

桥梁工程中绿色施工技术运用研究

李宇

中交二公局上海远通路桥工程有限公司

摘要:在当今全球对气候变化和环境保护日益重视的背景下,绿色施工技术在桥梁工程领域的应用显得尤为重要。传统的桥梁建设往往伴随着能源消耗大、污染物排放多等问题,对环境造成了不可忽视的影响。本文专注于探讨桥梁工程中绿色施工技术的应用,分析了这些技术的应用原则和主要特点,并通过具体的案例阐述了其在桥梁工程中的应用效果。以促进环境与经济效益的协调发展。

关键词:桥梁工程;绿色施工技术;环保材料;资源再利用;管理策略

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.07.048

随着我国桥梁建设的快速发展,2022年全国新建和改建桥梁共计12.8万座。桥梁施工对资源和环境的影响日益受到关注。根据统计,2022年我国桥梁施工活动的碳排放量约为3000万吨,建筑废弃物达到2.5亿吨。因此,探讨绿色施工技术在桥梁工程中应用具有重要意义。

一、绿色施工技术在桥梁工程中应遵循的原则

(一)生态优先原则

桥梁工程多建设在山区、水域等敏感生态环境中,施工中可能会对周边生态环境造成一定破坏。如山体开挖、排土方等易诱发山体滑坡;基坑开挖和桥台施工对河道生态环境的影响等。在设计阶段要选择生态影响最小的桥址和桥型,合理布置桥墩和桥台的位置,尽可能减少对河道改道。在施工过程中要加强对施工现场的环境管理,控制施工产生的污染物排放,建立完善的施工废弃物和污水处理再利用系统,使用低噪音施工机械和方法,加强施工期生态环境监测和治理等。

(二)资源节约原则

桥梁建设过程中耗费的资源量很大。为了节约资源,我们必须最大化地利用可再生的资源并降低对那些无法再生资源的依赖;我们还需要加强对资源的回收再利用,以减少施工垃圾。通过采纳高效的施工技术和设备,我们可以提升资源的使用效率。施工中优先选用新型环保建材,如混凝土中掺入粉煤灰、高炉水泥等新型环保胶凝材料,既可减少水泥的使用量,又可利用工业废弃物。对于不可避免产生的建筑垃圾、泥土石方,要分类存储、资源化处理和再利用,减少其直接排放。此外还可以建立废水循环处理系统,提高水资源利用率。

(三)技术创新原则

实施绿色施工技术依赖于强大的技术支持系统。在

桥梁工程建设中,一方面,要积极鼓励施工方采用新材料、新设备、新工艺^[1]。例如,利用BIM技术可以管理整个项目的生命周期并精确地估算材料需求量。另一方面,要加强技术人员培训,提高工人环保意识。持续的技术革新和流程优化是确保绿色施工可持续发展的关键。

二、绿色施工技术在桥梁工程中的应用

(一)新型环保材料应用技术

1. 低碳环保混凝土的应用。与普通混凝土相比,低碳环保混凝土在生产每立方米过程中可减少CO₂排放20—30公斤^[2]。目前,低碳环保混凝土已经成功应用于鹤岗大桥等多座桥梁工程建设中,不仅大大减少了温室气体的排放,还提高了混凝土的抗裂性能和抗渗透性。低碳环保混凝土的广泛应用,有利于降低桥梁施工过程中的碳排放,实现绿色环保和可持续发展的施工理念,值得在更多桥梁和其他工程中推广使用。

2. 环保型钢材的应用。环保型钢材的主要合金元素为钼、钒、钛等,相比普通钢材腐蚀率明显降低,使用寿命可增加10—15年。在岷江公铁两用大桥项目中,就采用了500吨环保型钢材,大幅减少了锈蚀和维护量,降低了对环境的污染。

3. 绿色断桥胶的应用。普通沥青中的VOCs排放约为32—52g/m²,而绿色断桥胶的VOCs排放量仅8—15g/m²,可减少60%左右的VOC污染。在温州鹿城大桥改建中,就选用了绿色断桥胶进行桥面铺装,相较普通沥青,可减少挥发性有机污染物排放4.2吨。

