

人工智能赋能混凝土智慧生产实践研究

宋真*

江西中路混凝土有限公司 江西南昌

【摘要】随着“双碳”政策的全面推进，混凝土生产行业对节能减排的要求不断提升，进而逐步向自动化、智能化与智慧化方向发展。在传统混凝土生产中，其技术工艺存在能源浪费、资源损耗与碳排放高等问题。智慧化生产模式转型升级不仅在于实现自动化控制、数字化管理与智能施工，而且还在于提升生产效率与质量，从而达到节能减排的效果。本文即在此背景下展开研究，通过分析混凝土全链条智慧生产模式的构建思路，进而从数字化检测、控制技术、质量检测等方面引入智慧生产机制，构建以计算机视觉和人工智能技术为核心的混凝土智慧生产工艺，为混凝土行业数字化转型奠定基础。

【关键词】人工智能；混凝土；智慧；生产

【收稿日期】2024 年 10 月 23 日

【出刊日期】2024 年 12 月 13 日

【DOI】10.12208/j.sdr.20240014

Artificial intelligence empowers the practice of intelligent concrete production research

Zhen Song*

Jiangxi Middle Road Concrete Co., Ltd. Nanchang, Jiangxi

【Abstract】With the comprehensive promotion of the "dual carbon" policy, the concrete production industry is continuously raising its requirements for energy saving and emission reduction, and is gradually moving towards the direction of automation, intelligence, and wisdom. In traditional concrete production, there are issues such as energy waste, resource loss, and high carbon emissions in its technical processes. The transformation and upgrade of the intelligent production model is not only about achieving automated control, digital management, and intelligent construction but also about improving production efficiency and quality to achieve the effect of energy saving and emission reduction. This paper conducts research against this backdrop, by analyzing the construction strategy of the intelligent production model for the entire concrete production chain, and then introducing intelligent production mechanisms through digital inspection, control technology, and quality inspection. It aims to build a concrete intelligent production process centered on computer vision and artificial intelligence technology, laying the foundation for the digital transformation of the concrete industry.

【Keywords】Artificial Intelligence; Concrete; Intelligence; Production

1 引言

标自 2021 年起，我国为更好地应对气候变化问题，提出了“碳中和、碳达峰”目标，由此正式开启“双碳”政策。建筑行业是我国碳排放的重要领域之一，而混凝土生产则是建筑行业中的关键环节，因此，在混凝土生产中落实节能减排成为相关行业革新发展的核心趋势。在传统混凝土生产工艺与模式中，其不仅存在能源浪费、资源损耗的问题，同时也造成了大量的碳排放，其中水泥使用环节是造成碳排放的关键

因素，其碳排放占比达到 90%以上。根据我国当前的市场环境，混凝土生产行业中由于优质原材料缺失，使得其混凝土材料性质存在一定的波动与变化，同时造成了减水剂与原材料之间出现兼容性困境。此外，砂石骨料的配制材料、含水量以及石粉材料性质等也是影响混凝土强度的重要因素，在建筑施工过程中，为了确保混凝土质量与强度达标，多数施工人员会采取增加水泥用量的方式达到目标。重要原因在于水泥不仅可以更好地填充骨料的间隙空间，而且可以缓解

*通讯作者：宋真（1983-），男，江西南昌，汉，本科。研究方向：人工智能技术在混凝土行业中的应用

骨料配置较低或粒形不佳造成的骨料摩擦问题，从而提升了混凝土的流动性和稳定性。但该解决方法具有负面效应，甚至还会造成恶性循环，即为了解决材料控制不当而造成的质量问题需要增加水泥用量，而增加水泥用量加剧了碳排放问题，因而表现为混凝土质量越高对环境的破坏越强烈。

因此，面对上述问题与挑战，混凝土生产领域必须从技术与工艺层面进行全方位革新升级。本文提出将人工智能技术与数字化技术应用于混凝土生产领域的思路和方法，并以此构建智慧化的生产流程与模式，以此实现精细化监测、智能化管理、数据化决策、全流程跟踪的效果，最大限度地降低碳排放量。具体来说，一方面应在混凝土生产环节引入先进的监测系统，实时采集原材料入场数据，并通过数据与参数评估，识别原材料特征与潜在问题，进而提前做好工艺处理准备。另一方面，在混凝土搅拌过程中，应依托监测系统对混凝土的流动性、质量表现等进行全面检测，并按照数据反馈实时调整材料配比，确保混凝土生产

