

物联网技术在商品混凝土中的应用研究现状及展望

杨成钢

(华北水利水电大学, 郑州 450045)

摘要:物联网以互联网为基础实现万物互联,传统商品混凝土生产由于是半自动和人工管理生产导致信息经验主义差错、透明程度低、缺乏扼要监督等问题,因此利用物联网技术设计一款新型混凝土搅拌站生产管理系统和砼车调度系统显得尤为重要,物联网技术从感知层、接入层、处理层和应用层四个层面入手,引入 RFID 技术、GIS 地理信息系统、GPS 全球定位系统和各类传感器,使商品混凝土生产和调度更适应时代。本文从商品混凝土的组成、发展和搅拌站的运营流程出发,阐述运营中车辆调度和生产管理两个关键环节的研究现状,概括了商砼物联网系统的架构和物联网技术在商品混凝土搅拌站生产管理和车辆调度中的应用。最后,提出今后物联网技术在商品混凝土中的应用研究应侧重以下方面:(1)基于商品混凝土时效性、连续性和需求不固定性特性展开研究;(2)整合搅拌站的资源并进行生产管理控制系统开发研究;(3)建立车辆管理系统和调度算法研究。

关键词:商品混凝土;物联网技术;混凝土搅拌站;车辆调度

DOI:10.48014/fcmet.20230702001

引用格式:杨成钢. 物联网技术在商品混凝土中的应用研究现状及展望[J]. 中国机械工程技术学报, 2023, 2(2): 10-19.

0 引言

“物联网”的概念,是比尔盖茨在 1995 年出版的《未来之路》中首次提到的,而此概念正式提出是在 2005 年 11 月 17 日的“信息社会峰会”(WSIS)^[1],实际上,在物联网一词还未普及的时候,人们的生活就已经渗透各式各样的物联网技术了。目前,全球制造业格局正处在深刻变化之中,只有充分把握“互联网+”“5G+”“工业互联网”和“工业 4.0”给全球带来的机遇和挑战,加快实施《中国制造 2025》进程,才能推动中国制造业由大到强历史性跨越,实现中国经济高质量发展^[2]。

近年来,随着“5G+工业互联网”^[3]在制造业中

广泛应用,同时响应国家“双碳”目标的号召,以及中国高质量发展阶段的市场需求,商品混凝土行业也迫切需要向绿色、环保、智能化、信息化、高质量的方向转型^[4]。

生产管理环节和车辆调度环节是混凝土产业的两个重要环节,生产管理环节由于长期处于半自动和人工管理,各岗位之间存在人工经验影响混凝土品质、各岗位之间信息滞后、粉尘缺乏监控不利于环保等问题,此外,车辆调度环节由于商品混凝土的特性,车辆调度路径不宜过远,运送和等待时间都不宜过长,混凝土车辆调度由于缺乏监管,调度运输不合理等问题同样影响混凝土质量。

因此,利用物联网技术在设备上引入更多传感

通讯作者 Corresponding author: 杨成钢, 123211265@qq.com

收稿日期: 2023-06-05; 录用日期: 2023-06-11; 发表日期: 2023-06-28

基金项目: 国家自然科学基金项目“基于物联网的企业资源配置优化研究”(71371172); “河南 2023 预拌混凝土材料智能配送关键技术及云平台系统研发”(232102220089)

器组成传感网络,在车辆调度环节引入 RFID 技术、GIS(地理信息系统)和摄像头实时监控,结合智能算法建立合理的调度方案,对提升商品混凝土质量和生产效率至关重要,同时,物联网技术和商品混凝土搅拌站的结合是我国制造业发展的迫切需要,也是当下研究的热点。

本文结合商品混凝土的发展和特性,搅拌站的组成和运营流程,就生产管理环节和车辆调度环节综述近年来学者的研究成果总结物联网技术在商品混凝土中的应用,并提出笔者对于未来商品混凝土产业发展方向的短浅思考。

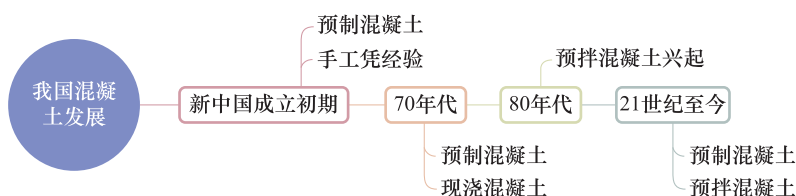


图1 我国混凝土发展历程图

Fig. 1 Development history of concrete in China

商品混凝土(又称预拌混凝土),是指用水泥(胶凝材料)、砂子(细集料)、石子(粗集料)、水和添加剂(泵送剂等)经一定比例搅拌混合,以商品的方式运输销售的混凝土,其组成如图2所示。

