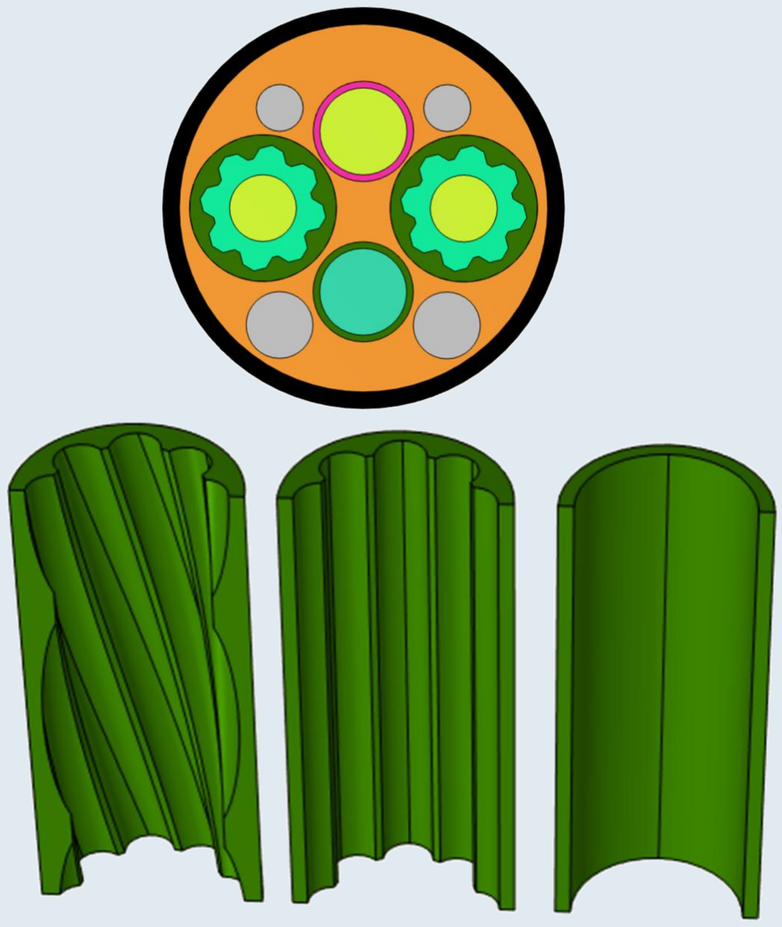


用于直浸式液冷超充电缆的螺纹槽道液冷管道设计

本研究针对直浸式液冷电缆冷却管道在电缆导体偏心情况下局部温升过高的问题，提出采用内螺旋沟道的散热管道，通过诱导涡流强化换热，通过横向流体换热，改善导体偏心时的温度均匀性，充分降低管道局部温升，提高液冷电缆热管理效率。

李玉丽; 赵筱赫; 张雅君

河南工学院

简介

直浸式液冷式电缆动力线导体与冷却液直接接触，散热效率高，广泛被用于大功率充电设备中。然而，由于动力线导体在冷却液中浸泡，仅通过两端硬连接部件固定，充电电缆在使用中导体可能出现偏离液冷管道中心的位置，造成冷却液管道上的热分布不均匀，造成管道局部热老化而降低电缆使用寿命。

通过改变液冷管道结构，提升流体散热效率，改善液冷电缆的匀热性能，减小冷却管道的局部温升，是进一步提高液冷充电电缆载流量的有效措施。与传统的直管道相比，螺旋槽道管道中的流体在螺旋运动过程中，不同位置的流体之间相互交换更加频繁，使得流体在径向和周向方向上的混合得到显著加强，能够有效增强流体与管道壁面之间的传热效果，被广泛应用于换热设备中。

本文针对直浸式液冷电缆工作中缆芯偏心造成的温度场分布不均匀问题，提出一种内螺旋槽道的液冷管道，通过改变冷却液循环流动特性，增强局部散热，在导体“偏心”时，有效降低冷却管道局部温度，改善液冷管道散热。