的均匀性、稳定性与高质量，既节约了生产材料，又降低了碳排放，还减轻了施工人员的劳动强度。此外，还可以建立混凝土批次追溯机制与大数据分析系统，能根据建筑工程的实际使用情况，及时调整混凝土生产方案，进一步提升混凝土生产行业的灵活性与可控性，从而推动混凝土生产行业的绿色化转型与可持续发展，为我国“双碳”目标实现提供重要助力。

2 混凝土全链条智慧生产概述

工业 4.0 不仅全面推动了我国制造业的发展，而且引入了人工智能与数字技术，将现代工业生产与传感器、数据采集、云平台等技术及设备进行融合联动，实现了数据实时监测、智能分析与决策的效果，实现了提升生产效率、优化资源应用、降低生产成本的目的与效果。但是在制造业向数字化转型升级的过程中，建筑行业中混凝土生产领域却处于数字化发展缓慢的状态。本文提出以人工智能技术为基础的数字化转型升级方案，以此构建混凝土全链条智慧生产模式，并向“黑灯工厂”发展。

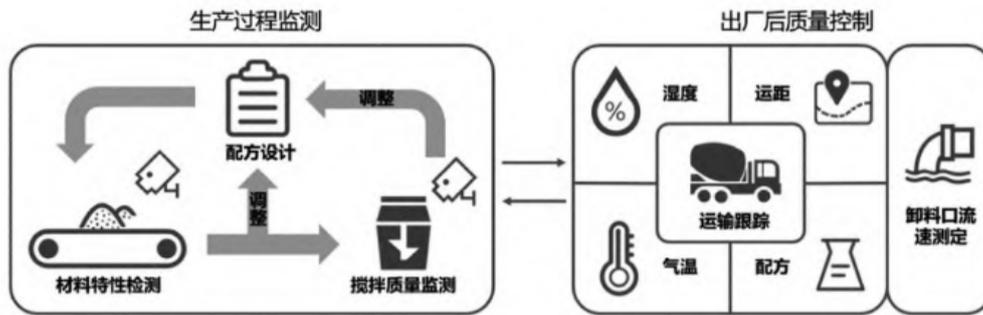


图 1 人工智能视域下的混凝土生产链工艺步骤

如上图 1 所示，首先，在人工智能支持下，搅拌站可以根据订单要求明确混凝土初始配方，同时在砂石骨料等材料入场过程中，可以利用计算机视觉技术通过非接触方式测量并评估原材料的参数与质量，以此确保材料服务实际生产需求。其次，在配方设置与优化过程中，可以根据实时监测数据与历史订单成果进行细化分析，以此持续优化和调配合方工艺，提升材料的应用价值与效率。其三，在粉料搅拌过程中，还可以利用计算机视觉技术、传感器等设备及时反馈其坍落度等流变特征数据，以此识别并监督设备中的运行或生产问题，比如异常下料、设备安全隐患、维修需求等。同时，根据其数据反馈还可以利用大模型进行预测分析其坍落度，以此利用人工智能技术智能

化分析原材料配比方案，进而达到混凝土生产标准。其四，在混凝土生产出厂后，还可以通过跟踪系统对运输环节进行评估检测，包括运输时间、运输环境、道路状态等，以此判断该环节引起的坍落度损失。在施工地点与环境等其他因素确认后，还可以通过智能系统提前调整水灰比，或者额外添加一些材料用于降低运输坍损问题。最后，在运输到工地之后，还可以利用非接触流速测量技术再次检测浆料状态，并提高工地的响应速度，及时调整混凝土情况，为建筑施工做好准备。总之，混凝土全链条智慧生产系统主要应用了人工智能技术、自动化技术与大数据技术等，可以将监测系统与混凝土生产全流程融合，从而对其生产流程、工艺方案、生产质量等进行全面监测与跟踪

