

## 齿啮式卡箍快开结构优化设计

刘明方 谢超

中船重工特种设备有限责任公司, 湖北 武汉 430072

[摘要] 以 PN10.5-DN1160 型压力烧结炉为例, 结合笔者工作经验探讨齿啮式卡箍快开结构的实际应用情况, 并通过分析给出优化的建议和方案, 从而有效的提高该结构的整体质量。文章进行了实验分析, 并验证了整个优化分析的准确性, 从而降低了标准化设备的质量, 对于成本的节约有着很大的意义。

[关键词] 卡箍快开结构; 有限元; 应力分析; 强度评定; 优化

DOI: 10.33142/sca.v2i6.950

中图分类号: TH132.4

文献标识码: A

## Optimum Design of Fast-open Structure of Tooth-engaging Clamp

LIU Mingfang, XIE Chao

CSIC Special Equipment Co. Ltd, Wuhan, Hubei, 430072, China

**Abstract:** Taking PN10.5- DN1160 pressure sintering furnace as an example, combining with the author's working experience, this paper discusses the practical application of the fast opening structure of tooth meshing hoop. Through the analysis, the suggestions and schemes of optimization are given, so as to effectively improve the overall quality of the structure. In this paper, the experimental analysis is carried out, and the accuracy of the whole optimization analysis is verified, which reduces the quality of standardized equipment and is of great significance to cost saving.

**Keywords:** clamp fast opening structure; finite element; stress analysis; strength evaluation; optimization

### 引言

在社会快速发展的带动下, 使得科学技术得到了显著的进步, 并且较好的促使压力烧结炉容器得到了完善和优化, 现如今已经大范围的被人们运用到了冶金行业之中。压力烧结炉实质是一种非常普通的设备, 可以依据使用者的需求进行大批量的生产。容器内的筒体以及夹套结构的规格通常都是稳定不变的, 在压力烧结炉中的重要结构齿啮式卡箍快开系统需要在实际运用之前进行合格检查方能加以使用, 齿啮式卡箍快开系统内所有的零部件都没有达到既定的限制条件, 这篇文章借助 PN10.5-DN1160 型压力烧结炉中的齿啮式卡箍快开系统为实际案例展开阐述, 借助结构应力以及结构质量为主要参数, 之后会对设计变量进行调整来活动参数, 促使目标变量能够得到最佳的状态, 这样才能保证所有的分支部件中的应力的设计达到最为合理的状态。标准化设备中所有的部件质量的下降, 对于整体成本的控制工作能够发挥出非常重要的作用。齿啮式快开装置具备较好的运行效率, 装卸物料十分便捷, 并且整个结构的载荷能力较强, 进而受到了人们的广泛喜爱, 现如今已经被人们大范围的运用在了多个领域之中。但是当前还没有制定专门的针对齿啮式快开装置的规范设计标准<sup>[4]</sup>。在世界范围内来说, 当前只有日本已经针对高压以及超高压快速启动密封系统进行了专门的设计标准的制定, 在我国当前只是制定了与之极为类似的化工行业标准。但是在实际生产工作中借助大量的齿啮式快开装置安设在中低压容器设备中并没有专门的标准来进行参考。很多时候人们为了促进系统使用时长的不断延长, 通常会采用保守的方法来针对齿啮式法兰实施设计工作, 但是这类产品存在较多的弊端, 进而市场竞争力十分的薄弱。进而需要我们深入的对齿啮式快开装置实施综合研究设计。结合结构形式可以将齿啮式快开结构划分为两种不同的形式, 即: 整体卡箍式和卡箍与筒体连成的整体式。当前国内专业人员所开展的研究工作大部分都是主要针对的卡箍与筒体连成的整体式, 尽管文章对整体卡箍式的结构形式进行了简单的说明, 但是并没有深入的针对结构的综合性能以及抗疲劳性能进行细致的分析<sup>[5]</sup>。这篇文章主要围绕 ANSYS 软件建立整体卡箍齿啮式快开结构的参数化有限元模型实施综合分析, 并且以达到强度以及康尼来性能为基础, 重量最轻为目标对整个系统实施综合研究, 希望能够提升产品综合性能节省生产成本有所助益。

### 1 ANSYS 优化设计理论

优化设计是充分的结合实际来确定最佳的设计方案的一种技术。ANSYS 软件能够给予人们零阶以及一阶两种形式的优化方法, 工作实质就是借助惩处系统将制约问题过渡为无制约的参数问题。对于上述方法, ANSYS 程序可以给予专门的分析评价, 也就是在刚刚实施设计工作的时候对整个工作进行分析, 结合设计的需求对分析结论实施评估, 之后对

