

装配式钢-竹组合结构建筑施工工艺分析

李颜颜

安徽水安建设集团股份有限公司

摘要：在社会经济高速发展的今天，装配式钢-竹组合结构建筑得到了人们的广泛关注，装配式钢-竹建筑不仅有利于推动绿色建筑行业的发展，还可以在装配式工艺的支持下大幅缩短工期，提高工程项目的经济效益。本文对装配式钢-竹组合结构建筑进行分析，并对装配式钢-竹建筑的施工工艺提出个人看法，希望为关注装配式钢-竹组合结构建筑施工工艺的人群带来参考。

关键词：装配式建筑；钢-竹组合结构建筑；建筑施工工艺

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.12.028

引言：在现代建筑领域，装配式钢-竹组合结构建筑已经逐渐成了绿色建筑体系下的重要组成部分，通过对装配式钢-竹组合结构建筑施工工艺进行分析，可以最大限度发挥出装配式钢-竹建筑的性能优势，进而让建筑工程项目的设计、施工质量得到更多保障。因此，有必要对装配式钢-竹组合结构建筑施工工艺进行分析。

一、装配式钢-竹组合结构建筑综述

装配式钢-竹组合构件大多会将冷弯薄壁型钢、竹胶板视为基础性工程材料，各种工程材料将会利用环氧树脂进行黏结。型钢在常温状态下可以通过弯曲的方式来满足工程项目的施工需求，而且通过截面形状的变化还能有效提高钢材利用率，因此这一类构件具备变形小、质量强等性能特征，基本能够满足建筑工程对于施工材料的性能需求。通常情况下，竹胶板（如图1）在制造时，会将毛竹纤维、树脂胶作为核心材料，建筑材料在高温、高压等一系列复杂工序下，将会有效克服原材料的材质缺陷，增强构件的性能强度与韧性。



图1 竹胶板

钢-竹组合构件能够将钢与竹两种材料的性能组合在一起，两种材料在实际应用中不仅可以发挥出各自的优势，还能在正式施工中实现性能互补。例如薄钢板在单独使用中具有稳定性不足、容易屈曲的情况，而竹板则能够在施工中实现对薄壁型钢的支撑与加固，竹板性能将会得到改善，所以在钢-竹组合建筑中是可以结合工程需求来进行配合加工，以此来让薄钢板与竹胶板在施工阶段真正实现价值最大化。需要注意的是，随着梁柱、楼板等钢-竹组合材料的不断研发，钢-竹组合构件的性能将会持续得到优化，所以随着时间的推移，钢-竹组合构件将会获得非常光明的发展前景。在钢-竹组合结构建筑的施工过程中，因为材料性能优势，所以可以结合当地对建筑物的节能需求，适当加入玻璃棉等工程材料，这样能够显著提高建筑物的保温性能，而且钢-竹组合构件还具备相对较强的抗震能力，所以还可以结合工程需求考虑弯矩与位移相互之间的关系，通过允许节点进行相对变形，还能进一步增强地震吸收能力，进而让人让建筑物在面对天灾问题时提高居民、财产的安全性。

