

Science China Technological Sciences

2022 年 65 卷第 10 期中文摘要

锌空气电池双功能催化剂的合成及潜在机理的研究进展

赵林威, 顾腾腾, 梁紫微, 刘军

锌空气电池(ZAB)因其低成本、安全、环保、高比能量密度等优点,被认为是下一代清洁、可持续的储能装置的理想选择。然而,由于充放电能力差、效率低,其实际应用仍然具有较大的挑战性。目前,主要瓶颈是空气阴极上固有的缓慢动力学,包括放电过程中的氧还原反应(ORR)和充电过程中的析氧反应(OER)。因此,合理设计高活性、高稳定性的双功能 ORR/OER 电催化剂是 ZABs 发展的关键。本文从金属-有机骨架催化剂、无金属碳催化剂和金属基催化剂三个方面综述了双功能 ORR/OER 电催化剂作为 ZABs 空气阴极的最新进展。特别讨论了双功能催化剂在 ZABs 中的合成、电催化活性和潜在机理这三个方面。从实验结果上看,近年来有关双功能催化剂的研究受到了重视,其性能也因此得到了显著提高。然而,大多数实验产物的制备工艺复杂、成本高,因此,这些实验产物的工业化仍然很困难。此外,本文还展望了对于高活性可再充 ZAB 双功能空气阴极的优化设计方面的前景。

锌空气电池, 空气阴极, 双功能电催化剂, 非贵金属催化剂

<https://doi.org/10.1007/s11431-022-2073-5>

锂离子固态电池中空间电荷层效应的研究进展

张乾, 孔姘淇, 高可心, 文雅静, 张琦, 房华毅, 马春杰, 杜亚平

开发锂离子固态电解质为解决二次锂电池安全性问题及能量密度提升提供了新的思路,而随之而来的固-固界面问题成为锂离子电池发展的瓶颈。为使界面电学达到平衡而形成的空间电荷层是导致界面电阻增大的重要因素之一,但其存在也可以为 Li^+ 在复合锂离子固态电解质中传输提供新的渗流路径,提高离子迁移速率。目前,虽然关于空间电荷层机理的研究以及对其进行调控的研究不是很明朗,但其特殊性仍然吸引了不少锂离子电池专家的关注。本文从空间电荷层产生的原理、空间电荷层的效应及研究空间电荷层采用的技术手段三个方面,对近年来的相关研究进展进行综述,希望对从事全固态锂离子电池固态电解质开发的研究人员有所帮助。

空间电荷层, 界面, 固体电解质, 锂离子二次电池

<https://doi.org/10.1007/s11431-021-2027-3>

MXenes 在锂硫电池中的应用

侯冀岳, 王颖, 杨文豪, 王飞, 阳冬, 张义永, 梁凤, 李雪, 张英杰, 赵金保

锂硫电池由于其高能量密度被认为是最有潜力的下一代储能系统之一,然而多硫化锂中间体的溶解和穿梭限制了其商业应用。目前,探索高性能新型锂硫电池材料已经成为全球研究热点。MXenes 是由几层过渡金属碳化物、氮化物或碳氮化物组成的二维无机化合物,由于其比表面积大、导电性好、循环和速率性能优异,因此被积极研究。本文首先回顾了 MXenes 在锂硫电池中的应用突破,介绍了其制备方法和结构特点,并总结了其在锂硫电池中的具体应用和改性机制。然后,重点介绍了 MXenes 作为锂硫电池的复合电极材料的特点和优势。最后,总结了其在未来商业化应用中的潜力。