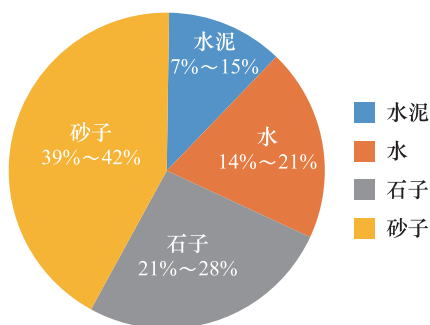


图2 商品混凝土组成图

Fig. 2 Composition of commercial concrete

评价混凝土性能的好坏的指标有多种:在施工前新拌混凝土为保证良好的施工性能,需要具备良好的坍落度(和易性);凝固后的硬化混凝土,根据不同工程,需要有足够的立方体抗压强度来承重抗压;为得到合适的工作性能加入适当泵送剂来延长的凝固时间^[6]。凝固时间是商品混凝土的重要指标,一方面,通过延长凝固时间有助于提高配送过程的容错性,另一方面,过渡延长凝固时间 t 远超设

1 商品混凝土和混凝土搅拌站研究现状

1.1 商品混凝土及其发展

中国是混凝土使用大国,混凝土使用量占据世界的60%,连续二十年位居世界第一,我国混凝土年产量约25亿吨,用量高达45亿 m^3 ^[5]。商品混凝土以其质量好、效率高充分适应市场等优势,从解放初期至今迅猛发展,在历史长河中脱颖而出。我国混凝土发展历程如图1所示。

计凝固时间 d 会使混凝土产生超时缓凝现象,从而降低各龄期强度^[7]。也由于此时间窗的限制,目前物联网技术在商品混凝土车辆调度方面的研究有许多。

1.2 混凝土搅拌站的组成

1903年,德国建造了世界第一座混凝土搅拌楼^[8]。我国20世纪80年代,常州市建设局建立了我国第一座商品混凝土搅拌站。截至2020年,我国已经能生产产量为60~300 m^3/h 的混凝土搅拌站,且国内某些厂家如:中联重科、南方路机等搅拌站技术水平已经能达到或超过进口混凝土搅拌站^[9]。

目前,商品混凝土搅拌站大多采用模块化设计,模块之间采用销轴、螺栓等软连接,拆装方便^[10]。商品混凝土搅拌站有如下组成部分:骨料配料系统、传送带、集尘装置、过渡储料仓、螺旋输送装置、搅拌主机、控制室、气路系统、管路系统等组成,其系统的运作简图如图3所示。

