

# 河北省科学技术进步奖提名书

(2021 年度)

## 一、项目基本情况

专业评审组：

项目类别： 技术开发类

项目名称		建筑工业化 PC 生产线关键设备智能化研究及应用					
主要完成人		方弟勇、孙广庆、李荣海、王海兵、申继军、耿贵军、黄林林、李鑫、杨雪山、邵东宇、乔俊南					
主要完成单位		廊坊中建机械有限公司		提名单位 /提名专家			
奖励等级志愿		三等及以上		项目涉密情况		非涉密项目	
学科分类 名称	1	电子、通信与自动控制技术			代码	510	
	2	机械工程			代码	460	
	3				代码		
所属国民经济行业		制造业					
所属产业		制造业					
本项目涉及主要计划项目（含基金）列表							
任务来源	项目名称		项目编号	起止 年限	经费	验收 时间	科技报告 编号
自选	建筑工业化 PC 生产线关键设备 智能化研究及应用						
授权发明专利（项数）		1		授权其他知识产权（项数）			7
项目起止时间		起始	2016 年 3 月		完成	2018 年 2 月	

河北省科学技术奖励委员会办公室

### 三、项目简介（限 1200 字）

近年来，以混凝土装配式建筑为代表的新型建筑工业化快速推进，促进建筑业转型升级，推动建筑产业现代化发展。新型建筑工业化的核心之一是部品生产工厂化，其是由 PC（混凝土预制构件 precast concrete 简称 PC）工厂的 PC 生产线设备的运行来实现。因此 PC 生产线设备是部品生产的核心，而国内 PC 生产线设备的自动化、智能化普遍还不高，为此我们成立专门的项目团队对建筑工业化 PC 生产线关键设备进行智能化研究及推广应用，致力于推动 PC 装备在绿色、高效、智能道路上的不断前进发展，为客户提供优质的 PC 成套装备及工厂整体解决方案。

本研究内容可以有效提高生产线的生产效率和自动化程度，减少人工操作，降低生产成本，保证产品质量。提高生产线核心设备的智能化水平。把设备运行和网络平台及 5G 技术相结合，实现设备运行过程中的高精度控制及数据的自动分析采集。除此之外设备还搭载有人机交互平台及仿真软件，可以对设备和程序的运行状况进行监控和测试，保证生产过程安全。

建筑工业化 PC 生产线关键设备智能化研究及应用提高了设备的智能化程度，提升了生产线整体工作效率，减少人工操作，节能降耗，降低成本，为 PC 工厂的整体运营提质增效，极大提升了其市场竞争力。同时也有利于提升中建机械 PC 生产线装备品质及市场竞争力，具有良好的推广价值。现已在唐山益众，南京安居建合等多个项目中投入使用，设备运行状况良好，受到客户的好评，下一步将在新项目中继续推广使用。

## 四、项目详细内容（不超过 6 页）

### 1、立项背景

近年来，以混凝土装配式建筑为代表的新型建筑工业化快速推进，促进建筑业转型升级，推动建筑产业现代化发展。新型建筑工业化的核心之一是部品生产工厂化，其是由 PC 工厂的 PC 生产线设备制造产生。近几年，随着新型建筑工业化的发展，PC 工厂及 PC 生产线设备厂家也如雨春笋般数量急剧增大，PC 工厂企业需智能化的 PC 生产线设备，提高生产效率，提升构件品质，降本增效提高市场竞争力。PC 生产线设备厂家也需做提升设备自动化、智能化方面的研发来提高设备的市场竞争力。自从德国提出了“工业 4.0”战略之后，各国开始大力发展制造业，我国颁布的《智能制造 2025》可以视为中国版本的“工业 4.0”，在《中国制造 2025》中提及智能制造，提出加快推动新一代信息技术与制造技术融合发展，把智能制造作为两化深度融合的主攻方向，着力发展智能装备和智能产品，推动生产过程智能化。

为此我们着手 PC 生产线中的核心设备、关键工序设备进行智能化研究，来提升 PC 生产线整体的智能化水平。

### 2、主要科技创新

#### （1）技术思路

通过对生产线核心设备的智能化研究，提高设备的自动化水平和生产效率，从而实现对整条生产线的智能化升级。本研究内容主要针对设备中鱼雷罐、布料机、摆渡车和振动台等核心设备，进行智能输送系统，智能布料系统，智能振捣系统和双轨双小车的智能摆渡车系统控制研究，提高设备软硬件和控制系统的稳定性和可靠性，确保生产线的运行安全和生产效率的提高。

