

1. 博士论文研究方向： 二氧化碳相变做功

选题类别：

☐ 基础性研究

☒ 应用性研究

☐ 工程技术攻关研究

☐ 新开辟的研究方向

☐ 已有研究方向的继续

☐ 其他

2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介

发射飞行模拟及加载平台是一种能够发射各种形状飞行物的通用装置，对飞行物的质量、尺寸和材料有宽广的适应范围。而且飞行物在承受较低的加速度和较小应力的情况下，能获得高速度，飞行物飞行范围宽，所以相变发射飞行模拟加载平台已成为非常有效和实用的高速发射设备。超临界二氧化碳作为超临界流体在相变发射飞行模拟加载平台中作为动力源相较于氢气、氦气、空气等气体具有很大优势。高密度和高压力性质：超临界二氧化碳具有高密度和高压力性质，能够提供更高的压力和更强的推力，从而实现更高的射程和速度。化学稳定性：二氧化碳是一种化学稳定性较高的气体，在常规条件下不易发生爆炸或燃烧，因此在发射飞行模拟加载平台中使用更加安全可靠。成本低廉：相较于氢气和氦气等稀有气体，二氧化碳的生产成本较低，且广泛应用于工业生产中，因此使用超临界二氧化碳作为动力源在经济上更加可行。环境友好：超临界二氧化碳不易泄漏，对环境影响较小，不会造成环境污染或温室气体排放，符合环保要求。易于获得：二氧化碳是大气中的主要组成气体之一，易于获得，不受供应限制，因此使用超临界二氧化碳作为动力源的发射飞行模拟加载平台不受气源供应的限制。超临界二氧化碳作为动力源在发射飞行模拟加载平台中具有高密度、高压力、化学稳定、低成本、环境友好和易获取等优点，适合用于实现高速、远程的射击目标。因此，本课题研究目的在于建立超临界二氧化碳超临界相变数学模型，推导膨胀做功过程中超临界二氧化碳的物性模型，建立超临界二氧化碳膨胀做功过程中流场和热力场数学模型，对液态二氧化碳吸热相变特性及超临界二氧化碳推动弹丸作用的动力学特性进行有限元仿真分析，并搭建二氧化碳吸热相变特性测试实验台及膨胀做功实验台，验证模型的准确性，从而为二氧化碳空气炮的研制提供理论依据。

主要研究内容包括：1 二氧化碳超临界相变热力学特性数学建模及仿真方法研究，研究液态二氧化碳等容升温相变到超临界二氧化碳的热力学相变过程，建立二氧化碳相变过程数学模型，并对二氧化碳超临界相变过程进行热力学特性仿真计算，计算液态二氧化碳超临界相变所需热量，研究超临界二氧化碳快速加热相变方法，并开展相变方法的试验研究。2 超临界二氧化碳膨胀做功数学模型建模及其数值模拟研究，通过构建基于 Helmholtz 方程的超临界气体热力学方程，超临界二氧化碳膨胀流场流动方程和弹丸受力方程，从而建立超临界二氧化碳膨胀做功的系统理论模型，研究二氧化碳气体炮膨胀做功膛内压力和弹丸速度特性变化和不同变量对膨胀做功特性的影响。3 超临界二氧化碳气体炮膛内流场的仿真分析方法研究，建立二氧化碳气体炮膛内流场有限元仿真模型，研究二氧化碳气体炮膛内流场气体压力和速度变化特性和膛内压力，弹丸受力和速度的膨胀做功特性，并分析不同变量对气体炮膨胀做功特性的影响，研究气体炮膛外初始流场和完整流场中气流速度，压力和温度变化特性，总结气体炮膛外流场对于膨胀做功特性的影响，并分析不同变量对膨胀做功特性的规律。4 超临界二氧化碳气体炮整体试验研究，包括测试实验平台搭建和气体炮膛内压力，弹丸速度实验测试方法研究，设计并搭建小口径超临界二氧化碳气体炮实验平台，开展二氧化碳气体炮膛内压力和弹丸速度的实验研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