1.3 商砼的运营流程及特性

商品混凝土搅拌站的运营流程可分为如图4所示的六个阶段:客户下订单、搅拌站生产装料、罐车去程运输、罐车到达施工地卸料、罐车返程运输、订单结算。

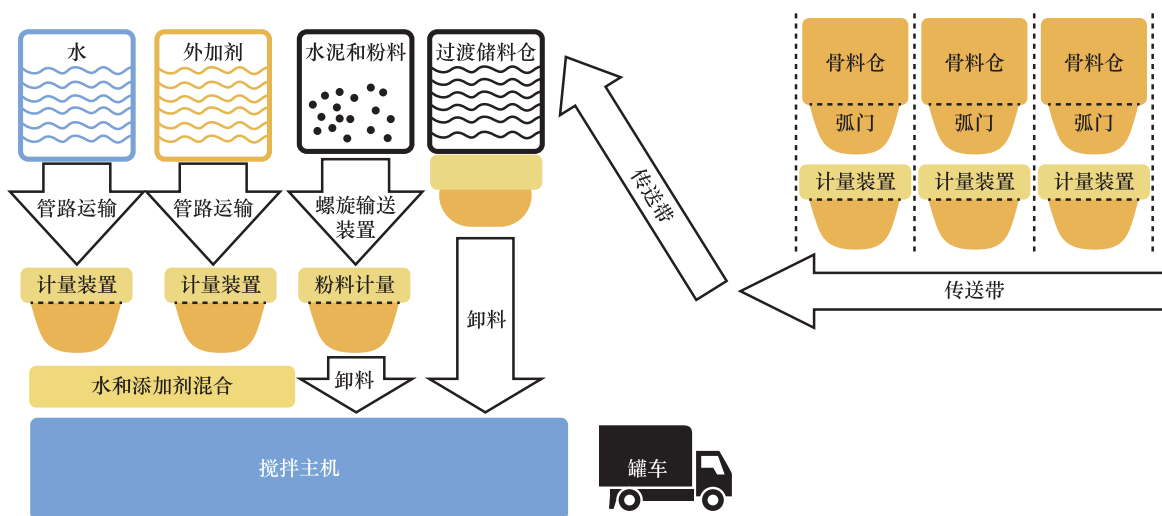


图3 商品混凝土搅拌站系统运作简图

Fig. 3 Commercial concrete mixing station system operation diagram

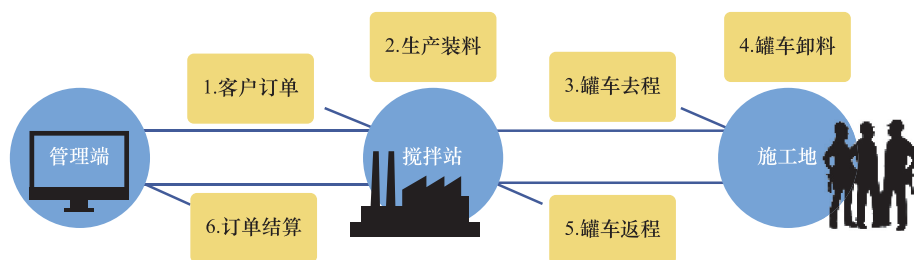


图4 商品混凝土运营流程图

Fig. 4 Flow chart of commercial concrete operation

根据商砼运营流程,混凝土又具有如下3个特性:时效性,即商品混凝土具有过了“保质期”会冷凝的特性;连续性,即在施工现场,商砼需要连续浇筑,以防出现冷缝,从而破坏建筑的特性;需求不固定性,即施工进度受天气、温度等多方面因素影响,混凝土需求量不固定特性。基于以上特性,抓住矛盾的主要方面,使得商品混凝土分支出若干研究方向,如:车辆调度方向、称量精度方向、混凝土材料性能方向等。从事研究工作,要主次分明,抓住运营的核心环节,是加快商品混凝土产业转型,提升产业竞争力的关键所在,因而研究应着重抓住车辆调度和生产管理两个环节进行。

2 物联网技术在商砼搅拌站中的研究现状及应用前景

2.1 商砼物联网系统的总体架构

狭义的物联网可视为传感器网络,而广义的物

联网的总体架构一般包括四个层面:感知层、接入层、处理层、应用层。其中感知层由遍布各地的各类传感器和RFID标签、RFID识读器、摄像头、GPS等嵌入式终端组成的传感器网络构成,感知层负责对外界的数据识别、监测和采集。感知层是物联网的底层架构,也是物联网的基础;接入层即接入网络,是由各类有线或无线的节点、固定或移动的网关各种通信网络和互联网的融合体,如5G网络。接入层是物联网的第二层,负责传输数据,将数据接入网络。处理层顾名思义是处理数据的物联网部分,如服务器或云端服务器。用来储存和处理数据;应用层是物联网的最高层,也是肉眼能够看见的部分,物联网在生活中无处不在,小到完成我们日常进出小区的门禁任务,大完成到新冠肺炎疫情救灾物资运送、体温检测任务。应用层是用来实现各行各业、各个领域功能的一层,实现信息技术与各个行业应用的深度融合。

目前,物联网技术在制造系统、仓储系统、物流

配送系统中均有广泛应用。郭小溪等^[11]在 2011 年,将 RFID 技术应用于库区,通过无线网络与主机进行数据交互,接着利用 A* 算法和遗传算法实现仓储多车智能调度,节省了时间、提高了空间利用率。沈彦君^[12]在 2012 年,提出一种图书馆物联网架构,感知层使用 RFID、摄像头和馆内的各种传感装置构成传感网络,智能监测图书馆温度、照明、湿度等情况,接入层通过 3G 网络和 Wifi 实现

“物与物的交流”,处理层将数据上传至云端进行数据储存、处理,应用层实现图书馆业务的远程维护和操作。Arden^[13]在文中针对“工业 4.0”,分析了物联网技术结合制药业,从手工制造到智能制造的变迁过程,并展望未来制药业的发展。基于物联网技术的商品混凝土搅拌站系统架构可以分为感知层、接入层、处理层和应用层四层,如图 5 所示。

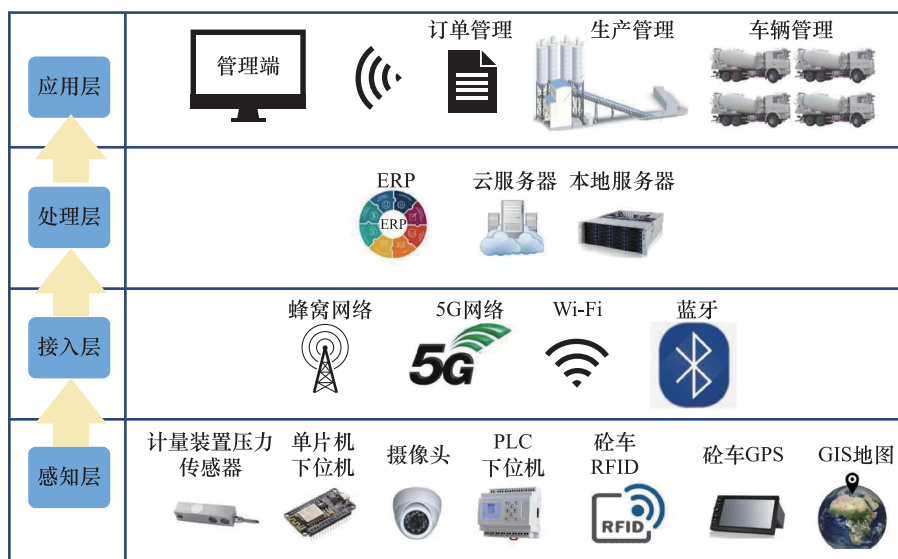


图 5 商砼物联网系统总体架构

Fig. 5 Overall architecture of commercial concrete Internet of Things system

目前,学者们在研究人员基于物联网技术在商品混凝土搅拌站各系统中的应用研究可谓是百花齐放,未来的混凝土搅拌站发展,会向着自动化、标准化、智能化甚至无人化生产的方向发展。