#### （2）技术方案

##### 1、智能输送系统

依据 PC 生产线各布料系统混凝土需求，智能调度搅拌站生产、智能从搅拌站接料并输送到各所需的布料系统。主要包含智能位置跟踪及定位技术、网络通信控制技术、智能输送控制技术等，实现设备对混凝土的智能输送。

1.1、智能位置跟踪及定位技术。主要包含自校准、自跟踪、自定位等智能控制方法，实现输送设备行走过程的智能监测及智能定位控制的高效精准。

1.2、信息通信控制技术。研究采用有线及无线工业以太网技术、现场总线技术、网络技术等，实现混凝土运输设备内各控制单元之间的通信，及其与关联设备（如混凝土搅拌站、布料机、流水线系统、中控系统等）之间的通信实时、高速、稳定。

1.3、智能输送控制技术。其为智能输送系统的核心。其包含智能调度控制技术、智能接料控制技术、智能卸料控制技术等，实现输送设备对混凝土的高效、稳定、可靠、安全的运送。

##### 1.3.1、智能输送调度技术

该技术能从各生产线中控系统或布料机系统接收混凝土输送任务需求,并对输送任务智能分析抉择最佳运送方案,实现稳定高效的混凝土输送,来满足 PC 工厂混凝土整体输送需求。

### 1.3.2、智能接料控制技术

依据输送任务,智能高效控制混凝土搅拌站的生产启动、卸料、生产结束等过程,并完成输送设备的高效接料过程。

### 1.3.3、智能卸料控制技术

该技术智能控制输送设备的卸料过程及布料机设备的接料过程,实现卸料的启动、卸料过程与布料机智能协调对接,调节卸料速度、卸料角度、布料机设备的接料状态等实现卸料全程的快速稳定。

## 2、智能布料系统

其为 PC 生产线中核心设备系统,对构件生产效率及构件质量影响都较大。其主要包含智能称重单元、行走单元、出料单元、搅拌单元、智能任务调度单元、智能布料单元等。

### 2.1、智能称重控制技术

研究采用称重传感器技术及智能称重处理控制方法实现智能称重控制。包括实现混凝土重量的动态稳定采集;布料重量的自动跟踪显示;物料的智能补料接料控制,支持在线动态补料,极大地提升了布料灵活性及布料效率。

### 2.2、智能行走运行控制技术

采用传感器技术、变频控制技术、智能行走控制方法等,满足布料空间行走调节的快速响应需求,实现布料移动及定位控制的快速精准。

### 2.3、灵活高效的出料控制技术

采用螺旋出料方式设计,保障出料均匀;出料电机变频控制,实现布料速度无级可调;设计多个独立布料口,开闭数量可控,实现开启宽度可以控制,满足不同幅度、尺寸构件布料需求。

### 2.4、智能模拟运行控制技术

能对大小车的行走控制、称重控制、出料控制、布料控制等进行仿真模拟,实现对设备硬件及各控制程序的测试验证。该功能可以在实际布料机设备上运行,也可脱机运行,方便开发测试及实际验证。

### 2.5、智能任务调度控制技术

能智能识别设备终端系统、生产线中控系统、MES 系统等下达的单个或批量构件任务单,对任务单智能排序,并完成所有任务单的调用运行。

### 2.6、智能布料控制技术

该技术是智能布料的核心,包括设备建模、构件建模、智能布料过程的建模等。我们设计将智能布料过程分为多段,包括开始端、启动段,中部段,结尾段等,均都特别设计有对应的自整定闭环控制算法,在不同阶段采用不同的智能控制算法,实现布料全过程的均匀、稳定、高效。

### 3、智能振捣系统

该系统是 PC 生产线的关系工序，根本上决定了构件的振捣效果及振捣质量。振捣系统采用先进的三维振动及智能振动控制技术，实现构件的高频、低噪音、多点、同步摇摆振动。

#### 3.1、低噪三维振动技术

采用三维振动方式，以适于不同构件的高效、低噪声振动；三维震动均采用变频无极调速方式，实现无极调节激振力，达到最佳振捣效果；前后左右采用低频振动，上下震动采用高频振动；特别是多点振捣的智能同步控制，实现各维振捣点的振捣一致性。

