**推荐国家科学技术奖励项目公示**

|  |  |
| --- | --- |
| **推荐奖种** | 国家科技进步奖-社会公益类 |
| **项目名称** | 建筑玻璃服役风险检测和可靠性评价关键技术与设备及应用 |
| **推荐单位意见** |  我单位与主要完成人及完成单位充分沟通，填写项目推荐书并认真审阅了附件，确认全部材料真实有效，填写内容符合国家奖励办规定，并已按照国家奖励办要求进行公示。随着建筑玻璃的广泛应用，其产品质量及服役性能的安全与可靠性日益凸显，研究建筑玻璃服役安全和可靠性评价、检测技术及设备这一国际性难题既重要又迫切。项目经十余年研发，从理论模型推导——测试方法创立——专用设备研制——标准规范制定——推广应用的全链条创新，揭示了钢化玻璃自爆内部根源，开发了光弹法钢化玻璃自爆源自动检测技术及设备；发明了“动态相对法”检测和预测建筑幕墙玻璃坠落风险；发明了“刚度比较法”检测中空玻璃结构安全隐患，并开发了玻璃幕墙智能检测机器人，实现高空自动化检测；发明了“球压法”测试玻璃表面局部强度和钢化玻璃的表面应力，实现了检测和跟踪工程服役中玻璃构件的强度变化规律；研制了符合欧标和美标的中空玻璃安全要求的系列检测设备，促进我国中空玻璃的质量国际化和出口。项目获授权发明专利6项，实用新型专利5项，制定了国家标准12项，成果受到同行的高度认可和评价，广泛应用于国内外的建筑幕墙玻璃的检测，促进了建筑玻璃领域的标准化，体现了服务业和建筑公共安全的公益性，对提升我国建筑玻璃使用安全性，降低安全事故发生具有重要的现实意义，社会效益显著。成果已获建材行业科技奖一等奖1项，二等奖1项。推荐该项目为国家科学技术进步奖一等奖。 |
| **项目简介** | 项目属无机非金属材料领域，涉及建筑玻璃服役的“节能-安全-耐久”检测与评价技术、设备研制及其标准化应用。中国建筑玻璃超过世界总量的一半。建筑玻璃每年引发事故上万起，代表性的两类灾难性事故为高层建筑钢化玻璃自爆和玻璃面板脱落。事故频发已经引起各级政府部门高度重视，先后出台了多项文件要求相关部门定期安全检查。但结果是只能检测已有的破损，无法预测未来的风险。另外，建筑节能玻璃的中空漏气和破裂也是近年来的突出问题。本项目组在科技部和北京市多个项目的支持下历经十多年研发，完成了从建筑玻璃的失效机理、检测技术、评价方法、设备研发、标准制订到推广应用的逐级推进的系列研究，形成了以下主要技术创新：1、在揭示钢化玻璃内部异质相颗粒与应力场分布相关性基础上，提出了钢化玻璃自爆准则和影响因素，证明了自爆的直接原因是拉应力区内的应力集中。由此开发了钢化玻璃自爆源自动检测方法、装置和分析软件，可作为评估钢化玻璃自爆风险的依据，为解决“钢化玻璃癌症”的诊断提供有效途径。成果还可推广至检测真空玻璃密封失效等问题； 2、发明了“动态相对法”检测和预测建筑幕墙玻璃的坠落风险，建立了幕墙玻璃坠落风险评估的理论模型及等级划分。研发了具有无线数据传输功能的幕墙玻璃坠落风险检测仪及分析软件。揭示了中空玻璃气密性与承载能力的相关性，发明了“刚度比较法”检测中空玻璃结构安全隐患问题；开发了玻璃幕墙“智能检测机器人”，用于携带设备进入高层玻璃幕墙指定区域检测，实现高空玻璃风险检测自动化；3、提出玻璃在非均匀应力状态下破坏的“均强度准则”，发明了“球压法”非破坏性在线测试建筑玻璃表面的局部强度和强度可靠性实验方法，为评价建筑玻璃残余强度及其安全性能提供了一种无损在线检测手段； 4、为了促进我国节能玻璃的质量国际化和出口，研制了符合欧标和美标的中空玻璃系列检测设备，建成了在北美以外地区IGCC/IGMA唯一认可的实验室，获得欧盟和北美的认可和验证。