

新型CAP1400柱塞式孔板性能特性研究

颜永丰¹, 庞飞¹, 王费¹, 刘平²

¹江阴市节流装置厂有限公司, 江苏 无锡

²江苏科技大学土木工程与建筑学院, 江苏 镇江

收稿日期: 2021年11月16日; 录用日期: 2021年12月9日; 发布日期: 2021年12月16日

摘要

为了实现CAP1400的应用需要, 对新型柱塞式孔板进行了优化改进。采用通用有限元软件ANSYS WORKBENCH, 对柱塞式孔板的流场进行分析, 并计算在正常工作条件下的流量控制能力; 同时对柱塞式孔板的结构强度进行了分析, 并采用ASME BPVC ND进行规范校核。结果表明, 此新型柱塞式孔板满足CAP1400的使用要求, 也符合规范要求。这种新型柱塞孔板也可以应用于其它类似场景中。

关键词

柱塞式孔板, CAP400, 流量控制, 结构分析

The Research on a New Hole Plate Applied for CAP1400

Yongfeng Yan¹, Fei Pang¹, Fei Wang¹, Ping Liu²

¹Jiangyin Throttling Device Manufacturer Co., Ltd., Wuxi Jiangsu

²Department of Civil Engineering, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang Jiangsu

Received: Nov. 16th, 2021; accepted: Dec. 9th, 2021; published: Dec. 16th, 2021

Abstract

To satisfy the application of CAP1400, a new holed plate was developed. Use the general FEM software ANSYS WORKBENCH to simulate the fluid of holed plate, and calculate the flow of the hole to verify the ability of control flow. And then, the structure analysis was performed to verify the strength of holed plate by ASME BPVC ND code. The results show that the new holed plate has a

better ability of control flow. Such holed plate can be extended to the other applications.

Keywords

Holed Plate, CAP1400, Fluid Control, Structure Analysis

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

柱塞式孔板是流量控制系统中最重要部件之一，它的性能决定了流量控制系统的性能好坏[1] [2] [3] [4]。在问题的困难程度、复杂程度、设计工作量等方面，柱塞式孔板都是设计的核心部分[5] [6] [7]。

基于井筒对排液的影响，翟中波[8]对智能柱塞的运动进行了研究，结果表明柱塞的运行速度受井筒的斜率影响。优化后的柱塞具有较好的排水采气效果。黄焯[9]以正五边形驱动的多缸径向柱塞泵为研究对象，将缸体置于泵体外侧，采用阀配油方式设计出详细结构，并对泵壳进行静力学分析和模态分析。分析结果表明，此正五边形驱动的五缸径向柱塞泵静力学和模态性能良好，满足应用要求。高林[10]、贾宁[11]基于 Amesim 恒对柱塞进行了仿真分析，并提出了新的设计方法。朱梅、顾佳林、储诚葵等[12]研究了柱塞泵的设计及对于喷灌行为的影响。

综合以上分析，众多学者从不同角度对柱塞的性能、设计等做了许多研究[13]，得过了许多有应用价值的结论。但是目前还没有应用于 CAP1400 的柱塞式孔板。本文针对这一新应用工况下的优化后的柱塞式孔板进行了分析，探讨其流量控制能力与结构强度。

2. CAP1400 柱塞孔板设计

新型柱塞式孔板的相关参数见下表 1 所示，基本上钢材统一采用不锈钢材料。

Table 1. Basic design parameters of the new plunger orifice plate

表 1. 新型柱塞孔板基本设计参数

	疏水孔板	排放管线疏水孔板	MSSV 排放管线疏水孔板	旁路管线孔板
规格	DN25	DN25	DN25	DN15
连接方式	承插焊	承插焊	承插焊	承插焊
材料	不锈钢	不锈钢	不锈钢	不锈钢
设计压力	8.2 MPa	2.1 MPa	2.0 MPa/40℃	12.4 MPa
设计温度	320℃	220℃	210℃/1.2 MPa	250℃
安全等级	3 级	非安全级	非安全级	非安全级
抗震类别	I 类	非抗震类	非抗震类	非抗震类

