

智能建造技术在时速350km客运专线箱梁预制施工中的应用探讨

陈建金

中交二公局铁路建设有限公司 陕西西安 710000

摘要: 铁路作为国家重要的基础设施,承载着连接城乡、促进经济、便利出行的使命,对我国交通事业的发展意义重大,尤其350公里时速的客运专线建设,在综合交通体系中已成为主导地位。因此,高速铁路运行的安全性及舒适性对铁路建设提出了更高的要求,预制箱梁作为铁路线的主体结构,其施工效率、施工质量直接影响着建设周期及后期运营。传统预制箱梁施工存在工期长、劳动力投入大、质量难以保证等问题,智能施工技术的运用为其提供了新思路。

关键词: 智能建造技术; 时速350km客运专线; 箱梁预制施工

智能施工技术以其高效率、高精度、智能化的特点,为箱梁预制施工提供了一种全新的管理思路与方法,引入先进机器人操作、无人机测量、人工智能算法等技术,能够实现箱梁生产自动化、智能施工和质量控制。如何充分利用智能施工技术优势,提高时速350km客运专线箱梁预制施工效率与质量是亟待解决的难题。

一、时速350km客运专线箱梁预制施工流程

箱梁在预制梁场集中预制。箱梁模板采用整体式钢外模及液压走行钢内模,钢模板根据箱梁外观尺寸设计制作;钢筋采用智能剪切弯曲设备进行加工制作,为提高箱梁预制工效,提高制梁台座转换效率,并保证钢筋绑扎施工质量,钢筋绑扎在专用胎卡具上整体绑扎,绑扎完成后采用两台50t龙门吊整体吊装入模,入模后安装端模板、内模及桥面预埋件,混凝土采用2台汽车泵对称泵送浇筑,浇筑完成后采用智能喷淋养护设备进行洒水养护,混凝土强度满足设计强度的60%后在制梁台座上预张拉,强度达到80%后进行初张拉;初张拉完成后,采用900t轮胎式搬梁机转运至存梁台位继续养生,保证养生周期不少于14天,待混凝土强度、弹模及龄期均满足设计要求后,先后完成终张拉、压浆及封锚工序。

箱梁架设采用架桥机架设,运梁车运输施工方法。首先900t轮胎式搬梁机将成品梁转运至提梁上线区,两台450t跨线提梁机提梁上线装车,运梁车驮运箱梁至待架孔跨,架桥机逐孔架设箱梁。

二、智能建造技术在时速350km客运专线箱梁预制施工中应用的优势

将智能施工技术应用于箱梁预制施工中,可以有效地提高施工质量及施工效率,首先通过对设计资料进行建模及数据分析,保证箱梁预制施工每道工序质量控制

均符合设计及规范要求,避免了传统施工方法中人为因素引起的误差与缺陷。

智能施工技术还能实现施工过程的自动监控与纠偏,及时发现并纠正施工中出现的问题,确保施工质量的稳定性与可靠性。采用智能施工技术,能够提高施工效率,在传统的箱梁预制施工中,各工序施工需耗费大量的人力、物力,而智能施工技术的应用,能够大幅度提高生产与施工过程的自动化程度,极大地缩短了工期,并降低了人力投入,采用智能化自动生产模式,可连续循环作业,不受任何外界因素干扰,提高了施工效率,加快了工程进度。

另外将智能施工技术应用用于箱梁预制施工中,也可降低施工成本,自动化生产线的操作与管理费用比较低,并且由于建造过程更精确、更有效率,因此降低了材料与人力资源的浪费,使整体建设成本下降,另外智能施工技术还能对施工过程中的数据进行分析与优化,提高资源利用效率,降低建设成本^[2]。

智能施工技术的应用大大降低了施工风险,传统的施工过程中,由于人与外界环境因素的影响,易引发事故与质量问题,智能施工技术可利用传感与自动监控技术,及时发现和应对隐患,保证施工的安全与质量,同时它还可以减少现场操作人员与设备、材料的接触,降低安全隐患,提高项目建设施工的安全性。

三、智能建造技术在时速350km客运专线箱梁预制施工中的应用的方法

1. 应用建筑信息模型技术

采用智能施工技术实现时速350公里客运专线箱梁预制,是现代建筑业的重大创新,其中采用BIM(建筑信息模型)技术对其设计进行建模分析,能够实现设计

和施工的“无缝对接”。将BIM技术应用于箱梁预制施工中，可将设计方案以数字化的方式进行三维建模，通过对箱梁各部位设计参数进行深度剖析，并在虚拟环境下按照施工流程进行施工模拟，充分掌握设计意图及施工的可操作性，针对设计缺陷及技术难点，提前制定技术方案，突破传统审图方式所带来的技术壁垒。利用BIM技术，实现了设计图的自动生成与更新，保证了施工计划的准确、及时。BIM技术为设计和施工提供了一个“无缝”的平台，借助BIM软件，设计者可对设计方案中的各组成部分进行详细建模，并给出相应的参数及规范，施工人员可凭此资料直接在现场施工，而不需经过繁琐的测量、调试工作，这样既可提高施工效率，又可减少施工中可能出现的失误与漏洞。BIM技术还能对施工过程进行仿真与优化。在箱梁预制过程中，利用BIM软件对施工各阶段的全过程进行仿真和优化，在虚拟环境下，设计者与建设者可以反复地调整、优化施工方案，从而找到最优的施工过程与方法。这将极大地提高工程的效率，降低资源的浪费，降低成本^[3]。