锂硫电池, MXenes, 二维纳米材料, 固硫性能, 固硫机制

<https://doi.org/10.1007/s11431-021-2077-5>

机器学习加速数字碳中和研究——从预测模型到原子间作用势

吴权骏, 许真铭, 王子璇, 陈子健, 黄智超, 彭超, 裴向东, 李相国, 赖炫尧, 谢昌谕, 吴韬, 喻学锋, 赵海涛

碳中和已被提出用于解决当今因过度使用化石燃料而造成的严重能源和气候危机,而最近机器学习(ML)凭借其强大的大数据处理能力,在加速碳中和研究方面展现出优异的能力。在本文中我们详细概述了 ML 加速数字碳中和研究,重点是能源管理、新型能源材料的筛选和机器学习原子间势(MLIP),其中原子间势选择了两种 MLIP 算法进行示例——MTP 和 NequIP。最后,概述了 ML 在加速实现碳中和方面的重要作用,从全球规模的能源管理、对新型先进能源材料的大规模筛选,到具有光明应用前景的 MLIP 原子尺度模拟。

碳中和, 机器学习, 大数据, 分子动力学, 原子间作用势

<https://doi.org/10.1007/s11431-022-2095-7>

二维硫化镓带隙工程策略及其在光电探测器中的应用

游琪, 祝家齐, 彭超, 张艳辉, 阮班献, 戴小玉, 王鑫, 黄维扬, 薛冬峰, 项元江

二维材料的带隙工程策略对于高性能光电器件设计至关重要。硫化镓作为一种直接带隙半导体材料(带隙约为 3.05 eV),因其独特的光响应特性而受到广泛关注。然而,其带隙与层数的依赖性尚未得到实验证实,其带隙可调性对光响应的影响也尚未被探索。为此,本文使用改进的液相剥离方法制备不同层数的二维硫化镓纳米片,然后通过不同离心区间,获得具有 2.02~3.15 eV 带隙的二维硫化镓纳米片。将其用于光电探测器工作电极时,光电探测器在 0.6 和 0 V 偏置电压下的光电响应度分别为 4.77 mA/W 和 33.7 $\mu\text{A}/\text{W}$ 。理论计算表明,层数的减少导致硫化镓价带最大值处的电子有效质量减少,提高了硫化镓纳米片在该处的载流子迁移率,进而产生更大的光响应电流。研究结果表明,硫化镓纳米片是可用于高性能光电探测器的极具潜力的二维材料。

二维材料, 硫化镓纳米片, 带隙工程, 光电探测器

<https://doi.org/10.1007/s11431-021-1973-1>

用于阳离子染料吸附的 2D 锂皂石原位涂覆 3D 硅藻土高性能吸附剂

代楠, 封丽, 赵丽, 宋丹, 戴兴建, 刘晓英, 张育新

采用一步水热法在三维生物模板硅藻土上原位合成了二维层状锂皂石纳米片,研究了不同硅藻土含量的硅藻土阳离子染料去除能力。采用 X 射线衍射(XRD)、扫描电子显微镜(SEM)、透射电子显微镜(TEM)、傅里叶红外光谱(FT-IR)、X 射线光电子能谱(XPS)和 N_2 吸附解吸技术对合成材料进行了表征。进

一步研究了 pH、初始浓度、动力学和热力学行为对吸附性能的影响. La@D-0.1 的吸附效率最高, 亚甲基蓝溶液(450 mg/L)在初始 5 min 的吸附率达到 76.7%. 在吸附平衡时(1 h), 亚甲基蓝(MB)的吸附率达到 86.4%. 用等温线对 La@D-0.1 在 MB 上的吸附行为进行了表征, 材料与拟二阶动力学模型曲线拟合较好. 通过计算吸附过程的热力学参数, 表明吸附过程是放热的. 研究结果为阳离子染料纳米吸附剂的合成提供了一种新的思路, 并为实际染料废水的纯化提供了潜在的应用前景.

