

预制空心板腹板凿毛机器人施工技术

王金宝

(中铁五局集团机械化工程有限公司,湖南 衡阳 421000)

摘要:目前,我国预制空心板腹板混凝土凿毛技术主要采用人工方法,施工效率较低,并且在施工过程中容易影响梁板预制台座的使用周转率,同时人工凿毛在一定程度上会造成粉尘、噪声污染,危害作业人员的身心健康。因此,以柳格高速的建筑施工过程为例,利用自动化技术对预制空心板腹板凿毛机器人进行优化,讨论凿毛机器人进行施工工法与技术,对比分析了凿毛机器人与常规人工手持凿毛锤的经济效益。工程实践表明:利用凿毛机器人每片空心板可节省352.5元,单次施工中可以节约成本30万余元。由此可知,凿毛机器人能有效节约成本,具有很高的推广价值。

关键词:凿毛机器人; 预制空心板; 桥梁建筑; 施工工法; 腹板

中图分类号:U445.47

文献标识码:A

文章编号:1673-8993(2024)05-0059-04

doi:10.13402/j.gcjs.2024.05.065

Construction technology of scabbling robot for prefabricated hollow slab sternum

WANG Jinbao

(Mechanization Engineering Co., Ltd., the Fifth Bureau (Group)

Corporation of China Railway, Hengyang 421000, Hunan, China)

Abstract: At present, the concrete scabbling technology of prefabricated hollow slab sternum in China mainly adopts manual method with low construction efficiency, but it is easy to affect the use turnover rate of the prefabricated pedestal of beam and slab in the construction process, and the artificial scabbling will cause dust and noise pollution to a certain extent, and endanger the physical and mental health of the operator. Therefore, the construction process of Liuge Expressway is taken as an example, the automation technology is used to optimize the scabbling robot for prefabricated hollow slab sternum, and then the construction method and technology of the scabbling robot are discussed. Finally, the economic benefits of the scabbling robot and the conventional manual hand-held scabbling hammer are compared and analyzed. Engineering practice shows that the use of scabbling robot can save 352.5 yuan per hollow slab, and the cost can be saved by more than 300 000 yuan in a single construction, which shows that scabbling robot can effectively save costs and has high promotion value.

Key words: scabbling robot; prefabricated hollow slab; bridge construction; construction method; sternum

在桥梁工程中混凝土浇筑采取分层施工时,需要对已施工混凝土表面进行凿毛处理,以提高新、老混凝土表面的附着力,增加层间的摩擦力。目前,常用的凿毛方法有人工风镐凿毛、手推式

自动凿毛机凿毛、风砂枪和高压水冲毛等^[1-5]。这些方法都需要人工控制,不仅劳动强度较大,施工效率较低,且易对人体造成危害。预制空心板凿毛技术^[6]是一种利用机器人进行预制空心板

收稿日期:2023-10-10

作者简介:王金宝(1982—),男,高级工程师,从事土木工程施工技术管理研究工作。

腹板凿毛的施工技术。该技术不仅可以提高施工效率、减少人力成本,并且能够保证施工质量和安全。当前,国际上提出的凿毛机器人由机械臂、控制系统和凿毛工具组成,其中机械臂根据预定的路径进行凿毛操作,控制系统可以实时监测机器人的运动,凿毛工具根据需要进行不同形状的凿毛^[7-10]。

柳(园)格(尔木)高速 G3011 敦煌至当金山口高速公路工程第三标段,路线长度为 46.808 km,平均海拔为 2 500 m,设计时速为 80 km/h,路基宽度为 25.5 m。包括大、中桥 11 座,小桥 40 座,共长 2 537.66 m,需预制空心板梁 958 片。为提高预制空心板梁腹板凿毛处理效率,解放劳动力,加快工程建设进度,采用自行式桥梁梁板凿毛机器人进行空心板腹板的凿毛。该凿毛系统单侧配有凿毛锤 10 个,两侧同时凿毛,单次凿毛高度为 35 cm,往返一次即可完成整片梁的凿毛作业。通过桁架可对任何角度进行凿毛,安装简单,操作方便。设备作业时行走于梁顶,由一人控制遥控即可完成整片梁的凿毛。每分钟凿毛频次可达到 45 000 次,20 min 即可完成一片梁的凿毛作业。

1 预制空心板凿毛技术概述

1.1 空心板预制

空心板作为桥梁建筑过程必不可少的关键材料,空心板的预制技术也是当前桥梁建筑工艺中的重点施工技术。空心板通常采用多片板式结构,梁高较矮,中间设为空腔,横桥向主要采用铰缝衔接,板顶设有现浇整体化层。空心板预制主要根据空心板跨径和主要受力钢筋类型进行分类,包括钢筋混凝土板和预应力混凝土板。其中预应力混凝土板又可根据钢束张拉工艺分为先张法和后张法。空心板的适用跨径较小,对应的造价相对便宜。针对较大跨径桥梁,其空心板上部构造因采用密布结构,所需材料用量也将增大,下部结构以及对应基础的材料用量也相对增大,因此空心板预制主要应用于墩高 15 m 以下的桥梁。