2. 激光扫描测量技术的应用

高速铁路运行的舒适性为箱梁预制的精准度提出了更高的要求，在生产施工中，需对箱梁模板拼装、钢筋加工绑扎、预应力孔道定位、预埋件定位及混凝土面控制等关键工序进行精准控制测量，并且后期将采用检测成品梁外观尺寸偏差值的方法，为调节各工序技术参数提供有效的数据，以达到实时准确纠偏的目的，由于传统的人工测量方法具有误差大、费时费力的缺点，且部分检测方法具有局限性，无法有效指导现场施工，而激光扫描技术能够以较高的精度进行三维测量，为后续施工提供准确的数据支撑。激光扫描技术在应用时，需要将激光扫描设备安装于施工现场，根据需要确定扫描范围及精度要求，可全面检测覆盖所有待测区域；然后激光扫描仪按照既定程序执行扫描测量任务，利用激光光束的空间扫描与反射，获得目标区的三维点云数据；在此基础上，利用专用三维造型软件对测量数据进行处理与分析，得到准确的三维模型及测量结果；最后基于实测数据对箱梁预制施工技术参数进行精确调整与优化，为箱梁预制各项技术参数的设定积累经验。激光扫描技术可与人工智能、大数据分析等智能施工技术相结合，提高施工管理与控制的效率。

3. 机器学习算法的应用

由于箱梁钢筋种类繁多，用量较大，且预埋件种类及数量较多，预应力孔道呈三维线型布置，导致钢筋、预埋件及预应力孔道三者之间的冲突部位较多，尤其是梁端钢筋较为密集，预埋件位置相对较为集中，对此，

安装顺序及操作难度较大。传统施工方法是由有经验的工人自行确定，易受到人为因素的影响而产生误差，利用机器学习算法，根据对箱梁钢筋、预埋件及预应力孔道结构进行三维分析，快速排列出安装施工最佳顺序，避免人为错误，准确定位其位置，提高箱梁钢筋安装绑扎工效及精准度。该算法还能实时监控施工数据，及时调整拼装顺序，保证了箱梁的质量与精度。

应用时应建立包含多种材料特性参数及装配规则的数据库，同时利用机器学习算法对数据进行训练与优化，生成模型，并将其应用到实际工程中。在选材方面，算法能够利用深度学习技术，对大量的材料特性数据进行分析，找出最优的材料搭配顺序，对于构件装配顺序，利用增强型学习算法，结合箱梁设计需求与施工环境，实现装配策略的优化。

4. 自动化设备的应用

采用机械臂能够实现箱梁的自动化施工，包括预埋件安装、混凝土浇筑、模板拆除及打磨、混凝土凿毛、智能张拉、智能压浆、智能养护、钢绞线切割、防水材料喷涂等工序，机器人机械臂施工具有精度高、稳定性强等特点，能准确的完成各项施工任务，避免人为因素对施工质量造成影响，同时该机械臂操作效率高，能在短时间内完成大量作业，极大地提高了箱梁预制工效。

箱梁运架是一项高风险施工作业，需配备各种大型起重及运输设备，如：轮胎式搬梁机、跨线提梁机、运梁车及架桥机，作业过程中需经常登高对设备运转进行监测及检查作业，且箱梁架设前，需对墩顶垫石施工质量进行检查验收，作业安全风险高，操作难度大，采用无人机搭载GPS导航系统及智能遥控技术，可随时对设备运转情况实施全方位检查，采用无人机测量技术对待架墩顶垫石凿毛质量、锚栓孔深、孔径进行测量检查，极大地降低了人员作业风险及工作强度；同时无人机还能对箱梁的运输过程进行实时监控，保证箱梁安全抵达^[5]。

无人机作业能够适应复杂的环境，提高作业的柔性及效率，在实际应用中，集成智能施工技术显得尤为重要。自动化技术结合先进的传感技术和人工智能技术，能够实现对箱梁生产、运输全过程进行全面监测检查。例如在机器人手臂上安装摄像头，能够对混凝土浇筑质量进行实时监控，从而自动调整施工参数，确保施工质量。

5. 物联网技术的应用

采用物联网技术对施工现场设备进行监测与管理，发挥了重要作用。通过在设备中安装传感器及监控设备，实现对设备运行状态、运行状态及能耗等参数的实时监测与采集，采集到的数据经无线网络传输至中央控制系统，可实现对设备的远程监测与管理，作业人员可随时