并制定了8项国家标准，填补了该领域国内空白。为我国中空玻璃质量检测与欧美技术标准接轨提供了有效手段。项目成果前三项为国内外首创，第四项为填补国内空白。成果已经制定为多项国家标准。目前已为国家图书馆、成都太古里等数十栋既有建筑幕墙玻璃的自爆风险和安全性进行了检测和风险预测的应用；全国已有多个省份制订地方标准采用本项目的成果技术推广应用到当地建筑的安全检测。开发的中空玻璃成套检测设备为国内外数千家客户开展了中空玻璃欧美标准质量检测。项目成果为建筑玻璃的安全服役和灾难事故的预测预警提供了全新的技术手段，上述应用近3年直接与间接经济效益分别超过为9000万元和10亿元以上。研究成果获授权发明专利6项，适用新型4项，发布国家标准12项,发表国内外学术论文40多篇。成果被鉴定专家评价为：创新性突出，填补了国内外空白，整体技术达到国际领先水平。 |
| **客观评价** | 1. **国内外相关技术的比较**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 对比内容 | 国内 | 国外 | 本项目 |  效果先进性 |
| 钢化玻璃自爆风险检测 | 无法检测。采用出厂前均质化处理，**局限性**：1）不能用于既有建筑玻璃；2）降低钢化玻璃强度；3）不能完全排除自爆风险。  | 无法检测。高层建筑上要求用钢化夹胶玻璃，自爆后不会脱落。均质化处理（特点同国内）。 | 提出了钢化玻璃自爆准则，发明钢化玻璃和既有建筑玻璃自爆风险光弹检测技术，并研制了光弹扫描仪。 | 开发的钢化玻璃自爆风险检测方法及光弹扫描仪可用于1）既有建筑幕墙或门窗玻璃的自爆风险检测；2）钢化玻璃生产线或建筑安装之前的自爆源进行检测。3）透射、反射两用光弹扫描仪可识别直径0.1mm以上的钢化玻璃自爆源。 |
| 建筑玻璃松动坠落风险现场检测 | 以目测、手试及常规材料性能检测为主。检测结果无法定量，识别精度全靠人为经验。 | 事故相对较少。有用红外摄像方法评估松动风险，但可靠性太差。没有相关标准和方法。 | 发明了基频相对法对既有建筑玻璃坠落风险进行检测和预测。 | 方便、快捷，属于无损定量检测，对坠落风险分成四个等级。对所测建筑玻璃进行风险排序。 |
| 玻璃幕墙“智能检测机器人” | 无同类技术 | 无同类技术 | 开发了具有自攀爬，自动传递信息的智能机器人 | 检测机器人具有攀爬和转向自如特点。带有测量机械手臂，可分别装配光弹扫描仪或动态测试仪进行检测，远程遥控距离达100米，实现高层建筑自动化检测。 |
| 玻璃现场非破坏性强度检测 | 无法现场非破坏性评估强度。 | 无法现场评估强度。 | 提出“球压法”非破坏性检测玻璃表面局部强度和保证试验 | 用于服役中的建筑玻璃表面局部强度的无损在线检测，评价建筑玻璃的残余强度和可靠性。 |
| 中空玻璃成套检测装置 | 无同类装备 | 具有同类比较成熟且满足欧标、美标检测设备 | 研制了符合ASTM 2190系列或EN1279系列标准的中空玻璃系列检测设备 | 获得欧盟和北美的认可和验证，设备达到国外先进水平，填补了国内空白，提高我国中空玻璃质量并促进出口欧美。 |