管理,可以达到全周期闭环管理的目的和效果。

3 混凝土智慧生产的数字化检测与控制技术研究

3.1 骨料砂石特性智能检测

在原材料选择与应用环节,应着重关注砂和粗骨料的性质与状态,以此提高混凝土生产的稳定性。随着砂细度模数的降低,其表面积会随之增大,由此使得材料吸水率上涨。在当前混凝土生产行业领域中,砂含水率与标称的差异是影响混凝土初始比例的重要因素,不仅对水化反应造成影响,而且还可能造成裂缝问题。同时,砂颗粒级配问题对混凝土质量也有直接影响,尤其表现在堆积效果和耐久性方面。比如粗骨料中的碎石含量与针片状材料含量有较大差异,那么混凝土的力学性能也会随之变化。因此,通过检测骨料级配情况,可以合理填充砂石,从而提高混凝土的流动性效果。

对此,本文提出骨料砂石特性智能检测方案。由于通过优化粗骨料级配可以达到强化填充密度、强度与致密性、降低孔隙率与胶凝材料用量等效果,同时也可以达到降低碳排放量的目的,因此探究粗骨料级配的优化方案成为混凝土生产工艺的关键。在传统混凝土生产与研究中,主要通过样品采集与实验室测试等方式检测材料性能,研究效率低下,无法快速反馈到生产实践之中。而骨料砂石特性智能检测方案主要发挥了数字图像处理技术优势,可以直接根据骨料提取轮廓特征信息,从而显著提高快速分割与粒度分析的研究进度。

具体来说,一方面,在离散骨料情境下,可以通过设置滤波、阈值与分水岭等方式完成骨料分割。另一方面,在复杂堆叠情境下,由于受到噪声、光照、阴影变化等影响因素,其边缘识别与轮廓提取效果不佳。因此针对该情境,可以发挥人工智能技术与深度学习建立研究模型,以此通过特征提取网络识别语义信息,进而达到智能识别和分析不同阶段、尺度特征图的效果。在该模式下,可以将特征图区域与感兴趣区域进行校准,进而达到目标分类的效果。通过迁移学习方式,可以不断对模型的精细程度进行优化,并通过参数调整,提高模型的贴合度,并为单级料选取与级配料样品提供不同的实验方案。因此在深度学习支持下,其获取的轮廓信息更为精准,可以更好地推导出级配曲线,从而达到提升混凝土质量与稳定性的

效果。

此外,砂含水率也是混凝土骨料砂石特性分析中的关键参数之一。在传统检测中,主要通过电阻电容法、烘干法、中子检测法等方式,但这些方式都需要直接接触材料,不仅有着更大的误差,而且容易受到黏附物料的干扰。红外传感器测量方法实现了非接触测量效果,但是其敏感度较低,尤其在砂石表面颜色的差异化影响下,其测量结果会受到较大影响,因此该方法主要用于测量表面水分,无法满足实际需求。在人工智能技术融合应用下,可以采用微波投射法,将微波发射与接收探头分别安装在物料皮带的上下端,根据微波能量衰减原理以及超声波高度补偿探头,即可有效计算瞬时高度。在此基础上可以采集数据并计算微波总能量与瞬时高度之间的比值结果,从而得出物料含水率。该方法不仅避免了颜色、光照等影响因素,而且可以从突破表层对其内部进行检测,从而计算物料整体的水分状态。除此之外,还可以利用大数据技术辅助完善测试模型,进一步降低温度、厚度、密度、粒度等影响因素。通过实验测试发现,该设备的精度可以达到 $\pm 0.5\%$,最佳情况下可以达到 $\pm 0.3\%$ 。