2.2 生产管理环节研究现状

生产管理环节包括混凝土的配料、送料和搅拌过程,戴会生^[14]在文中针对传统商品混凝土技术质量管理问题,提出存在的具体问题:如错将粉煤灰当水泥使用问题、称车延误盲目使用添加剂、水泥厂偷工减料、甲乙双方沟通不到位、各厂家推责等问题。周俊杰^[15]文中针对商砼配送提出一系列问题:商砼运输信息化程度低、商砼门槛低缺乏人才、商砼运输标准化程度低等问题,并就以上问题提出三点对策:国家政策扶持、加强信息化建设、加强人才培养。传统商品混凝土制造业生产管理环节主要存在经验主义差错、缺乏扼要监督、信息透明度低三方面问

题,迫切需要与物联网技术有机结合,由传统管理向智慧管理转型,适应时代发展,如图 6 所示。

其中,配料系统中计量装置的好坏对于混凝土质量至关重要,其核心是利用物联网技术感知层中的压力传感器测量各材料重量,通常采用电阻应变式称重传感器,其过程主要是管理端将所需配方传送至下位机,再根据配方进行配料,其系统原理如图 7 所示^[16]。

无论是骨料、水泥还是水的称量的都是动态称量过程,为保证称量的稳态误差要求,都需采用一定校正方法,传统一般采用 PID 校正装置^[17],黄圣乐等^[18]在 1995 年,应用 STD-BUS 工控机和电脑连接,利用 Foxbase 作为软件开发工具,设计了一套具有一定补偿作用的配料系统。但是 PID 装置校正不能满足混凝土行业日益增长的高质量需求,因此,智能算法与 PID 校正装置的结合应运而生,目前有:模糊 PID 控制、神经网络 PID 控制、模糊神经

