

人员定位系统在智慧工地建设中的应用研究

臧小龙

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要: 随着现代建筑工程规模越来越大,项目程度越来越复杂,对于建筑现场的管控也越来越重要,而建筑工人是建筑工程的实施主体,因此对于建筑工人的管理效率也就直接影响到建设项目的进程与实际效果。目前,建设项目的现场管理主要依靠管理人员人为地进行检查与询问管理,但是施工现场人员流动性大,管理人员的精力有限,基于此,通过高科技手段,建立高效、智能化的管理系统,对提升管理者管理效率、提高建设工程的推进速度具有重要的现实意义。

关键词: 人员定位系统;智慧工地;蓝牙定位

中图分类号: U415;TP315

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)02-0234-05

0 引言

随着中国城市化进程的加速和建设规模的扩大,数字化转型已成为企业提升管理模式和整体效益的关键途径。在“十四五”时期,国家提出了“数字中国”的战略构想,为建筑行业带来了新的机遇和挑战。同时,住建部《2016—2020年信息化发展纲要》中指出,工程总承包类企业应优化项目信息化管理,提高集成应用水平,推动“互联网+”协同工作模式,实现全过程信息化。

在工程施工领域,施工现场环境复杂、人员流动性大以及危险源众多,工程管理工作面临诸多挑战。然而,目前传统的项目管理手段较为单一且信息滞后,导致施工项目管理层反应迟钝和主动控制能力不足。因此,智慧工地的建设已成为施工项目管理方提升自动化管理水平、保障工地施工安全文明的重要途径。通过对不同类型项目智慧工地的调研,目前智慧工地建设主要关注于机、料、法、环可知四要素的智慧化和信息化管理。然而,在建筑工程中,人的因素至关重要,但在智慧工地建设应用过程中,对人的管理体现较少,仅局限于工地人员资料统计收集的信息化,缺乏对工地内实施位置情况的智慧化监管。

人员定位系统能够实时监控并采集施工现场的工人位置、数量和状态等信息,为工地管理者提供更加科学、高效和安全的条件。本研究根据长桥水

厂和浦东机场站两个不同类型的项目,针对其各自现场人员管理特点,通过对比分析不同形式的人员定位系统,选取相适应的定位系统予以应用,旨在探索智慧工地建设中人员智慧化管理的方式和模式。

1 人员定位系统

人员定位系统主要利用智能终端、物联网和移动互联等技术,实时收集建设过程中的数据,运用大数据和人工智能技术对这些数据进行实时分析,以人员定位功能为基础,自动识别施工现场的质量安全隐患并进行预警。

(1) 人员定位系统框架

人员定位系统的核心架构包括定位锚点和标签组成的定位网络,以及无线或有线的以太网组成的传输网络。此外,还包括云端或本地的定位引擎以及应用层面的显示终端^[1]。目前市场上有多种可实现人员定位的系统,如RFID、蓝牙WIFI和GPS等。这些类型的人员定位系统对比见表1。