1.2 预制空心板凿毛技术

预制空心板混凝土人工凿毛技术不仅要求凿毛的轻微细致,对应深度也应控制在 10 mm 左右,

同时,需全面剔除混凝土表面浮浆以及松软层,充分露出 75% 的粗骨料,且根部干净湿润。人工凿毛技术需较大人力,且不能准确保证施工过程的科学性和准确性,严重影响施工效率及进度,同时,对作业人员也有一定的影响。毛面剂的主剂成分在相关水泥及水化物表面上具有吸附作用,在吸附的同时与其他水泥反应,生成的不溶层具有延缓水泥凝结和硬化的能力。同时,通过对毛面剂对应内部辅剂载体的研究发现,该物质只在混凝土表层次上具有有效性,从而在一定程度上满足实际施工工序衔接的要求。缓凝剂法则可有效避免传统人工凿毛等相关技术缺点,利用柠檬酸、糖蜜、木钙等缓凝减水剂处理混凝土表面。

2 预制空心板腹板凿毛机器人的技术功法

2.1 功法特点

与传统的人工凿毛技术相比,预制空心板的腹板凿毛机器人具有如下特点。

(1) 操作简便,凿毛效率高。凿毛机在梁板顶面行走,所需作业面较小,施工操作较为简单,只需两人在 20 min 内即可完成一片空心板的凿毛作业。

(2) 凿毛质量好,凿毛精度高。利用凿毛机器人进行凿毛处理,不仅凿毛质量好,混凝土表面的凿毛较为均匀,还省时、省力,浮浆、杂质,还有松动的骨料均被凿除,也能保证梁面具有明显的粗糙度。

(3) 施工成本较低。对应的设备主要由空压机、汽锤、合金头等组成。设备磨损主要在合金头上,但合金头经久耐用,且更换简单。

(4) 绿色环保。在施工前可对梁体表面进行洒水湿润,作业时可有效降低粉尘。

2.2 工艺原理

预制空心板凿毛机器人的自动化系统主要采用门式设计,利用梁板顶面作为行走轨道,同时采用空压机产生的压缩空气作为动力,依靠活塞带动汽动锤产生推力和位置变换,并且轮流分配在缸体两侧。对应的活塞进行往复冲击运动,传递给与活塞小头锥部相连的钻头,以 45 000 次/min 的频率快速冲击混凝土表面,从而达到快速凿毛的效果。凿

毛机器人由电动机通过链条带动齿轮转动而行走，其两侧配备升降装置，可沿空心板腹板垂直方向上下移动，从而自动完成空心板腹板的全方位凿毛。凿毛机器人采用先进的定位和控制技术，能够实现高精度的凿毛操作。它根据预先设定的凿毛路径和参数进行准确的施工，同时具有较高的工作效率和生产能力，此外，还可以根据预先设定的安全规则和保护措施在危险或高风险环境中工作。

3 预制空心板腹板凿毛机器人的技术操作要点

预制空心板腹板凿毛机器人的施工技术要点主要包括凿毛作业前的准备工作、凿毛机器人的安装与调试工作、梁板的湿润工作、试验性凿毛、凿毛处理以及混凝土表面的清理。

(1) 在凿毛作业前，应做好梁板表面杂物的清除，并利用冲击钻凿出对应的铰缝钢筋。对凿毛的空心板腹板弹线，以确定凿毛区域，并使用墨盒对空心板顶板向下 50 mm、底板向上 200 mm、距端头一定距离(依据空心板跨径而定)的腹板混凝土表面弹线，以确定腹板混凝土凿毛区域。

(2) 凿毛机器人的安装与调试工作。首先使用控制手柄操作升降电动葫芦，使凿毛装置在空心板腹板两侧垂直方向上的高度一致，再利用调节把手调整凿毛设备两侧的凿毛器，将凿毛头与腹板之间的距离固定在 1 cm 左右，最后，使用汽车吊或龙门吊将腹板混凝土自动凿毛设备安设在待凿毛的空心板顶板一端。图 1 为凿毛机器人现场调试图。



图 1 凿毛机器人调试

(3) 试验性凿毛。利用橡胶压力管道将空气压缩机与凿毛器进行连接，打开空气压缩机进行梁板腹板试验性凿毛处理(图 2)。试验凿毛机腹

板长度为 0.5 m。观察凿毛机凿毛过程，如发现问题应及时进行调整，以确保梁板达到凿毛标准。



图 2 凿毛过程

(4) 凿毛处理。凿毛之前对空心板顶板进行洒水养生，以充分消除凿毛过程中的粉尘，并进一步将混凝土面冲洗干净。对凿毛进行一定程度的冲洗后，启动凿毛机，待自动凿毛设备行驶至空心板的另一端时，通过变频器调整电动机的转动方向，改变凿毛设备的行走方向。然后重新调整凿毛装置，使凿毛装置在空心板腹板两侧垂直方向上的高度一致，凿毛头与腹板之间的距离固定在 1 cm 左右，从上向下对空心板腹板没有凿毛的混凝土面进行凿毛。重复此工序，直至完成整个空心板腹板混凝土凿毛工作(图 3)。



