

关于电焊机伸缩式气缸的设计探讨

米社虎¹, 田稷源¹, 米蒙², 杨文龙¹, 李靖¹, 任苏轩¹

(1.西安工业大学 北方信息工程学院, 陕西 西安 710025; 2.陕西汉德车桥有限公司, 陕西 西安 710210)

摘要 电焊机是现代工业重要的工艺装备,已广泛应用于冶金、建筑、机械、汽车、轻工、电力等不同领域。然而爬墙式电焊机在作业过程中意外断电时,从空坠落,造成严重不安全事故。该文第二代移动升降式电焊机采用多级伸缩式气缸作为升降系统,可对高为0~4.5m的三维空间结构实施焊接,从根本上解决了第一代爬墙式电焊机作业过程中不安全的弊端。此外,对气缸进行计算、校核工作过程分析以及防尘结构的创新设计,提高了升降式电焊机的可靠性和使用寿命,从而保证了电焊机安全、高效的工作。

关键词 爬墙式电焊机;升降式电焊机;多级伸缩式气缸

中图分类号 :TH138.51 **文献标志码** :A **文章编号** :1008-0813(2015)04-0055-05

The Design of Telescopic Cylinder for Electric Welding Machine

MI She-hu¹, TIAN Ji-yuan¹, MI Meng², YANG Wen-long¹, LI Jing¹, REN Su-xuan¹

(1.Xi'an Technological University North Institute of Information Engineering, Xi'an 710025, China;

2. Shaanxi Hande Axle Co., Ltd., Xi'an 710210, China)

Abstract :Electric welder is one of the most important technological devices in modern industry and has been applied in diverse kinds of fields including metallurgy, construction, machinery, automobile, light industry, electric power etc. However, electric welder with climbing type will fall and lead to serious security incidents when interruption of power supply occur. In this paper, electric welder with elevator type, the second generation welder using multi-telescopic cylinder as the lifting system, can safely accomplish welding in three-dimensional space with the height ranging from 0 to 4.5 metre and avoids the defects appearing in electric welder with climbing type radically. Moreover, computation, verification and creative design in dustproof structure can enhance the reliability and lifetime in electric welder with elevator type in order that safety and high efficiency ensured in electric welder work.

Key words :electric welder with climbing type; electric welder with elevator type; multi-telescopic cylinder

0 前言

目前,我国已经成为世界上的电焊机制造大国,电焊机的市场容量结束飞速发展的阶段,进入了相对平稳的发展周期。市面上焊接的方式和种类繁多。根据电焊机的使用状态分,大致可分为:手工式焊接机、固定机座式自动焊机、小车式水平移动焊机、机械臂式自动焊机等。不同种类的电焊机部分满足了不同场合的焊接要求。

手工焊接的优点是操作方便,使用灵活,适应性强,缺点是对技术工人的技术要求高,危险性高,生产效率低。固定机座式焊机与机械臂式焊机的优点是机械效率较高,可大批量生产,缺点是整体机动性较低,不可大范围移动焊接。小车式水平移动焊机优点是可进行二维平面的自动焊接,效率较高,缺点是只能在水平面内焊接,不易实现对三维空间的焊接。综合以上电焊机的不足,我们在全国三维数字化创新设计大赛

(简称全国3D大赛)上设计的一代爬墙式电焊机,其优点是机动性能好,可在三维立体空间实施焊接,但缺点是爬墙式焊机在安全性与可靠性方面不能100%的保障。

为了解决爬墙式电焊机的安全性不能100%保障的缺点,我们提出了解决问题的新思路,如何不爬墙就可在空间立体方位进行焊接呢?设想,焊车行走于地面,在焊车上增加一个升降系统,并把焊头安装在升降系统上,实现焊车、升降系统和焊头的有机结合,从而不用爬墙即可实现三维空间焊接。由此可100%地保证电焊机的安全性和可靠性。下一步,我们提出了选用多级伸缩式气缸来作为升降系统的设计方案。所以,解决气缸的工作原理和内部结构是设计的核心所在。

1 设计多级伸缩式气缸的工作顺序

如图1,为了满足升降要求,设计伸缩式气缸的工作顺序如下:受力面积大的缸先运动,受力面积小的缸后运动,并且先升的缸先降,后升的缸后降的工作顺序。如何才能控制气缸按照此原理正常工作呢?接下

