



ISSN 0577-6686
CODEN CHHKA2



机械工程学报[®]

JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING

基于多体动力学模型集成的
深海采矿系统联动仿真



中国机械工程学会 主办

万方数据

2017年53卷4期 半月刊

特邀专栏

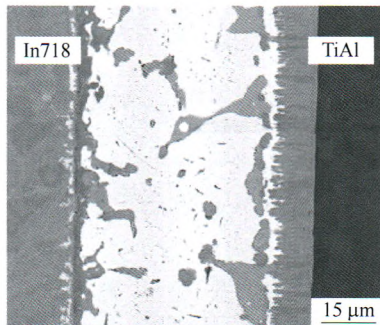
异种材料的焊接与连接 (II)

客座编辑: 武传松教授 (山东大学材料科学与工程学院)

策划编辑: 田旭 (《机械工程学报》编辑部)

1 钛铝系合金与镍基高温合金异种连接技术研究进展

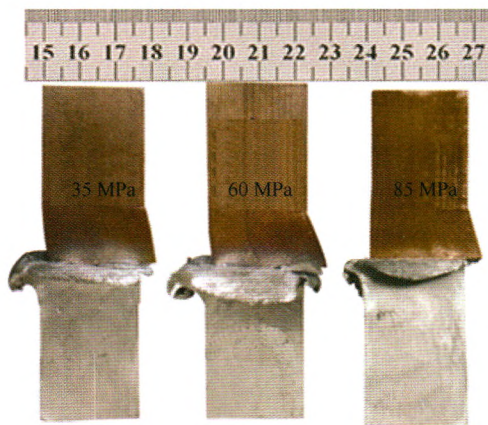
任海水 熊华平 吴 欣 陈 波 程耀永 陈冰清



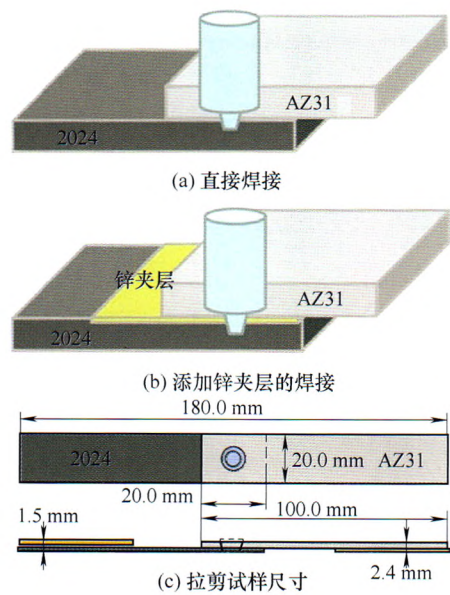
摘要: 钛铝系合金是未来极具应用潜力的航空航天用轻质高温结构材料, 解决其与镍基高温合金之间的连接问题可以满足复合结构减重的需要。由于在化学成分和物理性能等方面存在较大差异, 实现两种材料的良好连接比较困难。在分析大量文献的基础上, 评述国内外关于这两类异质材料连接技术的研究进展, 焊接方法主要涉及熔化焊、钎焊以及扩散焊。熔焊连接获得的接头强度较低, 钎焊连接中多采用传统钎料, 缺乏对高温钎料的研制, 而扩散焊用中间层合金的设计及其本身的高温性能, 都是需要进一步研究的重要问题。解决钛铝系合金与镍基高温合金的连接问题, 并获得具有良好综合性能的连接接头, 对于实现钛铝系轻质耐高温合金的工程化应用具有重要的意义。