图 3 凿毛效果

(5) 混凝土表面清理。将空心板腹板混凝土凿毛区域全部凿完后，使用龙门吊将凿毛设备吊离，架设到下一片待凿毛的空心板上，并将凿毛后的位置用清水冲洗干净。

4 预制空心板腹板凿毛机器人的保障措施

4.1 质量控制措施

预制空心板腹板凿毛机器人施工标准主要依据《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T F50—2011)^[9]和《公路工程质量检验评定标准》(JFG F80/1—2004)^[10]。凿毛机器人在进行混凝土凿毛工作时，应保证凿毛范围不小于凿毛区域，且由上至下进行凿毛工作。为达到凿毛效果，选用较大型号空

气压缩机。当腹板混凝土强度较高(如达到或超过设计强度)时,可通过降低凿毛设备的行驶速度,满足凿毛的质量控制指标。架设凿毛设备时应缓慢小心,保持凿毛设备的定位轮仅比空心板宽 1 cm。为确保凿毛质量,设备每次使用前应从凿毛机的进气口滴入 5~10 滴润滑油,使凿毛头部件充分润滑。指定专人负责凿毛设备操作,维修保养。在对应的凿毛过程中,应避免破坏粗骨料,施工后应冲洗并确保墙根部干净无浮浆积水,注意减少对钢筋的扰动和破坏。对于已完成的凿毛位置,应防止残渣和木屑等杂物的进入,同时应保持表面凿毛处的湿润。

4.2 安全措施

在安设凿毛机器人之前,必须全面检查设备、吊具状况。龙门吊的操作人员须经过专门培训、考核通过、取得相应特种作业操作证书。对应的混凝土凿毛设备用电时,必须采用接地、接零保护,实行三级配电,两级漏电保护。空气压缩机必须按照使用规范进行操作。凿毛设备行走距离空心板端头 1.3 m 处时,应及时改变行走方向,防止设备驶出空心板。

4.3 环保措施

在凿毛前对空心板进行洒水养生,以充分消除凿毛产生的粉尘。养生水回流至沉淀池,重复利用。凿毛机器人进气口滴入的润滑油不可过量,以避免腹板混凝土表面的污染。凿毛完成后产生的混凝土残渣,应在当日内清理干净,并集中堆放统一处理。确保凿毛设备的及时保养、擦拭。

5 预制空心板腹板凿毛机器人的应用分析

柳格高速(G3011)敦煌至当金山口高速公路工程,需预制空心板梁 958 片。其中 13、16 m 空心板 868 片全部使用凿毛机器人进行凿毛作业。一片 16 m 空心板,常规的人工凿毛需要两个人用 1 d 时间,而凿毛机器人 1 人用 0.5 h。同常规人工手持凿毛锤凿毛进行对比,每片空心板可节省人工费 352.5 元,868 片即可节约成本 30 万余元。表 1 为机器人与人工在凿毛工程中的施工速度与施工消耗对比。由表 1 可知:使用凿毛机器人,

凿毛效率高,且能够有效节约施工成本。

表 1 施工成本对比

方法	人工费/ (元·d ⁻¹)	单价/ (元·片 ⁻¹)	工程 量/片	凿毛成本/ 万元
凿毛机器人	180	11.25	868	0.976 5
人工凿毛	180	360.00	868	31.248 0

6 结 语

桥梁预制空心板的腹板混凝土凿毛环节是桥梁施工建筑工程中较为关键的环节,是当前桥梁建筑施工中的重要关注点。凿毛机器人有效实现了预制空心板凿毛技术的自动化,相比传统的人工凿毛更具效率;同时,在预制空心板腹板凿毛施工中能够提高施工效率、减少人工成本,并且能够保证凿毛的质量和一致性。预制空心板凿毛机器人的应用,有效推动了各项节点工程的优质高效施工。

参考文献:

- [1] 刘茂江. 桥梁预制空心板施工技术与控制措施[J]. 运输经理世界,2020(4):113-115.
- [2] 唐承源. 预应力空心板预制施工技术[J]. 中国水运,2019(5):90-91.
- [3] 胡志兴. 空心板梁(后张法)预制常见问题及解决方法[J]. 民营科技,2014(2):189.
- [4] 高素和. 空心板梁预制施工技术分析[J]. 科技与企业,2013(21):157-158.
- [5] 谢亚轩,赵卫敏. 预制空心板梁吊装施工及质量控制[J]. 科技与企业,2013(18):282-283.
- [6] 魏俊能,谭延军. 机器人在桥隧加固工程中大显身手[J]. 交通世界(建养·机械),2010(12):118-120.
- [7] 玉艳丽. 空心板预制施工技术浅述[J]. 科技经济市场,2008(9):29-30.
- [8] 王永坚. 空心板梁先张法预制施工技术[J]. 山西建筑,2008(3):161-162.
- [9] 谢涛. 高速公路桥涵施工技术规范及其质量控制[J]. 交通世界,2010(17):204-205.
- [10] 于庆. 应用《公路工程质量检验评定标准》应注意的问题[J]. 河北工业科技,2002,19(6):51-54.