(2) 人员定位系统主要实现的区域定位

a. 感知定位(零维定位):利用感知被定位标签信号的强度和距离,确定目标是否进入识别区域。这种定位方式适用于对精确位置要求不高的场景。

b. 线性追踪(一维定位):在特定区域或场景中,管理人员更关注被定位目标在线性路径上的移动轨迹。

c. 高精度定位(二/三维定位):适用于广阔区域,能够提供被定位目标的准确位置坐标(X,Y),并可能包含楼层高度信息。

收稿日期: 2023-07-14

作者简介: 臧小龙(1976—),男,工学硕士,高级工程师,从事工程管理工作。

表 1 人员定位的系统对比

人员定位系统	基本原理	优势	劣势
RFID 射频识别技术	通过一组固定的阅读器,可以读取目标 RFID 标签的特征信息,例如身份 ID 和接收信号强度等。为确定标签所在位置,可以采用多种方法,包括近邻法、多边定位法和接收信号强度等 ^[2]	标识的体积较小,造价较低	作用距离近,无法做到实时定位
蓝牙定位技术	蓝牙定位利用接收信号强度指示(RSSI)值,通过三角定位原理来确定位置	低功耗设计使得电池供电设备能够长时间工作;经济实惠的价格使其适用于低成本设备	蓝牙信标通信距离有限,无法穿透遮挡
WIFI 定位技术	与蓝牙技术一样,它也是一种短距离无线技术,被广泛应用于日常生活中。它不仅是一种网络传输标准,还为人们带来了极大的便利	通过利用手机终端,可以省去部署终端的成本	精度低,设备耗电量较大
GPS 定位技术	高精度无线电导航定位系统基于人造地球卫星,能够在全球范围内以及近地空间提供准确的地理位置、车行速度和精确的时间信息	卫星信号无遮挡的理想环境下,通过利用差分基站进行修正,理论上 GPS 定位技术可以实现 5 m 的高精度	在设备众多的复杂环境下,GPS 信号会经过多次的折、反射造成信号误差,使用有很大的局限性

(3)高精度定位常用的硬件设备

如图 1 所示,定位系统的硬件主要由定位标签、定位锚点、通讯基站等部分组成。



图 1 高精度定位常用的硬件设备

- a. 定位标签：可根据需要同时定位的人员和设备数量,选购相应数量的定位标签。
- b. 定位锚点：定位锚点是定位系统中的重要组成部分,类似于 GPS 中的“定位卫星”,被布设在被定位空间内。根据不同的技术类型,定位锚点可以分为 LORA 型、网线型和 WIFI 型。
- c.通讯基站：通讯基站是基于 LORA 2.4G 窄带物联网技术,具有低功耗、稳定性强、抗干扰,远距离传输等特点。

(4)人员定位系统功能

- a. 人员定位管理:通过人员定位系统,能够实时获取人员的精确位置信息,全面掌握人员的分布情况。这个系统能够实时显示不同类型人员在定位区域内的实时位置,方便管理人员随时了解人员的实时状态。
- 管理者可以根据区域和楼层对人数进行统计,或者根据人员的身份、位置、状态和行为等因素进行

分区、分层和分类管理。该系统具备预警、追溯和查询功能,能够智能化地全面掌握人员情况。通过提高生产管理和应急救援效率,全面提升精细化安全管理水平和风险管控能力。

- b. 车辆定位管理:在施工区域内,进出的运输车辆和重型机械都安装了定位标签,可以实时监控车辆的位置。通过与车辆调度系统的结合,可以实现对车辆运行状态的监控和调度管理。
- c. 物资定位管理:在仓储区中,可以部署一定数量的定位锚点,并为重要物资加装定位标签,从而实现对重要物资的实时定位管理。
- d. 视频监控联动:人员定位系统可以与视频监控系统进行联动,将视频监控位置显示在二维 / 三维电子地图上,并实现快速查找和单点回放功能。此外,系统还可以根据人员的当前位置自动调取相应的视频监控画面,当人员移动到其他位置时,系统会自动切换到相应的监控画面。对于异常情况,系统可以根据人员的历史轨迹和不同时间段调取相应位置和时间段的历史视频监控,并与历史轨迹进行联动播放,以方便事故分析和责任划定。

(5)研究选型结果

根据调研结果,四种不同的人员定位系统各具特点。WIFI 定位对网络要求较高,需要整个施工现场网络全覆盖,这在常规的施工现场较难实现。而蓝牙定位对网络要求相对较低,只需满足基站与服务器之间的网络连接,并且传输信号比 WIFI 信号更加稳定。GPS 定位则需要不断搜索卫星信号,连接卫星需要一定时间,并且卫星信号容易受到天气和建筑物的影响,不够稳定。RFID 定位则通过固定的阅读器读取目标 RFID 标签的特征信息,受干扰因素较

小,基站设置简单,安装方便,适合常规的施工场地^[3]。

在本次研究中,根据长桥水厂和浦东机场站的项目特点,选取RFID定位和蓝牙定位两种系统,分别应用于两个项目。长桥水厂项目现场运用了RFID定位系统,并在此基础上进行更深一步的应用拓展。浦东机场站位于机场核心区域且基坑开挖较深,对现场人员位置的精确性及实时性要求较高,蓝牙定位系统能满足分层分区域的人员管理要求,以掌握现场作业人员的实时位置信息。通过对不同类型的项目进行应用分析比较,可以甄选出更适合建筑工地现场的定位系统。