11 线性摩擦焊 AA5083 铝合金/T2 纯铜异质接头特征研究

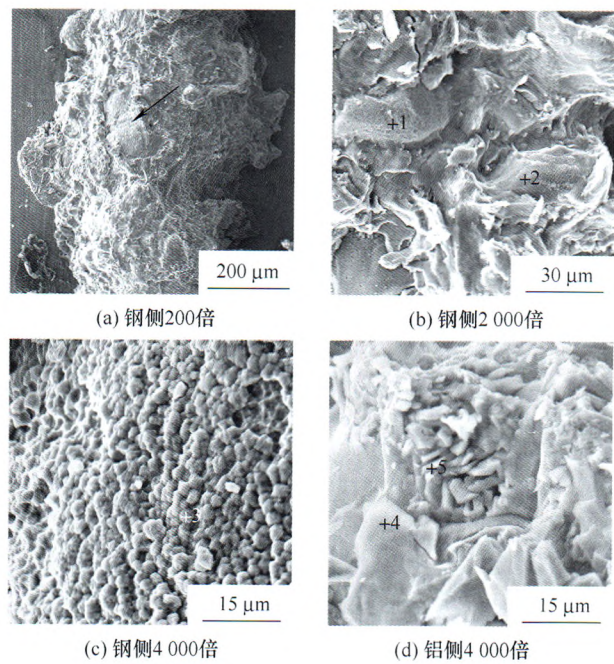
马铁军 刘亚森 李文亚 张 勇 王 刚



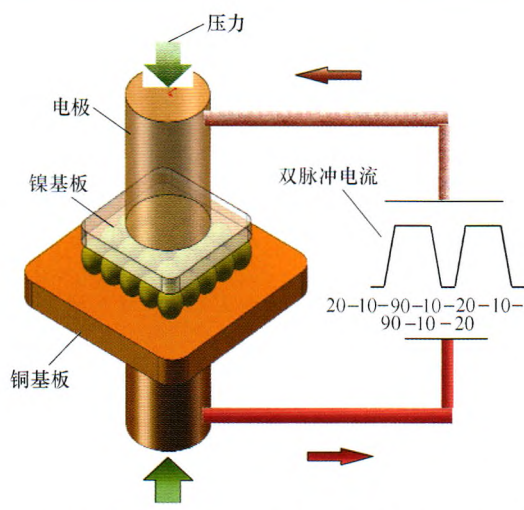
摘要: 对 AA5083 铝合金/T2 纯铜进行不同焊接压力下的线性摩擦焊试验, 结果表明: 焊接过程主要以铝合金的压缩变形为主, T2 变形量较小。焊缝处界限分明, 两侧晶粒均明显细化, 铝侧细化程度更高且金属流线消失。焊缝界面可观察到明显的孔洞缺陷, 且随摩擦压力的增大孔洞逐渐减小直到消失。接头拉伸强度达到 T2 母材的 50%, 接头伸长率很低, 拉伸断裂均发生在焊缝区, 断裂形式均为脆性断裂。微区成分分析可知, Al/Cu 界面处存在厚度大约为 2 μm 扩散层; 界面附近 Al 侧出现以 Cu 粒子与金属间化合物弥散的机械混合组织, 厚度在 100~500 μm 浮动。接头强度较低的主要原因是存在界面孔洞缺陷及金属间化合物混合组织。



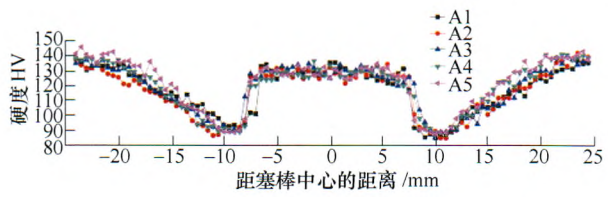
摘要：对于镁-铝异种金属的搅拌摩擦点焊(Friction stir spot weld, FSSW)，镁-铝界面处连续分布的脆性 Mg-Al 金属间化合物是影响其强度的关键因素。针对 AZ31 镁合金和 2024 铝合金薄板的 FSSW，采用 0.1 mm 厚纯锌箔作为预置夹层，分析锌夹层添加对接头微观组织与力学性能的影响。结果表明，无夹层时，接头中仅在钩状区中的镁-铝界面处生成了厚度约为 5 μm 的连续金属间化合物层，其余部分以机械结合为主，接头拉剪载荷仅为 0.8 kN。锌夹层添加后，降低了钩状区中靠近匙孔一侧的过渡层厚度(约 2 μm)，并使钩状区外侧界面处生成了新型 Al-Zn、Zn-Mg 化合物组织，起到了阻碍该区域 Mg-Al 金属间化合物生成的作用，达到了促进镁、铝之间冶金结合的效果。与无夹层相比，有夹层接头拉剪载荷提高了 75%，达到 1.4 kN。



摘要：在环境污染日益严重的今天，汽车轻量化已成为当今社会亟待解决的问题，而钢/铝异种金属的焊接结构正是实现汽车轻量化的有效手段之一。激光焊具有焊接速度快、能量密度高、焊接变形小等特点，因此采用激光焊对钢/铝异种金属进行焊接。研究表明，当焊接速度为 20 mm/s、焊接功率为 0.82~0.83 kW 时，采用“钢上铝下”的搭接形式可获得成形良好的焊接接头。未添加中间层的接头界面处存在连续分布的及岛状的金属间化合物区，其组织主要为 Fe_3Al 、 FeAl 、 FeAl_2 、 Fe_2Al_5 和 FeAl_3 ，其中部分 FeAl_3 呈针状形貌。添加 Fe-B-Si 中间层的钢/铝界面金属间化合物区边界趋于平整，厚度减少，且岛状区和针状 FeAl_3 数量减少。通过拉剪试验证明，Fe-B-Si 中间层的添加可提高接头的力学性能。

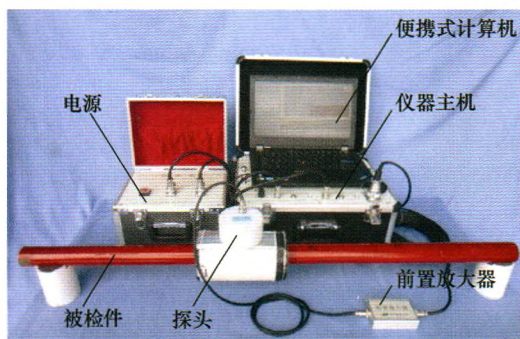


摘要：利用液相法合成均径为 57.5 nm 的纳米铜颗粒，并对纳米铜颗粒进行系统的表征，包括有扫描电子显微镜(Scanning electron microscope, SEM)、透射电子显微镜(Transmission electron microscope, TEM)、X 射线衍射(X-ray diffraction, XRD)以及热重分析(Thermal gravity analysis, TGA)和差热分析(Differential thermal analysis, DTA)，并利用超声手段将纳米铜颗粒均匀分散在水溶液中，从而得到了纳米铜焊膏。采取模板印刷的方法制备镍/纳米铜焊膏/铜的三明治结构，并研究不同脉冲电流烧结工艺下的三明治结构的剪切强度、截面微结构以及断口微结构特征。试验结果表明三明治结构的剪切强度随着电流的增加而增大，在电流为 0.8 kA 时，剪切强度可达到 46.3 MPa，脉冲电流烧结纳米铜焊膏连接铜和镍基板在短时间(小于 200 ms)内快速获得了高致密度、性能优良的焊点结构，同时纳米铜颗粒之间以及纳米铜颗粒与微米级的铜基板和镍基板之间实现了牢固的冶金连接。通过分析经脉冲电流烧结后得到的纳米铜焊膏内部的显微组织特征，提出了脉冲电流烧结纳米铜焊膏的烧结机理。