收稿日期:2014-09-04

作者简介:米社虎(1956-),男,陕西西安人,工程师,学士,研究方向为新型汽车发动机。

来,进行理论分析。

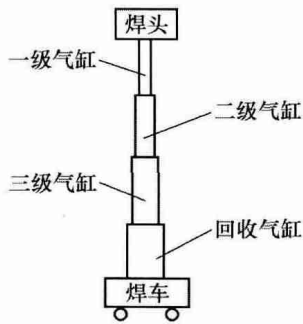


图1 第二代移动升降式电焊机示意图

设计气缸以空气为介质,空气压缩机提供动力,结合控制阀来控制气缸的上升与下降,从而实现焊头在竖直方向上的运动。从基本原理分析,气缸的分级上升是依靠各级气缸的受力面积大小来决定的。

以气缸的上升为研究过程,在压力 $p=A$ 的条件下(压力 $A >$ 气缸自重)如图2所示, S_1 、 S_2 、 S_3 分别是一级、二级、三级气缸的受力面积。方案一:只给 S_1 面施加空气压力,方案二:同时给 S_1 、 S_2 面加压,方案三:同时给 S_1 、 S_2 、 S_3 面加压。

在三种方案中最复杂情况是方案三,所以在这种情况下为了保证 S_1 的一级气缸先上,分析得出:

条件一: $S_1 > S_2$,

条件二: $S_1 > S_2 + S_3$,

最终确定条件: $S_1 > S_2 + S_3$ 。

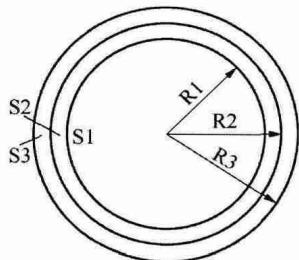


图2 一、二、三级气缸受力面积模型

上升的过程分为三个阶段:第一阶段:当气体进入气缸内, S_1 面受力最大,当受力超过一级气缸上升所需的临界力时,一级气缸上升。第二阶段:当一级气缸升到一定位置时,卡住并带动二级气缸向上运动。同理,第三阶段的上升过程与第二阶段相同。最终可使气缸达到极限高度。合理设计每级气缸的直径是关键所在。

1.1 正常工作下的尺寸要求

一级气缸受力面积要大于二、三级气缸受力面积之和,所以 $S_1 > S_2 + S_3$,即 $\pi r_1^2 > \pi r_2^2 + \pi r_3^2$

得到: $\frac{r_3}{r_1} < \sqrt{2}$

1.2 设计气缸直径

基于solidworks的质量评估,初选气缸材料为45号钢,首先确定焊头的质量,如图3所示,焊头的总重约为75kg。

每级气缸质量为 $m_1 \approx 36\text{kg}$ $m_2 \approx 49\text{kg}$ $m_3 \approx 61\text{kg}$

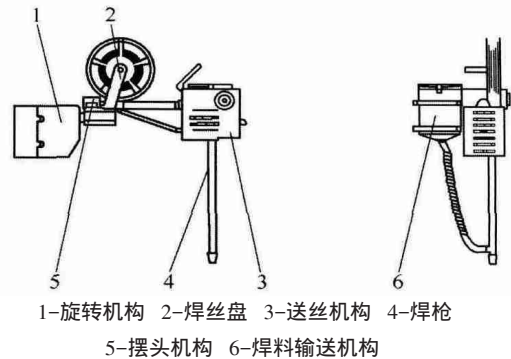


图3 焊头结构图

在焊接时,根据母材不同,厚度不同,假设平均上升(下降)速度 $v=1\text{mm/s}$,气缸系统工作压力选定为 $p=0.15\text{MPa}$ 。再根据气缸工作频率以及使用要求等条件,经查《机械设计手册》第38篇气压传动38-32页,选定负载率: $\eta=0.7$,此时,气缸实际轴向负载:

$$F = (m + m_1 + m_2 + m_3)g = (75 + 36 + 49 + 61)\text{kg} \times 9.8\text{N/kg} = 2165.8\text{N}$$

$$\text{则气缸理论输出力: } F_1 = \frac{F}{\eta} = \frac{2165.8}{0.7}\text{N} = 3094\text{N}$$