原始设计进行优化完善，循环过程一直需要持续到完成所有的设计优化工作为止。零阶算法其实是在既定次数抽样的前提下，对设计参数进行调整，最终获得最佳的结果的一种方法。

## 2 齿啮式卡箍结构的设计参数

齿啮式卡箍快开结构在整个压力烧结炉容器中作用是十分巨大的，其中核心部件涉及到简体法兰，炉门平盖以及带齿卡箍。整个结构图见图 1。这篇文章主要说明的是 PN10.5-DN1160 型压力烧结炉中的齿啮式卡箍快开系统，并且结合 JB4732<sup>[6]</sup> 针对所有的部件存在的隐藏风险实施了研究，所有的引力都需要达到实际的需求标准水平。

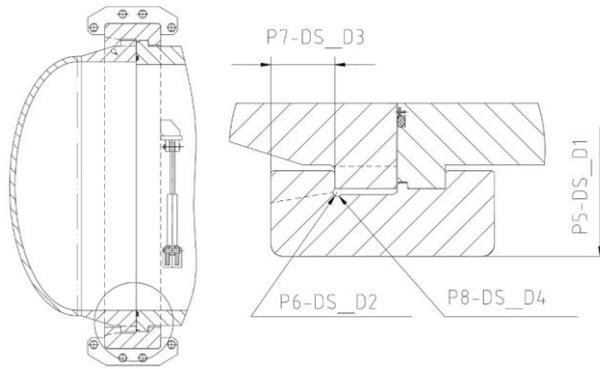


图 1 齿啮式卡箍快开结构装配简图

## 3 优化条件设置

在优化工作的实施中，需要对目标参数，设计变量以及状态变量进行判断和阙东。设计变量是自变量之后，所有的设计变量都需要具备标准的变化范围，优化结果的获取其实质是借助对设计变量的不断优化来加以实现的。状态变量是设计变量的参数，其实确保优化结论达到合理范围的基础，我们需要坚持对设计结果加以规范。标准参数也是设计变量的基本参数，如果设计变量的参数出现波动的时候，目标函数也会相应的出现波动，优化工作需要保证所有的目标参数都能够达到既定的标准。

## 4 变量选取

对于所有的已经完成核对的分支路径的应力大小需要实施调整，对于应力较大的位置需要对结构实施完善，在这篇文章中会借助多个参数来对设计工作加以规范，在整个系统中所有的设计变量的参数范围都是由 ANSYS 软件自动生成<sup>[7]</sup>。

## 5 优化参数灵敏度分析

灵敏度分析其实质就是说设计变量对目标变量造成的影响的程度，灵敏度为正参数的时候，这也能够说明设计变量与目标变量之间也是正向存在的关系。灵敏度为负参数的时候，就表明设计变量与目标变量之间存在的是负相联系的状态。对所有选择的设计变量与目标变量实施综合研究之后我们发现，卡箍外径以及卡箍齿厚度都与部件的质量存在密切的关联。在针对最大无疑变量灵敏度实施综合分析之后我们可以对各项参数加以基本的判断，并且从中获知各项参数之间的联系，这样能够为后续的各项工作的实施创造良好的基础<sup>[8]</sup>。