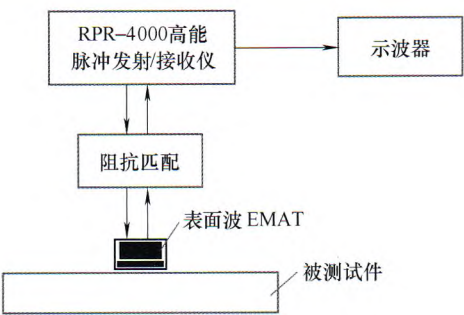


摘要：采用 2A14-T6 铝合金圆锥塞棒和 10 mm 厚 2219-T87 铝合金板材进行异种铝合金摩擦圆锥塞焊工艺试验。对异种铝合金摩擦圆锥塞焊接头的缺陷特征、微观组织、强化相分布、力学性能及拉伸断口形貌进行观察与测试。结果表明：在焊接转速为 7 500 r/min，焊接压力为 30 kN 和 35 kN 时得到了无缺陷的摩擦塞焊接头；摩擦塞焊接头可分为塞棒区(Plug metal, PM)、塞棒焊缝热力影响区(Plug thermo-mechanically affected zone, PTMAZ)、摩擦界面区(Friction interface zone, FIZ)、热力影响区 (Thermo-mechanically affected zone, TMAZ)、热影响区(Heat affected zone, HAZ)和母材区(Base metal, BM)六部分；硬度测试结果显示，母材区硬度最高，塞棒区和塞棒焊缝热力影响区硬度略低于母材，热力影响区和热影响区最低。摩擦塞焊接头的抗拉强度最高可达 312 MPa，伸长率可达 4.1%；接头在下表面 HAZ 与 TMAZ 的交界处起裂，自下表面向上表面扩展，经过 TMAZ，最终在上表面的 PTMAZ 断裂，断口呈韧窝形貌。

仪器科学与技术

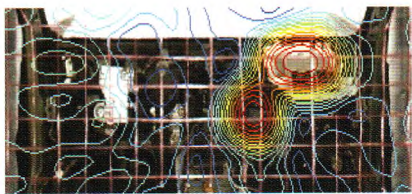


摘要：承压设备是千万吨炼油、百万吨乙烯和超(超)临界电站锅炉等大型成套装置的核心设备，利用脉冲涡流(Pulsed eddy current, PEC)检测技术可对其因腐蚀引起的均匀壁厚减薄进行快速不停机检测，对保障大型成套装置长周期安全运行具有重要意义。介绍承压设备 PEC 检测技术的研究背景，指出 PEC 检测技术在承压设备不停机检测方面的优势；在 PEC 检测原理、钢的 PEC 信号特征及变化规律等研究基础上，介绍为实现和优化检测功能而进行的钢的 PEC 检测理论研究工作；通过研究现场检测中各因素的影响机理，指出 PEC 检测技术的特点与适用条件；介绍基于上述研究成果和结合实际检测需求先后研制的首个国家、能源行业和国际标准，以及开发的 PEC 检测仪器；通过两个典型的现场检测应用，说明 PEC 检测技术在承压设备壁厚减薄检测应用中的实用性和可靠性。

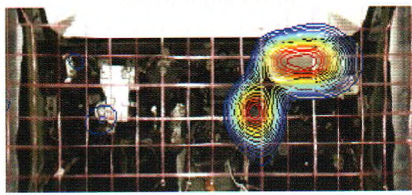


摘要： 为了提高在自激自收模式下接收信号的信噪比，自行研制一种不同结构配置的电磁声表面波传感器，分析其提高信噪比的机制及影响其信噪比的因素。在自激自收模式下，由于所研制的传感器中磁铁与线圈间存在间隔，降低了磁铁中超声波的影响，进而提高了信噪比。研究结果表明，接收信号的信噪比不仅与提高距离(磁铁与线圈的间隔)有关，而且与其中心频率成正相关关系。所研制的 3 个不同中心频率电磁声表面波传感器性能测试结果表明，其实测中心频率与设计值一致，其指向性与理论分析相吻合。采用所研制的表面波传感器对标准样块上不同深度的缺陷进行检测，试验结果表明，当缺陷深度约达表面波波长的 1/4 时，即可检测到该缺陷。进一步选用中心频率 1.0 MHz 的表面波传感器，实现了对厚壁管道上周向矩形槽、轴向矩形槽和平底孔 3 种类型缺陷的检测。

67 函数波束形成声源识别性能分析及应用



(a)传统波束形成成像

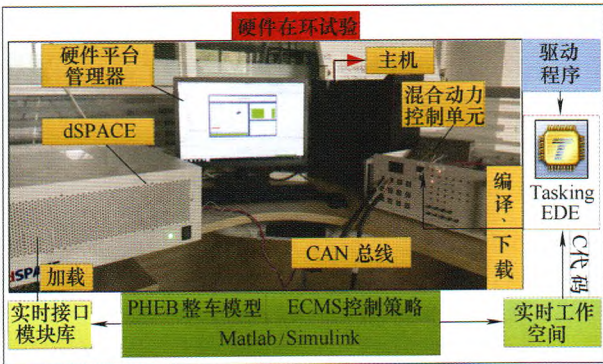


(b)函数波束形成成像

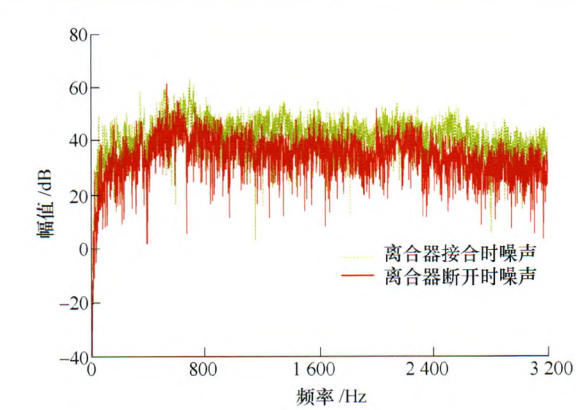
摘要： 函数波束形成声源识别算法能够有效克服传统波束形成存在的“主瓣”宽、“旁瓣”高且多等缺陷。基于传统波束形成及矩阵特征值分解理论，给出函数波束形成算法的理论推导。基于自主开发的算法程序进行了单声源、不相干双声源的模拟仿真，结果表明：函数波束形成在识别单声源、不相干声源时均能有效地衰减旁瓣，提高识别分辨率，且能清晰地识别弱源；当声源不在聚焦网格点时，函数波束形成主瓣峰值输出随指数的增大而降低，出现失真的情况；传声器及测量通道频响失配情况对函数波束形成的成像影响很小。由函数波束形成峰值输出误差随指数的变化曲线，建议指数一般取 16。进一步，不相干四声源的算例试验验证了算法的有效性。对某汽车前围板的隔声薄弱环节识别中，除空调进风口及暖风机进出水管安装孔隔声薄弱环节以外，亦准确定位转向柱安装孔附近这一隔声薄弱位置，识别结果更全面，为进一步改进其隔声性能指明了方向。

