

基于 COMSOL 的六边形光子晶体光纤色散特性研究

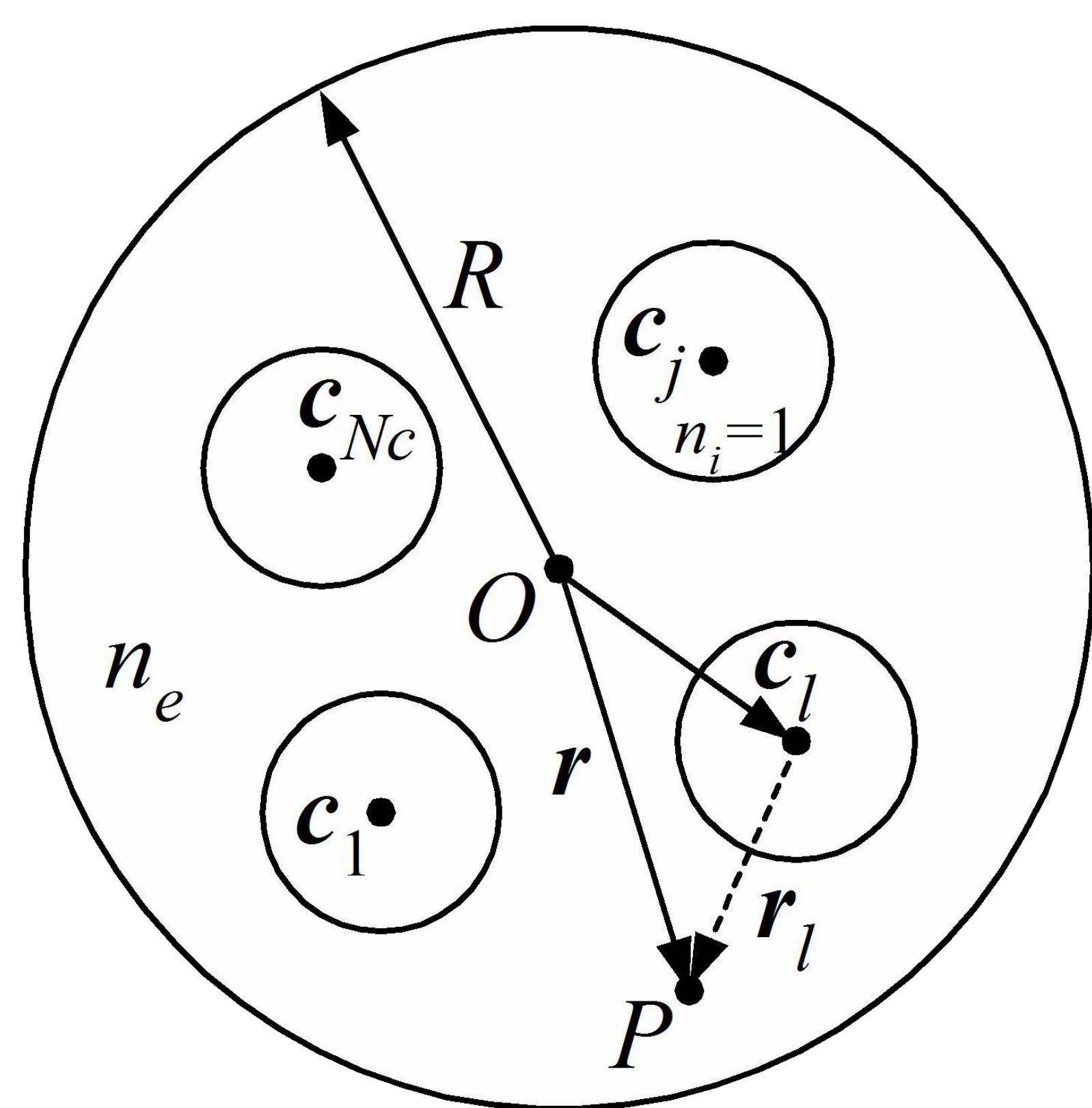
孔祥敏¹, 王俊¹, 江兴方^{1,2}, 王钦华²

1. 常州大学, 数理学院, 常州市滆湖路1号, 江苏常州, 213016

2. 苏州大学, 现代光学技术研究所, 苏州市十梓街1号, 江苏苏州, 215006

简介: 针对光子晶体光纤模型运算复杂的问题, 分析了平面波展开法、Hermite-Gaussian 函数法、光束传输法, 归纳了采用多极法求解方法, 同时基于 COMSOL Multiphysics® 多物理场耦合分析软件, 研究了包层中六角形空气孔排列, 得到了空气孔直径与其孔间距比值对色散的影响以及中心附近存在小空气孔时的色散特性。

结果: 当空气孔直径相同时, 空气孔径与孔间距之比增大, 色散系数增大。当中心附近有小空气孔时, 小空气孔直径越小, 色散系数越大; 在小空气孔直径不变时, 大空气孔直径与其孔间距之比越大, 则色散系数越大, 当大空气孔直径与其孔间距之比为0.6时, 发现中间带六小圆孔的光子晶体光纤具有更好的负色散特性。



计算方法: 利用多极法对由圆柱空气孔构成的微结构光纤进行计算, 产生模式和传播的实部和虚部, 利用实部可以计算光纤的色散, 利用虚部可以计算有限包层空气孔情况下的限制损耗。

$$E_z = \left[\sum_{l=1}^{N_c} \sum_m B_m^{El} H_m^{(1)}(k_{\perp}^e |r - c_l|) e^{im \arg(r - c_l)} + \sum_m A_m^{El} J_m(k_{\perp}^e |r - c_l|) \right] e^{i(\omega t - \beta z)}$$

$$H_z = \left[\sum_{l=1}^{N_c} \sum_m D_m^{El} H_m^{(1)}(k_{\perp}^e |r - c_l|) e^{im \arg(r - c_l)} + \sum_m C_m^{El} J_m(k_{\perp}^e |r - c_l|) \right] e^{i(\omega t - \beta z)}$$

