

绿色节能型预制混凝土构件生产技术优化及应用效益

董延军

北京城建集团有限责任公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i11.8502

[摘要] 在全球气候变化以及碳达峰、碳中和战略的背景下，建筑行业的绿色转型已成必然。预制混凝土构件作为装配式建筑的主要部件，在生产过程中能耗和排放问题越来越受到关注。本文系统探讨了绿色节能型预制混凝土构件生产技术的优化路径与应用价值，从技术创新、工艺改进和管理升级三个维度阐述了生产技术优化的实施方法，并深入分析了其带来的经济、环境和社会三重效益。研究结果表明，通过原材料科学配比、生产工艺节能革新及智能化管理系统的综合应用，可以明显缩减能源消耗，削减污染排放，改进生产效率，为建筑行业可持续发展提供技术支撑和实践参考。

[关键词] 绿色节能；预制混凝土构件；生产技术优化；应用效益；可持续发展

Optimization of Green and Energy-Saving Prefabricated Concrete Component Production Technology and Its Application Benefits

Dong Yanjun

Beijing Urban Construction Group Co., Ltd

[Abstract] Against the backdrop of global climate change and the strategies for achieving carbon peak and carbon neutrality, the green transformation of the construction industry has become inevitable. As the primary components of prefabricated buildings, precast concrete elements have drawn increasing attention to energy consumption and emissions during production. This paper systematically explores the optimization pathways and application value of green and energy-efficient precast concrete element production technologies. It elaborates on the implementation methods of production technology optimization from three dimensions—technological innovation, process improvement, and management upgrading—and conducts an in-depth analysis of the resulting economic, environmental, and social triple benefits. The findings indicate that through scientific material proportioning, energy-saving innovations in production processes, and the comprehensive application of intelligent management systems, significant reductions in energy consumption, pollution emissions, and improvements in production efficiency can be achieved, providing technical support and practical references for the sustainable development of the construction industry.

[Key words] green energy conservation; prefabricated concrete components; production technology optimization; application benefits; Sustainable development

引言：

随着我国城镇化进程的持续推进和建筑工业化水平的不断提高，预制混凝土构件在现代建筑中的应用范围日益广泛。传统的预制混凝土构件生产过程能源消耗大、资源利用率低、环境污染严重，与国家目前倡导的绿色发展理念以及“双碳”目标存在明显的矛盾。建筑行业是能源消耗和碳排放的重点领域，绿色转型刻不容缓。预制混凝土构件生产技术的绿色化、节能化改造，不但是响应国家政策的必然要求，也是推动建筑

行业高质量发展的关键途径。因此，对绿色节能型预制混凝土构件生产技术进行优化研究，探索科学合理的生产技术改进路径，分析生产技术改进方案的应用效益及推广价值，对建筑行业的可持续发展有重要的意义。

一、绿色节能型预制混凝土构件生产技术优化的意义

(一) 推动建筑行业绿色低碳转型

建筑行业是我国能源消耗和碳排放的重要领域之一，占全

社会总能耗的比重一直很高。预制混凝土构件生产是建筑产业链中的重要环节，它的能源消耗及碳排放问题，直接关系到整个行业绿色发展水平。采用绿色节能型生产技术优化，采用低碳原材料、改进生产工艺、提高能源利用率等手段，可以从源头上减少碳排放，为建筑行业碳达峰、碳中和目标提供有力支持。这既符合国家绿色发展战略的要求，又是建筑行业顺应新时代的需要，是实现转型升级的必由之路。依靠技术创新和管理改善，促使预制混凝土构件生产朝着绿色化、低碳化方向发展，这将会为整个建筑产业的可持续发展奠定坚实的基础，引领行业步入更加环保、高效的新阶段^[1]。

(二) 提升预制构件生产效率与质量

绿色节能型生产技术优化不单重视环境效益，更注重生产效率和产品质量的协同提升。通过优化原材料配比可以改善混凝土的工作性能和力学性能、缩短构件的养护时间、加快生产速度。改进生产工艺流程，使用先进的成型技术及自动化设备，可以提高生产过程的精度和稳定性，降低人为因素导致的质量波动。智能化生产管理系统实现了生产全过程的数字化监控和精细化管理，可以及时发现并纠正生产偏差，保证每一件构件都达到质量要求。这些技术优化措施综合使用，一方面提升了单位时间内产量，另一方面缩减了次品率以及返工率，而且提升了构件的整体质量水准及其使用寿命，给建筑工程的安全性及耐久性赋予了依靠^[2]。