运载工程

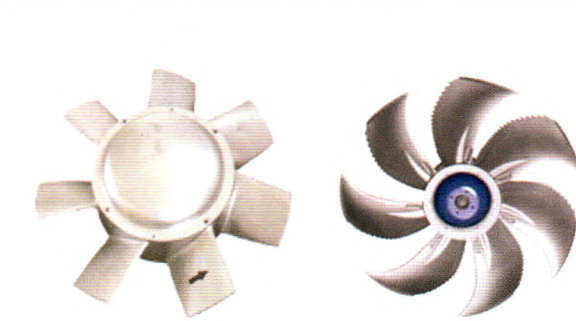
77 基于粒子群算法的插电式混合动力客车实时策略



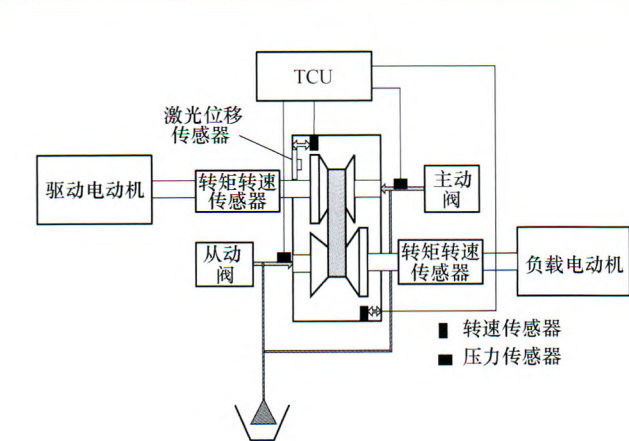
摘要： 插电式混合动力客车(Plug-in hybrid electric bus, PHEB)因其低能耗、低排放等特性，成为公交客车领域的研究热点。然而在应对复杂瞬变的城市公交工况时，如何设计实时高效的能量管理策略、实现 PHEB 全工况能耗最优仍然是当前亟待解决的难题。针对该问题，提出一种基于粒子群算法(Particle swarm optimization, PSO)优化的等效燃油消耗最小策略(Equivalent consumption minimization strategy, ECMS)，建立基于等效因子优化的 ECMS 能量管理策略；考虑到汽车低速发动机频繁启动问题，引入发动机起动车速限制，并利用 PSO 离线优化特定工况下的等效因子和发动机起动车速，从而获得可在线应用的插电式混合动力客车实时控制策略。基于 Matlab/Simulink 软件，搭建整车仿真模型，并对所提出的方法进行仿真和硬件在环试验验证。结果表明，所研究策略可实现不同初始 SOC 条件下的 PHEB 能量管理策略的近似全局优化，与规则式能量管理策略相比，燃油经济性提升了 8.5%。



摘要：建立汽车怠速状态下传动系统的四自由度集总参数模型，给出怠速工况下系统动态响应的计算方法。定义齿轮敲击指数作为怠速敲齿的评价指标，分析离合器从动盘扭转减振器的多级扭转非线性特性、齿轮间啮合力时变特性对齿轮敲击指数的影响。针对一汽车怠速时敲齿的问题，利用建立的模型，对扭转减振器的一级扭转刚度和一级扭转角进行改进，分析离合器改进前后变速器的齿轮敲击指数、齿轮啮合力以及啮合齿轮间相对位移随时间的变化。在怠速工况下，测试分析离合器改进前后对发动机舱变速器侧的噪声、变速箱壳体振动加速度的影响。测试结果和计算结果表明：齿轮敲击指数与变速器侧的噪声、变速箱壳体振动加速度有一定的关联性；基于本文的建模分析方法，可调整离合器的扭转减振器一级扭转刚度和一级扭转角，降低汽车怠速时变速器的敲齿现象。



摘要：以氢为能源进行发电的燃料电池动力系统，是具备清洁、高效、无污染等优点的清洁能源技术，是城市轨道交通的首选。冷却装置是保证燃料电池有轨电车正常工作的关键部件之一，高效冷却系统往往也带来噪声过大的问题，影响到有轨电车车内乘坐舒适度。针对有轨电车用燃料电池冷却系统车顶空间紧凑及散热量大、噪声低等设计要求，试验研究不同散热器翅片形式、冷却风机叶片形式及不同降噪材料铺贴方案下冷却装置的声学性能；通过对比试验结果，获得了较优冷却系统结构及降噪材料组合方案，降噪量达到 2.9 dBA，在此基础上完成了燃料电池系统冷却装置的集成设计。样机测试结果表明，该型燃料电池冷却系统在高效散热的同时，达到了低噪声的设计要求。