则三级气缸内径:

$$D_3 = \sqrt{\frac{4F_1}{p\pi\eta}} = \sqrt{\frac{4 \times 3094}{0.15 \times 10^6 \times 3.14 \times 0.7}} \approx 0.194\text{m} = 194\text{mm}$$

同理,计算出一级、二级气缸的内径为: $D_1 \approx 137\text{mm}$ $D_2 \approx 165\text{mm}$ 。

经查《机械设计手册》第2章气缸38-31页,表38·2-4缸筒内径系列,圆整 $D_3=200\text{mm}$ $D_2=180\text{mm}$ $D_1=140\text{mm}$ 。

根据气缸内径,查《机械设计手册》第6章气动,表4-6-11气缸壁厚数值中得出,气缸壁厚均为9mm,则气缸的外径分别为: $D_3'=218\text{mm}$ $D_2'=198\text{mm}$ $D_1'=158\text{mm}$ 。

此时,再在缸筒内径系列选定回收气缸的内径为:

$$D_4=220\text{mm}, \text{计算外径得 } D_4'=238\text{mm}。$$

根据 $S_1 > S_2 + S_3$,验证气缸内径是否满足条件:

$$\text{得出: } \pi \left(\frac{D_2}{2}\right)^2 < \pi \left(\frac{D_4}{2}\right)^2 - \pi \left(\frac{D_2}{2}\right)^2$$

所以不满足条件,需重新选择气缸内径,重新选择数据后 $D_3=220\text{mm}$ $D_2=180\text{mm}$ $D_1=140\text{mm}$ 。

同理,查《机械设计手册》气缸壁厚数值中得出,得气缸壁厚均为9mm,则气缸的外径分别为: $D_3'=238\text{mm}$ $D_2'=198\text{mm}$ $D_1'=158\text{mm}$ 。

此时,再在缸筒内径系列选定回收气缸的内径为: $D_4=250\text{mm}$,计算外径得 $D_4'=272\text{mm}$ 。

根据 $S_1 > S_2 + S_3$,验证气缸内径是否满足条件:

$$\text{得出: } \pi \left(\frac{D_2}{2} \right)^2 > \pi \left(\frac{D_4}{2} \right)^2 - \pi \left(\frac{D_2}{2} \right)^2$$

所以满足条件,才能使气缸按照以上设定的顺序工作。同理,当气缸下降时,也必然遵循了先升的先降,后升的后降的这一原则。

2 气缸工作过程分析

气缸的工作原理满足了,但是,如何才能保证气缸安全、稳定、高效地工作呢?气缸的结构将起到了不可替代的作用。接下来以气缸下降运动为研究过程,对气缸的结构进行设计分析。

2.1 气缸外径的除尘设计

我们看到焊接时产生的焊渣,与环境中的尘埃在日积月累的过程中会附着在气缸的外径上,如果这些颗粒物随着气缸的下降被带入缸内,经长时间的积累,定会影响气缸的精度与使用寿命。设想气缸外径装有除尘装置,将部分解决了灰尘进入气缸问题。

设计防尘密封橡胶帽,并使上端成锥形,如图4,当气缸下降时,可将上一级气缸外径上的部分灰尘与大颗粒杂物刮落,将起到减少灰尘进入的目的。

2.2 气缸的进气结构设计

气缸下降时,发现在每级气缸之间有一个密闭的空间,如图5所示,如果外界大气不能进入此空间,气缸就无法正常下降。

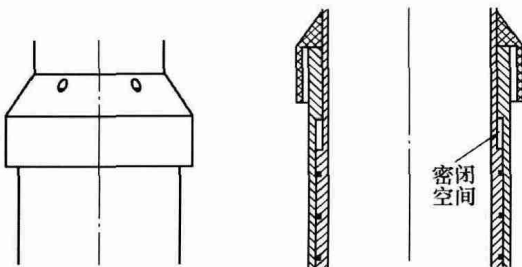


图4 锥形防尘密封帽外形 图5 气缸局部剖视图

1) 缸壁上开孔解决进气问题

设想,如果在气缸壁的某处开一小孔,让外界空气进入这个密闭空间内,气缸不就能正常下降或上升了吗。如图6所示,在气缸壁上紧挨台阶面处开一小通气孔,将此密闭空间变成活动通气仓,从而与外界进行气体交换,达到使用目的。

