项目公示信息表

一、项目基本情况

奖　　种	国家技术发明奖
项目名称	**高铁路基增强高分子复合材料关键制造技术及装备**
主要完成人	**杨卫民，张建群，李勇，陆诗德，焦志伟，谢鹏程**
提名单位	中国轻工业联合会
提名单位意见	我单位认真审阅了该项目提名书及附件材料，确认全部真实有效，相关栏目均符合国家科学技术奖励办公室的填写要求。 高分子复合材料通过微观结构调控增强技术生产的土工格栅，广泛应用于各种土建工程的强基固本，是高铁路基建设的关键基础材料。 项目组通过校企协同攻关，突破国外技术封锁，创新研制成功“高铁路基增强高分子复合材料关键制造技术及装备”，包含 4 大发明创新点：1）发明高分子复合材料微纳层叠取向调控方法及装备；2）发明高分子复合材料土工格栅新型结构和应力应变监测系统；3）发明纵横向同步渐扩链式双轴拉伸装置及强化传热技术；4）发明高分子复合材料土工格栅模内编织方法及装备。 该项目技术经权威机构检测，项目关键技术参数和产品性能指标均优于同类国际先进技术。科技鉴定评价为“该成果关键技术属国内外原创，居于国际领先水平”。已获授权专利 36 项，其中发明专利 26 项（含美国专利 1 项）；已获计算机软件著作权 3 项。 该项目发明技术生产的土工格栅已在高速铁路和高速公路等领域大规模应用，不仅快速占领了国内市场，还出口到俄罗斯、土耳其等 30 余个国家和地区，近三年累计新增销售收入 30.1 亿元，利润 3.9 亿元。项目产品对保障车辆行驶安全，延长路基使用寿命具有重要作用，有力支撑了我国高铁等重大工程的快速发展，经济和社会效益十分显著。 提名该项目为国家技术发明奖 二 等奖。

二、项目简介

本发明成果属于轻工技术及装备领域。

高分子复合材料通过微观结构调控增强技术生产的土工格栅，广泛应用于各种土建工程的强基固本，是高铁路基建设的关键基础材料。它不仅能大幅提高路基安全稳定性，防止路基沉降和路面开裂，减少地震和洪水等自然灾害的破坏，还可延长路基使用寿命30%-50%！看似简单的经纬网状高分子土工格栅，其生产工艺和装备技术却十分复杂，因而被列入“2012年国家重大技术装备创新指导目录”。

本项目实施前，高分子土工格栅的生产技术长期被英国“耐特龙”公司垄断并控制市场。我国急需的这类重大技术装备不得不依靠进口。为彻底扭转这一不利局面，在国家自然科学基金和火炬计划支持下，项目团队经过多年校企合作，协同攻关，在基础理论、产品设计、工艺装备和终端应用等环节取得重大突破，创新研发成功具有完全自主知识产权的成套工艺和装备技术。主要发明点如下：

(1) 发明高分子复合材料微纳层叠取向调控方法及装备。

高分子及增强材料微观取向状态是决定土工格栅高性能化的关键。本发明通过对聚合物熔体进行微尺度分割-扭转-层叠的创新手段，形成数以千计的微层结构，调控高分子链及增强材料沿流动平面高度取向，使产品抗拉强度提高30%以上。

(2) 发明高分子复合材料土工格栅新型结构和应力应变监测系统。

针对传统结构土工格栅在受力复杂的路基中存在薄弱方向发生蠕变甚至断裂的问题，发明了具有多向增强效果的新型格栅结构。在此基础上创新研制出嵌入式微传感器应力应变实时数据采集分析系统，并成功应用于长江大桥等关键路段安全隐患的在线监测和智能预警。

(3) 发明纵横向同步渐扩链式双轴拉伸装置及强化传热技术。

为解决连续双向拉伸倍率在线调节的难题，发明了纵横双向同步渐扩链式双轴拉伸装置。同时针对拉伸装置热处理系统存在温度分布不均、热效率低、能耗高的问题，发明了强化传热技术，通过改善传热介质速度场与加热冷却温度场之间的协同效果，显著提升了温度分布均匀性和产品质量，并使热处理能耗降低15%。