摘要：针对无级变速器传统夹紧力控制进行优化，提出基于滑模极值搜索的控制策略。建立具有非线性、离散性的滑移率数学模型，并证明无级变速器传动效率和金属带滑移率在一定速比下存在的特殊关系，设计滑模极值搜索控制器。利用该控制器对滑移率最优区域进行监控搜索。通过振荡过滤干扰信号的方式，收敛获取到最优滑移率。其中，以系统失稳的临界值为约束目标，通过主动轮转矩较强的抗干扰能力，显示出该控制系统具有良好的鲁棒性。为验证夹紧力控制策略的有效性及其可行性，建立仿真平台及实车试验平台。仿真及实车验证结果表明：滑模极值搜索控制与传统夹紧力控制相比较，传动效率提高 7.98%~9.98%，燃油效率提高 1.15%，ECE+EDUC 工况下系统油耗降低约 5.54%。滑模极值搜索控制算法的提出，为满足整车提高燃油经济需求的可靠性、稳定性及优化空间提出了一种新方法。

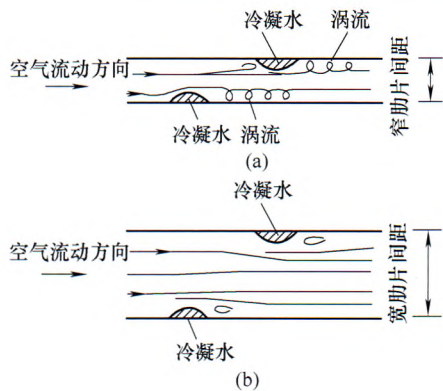


摘要：针对结构的多目标拓扑优化设计，提出一种基于折衷规划法归一化子目标建立综合目标函数、以灰色综合关联分析确定综合目标函数中子目标权重系数的方法。以某商用车悬架控制臂为例，运用动力学分析、静力学分析和模态分析，得到控制臂在典型工况下的刚度性能、强度性能和固有频率。用板结构进行拓扑优化和形貌优化确定控制臂外轮廓形状，再分别采用单目标拓扑优化降低典型工况下的柔顺度和提高前三阶固有频率，并采用多频率加权方式来抑制频率单目标优化时的振荡现象。将单目标拓扑优化形成的子序列与各个目标最优值形成的最优序列进行灰色综合关联分析，得到子目标的权重系数。用折衷规划法进行多目标拓扑优化，根据优化结果对控制臂进行改进设计。改进后结构分析表明：优化后的控制臂质量减轻9.3%，整体刚度性能和强度性能明显增强，各阶固有频率均有不同程度提高。

/// 可再生能源与工程热物理 ///

122 空调换热器表面排水性能计算模型、整体影响及改进方法综述

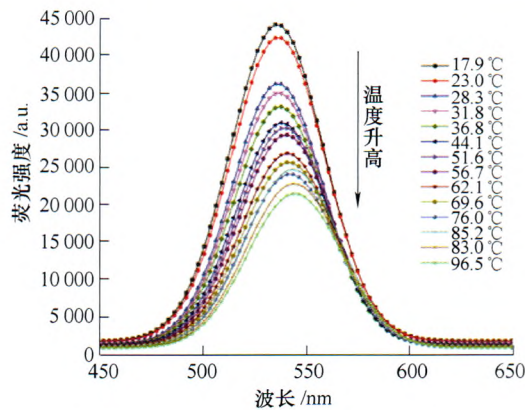
徐象国 詹思成 梁灏彬 王晓非 钟子文



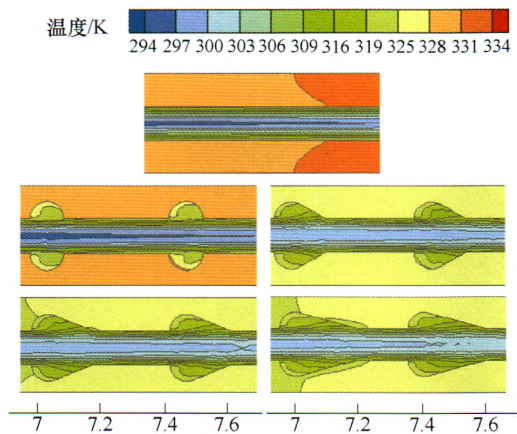
摘要：在空调运行过程中，当换热器表面温度低于空气露点温度时，换热器表面就会产生冷凝水。湿工况下附着在换热器表面的冷凝水若不能及时排除，会对换热器的传热效率、流动阻力等产生多方面的影响，从而影响空调系统的整体性能，增加空调系统能耗的同时还会降低用户舒适度。针对这一问题，通过文献调研，从三个方面对相关的研究工作进行分析：整理描述换热器表面排水性能和冷凝液滴状态的重要参数，并着重介绍计算表面液滴总滞留量的数学模型，分析影响表面液滴状态的多种因素；对换热器表面附着的冷凝水对换热器本身和整个空调系统的影响进行分析；接着整理增强换热器排水能力的主要方法。对这几个方面现有研究存在的缺陷进行分析，提出未来可能的研究方向。

134 基于碲化镉量子点的滚动轴承内圈测温原理与实现技术

闫 柯 高 闯 朱永生 洪 军

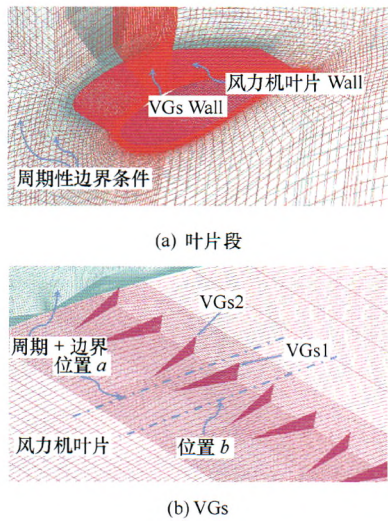


摘要：滚动轴承高速运转时，内圈温度对轴承早期故障信息更加敏感，研究内圈温度测量技术能更好监测轴承的运行状态。基于量子点材料的感温感光特性，提出一种滚动轴承旋转组件(内圈、保持架等)温度测试新思路——利用量子点材料激发的荧光光谱特质获取轴承旋转组件的表面温度信息。简述碲化镉量子点材料的非接触测温原理，基于层层自组装方法，将水相制备工艺的碲化镉量子点制备成 PDDA 聚电解质-CdTe 量子点复合薄膜温度传感器，并对量子点温度传感器特征参数(峰值波长、荧光强度和半峰宽等)进行热特性研究，实现了其峰值波长与所感知环境温度变化的线性关系，并在不同温度循环及旋转条件下进行验证及测试标定。设计试验台，开展角接触球轴承内圈温度的在线试验测试，实现了滚动轴承服役条件下内圈的非接触测温技术，获取了轴承内圈温升历程曲线，并利用传统热电偶测试方法进行了间接验证。