1. **检测机构测试（检定报告）**

经北京市计量检测科学研究院对EN中空玻璃耐气候循环试验箱的校准，校准结果如下：

|  |  |
| --- | --- |
| 设定温度（°C） | 50 |
| 实测温度（°C） | 51.2 |
| 温度偏差（°C） | -1.2 |
| 温度波动度（°C） | ±0.1 |
| 温度均匀性（°C） | 0.7 |
| 设定湿度（%RH） | 96 |
| 设定湿度（%RH） | 94 |

校准结果不确定度：温度*U*=0.4°C，(*k*=2)； 湿度*U*=1.5%RH，(*k*=2)。各干球分布点对应温度值（共9个）

|  |  |
| --- | --- |
| 设定温度 | 分布点 |
| A | B | C | D | 0 | E | F | G | H |
| 50 |  |
| 51.3 | 51.1 | 51.7 | 51.5 | 51.2 | 51.0 | 51.4 | 51.6 | 51.3 |

经北京市计量检测科学研究院对耐紫外辐照试验机的校准，校准结果如下：

|  |  |
| --- | --- |
| 设定温度（°C） | 50 |
| 实测温度（°C） | 48.8 |
| 温度偏差（°C） | +1.2 |
| 温度波动度（°C） | ±0.6 |
| 温度均匀性（°C） | 2.4 |

校准结果不确定度：温度*U*=0.4(*k*=2)（附件45）。1. **专业机构评价**

**中国建筑材料联合会科技成果鉴定意见：**钢化玻璃自爆风险检测的光弹扫描仪与建筑玻璃坠落风险检测的动态相对法技术成果解决了钢化玻璃自爆无法诊断和建筑玻璃坠落风险难以预测的技术难题........。成果创新性突出，填补了国内外空白，整体技术达到国际领先水平（附件12）。 **中国建筑材料联合会科技成果鉴定结论:**项目通过对国内外现有中空玻璃检测技术、标准的对比分析，成功研制了加速老化试验（欧标气候循环试验机、美标气候循环试验机、美标高温高湿试验箱）......，使国家安全玻璃及石英玻璃质量监督检验中心成为美国IGCC（美国中空玻璃认证委员会）/IGMA（北美中空玻璃制造商联盟，即北美中空玻璃协会）在北美以外地区惟一认可的实验室和CE认证检测实验室，........。能为国内中空玻璃企业提供更为直接、方便的检测服务，有助于中空玻璃产品出口。改项目研究成果填补了国内空白，达到国际先进水平（附件13）。  **国家标准《玻璃缺陷检测方法 光弹扫描法》审查会意见**：本标准的制定和实施提供一种现场检测玻璃缺陷的方法，对玻璃产品安全使用和风险预测提供有效的参考……将光弹原理和自动控制技术首次运用在玻璃质量现场检测领域，方法具有创新性。本标准达到国际先进水平（附件14）。 **国家标准《真空玻璃真空度衰减率现场检测方法 光弹法》审查会意见：**该标准通过大量试验，验证了光弹法和相对比较法可用于服役中真空玻璃真空度衰减率检测。该方法简单、实用（附件15）。**关于检测仪器的试验报告（2015年6月23日）结论：**1）光弹扫描机器人测试钢化玻璃内部自爆风险和内部缺陷，通过遥控机器人扫描中空/真空双层复合玻璃，检测到明显的玻璃应力集中点。测试仪器运行平稳、遥控准确、图像清晰，可无线传输数据；2）采用自行研制的动态测试仪测试门玻璃的固有频率.....测试结果的重复性高，可靠性强,适用于建筑幕墙和门。窗的坠落风险评价检测。3）采用自行研制的便携式中空玻璃结构失效检测仪测试中空玻璃因漏气引起的结构失效....。测试结果证明了仪器和测试方法均是可行的。测试专家组认为：测试方法科学先进，测试结果重复性好（附件16）。1. **获奖**

