

清华大学

博士学位论文摘要汇编

1990 年

COLLECTION OF DOCTOR
DISSERTATION ABSTRACTS



清华大学出版社

370510

清华大学博士学位论文摘要汇编

1990 年

清华大学研究生院编



清华大学出版社

内 容 简 介

本书收入清华大学 1990 年通过博士学位论文答辩并授予博士学位的研究生论文摘要 79 篇, 主要内容为从事这项研究的目的意义, 采用的研究方法, 主要工作内容, 获得的结论及其实用价值, 重点介绍了论文的创造性部分。

本书可供高等学校、科研机构的广大研究生、研究生导师、科研人员及工矿企业从事有关研究工作或技术革新的同志参考。

(京)新登字 158 号

DV-78.23

清华大学博士学位论文摘要汇编

1990 年

清华大学研究生院编

☆

清华大学出版社

北京 清华园

清华大学印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

开本: 787×1092 1/16 印张: 5.25 字数: 109 千字

1993 年 9 月第一版 1993 年 9 月第一次印刷

印数: 0001~1200 定价: 4.00 元

ISBN 7-302-01290-3/Z·74

前 言

为促进学术交流，广泛听取同行专家们的意见，提高博士研究生的培养质量，现汇编出版 1990 年《清华大学博士学位论文摘要汇编》，供大家参考。

本书按学科进行编排，同一学科内以答辩日期先后次序排列。

本书包括我校 17 个系 41 个专业博士研究生的学位论文摘要 79 篇。这些论文均已通过专家评阅和论文答辩。论文全文收存于北京图书馆、中国科技情报所、我校图书馆及各系资料室。

我们恳请各有关单位专家、同行学者和广大读者对论文中存在的问题提出宝贵意见；对编校工作中的错误予以批评指正。对此我们深表感谢。来信请寄：清华大学研究生院，邮政编码 100084。

编 者

1993. 9.

目 录

土木工程系

广义协调元的基本理论与构造方法	卜小明 1
切口尖端应力应变场与分区混合有限元法计算切口应力强度因子	钱 俊 2
变形钢筋-混凝土粘结锚固性能的试验研究	徐有邻 3
钢筋砼结构中温度场和热应力的非线性有限元分析	石贵平 3

水电工程系

粗糙床面明槽紊流水力特性	王晋军 5
少粘性土的工程特性及其在冲填坝静动力分析中的应用	李万明 5
节理裂隙岩体损伤-断裂力学模型及其在岩体工程中的应用	杨延毅 6

环境工程系

二相升流式厌氧污泥床工艺微生物学特性的研究	竺建荣 7
新型混凝剂聚磷氯化铝的研究	胡勇有 7
燃煤飞灰电除尘特性的模拟与分析	贺克斌 8

机械工程系

硅热法制取 REMgSiFe 合金理论与工艺的研究	林 炜 10
铸型涂料操作工艺性能及流变学的研究	胡邦红 10
大型铸件凝固过程数值模拟及缩孔缩松预测	程 军 11
特大型球墨铸铁中铈与稀土元素对石墨组织的影响及行为的研究	李同心 12
弧焊机器人及其视觉系统的研究	梁天培 13
弧焊动态过程及其控制的研究	齐铂金 14
电弧传感器基础理论及其焊缝跟踪系统的研究	费跃农 15
Cr、Ni 奥氏体钢焊缝凝固时的冶金-力学行为和凝固裂纹的研究	吴爱萍 16
钢铁材料激光处理后组织和性能	朱 捷 16
减摩耐磨刷镀层的研究	张贤华 17
大锻件孔隙性缺陷的压合和焊合规律的研究及高温栅的研制	金 宁 18
大型轴类锻件铸造工艺的云纹法模拟研究	钟 杰 19
多功能面外云纹仪的研制及图象处理技术的研究	张志波 19
铝合金热挤压的高温云纹法模拟研究及工艺控制	幸世古 20

