

QK1837870

ISSN 0517-6565
CODEN CHHKA2



机械工程学报

JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING

特邀专栏：柔性机构及机器人

客座编辑：于靖军



 中国机械工程学会 主办

2018年54卷13期 半月刊

万方数据

/// 特邀专栏 ///

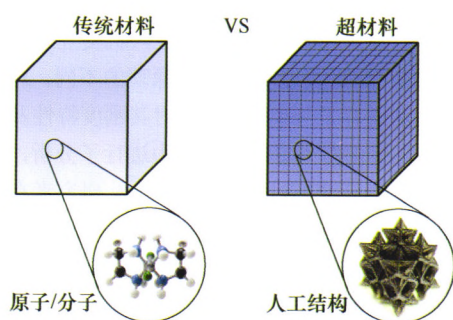
柔性机构及机器人

客座编辑：于靖军 教授（北京航空航天大学）

策划编辑：罗晓琪（《机械工程学报》编辑部）

1 负泊松比超材料研究进展

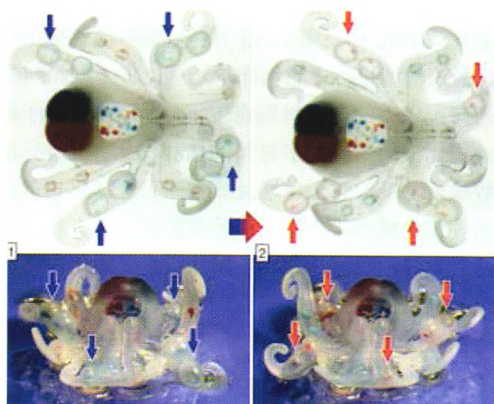
于靖军 谢岩 裴旭



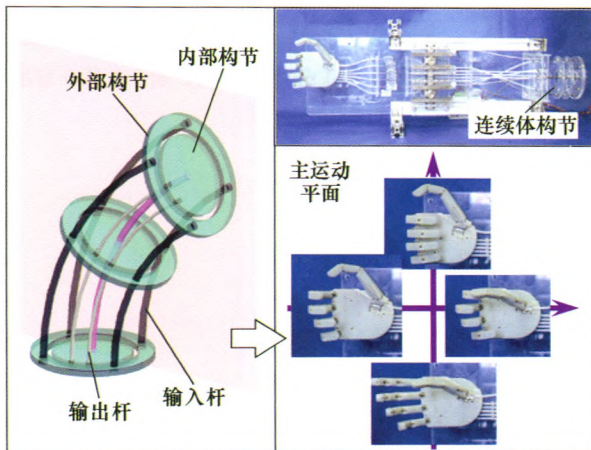
摘要：超材料自21世纪初诞生以来，历经近20年的发展已逐渐发展成为新材料技术的一个重要学科。近年来，功能迥异的超材料在各个领域层出不穷，综述了声、光、热、力、电磁学超材料的发展历史概况。针对机械超材料中的负泊松比超材料，从负泊松比结构的变形机理角度，着重详述了内凹多边形结构、旋转刚体结构、手性结构等物理模型。对基于负泊松比胞元结构的热学和声学超材料，从功能原理到基本特性进行了系统性的调研，综述分析了其研究现状，并对负泊松比超材料未来面临的挑战与发展趋势进行了展望。

15 会思考的机器——机械智能

康荣杰 杨铨浩 杨名远 陈焱



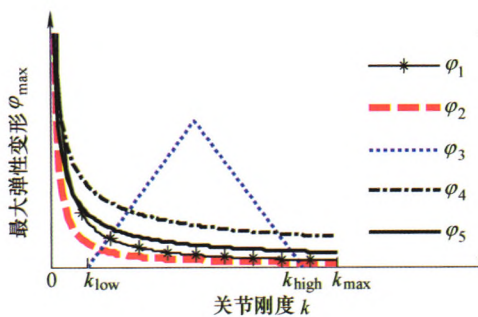
摘要：第三次工业革命后，电子信息技术得到了飞速发展，人们习惯于将机械系统视为冰冷的被控对象，一切动作和响应都依靠中央控制器发出的指令而执行。然而，自古以来机械结构就以其巧妙的设计和组合，对人们的生产和生活发挥着重要的作用。如今，随着机构学、机器人学和材料学等的发展，重新审视这些会思考的机器，并引出了机械智能的概念。基于此，总结传统机构、柔性机构及机器人中所展现的机械智能，并对其中涉及的科学问题进行概述。对机械智能和机械控制系统的关系进行讨论。机械智能以其系统可靠性、快速响应性和人机交互安全性等优点必将成为今后智能机器或机器人发展的重要方向之一。



摘要：在若干刚性杆件机器人作业困难的场合，柔性机器人可轻易完成操作，因而在近十余年成为研究热点。从柔性铰链机器人到连续体机器人再到柔体机器人，柔性机器人通过逐步引入更多的弹性元件及其变形模态而不断发展。柔性机器人中的连续体机器人通常由连续体机构及其驱控、传感组件构成，其形状可描述为平面或空间曲线。介绍多杆连续体机构的多种构型及其应用。自其狭义构型到广义构型，再到广义构型的组合和连接，多种多杆连续体机构的新构型构成了手术机器人、深腔机械臂、康复外骨骼和欠驱动假肢等新系统，并于其针对的应用场合展示出了优异的作用性能，体现了连续体机构广泛的应用前景。期望所述范例可启发连续体机构在手术治疗、康复服务和工业生产等领域更多的创新设计和应用，从而进一步拓展机器人机构学的研究范畴和理论体系。

34 可调刚度致动器结构研究综述

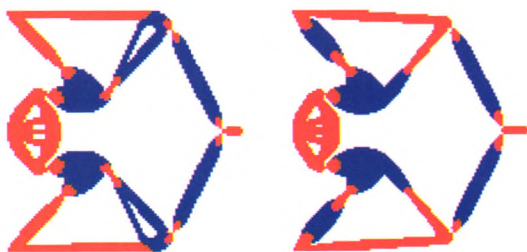
毕树生 刘畅 周晓东 于靖军



摘要：可调刚度致动器具有本质安全性、高效以及高动态特性，可以满足新一代机器人在物理性人机交互及高动态运动任务中的性能需求。根据刚度调节原理的不同，对常见的可调刚度致动器进行了分类，并分别对其刚度特性及调节范围、承载能力、变形能力以及储能能力进行了分析，然后对比和总结了各种刚度调节机构的性能特点。研究者在设计新装置时可以参考这些信息，根据自身应用需求以及不同种类刚度调节方式的性能侧重方向的不同，选择并设计合适的可调刚度致动器。对可调刚度致动器的现有结构存在的问题做出分析和讨论，并对其未来的发展方向做了展望。