(4) 发明高分子复合材料土工格栅模内编织方法及装备。

针对原有国际同类先进技术“耐特龙”冲孔成网工艺的不足，独创发明了高分子复合材料模内编织成网方法及装备，不仅克服了基材受伤的缺陷，还使材料一次利用率从60%提高到近100%，基材生产能耗降低35%。

项目已获授权专利36项(含中国发明专利25项，美国发明专利1项），计算机软件著作权3项，形成了具有完全自主知识产权的**原创技术**。经权威机构检测，项目关键技术参数和产品性能指标均优于同类国际先进技术。同行专家鉴定评价：**“关键技术国内外原创，居于国际领先水平”**，获2016年中国轻工联合会科学技术一等奖。

本发明技术生产的土工格栅已在高速铁路和高速公路等领域大规模应用，不仅快速占领了国内市场，还出口到俄罗斯、土耳其等30余个国家和地区，近三年累计新增销售收入30.1亿元，利润3.9亿元。项目产品对保障车辆行驶安全，延长路基使用寿命具有重要作用，有力支撑了我国高铁等重大工程的快速发展，经济和社会效益十分显著。

三、客观评价

1）2015 年 5 月 29 日，中国轻工业联合会在北京组织并主持召开了由北京化工大学和山东通佳机械有限公司共同完成的“高分子材料双轴拉伸取向增强成套技术及装备”项目技术鉴定会。鉴定委员会与会专家一致认定：“该成果关键技术属**国内外原创，居于国际领先水平**。”

2）本项目被列为国家级火炬计划项目(2010GH041270)，2012 年项目被列入国家技术装备自主创新指导目录和科技型中小企业技术创新基金项目(国科发计【2012】778 号)；在基础研究方面得到国家自然科学基金项目(21174015)的支持。

3）本项目获 2016 年中国轻工业联合会科学技术进步一等奖。

4) 授权发明专利“**一种纳米叠层复合材料制备装置(CN102069579B)**”和“**钻石型多轴向塑料拉伸土工格栅及其制造方法(CN102561297B)**”分别获中国专利优秀奖。

5）经完成单位委托国家化学建筑材料测试中心、新疆公路桥梁试验检测中心检测，本项目产品双向拉伸土工网的技术指标符合并显著高于国标 GB/T 17689-2008 的技术要求。

经产品用户单位委托山东铁正工程试验检测中心、广西交通科学研究院等权威机构检测，本项目产品双向拉伸土工网的技术指标符合并显著高于国标 GB/T 17689-2008 的技术要求，满足工程应用要求。

6）用户评价：

中铁十四局集团第二工程有限公司

我公司通过招标使用了泰安路德工程材料有限公司的高铁路基增强双向土工格栅，**在高铁路基中使用本项目材料，取代传统的钢筋混凝土材料，厚度减少 30%，成本降低 30%-50%**，产品抗拉强度高，性能优良。公司对该产品质量非常满意，产品尺寸合理，对软土地基起到良好的加筋加固作用，提高了工程的稳定性和安全性，有效保证工程的质量。

中建二局第三建筑工程有限公司

我公司采购了泰安路德工程材料有限公司生成的高铁路基增强双向土工格栅，应用在路基土木工程中，经过多次受力试验，整体效果较好，与普通单向、双向塑料土工格栅相比承受载荷的抗拉性更好，安全性更高，完全通过了我公司土工格栅产品采购标准，**设计寿命可达 120 年以上。**我公司后续订购同规格该产品 35900 平方米，工程应用效果非常好。公司在今后的工程中将加大使用本产品的力度，在其他工程中继续使用该产品。

中铁十四局集团有限公司

我公司通过招标使用了泰安路德工程材料有限公司生产的增强双向土工格栅，通过实际使用，**代替了之前使用的钢筋网，节约了成本，产品抗拉强度高，性能优良。**公司对该产品质量非常满意，产品尺寸合理，对软土地基起到良好的加筋加固作用，提高了工程的稳定性和安全性，有效保证工程的质量。该产品应用到加筋土路基的结构中，对保证高速公路、高速铁路等工程的高速、安全、平