2 RFID 人员定位系统应用

(1)项目概况

长桥水厂 140 万 m³/d 深度处理工程的施工场位于运行水厂内部,改造分为两个阶段三个步骤实施。施工期间需要确保水厂的运行不能中断,施工人员严禁进入水厂生产区域以保证水质安全,因此对人员定位系统有着迫切的需求。

(2)人员定位系统选型

根据长桥水厂项目的自身特点和应用场景,项目选择使用 RFID 进行人员定位管理。该系统硬件包含安装在安全帽内的 RFID 芯片、信号基站和路由器。软件系统可采集人员进出信息,系统内部预先设定作业人员类别及信息以便管理。

(3)应用过程

二阶段炭池反冲洗泵房及硫酸铵投加间施工完成后,硫酸铵投加间和配电间在调试及试运营阶段采用 RFID 系统进行人员管控。

RFID 人员定位系统具有如下功能:

- a. 实时显示在场人员及人员信息,包括姓名、人员类型、单位及专业。
- b. 储存人员进出记录信息,信息精确到某时刻从几号门进出,并可视频回放人员在场内活动轨迹。
- c. 人员类型分为管理人员和作业人员。人员单位考虑实施过程中现场仅两家专业分包,分别负责装饰装修和设备安装,因此分为土建单位、安装单位和总包单位。人员岗位分为施工、安全、质量和技术。
- d. 硫酸铵投加间及配电间共在 7 个出入口设置 RFID 基站,作业人员和管理人员安全帽安装 RFID 芯片,每个芯片编号唯一,绑定人员个人信息,如图 2、图 3 所示。

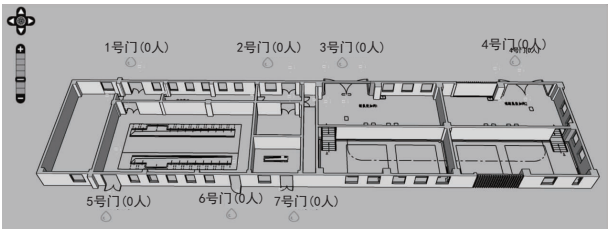


图 2 定位基站布置图

姓名: 茅健 工号: 38 部门: 总包 职务: 岗位: 施工							
序号	姓名	卡号	工号	设备类型	设备编号	设备备注	进入时间
241	茅健	109416	38	触发器	26151	1号门出2	2022-08-12 17:00:12.0
242	茅健	109416	38	触发器	26152	1号门进1	2022-08-12 17:00:12.0
243	茅健	109416	38	触发器	26151	1号门出2	2022-08-12 17:00:12.0
244	茅健	109416	38	触发器	26151	1号门出2	2022-08-12 17:00:13.0
245	茅健	109416	38	触发器	26152	1号门进1	2022-08-12 17:00:14.0
246	茅健	109416	38	触发器	26154	1号门出2	2022-08-12 17:00:15.0
247	茅健	109416	38	触发器	26154	1号门出2	2022-08-12 17:00:19.0
248	茅健	109416	38	触发器	26160	2号门进1	2022-08-12 17:00:25.0
249	茅健	109416	38	触发器	26159	2号门出	2022-08-12 17:00:26.0
250	茅健	109416	38	触发器	26160	2号门进1	2022-08-12 17:00:27.0
251	茅健	109416	38	触发器	26159	2号门出	2022-08-12 17:00:27.0
252	茅健	109416	38	触发器	26160	2号门进1	2022-08-12 17:00:27.0
253	茅健	109416	38	触发器	26159	2号门出	2022-08-12 17:00:27.0
254	茅健	109416	38	触发器	26160	2号门进1	2022-08-12 17:00:27.0
255	茅健	109416	38	触发器	26160	2号门进1	2022-08-12 17:00:27.0