47 基于序列插值模型和多重网格方法的多材料柔性机构拓扑优化

杜义贤 李涵钊 谢黄海 田启华 周祥曼 罗震

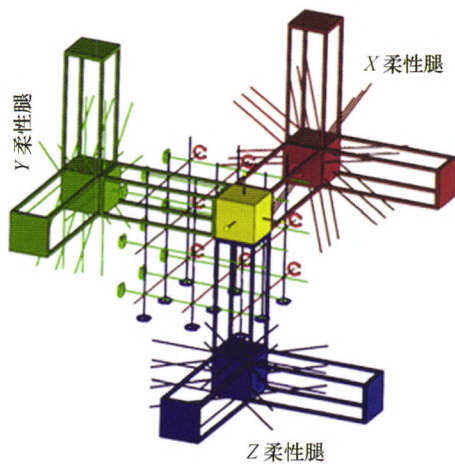


(a) $k_s=0.1$



(b) $k_s=0.01$

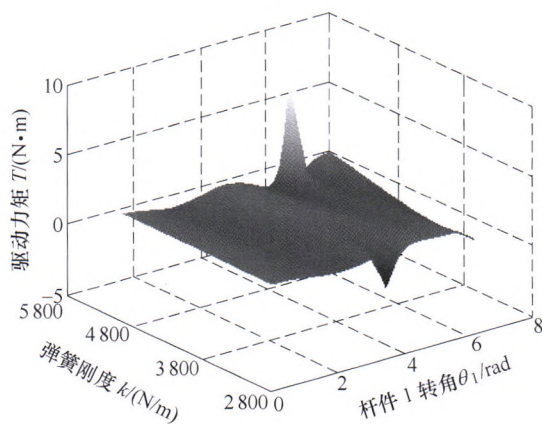
摘要：基于固体各向同性材料惩罚模型(Solid isotropic material with penalization, SIMP)的多材料柔性机构拓扑优化是将原问题分解成若干子问题进行分层优化，成倍地增加了设计变量数量，且该方法利用传统的有限元离散，为了得到清晰的拓扑结构网格数量必然巨大，这两方面的因素造成了该方法计算效率低下。因此，基于幂函数多项式提出序列插值模型，用该模型进行多材料布局迭代，使不同材料在设计域内序列向预定义的多个材料点聚集，无须分解成子问题即可在单一优化框架下完成多材料的拓扑优化，且没有增加设计变量数量。以机构的几何增益最大为目标，建立多材料柔性机构拓扑优化模型。在利用有限元求解控制方程过程中引入多重网格方法，网格划分粒度层次递进，将粗网格水平下位移场作为细网格上的初始场量，避免直接用细密网格将设计域整体离散带来的高计算成本问题，提升计算效率。通过改进的优化准则法求解模型，得到序列最优布局型式的多材料柔性机构。通过典型算例及与基于 SIMP 的方法相应结果对比，验证了提出方法的有效性。



摘要: 由于在微纳操作、能量捕获、先进传感等系统中的成功应用,空间平动柔性并联机构的市场需求与日俱增,促使对空间平动柔性并联机构设计方法的研究炙手可热。提出了一个基于位置空间概念的空间平动柔性并联机构的系统设计方法(简称为 PSBD 方法)。PSBD 方法主要用于系统设计 3 腿(即无冗余柔性腿)空间平动柔性并联机构。首先介绍了空间平动柔性并联机构及其基本的设计要求,然后提出了 PSBD 方法并阐述了其基本原理和实现步骤,继而通过实例的方式详细解释了 PSBD 方法所涉及的关键技术问题。利用所提出的 PSBD 方法,即使是初级设计师也能够设计出具有结构多样,运动解耦,驱动独立和伴生运动小等特性的空间平动柔性机构。

66 含柔性运动副欠驱动机构运动学和动力学求解的数值迭代算法

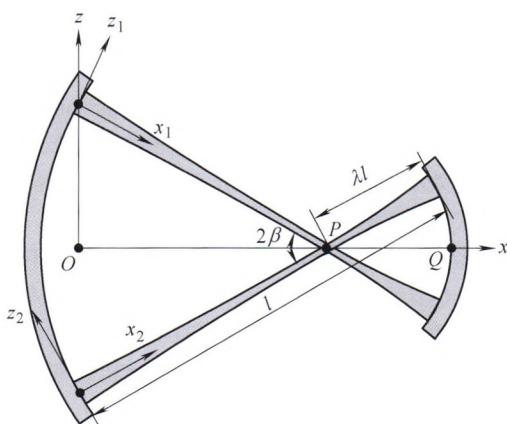
张建军 杜春翠 杨高炜 李为民



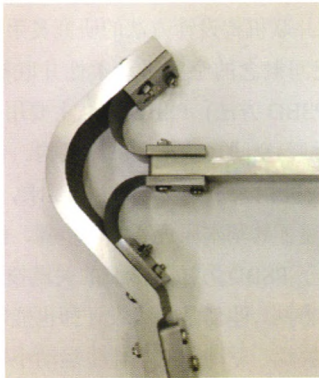
摘要: 欠驱动机构运动学和动力学约束不完整,机构运动具有不确定性,欠驱动机构引入柔性运动副后可利用其弹性反力一定程度上弥补动力学约束的不完整,但机构的运动学和动力学求解依然困难。针对该问题,以含有柔性移动副的平面 2 自由度欠驱动机构为研究对象,提出一种运动学动力学求解的数值迭代算法。在运动学、动力学建模的基础上,给定各构件的初始运动条件及原动件的运动规律,基于时间无限细分时两个时刻区间内速度和加速度不变的原理进行迭代和求解,能够得到各构件的运动规律及原动件的驱动力(力矩)。利用 Matlab 对该机构进行了求解,并分析了柔性移动副刚度对方程求解的影响。所提出的数值迭代算法在一定程度上突破了这类机构深入研究的瓶颈。