精密仪器系

三维非接触式光学传感器的研究及其在测量中的应用	李俊春 21
-------------------------	--------

激光双焦点多功能磁头飞行姿态测试系统的研究	宋云峰22
用于大型旋转轴系的扭转振动测量技术研究	傅海忠22
滚动轴承中的弹性接触问题及其数值求解	罗继伟23
机器人孔柱装配理论和技术研究	邹敏伟24
非回转体零件创成式计算机辅助工艺设计 (CAPP)	
及其集成技术的研究	易 红25
FMS 动态调度实时控制系统的研究	周 凯26

热能工程系

发热固体大颗粒间绕流的流体动力及传热研究	刘 涛27
电站模块化模型开发系统及流体网络的建模方法	马迎辉27
煤粉颗粒的湍流弥散实验研究及船型体煤粉燃烧器流场的	
贴体座标数值模拟	梁勇军28
二维叶栅分离流动机理及其数值模拟	刘卫东29

汽车工程系

旋流室中直喷式柴油机混合气形成过程的研究	张聿忠31
汽车零部件耐久性试验室内模拟研究	王霄锋31

电机工程系

等离子体焦点中电流壳层发展的研究	王新新33
交流—多端直流大电力系统动态稳定的研究	郑汉楚34
电力系统电压稳定性研究	冯治鸿35
复杂扩展式电力系统中功率-频率动态过程分析及低频减载装置整定	阎 勇36
大型汽轮发电机组在电力系统重合闸及汽门快关过程中	
机电振荡的研究	马东升37
超高压大型变压器线圈的暂态电压分布及仿真	王赞基38

电子工程系

基于图像分析的工程图低智能化输入方法的研究	俞 斌39
微波非线性电路计算机辅助设计	张向东39
多体印刷汉字识别的研究与实现	黄晓非40
中低速率下正弦模型语音编码研究	刘 加41
卷积码的噪声译码	孙 平42
模拟电路自动化设计的研究	吴森辰43
采用最大熵方法的可编程自适应信号处理器	李武皋44
电路的统计设计理论与系统的研究	王志华45
CMOS 工艺结构中横向双极型晶体管的特性与模 型	马槐楠46

短沟道 MOSFET 高频模拟集成电路研究	张 莉46
集成电路工艺优化设计方法与系统的研究	吾立峰47
移动通信多径传播理论模型的探讨与应用	李元青48
双反射面天线部分整形的新技术	章贤钟49

计算机工程系

宏单元模式 VLSI 分级布图算法与系统	应昌胜50
分布计算系统中的故障恢复技术	周 笛51
分布式问题求解系统中分解与分布的研究	胡 蓬52
复杂时态关系动作规划——逻辑基础、算法及实现	汪洪滨53

自动化系

线性规划多项式算法和最小二乘法研究	李英杰55
H 无穷范数设计理论研究及工程应用	范玉顺55
人工智能中一些推理方法的研究	刘力夫56
多相流流量测量新方法研究	高晋占57

工程物理系

真空蒸发原子束的理论研究及其速度分布的激光法测量	梅 林58
能量色散 X 射线荧光分析软件设计	刘召贵58

工程力学系

非 J 控制扩展的弹塑性断裂分析与安全评定方法	王 波60
圆柱壳大开孔接管的应力分析	邓 勇60
应变率敏感材料物理参量的研究及其工程应用	宋 军61
流体与结构相耦合系统的有限元法研究	王永辉63
小尺寸物体自然对流换热	刘志宏63

化学工程系

金属溶剂萃取体系热力学模型建立新方法和基团贡献法的研究	陈 健65
磷酸三丁酯萃取硝酸和硝酸铀酰的热力学研究	尚宇星66
络合萃取法处理工业含酚废水的研究	杨义燕67
有机相中水行为的研究及似化学局部组成模型	吴雄武68