稳运行具有重大意义。

中铁八局辛泰磁东段 SG-2 标第一分部

我公司通过招标使用了泰安路德工程材料有限公司的增强双向土工格栅，在工程中**使用本项目材料，取代传统的钢筋混凝土材料，厚度减少 30%，成本降低 30%-50%，产品抗拉强度高，性能优良。**公司对该产品质量非常满意，产品尺寸合理，对软土地基起到良好的加筋加固作用，提高了工程的稳定性和安全性，有效保证工程的质量。

GEOPLAS PLASTIK, Turkey

(中文翻译)“我公司于2013年购买山东通佳机械有限公司生产的双轴拉伸取向高强度数控经纬网生产线，通过生产运行以后，该生产线表现出了优秀的机械性能，生产线配置的高速伺服执行机构和控制系统**达到并超过了欧洲的同类产品水平，生产效率高，耗能水平低，产品的物理性能优越**，目前我公司生产的产品已经在欧洲拥有了大量长期稳定可靠的用户，现在公司的产品在同类产品的市场竞争优势越来越明显，我们计划再增加 2 条生产线，以应对日益增加的客户订单。”

Thrace Plastics SA, Greece

(中文翻译)“我公司于 2014 年购买山东通佳机械有限公司生产的双轴拉伸取向高强度数控经纬网生产线投入使用至今，我们在 2 年多的时间里又增加了第二条生产线，该生产设备运行稳定，生产产品的**物理性能指标完全可以与欧洲的产品媲美**，在同等重量的基础上，**拉伸强度和撕裂强度均优于欧洲的同类产品**，为我公司的市场开发和利润实现奠定了良好的产品基础。”

Ruamcharoen Industry Co.,Ltd

(中文翻译）“我公司于 2014 年购买山东通佳机械有限公司生产的双轴取向高强度土工格栅生产线。通过生产运行直到现在，该生产线稳定生产，其**产品性能优越**，给我们公司市场开发奠定了基础。”

AL MAEENI CHEMICALS TRADING EST

(中文翻译）“我公司于 2014 年购买了山东通佳机械有限公司生产的双轴拉伸高强度数控经纬网生产线投入使用至今，我们在 1 年多的时间里又增加了第二条生产线，现在两台生产设备运行稳定，**生产产品的物理性能指标完全可以与欧洲的产品媲美**，在同等重量的基础上，**拉伸强度和撕裂强度均优于欧洲的同类产品**，为我公司的市场开发和利润实现奠定了良好的产品基础。”

7）学术性评价

美国《机械工程进展》Tabatabaeikia S[1]评价：“杨的单元转子扰流强化传热技术及装置第一次使内插件不再受到管长的限制，并且具有很好的强化换热效果。”

[1]Tabatabaeikia S, Mohammed H A, Nik-Ghazali N, et al. Heat Transfer Enhancement by Using Different Types of Inserts [J]. Advances in Mechanical Engineering, 2014.

四、推广应用情况

本项目自成功研发以来，已实现了高铁路基增强高分子复合材料关键制造技术及装备的产业化，不仅快速占领了国内市场，还出口到俄罗斯、土耳其等 30 余个国家和地区，对提高我国塑机核心竞争力、推动塑料加工行业科技进步与转型升级做出重要贡献。

利用本项目关键技术及装备批量生产的双轴拉伸土工格栅已实现大规模应用，自 2013 年以来，先后中标郑万高铁、银西高铁、大张高铁、郑济高铁、龙烟铁路、绵广高速公路、长合高速公路、海南博鳌绿化工程等几十项项国家重点工程，取得了良好的应用成果。与此同时，产品远销欧盟、美国、巴西等三十多个国家和地区，受到工程界专家和广大用户的一致好评，经济社会效益显著。