73 变截面交叉簧片柔性铰链的力学建模与变形特性分析

杨 森 杜志江 陈 依 孙立宁 董 为



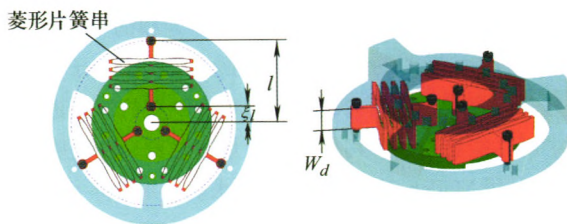
摘要: 交叉簧片柔性铰链是一种应用广泛的柔性转动关节。依靠簧片的分布式柔度可以产生较大的转动角度,但是与此同时铰链转动过程中的中心漂移大、抗干扰能力较差,这些都影响了铰链的传动精度和稳定性。通过采用非等直簧片构造的变截面交叉簧片柔性铰链可以使弹性元件的变形主要集中于铰链的交叉点附近,从而改变铰链的转动性能。基于 Euler-Bernoulli 梁理论建立了考虑几何非线性的变截面交叉簧片柔性铰链的末端载荷与铰链变形之间的关系。通过与有限元仿真进行对比,验证了文中建立的变形模型的准确性。利用柔性铰链的静态变形模型,分析了铰链的转动范围、转动刚度、中心漂移和抗干扰性能与簧片截面系数之间的关系。分析结果表明,对比传统交叉簧片柔性铰链,变截面交叉簧片柔性铰链具有更高的转动精度。



摘要: 设计高精度的大变形柔性铰链, 用以替代传统刚性运动副, 对于具有一般宏观运动的机构及机器人具有重要理论和现实意义。提出 10 种柔性铰链设计方案, 利用 ANSYS 和 ADAMS 仿真, 通过性能比较优选出 X 型和 Y 型两种新型柔性铰链, 再经过结构设计并加工制作出两柔性铰链, 利用 3D 光学坐标测量仪 OPTOTRAK 对其进行轴漂测量, 通过试验数据分析最终确定性能最优的 X 型柔性铰链, 用其替换平面 3-RRR 并联机器人上的刚性转动副, 进行了机器人动平台沿直径为 100 mm 圆运动的轨迹跟踪试验, 并与单片簧柔性铰链及刚性铰链情况对比, 试验结果表明: X 型柔性铰链能够很好地替代并联机器人中的刚性转动副, 采用 X 型柔性铰链时机器人末端最大误差仅为 0.371 7 mm, 比用刚性运动副和单片簧柔性铰链时分别减小了 44.2% 和 31.1%, 较大程度上提高了并联机器人的运动精度和综合性能。

86 基于曲柄弹簧机构的零刚度柔性铰链研究

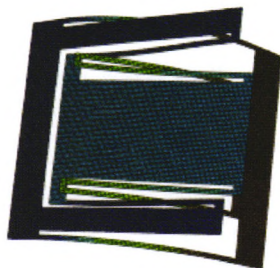
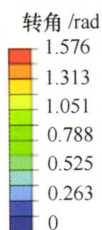
毕树生 杨其资 刘浪 赵宏哲



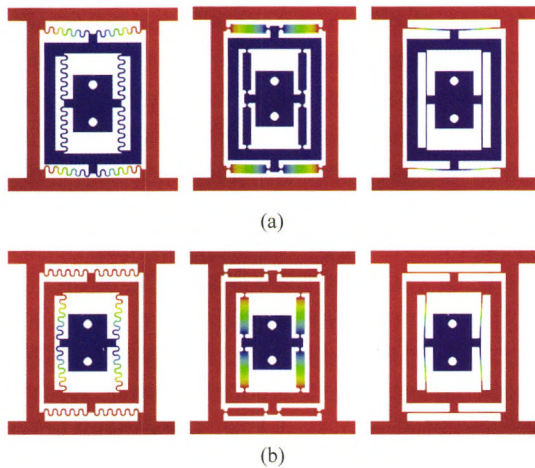
摘要: 零刚度柔性铰链的转动刚度近似为零, 克服了普通柔性铰链需要驱动力矩的缺陷, 可应用于柔性夹持器等领域。以纯扭矩作用下的内外环柔性铰链为正刚度子系统, 研究负刚度机构并匹配正负刚度, 可构造零刚度柔性铰链。提出一种负刚度转动机构——曲柄弹簧机构, 建模分析了其负刚度特性; 通过匹配正负刚度, 分析了曲柄弹簧机构的结构参数对零刚度品质的影响; 提出一种可定制刚度和尺寸的线性弹簧——菱形片簧串, 建立其刚度模型并进行了有限元仿真验证; 最终, 完成了一种结构紧凑的零刚度柔性铰链样件的设计、加工和测试。测试结果表明: 纯扭矩作用下, $\pm 18^\circ$ 转角范围内, 零刚度柔性铰链的转动刚度比内外环柔性铰链平均降低了 93%。所构造的零刚度柔性铰链结构紧凑, 零刚度品质高; 所提出的负刚度转动机构和可定制刚度的线性弹簧对柔性机构的研究具有较大的参考价值。

94 基于拉力带参数的 IST-LEJ 设计与分析

邱丽芳 王晶琳 刘宁宁



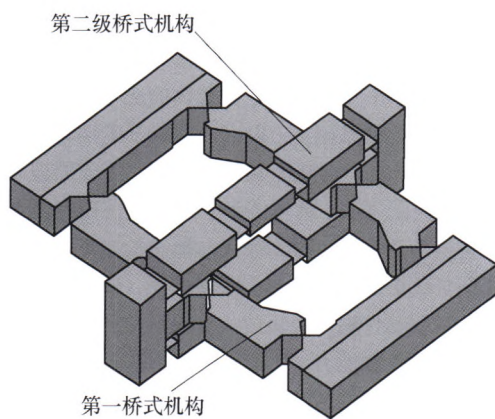
摘要: 提出了一种新型结构柔性铰链, 命名为平面折展抗拉压倒置扭转铰链 (Inverted stripe-type torsional lamina emergent joint, IST-LEJ), 设计了该铰链的结构形式, 推导了其弯曲等效刚度计算公式, 提出了基于拉力带特征参数的修正系数。通过实例的理论计算和有限元仿真分析, 验证了基于修正系数的弯曲等效刚度公式的正确性。通过不同拉力带尺寸的实例计算, 进一步验证了等效刚度理论公式的正确性和修正系数的有效性。建立了与 IST-LEJ 设计实例外形尺寸和特征参数相同的平面折展压倒置扭转铰链 (Inverted torsional lamina emergent joint, IT-LEJ) 铰链的有限元模型, 比较了 IST-LEJ 与 IT-LEJ 铰链的弯曲性能和抗拉压性能。最后, 对聚丙烯和铍青铜材料的这两种铰链进行了失效分析, 得出了不同材料铰链各自的弯曲变形范围。