硅藻土复合材料, 亚甲基蓝, 吸附量, 等温线, 热力学

<https://doi.org/10.1007/s11431-021-1998-y>

富氧空位的 TiO₂ 使海胆状 RuO₂ 具有更高的电解水活性及稳定性

高红梅, 肖梅玲, 李国强, 高丽钦, 孟庆磊, 罗兆彦, 罗二桂, 刘长鹏, 金钊, 葛君杰, 邢巍

新材料是促进析氧反应(OER)动力学的重要因素, 进而促进氢能向产业化迈进. 为了提升 OER 活性和稳定性, 我们开发了一种富氧空位的 TiO₂ 负载 RuO₂ 催化剂(RuO₂@r-TiO₂). 富缺陷的 TiO₂ 不仅提供更多电子促使生成低价 Ru, 同时为 RuO₂ 纳米枝晶提供更多锚定的位置. 另外, TiO₂ 与 RuO₂ 之间产生较强的电子相互作用影响中间体在 RuO₂ 的表面吸附能, 促使 RuO₂@r-TiO₂ 催化剂具有优异的 OER 活性和稳定性. 电流密度为 10 mA/cm² 时的过电位低至 211 mV, 稳定运行 6 h 后活性几乎没有衰减, 优于不含氧空位的对比样(RuO₂@a-TiO₂, 223.3 mV, 衰减 12.75%)和 RuO₂ 催化剂(234.6 mV, 衰减 42.86%).

析氧反应, 氧空位, 电子相互作用, 稳定性

<https://doi.org/10.1007/s11431-021-2053-1>

原子层沉积的超薄 TiO₂ 增强 Cu-SAPO-34 的水热稳定性用于催化 NH₃-SCR

田贺元, 席文昌, 张一波, 孙立伟, 刘鹏, 伍凡, 杨国, 郭峰, 杨向光

减少污染和碳排放是 2030 年前 CO₂ 排放达到峰值、2060 年前实现碳中和的重要途径, 其中重柴油车污染尤其是氮氧化物(NO_x)排放问题尤为突出. Cu-SAPO-34 是一种 CHA 型小孔分子筛, 具有优良的氨(NH₃)选择性催化还原(NH₃-SCR)的催化活性, 但低温水热老化导致其严重老化, 无法储存或应用. 为了提高水热稳定性, 采用 ALD 法在 Cu-SAPO-34 表面包覆 TiO₂, 形成均匀的纳米层. 虽然这种超薄的 TiO₂ 纳米层对 Cu-SAPO-34 的 NH₃-SCR 催化活性影响不大, 但对 Cu-SAPO-34 在液态水中 80℃ 低温水热老化 24 h 的抗性大幅提高. SEM, XRD, NH₃-TPD, EPR 等分析表明, 超薄 TiO₂ 纳米膜被均匀覆盖, 阻碍了框架硅的水解和 Cu²⁺ 的迁移. 该方法对制备高鲁棒性的工业用 Cu-SAPO-34 催化剂具有一定的指导意义, 研究可为开发高性能 Cu-SAPO-34 催化剂控制柴油机 NO_x 排放提供新的启示.

选择性催化还原, 菱沸石催化剂, Cu-SAPO-34, 低温热液稳定性, 原子层沉积

<https://doi.org/10.1007/s11431-022-2149-0>

废旧轮胎热解炭黑经 CO₂/KOH 活化制备活性炭用于超级电容器电极

侯圣平, 张达, 解志鹏, 康瑶, 唐政刚, 戴永年, 雷勇, 陈建, 梁凤

随着废旧轮胎数量的增加, 其产物热解炭黑(CBp)作为一种低附加值的炭黑在应用上受到了限制, 因此扩大热裂解炭黑的应用是非常必要的. 本文研究了以 CBp 为原料, 利用二氧化碳(CO₂)和氢氧化钾(KOH)相结合的物理化学活化法制备活性炭(AC), 并将其应用于电双层电容器(EDLC)电极. 利用 CO₂/KOH 活化法制备的活性炭具有分级多孔结构, 比表面积从 415 m²/g 增加到 733 m²/g, 灰分含量降低为 1.51%, 能够为离子扩散提供丰富的通道并提高电荷储存的活性位点. AC-2 由二氧化碳(300 sccm)和 KOH 活化制得, 在三电极体系中不仅具有优异的质量比电容 192 F/g(0.5 A/g), 而且表现出良好的倍率性能 73%(50 A/g). 同时, 采用 AC-2 电极的 EDLC 器件具有良好的循环稳定性(在双电极体系中, 电流密度为 2 A/g 时, 循环 10000 次后的电容保持率为 106%). 此外, 基于 AC 电极的 EDLC, 其最高能量密度为 4.7 Wh/kg, 最大功率密度为 6362.6 W/kg.