根据 CAP1400 的功能需要，新型柱塞孔板设计图如下图 1 所示。其中，部件 1 为压紧螺柱；部件 2 为壳体；部件 3 为密封垫片；部件 4 为柱塞孔板；部件 5 为柱塞。

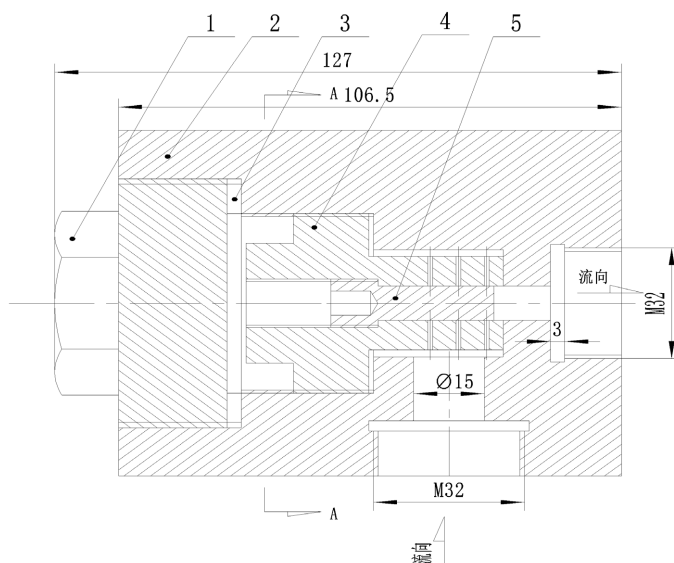


Figure 1. The design diagram of the new plunger orifice plate
图 1. 新型柱塞孔板设计图示

3. 性能分析

3.1. 流量分析

为了充分了解柱塞孔板的流量控制性能，首先对柱塞孔的流场进行了分析。边界条件设置为入口速度为正常工作下最大流速为 50 m/s；出口位置设置为远场边界条件。图 2 所示为流场速度图。从图中可以看出，最大速度为柱塞位置，92.3 m/s，速度增加了 1.85 倍。

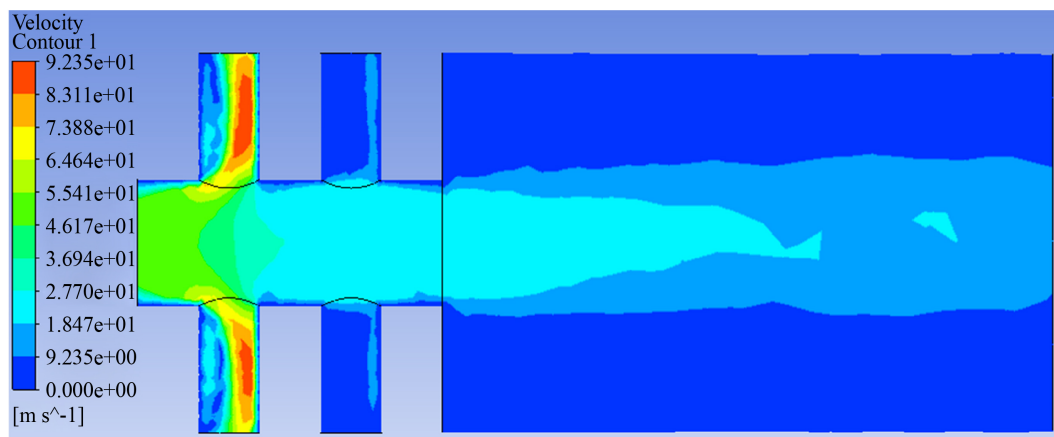


Figure 2. The diagram of flow field velocity
图 2. 流场速度图

对出口管道统计流量为 1.09 m³/h，而设计流量为 1.11 m³/h。也就是说，在水介质情况下计算分析流量比试验流量小 2%，结果精度符合规范要求。

同时，我们也考察了柱塞孔板的表面压力云图，见图 3。从图中可以看出，压力从入口到出口逐步增大，这是因为柱塞孔板出口位置截面大，从而速度小。由伯努力定律可知，压力较大。从孔板入口处

