

基频最大的经纬仪基座的拓扑优化

高阁^{1,2}, 刘震宇¹

1. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 长春, 吉林, 130033

2. 中国科学院大学, 北京, 100039

引言: 随着光电经纬仪向轻量化、小型化发展, 在车载式振动环境下经纬仪的合理设计成为研究的热点。本文基于拓扑优化的方法对经纬仪的基座进行加强筋布局设计, 利用 COMSOL Multiphysics® 进行仿真优化, 以提高基频频率值。

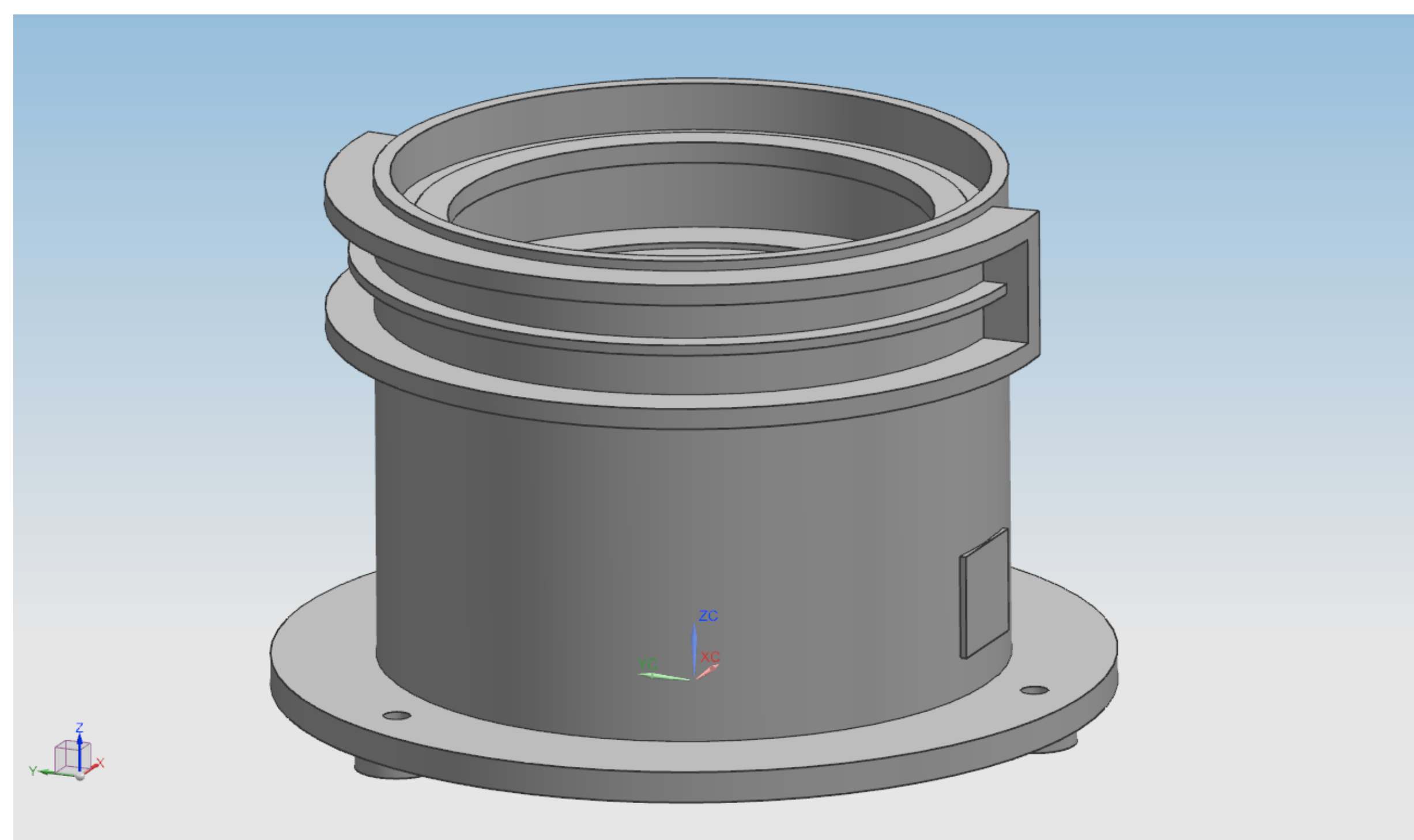


图 1. 经纬仪基座

计算方法: 以基频最大为目标函数, 忽略阻尼和外部激励时, 数学模型为:

$$\begin{aligned} \max \quad & \omega^2 \\ \text{st.} \quad & K\phi = \omega^2 M\phi \\ & \sum_{k=1}^N \rho_k v_k - \alpha V_0 \leq 0 \\ & 0 \leq \rho_{\min} \leq \rho_k \leq 1 \quad k = 1, \dots, N \end{aligned}$$

