

# 中国科学技术大学优秀博士学位论文推荐表

作者姓名	周光明	学号	BA13214017	出生年月	1988. 11	民族	汉
院系名称	核学院	电话	+4915905370232	毕业去向	德国 Karlsruhe Institute of Technology 任 Research Scientist		
指导教师	叶民友教授 陈红丽教授			获博士学位日期	2016. 11. 28		
一级学科名称	核科学与技术			二级学科名称	核能科学与工程		
本科毕业院校	南华大学			硕士毕业院校	硕博连读		
承担主要社会工作	目前在德国国立研究机构 KIT 开展核聚变能源研究发展工作，今后回国为中国聚变事业贡献一份力量						
获奖情况	2013 年获“硕士研究生国家奖学金” 2014 年获“国家公派留学-联合培养博士研究生奖学金” 2014 年获“中国科学院朱李月华优秀博士生奖学金” 2016 年获“中国科学院院长优秀奖” 2016 年获中国科学技术大学“校优秀毕业生”						
学位论文题目	CFETR 氦冷固态包层结构热-机械性能分析						
学位论文研究方向	聚变堆包层设计						
学位论文评阅专家	冯开明研究员	叶邦角教授	宋云涛研究员	姚达毛研究员	吕波研究员		
学位论文答辩专家	冯开明研究员	叶邦角教授	刘长松研究员	姚达毛研究员	吕波研究员		
论文答辩日期	2016. 09. 26	论文答辩结果（通过票数/不通过票数）				5 / 0	
学位论文中文摘要							
<p>根据“中国磁约束聚变能发展路线图”，中国聚变工程实验堆 CFETR 一期工程将实现约 200 MW 的聚变功率、等离子体稳态或者长脉冲运行和氦自持。聚变堆的氦增殖包层是实现氦自持的核心部件，氦增殖包层除了增殖氦外，还承担着提取与转换能量、屏蔽辐射等功能。因此，包层需要满足中子学、热工水力学、结构力学和安全等多方面的要求，这使得包层设计成为一个富有挑战性的工作。为支持 CFETR 的研究与发展，本文对 CFETR 的一种氦冷固态包层开展了系统的热-机械性能评估，为 CFETR 氦冷固态包层下一步的设计研究提供重要参考。</p> <p>本文对 CFETR 氦冷固态包层开展了稳态热分析和脉冲运行状态下的瞬态热分析，并对包层温度场多方面影响因素进行了研究，开展了球床参数、热工水力参数和球床-壁面接触热阻对包层温度场的影响研究。稳态热分析得到了包层各部件的温度分布，各部件均满足材料的温度限值，温度场将作为包层结构在非循环载荷下热机械性能评估（M-type）的输入条件。脉冲运行下的瞬态热分析得到了包层温度随脉冲变化的规律。启堆时包层各部件的温度随着热载荷的增加而升高，其中第一壁的温度升高要比增殖区快；停堆过程，第一壁温度降低也要快于增殖区。启堆和停堆过程中第一壁和增殖区之间的温度差会造成较大的热应力。瞬态热分析的结果是包层结构在循环载荷下热机械性能评估（C-type）的输入条件。包层温度场多方面影响因素研究表明球床填充因子和小球尺寸对包层温度场的影响较小。球床有效热导率对球床温度场具有较大影响。减小球床有效热导率会导致球床温度显著增加；而当球床有效热导率增加的一定程度，球床温度趋于稳定不变。随着冷却剂入口流量的增加（降低），包层温度随之降低（升高）。当流量增加到一定程度，包层温度不再显著降低。球床与冷却板最高温度随冷却剂入口温度升高呈线性增加，但增加幅度较小。由于增加流道粗糙度会在加强换热的同时极大地增加压降，因此不建议在冷却板流道加粗糙度。球床-壁面接触热阻对球床温度具有一定的影响，不过当前包层方案能够很好地缓解球床-壁面接触热阻的影响。即使球床与壁面发生完全脱离，球床和结构材料仍能满足温度限值。当前的包层方案具有良好的热学性能。</p> <p>在包层热分析的基础上，对包层结构的机械性能进行了分析。基于 ITER 真空室内部件结构设计标准 SDC-IC，给出了包层结构强度评定准则和方法。在不考虑电磁载荷作用下，对包层结构开展了非循环载荷下的应力分析（M-type），并对包层进行了详细的 M-type 失效模式的性能评定，结果显示包层结构能够很好地满足 M-type 失效模式的评定准则。接着对包层结构高温部件开展了循环载荷下的应力分析（C-type），并基于 SDC-IC 标准对包层进行了详细的 C-type 失效模式的性能评定。热机械性能评估表明 CFETR 氦冷固态包层在正常工况下热机械性能优良。然后对包层进行了初步 FMEA 分析，得到了包层的参考事故。基于 SDC-IC 标准 Level D Criteria 对包层结构在典型事故 In-box LOCA 下的热-机械性能进行了详细的评估。结果显示此包层方案在此事故下仍具有良好的机械性能。</p> <p>本文所开展的研究可为将来 CFETR 包层设计优化提供重要参考。</p>							

攻读博士期间与博士学位论文相关的代表性成果（限列 10 项）					
发表学术论文数	12	本人第一论文数 (含导师第一本人第二)	3	专利及其它成果数	0
序号	成果名称	作者排名	期刊名称	发表时间	收录情况
1	Preliminary steady state and transient thermal analysis of the new HCPB blanket for EU DEMO reactor	第一	International Journal of Hydrogen Energy	2016	SCI 二区 IF 3.205
2	Preliminary structural analysis of the new HCPB blanket for EU DEMO reactor	第一	International Journal of Hydrogen Energy	2016	SCI 二区 IF 3.205
3	Thermal Analysis of Breeder Unit for Helium Cooled Solid Breeder Blanket of Chinese Fusion Engineering Test Reactor	第一	Journal of Fusion Energy	2015	EI
4	Design and safety analysis of the helium cooled solid breeder blanket for CFETR	第二	Kernntechnik	2016	SCI 四区 IF 0.248
5	Preliminary design of the helium cooling system for the helium cooled solid breeder blanket of CFETR	第二	Journal of Fusion Energy	2016	EI
6	Preliminary structural design and thermo-mechanical analysis of helium cooled solid breeder blanket for Chinese Fusion Engineering Test Reactor	除导师外, 第二	Fusion Engineering and Design	2015	SCI 四区 IF 1.301
7					
8					
9					
10					