材料系

铅系复合钙钛矿型弛豫铁电体的研究	仇正祥70
------------------	-------

现代应用物理系

NO 分子的里德伯态光谱研究.....	宗明成71
镉准分子激发谱和荧光谱的研究.....	刘国军72

核 能 所

低温核供热反应堆的经济评价及相关能源系统分析.....	王桂颖74
-----------------------------	-------

广义协调元的基本理论与构造方法

结构工程专业研究生 卜小明 指导教师 龙驭球

本文对 1987 年首创的新型有限元——广义协调元作进一步的研究, 提出更一般形式的广义协调条件, 提出新的构造方案, 成功地构造出 10 种板壳新型广义协调元, 使广义协调元在理论上进一步深化, 广用上进一步开拓, 论文的主要贡献如下:

1. 提出广义协调条件更一般的形式。广义协调元是一种极限协调元, 即在网格无限细分的极限情况下趋于协调的单元, 从而是一种保证收敛的非协调元。根据非协调元的特点, 本文以修正势能原理作为理论出发点。根据极限协调的特点, 本文将泛函中的 Lagrange 乘子按 Taylor 级数展开, 并只取级数中的低阶项, 从而提出更一般形式的广义协调条件。

2. 提出三种新的薄板广义协调矩形元: 采用线性乘子而导出的 LGC-R12 单元, 采用双三次挠度场而导出的 GC III-R12 单元, 采用最小二乘法而导出的 LSGC-R12 单元。

3. 提出三种新的薄板广义协调三角形元: 采用常数乘子而导出的 GC IV-T9 单元, 采用结点协调和每边法向倾角平均协调而导出的 GC III-T9 单元, 采用最小二乘法而导出的 LSGC-T9 单元。

4. 提出一种新的薄板广义协调四边形单元 LGC-Q12。广义协调矩形元 LGC-R12 是它的特例。

5. 提出薄板广义协调扇形单元 GC-S12。其构造特点是将乘子沿单元的直边和曲线边分别采用 Taylor 展式和 Fourier 展式, 并取适当的低阶项。

6. 提出两种广义协调的薄壳单元, 包括矩形壳元和三角形壳元。这些壳元属于广义协调的平板型壳元。壳元的刚度矩阵由广义协调的板弯曲元和协调的平面膜元的刚度矩阵所组成。

以上构造的新型广义协调元具有下列优点: 有限元列式简单, 自由度少, 计算精度高, 保证收敛。对于 C1 连续有限元这个难题, 广义协调元的提出, 在协调元与非协调元之间开辟一条新路。一方面克服了协调元难于构造和过于刚硬的缺点, 另一方面又消除了非协调元不能保证收敛的致命弱点。一批新型优质单元的出现不仅丰富了学科内容, 而且在实际应用中有广泛的实用价值。

答辩日期: 1990 年 4 月 28 日

切口尖端应力应变场与分区混合有限元法 计算切口应力强度因子

结构工程专业研究生 钱 俊 指导教师 龙取球

本文对各类切口问题的尖端应力场进行了系统的分析,并应用分区混合有限元法计算了相应的应力强度因子。裂纹问题是切口问题的一个特例(对应于切口张角为零的情况)。本文对切口和裂纹问题的研究成果有的属于首创,同时也进一步扩大了分区混合有限元法的应用领域。主要内容如下:

1. 反平面切口分析。采用特征函数法分别推导了两种材料切口和幂材料切口的反平面问题的尖端附近的应力场,并用分区混合元法计算了两种材料反平面切口的应力强度因子。

2. 两种材料平面切口分析。采用复势理论导出两种材料平面切口问题的特征方程,再用 Muller 迭代法算出各种切口张角和材料比值的特征值序列。用分区混合有限元法分析了重力坝坝踵区切口应力强度因子随材料比值变化的规律。

3. Reissner 板切口分析。关于带切口的板弯曲问题,迄今尚未见到基于 Reissner 板理论进行分析的文献。本文用双重幂级数展开法首次获得 Reissner 板切口尖端应力场的表达式。用分区混合有限元法计算了无限和有限尺寸板切口应力强度因子。对于切口张角为零时的裂纹问题,计算误差在 1% 以内,精度优于现有方法。