#### 3.2、丰富的振动工艺设计

设计振动工艺能实现三维震动的单独选择或组合选择；配方工艺能支持三维震动的次序调整；能支持多段振动、各段振动频率、振动时间可独立设置等。

#### 3.3、智能振动控制技术

能自动识别当前振动的构件，并自动选择与之对应的振动工艺配方；自动检测振动效果，智能调整振动参数，保证构件振捣质量的同时实现低噪、高效、稳定的振捣。

#### 3.4、智能联动运行技术

系统通过现场总线及智能联动运行控制方法实现与其他设备联动，实时保持与流水线系统、布料系统、中控系统等之间通信控制，并实现关联系统之间智能同步高效运行。

### 4、双轨双小车的智能摆渡车系统

#### 4.1、智能“免归零、自校准”控制技术

该技术的应用消除了摆渡车的频繁归零操作，提高了系统工作的稳定性及工作效率。其自校准功能，也为每次的运行同步，定位精准，运行高效提高了保障。

#### 4.2、智能同步控制技术

对两运输小车运行过程的位置、速度、偏差等实时检测，智能分析控制，实现摆渡车的两小车移动运行的稳定性、同步性、高效性。

#### 4.3、作业任务智能调度控制技术

能接收流水线的转运任务，智能排序建立最佳任务队列，实现高效的转运；支持对任务启动前工况环境智能检测分析，确保任务的启动安全可靠。

#### 4.4、智能监控平台系统

能实时仿真摆渡车的状态信息和运行信息；能对异常或故障报警，并提示异常可能的原因及处理方法；能实现摆渡任务的查看、设备的操控；能实现设备参数、运行参数的查看、修改，以提升设备运行性能。

### （3）实施效果

本研究中的智能混凝土输送系统、智能布料系统、智能振捣系统、智能摆渡车系统已在多家工厂项目上进行示范验证应用，运行状态良好，受到客户好评。

### 3、与当前国内外同类技术比较

预制装配式混凝土生产线是生产 PC 构件的专用设备，其发展趋势是在向环保、低能耗、低原材料消耗，高自动化、高智能化水平方向发展。国外发展历史长，其设备的自动化水平比较高，环保节能性好。其缺点是价格高，市场难以接受，另外其国外欧洲设备主要为欧洲建筑物设计，主要考虑为双皮墙生产线，且为不出筋结构，很多设备在国内不能使用，而日本、台湾大多数为固定模台结构，不能满足国内工业化的快速发展。

我国的 PC 生产线设备起步较晚，系统整体自动化、智能化程度水平较低，造成生产线操作使用不方便、工人劳动强度大、生产效率低、产品质量不稳定等，难以满足满足建筑工业化的发展需求，距离 PC 工厂智慧生产的需求差距还较大。

### 4、知识产权及标准规范等情况

#### （1）专利情况

发明专利 1 项、实用新型专利 5 项、软件著作权 2 项，详见下表

专利名称	专利号	专利类型
双轨双小车同步多工位物料自动转运系统	201611208134.8	发明专利
PC 生产线布料机智能化控制软件	2020SR1739277	软件著作权
PC 线码垛机智能控制系统	2020SR1615833	软件著作权
预制构件生产线可拐弯行走的四轮独立驱动筒式送料机	201621394950.8	实用新型
物料运输车及移动系统	201820251965.1	实用新型
养护窑及预制构件养护系统	201721886473.1	实用新型
预制混凝土输送装置	201721886473.1	实用新型
一种预制构件生产线三维振动台	202020809472.2	实用新型

#### （2）论文发表情况

论文名称	发表期刊
独立四驱空中运输车直道、弯道自动运行的控制方法及应用	建筑机械（2019.10）
双小车双轨同步多工位物料智能转运系统研究与应用	建筑机械（2019.11）
PC 工厂混凝土输送系统控制技术及其应用	建筑机械（2020.12）
预制构件生产线设备的发展方向探析	防护工程（2019.5）
PC 自动化技术在预制构件生产线中的应用探析	建筑细部（2019.10）
自动化技术在机械设计中的应用	防护工程（2020.7）

## 5、科技局限性

首先本次研究主要聚焦在建筑工业化 PC 生产线部分关键核心设备的自动化、智能化，没有对生产线的所有设备作该研究，造成生产线整体的自动化、智能化程度还不足，还需提升；其次本次研究着力在设备的智能运行控制，与 BIM、ERP、MES 等系统的接口支持功能还不足，一定程度上影响到使用的便利性；另外设备的控制功能、控制方法还需完善，进一步提升设备的智能化程度，提高设备运行的安全性、可靠性、人性化等。