主要应用单位情况表

应用单位名称	应用技术	应用起止时间	应用单位联系人/电话	应用情况
中建二局第三建筑工程有限公司	本技术生产的土工产品	2016.04-2017.08	杜和平 13381056816	正常
中铁十四局集团第二工程有限公司	本技术生产的土工产品	2015.03-2016.07	王旭光 13730537878	正常
中铁二十五局集团第一工程有限公司	本技术生产的土工产品	2014.05-2015.10	谭秀文 13333088694	正常
中铁十四局集团有限公司	本技术生产的土工产品	2014.03-2016.08	崔建生 18600761951	正常
中铁八局辛泰磁东段 SG-2 标第一分部	本技术生产的土工产品	2015.06-2017.05	王鹏 18231861111	正常
土耳其 Geoplast Plastik Zemin-Ankara Turkey	整体技术	2013.12-2017.12	Malikoy-ANKARA +009031226716 21-27	扩产
希腊 Thrace Plastics SA-Greece	整体技术	2014.08-2017.12	GREECE VA +099492156	扩产
印度 M/S TECHFAB (INDIA) INDUSTRIES LTD.	整体技术	2013.12-2017.12	P K Sethu Madhavan +00919382191504	扩产
泰国 Ruamcharoen Industy Co.,Ltd	整体技术	2014.01-2017.12	Thailand +66-2463982830	正常
阿联酋-迪拜 AL MAEENI CHEMICALS TRADING EST	整体技术	2014.08-2017.12	United Arab Emirates +00971502350270	扩产
肥城联谊工程塑料有限公司	整体技术	2015.01-至今	袁洪波 13853800902	正常
浙江嵊州市诚丰塑胶有限公司	整体技术	2014.11 -至今	王永林 13506758761	正常
济宁市星原建筑装饰材料有限公司	整体技术	2014.12-至今	邢永祥 13953776449	正常
浩阳环境股份有限公司	整体技术	2014.01-至今	安桂林 1395340896	正常
山东大庚工程工程材料科技有限公司	整体技术	201.10-至今	王黎明 13705482778	正常

五、主要知识产权证明目录（不超过 **10** 件）

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
发明专利	Apparatus and Method for Preparing Laminated Nano-composite Material	美国	US9079346B2	2015-07-15	US9079346B2	北京化工大学	杨卫民	有效专利
发明专利	钻石型多轴向塑料拉伸土工格栅及其制造方法	中国	CN102561297B	2014-11-12	1520194	泰安路德工程材料有限公司	陆诗德;梁训美;王继法	有效专利
发明专利	一种强化传热管	中国	CN101799252B	2011-08-24	828408	北京化工大学	杨卫民;范永钊;关昌峰;阎华;丁玉梅	有效专利
发明专利	一种纳米叠层复合材料制备装置	中国	CN102069579B	2012-07-25	1012397	北京化工大学	杨卫民;王德禧;丁玉梅	有效专利
发明专利	一种层数可调的纳米叠层复合材料制备装置	中国	CN102601961B	2014-08-16	1455254	北京化工大学	杨卫民;袁聪姬;钟雁;王德禧;王笃金;田岩;丁玉梅	有效专利
发明专利	一种换热管内边界层剪切扰动径向混流装置	中国	CN101762203B	2011-11-30	871187	北京化工大学	杨卫民;李锋祥;阎华;丁玉梅	有效专利
发明专利	管内自清洁强化传热装置	中国	CN101506611B	2011-05-11	775332	北京化工大学	杨卫民;耿立波;阎华;丁玉梅;黄伟	有效专利

发明专利	可调式塑料网材横向拉伸装置	中国	CN102320126B	2013-10-23	1289270	山东通佳机械有限公司	张建群;李勇;侯立新	有效专利
发明专利	双层复合塑料网材成型机头	中国	CN102310538B	2013-07-10	1233008	张建群	张建群;李勇;侯立新	有效专利
发明专利	聚酯（PET）塑料土工格栅及其制造方法	中国	CN102529103B	2015-07-29	1737410	泰安路德工程材料有限公司	陆诗德;梁训美;王继法	有效专利