摘要: 针对传统的缺口型和直片型柔性铰链平台行程不足的特点,设计了一种波纹簧片型柔性铰链,并在此基础上设计了由电磁驱动的两自由度柔顺精密定位平台。基于波纹簧片型、缺口型和直片型柔性铰链平台的特点建立有限元模型分析了这三种平台的静态和模态性能,包括行程,固有频率等。利用电磁驱动作为定位平台的输入驱动,综合对比了三种平台的实际行程,耦合位移,重复定位精度等性能,验证了有限元分析的正确性。结果表明,相比于缺口型和直片型柔性铰链平台,基于波纹簧片型柔性铰链的两自由度柔顺精密定位平台具有行程大,定位精度高的特点,对于柔顺精密定位平台的研究具有重要的参考价值。

110 基于混合铰链的三维桥式放大机构的建模、分析与试验

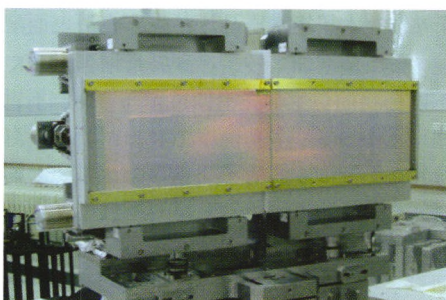
陈方鑫 高福天 杜志江 孙立宁 董 为



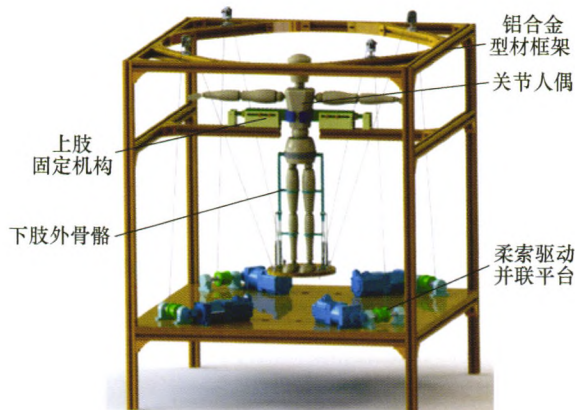
摘要: 为了解决全柔顺桥式放大机构实际放大倍数过低的问题,提出了一种基于混合铰链的三维桥式放大机构。该放大机构不仅保持了传统桥式放大机构对称性好、结构紧凑、设计简单的优点,而且还能实现较高的放大倍数。为了分析三维桥式机构的放大倍数和负载能力,采用了柔度矩阵法建立了机构的静力学模型,并且在此基础上提出了一种新的性能指标,即相对放大倍数,用于评价柔性放大机构的位移损失程度。3种最常用的柔性铰链被用于三维桥式机构的分析,通过仿真结果发现,当第一级机构采用V形铰链,第二级机构采用簧片式铰链的时候,三维桥式放大机构的各项性能达到最优。最后,设计加工了放大倍数为41,相对放大倍数在0.9以上的三维桥式机构,证明了分析结果的正确性。

117 一种新型大口径光栅拼接柔性定位机构刚度分析

邵忠喜 吴石磊 富宏亚



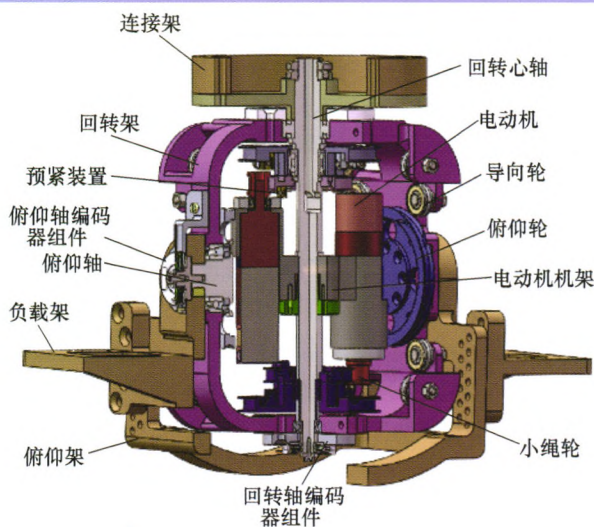
摘要: 为满足大口径光栅拼接机构大行程、大负载、高精度、高稳定性的要求,提出一种基于正交结构的新型五自由度光栅拼接柔性并联机构。该机构采用三面正交、单点支撑的布局形式,适用于要求高刚度、大负载的场合,具有结构形式简单、运动精度高、稳定性高等特点。机构的刚度直接影响机构的定位精度、承载能力、稳定性等性能,针对光栅拼接柔性机构特殊的结构形式,结合单元刚度矩阵和矩阵位移法推导光栅拼接柔性机构的刚度模型。最后,采用ANSYS对比分析理论刚度模型结果与有限元模型结果。分析结果表明理论刚度模型计算结果与有限元分析结果基本吻合,证明理论刚度模型的合理性,为此类机构的刚度配置和机构优化设计提供了可靠的理论依据。



摘要: 腰部损伤患者众多而康复师和智能化康复设备短缺, 为了帮助患者恢复腰部运动能力, 设计一种新型柔索驱动并联腰部康复机器人(Cable-driven parallel waist rehabilitation robot, CPWRR)。机器人由柔索驱动并联平台、下肢外骨骼和上肢固定机构组成, 实现患者腰椎三自由度转动康复训练。考虑人体下肢与运动平台的运动耦合, 力学分析过程引入两组辅助坐标系建立机器人的运动学模型, 并运用拉格朗日法建立机器人的动力学模型。以人体腰部转动康复训练为实例, 规划腰部运动轨迹, 进行 CPWRR 康复训练数值模拟; 同时, 搭建 CPWRR 试验平台, 进行康复训练试验。对比数值模拟和试验结果, 柔索长度和拉力的数值模拟结果与试验数据相吻合, 腰部的实际运动轨迹与预定的运动轨迹基本相同, 表明 CPWRR 能够完成腰部康复训练, 是一种前景良好的腰部康复设备, 试验数据对柔性智能化医疗康复设备具有参考意义。

135 基于差动柔性绳传动的稳定平台设计与分析

李大泉 洪华杰 江献良 刘华 何汉辉

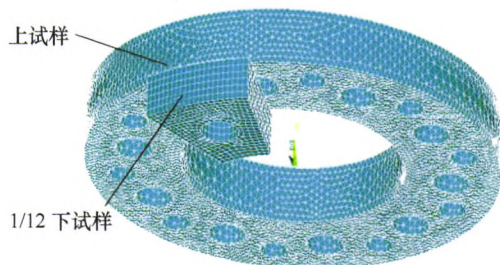


摘要: 为保证较高稳定精度水平, 整体式光电稳定平台一般采用力矩电动机直接驱动方式, 导致稳定平台的负载自重比有限, 难以满足未来无人机等轻型载体的应用需求。在研究柔索传动基本构型的基础上, 提出一种基于柔性绳传动的差动结构平台设计方案, 分析差动构型特点、工作原理和拓扑结构。采用有向图方法, 通过图形表达的方式研究复杂差动绳传动系统运动学规律, 得到输入与输出的定量关系式。研究输入端和负载端的动力传递与映射关系, 分析表明差动构型的实质是对驱动件输入力矩放大合成后进行再分配, 可有效提高系统的带负载能力。理论分析表明基于差动绳传动的稳定平台可实现两轴的运动和动力传递与控制, 证明了方案的可行性。这种新型传动构型的应用将减轻平台自重、增大输出力矩, 这为稳定平台的设计提供了新的参考。

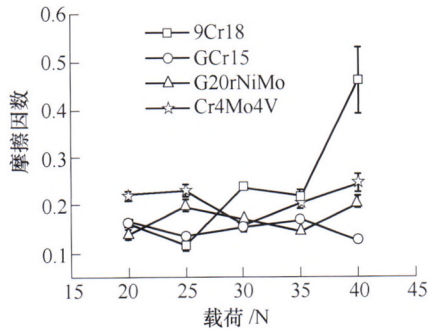
摩擦学

142 水压马达仿生非光滑表面配流副摩擦磨损研究

马浩 高殿荣 毋少峰 梁琪娜



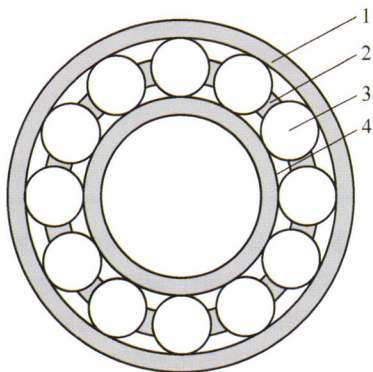
摘要: 为探寻低速大扭矩水压马达仿生非光滑表面配流副摩擦磨损性能, 采用精密加工技术在碳纤维增强 PEEK 试样表面加工出不同形状的仿生非光滑凹坑, 与 316L 不锈钢形成摩擦副, 利用 MMD-5A 多功能摩擦磨损试验机在海水润滑条件下, 对其在不同面积占有率下的摩擦因数、磨损率等参数进行测试, 考察其凹坑面积占有率对摩擦副摩擦磨损的影响, 利用 OLYMPUS OLS3100 激光共焦显微镜对磨损表面进行分析。研究表明: 在海水润滑条件下, 下试样 CF/PEEK 在磨擦过程中主要发生了犁沟效应和磨粒磨损, 仿生非光滑表面的凹坑可以有效存储磨粒, 减轻磨粒磨损, 进而起到减摩效果。面积占有率为 15% 的圆锥形凹坑仿生非光滑表面更利于存储磨屑, 因而摩擦因数最低, 减磨效果最好。



摘要: 在油气井钻井过程中,大量井下工具在水基泥浆特殊环境中工作。井下工具中轴承部件工作条件苛刻,往往容易损坏,从而导致整个系统的失效。研究选取 GCr15、9Cr18、G20CrNiMo、Cr4Mo4V 等常用轴承钢为研究对象,制成盘销试样,在 FALEX 摩擦磨损试验机上模拟井下特殊工况,研究不同载荷、不同速度下试样的摩擦因数、磨斑直径及磨损形式。结果表明:水基泥浆中,当转速一定时,随载荷的增大 GCr15、G20CrNiMo、Cr4Mo4V 的摩擦因数变化不大,9Cr18 的摩擦因数随载荷的增大而增大。当载荷一定时,GCr15、G20CrNiMo、Cr4Mo4V 的摩擦因数随着转速升高而略微降低,9Cr18 的摩擦因数整体上随转速的增大而增大。GCr15、G20CrNiMo 和 Cr4Mo4V 的磨损形式主要为腐蚀磨损和磨粒磨损,但 GCr15 的腐蚀更严重。高速重载条件下(40 N, 100 r/min),9Cr18 的磨损形式由磨粒磨损转变为黏着磨损。

159 考虑热弹性变形和表面粗糙度的圆柱滚子轴承热弹流润滑分析

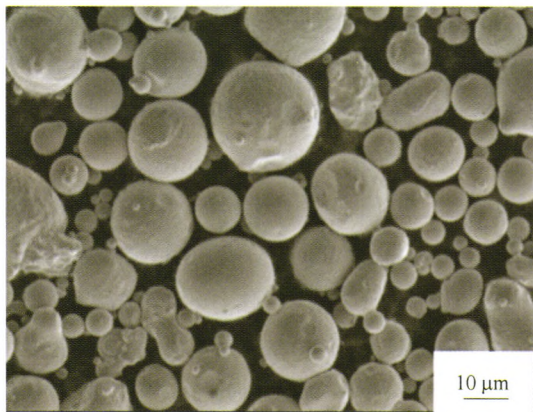
路遵友 吕延军 李莎 张伟 党超 余娜 杨婕



摘要: 运用线接触热弹性流体动压润滑理论,考虑了润滑油膜温升变化引起的圆柱滚子轴承中滚子和内圈接触表面的径向热弹性变形和表面粗糙度的影响,提出了一种计入热弹性变形和粗糙度影响的圆柱滚子轴承线接触热弹性流体动压润滑分析方法。该方法通过将热弹性变形进行热力转换,得到了滚子和内圈接触表面的材料线热膨胀系数,计算修正了滚子和轴承内圈因油膜温度场变化引起的径向热弹性变形,求得了计入热弹性变形和表面粗糙度后的油膜压力、油膜厚度、油膜温升以及径向热弹性变形量等主要润滑特性,研究了载荷、卷吸速度和滑滚比的变化对最小油膜厚度、最大油膜压力和最大油膜温升的影响规律,结果表明,热弹性变形量与最小油膜厚度处在同一量级,热弹性变形和粗糙度会对润滑特性产生明显的影响。

170 激光选区熔化增材与机加工复合制造 AISI 420 不锈钢：表面粗糙度与残余应力演变规律研究

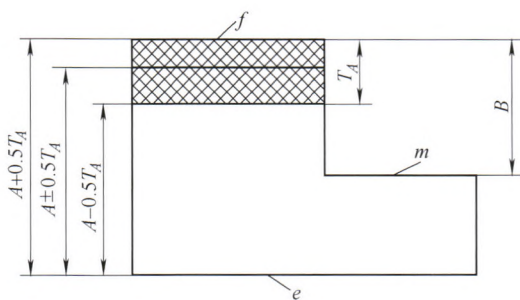
章媛洁 宋波 赵晓 张李超 魏青松 史玉升



摘要：激光选区熔化(Selective laser melting, SLM)增材制造技术具备极端复杂构件制造能力，为高性能构件的材料结构一体化制造提供了技术支持。然而，在激光与材料交互作用过程中，熔池稳定性，熔池间界面结合性，熔体与基体的润湿性等因素直接影响构件微观组织、表面精度与粗糙度。其中，SLM 成形的金属表面粗糙度较高是制约其发展的重要因素，SLM 技术与机加工复合是发展趋势之一。因此，采用机加工的方法对 SLM 样品进行表面处理，分别研究了机加工对不同致密度金属，不同铣削深度及不同铣削面对金属试样粗糙度及残余应力的影响规律。其中，试样粗糙度经过铣削后从约 10 μm 降低到 1 μm 以下，极大改善了制件的表面质量。同时，通过铣削使试样水平方向的残余应力由压应力变为拉应力并大幅降低。

179 混合式多阶段加工过程的自适应加权偏差传递网络建模与分析

郑小云 余建波 刘海强 程辉 孙习武 吴昊



摘要：在混合式多阶段加工过程中，最终零件的加工质量受所有工序上多个偏差流传递累积的影响。为确保加工过程的稳定性，需要对加工过程偏差传递进行动态实时分析，提早发现具有潜在质量问题的关键工序并识别其误差源。提出了一种自适应加权偏差传递网络建模与误差溯源方法。基于实际加工误差的产生与传递机理，构建自适应加权偏差传递网络。借鉴搜索引擎中 PageRank 排名算法，提出加权偏差传递网络节点重要性评估指标——AWVPN-NodeRank，提取出多阶段加工过程具有潜在质量问题的关键加工表面。提出基于分层重构的关键加工面的误差源诊断方法，从而确定需要优先改进的工序及其加工设备节点。以一典型主轴盖零件的多阶段加工过程为分析对象，对所提方法进行验证，结果表明该方法能够有效识别工序流的薄弱工序及其加工设备节点。

192 网络化协作加工设备约束特性及一种优化选择方法

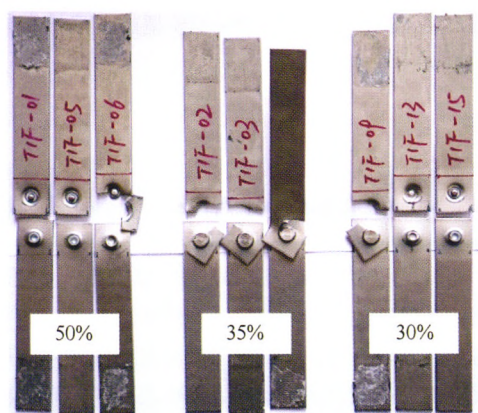
尹超 赵旭 邱磊



摘要：针对网络化协作加工设备优化选择过程中加工设备种类繁多、优选目标多样、设备属性与优选目标之间约束关系复杂等问题，建立了网络化协作加工设备的属性构成模型，在此基础上建立了一种包括网络化协作加工设备属性、优化选择目标及其之间的约束关系的约束特性框架模型，进而基于粗糙集理论建立了获取约束特性函数的数学模型，提出了一种基于约束特性的网络化协作加工设备优化选择方法并进行了算法求解，最后设计并开发了网络化协作加工设备优化选择支持系统，并在重庆某企业进行了试验应用，取得了较好的效果。

202 钛合金薄板自冲铆接工艺及失效行为研究

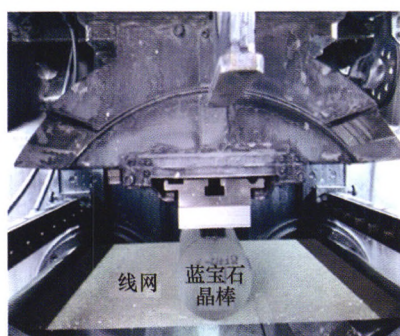
张先炼 何晓聪 赵伦 邢保英



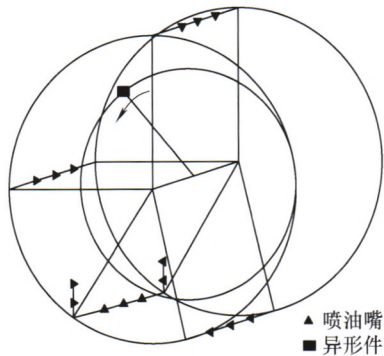
摘要: 基于自冲铆接(SPR)技术, 从降低板材硬度和提高铆钉硬度两个角度, 实现了对 TA1 钛合金薄板的有效连接, 并制备了 TH (降低板材硬度)和 TR (提高铆钉硬度)两组钛合金自冲铆接头。通过力学试验研究了两组接头的静力学和疲劳性能, 并且基于三参数经验公式采用 S-N 曲线拟合法绘制出接头 S-N 曲线。最后, 从宏观角度分析两组接头的失效行为, 并利用高真空扫描电镜(SEM)进行 TR 接头的微观断口分析。结果表明: 从自冲铆接技术优势和工程实际角度考虑, TR 接头的铆接方式比 TH 接头更具实际操作意义。TH 接头的静失效载荷和能量吸收性能均优于 TR 接头; 且两组接头的静力学失效形式均为铆钉断裂。而 TR 接头疲劳性能更优, 且两组接头均出现了下板断裂和铆钉断裂的多种疲劳失效形式。此外, 依据 SEM 观测结果推断出因下板断裂而失效的 TR 接头, 其疲劳裂纹源于铆钉脚应力集中点, 且首先沿板宽方向扩展, 后沿板厚方向延伸, 直至接头完全断裂失效。而因铆钉断裂而失效的 TR 接头, 其断口呈现出典型的疲劳脆性断裂特征。

208 多线往复式线锯切割中单位长度材料去除量的理论分析与试验研究

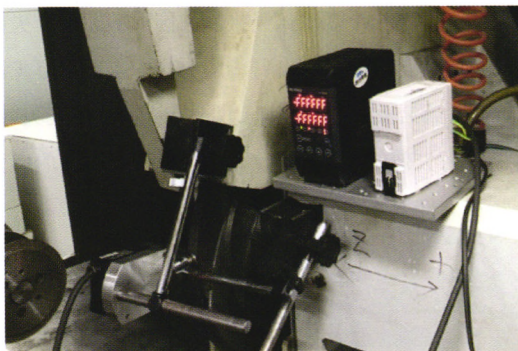
林志树 黄辉 郑生龙



摘要: 线锯切割被广泛地应用于光伏和微电子行业及其他硬脆材料的切割加工, 所切晶片的质量影响后续研抛等工序的加工。建立了多线线锯往复运动与进给运动的理论模型, 提出单位长度材料去除量的概念, 推导出多线往复线锯切割中, 单位长度材料去除量随加工位置变化的理论模型。理论分析了单片用线量及进给速比对单位长度材料去除量的影响规律。以蓝宝石晶棒为锯切研究对象, 进行了不同的锯丝单片用线量以及不同进给速比条件下的锯切试验, 测量了切割片的加工质量。研究表明, 多线往复式切割过程中, 单位长度材料去除量随加工过程有明显的变化, 单片用线量及进给速比对单位长度材料去除量有明显的影 响, 单位长度材料去除量对线锯切割质量有着显著的影响。



摘要: 再制造零件的涂油保护是其以完好的质量状态进入新生命周期的关键技术之一。针对多品种大批量形状不规则难以装夹的再制造异形件, 不易规模化涂油保护问题, 基于平面和曲面涂层生长模型, 提出一种绕中心轴线公转、相对周边自转, 在密闭环境辅以自重驱动的再制造异形件喷涂油方法, 并对喷涂机构数量、喷涂机构安装位置、喷涂距离以及喷嘴数量等主要工艺参数进行分析计算。为提高喷涂均匀性和喷涂效率, 在分析喷涂质量影响因素的基础上, 建立喷嘴位置与工件转速优化模型, 通过粒子群算法求解得到最优设计参数, 仿真试验验证了模型的正确性和求解方法的有效性。



摘要: 针对粗粒度超硬磨料砂轮圆跳动难以检测技术问题, 提出一种新的砂轮圆跳动检测方法, 利用滑块组件与激光位移传感器有机结合, 避免了砂轮表面高硬度磨粒和粗糙形貌对传统量仪触头的机械干扰, 排除了砂轮表面非均质材料及高陡坡磨粒的光学干扰, 可实现粗粒度超硬磨料砂轮圆跳动的真实、稳定、高效、高精检测。在 CNC8325 数控外圆磨床上对粒度 60#/70#电镀 CBN 砂轮进行了精密修整试验, 依据“定量修整-砂轮检测-定量磨削-试件检测”循环测试方案, 持续跟踪了电镀 CBN 砂轮圆跳动、磨削功率、试件表面质量、砂轮表面形貌渐变过程。结果表明: 当电镀 CBN 砂轮初始圆跳动在 10~20 μm 时, 砂轮已具有良好的综合磨削效果, 可以不修整或微量修整; 当砂轮表面高点区域部分磨粒去除量在磨料平均直径 1/5 以内时, 仍可通过精密修整获取理想的砂轮表面; 当砂轮表面高点区域部分磨粒去除量达 1/4 以上时, 即使修整后砂轮圆跳动很好, 也无法获得较好磨削效果, 此时砂轮已不具备磨削能力。

CONTENTS

- 1 State-of-art of Metamaterials with Negative Poisson's Ratio**
YU Jingjun XIE Yan PEI Xu
- 15 Machines Which Can Think—Mechanical Intelligence (MI)**
KANG Rongjie YANG Chenghao YANG Mingyuan CHEN Yan
- 25 Multi-backbone Continuum Mechanisms: Forms and Applications**
XU Kai LIU Huan
- 34 Variable Stiffness Actuators: A Review of the Structural Research**
BI Shusheng LIU Chang ZHOU Xiaodong YU Jingjun
- 47 Topology Optimization of Multiple Materials Compliant Mechanisms Based on Sequence Interpolation Model and Multigrid Method**
DU Yixian LI Hanzhao XIE Huanghai TIAN Qihua ZHOU Xiangman LUO Zhen
- 57 Systematic Approach to the Design of Spatial Translational Compliant Parallel Mechanisms**
LI Haiyang HAO Guangbo YU Jingjun DENG Zilong SONG Zengwang
- 66 Numerical Iterative Algorithm for Solving Kinematics and Dynamics of Under-actuated Mechanisms with Flexible Joints**
ZHANG Jianjun DU Chuncui YANG Gaowei LI Weimin
- 73 Static Modelling and Analysis of Cross-spring Flexure Pivots with Variable Cross-section**
YANG Miao DU Zhijiang CHEN Yi SUN Lining DONG Wei
- 79 On the Design, Manufacturing and Experiment of a New Type Flexural Joint**
YU Yueqing LI Qingqing
- 86 Study of Zero Stiffness Flexural Pivot Based on Spring-crank Mechanism**
BI Shusheng YANG Qizi LIU Lang ZHAO Hongzhe
- 94 Design and Analysis of IST-LEJ Based on Tension Band Parameters**
QIU Lifang WANG Jinglin LIU Ningning
- 102 Performance Comparison and Analysis of Three 2-DOF Compliant Precision Positioning Stages**
WANG Nianfeng ZHANG Zhiyuan ZHANG Xianmin LIANG Xiaohe
- 110 Modeling, Analysis and Experiments of a Three-dimensional Bridge-type Mechanism with Combined Flexure Hinges**
CHEN Fangxin GAO Futian DU Zhijiang SUN Lining DONG Wei
- 117 Stiffness Analysis of a Novel Flexible Positioning Mechanism for Large-aperture Grating Tiling**
SHAO Zhongxi WU Shilei FU Hongya

- 126 Design, Analysis and Experimental Study of a Cable-driven Parallel Waist Rehabilitation Robot**
CHEN Qiao ZI Bin SUN Zhi WANG Ning LI Shuyi LUO Xiaoqi
- 135 Design and Analysis of Differential Cable-driven Stabilized Platform**
LI Daquan HONG Huajie JIANG Xianliang LIU Hua HE Hanhui
- 142 Experimental Study on Friction-wear for Valve Plate with Bionic Non-smooth Surface of Hydraulic Motor**
MA Hao GAO Dianrong WU Shaofeng LIANG Yingna
- 153 Tribological Properties of 4 Types of Bearing Steel in Water Based Mud**
XIAO Huaping LIU Shuhai CHEN Yu WANG Deguo
- 159 Thermal Elastohydrodynamic Lubrication Analysis of Cylindrical Roller Bearing Considering Thermal Elastic Deformation and Surface Roughness**
LU Zunyou LÜ Yanjun LI Sha ZHANG Wei DANG Chao YU Na YANG Jie
- 170 Selective Laser Melting and Subtractive Hybrid Manufacture AISI420 Stainless Steel: Evolution on Surface Roughness and Residual Stress**
SONG Bo ZHANG Yuanjie ZHAO Xiao ZHANG Lichao WEI Qingsong SHI Yusheng
- 179 Modeling and Analysis of Adaptive Weighted Variance Propagation Network in Hybrid Multistage Machining Processes**
ZHENG Xiaoyun YU Jianbo LIU Haiqiang CHENG Hui SUN Xiwu WU Hao
- 192 Constraint Characteristics and an Optimal Selection Method of Networked Collaborative Manufacturing Equipment**
YIN Chao ZHAO Xu QIU Lei
- 202 Process and Failure Behaviors of Self-piercing Riveting in Titanium Alloy Sheets**
ZHANG Xianlian HE Xiaocong ZHAO Lun XING Baoying
- 208 Theoretical Analysis and Experimental Study on Material Removal Per Length of Wire in the Cutting of Multi-wire Saw with Reciprocating**
LIN Zhishu HUANG Hui ZHENG Shenglong
- 215 Spraying Method and Optimization of Process Parameters for Remanufacturing Profiled Workpieces Based on Coating Model**
XIA Xuhui YANG Yi WANG Lei CAO Jianhua LIU Xiang
- 225 Experimental Research of Dressing Amount Control and Quality Evaluation on Monolayer Abrasive Grinding Wheel**
FENG Keming SHI Chaoyu ZHU Jianhui ZHAO Jinzhui

《机械工程学报》第十届编委会

荣誉主任

王补宣(院士) 路甬祥(院士) 潘际銮(院士)

荣誉委员

王玉明(院士) 王先逵(教授) 石治平(研高) 叶声华(院士) 宁汝新(教授) 过增元(院士)
刘飞(教授) 刘人怀(院士) 刘大响(院士) 刘友梅(院士) 关桥(院士) 杨叔子(院士)
宋玉泉(院士) 陈学俊(院士) 林尚扬(院士) 周孔亢(教授) 周尧和(院士) 柳百成(院士)
钟掘(院士) 钟秉林(教授) 闻邦椿(院士) 徐金梧(教授) 徐滨士(院士) 郭孔辉(院士)
温诗铸(院士) 谢友柏(院士) 熊有伦(院士) 潘健生(院士)

主任

钟群鹏(院士)

副主任

王文斌(编审) 王国彪(教授) 陈学东(院士) 陈超志(研高) 黄田(教授) 雒建斌(院士)
MCCARTHY J Michael(教授)

国内委员

丁汉(院士) 王雪(教授) 王田苗(教授) 王立平(教授) 王庆丰(教授) 王时龙(教授)
王树新(教授) 王祖温(教授) 王润孝(教授) 孔祥东(教授) 邓宗全(院士) 卢秉恒(院士)
史铁林(教授) 付铭旺(副教授) 仪垂杰(教授) 吕明(教授) 刘强(教授) 刘少军(教授)
刘宏民(教授) 刘献礼(教授) 刘德顺(教授) 孙汉旭(教授) 严新平(教授) 李大勇(教授)
李永堂(教授) 李圣怡(教授) 李杨民(教授) 李荣彬(教授) 李荣德(教授) 李剑峰(教授)
杨华勇(院士) 杨兆军(教授) 杨兆建(教授) 何存富(教授) 张峥(教授) 张士行(教授)
张义民(教授) 张宪民(教授) 张湘伟(教授) 陈新(教授) 陈鹰(教授) 陈焯彰(教授)
陈朝阳(教授) 邵新宇(教授) 苑世剑(教授) 苑伟政(教授) 范光照(教授) 林忠钦(院士)
周祖德(教授) 项昌乐(教授) 赵继(教授) 赵韩(教授) 赵丁选(教授) 胡正寰(院士)
钟志华(院士) 姚振强(教授) 秦大同(教授) 袁巨龙(教授) 袁寿其(教授) 耿荣生(教授)
贾振元(教授) 顾佩华(教授) 徐西鹏(教授) 高咏生(教授) 高金吉(院士) 郭万林(院士)
郭东明(院士) 黄明辉(教授) 黄洪钟(教授) 梅雪松(教授) 葛世荣(教授) 韩旭(教授)
曾攀(教授) 谢建新(院士) 雷源忠(研究员) 廖运炫(教授) 谭建荣(院士) 谭援强(教授)
翟婉明(院士) 黎明(研究员) 檀润华(教授)

国外委员

ALGIN Vladimir(白俄罗斯) CAO Dongpu(英国) CAVALLUCCI Denis(法国)
CECCARELLI Marco(意大利) CHEN Ye-Hwa(美国) CHEN Yongkang(英国)
CHEN Yubao(美国) CHENG Harry H(美国) CHENG Kai(英国)
CHETWIND Derek G(英国) CHIU George(美国) DAI Jiansheng(英国)
DEAN Trevor Anthony(英国) DONG Zuomin(加拿大) FATIKOW Sergej(德国)
FENG Yuntian(英国) FLEWITT Peter E J(英国) GAO Wei(日本)
GE Qiaode Jeffrey(美国) GIOVANOLA Jacques(瑞士) GOGU Grigore(法国)
GU Fengshou(英国) GUO Yuebin(美国) HAGIWARA Ichiro(日本)
HUANG Yong(美国) HUANG Han(澳大利亚) IWATSUKI Nobuyuki(日本)
JAUREGUI Juan Carlos(墨西哥) Wallaschek Jörg(德国) LI Dongyang(加拿大)
LI Xiaoping(新加坡) LIM Teik Chin(美国) MORGAN Michael(英国)
PARK Jong-Kweon(韩国) SINAPIUS Michael(德国) SU Chunyi(加拿大)
SU Daizhong(英国) TIAN Guiyun(英国) WANG Jun(澳大利亚)
XUE Deyi(加拿大) YANG Lianxiang(美国) YE Lin(澳大利亚)
ZHANG Bi(美国) ZHANG Chun(Chuck)(美国) ZHANG Hongchao(美国)
ZHANG Liangchi(澳大利亚) ZHAO Xudong(英国) ZHOU Libo(日本)
ZUO Mingjian(加拿大)



ISSN 0577-6686



9 770577 668187

13