根据模态向量对质量矩阵的正交性可推出敏度:

$$\frac{\partial \lambda}{\partial \rho_k} = \phi^T \left(\frac{\partial K}{\partial \rho_k} - \lambda \frac{\partial M}{\partial \rho_k} \right) \phi \quad k = 1, \dots, N$$

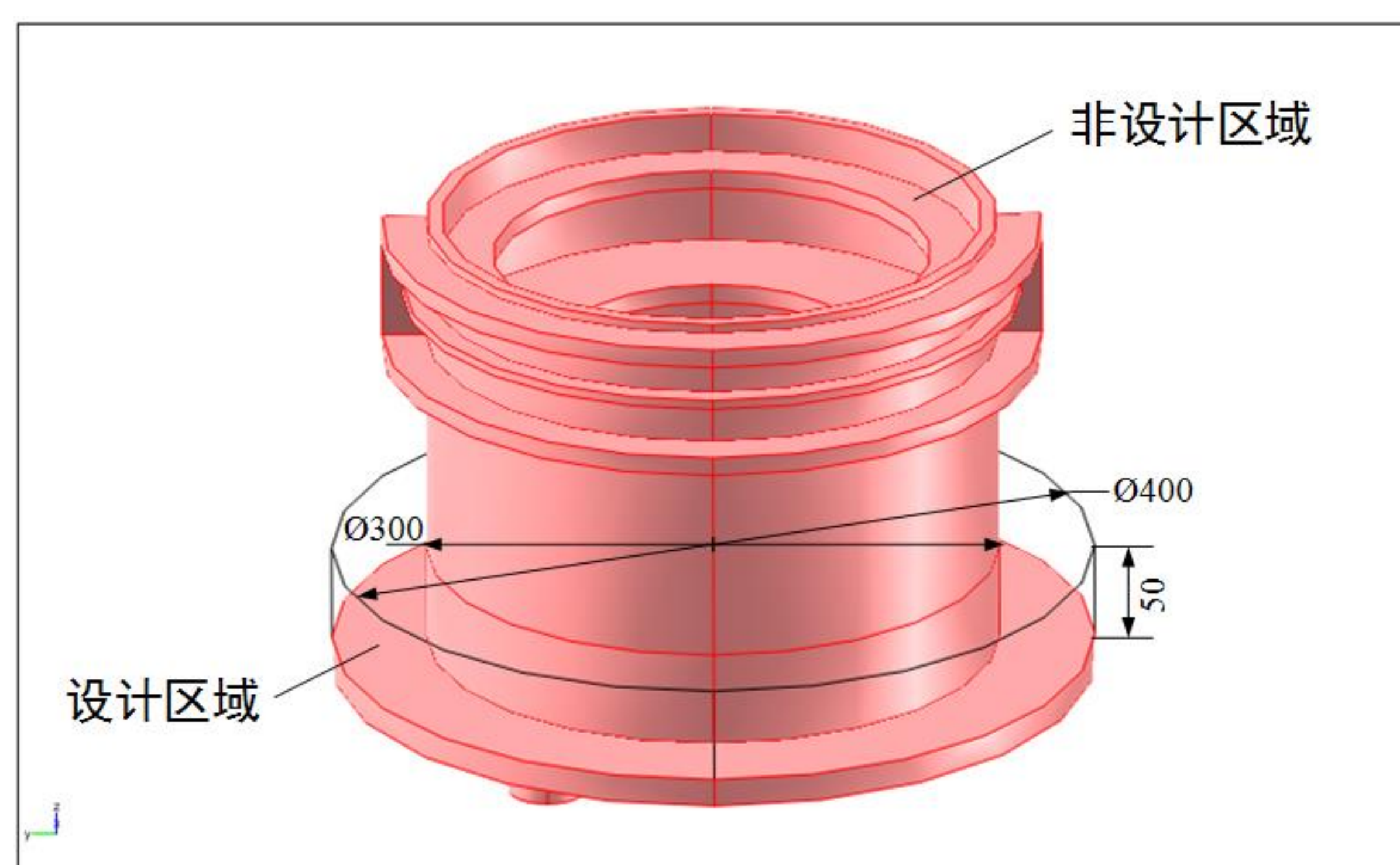


图 2. 简化后的模型

结果: 通过采用 SIMP 插值模型和 OC 优化算法, 得到了清晰的拓扑结构。结果显示, 加强筋应布置在底盘的三个支脚所在区域, 此时基频提高了约 28%, 并且前五阶次频率都有相应提升。



图 3. 拓扑优化结果

频率	优化前 (Hz)	优化后 (Hz)	增量
基频	763	975	27.8%
一阶频率	776	978	26.0%
二阶频率	1349	1657	22.8%
三阶频率	1643	1751	6.6%
四阶频率	1714	1833	6.9%