针对存在的问题，下一步要对建筑工业化 PC 生产线的各设备进行自动化、智能化研究，只有所有生产线设备实现自动化、智能化生产才能实现生产线整体智能生产；丰富与 BIM、ERP、MES 等系统的接口功能，为实现智慧工厂奠定坚实基础；完善设备的控制功能及控制方法，进一步提升设备的智能化程度，设备运行等稳定可靠、更节能高效。

五、主要科技创新

序号	主要科技创新点	证明材料	所属学科
1	双轨双小车的智能摆渡车系统	发明专利 论文 设备实物照片 控制系统照片	电子、通信与自动控制技术； 机械工程
2	智能布料系统	软件著作权 设备实物照片 控制系统照片	电子、通信与自动控制技术； 机械工程
3	智能振捣系统	实用新型专利 设备实物照片 控制系统照片	电子、通信与自动控制技术； 机械工程
4	智能输送系统	实用新型专利 论文 设备实物照片 控制系统照片	电子、通信与自动控制技术； 机械工程



## 六、客观评价（不超过 2 页）

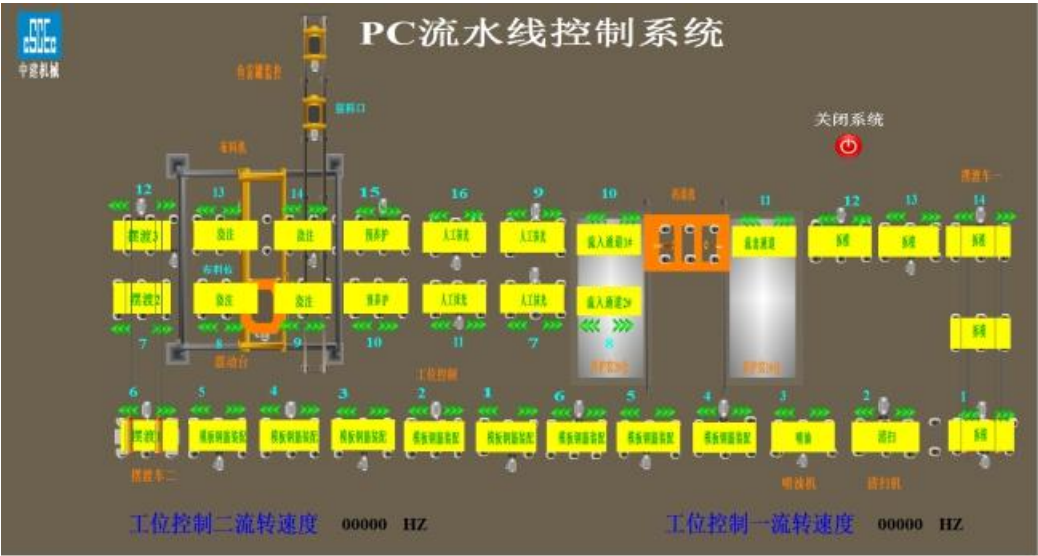
混凝土输送设备的智能输送技术研究、布料机设备的精准及自动布料技术研究、振动设备的快速低噪声振捣技术研究、摆渡设备的智能转运技术研究等，提高混凝土预制构件生产线的自动化、智能化水平，实现构件的高质量、高效率的生产，促进 PC 工厂运营提质增效，推动建筑工业化 PC 装备的发展，通过实际应用获得用户高度好评，创造了良好的社会效益。

## 七、应用情况和效益

### 1. 应用情况（限 2 页）

成果研发完成后，已在多家 PC 工厂实施，包含河南中易恒建筑科技有限公司、唐山益众新型建材有限公司、南京安居建合建筑科技有限公司、安徽筑捷新材料有限公司、武汉龙信筑工建设科技有限公司等。

下图为研发成果在实际案例中的应用截图。



PC 流水线控制系统





控制系统工程实例



PC 生产线核心设备工程实例





### 3. 经济效益和社会效益（限 2 页）

每条生产线包一般含振动台 2 台，布料机 1-2 台，摆渡车 3 组，鱼雷罐 1-2 台，核心设备合计每条生产线经济效益约为 32.4 万元，自研发成功投入市场以来，已在多条生产线上投入使用，效果良好，累计创效约 300 余万元。证明材料如下图：

