

推荐国家技术发明奖项目公示

项目名称	多基站高精度大型三维测量场构建方法、技术及应用
推荐单位	教育部
<p>推荐单位意见：</p> <p>我单位认真审阅了该项目推荐书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目均符合国家科学技术奖励工作办公室的填写要求。</p> <p>项目成果——“多基站高精度大型三维测量场构建方法、技术及应用”是天津大学郝继贵教授课题组长期从事大尺度空间精密测量研究工作的重要内容，具有显著创新性：1、发明非正交空间约束、网络化结构、多类型观测量融合的大型三维空间测量定位新方法，提高了整体测量精度；2、发明了基于空间非均匀误差分析和干涉测长约束的超高精度三维控制场构造方法，可构建接近干涉测长精度的超高精度三维控制场；3、发明了面向多源异构平台的三维测量场系统标定与误差补偿方法，可对测量节点状态偏离误差进行实时补偿；4、发明了基于精密光电扫描、时空变换的全周目标并行传感测量新方法，实现了定位信息共享、自主测量的传感新模式。研制了性能指标国际领先的室内空间精密测量定位系统，形成了完备的自主知识产权体系，打破了国外同类技术垄断，为重大装备数字化制造提供了强力技术支撑和全新仪器设备。基于所发明技术，完成了 10 余架次大飞机整机高精度测量任务，有力支撑了我国大型客机及下一代宽体客机研发；研制的 wMPS 系统已被中航沈飞、江南造船厂、航天五院及中航 625 所等多家单位选用，相关应用技术获得中航工业集团科技进步一等奖，已申请 19 项发明专利（已授权 11 项），培养了一批优秀硕士、博士。</p> <p>对照国家技术发明奖授奖条件，推荐该项目申报 2017 年度国家技术发明奖一等奖。</p>	

项目简介:

以航空、航天、造船为代表的大型装备制造业在我国发展迅速，正经历从传统模拟量协调向数字量协调的制造技术变革，基于产品全数字模型和制造过程实时信息的数字化制造模式是提高质量效率、改善产品性能、延长服役寿命的必然选择，先进高性能大空间精密测量方法与技术设备已经成为大型装备数字化乃至智能化制造不可或缺的支撑技术。然而，面向大型装备制造的大尺度精密测量在量程范围（测量空间）、相对测量精度（动态范围）、测量效率、环境适应性等核心问题上与常规尺度精密测量本质不同，不能经由现有测量手段通过功能拓展和方案集成予以满足，急需原理方法层面新突破。

本项目立足于国内大型装备制造业和精密测量技术的研究及应用现状，来源于国家自然科学基金重点项目、国家科技支撑计划、国家 863 计划以及重要军工合作项目，创新提出了一种基于多站结构、多观测量融合构建整体测量场、进而实现并行多任务的大空间三维测量的新方法及仪器设备。

1、发明非正交空间约束、网络化结构、多类型观测量融合的大型三维空间测量定位新方法，突破单站设备的全功能定位局限，通过多重耦合构造一个立体交联、稳定性优良的测量场，避免了误差累积，提高了整体测量精度，实现了并行多任务动态测量。

2、发明了基于空间非均匀误差分析和干涉测长约束的超高精度三维控制场构造方法，将激光干涉测长信息作为精确观测量，以多站分布式布局构成空间冗余约束，可构建接近干涉测长精度的超高精度三维控制场。

3、发明了面向多源异构平台的三维测量场系统标定与误差补偿方法，提出基于移动标准器和高精度三维控制场的测量场高效精确标定方法，可对测量空间特定区域内特定测量精度要求进行控制，并对测量节点状态偏离误差进行实时补偿。

4、发明了基于精密光电扫描、时空变换的全周目标并行传感测量新方法，以精密旋转结合创新的多激光扫描系统，构建覆盖全周立体空间的广播式测量场节点，实现了远端智能光电接收器共享测站定位信息，自主定位测量的传感新模式。

研制了性能指标国际领先的室内空间精密测量定位系统（wMPS），形成了完备的自主知识产权体系，为重大装备数字化制造提供了强力技术支撑和全新仪器设备。

基于大型三维测量场构建技术，项目已完成对多个目标机型的 10 余架次大飞机整机高精度测量，为大飞机数字化样机设计、实验验证和工程制造提供了测量数据分析平台，有力支撑了我国大型客机及下一代宽体客机研发。本项目研制的 wMPS 系统已被中航沈飞、江南造船厂、航天五院及中航 625 所等多家单位应用，服务于下一代战斗机装配、探月工程 GNC 仿真、“大船”数字化船坞构建等国家重大型号及科研任务的测量需求。应用本发明的多任务数字量协调精度控制技术已获得 2013 年度中航集团科学技术进步一等奖。

