

ISSN 2095-946X (网络) | ISSN 1674-7259 (印刷)

SCIENTIA SINICA Technologica



QK2139568

# 中国科学 技术科学

第51卷 第9期 2021年9月

www.scichina.com ■ techcn.scichina.com

中国科学院 主办  
国家自然科学基金委员会

万方数据





目 次

评述

- 3D 打印复合墨水体系在软骨组织工程领域研究进展..... 981  
程德林, 陈必秀, 吴明明, 芮昊, 潘浩波, 阮长顺

论文

- 基于毫米波感知的形变及振动多点同步测量理论与方法..... 998  
熊玉勇, 李松旭, 吴高阳, 彭志科, 马蕾, 孟光
- 青藏铁路高寒风沙环境特征与防治技术..... 1011  
屈建军, 肖建华, 韩庆杰, 张克存, 谢胜波, 姚正毅, 庞营军, 王进昌
- 一类普适电化学反应系统的最优电流路径..... 1025  
夏少军, 陈林根, 王超
- 具有定子直流励磁能力的新型电机控制器演变..... 1040  
李安, 蒋栋, 刘自程, 于子翔, 孔武斌, 曲荣海
- 基于耦合摆模型的人体行走能耗分析..... 1053  
王存金, 唐景明, 沈冬华, 王兴松
- 非最小相位高超声速飞行器自适应参数估计控制..... 1066  
王霞, 许斌, 洪锐
- 基于局部方位信息的无人机避障轨迹规划..... 1075  
张洲宇, 曹云峰, 范彦铭
- 金沙江白鹤滩水电站地下厂房玄武岩洞室群施工技术创新..... 1088  
樊启祥, 汪志林, 何炜, 林鹏, 王红彬, 徐建荣, 段杭
- 岩土孔隙率表征单元体及其分形近似判据..... 1107  
褚召祥, 周国庆, 饶中浩, 赵光思, 商翔宇, 李瑞林
- 无容器微重力条件下 Mo-Ni 合金熔体的快速凝固与物理性能研究..... 1127  
赵晓蕾, 王伟丽, 沙莎, 燕鹏旭, 魏炳波

- Science China Technological Sciences 2021 年 64 卷第 9 期中文摘要..... i

---

**封面说明** 振动及形变测试与分析是重大装备和大型工程设计、制造与运维的共性关键技术, 基于毫米波感知的非接触式振动与形变测量前瞻技术, 可实现远距离、大范围、多尺度、高精度及高效的多测点同步形变与振动测量, 为军民领域高端装备及大型结构的力学性能测试与健康监测提供了革新技术与解决方案(详见熊玉勇等人文, p998).