图 3 人员进出信息记录

3 蓝牙人员定位系统应用

(1)项目概况

上海浦东国际机场三期扩建工程交通配套工程为机场联络线浦东机场站,位于浦东国际机场迎宾大道下方,地下二层单岛加越行站,总建筑面积约 46 000 m²。浦东机场站项目位于机场核心区,西侧为 P1 停车库,东侧为磁浮及轨交二号线,车站上方还有三座人行连廊,周边环境非常复杂。同时项目施工期间需保证机场运营需求,机场不停航,施工要求高。

(2)人员定位系统选型

基于浦东机场站项目线路长、面积大的深基坑环境,采用现场蓝牙信标与人员定位卡联动,实现对现场工作人员的位置进行确定,并实现一键求救报警、人员越界报警等功能。

- a. 定位信标:播发蓝牙广播(2.4 GHz 频段),部署在管控区域。
- b. 定位标签:穿戴设备采用定位胸牌款式,具有蓝牙模块(扫描信标广播数据)与通信模块,通过 HC-SLP 协议与基站进行无线通信^[4]。
- c. 通信基站:具备通信模块,通过 HC-SLP 协议与定位标签无线通信,同时通 4G/5G 网络把数据发送到云服务器上。
- d. 服务器(本地/云端):安装了定位引擎(坐标位置结算)、地图引擎(地图展示)、数据库、定位系统(应用功能)等。
- e. PC 端:基于位置,进行人车信息查询统计、预警管理等安全管理应用。

(3)应用过程

施工现场将蓝牙定位信标点部署在基坑四周挡墙上,作为定位基础网络设施,现场设置基站接收蓝牙定位信号,将信息回传至服务器后,解算定位标签的位置,根据提供的现场地图信息,在电脑端查询人员详细位置及相关信息。

蓝牙人员定位系统具有如下功能:

a. 定位系统直接接入智慧工地平台

在智慧工地平台管理界面可对人员位置进行实时查看。

b. 蓝牙人员定位系统界面(智慧驾驶舱)

智慧驾驶舱可以看到实时人员位置,左侧信息栏显示数据统计,告警实时展示和区域信息情况,地图上图标显示现场工作人员的实时定位,如图 4 所示。



图 4 人员信息查看

c. 人员轨迹分析

点击人员,可在右侧界面显示出定位卡所属人员信息,所在班组,并且可以进行实时跟踪和查看历史轨迹,如图 5 所示。通过行为分析页面支持查看具体时间段内现场人员的历史行动轨迹,并可进行历史轨迹播放。点击进入追踪模式,输入人员名称,可对人员进行实时跟踪查看。最终位置可以查看所有人在某一段时间内的最终位置,包括在线与定位离线人员。

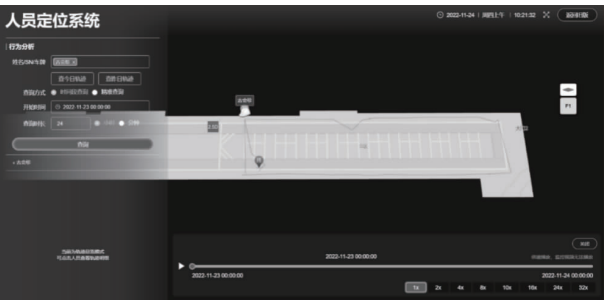


图 5 人员轨迹回放

d. 报警功能

定位卡具有一键报警功能,在蓝牙信号覆盖范围之内长按 SOS 键三秒发出报警信号,后台页面能实时收到报警人信息位置等消息,在根据驾驶舱页面点击查看具体报警人信息,并做出相应处理,如图 6 所示。

e. 电子围栏



图 6 一键报警信息

根据不同施工阶段管理要求,进行危险区域电子围栏设置。通过在定位系统内系统划分特定区域,给定位卡设置不同权限,无权限人员进入该区域自动触发报警,防止无关作业人员进入特定危险区域,如图 7 所示。