虽然此结构解决了通气的问题。但是,焊接过程产生的焊渣与外界的灰尘极易被吸入活动通气仓内,导致气缸运动时摩擦增大,引起发热,严重时,影响了气缸的正常工作,同时减少了气缸的使用寿命。

2) 长进气通道减少外界颗粒物的进入

将简单的小孔进气改进成由下向上的长通道的进气方式,如图7,经分析得出,在气缸进气过程中,焊渣与外界粉尘进入活动通气仓内的量明显减少。防尘密封帽有一定长度的向下延伸结构,当颗粒物由下向上进入长通道时,还需克服自身重力,通过这种方法,能减少灰尘的进入。

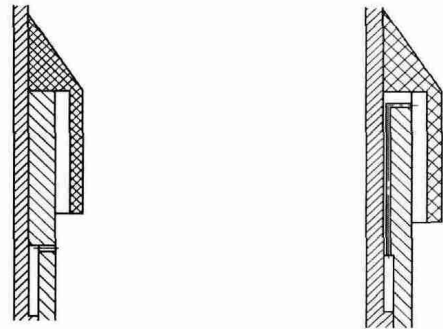


图6 气缸小孔进气局部剖视图 图7 长进气通道局部剖视图

但是,随着时间的积累,还会有颗粒物的不断沉积,同样出现了上述(1)中所出现的问题。怎样优化长进气通道结构,才能尽最大的可能防止灰尘的进入呢?

3) 优化设计 迷宫式 进气结构

在长通道的基础上,如图8所示,通过迷宫式进气结构,增加了气体进入活动通气仓的路程并且迷宫结构易于灰尘的沉淀,从而减少了灰尘进入活动通气仓的量。同时,为了避免因进气口的气体流速过大,灰尘伴随空气吸入仓内,因此,在气缸顶端一圈设计6个迷宫式进气口,如图9所示,可以降低气体流速,减少灰尘的进入。

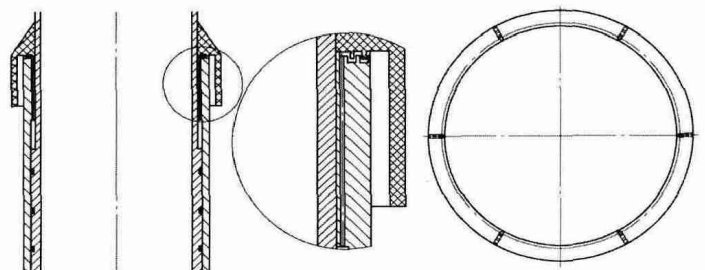


图8 迷宫式进气结构局部剖视图 图9 迷宫式进气口

4) 在 迷宫 后增加空气过滤垫片

如图10所示,在迷宫式进气通道后,增加空气过滤垫片,作为过滤灰尘进入的最后一道关卡,并且拆装方便易于更换。

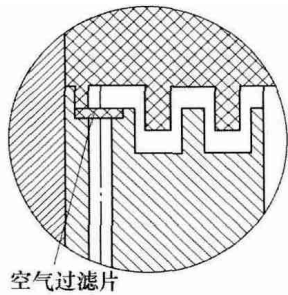


图10 空气过滤垫片局部放大图

5)在防尘帽底端增加空气过滤网

如果说防尘密封帽的向下延伸结构使颗粒物需克服自身重力才能到达气缸进气口,那么为什么不再在延伸结构的低端设计一个空气过滤网呢,此过滤网将作为颗粒物进入活动通气仓的第一道关卡。

(1)安装方案一:变形安装。见图11,在橡胶帽内侧开一过滤网槽,通过特定的方法将过滤网装入槽中。

(2)安装方案二:优化螺钉连接。在方案一的基础上,见图12,将过滤网的最大直径改进成与橡胶帽直径大小一样,再用螺钉将过滤网与橡胶圈紧固。其特点是:减小橡胶帽的厚度,节约材料与成本。