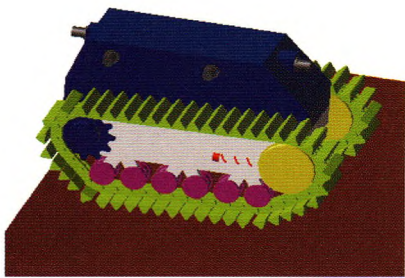


摘要：采用数值模拟的方法，研究与等直径段有不同夹角的水滴型凹穴微通道的流动与传热特性，并通过强化传热因子(η)和熵产增大数($N_{s,a}$)对其综合性能进行了评价。结果表明：带有凹穴的微通道的进出口压降沿着流动方向呈锯齿形下降，与矩形微通道相比，水滴型凹穴的存在对压降的影响较小。小 Re 时，水滴型凹穴微通道的传热效果增加较少甚至小于矩形直通道，而当 $Re>300$ 时，随着水滴型凹穴出口切线与等直径段夹角的减小，微通道热沉的传热性能逐渐增大。熵产分析表明，由传热引起的不可逆损失随着雷诺数的增大而增大，而由流动摩擦引起的不可逆损失随之减小，而且传热熵产在总熵产中占主要部分。水滴型凹穴微通道的不可逆损失均小于矩形直通道，而且与等直径段夹角越小的凹穴微通道其不可逆损失越小。

交叉与前沿

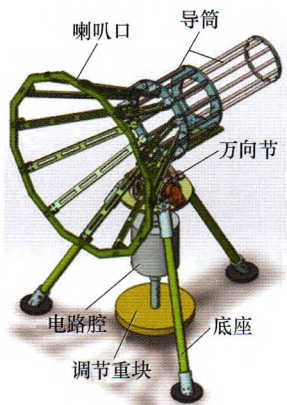


摘要：涡流发生器能够有效抑制风力机气流分离、延迟失速，转捩对其性能具有重要的影响。采用考虑了转捩效应的 Gamma-Theta 转捩模型，对安装有涡流发生器的 DU91-W2-250 叶片微段进行三维非定常计算，研究了转捩对风力机涡流发生器气动性能的影响，和涡流发生器的转捩规律。结果表明：全湍流模型模拟的升力值偏低、阻力值偏高，升力系数最大误差达 23.1%，升阻比最大误差达 51.8%，Gamma-Theta 转捩模型则能够更准确地模拟涡流发生器的气动性能，升力系数最大误差仅有 7.9%；涡流发生器使叶片表面具有明显的三维转捩现象，其内部转捩效应更加明显，抑制气流分离效应更加有效；转捩使叶片分离区域变小，叶片失速延迟更加明显，分离得到有效控制。



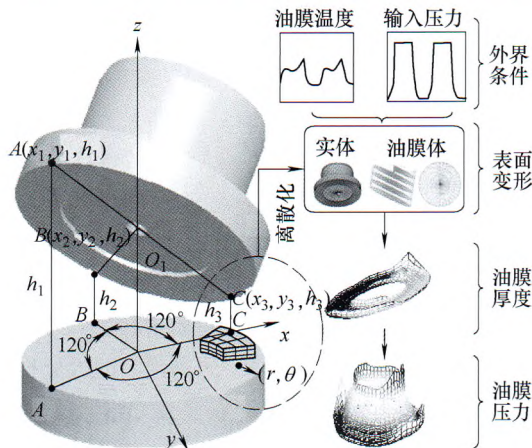
摘要:采用多体动力学建模仿真程序 RecurDyn/ Track 构建海底履带式集矿机多体动力学模型,实现了海底底质特殊力学模型在集矿机多体动力学模型中的二次开发与集成。开展小型履带式试验样车行走性能测试,与相应二次开发多体动力学模型仿真结果相比较,进一步验证二次开发建模方法的计算准确性。基于多体离散元法,应用 RecurDyn ProcessNet 平台进行二次开发,采用 C#语言编写建立超长采矿管线多体离散元动力学模型的自动参数化建模计算程序。集成海底履带式集矿机多体动力学模型与采矿管线系统多体离散元动力学模型,实现了深海采矿整体系统的多体动力学模型集成构建与联动仿真,获得并分析联动过程各子系统空间运动状态变化、子系统间相互作用力变化等动力学特性,为实际深海采矿系统的整体集成设计、性能预测及作业操控提供了参考。

161 两摆动自由度 AUV 水下接驳站结构方案研究

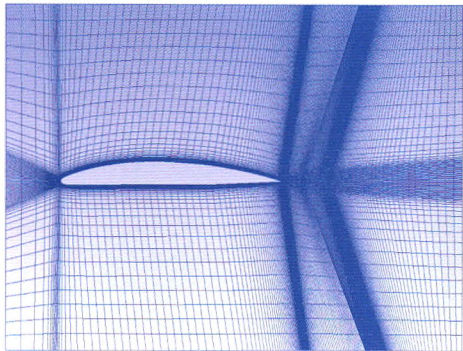


摘要:针对深海海底观测网技术发展的需求,将深海移动平台的动态、大范围观测与网络节点的静态、长期观测相结合,形成一个长期、实时的海洋环境立体观测网络,设计一种具有两个摆动自由度的水下接驳站,介绍其主体结构设计,并建立水下接驳站的拉格朗日动力学方程,分析调节重块对受到干扰后的接驳站恢复稳态的快速性的影响,同时进行仿真验证,并制作等比例缩放的接驳站样机模型进行水池试验。仿真和试验结果均表明,两自由度的水下接驳站的结构方案是可行的,可以适应不平地势、降低安装难度,并且增大调节重块的质量将有效增强接驳站的抗干扰性,减小接驳站受到干扰后偏离平衡位置的角度,加快接驳站受到干扰后的恢复到稳态的速度。