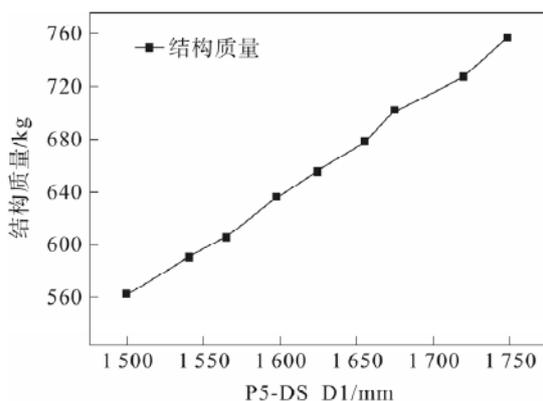


图 2 结构质量与 P5-DS\_D1 的关系曲线

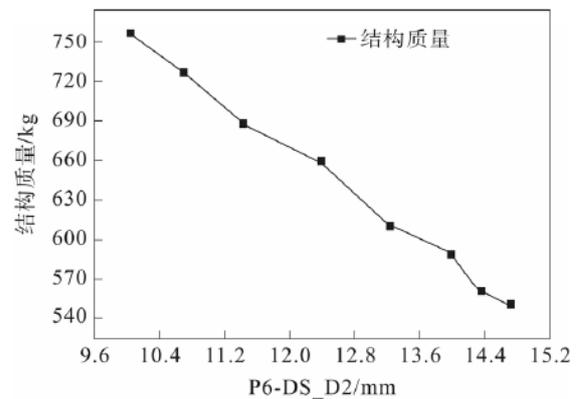


图 3 结构质量与 P6-DS\_D2 的关系曲线

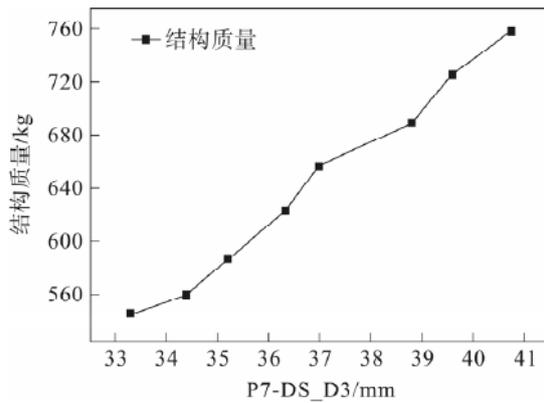


图4 结构质量与P7-DS\_D3的关系曲线

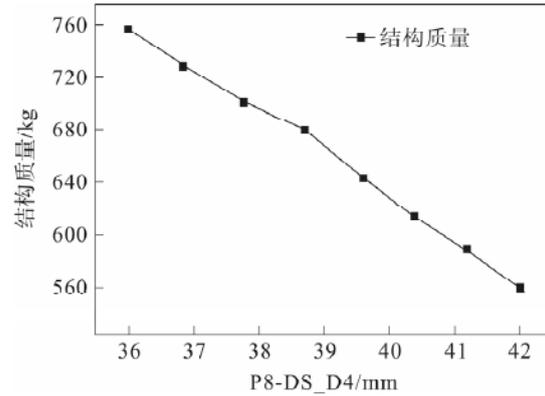


图5 结构质量与P8-DS\_D4的关系曲线

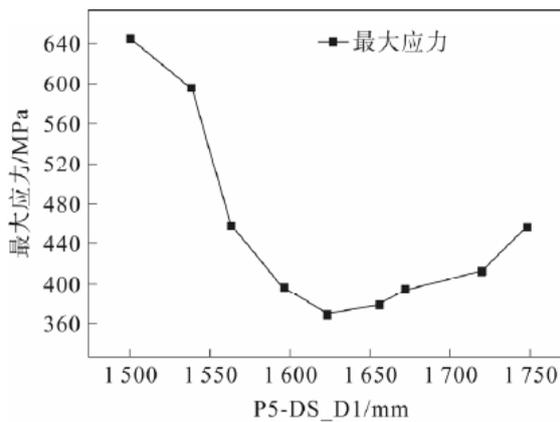


图6 最大应力与P5-DS\_D1的关系曲线

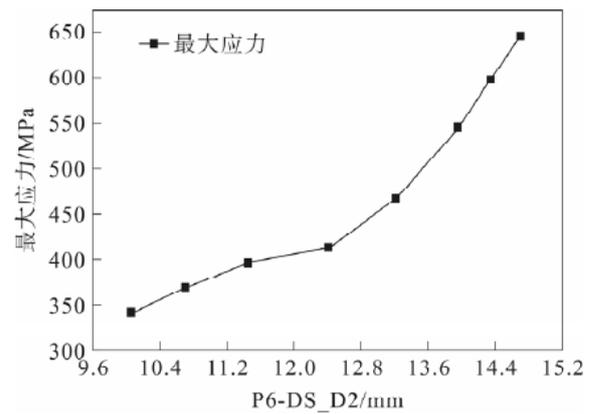


图7 最大应力与P6-DS\_D2的关系曲线

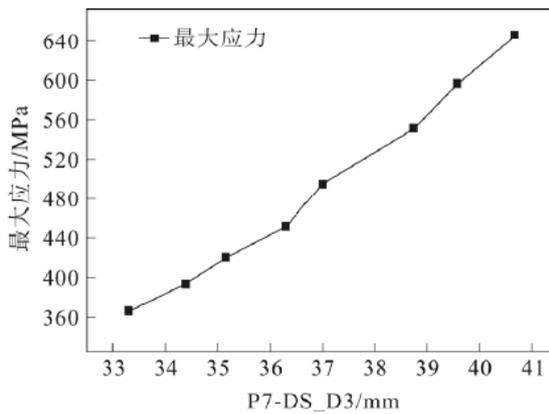


图8 最大应力与P7-DS\_D3的关系曲线

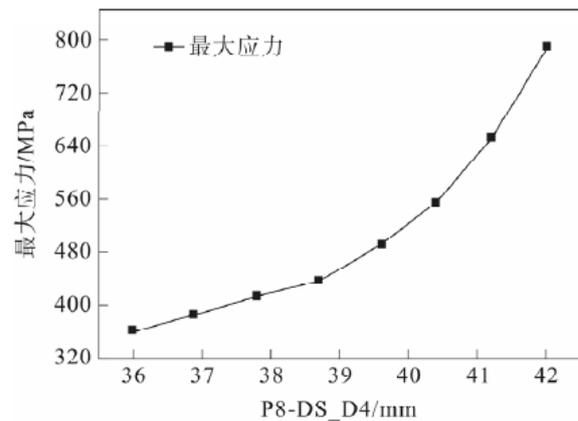


图9 最大应力与P8-DS\_D4的关系曲线

## 6 目标变量与设计变量之间的影响关系

### 6.1 结构质量与设计变量的关系

借助 ANSYS 有限元实施分析研究我们基本可以判定, 软件在设计变量标准参数范围的时候, 往往都会形成自动取值, 并且能够活动一个卡箍式容器整体质量与设计变量之间的关系曲线, 如图 2、图 3、图 4 和图 5 所示。从质量也会设计变量两个参数构成的变化曲线我们可怀疑总结出, 结构体制量会随着 P6-DS\_D2 和 P8-DS\_D4 以及 P5-DS\_D1 和 P7-DS\_D3 的变化而出现波动。

## 6.2 最大应力与设计变量的关系

经 ANSYS 有限元软件分析, 得到最大应力与设计变量的关系曲线, 如图 6、图 7、图 8 和图 9 所示。由最大应力与设计变量的关系曲线可以看出, 结构的最大应力随着 P6-DS\_D2、P7-DS\_D3、P8-DS\_D4 的增大而逐渐增大, 成正相关关系; 随 P5-DS\_D1 的增大, 最大应力的数值先减小后增大, 在 P5-DS\_D1 在 1600-1625 区间范围内, 最大应力取得最小值。