横向

1. 博士论文研究方向：微流控自适应变色变温机理研究

选题类别：☐基础性研究

☒应用性研究

☐工程技术攻关研究

☐新开辟的研究方向

☐已有研究方向的继续

☐其他

2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介

传统的可见光伪装方法是在物体的表面涂上与背景颜色一致的迷彩或在物体表面罩上伪装网。这些手段虽然实施起来简单，但伪装效果只适用于静止目标或目标在变化不大的背景下运动的情况，因而影响了官兵、机器人或武器装备的机动性。为了克服传统伪装技术的缺陷，军事专家积极探索和研究基于“智能”变色材料的动态伪装技术，以适应复杂多变的背景。目前，研究较多的有热致变色、光致变色和电致变色材料等，可应用于武器装备的智能蒙皮，其亮度和颜色会随着背景光的改变而相应地改变。但“智能”变色材料存在着变色速度慢、性能不稳定的缺点。液晶材料和LED光源也曾被用于变色眼镜和军车伪装，但这两种材料很难实现自然的伪装效果。随着研究人员对变色龙皮肤和蝴蝶翅膀变色原理研究的深入开展，利用微纳结构实现颜色调整的研究逐渐成为热门研究课题。利用微纳结构的调整实现变色具有结构简单，响应快速，可靠性高的特点，利用这一原理的变色装置在军事伪装方面具有更加广阔的应用前景。

本课题提出通过气压驱动压力进行自适应调节，控制伪装变色膜各变色单元的表面变形，调整其表面微纳结构的分布和反射光波长，使不同区域变色单元呈现不同颜色，从而实现可见光范围的伪装网或伪装服的自适应变色。利用提取的环境图像和色彩信息，通过深度学习的智能算法获得伪装网或伪装服的变色结构，可以形成高度隐身模式；所形成的颜色模式可以随着环境色彩的变化自适应变化，达到难以被目力侦察和红外侦察的目的，提高官兵和武器装备野外作战的隐蔽性。气压驱动的微纳结构伪装变色是类似生物界变色龙皮肤和蝴蝶翅膀的变色模式，变色膜上排布着微纳尺度的颗粒，气压驱动可以控制颗粒的排列疏密度。如果颗粒排列紧密，光通过时只反射出短波长的光，变色膜则呈现如红色、紫色等颜色；如果颗粒排列松散，这样的结构会反射波长更长的光，如蓝光、绿光等，这些变化可以根据外界环境快速自动完成。气压驱动的自适应智能变色模式没有发射光源，可以随着环境色彩的变化而自适应快速变化，起到良好的隐蔽作用，对未来作战有重要的应用价值。

本课题拟采取的技术方案主要由微纳结构伪装变色膜、气动系统、摄像机、数据采集系统和计算机等几部分组成。伪装变色膜整体由多个变色单元组成，每个变色单元为一个由弹性膜组成的变形容腔，通过气动系统压力控制变形容腔表面变形，调节微纳结构颗粒之间的分布间距，改变反射光波长，从而实现色彩调整。利用深度学习算法对摄像机拍摄的环境图像进行颜色信息提取，生成气动系统多个比例减压阀的不同控制信号，控制减压阀调定不同区域变色单元的压力，从而使不同变色单元呈现不同颜色。通过摄像机拍摄伪装变色膜的图像，提取伪装变色膜的色彩信息，并与环境信息进行比较，对变色效果进行修正，达到最优的伪装变色效果。

本课题研究内容主要包括：研究伪装变色膜上不同微纳颗粒结构下的光学反射模式，获得伪装变色膜的位移控制与颗粒分布以及颗粒分布与反射颜色之间的变化规律特性；优化分析不同的微纳颗粒分布结构，形成可控性好、色彩自然的变色膜微纳颗粒结构；研究气压驱动的伪装变色膜表面变形的变化规律，进一步得到气压调节与变色膜形变、气压调节与微纳颗粒分布以及气压调节与颜色之间的关系特性，获得颜色变化的速度、波长变化规律等特性。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

横向