网络 PID 控制等混合算法。本课题组高志龙^[19]基于上位机监控 PLC 的控制方式,用自适应 PID 校正算法进一步保证了配料系统的可靠性。

待各材料配料完毕后,送料系统按照工艺要求将材料依次输送至搅拌机搅拌,送料系统如图 8 所示。

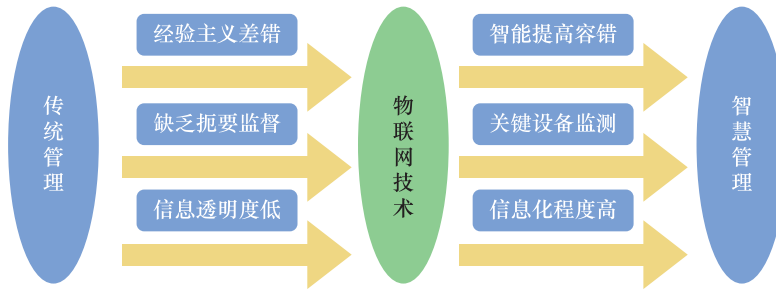


图 6 传统管理模式转型示意图

Fig. 6 Schematic diagram of traditional management mode transformation

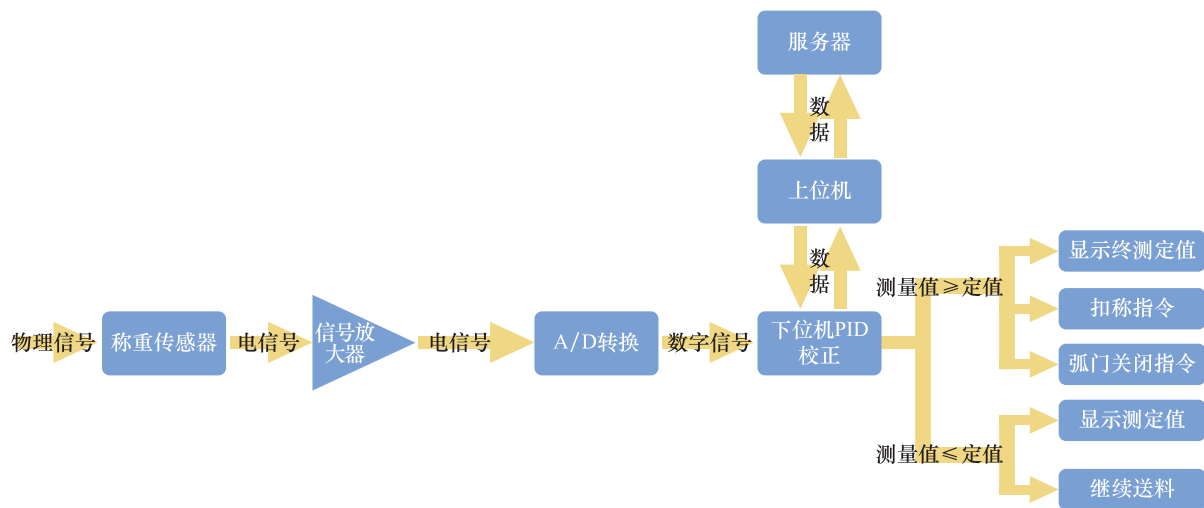


图 7 配料系统

Fig. 7 Batching system

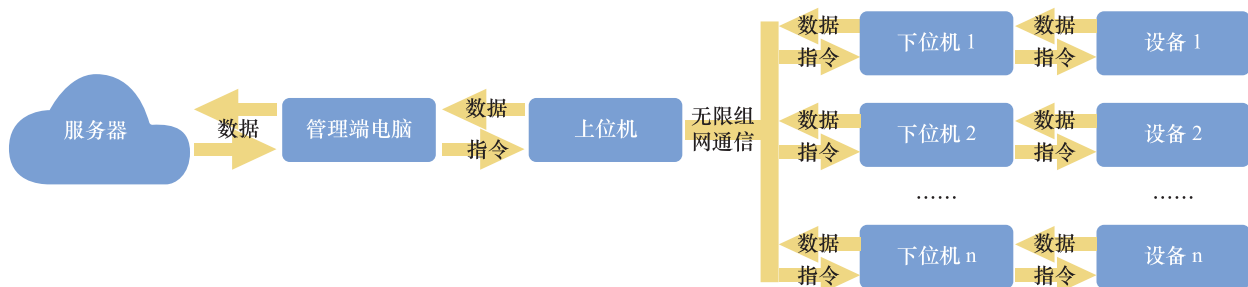


图 8 送料系统

Fig. 8 Feeding system

在混凝土搅拌站中,采用上位机控制下位机,下位机控制相应电磁阀、电机等设备的方式进行生产是比较常见的,汤嘉立等^[20]在 2008 年提出了一种商品混凝土自动控制系统,建立虚拟局域网络,

实现一站多机或多站多机联网生产、统一调度、资源共享。王刚^[21]基于 51 单片机,将其作为物联网系统中的下位机,采用无线数传电台组网控制配料过程、送料过程和搅拌过程。沈灿钢^[22]利用 S7-

1200PLC 和 TIA 平台,设计了混凝土搅拌站控制系统,实现远程智能控制。吉林大学的姜中星^[23]在 2020 年,基于物联网技术的生产管理方案,使用 C# 和 MySQL 进行开发,结合 PLC(可编程逻辑控制器)和 FINS 通信协议,构建了一种多端信息共享的混凝土搅拌站工业控制系统,并应用于吉林某搅拌站实际生产,为商品混凝土搅拌站的生产提供一种新方案。冯新红^[24]在 2021 年,应用 ERP(Enterprise Resource Planning,企业资源计划)设计了一套可远程集中数据采集的商品混凝土搅拌站的数据交换方式,系统将混凝土搅拌站的设备信息、设备状态、库存状态、环境监测、配方管理、订单管理、车辆信息、人力信息等进行集成管理,提高了商砼运营管理效率。

目前研究大多针对单厂搅拌站供货、调度,张良^[25]预测了混凝土搅拌站集群技术的一种趋势。虽然如何把不同厂家的商品混凝土搅拌站资源,有机统一地调用起来有诸多难点,需要建立一定的标准和进行一定的研究。但是若能够统一调度泵送设备、砼车、搅拌站生产,商品混凝土行业将会前进一大步。

2.3 车辆调度环节研究现状

车辆调度是商品混凝土运营中的关键环节之一,在 1959 年由 Dantzig 等^[26]首先提出,然而,商品混凝土车辆调度与一般车辆调度不同的是混凝土的具有时效性,因此在 1999 年,Tommelein 等^[27]就商品混凝土特殊的车辆调度问题,将此类问题归类为 JIT(Just-In-Time)生产问题,即在正确的时间交付正确数量的商品问题。

在《运筹学》^[28]中将一般车辆调度问题归类为线性运输问题,运筹学中常见解法有表上作业法,但由于商砼的特殊性,使得它的物流管理受时间限制,因而衍生出有时间窗限制的多目标优化运输问题。刘亚飞等^[29]利用《运筹学》中一般运输问题的表上作业法,建立以最少运费为单目标的数学模型,应用于实际,解决了西安市内某商品混凝土搅拌站生产中协同调度(Cooperative Supply)问题,但常规运输问题的单目标约束对于商砼运输调度过于简单。王晓林^[30]同样利用《运筹学》的表上作业法,但建立的是多目标优化的数学模型,利用惩罚

函数,设置在时间区间(m, M)之外均付出相应的惩罚费用,将时间窗约束转化为费用的约束,较前者的数学模型更为贴近实际约束。

除了经典的表上作业法,随着智能算法的发展,越来越多的问题能够交给智能算法来解决,常见的算法有:遗传算法、模拟退火算法、蚁群算法等。学者 Feng 等^[31]在文中建立单目标数学模型,提供了一种使用遗传算法解决车辆调度问题的方法。郑武^[32]文中建立多目标数学模型,利用遗传算法和仿真,求解出调度罐车出车顺序和时间。蔡焕芹等^[33]在文中建立了以最小等待时间和最小浇筑间隔时间为目标的双目标函数,并对时间窗加以约束,最后利用遗传算法得到了更为切合实际的解决办法。卢锦川^[34]基于扰动收缩粒子群算法,建立车辆调度配送数学模型,迭代 60 次后得到了稳定的结果,为基于物联网的车辆调度问题提供了一种新的算法。