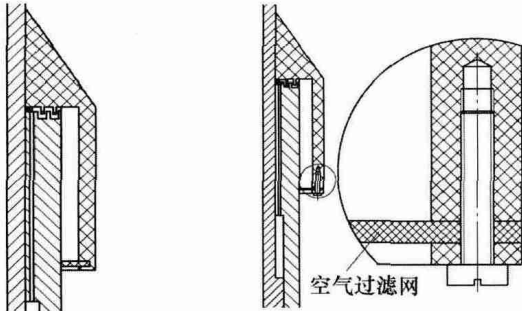


图11 空气过滤网变形安装 图12 空气过滤网螺钉链接

通过对气缸进气结构的逐步优化设计,当空气需进入活动通气仓需要经过:①空气过滤网;②右下向上空间;③迷宫式进气结构;④空气过滤垫片。这样不仅解决了活动通气仓不能与外界通气的问题,最重要的是尽最大的可能减少了灰尘的进入,提高了伸缩式气缸工作时的可靠性和它的使用寿命等。

2.3 气缸活动通气仓储尘结构设计

即使尽最大的可能减少了灰尘的进入,但在长期工作过程中,不可完全避免微小颗粒物进入活动通气仓内,若颗粒物积攒过多将难以保证气缸的上升位置精度,可能影响焊接质量,如果打开气缸,除去里面的灰尘,费时费力,再次安装后更加影响升降精度。

因此,我们设想在气缸台阶面处设计一个截面呈半圆形的储尘槽,并且半圆与气缸外径相切,如图13所示,这将实现了储尘的功能,降低了灰尘过多积累对

气缸的不良影响,保证气缸的行程精度,并且此结构有利于减小气缸热处理应力集中的现象。

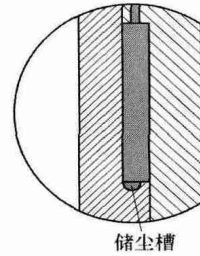


图13 活动通气仓储尘槽

2.4 气缸底部除尘结构设计

由于长时间工作,气缸内部也会进入少量的灰尘。为了保证升降系统正常工作,我们特别在回收气缸低端设计出如图14所示的倒圆锥结构,使灰尘更容易沉积于气缸底部中心,并且在开机之前,程序设定自动将低端中心抽气阀与辅助进气阀打开,完成一次抽气工作,彻底将气缸低端灰尘除掉,再开始进行工作。这种将气缸结构与自动控制阀的结合,最大化地减少了缸体内部灰尘对气缸的不良影响。

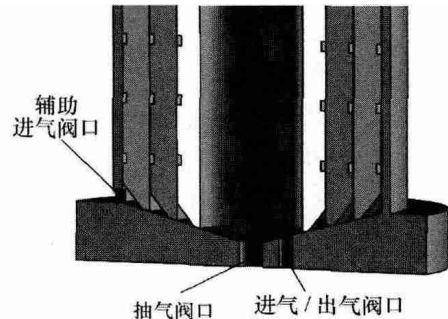


图14 气缸底部除尘结构

至此,通过气缸外径除尘、进气结构设计、活动通气仓储尘、缸内除尘,这四步对气缸的防尘问题逐步设计、优化,最终,尽最大的可能降低了外界灰尘对气缸的影响。

光有高质量的防尘、除尘设计方案不行,如果气缸的密封出了问题,那么前面的努力都是白费。

2.5 气缸内密封结构设计

普通伸缩式气缸有一级密封,多的有两级密封。按照《机械设计手册》并根据气缸的直径与压力大小选用密封圈和密封槽,关于密封圈的详细结构如图15,我们特别设计出三级密封,能更好地保证气缸的密封性。

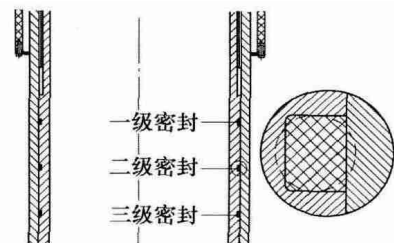


图15 密封结构图

3 气缸加工工艺及有限元分析

3.1 加工工艺

以加工伸缩式气缸中的第三级气缸为例,对加工的可实现性进行简单的说明。

(1)下料:毛坯为圆柱形锻件,毛坯直径 $\phi 260\text{mm}$ 和长度为 1260mm 。

(2)预处理(调制处理):细化晶粒,减小加工中的变形。

(3)粗机械加工:主要是粗车气缸内外径、粗车储尘槽、钻削通气孔、铣削通气槽等,以车削气缸内外径为例,如图16,先粗车毛坯两端面至总长为 1254mm ,再将毛坯直径 $\phi 260\text{mm}$ 粗车至车直径 $\phi 254\text{mm}$ 和 $\phi 241\text{mm}$ 的阶梯轴,接着在棒料的一端面的中心钻出直径为 $\phi 50\text{mm}$ 通孔,之后在通孔的基础上,车削气缸内径至 $\phi 233\text{mm}$ 。