通过控制系统查看设备运行状况，及时发现异常情况，及时处理。采用物联网技术对设备进行智能控制与优化操作，实现设备的智能控制，将智能控制系统安装到设备中，可使设备自动运行，并对其进行优化调整。例如，智能张拉设备通过该控制系统，自动控制张拉力值偏差，自动调节两端钢绞线伸长值不同步率，实现设备自动保压效果，从而提高箱梁预应力施加的精准度。同时通过数据分析与人工智能算法，对设备的运行数据进行分析与预测，及早发现隐患，避免出现故障^[6]。

物联网技术还能实现设备间的互联互通，实现协同作业与信息共享，在箱梁预制过程中，各种机械设备的相互配合非常重要，利用物联网技术实现设备间的实时通信与数据共享，提高了工作效率与协作能力。例如，智能养护系统的应用，通过自动湿度感应设备，实施监测梁体混凝土湿度情况，及时反馈梁体养生信息，养护系统收到指令后自动开启对梁体进行洒水养护。

通过物联网技术可实现对施工现场环境的监测与管理，将环境监测装置布设于施工现场，可对施工现场的空气质量、温度、噪声等环境参数进行实时监测，保证现场文明施工要求。同时物联网技术还能对施工现场进行视频监控及安全预警，及时发现安全隐患，及时采取措施，保证施工人员及设备的安全。

6. 应用虚拟显示技术

虚拟现实技术应用于建筑环境建模时，首先要对建筑环境进行建模，为了保证仿真的准确性和真实性，需要将施工场地的地形、气候、周边环境等因素考虑在内，利用激光扫描技术及三维造型软件，实现现场数据的快速采集与建模，为后续仿真提供数据支持。利用虚拟现实技术，可在施工过程中多次模拟演练，找出施工过程中存在的问题，并进行优化，模拟时，可设定不同的施工条件及工艺参数，观测模拟结果，评价其对施工效率及质量的影响，可以进行反复的仿真演练，找出最佳施工方案，提高施工效率，降低施工风险。利用虚拟现实技术对施工过程进行实时监测与管理，该系统通过与传感器、监测设备相连，实现了施工过程中进度、质量和安全等信息的实时采集，在虚拟环境下，通过可视化展示与分析数据，帮助管理者及时发现问题，及时作出决策，从而提高工程建设的总体效率与质量。另外虚拟现实技术还能对建筑工人进行培训、教育，利用虚拟现实模拟技术，可使施工人员在虚拟环境中进行实际操作与演练，事先熟悉施工过程及作业程序，降低实际施工中出现的失误与意外，提高施工安全可靠程度。

7. 应用无线通信技术

将无线通讯技术应用于建筑工地，可使施工人员间

即时交流，通过建设无线网络基站，施工人员可随时利用手机、平板电脑等通讯设备与施工人员进行通信，及时传达施工信息，调整施工方案，协调施工进度，这种实时交流方式能极大地缩短信息传递时延，提高工作效率，避免由于信息不畅而造成的工程延误。采用无线通讯技术，可以实现工地和指挥部之间的信息交流，建立了远程监控系统，实现了对施工进度和质量的实时监控，及时发现问题，提出解决办法，同时总部也能对施工现场下达指令，提供技术支援，确保施工进度与质量的满足，这种远程监控、指导的方式，使得施工现场与指挥部之间的联系更加紧密，更有效率。

无线通讯技术也可以应用于设备的智能管理中，在箱梁预制过程中，需要对各种机械设备的运行状态及工作参数进行实时监控与调整，该装置与无线通讯系统相连接，可对设备进行远程监测与控制，及时发现故障，及时维修，确保施工安全，这种智能化的管理方法，既提高了设备利用率，又降低了维护费用，提高了施工效率。

结束语

在350km时速的客运专线箱梁预制施工中，采用智能施工技术，大大提高了施工效率，采用数字化设计、智能化机器人施工、自动化生产等方法，不仅可大大缩短工期，降低造价，而且能提高施工质量与安全，这些技术的应用，给现代交通基础设施建设注入了新的活力，促进了产业的发展与进步。但是智能施工技术在实际应用中还存在技术成熟度低、人才培养困难、标准规范不完善等问题，为此需不断加大技术研究与创新力度，加大人才培养力度，完善相关标准与规范，促进智能施工技术在工程中的推广应用。

参考文献

- [1] 甘勇. 客运专线双线整孔预制箱梁施工工艺[J]. 珠江水运, 2020, (11): 17-18.
- [2] 陈正军. 宁高城际轨道预制箱梁运架施工技术[J]. 智能城市, 2020, 6(08): 202-203.
- [3] 李宝春. 客运专线箱梁预制施工中高性能混凝土的质量控制[J]. 智能城市, 2020, 6(01): 150-151.
- [4] 高峰立. 客运专线900t预制箱梁架设技术[J]. 四川水泥, 2017, (09): 125.
- [5] 范晨. 西成铁路客运专线预应力混凝土箱梁预制施工关键技术[J]. 科技创新导报, 2017, 14(08): 51-54.
- [6] 璐瑶知马力. 高铁建设需要哪些工程机械?[J]. 工程机械文摘, 2016, (02): 27-29.