车辆管理系统作为物联网系统的重要一环,需要对车辆进行严格监督和调度管理,一般商品混凝土车辆管理系统应包括但不限于如图 9 所示系统功能。

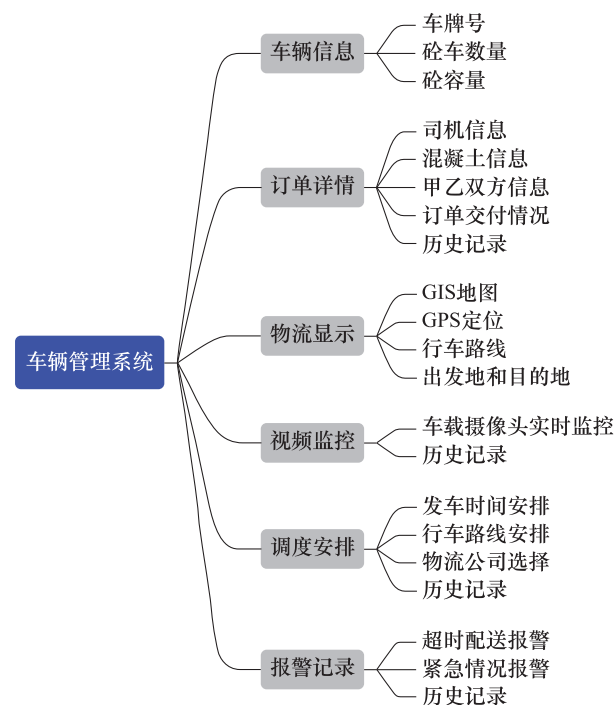


图 9 车辆管理系统

Fig. 9 Vehicle management system

第三方物流发展的今天,物联网技术在车辆调度中的应用已屡见不鲜,李联宁等^[35]在2010年,融合RFID、GIS(地理信息系统)、无线传感器网络等技术,利用粒子群优化算法实现了多目标车辆调度智能管理,通过仿真验证其可靠性,并应用于某矿山生产现场使用,提高安全性的同时,降低了人力成本。滕威^[36]在2017年,基于GIS技术,利用优化启发算法,将MapInfo7.0地图和VB6.0开发软件相结合,实现了物流配送车辆在电子地图上的可视化监控,降低了物流公司运维成本。商砼搅拌站车辆调度系统,集成GPS、GIS以及RFID技术,砼车装设电子标签进出搅拌站,可实现无人值守准确、快速识别车辆,砼车到达施工地,识别标签的车辆、人员、材料厂家等信息后问题可追根溯源,透明度高便于监管^[37]。张向北等^[38]在2018年,基于物联网和微信小程序,通过车载RFID电子标签、GPS定位、现场摄像头等,对混凝土搅拌站生产现场和车辆配送情况进行监控,开拓了混凝土生产管理的新思路。本课题组宗浩阳^[39]在2021年,基于物联网技术和遗传算法,设计了一个商砼搅拌站车辆调度的管理系统,为砼车智能调度管理系统提供了参考。未来,5G网络即第五代网络,近年来成为助力物联网发展的潜力股,高速度、高可靠、泛在网、低功耗、低时延等优点^[40]。基于以上诸多优点,需要即时反馈的无人驾驶技术将得到发展,有望使砼车实现无人驾驶。

商砼行业发展至今,在商砼的车辆管理系统中,学者们凭借传感器网络、摄像头、GPS等技术提出了多种基于物联网远程运维的系统,具体功能虽已悉数实现,但仍然存在不同商品混凝土搅拌站的设备型号、开发系统、传感器兼容性各不相同等问题,因而,如何统一不同商品混凝土生产厂商的标准是未来要研究的问题。

3 结论与展望

综上所述,相关学者已成功将物联网技术引入混凝土搅拌站的车辆调度和生产管理中,取得了一定成果,回顾其研究内容,可以得出如下结论。

(1)基于商品混凝土时效性、连续性和需求不固定性特性展开研究:我国商品混凝土的虽然起步

较国外晚,但发展快,后劲强,尤其是从改革开放后,混凝土使用量连续二十年位居世界第一,我国混凝土年产量25亿吨,产量已经能达到或超过进口混凝土搅拌站,由于混凝土具有时效性、连续性和需求不固定性三大特性,在生产管理和车辆调度仍然存在经验主义差错、缺乏扼要监督、信息透明度低,表现在:商品混凝土比例凭经验导致混凝土质量不达标;调度依靠经验存在调度路径不合理,等待时间过长导致混凝土冷凝;调度车辆不按计划时间路径行驶造成延误;岗位与岗位之间没有及时数据共享存在信息滞后问题;因此,未来研究应基于商品混凝土三个特性来开展。

(2)整合搅拌站的资源并进行生产管理控制系统开发研究:传统半自动和手动管理的生产模式常常导致生产出现人工经验失误,且商品混凝土由于组成其生产多为交叉作业,工种之间存在信息滞后问题,而市面上设备更新换代快,国内外设备操作系统不兼容,使得交叉作业数据无法共享影响生产,无法使不同新设备数据与其他设备共享,目前,在混凝土搅拌站仅是引入RFID技术和各种摄像头传感器,并没有基于互联网实现万物互联的功能,未来设计一款搅拌站控制系统,如何整合站内信息设备资源,不同岗位间实现信息共享还有待深入研究。

