一情况的发生,特制定在铰接孔附近增加塞焊孔的方法,在焊接贴板之前,先把塞焊孔焊接完全,而使焊接应力均匀分布,减少不利因素的影响。塞焊孔具体位置如图 2 所示。

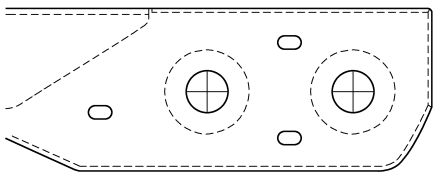


图 2 掩护梁贴板处增加塞焊孔示意

3.4 顶梁掩护梁长盖板两侧增加铣边

顶梁掩护梁盖板均为长盖板,且盖板多为压弯外形,同时盖板多为大坡口熔透型焊缝,焊接过程极易因焊接应力而导致整体变形;为减小因焊接应力变形,既要控制盖板的拼装间隙,也要保证长盖板的宽度尺寸均匀。因此,对顶梁掩护梁长盖板下料后增加两侧铣边工序,来保证盖板宽度尺寸的一致性,同时控制合适的拼装间隙,以保证因焊接应力变形的影响在可控范围之内。

4 结构件组装工艺

根据以往液压支架的批量生产经验,结合回撤支架的结构特点,同时考虑到焊接变形的影响,回撤支架的主要结构件,也即顶梁、掩护梁及底座的拼装方案可以概括如下。顶梁与掩护梁可分为 3 次组装完成:一次组装基本上是顶板、主筋及箱体内横筋板,二次组装为盖板与死侧板,三次组装为柱帽、上层盖板及液压系统附件。底座则需要四次拼装完成:一次组装底板、主筋、过桥及横筋板,二次组装柱窝及套筒管子,三次组装盖板,四次组装液压系统附件。

4.1 设计合适工装

为保证结构件的拼装精度,提高结构件的拼装质量,设计使用合适的工装是首要条件。

4.1.1 顶梁、掩护梁、底座使用整体拼胎

针对顶梁、掩护梁、底座的结构特点,专门研究一种一次组装用整体拼胎。因其具有可调节性,所以在顶梁掩护梁底座一次拼装时均可以使用。此胎具主要由整体底板,可调节导轨,可移动定位板限位板组成。胎具结构简图如图 3 所示。

中国煤炭行业知识服务平台www.chinacaj.net

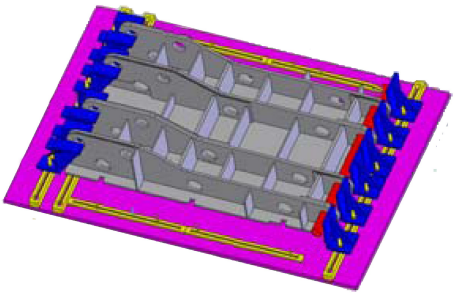


图 3　可调节胎具使用示意

可调节胎具为一次拼装整体拼胎,在使用时,根据结构件的尺寸,来调整合适的胎具尺寸。比如根据掩护梁的总长度尺寸,选择合适的导轨达到调节胎具总长的目的;然后把掩护梁的顶板放置在垫板上,进行微调,达到合适的位置;根据掩护梁各主筋档距的尺寸,移动可调节主筋定位块,从而确定主筋横向相对位置,然后使用具有微量间隙配合的拼轴,串过掩护梁前端预镗的铰接孔,来保证 4 个主筋纵向相对位置的一致性。同理,在拼装顶梁和底座时,只需要根据构件的实际尺寸,调节胎具的定位板限位板位置,既可以实现拼装。此胎具在有效保证结构件拼装精度的同时,又可以提高拼装效率,一胎多用,可节省制作胎具所用材料,节约生产成本。

4.1.2　顶梁、掩护梁平衡耳板组装工装

回撤掩护式支架,顶梁和掩护梁之间需要用平衡千斤顶连接,以调节支架的平衡,其安装精度要求较高,且铰接孔配合间隙较小。因此,在顶梁、掩护梁拼装平衡耳板时需要用工装来保证精度。因顶梁和掩护梁连接的铰接孔均已预镗孔,可以利用预镗的铰接孔进行基准定位,利用工装进行拼装。具体工装,如图 4 所示。