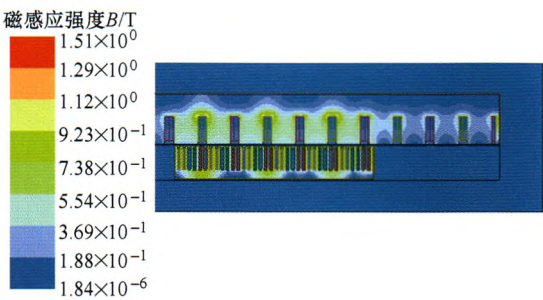
168 计及表面变形的轴向柱塞泵滑靴副热流体动力润滑分析



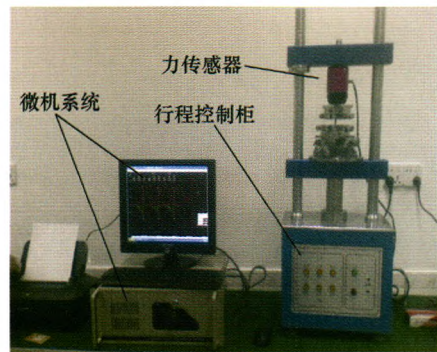
摘要:考虑热变形和弹性变形等影响因素,对倾覆状态下滑靴副热流体动力润滑性能进行研究,主要分析讨论不同柱塞腔压力、主轴转速和进口油液温度等工况下热变形和弹性变形对滑靴副热流体动力润滑性能的影响。采用有限差分法联立求解雷诺方程和油膜厚度方程进行滑靴副油膜润滑分析,采用有限单元法计算滑靴表面变形,采用能量方程和热传导方程计算油膜温度。结果表明,计及热变形和弹性形变时,油膜压力和油膜厚度场在滑靴中心油室和边缘处出现凸起峰值;油膜温度场沿滑靴半径方向由内向外递减分布;柱塞腔压力越大,主轴转速和进油口温度越高,油膜厚度的振荡衰减特征越明显,摩擦转矩随油膜厚度减小而增大,处于柱塞泵的吸排油交替区时的油膜厚度和摩擦转矩出现峰值。



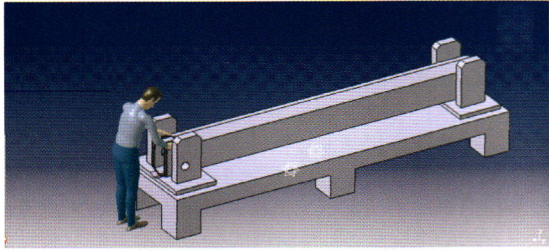
摘要：利用数值模拟方法，模拟具有相同出水边厚度、不同出水边夹角的一组水轮机过流部件下游侧的卡门涡现象，研究出水边夹角对卡门涡频率的影响，结果表明，随着出水边夹角的增加，卡门涡频率逐渐降低；当出水边夹角增加到 30° 时，卡门涡频率模拟值大约降低到圆柱绕流卡门涡频率理论公式计算值的 1/3。通过对数值模拟结果和理论公式计算值进行对比分析以及数据处理，获得斯特劳哈尔数与过流部件出水边夹角的关系曲线和近似的直线拟合公式。以某水轮机固定导叶出水边卡门涡振动测试数据为基础，对比验证水轮机过流部件卡门涡数值模拟方法的准确性，以及获得的斯特劳哈尔数取值计算公式的准确性。研究结果对合理设计水轮机过流部件出水边形状、避免发生卡门涡共振问题具有较高的指导意义和参考价值。



摘要：设计一种可控励磁直线同步电动机磁悬浮进给平台，平台与直线同步电动机动子固定相连，直线同步电动机同时实现平台的进给与悬浮。可控励磁磁悬浮进给平台的电动机定子为直流励磁，磁极既是励磁磁极也是平台的悬浮磁极，磁极与动子铁心间的法向力为平台的悬浮力，调节励磁电流改变平台的悬浮力；电枢在磁场中受到的切向力为驱动平台的电磁推力，调节电枢电流以调节平台的电磁推力。为了研究可控励磁直线同步电动机磁悬浮进给平台的电磁特性，建立了该平台的数学模型和运动方程，并在数学模型的基础之上对电磁推力与悬浮力进行有限元计算。电磁推力的解析计算结果与有限元分析结果相比较，最大相对误差为 8.73%，悬浮力的解析计算结果与有限元分析的结果相比较，最大相对误差为 19.15%。计算结果表明可控励磁磁悬浮进给平台运行的可行性。



摘要：基于简支梁结构理论提出斜线簧接触件插拔力计算模型，通过试验与仿真对比分析，验证了该模型的正确性。利用稳健性设计原理，对斜线簧接触件的关键参数进行参数设计和容差设计，确定设计参数中心值的最优组合和容差最佳分配方案。基于蒙特卡洛思想，通过虚拟装配斜线簧接触件，获得优化前后的斜线簧接触件插拔力的质量特性分布，并选取按优化前后的尺寸要求装配的斜线簧接触件测试插拔力，统计分析得出插拔力合格率，对比优化前后的斜线簧接触件插拔力的质量特性分布，分析表明优化后的插拔力合格率得到很大提升。