(3)建立车辆管理系统和调度算法研究:混凝土的时效性、连续性和需求不固定性三个特性决定了商品混凝土车调度问题是一个时间窗约束的运输问题,直接影响商品混凝土能不能在规定时间内送达现场,传统车辆调度大多依靠人工经验,可能导致运输时间不合理或等待浇筑时间过长,严重可能导致交通事故,对商品混凝土车进行集中实时监控有利于保证混凝土质量和减少交通事故发生,相关学者已将GIS地理信息、GPS全球定位引入车辆调度,未来如何建立更合理的数学模型,研究迭代效果更好的算法提高混凝土车辆调度效率还有待深入研究。

最后,商品混凝土与物联网技术的融合是大势所趋,随着国家政策的支持以及科学技术的进步,未来商品混凝土会朝着管理更透明、生产更智能、调度更高效的方向迈进。

利益冲突:作者声明无利益冲突。

参考文献(References)

- [1] 田景熙. 物联网概论[M]. 南京:东南大学出版社,2010.
- [2] 延建林,孔德婧. 解析“工业互联网”与“工业 4.0”及其对中国制造业发展的启示[J]. 中国工程科学,2015,17(07):141-144.
<https://doi.org/CNKI:SUN:GCKX.0.2015-07-023>
- [3] 陈翠,廖镭鸣. 基于 5G 的工业智能化云系统[J]. 移动通信,2020,44(10):6.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-1010.2020.10.002>
- [4] 李军. 绿色混凝土搅拌站研究及发展方向[J]. 建设机械技术与管理,2021,34(04):55-57.
- [5] 韩素芳,路来军,王安玲,等. 中国混凝土为我国经济发展快车提供新动力——新中国 70 年混凝土行业成就综述[J]. 混凝土世界,2019(11):14-21.
<https://doi.org/CNKI:SUN:JZSJ.0.2019-11-004>
- [6] 严捍东. 土木工程材料(第 2 版)[M]. 上海:同济大学出版社,2014.
- [7] 石从黎,段瑞斌,宋开伟. 预拌混凝土的超时缓凝现象及处理方法[J]. 混凝土,2011(1):3.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-3550.2011.01.030>
- [8] 史官云. 国外商品混凝土生产概况[J]. 混凝土及建筑构件,1981(03):57-59.
<https://doi.org/CNKI:SUN:HLTF.0.1981-03-017>
- [9] 郭岗,张剑敏,李兵. 混凝土搅拌站技术现状及其发展趋势[J]. 工程机械与维修,2016(05):56-58.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-2114.2016.05.018>
- [10] 甘果. 模块化混凝土搅拌站应用于抢修抢建的技术要求[J]. 水利水电技术,2016(S1):3.
<https://doi.org/CNKI:SUN:SJWJ.0.2016-S1-031>
- [11] 郭小溪,王友钊. RFID 室内仓储车辆的智能导航与调度技术[J]. 电子技术应用,2011,37(7):3.
<https://doi.org/CNKI:CDMD:2.1011.069242>
- [12] 沈彦君. 物联网技术在智能图书馆中的应用[J]. 国家图书馆学刊,2012(2):4.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1009-3125.2012.02.010>
- [13] Arden N S, Fisher A C, Tyner K, et al. Industry 4.0 for Pharmaceutical Manufacturing: Preparing for the Smart Factories of the Future[J]. International Journal of Pharmaceutics, 2021: 120554.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2021.120554>
- [14] 戴会生, DAI, Hui-sheng, 等. 商品混凝土搅拌站的技术质量管理[J]. 混凝土, 2007(3):4.
<https://doi.org/CNKI:SUN:HLTF.0.2007-03-031>
- [15] 周俊杰, 陈德良. 商砼配送存在的问题及其对策[J]. 企业技术开发, 2016, 35(2):3.
<https://doi.org/10.14165/j.cnki.hunansci.2016.04.030>
- [16] 王军, 岑君秀. 搅拌楼(站)计量系统技术探讨[J]. 混凝土, 2006(9):3.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-3550.2006.09.029>
- [17] 高铁红, 曲云霞. 控制工程基础(第 2 版)[M]. 北京:中国计量出版社, 2010.
- [18] 黄圣乐, 罗问贤. 商品混凝土搅拌站微机控制与管理系统[J]. 上海建材学院学报, 1995, 008(002): 161-166.
<https://doi.org/CNKI:SUN:SCXY.0.1995-02-010>
- [19] 高志龙. 混凝土搅拌站配料称量精度研究[D]. 郑州:华北水利水电大学.
- [20] 汤嘉立, 吴访升, 张溯烈. 商品混凝土搅拌站联网集群自动控制系统[J]. 筑路机械与施工机械化, 2008(09): 78-80.
<https://doi.org/CNKI:SUN:ZLJX.0.2008-09-059>
- [21] 王刚. 基于单片机的混凝土搅拌站系统设计[D]. 西安:西安工程大学, 2011.
- [22] 沈灿钢. 利用 S7-1200PLC 和 HMI 设计智能混凝土搅拌站控制系统[J]. 公路, 2020, 65(5):5.
- [23] 姜中星. 商用混凝土搅拌站生产管理系统的设计与实现[D]. 长春:吉林大学.
- [24] 冯新红, 何新初, 曹红山. 物联网背景下的混凝土搅拌站数据交互[J]. 建设机械技术与管理, 2021, 34(01): 77-80.
- [25] 张良, 代青龙, 古锐. 协同作战 混凝土搅拌站集群技术分析[J]. 工程机械与维修, 2013(04):146-148.
<https://doi.org/CNKI:SUN:GCJW.0.2013-04-038>
- [26] Dantzig G B, Ramser J H. The truck dispatching problem[J]. Management Science, 1959, 6(1):80-91.
- [27] Tommelein I D, Yi L. Just-in-time concrete delivery: Mapping alternatives for vertical supply chain integration[R]. Department, 215-A McLaughlin Hall, Univ. of California, Berkeley, CA 94720-1712, 510/643-8678, 1999.
- [28] 《运筹学》教材编写组. 运筹学(第三版)[M]. 北京:清华大学出版社, 2005.
- [29] 刘亚飞, 刘晓婷, 宋效凯, 等. 多混凝土搅拌站协同供应模式及配送方案设计[J]. 混凝土, 2016(7):4.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-3550.2016.07.032>
- [30] 王晓林. 时间窗约束运输问题的一种算法[C]. 成都:电子科技大学出版社, 2007:85-88.
- [31] Feng Chung Wei, Cheng Tao Ming, Wu HsienTang. Optimizing the schedule of dispatching RMC trucks