废轮胎, 热裂解炭黑, CO₂/KOH 活化, 活性炭, 电双层电容器

<https://doi.org/10.1007/s11431-021-2032-3>

基于风能采集复合式纳米发电机的自驱动森林环境监测微系统

李博远, 邱钰, 黄鹏, 唐文杰, 张晓升

针对物联网(IoT)零碳化供能的迫切需求, 因地制宜地利用周边环境能源实现供能的自驱动系统被广泛研究, 为分布式物联网系统的发展提供了可行的技术路线. 本文报道了一种由具备正向输出能力的摩擦电纳米发电机(SP-TENG)和分层旋转式电磁纳米发电机(HR-EMG)共同构成的基于风能采集复合式纳米发电机(WH-EH), 并实现了自驱动森林环境监测微系统. SP-TENG 采用微内壁梁和梳状电极的设计, 能够将正负交变输出改变为正向输出, 并直接存储在储能装置中, 打破了传统 TENG 正负交替输出的限制. 此外, HR-EMG 在杯盖中嵌入线圈, 以利用外部封装中的可用空间. 在 WH-EH 中, 采用包括 HR-EMG 和 SP-TENG 在内的分层结构, 两种发电方式共同作用以实现更高的输出和更高的能量利用率. 为实现自驱动的森林环境监测微系统, 进一步利用 WH-EH 为物联网传感器节点供电, 实现环境温湿度采样、数据的无线传输, 从而达到预防森林火灾的目的. 基于风能采集复合式纳米发电机的发展, 为自供电物联网系统的实用化和物联网传感器网络的供能问题提供了另一种方案.

自供能, 纳米发电机, MEMS, 能量采集器, 微系统

<https://doi.org/10.1007/s11431-022-2167-2>

氧化锌保护层助力无枝晶和稳定的锌金属负极

侯振华, 陶华超, 王伽栩, 张露露, 杨学林

金属锌作为水系锌离子电池负极具有较低的氧化还原电位、丰富的资源储量和高的理论容量等优点. 然而, 锌枝晶生长和副反应限制了金属锌的实际应用. 本文采用一种简单原位生长策略制备了具有 ZnO 保护层的锌负极(Zn/ZnO), 延长了金属锌负极的循环寿命, 抑制了锌枝晶生长和副反应发生. 当截止容量为 1 mAh cm⁻² 时, Zn/ZnO//Zn/ZnO 对称电池在 1 mA cm⁻² 下表现出良好的长循环稳定性(2500 h), 同时显示出优异的倍率性能(10 mA cm⁻² 下稳定循环 1000 h). Zn/ZnO//Ti 非对称电池在 5 mA cm⁻² 下显示出高的平均库仑效率(99.4%). Zn/ZnO//MnO₂ 全电池经过 800 次稳定循环后, 比容量仍为 167.2 mAh g⁻¹. 该研究提供了一种制备性能优良锌负极的简易方法, 为实现可实际应用的水系锌离子电池提供了可能性.