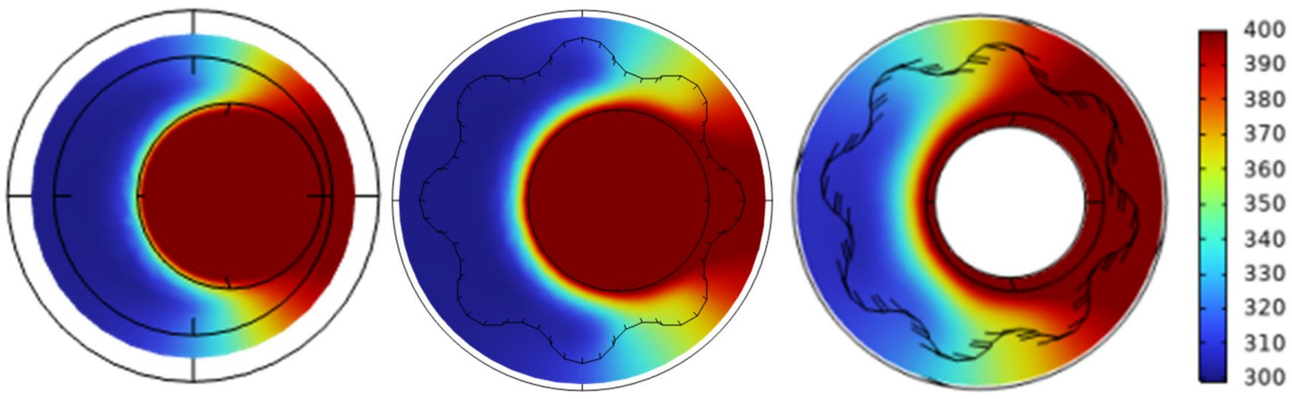


图1. 导体偏心时不同管道结构流体出口的温度分布云图

仿真建模

在多物理场耦合计算中，以单根液冷动力线为研究对象，采用电磁场+流速场+温度场耦合计算：电磁场采用电流场模块，计算导体区域，以欧姆损耗作为温度场热源；流场采用层流模块，计算冷却液区域；温度场采用固体与流体传热模块，覆盖全部模型区域，将冷却管道外边界设置为热绝缘边界，冷却管外侧表面与电缆其他部分之间无热交换。充电电流按典型快充曲线等效为阶梯函数加载。

结果讨论

仿真结果表明，内螺旋沟道的散热管道，通过诱导涡流强化换热，通过横向流体换热，充分降低管道局部温升，提高液冷电缆热管理效率。在电缆导体偏心的极端工况下，以管道温度均匀度系数、流阻及传热系为优化目标，对螺旋槽道结构和槽深进行多参数寻优，结果表明，当螺旋槽道节径比为8-12范围内，电缆管道的综合性能最优。

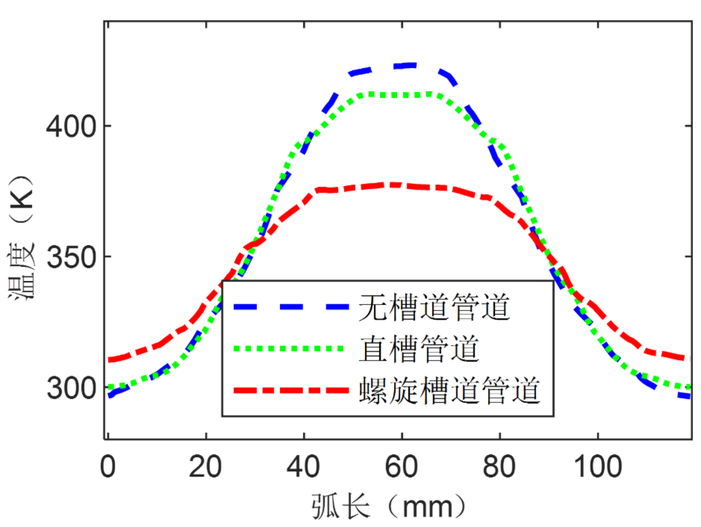


图2. 导体偏心时不同管道结构内壁温度曲线

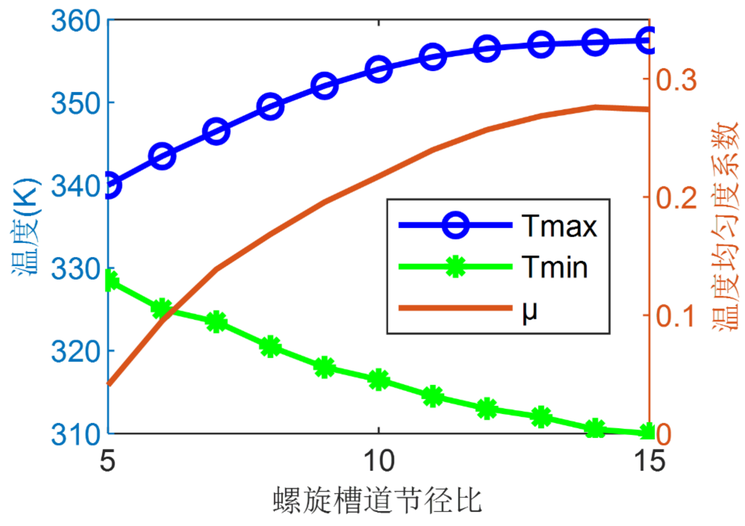


图3. 螺旋槽道节径比对温度的影响

参考文献

1. 陈帅雨, 等.液冷充电系统及液冷电缆的研究设计[J].电线电缆, 67(03): 18-21(2024,).

2. Mogaji T S , et al.CFD study of heat transfer augmentation and fluid flow characteristics of turbulent flow inside helically grooved tubes[J].Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, 44(3):1-13(2022).