 成果分别获2009年度建筑材料科技一等奖、2015年度建筑材料科技二等奖和2013年度北京市科学技术奖三等奖。**5、同行学者及典型用户评价** **(1) 欧洲 Ergohome 被动房公司的Paul Chadwick 经理:** 包教授和他的团队发明的玻璃安全性检测的新方法(专利号ZL200810167250.9) 给了我们很大的惊喜，我们试用这个方法检测钢化玻璃的风险,确实检测到几个潜在的可能引起玻璃自爆的风险源,这使我们感到很满意。我们将会更多的使用这种新技术并期望进一步与他们合作。**(2) 英国伯明翰大学土木工程系Mark Sterling 教授：**玻璃越来越多地应用在城市建筑上，但是它的安全性也受到日益严峻的挑战。因此，导致巨大风险的建筑用钢化玻璃自爆的根源如何检测已成为势在必行的技术攻关。作为伯明翰大学专攻建筑玻璃和结构玻璃的研究团队，我们很高兴找到了中国建材研究总院的包亦望教授发明的专利技术（ZL200810119762.8）和玻璃幕墙风险检测的标准（GB/T 20023- 2013），采用光弹扫描法检测钢化玻璃内缺陷点，取得了理想的结果。这确实是一个令人鼓舞的成果，我由衷地祝贺这一重要成果的问世并期待它广泛的发展与应用。**(3)北京北玻安全玻璃有限公司：**在中心进行欧洲标准中空玻璃检测，试验结果对我们改进中空玻璃产品结构与配置起到了重要的指导作用。 (4)常熟市产品质量监督检验所、北京江河幕墙股份有限公司检测中心、上海建科检验有限公司购买了相关设备，反映良好，评价甚高，比如对于TW-25型美式露点仪的使用评价是：感觉特别方便，尤其适宜在工程现场进行垂直检测中空玻璃和幕墙露点，玻璃与冷阱之间能够紧密贴合，确保了测量的准确性；其次是测量温度精度高、可靠性好、方便携带，采用的温度计为电子温度计，不易破碎。能够满足美国、欧洲、国际、国内中空玻璃标准以及国内GB 50411《建筑节能工程施工质量验收规范》的检测要求。 |
| **推广应用情况** | 项目成果已全部转化为10多项国家和行业标准，广泛应用于建筑玻璃的生产、加工、应用、科研与检测领域。其中光弹扫描法为我国多家既有建筑幕墙玻璃及知名玻璃企业钢化玻璃产品自爆风险进行了检测；建筑幕墙玻璃坠落风险检测仪在我国多家知名幕墙企业的新建及既有建筑幕墙玻璃安装质量与坠落风险评估进行了应用；中空玻璃成套检测设备为国内外客户开展了中空玻璃欧美标准检测。下表为近3年部分企业的应用情况。近3年部分代表性企业的应用情况（经济效益单位为人民币）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 应用单位名称 | 应用成果技术 | 应用的起止时间 | 联系人/电话 | 应用情况 |
| 欧洲 Ergohome 被动房公司 | 玻璃安全性检测的新方法(专利号ZL200810167250.9) ，检测钢化玻璃的风险 | 2010-2016 | Paul Chadwick | 这个方法,确实检测到几个潜在的可能引起玻璃自爆的风险源, 我们将会更多的使用这种新技术并期望进一步与他们合作。 |
| 英国伯明翰大学土木工程系 | 的专利技术（ZL200810119762.8）和玻璃幕墙风险检测的标准（GB/T 20023- 2013） | 2009-2016 | Mark Sterling | 采用光弹扫描法检测钢化玻璃内缺陷点，取得了理想的结果。这确实是一个令人鼓舞的成果，祝贺这一重要成果的问世并期待它广泛的发展与应用。 |
| 中国建材检验认证集团股份有限公司 | 钢化玻璃自爆与建筑玻璃失效相关检测技术及设备 | 2008-至今 | 杨娟/010-51167585 | 技术服务，进行了大量的现场与实验室检测，新增检测收入9267万元，新增利润1600多万元。 |
| 北京北玻安全玻璃有限公司 | 钢化玻璃自爆检测技术及玻璃幕墙安全检测技术 | 2012-至今 | 张雪/15001214880 | 提高了玻璃的产品品质，降低次品率5%。 |
| 深圳市泰克尼林科技发展有限公司 | 钢化玻璃自爆检测及建筑玻璃坠落检测技术，中空玻璃 | 2011-至今 | 冷小琪/13352986333 | 检测、技术咨询服务，进行了大量的现场与实验室检测。 |
| 广州安德信幕墙有限公司 | 钢化玻璃自爆检测技术，坠落风险，中空玻璃 | 2011-至今 | 王文欢/18666153711 | 降低了玻璃幕墙自爆概率，新增营业额收入11452万元，新增利润1399.5万元. |
| 北京江河幕墙股份有限公司 | 玻璃幕墙安全检测技术 | 2014-至今 | 陶伟/13911737459 | 产品质量提升。降低了玻璃幕墙坠落概率。 |
| 北京正邦源幕墙维护有限公司 | 玻璃幕墙安全检测技术 | 2014-至今 | 奚同球/18800025282 | 降低了玻璃幕墙坠落概率，效果良好。 |
| 信义玻璃工程（东莞）有限公司 | 钢化玻璃安全检测技术、中空玻璃及设备 | 2008-至今 | 杨建军/15801524755 | 提高了玻璃的产品品质，降低次品率约8%。，新增营业额收入12613万元，新增利润1330万元。 |
| 上海众材工程检测有限公司 | 钢化玻璃自爆检测及建筑玻璃坠落检测技术，中空玻璃 | 2011-至今 | 孔戈/13701834360 | 技术服务，进行了大量的现场与实验室检测，新增检测收入8257万元，新增利润1620.7万元。 |
| 上海玻机智能幕墙股份有限公司 | 玻璃幕墙安全检测技术，中空玻璃产品质检 | 2008-至今 | 徐桦/15821691772 | 降低了钢化玻璃自爆风险约10倍，降低了玻璃幕墙坠落概率。效益突出。 |