水系锌离子电池, 锌负极, 氧化锌保护层, 无枝晶

<https://doi.org/10.1007/s11431-022-2117-9>

高离子电导率的准固态电解质在稳定的锂离子电池中的应用

张文静, 李森林, 张玉荣, 王星辉, 刘景东, 郑远辉

固态电解质的离子电导率低、界面电阻高, 阻碍了其在锂离子电池中的实际应用. 本文采用一步原位光聚合法制备了具有三维网络的基于乙氧基化三羟甲基丙烷三丙烯酸酯的准固态电解质(ETPTA-QSSE). 该三维网络的设计是为了克服准固态电解质的离子电导率与机械性能之间的矛盾. ETPTA-QSSE 具有超高的室温离子电导率($4.55 \times 10^{-3} \text{ S cm}^{-1}$), 锂离子迁移数高达 0.57, 电化学窗口为 5.3 V (vs. Li^+/Li), 超过了已报道过的大多数固态电解质. 由于 ETPTA-QSSE 具有柔韧的网络结构和正极-电解质一体化设计, 锂金属对称电池的界面电阻降低, 电极/电解质界面稳定性增强. 当 ETPTA-QSSE 应用于 $\text{Li}||\text{LiFePO}_4$ 电池时, 初始放电容量增强(155.5 mAh g^{-1} , 0.2 C), 200 次循环的平均库伦效率高于 99.3%, 容量保持率为 92%. 因此, 本工作为提高准固态电解质的离子电导率和降低界面电阻提供了一种新思路, 在高压且稳定的锂离子电池的应用中具有广阔的前景.

准固态电解质, 离子电导率, 电化学窗口, 原位光聚合, 锂离子电池

<https://doi.org/10.1007/s11431-022-2075-8>

基于天然紫菜衍生的多孔碳复合材料用于可持续锂硫电池

刘虎, 刘伟林, 孟凡成, 金良余, 李舒琳, 程盛, 江曙东, 周如龙, 刘节华

由于硫的低电导率和可溶性多硫化物在放电过程中的负面影响, 锂硫(Li-S)电池的实际应用仍然受到较大限制. 因为生物质碳材料具有可再生性、制作过程简易和无污染的特性, 所以用生物质基的碳材料做锂硫电池正极导电框架是具有较高成本效益的一种解决方案. 因此, 在这项工作中, 我们报道了用于高容量 Li-S 电池的天然紫菜基 CoO 纳米颗粒装饰的分层级多孔碳(HPC)正极材料. 拥有 $2089 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ 的超大比表面积的 HPC 可为 CoO 纳米颗粒提供负载基体, 而 CoO 的引入可有效捕获并促进多硫化物的电化学反应. 由此产生的 CoO-HPC/S 正极显示出 $1557.1 \text{ mA h g}^{-1}$ 的高放电容量, 同时兼具出色的倍率性能和循环稳定性. 由于天然紫菜在自然界中非常丰富, 由其衍生的正极材料及 Li-S 电池将是一种非常具有吸引性和可持续性的能量存储器件.

生物质, 可持续, 多孔碳, 正极, 锂硫电池

<https://doi.org/10.1007/s11431-022-2148-7>

2-乙酰基咪喃、2-乙基咪喃和 2-甲基咪喃球形膨胀火焰固有不稳定性的比较

许沧粟, 汪迁文, 李孝禄, OPPONG Francis, 刘伟男

本研究对三种咪喃衍生物, 包括 2-乙酰基咪喃(AF)、2-乙基咪喃(EF)和 2-甲基咪喃(MF)的固有不确定性进行了实验和理论层面的对比分析. 为了定量研究火焰形貌, 构建了一个基于深度学习的端到端系统来分割胞化球形膨胀火焰前缘面的细胞、测量其表面裂纹长度. 此外, 对火焰前缘面轮廓曲线进行了定量研究, 以阐明火焰锋扰动振幅和火焰半径之间的联系. 基于线性稳定性模型, 得到了三种咪喃衍生物的理论临界火焰半径和 Peclet 数, 并将其与相应的实验结果进行了对比, 以此来确定火焰胞化临界点、评估火焰的不稳定性倾向. 结果表明, 与 AF 以及 EF 相比, 在较小火焰半径下, MF 更容易发生胞化, 并且在达到流体力学饱和极限之前, 其具有更快的细胞增殖率以及裂纹长度增长速度. 尽管如此, 这三种咪喃衍生物的饱和细胞平均面积最终会趋向同一大小. 最后, 在低初始压力下, AF 预混火焰在火焰半径小于 45 毫米时不会发生胞化.