4. 再生骨料的应用。再生骨料可替代天然石料的使用量30%左右。在广西柳江大桥项目中,采用了约12万吨再生骨料,相当于节约天然骨料3.6万吨,减少砂石开采对环境的破坏。

此外,自清洁混凝土、光催化混凝土等新型环保材料在桥梁工程中的应用也逐渐增加,一定程度上减轻了施工对环境的影响。

(二)先进基础处理技术

传统基础处理方法常因大量机械操作、土方开挖而对环境产生负面影响。采用先进的基础处理技术,可以有效减少这些不良影响。

1. 高压旋喷桩技术

该技术采用高压水泵,水压可达35MPa,通过高速旋转的喷头将土方冲切并吸离,形成直径1—2米的桩孔。然后现场灌注C25至C40混凝土制成桩体(图1为高压旋喷桩施工流程图)。这种技术机械化程度高,可减少70%的施工机械用量,有效控制噪声污染;并减少60%

的土方开挖量，保护现场植被。

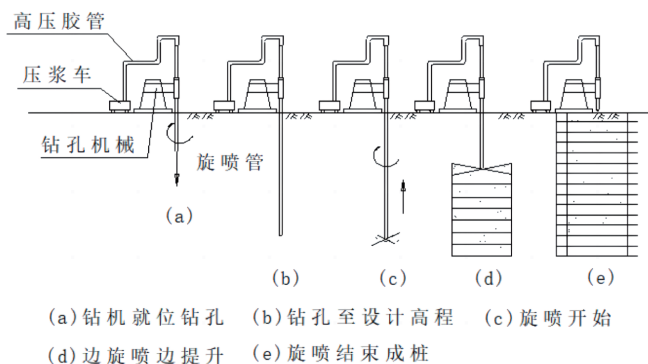


图1 高压旋喷桩施工流程图

2. 预制桩技术。预制桩是一项强化地基的工程技术，常见形式包括混凝土方桩和预应力混凝土管桩。这种技术涉及将桩体利用打桩机械打入、推入或震入地下。与现场浇筑桩相比，预制桩在制作过程中可提前完成，这有助于确保其承载力和耐用性，并且可以减少施工时的噪声与空气污染。此外，预制桩减少了对土地挖掘的需要，进而保护了土壤和植被不受破坏。

3. 钻孔灌注桩技术。这种技术先用螺旋钻头预钻直径约为0.8米的孔洞，然后灌注C30至C50混凝土形成桩体。这种做法不仅遵循了环保建筑的标准，还减少了施工对周围环境的影响。此外，由于混凝土的灌注使各个部分的黏合力更强，让整个工程更顺利地运行。

(三) 废水循环利用技术

1. 沉淀循环利用技术。混凝土搅拌废水中含有约3%-5%的悬浮物，主要是沙子、水泥等颗粒物^[3]。可以采用沉淀分离法，即当悬浮物的相对密度大于1时就下沉。这种简易处理后的混凝土废水，可用于场地湿洒、养护水等，水利用率可达70%以上。

2. 中和（均衡）法。中和法属于化学处理废水的方法之一。其工作原理是通过添加适量的中和剂来调整废

水的pH值，达到相对平衡的状态。具体而言，目标是将废水的pH值保持在6.5至8.5的范围内，以此减轻对环境的污染。这种方法的处理效果显著，且不会产生二次污染。经过处理的水可以直接用作混凝土养护或清洗设备。

3. 雨水收集与利用。收集雨水并将其回用是一项关键的水资源管理策略，属于废水循环再利用技术。在桥梁建设项目中，实施雨水收集系统是可行的。这样收集到的雨水，经过适当处理，可以用于混凝土的养护过程或清洗现场设备。这种做法不仅能减少对天然水资源的依赖，而且有助于降低水资源遭受的污染。

(四) 可再生能源应用技术

1. 太阳能技术

可以通过安装光伏板，利用阳光进行发电，为施工电力设备供电。光伏系统配置容量约为50-100千瓦，可满足现场临时用电需求。与传统柴油发电相比，每年可减少CO₂排放约50-100吨。

2. 风能的应用

在桥梁施工中，可以配置小型风力发电机组，以利用当地的风能资源进行发电。这些发电机组的单机容量大约在20-50千瓦之间。据预计，每年可发电10-20万千瓦时，这将减少大约4-8吨的标准煤消耗，同时减少约10-20吨的CO₂排放量^[4]。