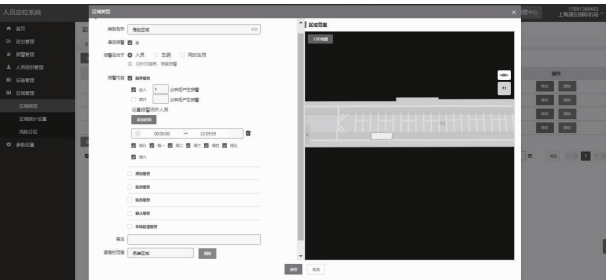


图 7 人员定位系统平台吊装报警区域设置

4 应用效果分析

(1)长桥水厂

长桥水厂项目采用有源 RFID 系统,每个门内外设置一个基站和一个路由器,基站负责抓取 RFID 芯片信号,信号传输至路由器后进行处理并传输至后台系统,系统记录人员在何时何地出现并将数据存入数据库。RFID 人员定位对施工现场关键区域的人员进出管理,成效显著。诸如通过在基坑通道入口处设置基站,自动统计和判别进入区域的作业人员,自动识别进入人员是否被赋予进入该区域的权限并发出警报。

(2)浦东机场站

浦东机场项目采用的蓝牙定位系统,相对于 RFID 定位系统,更适用于在固定范围内的人员运动轨迹定位,通过事先布置的定位信标,主动感应每个人员所佩戴的感应卡,感应信号稳定,不受天气及其他干扰源的影响。运动轨迹定位的精度与定位信标的布置密度相关联,理论上可以将人员轨迹定位精度精确到 1 m 左右。电子围栏系统,可实现特定区域闯入报警,对于防范无关人员进入基坑范围有着良好的管理效果。

(3)应用效果对比

综合两个项目的应用效果,将两个不同的人员定位系统进行对比分析,判断各自的优劣(见表 2)。

表 2 人员定位对比表

对比项	长桥项目	浦东机场项目
定位原理	RFID 定位	蓝牙定位
感应方式	被动感应	主动感应
定位区域	固定点	固定区域
定位精度	高	信标密度越高,定位越精确
抗干扰性	受金属障碍屏蔽影响	高
穿戴设备	安全帽	定位卡
系统拓展性	低	高
重复利用	可重复回收利用	信标可回收利用
费用	中等	高

根据表 2 的对比分析,可以看出 RFID 系统更类似于打卡巡更,通过将人员在每一个点位的被基站感应的信息记录串联起来,由系统整合形成人员的行动轨迹。在施工现场,运用 RFID 定位系统可以显著提升危险性较大区域人员进出管理的效率,及时对无权限进出的工人发出警告,阻止其误入。但是,RFID 定位对现场作业人员的管理只是存在于点上,无法形成区域的位置信息跟踪统计,在应用的拓展性上存在局限性。

蓝牙定位系统通过事先在施工现场预埋的定位信标,主动感知定位卡持有人的实时位置信息,由系统统计分析,形成完整的人员行动轨迹记录,有效提

高了项目管理人员对现场作业人员位置信息的实时掌控。同时,蓝牙定位系统平台应用拓展性强,凭借蓝牙定位系统自身的特性,可以实现人员违规行为报警(电子围栏、滞留、静止报警等)、一键呼救(定位卡主动发送信息)、应急救援定位等多种拓展功能。通过浦东机场项目的应用,蓝牙定位完全可以实现施工现场作业人员的动态管理,在一些重大项目建设中具有推广价值。

5 结 语

人员定位系统在智慧工地建设过程中,可以有效对施工现场中“人”这一关键要素开展智慧化、信息化的管理,补足了智慧工地建设的薄弱板块,提高了项目管理效率。但是,人员定位系统受其自身硬件技术发展局限性影响,需在现场布置数量较多的定位信标来保障其定位精度,成本费用较高;另外,信号穿越混凝土能力较弱,混凝土结构较多的场景下,只能通过增设基站,确保信号接收效果。这些问题也将在后续项目应用中通过科学研究进一步解决。

参考文献:

[1] 张力,罗炬锋,单联海.基于 UWB 定位技术的建筑工地人员安全管理系统[J].物联网技术,2022(2):56-60.
[2] 卢翰章,郭兰臻,丁泽政. RFID 技术在现代建筑施工中的应用研究[J].房地产导刊,2019(30):82-87.
[3] 赵静.基于 BIM-RFID 的建筑工地人员管理系统研究[J].价值工程,2019(8):12-14.
[4] 何方,童福越.基于 BIM-UWB 定位系统的建筑工地人员管理研究[J].智能建筑与智慧城市,2020(11):87-88.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com