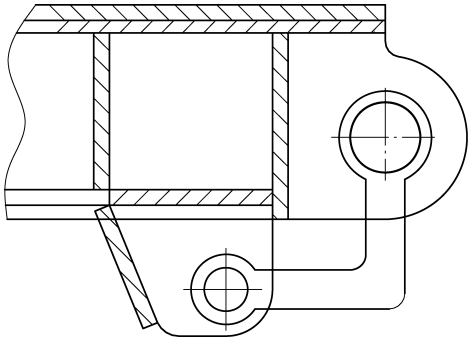


图 4　平衡耳板工装使用示意

平衡耳板工装由 1 个连板和 2 个拼轴组成;铰接孔为预镗过的光孔,平衡耳板孔已经钻成,两拼轴分别串在预镗的铰接孔和平衡耳板孔之间,同时使用连板连接两拼轴,从而达到借助铰接孔基准,定位平衡耳板位置的目的。此方法既简便,又可以对平衡耳板的形位公差起到精准定位作用。

4.1.3　底座柱窝使用定位盘进行组装

为保证主架左右立柱能够同步升降,底座柱窝拼装时精度要求也比较高,需要底座四主筋增加柱窝定位孔,同时使用特殊工装对柱窝进行定位,以保证精度。底座拼装定位盘使用示意如图 5 所示。

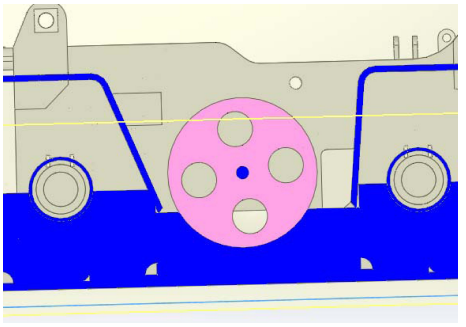


图 5　底座拼装定位盘使用示意

此胎具由 1 根细长拼轴、1 个定位盘组成,定位盘外径与柱窝窝心尺寸有微量公差。使用时,在预先钻完孔底座 4 个主筋中,串过一根有微量间隙配合细长轴,在柱窝最低位置放置一定位盘,拼轴串过定位盘中心,然后转动定位盘,根据定位盘与柱窝窝心间隙来调整柱窝位置,从而起到定位作用。

5　结构件焊接工艺

5.1　高强钢板焊接性能

回撤支架使用高材质钢板比例较高,顶梁、掩护梁、底座等主要构件均为 Q690 钢板,因此对 Q690 钢板的焊接性能进行分析。影响钢板焊接性能的主要为钢板的化学成分,然后利用碳当量来判定材料的焊接性能。Q690 钢板的化学成分见表 1,Q690 钢板的力学性能见表 2。

表 1　Q690 钢板化学成分　%

w(C)	w(Mn)	w(Si)	w(P)	w(S)	w(Cr)	w(V)
0.14	1.03	0.27	0.013	0.002	0.25	0.045
w(N)	w(Nb)	w(Ti)	w(Mo)	w(Ni)	w(B)	w(Cu)
0.005	0.021	0.016	0.23	0.03	0.0018	0.02

表 2　Q690 钢板力学性能

R_{el}/MPa	R_m/MPa	A/%	A_{kv}/J(-20 ℃)
825	847	17.5	234,233,224(230)

根据国际焊接学会推荐的碳当量计算公式,按表 1 计算出 Q690 钢板碳当量为

$$w(CE)=w(C)+w(Mn)/6+w(Cr+Mo+V)/5+w(Ni+Cu)/15=0.42\%$$

根据以上公式计算可知,Q690 钢板的碳当量为 0.42%>0.4%,一般情况下,当钢板的碳当量大于等于 0.4%时,焊接性能就会比较差。因此,在焊接时需要采用高的预热温度进行焊前预热,并且焊后需