六、主要完成人情况表

姓　　名	杨卫民	排　　名	1	技术职称	教授
工作单位	北京化工大学			行政职务	院长
完成单位	北京化工大学				
对本项目技术创造性贡献： 为项目主要负责人之一，负责本项目的实施、项目技术指导，是项目技术路线的总体设计者。主要负责本项目的理论研究和双向拉伸取向增强技术及装备核心技术的攻关。提出了高分子复合材料微纳层叠实现高分子链及增强材料可控取向的新原理，以及转子扰流强化传热技术实现热处理系统的节能高效，还参与了新型结构高分子格栅的优化设计。 本项目占本人工作总量的 70%，对第 1 、2、3 技术发明点做出重大贡献，是授权发明专利 US9079346B2, CN101799252B, CN102069579B，CN102601961B，CN101762203B，CN101506611B 等专利的第一发明人。					

六、主要完成人情况表

姓　　名	张建群	排　　名	2	技术职称	研究员
工作单位	山东通佳机械有限公司			行政职务	总经理
完成单位	山东通佳机械有限公司				
对本项目技术创造性贡献： 为项目主要负责人之一，负责项目的实施、项目生产指导，是本项目装备产业化的主要负责人。主要负责研发了高分子土工网材模内编织成型技术及设备和纵横向同步渐扩链式双轴拉伸装置，并且参与了双轴拉伸取向过程中转子扰流强化传热的高效节能热处理系统的设计研发。 本项目占本人工作总量的 70%，对第 3、 4 技术发明点做出重大贡献，是授权发明专利 CN102310538B，CN102320126B 的第一发明人。					

六、主要完成人情况表

姓　　名	李勇	排　　名	3	技术职称	工程师
工作单位	山东通佳机械有限公司			行政职务	副总经理
完成单位	山东通佳机械有限公司				
对本项目技术创造性贡献： 主要参与项目的工艺路线设计和机械结构确定以及控制方案的实施。 本项目占本人工作总量的 60%，对第 3、4 技术发明点作出了创造性贡献，是授权发明专利 CN102310538B，CN102320126B 的第二发明人。					

六、主要完成人情况表

姓　　名	陆诗德	排　　名	4	技术职称	高级工程师
工作单位	泰安路德工程材料有限公司			行政职务	总经理
完成单位	泰安路德工程材料有限公司				
对本项目技术创造性贡献： 负责本项目在设备使用，产品生产过程中的总体指导，是本项目装备应用并实现产业化生产的主要技术负责人，负责开发了新型结构高分子格栅和应力应变监测系统。 本项目占本人工作总量的 50%，对第 2，4 技术发明点做出重大贡献，是授权发明专利 CN102561297B，CN102529103B 专利的第一发明人。					

六、主要完成人情况表

姓　　名	焦志伟	排　　名	5	技术职称	副教授
工作单位	北京化工大学			行政职务	
完成单位	北京化工大学				
对本项目技术创造性贡献： 为项目的主要完成人，主要负责项目微纳层叠挤出技术的研发，并对微纳层叠取向调控机理进行了研究；并参与了项目产品的部分设计工作。 本项目占本人工作总量的 40%，对本项目中第 1，3 技术发明点做出重大贡献。					

六、主要完成人情况表

姓　　名	谢鹏程	排　　名	6	技术职称	教授
工作单位	北京化工大学			行政职务	
完成单位	北京化工大学				
对本项目技术创造性贡献： 为项目的主要完成人，主要负责项目转子扰流强化传热的高效节能热处理技术的研发，并参与了项目产品的部分设计工作。 本项目占本人工作总量的 30%，对本项目中第 3 技术发明点做出重大贡献。					

七、完成人合作关系说明（含完成人合作关系情况汇总表）

本项目创新团队是来自北京化工大学、山东通佳机械有限公司、泰安路德工程材料有限公司三家合作单位的研究人员，通过产业链上下游紧密合作，从基础理论、工艺装备到产品应用各环节协同攻关所取得的系列创新成果。2005 年至 2010 年通佳公司成立高分子材料加工装备研究院聘请北京化工大学杨卫民教授做兼职院长，2010 年起，山东通佳机械有限公司与北京化工大学联合成立了“先进塑料成型装备创新研发中心”，并聘请谢鹏程和焦志伟博士为研究员。山东路德工程材料有限公司作为装备应用和格栅生产企业，长期与上游的通佳机械公司紧密合作，由此，三家单位的核心成员围绕本项目技术目标形成了紧密合作关系。