4. 三维体表面裂纹分析。利用已有的三维体表面裂纹应力场解答,在尖端附近构造奇异应力元,拓宽了分区混合有限元的应用范围。

5. 三维切口分析。关于三维切口尖端应力场,迄今尚未见到有关推导的文献。与平面切口相比,空间切口由于维数的增加而更为复杂,尖端区域的应力场沿不同位置具有不同的奇异性。本文推导了三维单一材料切口尖端附近的应力场,并导出三维两种材料切口的特征方程及部分解答,可用于计算应力强度因子。R.J.Hartman 和 G.C. Sih 导出的三维无限体内半无限平面裂纹尖端应力场是本文的特例。

本文对五种切口和裂纹问题推导了尖端区域的应力场,并制作了相应特征值序列的表格,对深入研究切口问题具有参考价值。本文拓宽了分区混合有限元法的应用范围,充分说明该法是解决应力奇点问题的一种出色的方法。

答辩日期:1990 年 6 月 4 日

变形钢筋-混凝土粘结锚固性能的试验研究

结构工程专业研究生 徐有邻 指导教师 过镇海

本文介绍变形钢筋在混凝土中的粘结锚固机理和粘结锚固强度变化规律以解决混凝土结构中的钢筋锚固设计问题。

锚固条件对变形钢筋-混凝土的粘结锚固性能有很大的影响。本文通过大量拉拔试验探讨了混凝土强度、保护层厚度、配箍、锚固长度以及变形钢筋直径对粘结锚固性能的影响,并通过试验统计回归得出了变形钢筋在混凝土中粘结锚固强度和滑移的计算公式。

为了进一步探讨变形钢筋在混凝土中粘结锚固的机理,量测了不同锈蚀状态钢材表面的粗糙度,确定了钢材与混凝土之间的胶结强度和摩擦系数。观察了锚固钢筋的咬合机理、内裂缝的发展、混凝土的局部破损以及粘结锚固破坏的全过程。在此基础上建立了粘结锚固受力模型并推导了特征粘结锚固强度。所得结果与基于大量拉拔试验统计回归的结果吻合。

根据上述特征粘结锚固强度以及特征滑移,建立了粘结锚固应力-滑移(τ - s)曲线并给出了修正该曲线的位置函数,从而确定了钢筋粘结锚固的 τ - s 本构关系。

在上述试验研究的基础上,利用数值迭代方法和递推计算,实现了计算机模拟试验。计算机分析的结果提供了钢筋粘结锚固强度的变化规律及变形钢筋在混凝土中的临界锚固长度和极限锚固长度,并通过可靠度分析提出了钢筋锚固长度的设计建议。

答辩日期:1990年6月6日

钢筋砼结构中温度场和热应力的非线性有限元分析

结构工程专业研究生 石贵平 指导教师 过镇海 丁宝瑛

本文总结、分析了国内外关于砼材料的高温性能实验资料,以这些实验资料为依据,提出了高温状态下多轴砼的非线性本构模型。在该模型中,考虑了砼材料性质随温度而变化的特性,高温($\geq 400^{\circ}\text{C}$)状态下的粘结性流动现象以及徐变、开裂等因素,用非弹性应变值作为衡量热破坏的指标,并为此提出和使用了几何屈服面的坍塌和爆炸的概念。为了分析温度场,本文中用变量代换和加权的方法,建立了线性和非线性热传导问题的变分泛函,并提出了相应的求解方法,在计算中获得了令人满意的效果。本文中建立的计算温度场的变分泛函以及高温下多轴砼的热-力本构模型被用于核反应堆预应力安全壳的结构分析中。

本文编制了分析砼结构中温度场以及钢筋砼结构中的热应力场的专用程序,取名为TSARCS,它由10000多语句组成,用PASCAL语言编制。多个算例的计算结果

表明,本文中提出的理论以及用这些理论编制的计算机程序是正确的、可靠的。

TSARCS 程序适用于轴对称和平面问题的结构分析。可用来分析稳态的和瞬态的、线性的和非线性的温度场,以及静力的和动力的、线性的和非线性的热应力场,尤其适合于对核电站预应力安全壳等钢筋砼受热容器的安全性分析。TSARCS 程序经改造,可以方便地用于三维结构的分析。