## 7 优化结果分析

经过以上内容的分析, 可以得出优化后的设计参数。经过优化后, 卡箍式容器的总质量降低了 7.4%, 为 49.85kg, 最大应力也有所下降, 且保证了结构的强度与可靠性。

## 8 结论

由此可知, 对齿啮式卡箍快开结构进行优化时, 可以利用 ANSYS Work bench 实现预定目标的趋向优化, 逐渐的靠近优化目标并优化应力的分布情况, 使得结构的整体质量降低, 并在模拟实验之后在实际应用进行实验结果验证, 确保整个优化的可行与准确。

### [参考文献]

- [1] 邓超, 孟祥宇, 庄严, 吕明璐, 张瑶, 李旭. 齿啮式卡箍快开结构热力耦合应力分析[J]. 当代化工, 2018, 47(06): 1216-1219.
  - [2] 杜招鑫, 李海静, 富阳, 高炳军. 蒸压釜齿啮式快开结构稳态温度场及应力场分析[J]. 机械强度, 2017, 39(05): 1181-1186.
  - [3] 张婧婧. 大型快开门式压力容器齿啮式卡箍连接件的设计与分析[J]. 化工装备技术, 2017, 38(04): 1-7.
  - [4] 王兴文, 董金善, 王学明, 郝阳. 整体相连齿啮式快开结构强度分析及优化设计[J]. 机械强度, 2016, 38(03): 640-644.
  - [5] 张国顺, 李庆生. 硫化罐齿啮式快开结构优化设计[J]. 轻工机械, 2015, 33(05): 38-42.
  - [6] JB 4732-1995, 钢制压力容器——分析设计标准(2005年确认)[S].
  - [7] 张静, 王琦, 刘少忠, 龚斌. 齿啮式快开压力容器径向齿宽有限元分析[J]. 化工机械, 2015, 42(04): 544-547.
  - [8] 杨秉健. 齿啮式快开门的结构型式特点和设计[J]. 广州化工, 2014, 42(14): 180-183.
- 作者简介: 刘明方, (1986-), 男, 湖北武汉人, 中级工程师, 从事压力容器常规设计和分析设计工作。谢超, (1986-), 男, 湖北武汉人, 中级工程师, 从事机械结构设计工作。