项目完成人在基础研究与创新研发，设备制造与产品开发等方面优势互补、基础扎实。第一完成人杨卫民(1)为北京化工大学教授，是本项目 US9079346B2、CN101799252B 等 21 项发明专利的第一发明人，主要负责本项目的实施和技术指导，是项目技术路线的总体设计者。完成人焦志伟副教授(5)、谢鹏程教授(6)与杨卫民教授同为北京化工大学高分子材料加工成型与先进创新团队的核心成员，已有长期合作关系。焦志伟和谢鹏程是本项目 CN102168774B、CN102673056B 发明专利的主要发明人，主要负责微纳层叠关键技术的研发与应用。完成人张建群(2)、李勇(3)分别为山东通佳机械有限公司的总经理和副总经理，与北京化工大学研究团队长期合作，持续推动北京化工大学科研成果的技术转化及产业化应用。张建群是本项目 CN102310538B，CN102320126B 等 12 项专利的第 1 发明人，主要负责项目的实施、生产指导，是本项目装备产业化的主要负责人。李勇是本项目 CN102310538B，CN102320126B 等 12 项专利的第 2 发明人，主要负责项目的工艺路线设计、机械结构设计制造与工程实施。完成人陆诗德(4)为本项目发明技术和装备用户单位，泰安路德工程材料有限公司的总经理，是本项目 CN102561297B，CN102529103B 等 3 项专利的第 1 发明人，主要负责技术装备应用和高分子复合材料土工格栅的生产销售，并根据终端用户的反馈改进产品结构和生产工艺。

项目所有完成人保持着长期稳定的合作关系，2003 年-2013 年期间围绕“高分子材料双轴拉伸取向增强成套技术及装备”各个环节的关键技术及装备，开展了持续的技术攻关并共同产出本发明创新技术成果。项目于 2013 年研制成功系列化土工格栅生产装备及产品并成功应用，成果获 2016 年中国轻工业联合会科学技术一等奖。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者	合作时间	合作成果	备注
1	产业合作	杨卫民，谢鹏程，焦志伟，张建群，李勇	2010-2013	联合成立“先进塑料成型装备创新研发中心”	
2	共同获奖	杨卫民，张建群，李勇，陆诗德，焦志伟，谢鹏程	2008-2011	“高分子材料双轴拉伸取向增强成套技术及装备” 中国轻工业联合会科技进步一等奖	
3	共同知识产权	杨卫民/1，焦志伟/2，谢鹏程/3	2011-2013	一种交错熔接自增强管材及其成型方法	

4	共同知识产权	杨卫民/1，焦志伟/3， 谢鹏程/5	2012-2014	一种叠层网状热塑性弹性体及制备方法	
5	共同知识产权	张建群/1，李勇/2	2011-2013	双层复合塑料网材成型机头	
6	共同知识产权	张建群/1，李勇/2	2011-2013	可调式塑料网材横向拉伸装置	
7	共同知识产权	张建群/1，李勇/2	2009-2010	塑料经纬网成型机	
8	共同知识产权	张建群/1，李勇/2	2011-2012	塑料网材拉伸预热装置	
9	共同知识产权	张建群/1，李勇/2	2011-2012	塑料网材纵向拉伸装置	
10	共同知识产权	张建群/1，李勇/2	2013-2014	轴向拉伸取向塑料网材成型装置	
11	共同知识产权	张建群/1，李勇/2	2013-2014	轴向直线运动网管成型装置及方法	
12	共同知识产权	张建群/1，李勇/2	2013-2014	轴向直线打孔生产塑料网材机头	
13	共同知识产权	张建群/1，李勇/2	2011-2012	滚压式三维植被网成型装置	
14	共同知识产权	张建群/1，李勇/2	2011-2012	高分子三层结构排水网成型机头	
15	共同知识产权	张建群/1，李勇/2	2013-2014	塑料格栅单向逐级拉伸装置	