中国煤炭行业知识服务平台www.chinacaj.net

要采用合适的方式进行后热处理,同时选用合适的焊材才能保证焊缝质量。

5.2　焊前预热温度

根据欧洲标准 DIN-EN-1011-2《焊接金属材料的建议.第 2 部分铁素体钢的弧焊》,给出预热温度的计算公式如下,

$$T_p = T_{pCET} + T_{pd} + T_{pHD} + T_{pQ}$$

式中:$T_{pCET} = 750C_E - 150$ 表示碳当量 C_E 对预热温度的影响,可通过查表得出;$T_{pd} = 4.57dt\tan h - 110$ 表示板厚对预热温度的影响,d 为板厚,可根据板厚查表得出;$T_{pHD} = 62C_H^{0.35} - 100$ 表示焊缝金属氢含量 C_H 对预热温度的影响,可通过查表得出;$T_{pQ} = (53C_E - 32)Q - 53C_E + 32$ 表示热输入对预热温度的影响,也可通过查表得出。

根据支架设计,焊接母材按板厚 δ20~60 mm 进行计算,最终可得到预热温度均不高于 82 ℃。为减小运转过程中对热量的损失,焊接时采用预热温度 100~150 ℃。为保证构件整体受热均匀,回撤支架顶梁、掩护梁、底座、连杆推杆等部件,均进行加热炉内整体预热。钢结构焊前整体预热可以有效提高焊缝扩散氢的溢出,防止焊接冷裂纹的产生。

5.3　焊前过程及焊接顺序

在焊接过程中,要选择合适的焊接参数,针对不同部件结构特点,制定出合理的焊接顺序,可以有效减少焊接变形和焊接应力的产生。对于对称部件,无法使用焊接机器人焊接的采用双人对称同行焊接;对于条件允许的长直段焊缝,利用焊机人双机器手进行对称焊接,既可有效提高焊接速度,又可以得到优良的焊缝。在焊接过程中,对于已焊接和未焊接焊缝均要做好保温措施,避免因降温过快而产生氢致裂纹。

5.4　焊后消氢处理

为有效保证焊缝中扩散氢的溢出,含有箱体的部件,在焊后均需进行消氢处理。在实际生产中,多采用大型消氢炉进行加热保温,再降温处理。

在加热过程中,加热速度应满足以下要求:$R_1 \leqslant 220\times25/d$,且最大不超过 220 ℃/h,其中,$R_1$ 为加热速度,d 为板厚,最小加热速度应不低于50 ℃/h。

在冷却过程中,冷却速度应满足下列要求:$R_2 \leqslant 275\times25/d$,且最大不超过 275 ℃/h,其中,$R_2$ 为冷却速度,d 为板厚,最小冷却速度应不低于50 ℃/h。

同时,因 Q690 高强度钢板在后热处理时,要严格避开脆硬区间,其消氢处理保温温度应控制在 350 ℃左右。具体消氢曲线如图 6 所示。

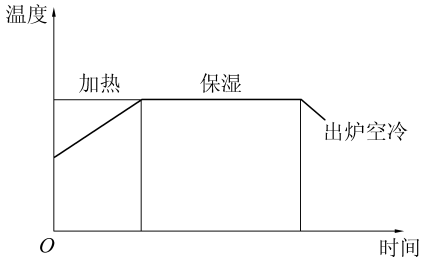


图 6　结构件消氢处理工艺曲线

消氢处理可以增加焊缝焊接后冷却时间,使焊缝中的扩散氢有足够多的时间完全溢出,有效减少焊接冷裂纹的产生,也可使构件起到时效作用,较少焊接残余应力的产生。

6　结　　语

在回撤掩护式支架结构件的生产过程中,通过有限元分析的方法,找出支架制作中的关键点,对其要点进行逐一分析,分别制定合适有效的措施,用来保证零部件、组装以及焊接的质量,既提高了生产效率,又使整架的质量得到有效保证。

参考文献:

[1]　陈祝年.焊接工程师手册[M].北京:机械工业出版社,2002.
[2]　史耀武.焊接技术手册[M]. 北京:化学工业出版社,2009.