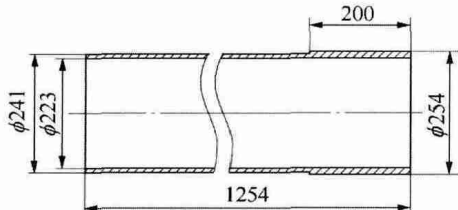


图16 粗加工达到的尺寸要求

(4)二次调质处理:主要是减小后期机械加工中的变形。

(5)精加工:主要由精车、精镗、铰孔、精铣等组成。如图17所示,为精加工后的尺寸。除气缸内径镀层表面尺寸以外,其他位置均达到图纸尺寸要求,为后期热处理作准备。

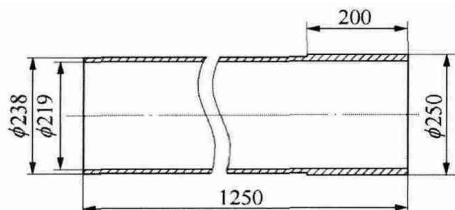


图17 精加工达到的尺寸要求

(6)表面处理:给缸筒内壁镀铬、镍。最终涂油、包装、入库。

3.2 多级伸缩式气缸的有限元分析

使用 Solidwork Simulation 进行分析,如图18,假设焊头的质量简化到焊头的重心位置。材料选用45号钢,气缸的质量约为 221kg ,体积约为 0.028m^3 ,密度: 7850kg/m^3 ,重量: 2165.8N 。

机械设计中安全系数一般为2~3倍,当安全系数为10倍时已经是非常安全,现在根据我们所设计的伸

缩式气缸做应力分析的结果,得到的安全系数为171倍。所以绝对安全,完全可作为设计参考。

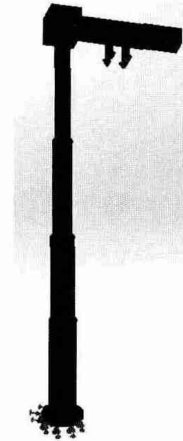


图18

4 总结

本文以第六届和第七届全国3D大赛中创新电焊机的第二代升降式电焊机为背景,对伸缩式气缸的工作顺序、精细结构以及工作过程进行了设计分析。主要对第一代爬墙式电焊机的安全性提出质疑,从而发现问题,提出改进方案,彻底解决第一代爬墙焊机不安全的问题。重要的是在气缸的工作过程中发现问题,从而结合一般气缸的结构,提出行之有效的结构优化方案:①对气缸外径的除尘装置进行设计;②设计气缸的进气装置;③设计气缸内部储尘结构;④设计气缸内部除尘结构;⑤设计气缸内密封结构。通过对气缸的结构设计,提高了气缸的防尘性、可靠性及使用寿命等。

参考文献

- [1] 徐灏.机械设计手册[M].北京:机械工业出版社,1991.
- [2] 机械设计师手册编写组.机械设计师手册[M].北京:机械工业出版社,1989.
- [3] 宋学义.袖珍液压气动手册[M].北京:机械工业出版社,1998.
- [4] 秦大同,谢里阳.气压传动与控制设计[M].北京:化学工业出版社,2013.
- [5] 刘智辉.电焊机的危险性与对策研究[J].企业与科技,2013,(24).
- [6] 马人天.基于疲劳破坏试验的气缸寿命分析[D].成都:电子科技大学,2013.
- [7] 李光明,李向东,李芳.节能气缸设计[J].液压与气动,2000,(4).
- [8] 侯书林.机械制造基础[上册]工程材料及热加工工艺基础[M].北京:北京大学出版社,2011.