咪喃衍生物, 球形膨胀火焰, 火焰固有不确定性, 线性稳定理论

<https://doi.org/10.1007/s11431-022-2152-y>

非对比自监督学习的均匀性分析

王胤全, 张晓鹏, 田奇, 吕金虎

自监督学习在近期取得了显著进展, 特别是基于对比的方法. 其目标是将一张图像的两个增强视图拉近, 并将所有其他图像的视图推开. 在这些模型中, 负样本对于表示空间的均匀性起着关键作用. 然而近期的模型如 BYOL 和 SimSiam 在不使用负样本的情况下取得了相近的结果. 然而这类模型在理论上有着崩溃解, 即所有样本的表示都相同. 这引发了一个基本的理论问题: 不同的对比学习方法如何避免崩溃解, 是否有共同的设计原则? 在本文中, 我们深入洞察了当前的非对比自监督学习方法, 并详细分析了避免崩溃的关键因素. 为实现这一目标, 我们提出了一种新的一致性度量指标, 并研究了指标的局部动力学, 以诊断不同场景下的崩溃. 此外, 我们提出了一些提高模型能力的原则, 以便我们可以明确地控制这个优化过程. 我们的理论分析在跨越不同规模数据集的一些广泛使用的基准上得到验证. 我们还比较了最近的自监督方法, 分析了它们在避免崩溃方面的共性, 以及对未来算法设计的一些想法.

对比学习, 自监督学习, 均匀性, 表示, 动力学

<https://doi.org/10.1007/s11431-021-2041-7>

城市污水硝化过程的模糊超扭滑模控制

韩红桂, 王莹, 孙浩源, 伍小龙, 李文, 乔俊飞

针对城市污水硝化过程的多单元溶解氧浓度控制问题, 文中提出一种模糊超扭滑模控制方法. 首先建立了基于模糊神经网络的系统模型, 用于近似包含不可测干扰的多单元溶解氧动力学, 建立的模型包含标称系统模型和建模误差. 其次在所建立模型的基础上, 设计了超扭滑模控制器以镇定标称系统并抑制建模误差. 同时分析并证明了所提方法的稳定性, 设计自适应律以保障闭环系统具有鲁棒性. 最后在国际基准仿真平台 BSM2 上的实验结果, 验证了所提方法在城市污水硝化过程多单元控制中的有效性.

模糊神经网络, 超扭滑模控制, 鲁棒多变量控制, 城市污水硝化过程

<https://doi.org/10.1007/s11431-021-2050-x>

生活垃圾焚烧厂 SCR 系统对 PCDD/Fs 的协同脱除: 迁移、转化及分解机制

王鹏举, 颜枫, 谢丰, 蔡建军, 沈雪华, 魏炫坤, 黄俊宾, 李中正, 钟日钢, 张作泰

城市生活垃圾(MSW)焚烧产生的多氯二苯并对二噁英和呋喃(PCDD/Fs)被认为是对环境 and 生态造成严重危害的关键污染物. 本研究基于全尺寸生活垃圾焚烧厂, 全面系统地研究了选择性催化还原(SCR)系统对 17 种 PCDD/Fs 同系物的脱除效率、气固相分布以及迁移转化机制. 研究采集了 3 个点位的烟气样品和 2 个点位的飞灰样品并进行 PCDD/Fs 分析. 结果表明, 经由 $\text{V}_2\text{O}_5\text{-WO}_3/\text{TiO}_2$ 催化剂的氧化分解和低氯代同系物的氯化过程, SCR 系统将 PCDD/Fs 的毒性当量浓度从 0.135 降低至 0.010 ng I-TEQ Nm^{-3} , 毒性当量去除率达到 92.6%. 此外, SCR 系统和烟卤之间烟道内发生的从头合成反应提高了烟气尾端