- through genetic algorithms-ScienceDirect[J]. Automation in Construction, 2004, 13(3):327-340.
<https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2003.10.001>
- [32] 郑武. 基于遗传算法的商品混凝土配送模型研究[D]. 长沙:中南大学.
- [33] 蔡焕芹, 王丽亚, 高薛文. 遗传算法在预拌混凝土配送中的应用[J]. 上海交通大学学报, 2007, 41(8):5.
<https://doi.org/10.16183/j.cnki.jsjtu.2007.08.03>
- [34] 卢锦川. 基于扰动收缩粒子群算法的物联网配送车辆调度[J]. 公路交通科技, 2020, 37(4):111-117.
<https://doi.org/CNKI:SUN:GLJK.0.2020-04-015>
- [35] 李联宁, 高珊珊. 物联网多目标运输路径调度系统[J]. 计算机应用, 2010(12):6.
<https://doi.org/CNKI:SUN:JSJY.0.2010-S2-095>
- [36] 滕威. 基于 GIS 的物流配送车辆调度系统的设计与实现[J]. 电子设计工程, 2017(18):4.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-6236.2017.18.013>
- [37] 张凡枝. “物联网 + 关键环节”下混凝土企业生产管控的构建 [J]. 商品混凝土, 2020(1):199-200.
<https://doi.org/CNKI:SUN:SCJZ.0.2020-01-101>
- [38] 张向北, 张涛, 陈超峰, 等. 基于物联网和微信小程序的混凝土生产管控系统[J]. 公路, 2018, 63(10):4.
- [39] 宗浩阳. 基于物联网技术的混凝土搅拌站车辆调度技术研究[D]. 郑州:华北水利水电大学.
- [40] Li S, Xu L D, Zhao S. The internet of things; a survey[J]. Information Systems Frontiers, 2015, 17(2):243-295
<https://doi.org/10.1007/s10796-014-9492-7>

Research Status and Prospect of the Application of Internet of Things Technology in Commercial Concrete

YANG Chenggang

(North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450045, China)

Abstract: The Internet of Things is based on the Internet to achieve the Internet of everything, the traditional commercial concrete production due to semi-automatic and manual management of production leads to information empirical error, low degree of transparency, lack of brief supervision and other problems, so the use of the Internet of Things technology to design a new concrete mixing plant production management system and concrete truck scheduling system is particularly important. The Internet of Things technology starts from four levels: perception layer, access layer, processing layer and application layer, and introduces RFID technology, GIS (geographic information system), GPS (global positioning system) and various sensors to make commercial concrete production and scheduling more adaptable to The Times. Starting from the composition, development of commercial concrete and operation process of commercial concrete mixing station, this paper describes the research status of the two key links of vehicle scheduling and production management in operation, summarizes the architecture of commercial concrete Internet of Things system and the application of Internet of Things technology in production management and vehicle scheduling of commercial concrete mixing station. Finally, it is proposed that the future research on the application of Internet of Things technology in commercial concrete should focus on the following aspects: (1) Research based on the timeliness, continuity and irregular demand characteristics of commercial concrete; (2) Integrate the resources of mixing stations and conduct research of production management control system; (3) Research on the establishment of vehicle management system and scheduling algorithm.

Keywords: Commercial concrete; internet of things technology; concrete batching plant; vehicle scheduling

DOI: 10.48014/fcmet.20230702001

Citation: YANG Chenggang. Research status and prospect of the application of internet of things technology in commercial concrete [J]. Frontiers of Chinese Mechanical Engineering and Technology, 2023, 2(2): 10-19.

Copyright © 2023 by author(s) and Science Footprint Press Co., Limited. This article is open accessed under the CC-BY License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