---

# SCIENTIA SINICA Technologica

Volume 51 Number 9 September 2021

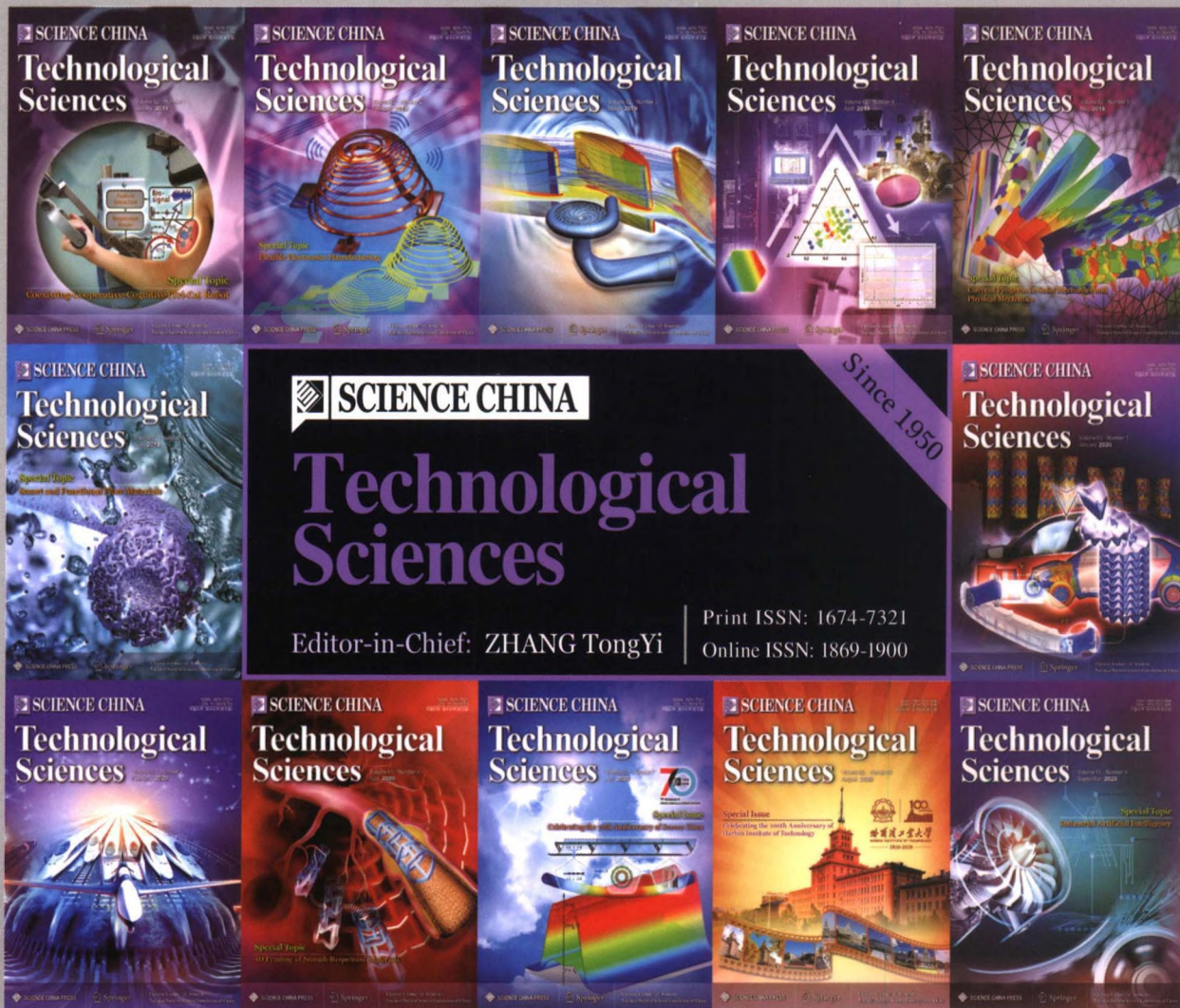
## Contents

### Review




- Research progress of 3D printing composite inks for cartilage tissue engineering ..... 981  
CHENG DeLin, CHEN BiXiu, WU MingMing, RUI Hao, PAN HaoBo, RUAN ChangShun

### Article

- Theory and method of multi-point synchronous deformation and vibration measurement based on millimeter-wave sensing ..... 998  
XIONG YuYong, LI SongXu, WU GaoYang, PENG ZhiKe, MA Lei, MENG Guang
- Characteristics and prevention and control technology of blown sand environment with high altitude and cold temperature on Qinghai-Tibet Railway ..... 1011  
QU JianJun, XIAO JianHua, HAN QingJie, ZHANG KeCun, XIE ShengBo, YAO ZhengYi, PANG YingJun, WANG JinChang
- Optimal current paths for a class of generalized electrochemical reaction systems ..... 1025  
XIA ShaoJun, CHEN LinGen, WANG Chao
- Evolution of novel motor controller with direct current excitation capability ..... 1040  
LI An, JIANG Dong, LIU ZiCheng, YU ZiXiang, KONG WuBin, QU RongHai
- Analysis of the energy cost of human walking based on a coupled pendulum model ..... 1053  
WANG CunJin, TANG JingMing, SHEN DongHua, WANG XingSong
- Adaptive parameter estimation control of nonminimum phase hypersonic flight vehicle ..... 1066  
WANG Xia, XU Bin, HONG Rui
- Local-bearing-information-based unmanned aerial vehicle collision avoidance trajectory planning ..... 1075  
ZHANG ZhouYu, CAO YunFeng, FAN YanMing
- Technological innovations in construction of underground caverns in basaltic rocks at Baihetan Hydropower Station on Jinsha River ..... 1088  
FAN QiXiang, WANG ZhiLin, HE Wei, LIN Peng, WANG HongBin, XU JianRong, DUAN Hang
- Porosity-based representative elementary volume for geomaterials and its fractal theory-based approximate criterion ..... 1107  
CHU ZhaoXiang, ZHOU GuoQing, RAO ZhongHao, ZHAO GuangSi, SHANG XiangYu, LI RuiLin
- Rapid solidification and physical properties of a refractory Mo-Ni alloy under containerless microgravity condition ..... 1127  
ZHAO XiaoLei, WANG WeiLi, SHA Sha, YAN PengXu, WEI BingBo



- ◆ Peer-reviewed
- ◆ Indexed by SCI, EI, CA, etc.
- ◆ Online submission
- ◆ Easy access to the electronic version

 <http://techcn.scichina.com>  



《中国科学：技术科学》编辑部 | 地址：北京市东城区东黄城根北街16号 | 邮编：100717  
 电话：+86-10-64010631 | 传真：+86-10-64016350  
 E-mail：technology@scichina.org | 网址：techcn.scichina.com

主管：中国科学院  
 主办：中国科学院 国家自然科学基金委员会  
 万方数据

 《中国科学》杂志社  
 SCIENCE CHINA PRESS

ISSN 1674-7259  
  
 9 771674 725216 