 |
| **主要知识产业证明目录** |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 | 发明人 | 发明专利有效状态 |
| 发明 | 一种检测钢化玻璃幕墙杂质和缺陷的方法和装置 | 中国 | ZL200810119762.8 | 2011.12 | 包亦望、万德田、邱岩、刘元新、韩松 | 有效 |
| 发明 | 一种检测玻璃幕墙松动和预测坠落风险的方法 | 中国 | ZL200810111627.9 | 2010.09 | 包亦望、邱岩、刘小根 | 有效 |
| 发明 | 一种检测服役中中空玻璃密封性能方法及装置 | 中国 | ZL200910236858.7 | 2011.12 | 包亦望、刘小根、邱岩、万德田、刘元新、刘正权、王秀芳 | 有效 |
| 发明 | 一种服役中真空玻璃真空度在线检测方法 | 中国 | ZL200810118025.6 | 2010.02 | 包亦望、刘小根、刘元新、韩松、万德田、邱岩 | 有效 |
| 发明 | 一种无支撑物双曲面真空玻璃及其制造方法 | 中国 | ZL 201210059712.1 | 2012.10.3 | 包亦望、刘小根、邱岩、万德田、张伟 | 有效 |
| 发明 | 一种压力自平衡真空玻璃无变形复合结构 | 中国 | ZL201220278341.1 | 2013.2.20 | 包亦望、刘小根、杨健、包旻熙、万德田、邱岩、陈璐 | 有效 |
| 实用新型 | 钢化玻璃表面平整度检测仪 | 中国 | ZL 200720173942.5 | 2008.12.10 | 韩松、邱岩、包亦望、吕学良 | 有效 |
| 实用新型 | 多功能零能耗钢化玻璃检测器 | 中国 | ZL 200820109653.3 | 2009.6.24 | 包亦望、万德田、邱岩、韩松、刘元新 | 有效 |

 |
| **主要完成人情况** | 包亦望、刘小根、石新勇、邱岩、万德田、陈璐、王睿、肖鹏军、田远、刘元新、韩松、王精精、张伟、田莉 |
| **主要完成单位及创新推广贡献** | **中国建筑材料科学研究总院**是支撑本成果的第一承担单位，是创新成果1-3科研项目中的承担单位，拥有所列知识产权中的6项。本项目针对建筑玻璃服役过程中出现的安全与可靠的检测与评价技术难题，以提高建筑玻璃服役安全、耐久和解决测试技术难题为目标。项目组在十多年的科研工作中，在扎实的理论研究的基础上，完成了从理论——测试方法——仪器设备——国内外标准系列成套的评价新技术的研究，并面向全国和全世界推广应用。项目成果解决了多年来建筑玻璃在应用过程中出现的典型安全检测技术难题。中国建筑材料科学研究总院从每个项目的立项，组织团队，编写建议书和申报书，到组织项目的研究场地与试验设备的落实，均投入了大量的人力物力。在项目执行过程中，提供项目所需的场地，实验材料和经费支持，检测仪器的设计与加工，督促完成项目计划和相关国际、国家标准的推广宣传，组织研发队伍和配套设施，并每年定期分两次检查项目的进展情况和经费使用情况。达到了圆满完成任务的良好效果。**中国建材检验认证集团股份有限公司**是支撑完成本项目的第二承担单位，是多项国家标准和行业标准的起草单位。在项目执行过程中，提供项目所需配套用的场地。提供实验材料和自筹经费支持，实验设备的设计与加工，组织相关标准的宣贯和培训等工作，进一步扩大本项目成果的社会影响力。另外，在本项目支撑的科技部项目实施过程中的自筹经费部分，均由本单位支持。主要承担的任务还有：是创新成果3的主要研发单位，承担了中空玻璃成套设备的研制，建立了相应的实验室。同时为钢化玻璃自爆风险检测与建筑玻璃坠落风险检测（创新成果1，2）的研究场地、人员和仪器设备研发及玻璃幕墙智能检测机器人的试验设备、人员安排、示范应用以及研究经费提供了大力支持。特别是在成果应用推广方面，本单位作为国家级的材料检测机构，采用成果中的国际标准和国家标准进行建筑玻璃与节能玻璃的品质、耐久性、力学性能等检测，不仅取得了良好的社会效益和经济效益，也推动了测试新技术的发展和进步。并多次组织标准的评审和宣贯。对项目成果的推广应用起了重要作用。 |
| **完成人合作关系说明** | 中国建筑材料科学研究总院是支撑本成果的第一完成单位，是4个系列科研项目中的承担单位，是创新成果1-3科研项目中的承担单位，是国家标准《玻璃缺陷检测 光弹扫描法》等系列标准的第二承担单位，也是所列10项知识产权（见知识产权目录）中的第1-2、4和7-8项的权利所属单位。第二完成单位中国建材检验认证集团股份有限公司是中国建筑材料科学研究总院下属的具有独立法人资格的控股子公司。在项目执行过程中，中国建材检验认证集团股份有限公司是4个系列科研项目中的第二承担单位，是创新成果1-3科研项目中的参与单位，是创新成果4科研项目中承担单位，是国家标准《玻璃缺陷检测 光弹扫描法》等系列标准的第一承担单位，也是所列10项知识产权（见知识产权目录）中的第3、5-6和9-10项的权利所属单位。项目执行过程中提供项目所需配套用的场地，提供实验材料和自筹经费支持，配套夹具的设计与加工，组织相关标准的宣贯和培训等工作。以上两单位在2006年之前属于同一单位的法人单位和二级单位。特此说明。 |