3.2 混凝土坍落度在线监测

坍落度是混凝土生产中至关重要的质量检测标准。在传统生产流程中,主要依靠抽样检测的方式,借助人工坍落度筒实验完成检测,不仅存在较高的误差,而且属于滞后检测,无法达到实时反馈的效果。在混凝土生产工艺研究中,坍落度是影响搅拌机关键参数的重要指标。因此在混凝土智慧生产系统构建中,还需要建立针对性的在线监测体系。在智能化视域下,三维视觉传感器成为实时监测混凝土坍落度的重要技术之一。该技术可以将混凝土坍落度指标转化为三维形态信息,并建立自动化测量机制。该方法相对更加精准,但是需要在完成搅拌后进行小批量采样检测,无法做到实时监测。与此同时,混凝土表面形貌特征也是用于混凝土坍落度指标检测的重要因素之一,在不同流变性能状态下,混凝土的颜色、纹理、深度等信息存在较大差异,由此即可展现出混凝土的表面变形与波动状态。在此基础上,可以根据其图像序列整合混凝土表面在时间与空间延续方向的数据信息。因此本文提出以 CNN-RNN 为基础的预测模型,该模型以视频与图像捕捉为基础,通过 RGB 分析与深度图像处理,从而推演出坍落过程的时序关系。具体来说,

该系统需要通过光照、声音等模块融合,将视频信息与声音信息综合处理后预测坍落度,其数据偏差可以保持在 $\pm 20\text{cm}$ 之内。

4 混凝土智慧生产的质量跟踪控制技术研究

4.1 影响因素分析与机器补偿

在混凝土生产流程中,出厂后环节的质量管理同样重要,不仅直接影响其结构安全性能,而且其运输与环境因素也会直接影响混凝土的质量,比如距离、湿度、温度变化等。一旦运输过程中造成坍落度指标降低,则会直接影响其施工效果。对此,混凝土智慧生产系统提出了智能补偿机制,可以通过大数据系统对运输过程中的环境因素进行全面监测,同时结合混凝土生产时的配方因素,将其输入由机器学习构建的补偿模型之中,从而推演出根据实际环境需要做出的水灰比调整方案与外加剂用量调整机制。

4.2 计算机视觉与自动检测装置

在混凝土运输到目的地后,还应实时监测其混凝土性能,以此为施工方提供更直观的质量检测指标。混凝土智慧生产系统提出了倾斜槽流速检测方法,可以在其倾斜槽位置安装传感器并利用计算机视觉技术进行信息采集,通过逐帧光流法进行推导与演算,从而计算出当前混凝土的坍落度。此外,倾斜槽角度对混凝土流速也有直接影响,因此可以建立不同倾斜角的检测标准,并建立相应的流速变化曲线,以此作为校正依据。

5 结语

综上所述,在“双碳”目标导向下,混凝土生产必须向节能减排方向转型升级,以此适应新时代制造业的发展需求。在人工智能技术支持下,构建智慧生产系统成为混凝土产业升级的直接目标,该系统应针对原材料质量控制、骨料配比参数、出厂运输、目的地检测等环节进行全面监控与智能化管理,

既要实时把握混凝土的坍落度与流速等性质特征,又要根据实际需求及时调整生产方案与流程,以此确保混凝土生产质量的稳定性与统一性,并从根本上减少材料浪费,提高环保品质,提高施工质量与效率。总之,混凝土智慧生产是推动混凝土产业质量提升、碳减排、优化资源利用的重要动机,在数字化与智能化技术支持下,混凝土生产的全流程与全周期可以实现精准化检测与智能化控制效果,从而真正推动传统建筑工程产业向低碳化、高效化与现代化发展,实现了以技术赋能产业进步的目的与效果,也为未来我国制造业发展指明了方向。

参考文献

- [1] 邱帧文.人工智能技术在混凝土行业的研究进展[J].上海建材,2024,(04):1-3.
- [2] 胡小明.基于人工智能的混凝土配合比设计[J].智能城市,2024,10(01):93-95.
- [3] 李逊,李俊超,邓林忠,康旭云,欧启捷,劳恒辉.人工智能优化技术在钢筋混凝土结构的应用[J].建筑结构,2023,53(S2):1425-1430.
- [4] 胡畔.基于人工智能的混凝土配合比优化设计分析[J].四川水泥,2023,(02):4-6.
- [5] 肖祁南.基于人工智能的混凝土配合比多目标优化研究[D].广州大学,2022.
- [6] 王浩.基于集成学习和 LSTM 人工智能算法的混凝土徐变研究[D].北京交通大学,2020.

版权声明: ©2024 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS