

[研究·设计]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2014.02.009

基于 SolidWorks 及 ANSYS 对集成块优化设计

余匡华, 廖秋慧, 陶振刚, 张 峰

(上海工程技术大学 材料工程学院, 上海 201620)

摘 要:为解决复杂液压阀块在传统设计制造过程中工作量大、易出错、效率低等困难,采用 SolidWorks 三维软件对其进行设计和前处理,可提高工作效率,减轻工作强度。再结合 ANSYS 分析软件,对集成块进行强度应力分析,以保证制品的可靠性。最终使阀块达到集成化程度高、性能优越的特点,达到优化设计的目的。

关 键 词:液压阀块;建模;有限元分析;优化设计

中图分类号:TH137.5 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2014)02-0033-04

Optimization Design for Manifold Based on SolidWorks and ANSYS

SHE Kuanghua, LIAO Qiuhui, TAO Zhengang, ZHANG Feng

(College of Materials Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

Abstract: In order to solve the heavy workload, error-prone and low efficiency in the traditional design and manufacture process of complex hydraulic valve block, the use of SolidWorks three-dimensional software can improve work efficiency, and reduce labor intensity. Combined with ANSYS analysis software, stress analysis on the strength manifold could ensure the reliability of products. Eventually optimization of design can be realized that the valve block can achieve a high degree of integration and superior performance.

Key words: hydraulic valve block; modeling; finite element analysis (FEA); optimization design

随着液压系统的复杂性和集成化程度提高,液压阀块的设计难度也逐渐加大,其中集成阀块的设计最为困难^[1-2]。液压集成阀块作为液压系统的核心模块具有结构紧凑、元件密度高、占据面积小、运用方便灵活等优点,不仅简化了液压系统的设计和安装,还实现了液压系统的集成化和标准化,降低了制造成本,提高了系统的可靠性,但是其内部孔道十分密集、复杂、孔深、直径大小各不相同,因此它的设计是一项繁琐又易出错的工作^[3-4]。目前三维软件在液压阀块设计中已经被广泛应用,但是都是根据其经验值进行设计,不能直观准确的得到阀块上某处的强度,会造成材料的浪费甚至产品报废,为此应用 SolidWorks 三维软件及 ANSYS 分析软件并结合实例对集成阀块进行优化设计^[5]。

1 液压阀块建模设计

阀块是指液压系统中控制油路走向并用来安装各种控制阀以及辅助元器件的过渡块体,其上具有外接口和连通各外接口或阀件的流道。

1.1 设计过程^[6]

- 1) 根据厂家的需求或者给出的液压原理图选定合适的液压元件、辅助元件的型号和数量;
- 2) 根据阀块在系统中的布置和管路布局初步确定各外接油口在阀块上的相对位置,并根据流量确定接头规格;
- 3) 按阀组工作的原理、整个系统布局、控制阀自身功能以及维护性能确定控制阀在阀块上的位置;
- 4) 设计并反复优化各个接口及控制阀之间的通道,使各流道依据需求或原理图实现正确、合理地连接与沟通;

收稿日期:2013-09-10;修回日期:2013-10-16

基金项目:上海工程技术大学科研创新项目(13KY0517);上海工程技术大学科技成果转化专项资助项目(2012zh02);民用飞机平尾壁板时效变形工艺研究项目(B-8932-13-011)

作者简介:余匡华(1987),男,河北保定人,硕士研究生,主要研究方向为液压力驱动控制及注射模具。E-mail:shekuanghua@sina.com

5) 顺利完成上述工作后,可初步规定阀块的体积(长宽高)以及各个孔的位置。

1.2 设计准则

- 1) 尽量减少深孔、斜孔和工艺孔,易于加工;
- 2) 对有特别要求的元件,须按安装要求设计阀块;
- 3) 结构紧凑、体积小、重量轻;
- 4) 块体内油路通道尽量简洁,压力损失小;
- 5) 阀块上应设有适量的测压点;
- 6) 便于安装,各个控制阀调节、维修及操作方便。

1.3 SolidWorks 在集成块中的应用

SolidWorks 是一种基于特征的参数化实体建模工具软件,具有强大的造型功能,提供了测量、透视、隐藏、干涉检查等功能,此外还拥有 3 种建模环境:零件;装配;工程图。SolidWorks 内部还配置庞大的标准零件库,设计者可以直接调用。SolidWorks 完美的功能完全符合液压集成块的设计需求。图 1 为一液压动力源的简化原理图,主要由电磁换向阀、先导式溢流阀、

电液换向阀、电磁调速阀、减压阀等组成,其系统结构较为复杂。集成阀块实现这些元件的集中安装,消除了因油管、管接头等引起的泄漏、震动、噪声等影响;使系统安装方便,装配周期短;不仅减少阀块的体积,降低成本,还减轻了工作量,使整个系统配置灵活,外观整齐,维护保养更加容易^[7]。

根据图 1 的工作原理,着重分析系统的工作原理、油路走向,各个路径串通情况;并选用不同通径的管接头,同时在油口旁标明每个油口的标识,以便区分。阀块上的外接油口、测压口根据管接头连接尺寸设计,沉孔外径、深度和螺纹深度均留有合适的余量,避免安装时干涉。通过整体分析将进油口 P1, P2, 出油口 T1, T2, 外接口 A1, B1, A2, B2 分别设在左侧面,底面和右侧面,叠加式控制阀安放在上面,两个单向阀分别置于前后面,先导式溢流阀则位于右侧面,其余控制油口按就近、不干涉、孔需浅原则合理排放他们的位置,最后将其阀块体积确定为 510 mm × 160 mm × 160 mm。

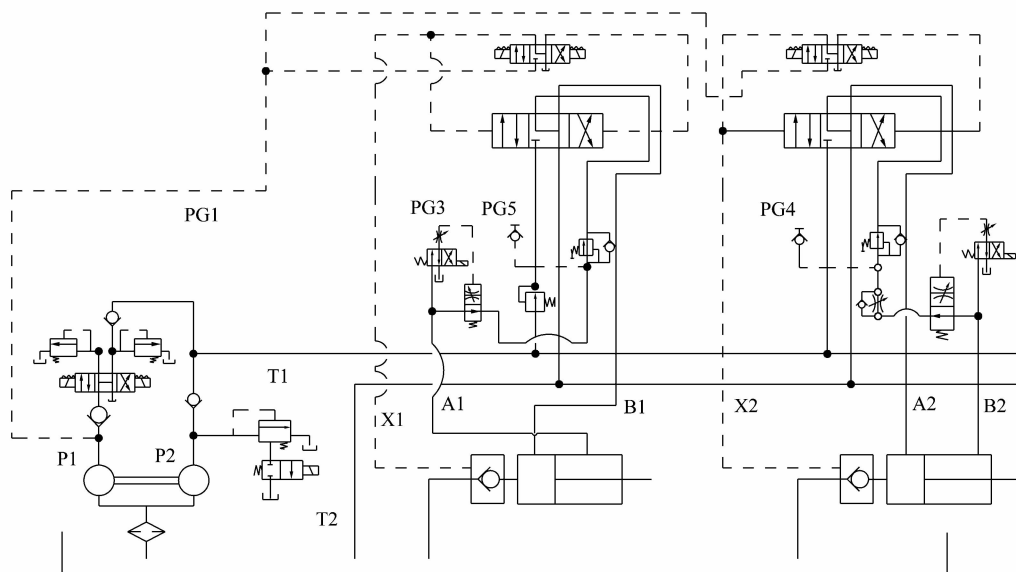


图 1 某液压动力源简化原理图

Figure 1 Simplified schematic of the hydraulic power source

利用 SolidWorks 的零件环境对其进行建模,通过应用草图、特征指令、尺寸和几何位置关系设计制造集成阀块。设计制作过程中必须保证通道有足够的流通面积,减少油路的转角以降低油液压力耗损。同时考虑孔间距(经验值应不小于 5 mm)、孔与孔之间交叉处是否容易清洗、加工的可行性及难易程度等问题。

根据系统原理图并检查透视图孔道、油口、各元件的相对位置,以及孔道的连接和走向等情况是否符合工作原理图。最终确定集成块共需打多少个孔(包

括控制油口,进出油口,定位孔等),可以检查设计制作的正确性,经分析表面共 92 个孔。如图 2 所示。

其次利用 SolidWorks 第 2 个模块(装配),对各个控制阀、辅助元件对集成阀块进行装配,用到指令接触、平行、同心等。完成后,检查装配体中各元件是否产生干涉,拆装是否方便,布局是否合理。如有问题,再进行相应的调整,直到合适为止。在保证有足够操作空间的请提下尽量缩小外形尺寸及减轻重量。调整控制阀之间的间隙,由原来的 6 mm 减小到 4 mm,同时

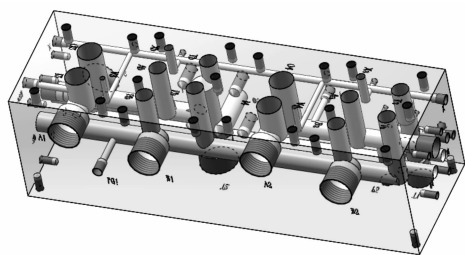


图2 集成阀块立体透视图

Figure 2 Three-dimensional perspective view of the integrated valve block

也对阀体的整体外形作了适当的修改(500 mm × 155 mm × 155 mm),图3为更改后阀块组装配总示意图。

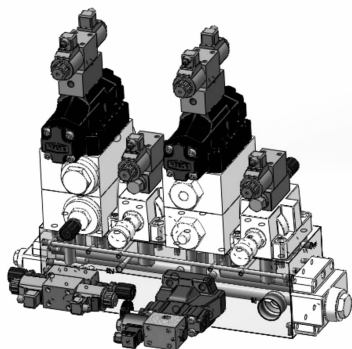


图3 更改后阀块组装配总图

Figure 3 Valve block assembly drawing

最后在第3个模块(工程图)中将阀块的三维模型转化为生产所需要的工程图以及剖视图。SolidWorks 软件的三维模型和二维工程图的数据是相互关联的,可实现同步更改,减少重复工作。

2 有限元分析

利用 SolidWorks 软件设计的阀块在完成建模后,采用 ANSYS 对其进行有限元分析,确定应力应变的分布规律,在分析的结果基础上优化阀块的体积和孔道,以提高其安全可靠。由于集成块是较为复杂的结构,为了载荷施加方便,通过拾取面的方式来加载,载荷施加在实体模型上。根据图1双泵控制(低压泵4 MPa 和高压泵15 MPa)工作原理,主油路P孔设定的最大压力为20 MPa,回油孔及泄油孔设为0.5 MPa,载荷是按最大压力进行施加,以满足在快进、快退、慢进、慢退状态下的切换所造成的瞬间高压冲击的强度要求。

选择 ANSYS 的结构静力模块进行分析,集成块采用45钢,材料的弹性模量210 GPa,泊松比0.3。

2.1 模型简化^[8-11]

集成块是集长方体及孔道为一体的复杂结构。简

化模型中应删除原模型中与控制阀连接的螺栓孔、对阀块强度影响不大的工艺孔、以及建模拉伸过程中所产生的字母。如图4所示。

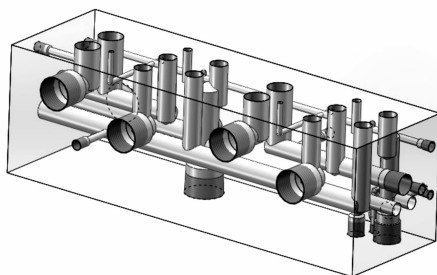


图4 集成块简化模型

Figure 4 Integrated block model

2.2 约束条件及载荷条件

1) 约束条件。集成块通过底面的螺栓孔与螺栓配合固定在支架上,因此对下底面4条边进行全约束。

2) 载荷条件。集成块载荷主要来自油泵提供的液压油产生的压力。忽略液压冲击、负载动荡等引起的微小油压以及孔道中的压力损失。

2.3 网格划分

由于集成块阀体内孔多且复杂,六面体划分的方法很难实现,考虑到计算难易程度及其精度的要求,模型网格划分采用 ANSYS WORKBENCH 中四面体自动划分实体,划分网格后整个模型有97 825个节点,60 276个单元。网格划分模型图5所示。

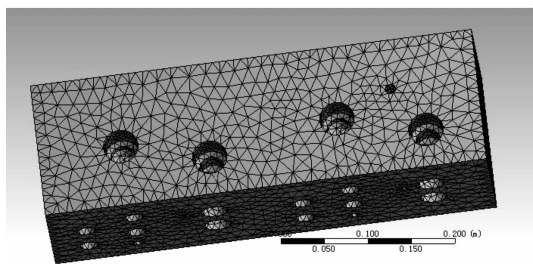


图5 网格划分模型

Figure 5 Mesh model

2.4 分析

通过有限元分析,得出阀块在壁厚薄处的等效应力较大,约为110 MPa,见图6。而应力最薄弱的环节是处于高压P1孔内部的转角处,应力高达150 MPa,见图7。集成块用的是45钢正火处理,取安全系数为1.9,计算出许用应力约为187 MPa。液压集成块的应力都小于许用应力,可见集成块是安全的。阀块变形量如图8所示,最大变形量0.007 mm 完全可以通过

密封圈密封,不会产生漏油现象。在应力分析过程中,适当调整了孔径、孔的相对位置、孔的深浅,并在应力集中处加大了孔之间的壁厚,合理优化其路径^[12-13]。

经 SolidWorks 和 ANSYS 优化设计化的阀块整体重量比最初设计重量减轻了约 8.1 kg,工作性能更加稳定可靠。

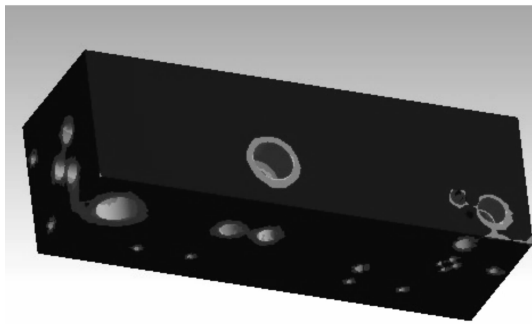


图6 集成块应力云图

Figure 6 Integrated block stress nephogram



图7 最大应力处

Figure 7 Maximum stress

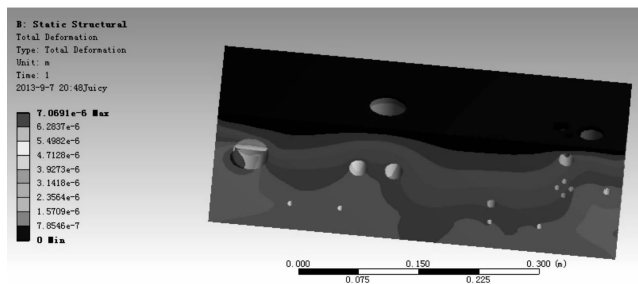


图8 集成块变形量云图

Figure 8 Integrated block deformation nephogram

3 结语

应用三维 SolidWorks 软件不仅摆脱了传统的繁重设计工作,而且提高了液压阀块的设计水平、设计质量及设计效率,减少了阀块的设计周期与成本,同时结合 ANSYS 软件对阀块进行了分析、计算、优化、处理,实现对阀块轻量化设计和孔道参数优化设计,乃至使整体达到最优设计。相比传统的设计和单一的三维软件设计来说,虽然 SolidWorks 和 ANSYS 结合在设计液压阀块的前期准备工作较大,但是两者在传统理论基础上的结合应用,不但有效的避免了后期阀块在实际工作过程中出现的漏油等问题,延长了其使用寿命,还可以优化最初设计方案,具有安全稳定性高、体积小,成本低等特点。

参考文献:

- [1] 李光,牛文铁,张大卫,等. 液压集成块设计方法的研究进展[J]. 机械设计,2012,29(4):6-11.
- [2] 魏欢欢,凡东,李娜. 液压集成块的三维设计及展望[J]. 煤矿机械,2010,21(3):12-14.
- [3] 杨宾峰,宁李谱. 液压阀设计方法的研究[J]. 河南科技学院学报,2008,36(2):99-102.
- [4] LIN Xie, TOTTEN G E. Feature-Based Optimization Design of Hydraulic Valve Blocks [C]//Proceedings of the 48th National Conference of Fluid Power. Milwaukee, WI: National Fluid Power Association,2000:397-406.
- [5] 欧长劲,苏之晓,李燕. 基于 SolidWorks API 的参数化设计及智能装配研究[J]. 轻工机械,2012,30(5):69-72.
- [6] 禹阳华,程度旺,黄长发. 液压集成阀块设计及制造方法研究[J]. 起重运输机械,2012(8):71-74.
- [7] 王春梅,周仕强,夏红梅,等. 液压集成阀块的设计[J]. 煤矿机械,2008,29(9):40-41.
- [8] 胡仁喜. SolidWorks 2010 中文版机械设计完全实例教程[M]. 北京:化学工业出版社,2010.
- [9] 李壮云. 液压元件与系统[M]. 北京:机械工业出版社,2010.
- [10] 丁子平,周海勇,徐晰,等. 有限元分析在液压阀块设计中的应用[J]. 流体传动与控制,2009,36(5):38-39.
- [11] 宋勇,艾宴清,梁波. ANSYS 与有限元分析[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [12] 周惠友,钟廷修. 液压集成块路径优化设计[J]. 上海交通大学学报,2001,35(12):1843-1845.
- [13] 杨安. 基于 ANSYS 的注塑机前模板拓扑优化[J]. 机电工程,2012,29(5):521-524.