摘要：通过文献研究并结合生产实际，从作业的执行过程及其相应的认知心理过程两个方面对作业的可操作性进行了描述，同时考虑时间压力建立了生产任务可操作性评价的理论方法框架模型。在操作行为分析的基础上，建立了作业复杂度与作业容易度评价体系，从作业空间评价、作业姿态评价、动作特征评价、信息获取过程评价、信息加工过程评价和信息反馈过程评价六个方面制定了作业可操作性评价指标及其计算方法。案例研究证明了本文所提出的作业可操作性分析理论框架模型的合理性与测度指标计算方法的可行性。

17 第 6 届上银优秀机械博士论文奖——铜奖

25 第 6 届上银优秀机械博士论文奖——铜奖

183 第 6 届上银优秀机械博士论文奖——优秀奖

CONTENTS

Research Advances on the Dissimilar Joining of Titanium Aluminides and Nickel-based Superalloys	
..... REN Haishui XIONG Huaping WU Xin CHEN Bo CHENG Yaoyong CHEN Bingqing	(1)
Characteristics of Linear Friction Welded AA5083 Aluminium Alloy-T2 Pure Copper Dissimilar Joint	
..... MA Tiejun LIU Yasen LI Wenya ZHANG Yong WANG Gang	(11)
Influence of Zn Interlayer Addition on Microstructure and Mechanical Properties of Friction Stir Spot Welded Mg-Al Dissimilar Joints	
..... XU Rongzheng LIU Chunzhong NI Dingrui MA Zongyi	(18)
Research on Interface Characteristic of Laser Welding Joints of Steel/Aluminum Dissimilar Materials	
..... WANG Xiaohong GU Xiaoyan SUN Daqian	(26)
Rapidly Sintering of Nano Copper Paste and Interconnection of Copper and Nickel Substrate by Pulse Current	
..... HUANG Yuan TIAN Yanhong JIANG Zhi WANG Chenxi	(34)
Microstructure and Mechanical Properties of Friction Plug Welding Joints for Dissimilar Aluminum Alloys	
..... DU Bo SUN Zhuanping YANG Xinqi CUI Lei	(43)
Research and Application of Pulsed Eddy Current Testing Technology for Pressure Equipment	
..... SHEN Gongtian LI Jian WU Xinjun	(49)
A New Surface Wave EMAT with High SNR and the Application for Defect Detection in Thick-walled Pipes	
..... HE Cunfu DENG Peng LÜ Yan JIAO Jingpin WU Bin	(59)
Performance Analysis and Application of Functional Beamforming Sound Source Identification	
..... CHU Zhigang DUAN Yunyang SHEN Linbang YANG Yang	(67)
Real-time Energy Management Strategy for Plug-in Hybrid Electric Bus on Particle Swarm Optimization Algorithm	
..... WANG Qinpu DU Siyu LI Liang YOU Sixiong YANG Chao	(77)
Modeling and Analysis Method of Automotive Driveline Transmission System for Reducing Gear Rattle	
..... LIU Xuelai SHANGGUAN Wenbin HOU Qiufeng WANG Shannan	(85)
Noise Reduction Design and Experimental Research of Cooling System of Fuel Cell Tram	
..... LI Ming LIU Nan HAN Tieli	(97)
Clamping Force Control Strategy of Continuously Variable Transmission Based on Extremum Seeking Control of Sliding Mode	
..... HAN Ling AN Ying SOHEL Anwar ZHAO Xilu	(105)
Research on Multi-objective Topology Optimization of Vehicle Suspension Control Arm	
..... ZHANG Zhifei CHEN Ren XU Zhongming HE Yansong LI Wei	(114)

Review of Methods to Simulate and Improve the Surface Wettability of Heat Exchanger and
Corresponding Influence on Air Conditioning Systems
..... XU Xiangguo ZHAN Sicheng LIANG Haobin WANG Xiaofei ZHONG Ziwen (122)

Research on the Temperature Measurement Principle and Realization Technology of Rolling Bearing
Inner Ring Based on CdTe Quantum Dots
..... YAN Ke GAO Chuang ZHU Yongsheng HONG Jun (134)

Entropy Generation Analysis of Flow and Heat Transfer in Microchannel with Droplet Reentrant Cavities
..... JIA Yuting XIA Guodong MA Dandan LI Yifan ZONG Luxiang (141)

Numerical Simulation of Wind Turbine Vortex Generators with Transition Modeling
..... LI Tao ZHAO Zhenzhou CHEN Jingru WEI Yuan XU Bofeng
LIU Xuan CHEN Panhao (149)

Motion Simulation of the Deep Ocean Mining System Based on Its Integrated Multi-body Dynamic Model
..... DAI Yu ZHANG Jian ZHANG Tao LIU Shaojun (155)

Research on the Underwater AUV Docking Station with Two Swing Degrees of Freedom
..... LI Dejun ZHANG Tao CAI Yebao SHI Jianguang FENG Jianshe YANG Canjun (161)

Thermohydrodynamic Lubrication Analysis of Slipper Pair in Axial Piston Pump Considering
Surface Deformation TANG Hesheng YIN Yaobao LI Jing WANG Zhiyong (168)

Influence of Outlet Edge Angle of Hydro Turbine Flow Passage Components on Karman Vortex Frequency
..... LIU Jingshi JIANG Tieliang PANG Lijun LÜ Guiping (177)

Finite Element Analysis of Electromagnetic Characteristics of Controllable Excitation Magnetic
Suspension Feed Platform
..... LAN Yipeng HU Xuecheng CHEN Qilin SHEN Yongshan (184)

Optimization Method of Quality Consistency for Insertion Force of Electrical Contact Based on
Robust Design Principle
..... LING Sanqiang XU Le FU Rao ZHAI Guofu (190)

Research on Evaluation Method Framework Model of Production Job Operability
..... KONG Fansen YE Zhenggeng (198)

《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 (教授) 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) 陈绍彰 (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 (教授)
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 668170

04>