可以看出，在前孔位置，压力梯度较大，说明前孔位置流速变化大。由图 2 也可以看出，水量主要由前孔流出。

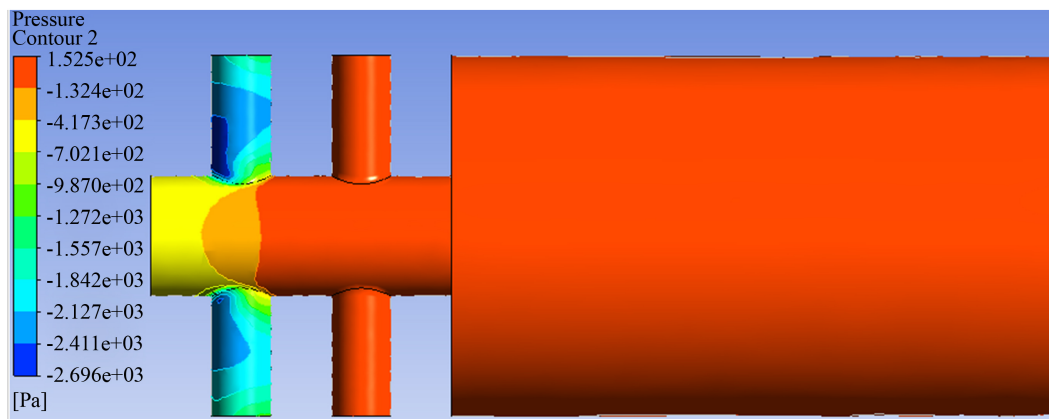


Figure 3. The cloud diagram of surface pressure of the plunger orifice plate
图 3. 柱塞孔板表面压力云图

3.2. 结构强度校核

根据《ASME BPVC ND》规范，荷载施加如图 4 所示。孔内压力取正常工作压力 8.3 MPa；重力加速度为 9806 mm/s²；水平方向加速度取重力加速度的 15 倍；柱塞孔末端固定结束。与此同时，在流体计算时的流场表面压力也施加到结构相同位置。