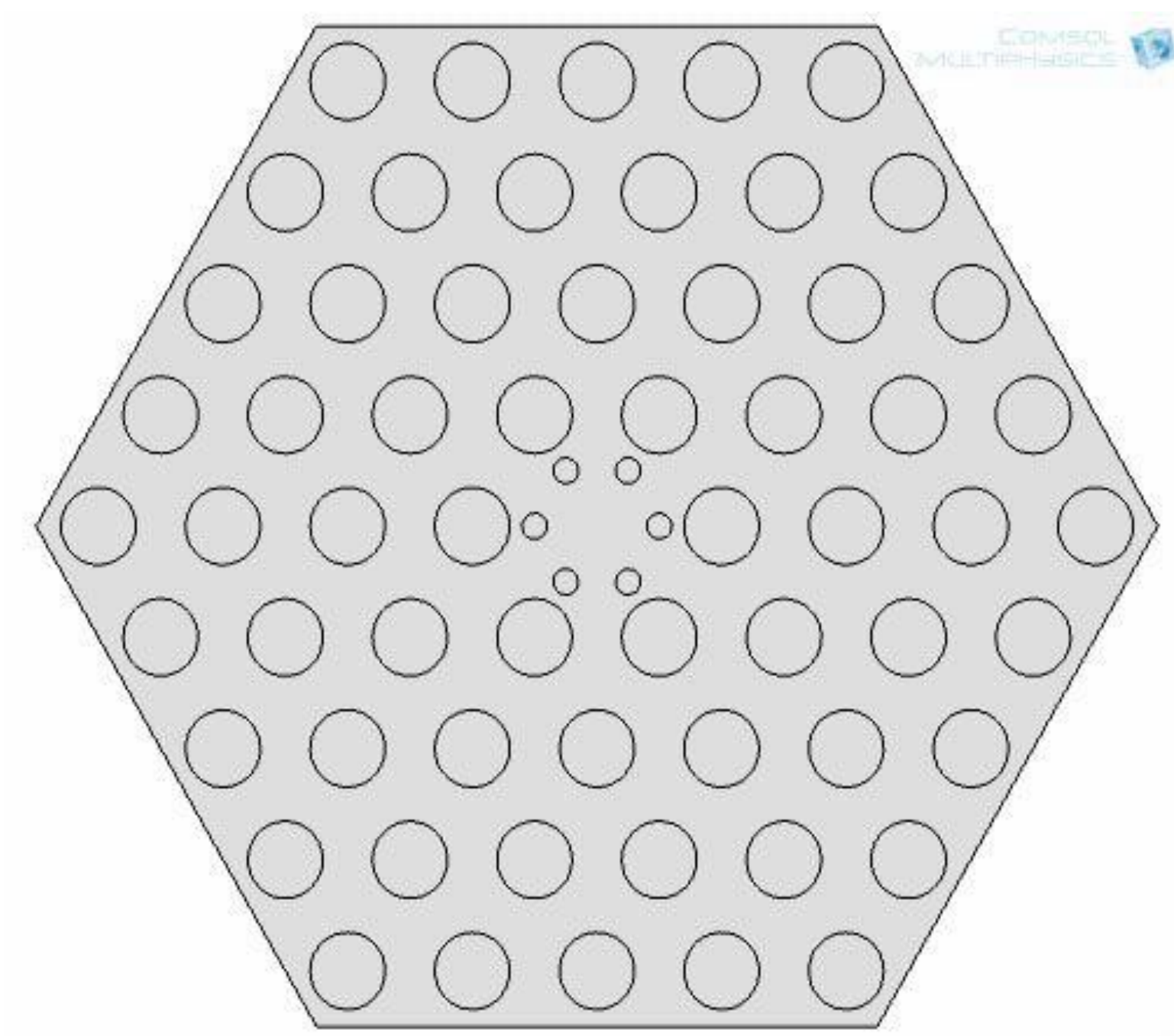


图 2. 中间含6个小圆孔的光子晶体光纤的截面示意图

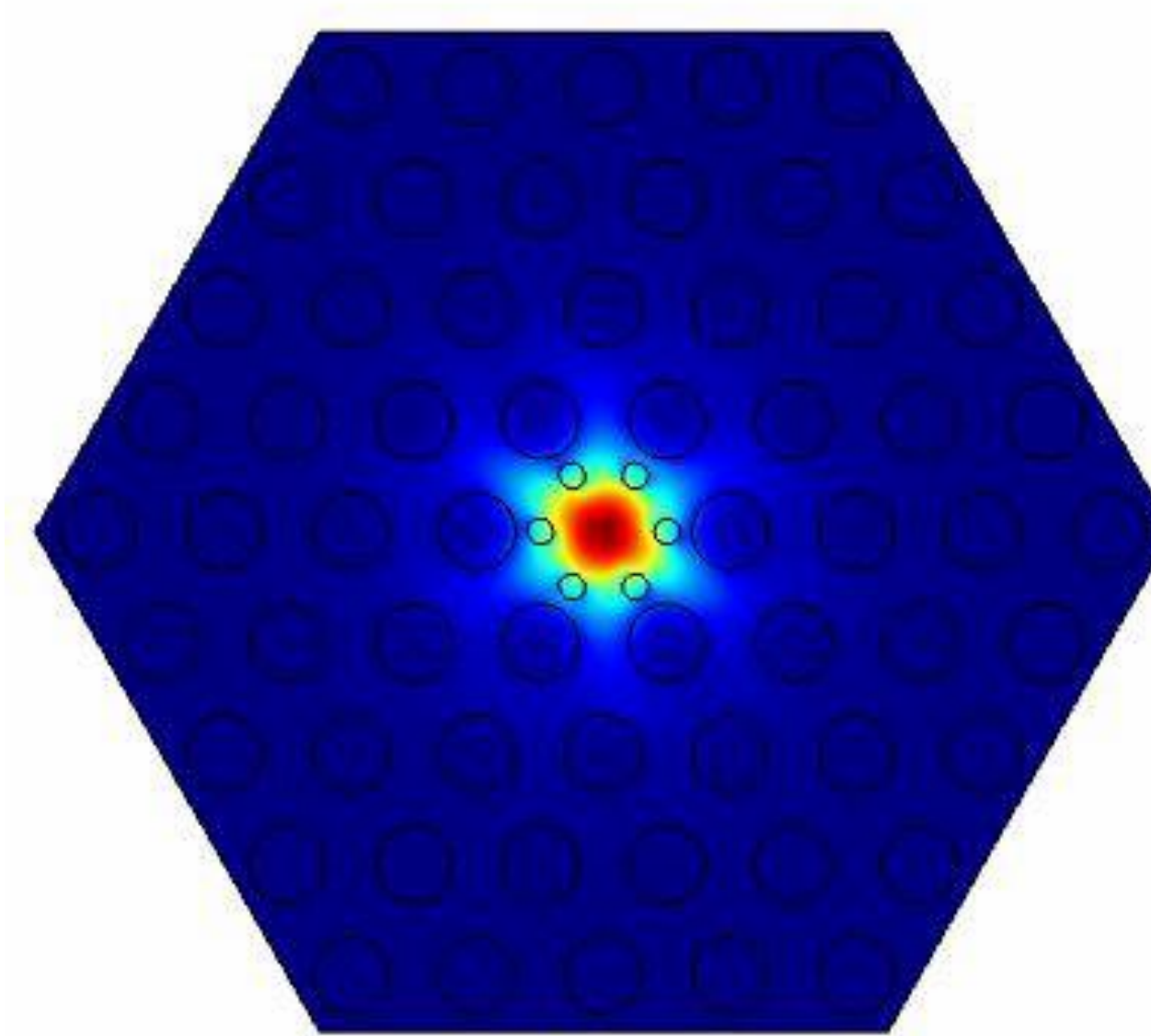


图3. 中间含6个小圆孔的PCF模态分析

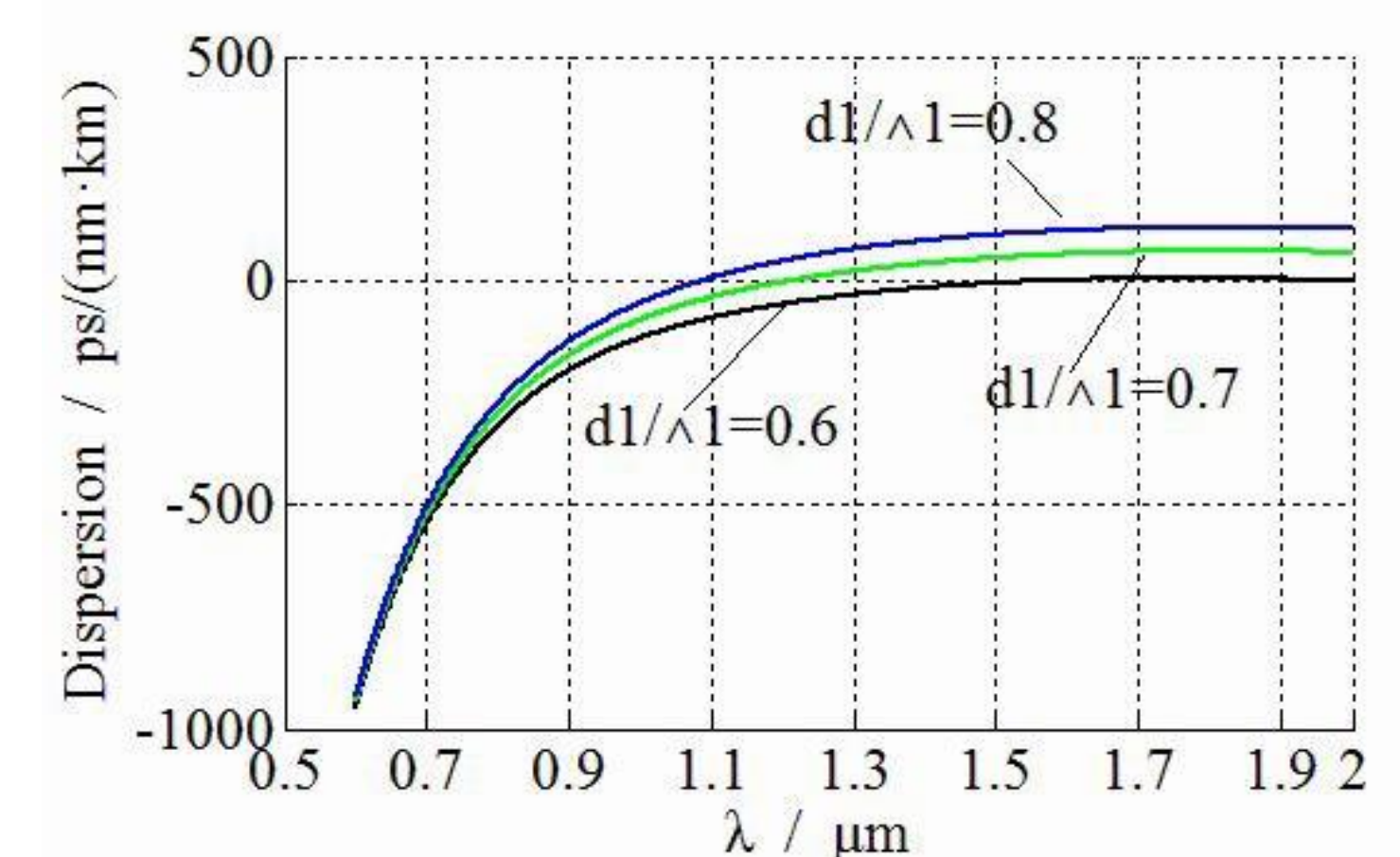


图 4. PCF的总色散与波长的关系

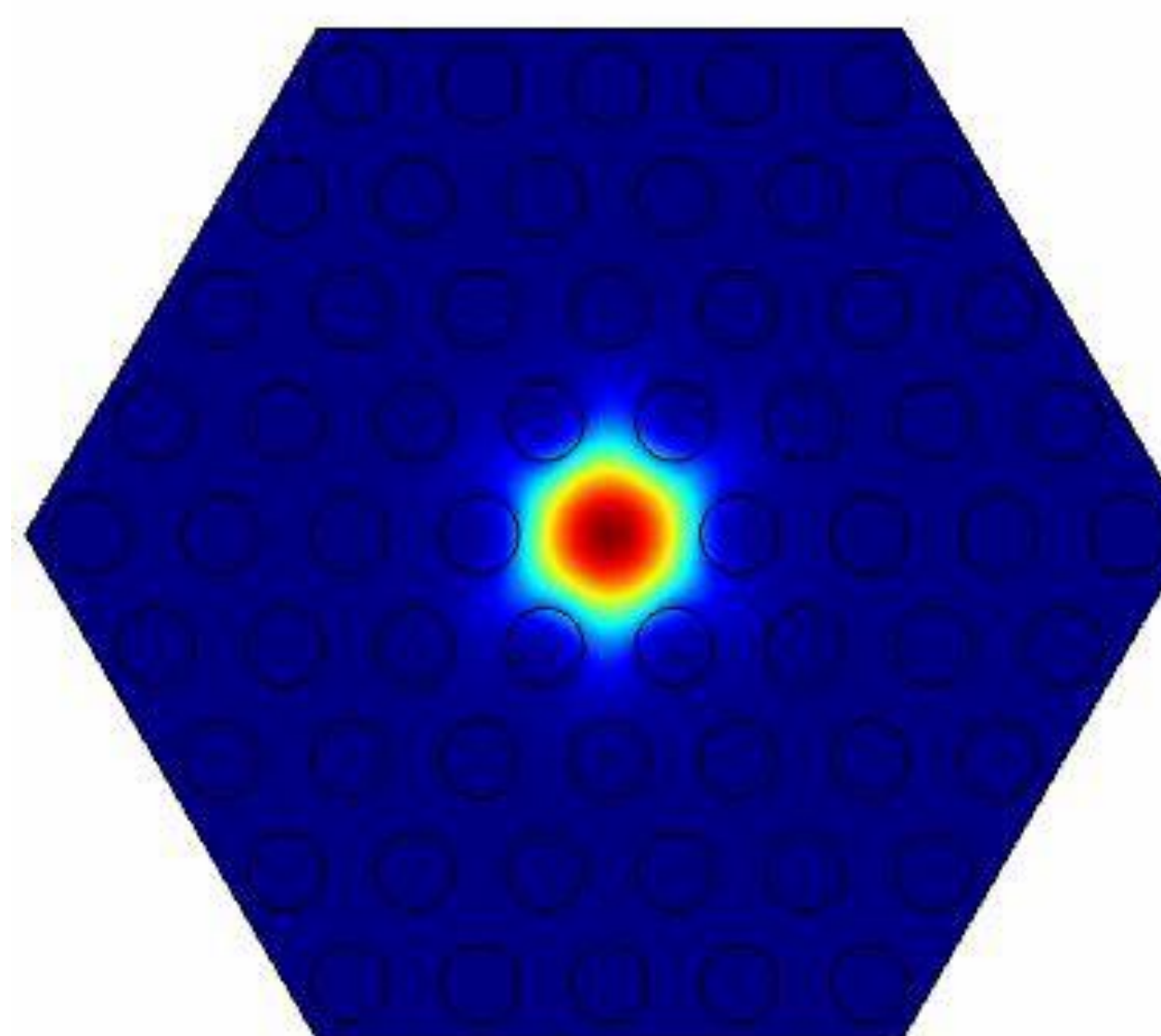


图5. 中间不含小圆孔的PCF模态分析

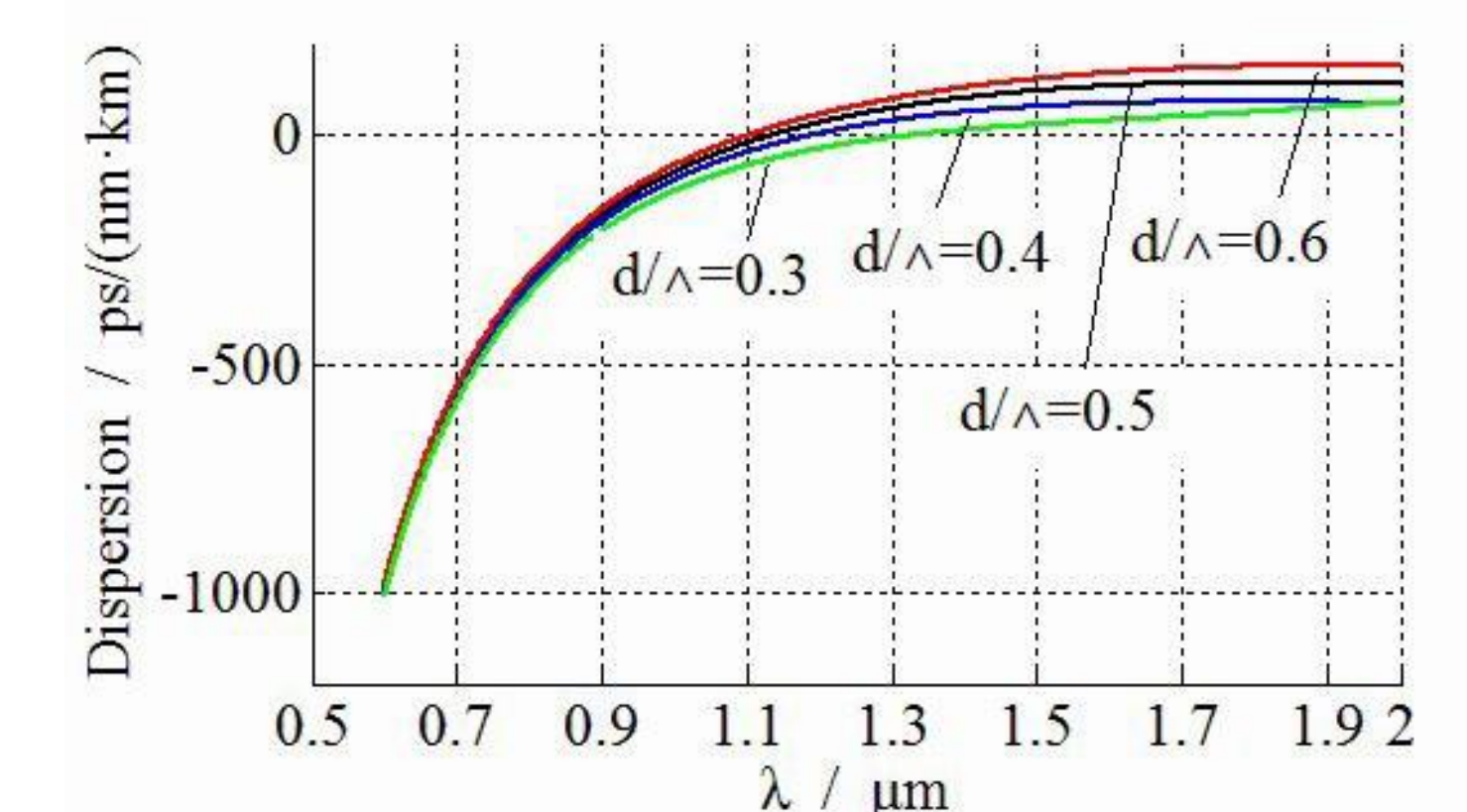