<b>技术进步效益与节约三材计算认证书</b> 填报单位：廊坊中建机械有限公司      填表日期：2021 年 3 月 10 日				
新技术应用项	建筑工业化 PC 生产线关键设备智能化研究及应用		项目类别	新技术推广
应用工程名称	唐山益众		应用时间	2016 年 3 月 ~2019 年 3 月
认证书编号	技认字（PC 装备）2021 第 01 号		项目总工	方弟勇
技术进步项目简要内容	基于我国的 PC 生产线设备自动化、智能化程度水平较低，难以满足建筑工业化的发展需求，距离 PC 工厂智慧生产的需求差距还较大的现状。主要从混凝土输送设备的智能输送技术研究、布料机设备的精准及自动布料技术研究、振动设备的快速低噪声振捣技术研究、摆渡设备的智能转运技术研究等方面提升 PC 装备智能化水平。			
经济效益计算范围	建筑工业化 PC 生产线关键设备智能化研究及应用			
技术进步取得的经济效益与节约三材数量计算方法及说明	设备名称	成本	售价	经济效益
	振动台	18.69	22.00	3.31
	布料机	34.60	41.00	6.40
	摆渡车	9.56	12	2.44
	鱼雷罐	6.84	9.67	2.83
	单位：万元 每条生产线包一般含振动台 2 台，布料机 2 台，摆渡车 3 组，鱼雷罐 2 台，核心设备合计每条生产线经济效益约为 32.4 万元，自研发成功投入市场以来，已在多条生产线上投入使用，效果良好，累计创效约 300 余万元。			
财务部门认证	复查确认意见：  PC 装备事业部		认证人：赵	主管部门：
材料部门认证	复查确认意见：  材料部		认证人：胡	主管部门：
单位审定意见	复查确认意见：  方弟勇		认证人：	主管部门：

说明：1、每表只填写一项技术进步取得的原始记录；  
 2、各栏经办人及封主管部门签字盖章后，方能有效。

### 社会效益：

PC 构件具有高效节能、绿色环保、降低成本、提供使用功能及性能等诸多优势。在当今国际建筑领域，PC 项目的运用形式，各国和各地区均有所不同，在中国大陆地区尚属开发、研究阶段。随着人们对建筑品质的不断追求，建筑从基本使用功能，发展至外在环境的舒适，再到内在使用性能质量的提高，都要求实施建筑产业化，而 PC 构件产业化更是中国建筑行业发展的必然趋势。近年来，建筑产业化、节能减排、质量安全、生态环保等种种建筑新理念为 PC 构件带来了发展契机，城镇化进程中的大量基础设施建设，大规模保障房急需标准化、快速建造高质量建筑，更为 PC 构件提供了广阔空间。而 PC 生产线就是这一切实现的前提和保障，本研制内容可以提高生产线的自动化和智能化程度，积极响应国家智能制造 2025 政策，为实现建筑产业升级，提高建筑质量，提供技术支持。为保护国家绿水青山和到 2050 年实现碳排放中和的目标作出应有贡献。

## 八、主要知识产权和标准规范等目录（不超过 10 件）

序号	知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态	是否包含河北省完成单位/完成人
1	发明专利	双轨双小车同步多工位物料自动转运系统	中国	2016112081348	2019.02.19	3257575	廊坊中建机械有限公司	方弟勇 李荣海	有效	是
2	软件著作权	PC 线码垛机智能控制系统	中国	2020SR1615833	2020.11.20	6416805	廊坊中建机械有限公司	方弟勇 乔俊南 孙广庆	有效	是
3	软件著作权	PC 生产线布料机智能化控制软件	中国	2020SR1739277	2020.12.04	6540249	廊坊中建机械有限公司	方弟勇 乔俊南 孙广庆	有效	是
4	实用新型专利	物料运输车及移动系统	中国	2018202519651	2018 年 9 月 14 日	7849738	廊坊中建机械有限公司	方弟勇 乔俊南 李荣海	有效	是
5	实用新型专利	预制构件生产线可拐弯行走的四轮独立驱动筒式送料机	中国	2016213949508	2017 年 6 月 20 日	6247565	廊坊中建机械有限公司	李荣海 方弟勇	有效	是
6	实用新型专利	养护窑及预制构件养护系统	中国	2018218864731	2018 年 9 月 14 日	7847074	廊坊中建机械有限公司	孙广庆 李荣海	有效	是
7	实用新型专利	预制混凝土输送装置	中国	2018216366045	2019 年 5 月 13 日	8793747	廊坊中建机械有限公司	孙广庆 李荣海 邵东宇	有效	是
8	实用新型专利	一种预制构件生产线三维振动台	中国	2020208094722	2021 年 3 月 12 日	12676273	廊坊中建机械有限公司	邵东宇 李荣海 孙广庆	有效	是