本项目已申请 19 项中国发明专利，获得授权 11 项，其中 1 项已通过专利合作条约(PCT)申请美国发明专利保护。在国内外重要刊物上发表 112 篇论文，被 SCI、EI 收录 76 篇，被他人正面引用 329 次。

客观评价:

中航工业北京长城计量测试技术研究所和天津市计量监督检测科学研究院分别对 wMPS 测量系统不同配置下的关键参数进行了全面测试, 测试结果充分表明, 与国外同类技术产品相比, wMPS 系统配置更灵活, 可实现测量场测量程更大, 同等条件下测量精度更高, 同时具有动态测量, 同步补偿、高度可定制等突出优势, 技术水平国际领先。

目前, 本项目已申请 19 项中国发明专利, 获得授权 11 项, 其中 1 项已通过专利合作条约(PCT)申请美国发明专利保护。在国内外重要刊物上发表 112 篇论文, 被 SCI、EI 收录 76 篇, 被他人正面引用 329 次。中航沈飞公司应用本发明的多任务数字量协调精度控制技术已获得 2013 年度中航集团科学技术进步一等奖。

推广应用情况：

以航空、航天和造船为代表的大型装备制造业是国家战略性行业，高技术、高附加值和重大的社会影响力一直吸引并牵引着前沿高新技术发展，能够被上述行业主机厂所认可并选用的技术设备，特别是高新技术装备，都经过了近乎苛刻的全面考核，代表着行业领先水平和未来发展趋势。本发明技术及仪器设备先后通过了中国航天科技集团北京控制工程研究所（502所）、中国商飞上海飞机设计研究院、中航工业第一飞机设计研究院、沈阳飞机工业(集团)有限公司、北京航空制造工程研究所、中船集团江南造船集团有限责任公司、沪东中华造船（集团）有限责任公司等国内航空航天、船舶制造骨干厂所的严格考核，打破了国外技术垄断，在其重点型号产品的研制、实验、生产过程中得到成功应用，充分证明了本发明的先进性和经济社会价值。

主要知识产权证明目录:

知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	发明专利有效状态
授权发明专利	室内空间测量定位系统的精密控制场精度溯源方法	中国	ZL201310590016.8	2013/11/20	1653649	天津大学	郝继贵;林嘉睿;任永杰;杨凌辉;任瑜;	有效
授权发明专利	工作空间六自由度位姿动态测量设备及方法	中国	ZL201110271674.1	2013/7/24	1241492	天津大学	郝继贵;杨凌辉;任永杰;杨学友;叶声华;	有效
授权发明专利	采用标准杆的工作空间测量定位系统快速定向方法	中国	ZL201110234777.0	2013/3/13	1147431	天津大学	杨凌辉;郝继贵;任永杰;杨学友;叶声华;	有效
授权发明专利	一种摄像机模型标定方法及标定装置	中国	ZL201310019701.5	2015/5/20	1668340	天津大学	郝继贵;邹剑;李华晋;	有效
授权发明专利	一种电磁驱动式磁悬浮旋转平台	中国	ZL201210195376.3	2015/12/2	1870140	天津大学	郝继贵;刘哲旭;任永杰;杨凌辉;	有效
授权发明专利	一种基于光电扫描与超声测距的全站式空间测量定位方法	中国	ZL201210126759.5	2013/6/5	1208114	天津大学	郝继贵;吴军;任永杰;杨凌辉;	有效
授权发明专利	工作空间测量定位系统网络状态监测方法	中国	ZL201110270929.2	2014/3/19	1365915	天津大学	郝继贵;杨凌辉;任永杰;杨学友;叶声华;	有效
授权发明专利	室内测量定位系统单发射站位姿参数在线修正方法	中国	ZL201110270930.5	2013/8/21	1259639	天津大学	杨凌辉;郝继贵;任永杰;杨学友;叶声华;	有效
授权发明专利	面向超大型空间复杂曲面的无干扰精密测量方法	中国	ZL200910228356.X	2011/5/25	783829	天津大学	郝继贵;吴斌;郭磊;邹剑;林嘉睿;	有效
授权发明专利	利用空间多长度约束增强坐标测量场精度的方法	中国	ZL201410549597.5	2016/12/5		天津大学	林嘉睿;郝继贵;郭寅;任瑜;谢政委;	有效