PCDD/Fs 的排放水平. 本研究阐述了 SCR 系统去除 PCDD/Fs 的三种途径, 并提出了针对 SCR 系统的运行建议, 即保持 SCR 系统稳定的运行状态, 定期替换 $V_2O_5-WO_3/TiO_2$ 催化剂, 及时除尘和更换内部填料, 以上措施有助于实现生活垃圾焚烧厂 PCDD/Fs 的超低排放.

生活垃圾焚烧厂, 多氯二苯并对二噁英和呋喃(PCDD/Fs), 选择性催化还原系统(SCR), 烟气相分布, 去除机理

<https://doi.org/10.1007/s11431-022-2127-y>

多区域物理神经网络求解界面温度梯度不连续的热传导和耦合自然对流

王同生, 王志恒, 黄柱, 席光

深度学习被广泛认为是求解各类物理问题的有效工具. 本文提出多区域物理神经网络(mPINN)来求解界面温度梯度不连续的非均匀热传导和耦合自然对流. 局部径向基函数(LRBF)被认为是基准求解器, 用于数值计算没有解析解的物理问题. 每个物理域都匹配一个私有的神经网络且所有神经网络通过界面上的温度和热通量来传递物理信息. 对于多区域的情形, 本文提出联合和单独训练来最小化损失函数, 该损失函数通常由边界条件、界面条件和控制方程的残差之和组成. 联合训练用一个共享优化器对所有网络的损失函数总和进行训练, 而单独训练用私有优化器来分别最小化损失函数. 局部自适应激活函数(LAAF)被用于加速收敛并可在相同迭代步数下获得更低的损失函数值. 通过对均匀、Gauss-Lobatto 和随机三种残差的分布进行数值实验发现, 均匀的控制方程残差点可以获得最准确的解. 在方程残差点较少的情况下, 联合训练比单独训练的结果更准确, 而单独训练的结果在大量残差点时优于联合训练. 大量多区域的流动传热算例均表明本文提出的 mPINN 的准确性. 基于 mPINN 求解的局部和全局导热率与 LRBF 的结果有很好的-致性. 此外, 导热率、均匀源项和流动传热的特征参数均可通过稀疏数据点来准确地学习发现.

多区域, 物理神经网络, 热传导, 耦合自然对流, 界面条件

<https://doi.org/10.1007/s11431-022-2118-9>

基于融合策略的风速混合预测模型研究

邓莹, 庄启亮, 王伯福, 周全, 卢志明

风能是一种新兴的可再生能源. 准确的风速预测对保障电网稳定可靠运行具有重要意义. 针对风速波动剧烈和间歇性强对预测的不利影响, 提出了一种新型混合预测模型, 即融合数据分解和误差修正策略的混合预测模型. 首先, 采用小波包方法将风速序列分解为较平稳的子序列; 然后, 运用离群鲁棒极限学习机预测这些子序列; 最后, 设计了一种融合分解策略的误差修正策略, 对初步的预测结果进行修正. 为了评估提出模型的预测性能, 采用四组实测风速数据集, 这些数据集选取自美国和中国的风电场, 具有不同的时间间隔和统计特性. 对比分析表明: (1) 提出模型的预测精度明显高于传统预测模型; (2) 提出模型能够有效降低端点效应对基于分解方法预测模型的影响; (3) 设计的融合策略能够有效提高混合预测模型的性能.