图 6. PCF的总色散与波长的关系

结论: 通过 COMSOL Multiphysics® 对各种结构的PCF模拟和理论分析, 找出了在低损耗窗口负色散最大的PCF结构, 从而在实际中使用更短负色散PCF对更长的正色散光纤进行色散补偿。

参考文献:

- [1] T. P. White, B. T. Kuhlmeiy, R. C. McPhedran, et al. Multipole method for microstructured optical fibers. I. formulation [J]. Journal of the optical society of America B. 2002, 19(10): 2322-2330
- [2] K. M. Lo, R. C. McPhedran, I. M. Bassett, et al. An Electromagnetic theory of dielectric waveguides with multiple embedded cylinders [J]. Journal of lightwave technology. 1994, 12(3): 396-410
- [3] B. T. Kuhlmeiy, T. P. White, G. Renversez, et al. Multipole method for microstructured optical fibers. II. Implementation and results [J]. Journal of the optical society of America B. 2002, 19(10): 2331-2340
- [4] W. Wijngaard. Guided normal modes of two parallel circular dielectric rods [J]. Journal of the optical society of America. 1973, 63(8): 944-950
- [5] C. S. Chang, H. C. Chang. Theory of the Circular Harmonics expansion method for multiple optical fiber system [J]. Journal of lightwave technology. 1994, 12(3): 415-417
- [6] T. P. White, R. C. McPhedran. Calculations of air-guided modes in photonic crystal fibers using the multipole method [J]. Optics Express. 2001, 13(9): 721-732