本文中对于新浇筑砼的徐变应力也进行了分析研究,提出了一种新的简捷算法,并编制了相应的计算机程序,计算结果与前人的结果符合良好。

在考虑钢筋和砼的组合刚度时,本文中提出了一种新的组合方法,用来描述轴对称结构的钢筋砼组合单元的刚度。此法编程简单,机时省,模拟效果好。

答辩日期:1990 年 6 月 7 日

粗糙床面明槽紊流水力特性

水力学及河流动力学专业研究生 王晋军 指导教师 夏震寰 董曾南

研究粗糙床面明槽紊流水力特性, 不仅对紊流理论的发展具有重要意义, 而且具有重要的实用价值。本文应用偏振差动式激光测速仪对均匀粗糙床面明槽紊流边界层的发展以及明槽紊流水力特性进行了精细的量测, 得到了不同水力条件下有关流动特征的时均量及紊动量, 尤其是获得了有关粗糙床面附近流动特征的信息, 加深了对粗糙床面明槽紊流特性的认识。主要包括:

1. 通过对近壁区流动资料的分析, 定义了粗糙底层, 给出了理论零点位置的表达式, 并对粗糙床面紊动产生的机理进行了探讨。
2. 通过研究粗糙对流动的影响, 得到了大尺度粗糙、中间尺度粗糙和小尺度粗糙的判别标准, 对各种粗糙尺度情形下流动的时均及紊动特性进行了较系统的研究, 给出了流动二维性的判据及时均流速在垂线上的分区。
3. 从研究功率谱分布出发, 得到了粗糙床面紊流能量分布的一些特征。
4. 依据纵向脉动流速自相关函数的分布特性, 给出了猝发平均周期沿垂线的分布规律。
5. 讨论了粗糙床面明槽紊流的形成过程及紊流边界层沿程发展的特性, 得到了进口段长度及沿程的分区标准。
6. 对非均匀粗糙床面明槽紊流特性进行了初步的探讨, 得到了一些有意义的结论。

答辩日期: 1990 年 4 月 26 日

少粘性土的工程特性及其在冲填坝静动力 分析中的应用

岩土工程专业研究生 李万明 指导教师 黄文熙 周景星

本文报道了与用少粘性土筑坝有关的两个重要问题的研究成果:

第一个问题: 初始主应力方向偏转对少粘性土动力特性及冲填坝震动残余变形和孔压的影响。文中介绍了研究初始主应力方向偏转所作的仪器改进和试验方法, 以及对曲峪少粘性土的试验研究成果。总结考虑 α_0 影响的动力强度、震动残余变形和震动孔隙水压力的本构关系模式, 提出了一种可考虑主应力轴偏转影响的土坝有效应力动力反应

分析的新方法。编制了相应的计算程序，并对一座冲填坝进行了地震残余变形和孔隙水压力的实例计算。

第二个问题：非等压固结下少粘性土的工程特性及其在冲填坝应力变形分析中的应用。文中介绍了非等压固结下少粘性土的不排水静力剪切特性的研究方法和结果，探讨了固结比对应力应变关系和孔压应变关系及屈服破坏强度的影响规律。在此基础上，提出了一种少粘性土冲填坝的应力变形分析方法。文中还把少粘性土与其它几种可液化土的工程特性进行了分析比较。

答辩日期：1990 年 5 月 11 日

节理裂隙岩体损伤-断裂力学模型 及其在岩体工程中的应用

水工结构工程专业研究生 杨延毅 指导教师 张光斗

本文建立了节理岩体的弹塑性损伤力学模型和岩石类损伤材料的宏观断裂模型。首先，作者应用损伤力学理论，提出了考虑节理岩体特点的损伤张量概率统计方法，并从节理裂隙的压剪断裂扩展过程建立了损伤演化方程。其次，本文从岩石类损伤材料中微裂隙等缺陷的拉裂扩展过程，研究宏观断裂的形成和发展，并由此建立了相应的本构关系和断裂判据。通过地下厂房实测验算和地质力学模型试验检验表明，上述损伤、断裂模型是合理有效的。最后，作者将这些理论应用于拉西瓦工程岩体变形模量与抗剪强度预测，和二滩工程建基面外移方案可行性研究中，取得了一些有意义的结果。