(三) 降低能源消耗与环境污染

传统预制混凝土构件生产过程中搅拌、成型、养护等工序均需消耗大量能源，同时也会产生粉尘、废水、噪声等各类污染物。绿色节能型生产技术优化从多方面改进，有效降低了能源消耗和环境污染水平。在材料选择上用工业废渣、再生骨料代替部分传统材料，既节约了自然资源，又减少了废弃物的排放。生产工艺上用蒸汽养护代替传统的养护方式，优化养护制度，大大降低了能源消耗。设备应用方面引入节能型搅拌机、高效振动台等先进设备，提高了能源利用效率。同时通过封闭式生产、除尘系统、废水处理设施等环保措施来控制粉尘、废水、噪音等污染物的排放，改善生产环境和周边环境质量，实现了经济效益和环境效益的有机统一^[3]。

二、绿色节能型预制混凝土构件生产技术优化

(一) 原材料选择与配比优化

原材料是决定预制混凝土构件性能及环保特性的重要因素。绿色节能型生产首先要从源头把控，科学合理地选择和搭配原材料。在胶凝材料上，采用粉煤灰、矿渣粉、硅灰等工业副产品部分取代水泥的掺合方式，既节约了水泥的使用量和生产成本，又减少了水泥生产过程中高能耗、高排放的问题。其中粉煤灰掺量一般为胶凝材料总量的15%-30%、矿渣粉掺量一般为20%-40%、硅灰掺量虽然小，但是效果明显，一般为5%-10%。

这些辅助性胶凝材料可以改善混凝土的工作性及长期强度，其火山灰活性在后期持续发挥作用，填充混凝土内部的孔隙，提高密实度，提高抗渗性及耐久性。在骨料选择上积极采用再生骨料替代部分天然骨料，充分利用建筑废弃物资源，减少对自然砂石资源的依赖。再生骨料的替代率要根据构件的受力特性及性能要求来合理确定，非承重构件可以达到50%以上，承重构件一般控制在30%以内。再生骨料使用前需要进行破碎、筛分、清洗等预处理工序，去除杂质，保证质量稳定。在外加剂的使用中，使用高效减水剂、早强剂等新型外加剂，在保证混凝土性能的前提下降低用水量，提高混凝土密实度。高效减水剂可以使拌和用水量减少20%到30%，不仅可以改善混凝土的和易性，还可以提高混凝土的强度和耐久性。早强剂使用可缩短养护时间，加快模具周转，提高生产效率^[4]。

(二) 生产工艺流程的节能改进

生产工艺流程的节能改造对于降低能耗、提高效率起着非常重要的作用。在搅拌工艺上采用强制式搅拌机代替传统的搅拌设备，搅拌叶片的特殊设计可以产生强烈的剪切和对流作用，大大缩短搅拌时间，一般可将传统的3-5分钟缩短到1-2分钟，提高搅拌均匀性的同时显著降低电能消耗。搅拌机的装料系数也要优化，一般控制在0.6~0.8之间，既能保证搅拌效果，又不会使设备超载。优化搅拌工序安排，采用集中搅拌、分批供料的方式，合理安排各生产线的用料时间，使搅拌站连续高效运转，减少设备空转时间及启停次数，降低电能消耗。在成型工艺上，按构件的种类选择合适的成型工艺，采用振动成型、挤压成型等成型效率高的工艺，提高成型质量、效率。振动成型是控制振动频率（一般为50-100Hz）、振幅（2-5mm），使混凝土充分密实，排除混凝土内部气泡，提高构件的表观质量及物理性能。对于空心板、管桩等构件，挤压成型技术可以实现连续生产，大大提高生产效率。成型过程中的脱模剂选择也很重要，应该选用环保型的脱模剂，减少对环境的污染，保证脱模效果，防止构件表面缺陷^[5]。

(三) 智能化生产管理系统应用

智能化生产管理系统是开展绿色节能生产的手段。通过建立数字化生产平台，采用工业互联网、大数据、云计算等先进技术，把生产计划、原材料管理、工艺控制、质量检测、能耗监测等各个部分加以整合，冲破信息孤岛，达成生产全过程的信息化管理与智能化操控。系统为分层结构，设备层、控制层、管理层、决策层各一层，各层之间通过标准接口进行交流。生产计划根据订单需求、设备状态，原材料库存等来进行智能算法的生产计划生成，根据设备产能、模具数量和人员安排这些约束条件合理地分配生产资源，均衡各个生产线的负荷来防止生产冲突与浪费。系统可以预知可能出现的生产瓶颈，提前做好资源的调配工作，提高生产计划的完成率。对紧急订单或者