3. 其他可再生能源

一些桥梁工程可利用邻近的小水电资源进行发电。也可在施工营地配置生物质能发电设备，如沼气发电机组，利用施工生活污水及厨余垃圾产生沼气，并发电供应施工用电。

(五) 建筑垃圾资源化技术

桥梁施工过程中产生的建筑垃圾主要包括弃土、拆除物、混凝土块、砖瓦陶瓷制品等。开发和运用建筑垃圾资源化技术，实现废物的再利用，是推进桥梁工程绿色施工的关键举措。

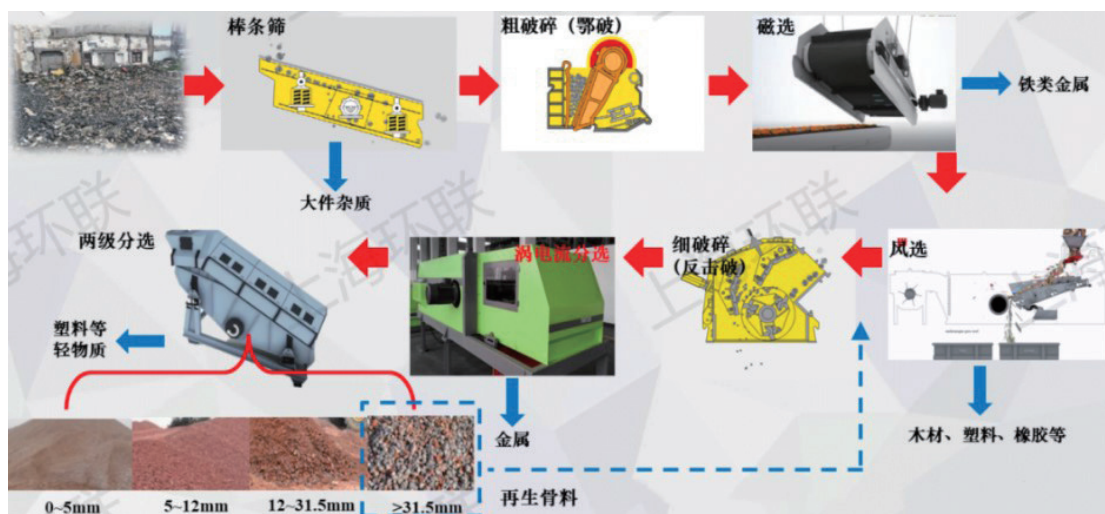


图2 建筑垃圾处理处理流程

1. 建筑垃圾再生骨料技术

是指将建筑垃圾经过打碎、筛分、除杂等处理后，制作成建筑用骨料，用于混凝土、水泥砂浆等建材的生产。常见的处理工艺有机械法、生物法等^[5]。采用机械法可以快速高效地生产出骨料，但对建筑垃圾中的有机物去除效果较差。生物法通过菌种的作用，可以有效降解有机物，获得更高品质的再生骨料产品。应用再生骨料替代天然骨料，既节约资源又减少了建筑垃圾的排放量（图2为建筑垃圾处理处理流程）。

2. 建筑垃圾制砖技术

是将建筑垃圾中的砂石、陶瓷等无机废料，加入黏土、水泥等黏结料，经过成型、养护、烧结等工艺制成砖块。采用建筑垃圾制砖，可以降低生产成本，并实现建筑垃圾的循环利用。相比传统砖块，建筑垃圾制砖具有资源节约、保温隔热性较好、抗压强度高特点。

三、案例分析

（一）工程概况

以甘肃省S大桥为例，该项目是国内重点交通枢纽工程之一。该大桥位于兰州市，大桥全场959米，主跨328米双向8车道。该项目位于8度以上地震区，要全力确保这一特大型桥梁无惧区域内22条地震断裂带和峡谷大风冲击的影响。

面临着高难度施工、高风险、工序研发困难等挑战。在该工程建设中，采用了多种绿色施工技术，是甘肃省使用新技术、新材料最多的首个“5G+智慧桥梁”。

（二）绿色施工技术策在项目中的应用

1. 绿色材料的应用

在S大桥工程中，为增进桥梁的环保性，大力推行了绿色建材的应用。大桥的全桥钢结构都采用了免涂装耐候钢，这种耐候钢的碳含量较低，能够形成致密稳定的锈层。这种材料在项目组得到了广泛应用，通过“以锈防锈”达到了长期防腐的目的，同时还降低了后期养护的成本。