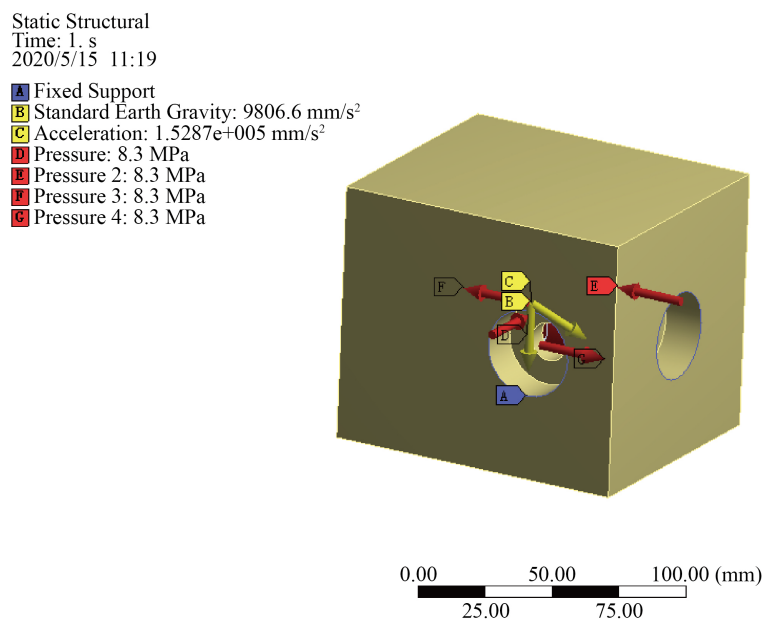


Figure 4. The calculation diagram of the plunger structure
图 4. 柱塞结构计算图示

图 5 为第一主应力结果。从图中可以看出，在柱塞孔末端应力最大，最大值为 37 MPa，远小于材料强度，符合规范要求。

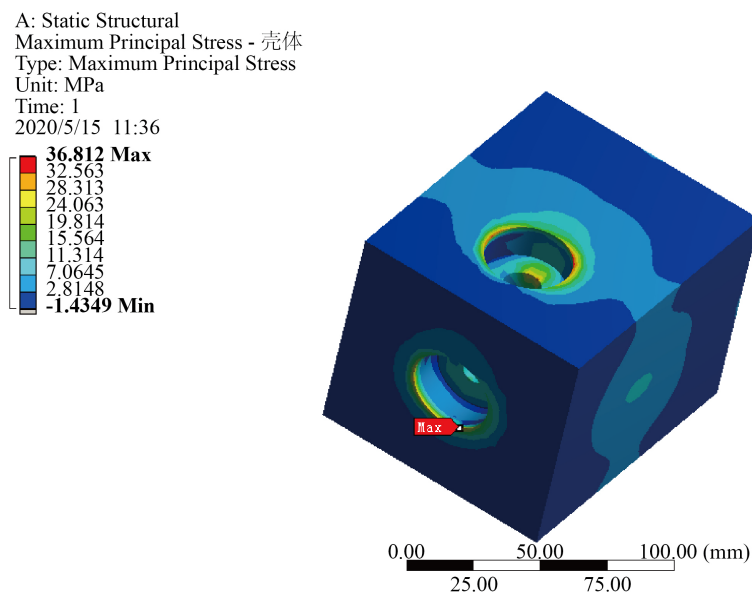


Figure 5. The diagram of the first principal stress
图 5. 第一主应力图示

4. 结论

根据以上结果可以看出, 本文所示优化后的柱塞式孔板满足 CAP1400 的使用要求, 同时也满足强度验算规范。

参考文献

- [1] 杨国来, 张中成. 轴向柱塞泵配流盘的球面半径最佳取值范围分析[J]. 液压气动与密封, 2021, 41(10): 1-4.
- [2] 张静, 张思涵, 朱鹏程, 等. 轴向柱塞泵空化现象的研究现状[J]. 液压气动与密封, 2021, 41(9): 56-62.
- [3] 王海清, 贾国涛, 聂松林, 等. 船用高压细水雾灭火泵柱塞副间隙的优化设计[J]. 液压气动与密封, 2021, 41(10): 4-8+14.
- [4] 田晴晴, 谷立臣. 考虑定常能量损失因子的柱塞泵效率特性建模[J]. 排灌机械工程学报, 2021, 39(9): 877-883.
- [5] 张艳霞, 王旭东, 赵曦, 等. 箱形柱塞焊与单向螺栓芯筒式连接节点性能试验对比研究[J]. 工程力学, 2021, 38(10): 103-118.
- [6] 冉启平, 王涛, 刘冰, 等. 斜盘式轴向柱塞泵转子系统动态特性分析[J]. 液压与气动, 2021, 45(10): 134-142.
- [7] 王建森, 曹伟栋, 何鑫龙, 等. 斜盘式轴向柱塞泵柱塞运动学分析的一般模型[J]. 兰州理工大学学报, 2021, 47(5): 59-64.
- [8] 翟中波. 智能柱塞瞬时运行速度研究与应用[J]. 石油规划设计, 2021, 33(5): 78-83+88.
- [9] 黄焯. 多缸高压径向柱塞泵设计及泵壳有限元分析[J]. 煤矿机械, 2021, 42(10): 89-93.
- [10] 高林. 基于 AMESim 对柱塞泵的仿真分析[J]. 中国设备工程, 2020(10): 72-74.
- [11] 贾宁, 孙会来, 李瑞川, 等. 基于 Amesim 的恒量变压柱塞泵的建模与仿真[J]. 汽车实用技术, 2021, 46(17): 34-37+41.
- [12] 朱梅, 顾佳林, 储诚葵, 等. 基于柱塞泵与单片机的可控施肥机设计与喷灌试验[J]. 排灌机械工程学报, 2021, 39(11): 1169-1176.
- [13] 曲全鹏, 曲海军, 张强. 基于 VMD-MDE 的柱塞泵磨损故障诊断研究[J]. 机电工程, 2021, 38(9): 1202-1206.