表 1. 前5阶频率参数

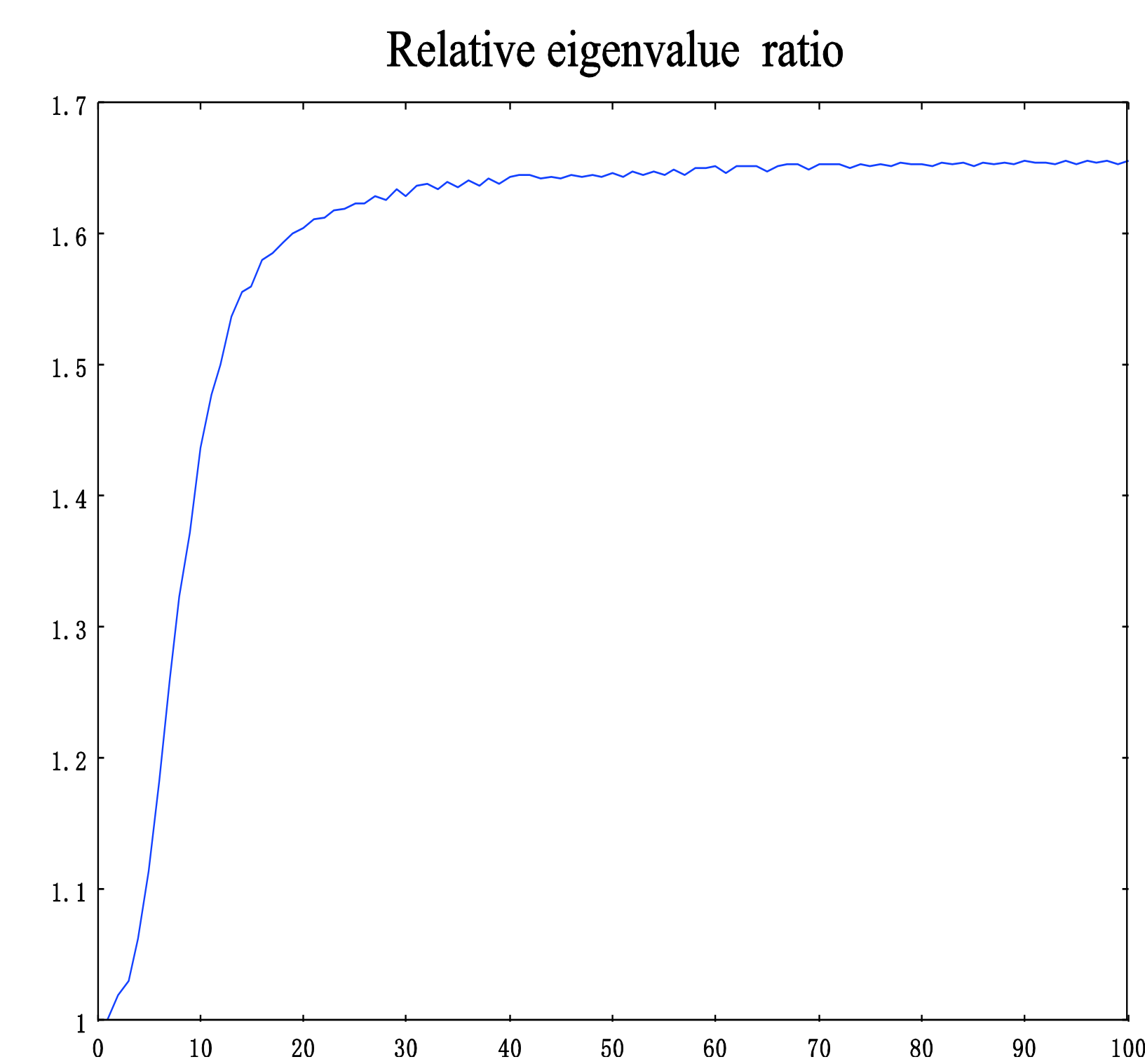


图 4. 迭代过程中特征值的比

结论: 采用拓扑优化的方法, 找到了基座加强筋布置的合理位置, 使基频及其他低阶频率得到了提升, 满足了振动要求, 改善了系统在工作环境下的表现。

参考文献:

- [1] Bendsøe, M. P., and Sigmund, O. Topology optimization: theory, methods and applications [M]. Springer, Berlin (2003).
- [2] Du, J. B., and Olhoff, N. Topological design of freely vibrating continuum structures for maximum values of simple and multiple eigenfrequencies and frequency gaps [J]. Struct Multidisc Optim 34, 91–110 (2007).
- [2] Sigmund, O. A 99 line topology optimization code written in Matlab [J]. Struct Multidisc Optim 21, 120–127 (2001).