生产异常的情况可以迅速做出反应,及时做出生产调整,保证生产的灵活性和连续性。

三、绿色节能型预制混凝土构件的应用效益分析

(一) 经济效益: 成本节约与效率提升

绿色节能型预制混凝土构件生产技术优化带来的经济效益,主要表现在成本降低、效率提高两个方面。从成本角度来说,使用工业副产品和再生材料代替部分传统原材料,降低了原材料的采购成本。采用科学的配比优化技术,在保证性能的基础上,减少高价值材料的使用量,从而降低材料成本。明显减少电力、燃料等能源的消耗量,能源成本大幅度降低。智能化管理系统的使用减少了人工操作产生的错误,降低了次品率和返工率,从而减少了材料及人工的浪费。从效率角度来说,优化后生产工艺缩短了构件养护周期、加快了生产节奏、提高了设备利用率及产能。运用自动化、智能设备减少人工操作,降低劳动强度,提高生产效率。生产管理细化以后,生产计划更科学合理,生产中断和等待的时间减少,生产效率普遍提高。这些经济效益叠加起来一方面提高企业的市场竞争力,另一方面又给企业可持续发展提供资金支持,形成一个良性循环。较低的生产成本也会使绿色节能型构件有更强的价格竞争力,扩大市场份额,促进绿色建筑技术的应用。

(二) 环境效益: 资源节约与减排成效

绿色节能型预制混凝土构件生产技术优化的环境效益是其主要价值,体现在资源节约、污染减排两方面。从资源节约方面讲,使用粉煤灰、矿渣粉等工业废料和再生骨料,可以大幅度地减少对天然砂石等不可再生资源的开采量,有利于保护自然生态环境。水泥用量的减少一方面可以节约石灰石等矿产资源,另一方面也可以间接减少水泥生产过程中所消耗的资源。优化配比设计、准确生产控制减少原材料浪费,提高资源利用率。水泥用量减少,直接减少水泥生产过程中大量二氧化碳的排放,对缓解气候变化发挥积极作用。生产工艺节能改造大大减少了化石能源的消耗,进而减少了二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物等温室气体和污染物的排放。封闭式生产、除尘系统,控制粉尘排放,改善空气质量。完善废水处理设施,使生产废水得到循环利用,进而减少了用水量和废水排放。噪音控制措施的实施减少了生产过程中对周围环境的噪音污染。环境效益的取得一方面满足了国家环保政策的要求,另一方面也改善了企业的环境形象,提高了社会对企业的认可度,为建筑企业赢得绿色发展的社会声誉做出了贡献,同时也为整个建筑行业环境的改善做出了贡献。

(三) 社会效益: 产业升级与可持续发展

绿色节能型预制混凝土构件生产技术优化所产生的社会效益是深远的、广泛的。从产业升级层面来看,该技术的推广

应用促使预制混凝土行业的生产由粗放型向集约型转变,促进了技术进步和管理水平的提高。先进生产技术和智能化管理系统应用推动相关装备制造业、信息技术产业的发展,产生产业联动效应。行业整体水平提高,使得我国预制混凝土行业的国际竞争力得到提高,为“走出去”战略的实施奠定了基础。从就业层面而言,虽然自动化减少了对简单劳动的需要,但创造了更多的技术型、管理型岗位,提高了就业质量,促进了劳动力素质的提高。从社会发展角度看,绿色节能型构件的推广应用有利于装配式建筑的发展、缩短建设周期、提高建筑质量、改善人居环境、提高人民生活水平。生产过程的环境改善保护了工人健康,体现了以人为本的发展观。从可持续发展角度而言,该技术做到了经济效益、环境效益、社会效益的统一,符合可持续发展战略。缩减资源耗费,削减污染环境状况,给后代留下更辽阔的发展地盘与环境容量。技术创新与应用实践所积累的经验为其他行业的绿色转型提供借鉴,有示范引领的作用。这些社会效益的实现,既促进了建筑行业由旧转新,又对社会绿色发展、可持续发展起到了积极的作用,具有十分重大的战略意义和长远的价值。

结语

绿色节能型预制混凝土构件生产技术优化是建筑行业积极响应国家“双碳”战略、实现绿色转型的重要渠道。通过原材料选择与配比优化、生产工艺流程节能改善、智能化生产管理信息系统运用等技术手段,可以达到降低能源消耗、减轻环境污染、提高生产效率和产品质量的目的。由此产生的经济、环境、社会三重效益很好地说明了技术优化的价值与意义。随着新工艺、新技术、新材料的不断出现,预制混凝土构件的生产将会越来越绿色、智能化、高效化,为建筑行业可持续发展提供强有力的技术支撑,推动美丽中国梦的实现。

参考文献

- [1]沈存莉.墙新.预制混凝土构件中工业废料再利用的节能潜力[J].石材,2024,(10):128-130.
- [2]周朋,王有旗,赵双林,等.真空去水压成型对机制砂混凝土性能的影响[J].硅酸盐通报,2023,42(2):478-486.
- [3]肖力光,呼子博.预制混凝土复合外挂墙板的研究现状[J].混凝土,2024,(1):155-158.
- [4]温广军,张志峰,秦长宽.预制混凝土劲性体在公路软土路基处理中的应用[J].工程与建设,2023,37(3):933-935.
- [5]武鹏.BIM技术在预制装配式混凝土结构设计中的应用[J].建材发展导向,2024,22(10):58-61.

作者简介:董延军,男,1974年4月26日,汉族,山东省莱州市,中央党校研究生,工程师。