2. 采用多项先进施工技术。S大桥项目团队始终坚持“创新驱动发展”理念，深入开展创新技术研究，实现多个“从0到1”的突破。在引桥钢箱梁和工字钢梁加工时，采用了先进的机器人焊接技术、“激光跟踪+电弧跟踪”技术，顶腹板自动化焊接技术上取得新突破，一次焊接合格率超98.5%。此外，项目还应用了BIM（建筑信息模型）技术+健康监测+工区管理+无人机“四合一”智能化管控体系，同时借助无人机航拍和倾斜摄影技术破解了地质断层、高塔施工等一系列技术难题。

3. 节能减排技术的创新。S大桥工程采用创新方法，使用泥砂分离机和泥水分离机协同工作，在前期浅层钻孔自制浆液，最大限度避免污染；中期进入岩层施工时，对泥浆进行泥砂分离，实现资源循环利用；灌注后，对剩余泥浆和泥水进行分离，用于工地边坡建设和

日常喷洒。整个施工过程高效环保地解决了大量泥浆处理可能造成的污染问题。

4. 消能减震技术的应用。大桥位于地震活跃区，因此，采用了含有8140吨剪切屈服强度的BRB金属消能器，以及可承受650吨阻尼力的液态非线性粘滞阻尼器。这些消能减震器的应用，显著提高了结构的耐震性能，能有效吸收和分散地震能量，减少地震对桥梁造成的损害。消能技术的创新应用，保障了桥梁在极端自然条件下的安全运营。

5. 低碳施工方法的实施。该工程在施工方法上进行了创新，采用了交叉钢管混凝土斜撑和桥塔柱连接的新形式，创造性地改进了桥塔柱的连接方式。此外，全桥使用了UHPC华夫型桥面板和钢桁-UHPC轻型组合设计。UHPC的应用减薄了桥面板的厚度，由此减轻了整体结构的重量，降低了对基础的要求和材料用量。此外，采用“UHPC专用重载行星搅拌系统+80℃高温蒸养3D”的新工艺进行预制，为项目节省成本效果显著。

（三）绿色施工技术的应用效果

为了克服S大桥施工过程中的重点难题，该项目进行了多项研发工作：使用UHPC无粗骨料超高性能混凝土、环保绿色水性脱模剂、峡谷双幅联塔抗风风嘴构造和多孔钢束连接器等。此外，建设单位还开发了泥浆循环利用系统，并研发了精轧螺纹钢压浆装置，自主设计并应用了钢管柱与排架组合支撑体系，从而实质性提高了施工质量和效率。该项目坚持创新驱动发展理念，充分展示了绿色施工技术在桥梁建设中的巨大潜力和实际效应，对于推动工程建设的绿色转型具有重要的指导意义。

结束语

综上所述，绿色施工技术在桥梁工程中扮演着至关重要的角色，不仅有助于资源的优化配置和能源的节约，还能够显著降低对环境的不良影响。前瞻性的研究与实践案例表明，持续推进绿色施工不仅是实现可持续发展的必然选择，也是桥梁工程技术进步的重要标志。这将为绿色施工技术在桥梁工程领域的广泛应用提供有力支持，推动行业朝着更加可持续的方向发展。

参考文献

- [1]朱蕊.道路桥梁工程中绿色施工技术的应用[J].中华建设,2023,(02):143-145.
- [2]彭锐.道路桥梁工程中绿色施工技术的应用探讨[J].技术与市场,2022,29(08):134-136.
- [3]周悦.道路桥梁工程中绿色施工技术的应用探讨[J].科技风,2022,(09):79-81.
- [4]郭希颂.道路桥梁工程中的绿色施工技术及其运用[C]//《建筑科技与管理》组委会.2021年3月建筑科技与管理学术交流会论文集.青岛习远咨询有限公司,2021:3.
- [5]马俊.道路桥梁工程中绿色施工技术的应用探讨[J].现代物业(中旬刊),2019,(11):211.