风速预测, 人工智能, 混合模型, 数据前处理, 误差修正, 小波包分解方法

<https://doi.org/10.1007/s11431-022-2111-4>

薄膜翼主动变形对全机气动特性影响的实验研究

冯思源, 郭沁峰, 王晋军, 徐杨

本文设计了一种采用主动变形薄膜翼的简化飞机模型, 并对其气动特性进行了实验研究. 该模型机翼上表面采用薄膜蒙皮, 并利用粘贴于薄膜蒙皮内侧的宏纤维复合材料(MFC)作动器实现了主动变形, 其面积仅为机翼面积的 13.7%. 风洞实验结果表明, 这种主动变形薄膜翼能够有效地抑制流动分离, 相对刚性翼, 失速迎角推迟了 2° , 相应的升力系数提升了 32.5%, 且在 7° 至 22° 的迎角范围内均具有显著的增升效果, 在改善现代飞机气动性能方面具有广阔的应用前景.

流固耦合, 薄膜翼, 主动控制, 气动力测量, 流场测量

<https://doi.org/10.1007/s11431-022-2128-9>

Inconel 718 在 $NaNO_3$ 溶液中的电化学加工特性对脉冲电流的依赖性研究

王京涛, 徐正扬, 耿天宇, 朱荻

脉冲电化学加工 (PECM) 作为一种改善材料溶解定域性和表面质量的工艺引起了越来越多的关注. 本工作系统地研究了脉冲电流对 Inconel 718 在 $NaNO_3$ 溶液中的表面形态、轮廓精度和腐蚀行为的影响. 首先, Inconel 718 在 $NaNO_3$ 溶液中表现出明显的钝化、超钝化和再钝化特性. 再钝化状态下生成的钝化膜含有多种氧化物, 且呈现疏松多孔结构, 钝化膜破裂的电荷量临界值为 26.88 C cm^{-2} . 其次, 脉冲电化学加工状态下 Inconel 718 在 $NaNO_3$ 溶液中的材料去除率是非线性的. 双电层的加载时间随着工件尺度的增加而延长; 以工件尺度 100 mm^2 为例, 当脉冲频率超过 10 kHz , 双电层的加载过程占据了大部分的脉冲开启时间. 具有小脉冲长度和短脉冲周期的脉冲电流提高了电化学加工的轮廓精度, 且低电压和小工件尺寸也是如此. 此外, 基于有效脉冲电流时间建立了脉冲电化学加工状态下 Inconel 718 在 $NaNO_3$ 溶液中的溶解机理. 最终成功制作出尺寸精度和表面质量良好的直纹叶片的前缘结构, 其加工轮廓的最大偏差为 0.057 mm , 表面粗糙度为 $Ra=0.358\text{ }\mu\text{m}$.

脉冲电化学加工, 腐蚀行为, 电流效率, 叶片前缘, 加工质量

<https://doi.org/10.1007/s11431-021-2043-9>

基于不同弹性应变定义的应变软化岩体中深埋隧道统一解

孙振宇, 张顶立, 房倩, 兑关锁, 储昭飞

本文给出了应变软化岩体中隧道施工力学响应的弹性解. 以往分析鲜少考虑中间主应力对应变软化岩体工程响应的影响, 为此, 本文引入统一强度理论, 考虑了塑性软化区和残余区弹性应变的四种定义, 推导了隧道位移、应力、软化区和残余区半径以及临界应力. 通过与数值模拟、模型试验和既有理论解的比较, 验证了所提出解的有效性, 并进一步分析了弹性应变定义对隧道围岩力学响应的影响. 参数分析表明, 中间主应力系数 b 对隧道围岩位移、应力场和塑性半径影响显著, 而软化系数、软化模量、残余区剪胀系数以及残余强度对隧道力学响应均具有不同程度的影响. 对于一般质量岩体, 在采用现有模型进行围岩力学响应预测时具有明显局限性, 而本文解则具有较好的适应性.

理论解析, 弹性应变定义, 统一强度理论, 应变软化, 中间主应力, 模型试验

<https://doi.org/10.1007/s11431-022-2158-9>