主要完成人情况：

- 1、郝继贵，排名 1，教授，工作单位：天津大学，完成单位：天津大学，是该项目总体负责人，对发明点中第 1、2、3、4 项均做出了创造性贡献，主持发明并研究开发了多基站高精度非正交约束三维空间测量定位新方法；主持研究了超高精度三维控制场构造方法；主持发明了基于精密扫描时空变换的全周目标并行传感测量新方法，以及相应的标定补偿方法；研制了相关仪器设备，组织参与了具体工程应用研究。
- 2、杨凌辉，排名 2，讲师，工作单位：天津大学，完成单位：天津大学，对发明点中第 1、3、4 项做出创造性贡献，发明了基于精密扫描时空变换的全周目标并行传感测量新方法；主要研究了面向 wMPS 的现场标定与补偿方法；研制了相关仪器设备，现场组织参与了具体工程应用研究。
- 3、林嘉睿，排名 3，讲师，工作单位：天津大学，完成单位：天津大学，对发明点中第 1、2、3 项做出创造性贡献，发明了基于空间非均匀误差分析和干涉测长约束的超高精度三维控制场构造方法；研究了面向 wMPS 的现场标定与补偿方法；现场组织参与了具体工程应用研究。
- 4、任永杰，排名 4，副教授，工作单位：天津大学，完成单位：天津大学，对发明点中第 3、4 项做出创造性贡献，主要参与开发了基于精密机械扫描时空变换的全周目标并行传感测量相关仪器设备，研究了面向 wMPS 的现场标定与补偿方法；现场组织参与了具体工程应用研究。
- 5、郭寅，排名 5，讲师，工作单位：天津大学，完成单位：天津大学，对发明点中第 2、4 项做出创造性贡献，参与研究了基于空间非均匀误差分析的高精度三维控制场构造方法；现场参与了具体工程应用研究，组织进行技术成果的工程应用转化。
- 6、熊芝，排名 6，讲师，工作单位：湖北工业大学，完成单位：天津大学，对发明点中第 1、3 项做出创造性贡献，主要参与了三维测量场系统标定与补偿方法研究；参与了具体工程应用研究工作。

完成人合作关系说明：

成果第一完成人郝继贵教授为该成果的项目研究总体负责人、主要技术发明人，成果其他完成人自 2008 年开始在第一完成人指导下参与课题研究并最终完成了本发明成果及仪器设备。以下材料可证明完成人之间的长期紧密合作关系：

第一完成人与第二、三、四完成人合作获得一项发明专利授权：

1. 室内空间测量定位系统的精密控制场精度溯源方法，中国，ZL201310590016.8，天津大学，郝继贵；林嘉睿；任永杰；杨凌辉；任瑜；

第一完成人与第二完成人杨凌辉及第四完成人任永杰合作获得六项发明专利授权：

1. 工作空间六自由度位姿动态测量设备及方法，中国，ZL201110271674.1，天津大学，郝继贵；杨凌辉；任永杰；杨学友；叶声华；

2. 工作空间测量定位系统网络状态监测方法，中国，ZL201110270929.2，天津大学，郝继贵；杨凌辉；任永杰；杨学友；叶声华；

3. 室内测量定位系统单发射站位姿参数在线修正方法，中国，ZL201110270930.5，天津大学，杨凌辉；郝继贵；任永杰；杨学友；叶声华；

4. 采用标准杆的工作空间测量定位系统快速定向方法，中国，ZL201110234777.0，天津大学，杨凌辉；郝继贵；任永杰；杨学友；叶声华；

5. 一种电磁驱动式磁悬浮旋转平台，中国，ZL201210195376.3，天津大学，郝继贵；刘哲旭；任永杰；杨凌辉；

6. 一种基于光电扫描与超声测距的全站式空间测量定位方法，中国，ZL201210126759.5，天津大学，郝继贵；吴军；任永杰；杨凌辉；

第一完成人与第三完成人林嘉睿合作获得一项发明专利授权：

1. 面向超大型空间复杂曲面的无干扰精密测量方法，中国，ZL200910228356.X，天津大学，郝继贵；吴斌；郭磊；邹剑；林嘉睿；

第一完成人与第三完成人林嘉睿、第五完成人郭寅合作获得一项发明专利授权：

1. 利用空间多长度约束增强坐标测量场精度的方法，中国，ZL201410549597.5，天津大学，林嘉睿；郝继贵；郭寅；任瑜；谢政委；

第一完成人与第六完成人熊芝合作发表项目相关论文：

1. Xiong Z, Zhu J G, Zhao Z Y, et al. Workspace measuring and positioning system based on rotating laser planes[J]. Mechanics, 2012, 18(1): 94-98.