答辩日期：1990 年 6 月 16 日

二相升流式厌氧污泥床工艺微生物学特性的研究

环境工程专业研究生 竺建荣 指导教师 顾夏声

二相升流式厌氧污泥床工艺是一种新型的厌氧处理技术。其成功运行依赖于相的分离和颗粒污泥的培养,但迄今对这二者的微生物学基础研究较少。本文以工业葡萄糖配制的人工废水为基质,采用 Hungate 严格厌氧操作技术,较系统地研究了二相升流式厌氧污泥床工艺的微生物生态分布和细菌组成等微生物学特性。试验结果表明:(1)控制反应器的水力停留时间可以实现相的分离。产酸相反应器中发酵细菌占优势。处于悬浮生长状态的细菌含量约 10^7 个/ml,比产甲烷细菌高约 3 个数量级。产甲烷相反应器中形成良好的颗粒污泥,其中含有大量的产甲烷细菌(约 10^8 个/ml)。发酵细菌和产氢产乙酸细菌的含量则与产甲烷细菌相差不多。因此,产甲烷相的建立是在于含有大量的产甲烷细菌并保持上述三大类细菌的代谢平衡。由于相的分离,在二相工艺的产甲烷相反应器和单相反应器的颗粒污泥中,各类细菌的含量和产甲烷活性有一定的差异,导致二相工艺比单相工艺的稳定性好,但二者的处理能力相近。(2)占优势的发酵细菌是梭状芽孢杆菌。产甲烷反应器在酸化状态时,颗粒污泥的发酵细菌过度生长,并出现链状球菌和大量胞外多聚物,但对颗粒污泥没有好处。颗粒污泥中产氢产乙酸细菌和产甲烷丝菌也存在互营共生关系。占优势的氢营养型和乙酸营养型产甲烷细菌分别为产甲烷短杆菌和产甲烷丝菌。(3)在不同的运行条件下,产酸相和产甲烷相反应器中的硫酸盐还原细菌含量变化较小,二者分别约为 10^6 和 10^7 个/ml。与产甲烷细菌相比,硫酸盐还原细菌的附着能力较小但环境适应能力较强。此外,根据细菌的形态观察和组成分析,初步提出了一个颗粒污泥的结构模型,并讨论了影响污泥颗粒化过程的有关因素。

本文的试验结果对于更好地了解二相升流式厌氧污泥床工艺的厌氧消化机理,对于更好地进行反应器的运行控制和颗粒污泥的培养,指导污泥颗粒化过程中有关微生物学方面的研究,均有较大的理论意义和实践参考价值。

答辩日期:1990年3月15日

新型混凝剂聚磷氯化铝的研究

环境工程专业研究生 胡勇有 指导教师 王占生 汤鸿霄

本文以研制新型混凝剂带磷酸根聚合铝(PPAC)为最终目的,采用多种实验方法和仪器分析技术,对 $Al(III)$ -磷酸根体系中 $Al(III)$ 的水解-沉淀过程,聚磷氯化

铝的制作、聚磷氯化铝的形态特征、分布与转化规律及其混凝特性进行了系统的研究。

连续碱滴定实验、化学分析、X 射线衍射分析和红外光谱分析研究, 得出在 P/Al 比为 $1/20 \sim 1/5$ 范围内, 磷酸根的动力学作用机理在于其参加了 $Al(III)$ 水解-沉淀过程反应, 出现了新的反应历程, 生成了有别于羟基聚合物的新化合物。建立了适用于 $Al(III)$ -磷酸根 ($P/Al = 1/20 \sim 1/5$) 体系的 $Al(III)$ 水解-沉淀热力学模型。用碱化聚合法, 在聚合铝的制作过程中引入适量磷酸盐, 在实验室成功地制作出聚磷氯化铝液态和固态系列制品。并制定了聚磷氯化铝制品的规格参数及测试方法。

分析 Ferron 逐时络合比色、酸中和解聚实验结果和核磁共振谱图, 推断出聚磷氯化铝总体形态为羟基络合物形态和磷酸根作用 (氢键桥联、配位络合) 新形态的集合, 新形态的特征是分子大、电荷高。总体形态分布系逐渐演变的连续分布, 取决于 P/Al 比和碱磷化度 B_p , 在一定 B_p 值时, 可划分为三种类型的形态分布: 凝胶状的三羟基铝 Al_3 , 其含量相对比聚合氯化铝高且稳定; 单体铝 Al_1 ; 中间多核络合物 Al_n , 包括绝大部分磷酸根作用形态。提出了表达聚磷氯化铝形态及转化规律的模式图, 并对碱磷化度 B_p 的意义和计算式从化学平衡原理和工程意义上进行了讨论和推导。

显微电泳测试和混凝实验结果表明, 聚磷氯化铝的电泳迁移度正 EM 最大值比相当的聚合氯化铝高约 1 单位。聚磷氯化铝混凝过程也出现 (I) 无混凝区; (II) 混凝脱稳区; (III) 再稳区和 (IV) 絮凝区等四个典型区段。在本研究中达到相同混凝效果时, 所需聚磷氯化铝的剂量仅为相当的聚合氯化铝的 $1/4 \sim 1/2$, 且不会引起水中磷含量的增加, 证明聚磷氯化铝是一种经济的新型高效混凝剂。

答辩日期: 1990 年 6 月 11 日

燃煤飞灰电除尘特性的模拟与分析

环境工程专业研究生 贺克斌 指导教师 傅国伟 郝吉明

燃煤煤质和飞灰成分对电除尘器性能的影响是大型火电厂电除尘器设计选型中的一大难题。为了保证电除尘器选型的可靠性和运行的兼容性, 必须对燃煤飞灰电除尘特性进行系统的研究。对于能源以煤为主、燃煤种类繁多且实用中煤种多变的我国来讲, 这种研究更具必要性和紧迫性。除热态试验和经验关系归纳以外, 建立模拟燃煤飞灰电除尘特性的数学模型是进行上述研究的第三种有效途径, 这种研究途径对我国具有重要的现实意义。但是, 这方面的研究工作国内外尚未有人涉及。

本文建立了包括飞灰特性参数计算和电除尘器性能估算两方面的燃煤飞灰电除尘特性模拟数学模型。建立模型中主要工作包括: (1) 在总结和归纳燃烧过程中飞灰形成机理的研究工作基础上, 推导了飞灰粒径分布的计算关系; (2) 在参考有关实验研究结果和前人工作的基础上, 建立了飞灰比电阻的计算关系; (3) 推导了不等线径、不等线距圆线组合条件下电除尘器的 $V-I$ 特性计算关系; (4) 利用不等线径、不等线距的圆线

组合对管状芒刺线作了近似处理,采用静电场与电晕电场相叠加的办法建立了管状芒刺线下电参数的计算方法。(5)提出以因子 K 修正原电除尘器数学模型中返流损失校正的计算,使模型模拟宽间距特性的功能得以加强。

利用实验室和现场测试数据进行验证性计算表明:模型在计算飞灰特性参数和进行电除尘器性能估算两方面都是可靠的。

利用模型初步分析表明:煤质和飞灰成分对飞灰电除尘特性影响的大小顺序为 $Sr > Li_2O + Na_2O > CaO + MgO > Fe_2O_3 > SiO_2 > Al_2O_3$,当烟气中存在 SO_3 时,会使 SCA 值有较大的下降。所分析的 21 种国产煤中,70% 的煤种所要求 SCA 值在 $40 \sim 80 m^2/m^3/s$ 范围之内。

本文的工作开辟了一条研究电除尘器尤其是燃煤飞灰电除尘特性的新途径。其结果不仅对燃煤飞灰电除尘器的研究和设计工作有较大的指导意义,而且在飞灰比电阻和粒径分布测试技术评价、电除尘器板线配置和烟气调质的研究等方面都有重要的理论意义和实用价值。

答辩日期:1990 年 6 月 13 日