二、装配式钢-竹组合结构建筑的工艺优势

装配式钢-竹组合结构建筑在实际应用中具有非常明显的工艺优势，只要能够结合实际情况主动开展装配式施工，就能够让施工效率与施工质量得到显著提高。装配式钢-竹建筑的核心优势如下：第一，提高施工效率与工程安全性。装配式钢-竹建筑在施工期间，能够通过大规模室内制造来降低现场施工所带来的负面影响，因为无须额外进行施工开挖与基础处理等工作，而且还能通过装配式组合施工来节约施工时间，所以装配式钢-竹建筑能够有效提高施工效率。因为工程项目可以将更多构件的制作环节放在预制厂，通过在施工现场进行组装施工，工人在操作中并不需要过多登上高处，所以装配式钢-竹建筑施工能够在提高效率的同时降低工程安全隐患。第二，有利于控制施工成本。因为装配式工艺的特殊性，所以在装配式钢-竹建筑施工中可以提前在厂房中开展装配制造，此时可以将结构模块在短时间内形成整体，在缩短项目工期的同时降低施工成本费用。装配式施工能够有效提高施工效率，通过缩短施工工期还可以有效降低设备租赁成本以及人工成本，工程项目的经济效益也将因此而增加^[1]。第三，节约资源提高建筑质量。通过提前对钢-竹组合结构构件进行预制施工，能够在一定程度上提高构件的施工精度，并降低很多外界因素所带来的负面影响，通过合理开展项目施工可以有效规避施工阶段遇到的偏差问题，建筑工程质量将会得到显著提高。装配式钢-竹组合结构建筑在施工

阶段可以显著降低现场噪音以及污染，而且通过合理开展建筑设计还能实现中建筑材料的管理，降低工程项目对于各类资源的消耗。

三、钢-竹组合构件的构造形式分析

装配式钢-竹组合建筑在实际应用中具有较为明显的工程优势，通过对钢-竹组合构件的构造形式进行针对性分析，不仅能够有效提高钢-竹组合构件的施工质量，还将进一步提高各类钢-竹组合构件的施工针对性。

（一）钢-竹组合梁柱构件

在钢-竹组合结构建筑中，钢-竹组合梁能够在使用中承受大量弯矩与剪力，从性能角度对钢-竹组合梁进行分析，可以发现构件的抗弯性能、抗剪能力与钢板、腹板的厚度参数有直接联系。一般情况下，在构件设计环节要保障C形钢厚度大于1.5mm，腹竹板厚度则需要大于15mm，腹板高度增加同样能够提高钢-竹组合梁的抗剪能力，但是腹板过度一旦过当，就容易导致材料稳定性下滑，进而让组合梁在受力阶段出现失稳破坏的情况。钢-竹组合柱作为建筑工程中非常重要的一种受力构件，能够在运行期间承受梁体传来的竖向荷载，柱体的承载能力与材料的性能强度以及长宽比例有关，随着材料强度的增加，长宽比值的下降，柱体的承载能力将会有所提高，所以在钢-竹组合构件的运行期间，需要结合工程项目的荷载需求来进行界面尺寸设计。

钢-竹组合构件中的工字形梁与柱需要将两块C形薄壁型钢（如图2）与三块竹胶板共同组成，材料能够借助环氧树脂来完成黏结。在施工阶段需要针对钢板以及竹板进行打磨处理，科学打磨可以有效清除材料表面的污垢与镀锌层，打磨完成需要利用酒精来进行擦拭处理，只有这样才能让环氧树脂的黏结效果得到更多保障。环氧树脂的黏结工作可以划分为两个步骤来进行，

第一步是针对腹板竹胶板与薄壁型钢的黏结，第二步则是对翼缘位置处竹胶板的黏结，为了让黏结效果变得更好，就应该利用夹具进行夹紧处理并通过养护施工来进一步提高黏结质量^[2]。

（二）钢-竹组合面板构件

钢-竹组合面板构件一般可以划分为楼面板与屋面板两大类，面板构件由龙骨、竹胶板与竹条封边形成，中间龙骨一般会通过C形钢与竹条黏结而成，通过沿着组合版的搭接方向来调整龙骨的排布方向，能够让荷载顺着龙骨快速传递至梁体，这种钢-竹组合方式可以在一定程度上增强面板抵抗竖向荷载的能力。因为组合楼面板是非常关键的受力构件，所以在设计阶段需要重点分析截面尺寸以及材料强度等因素所带来的影响，相较于楼面板而言，屋面板在建筑工程中往往会更多发挥出自身的维护功能，所以在设计阶段需要更多考虑面板的保温能力与防潮、防水性能，特别是在处理板材拼接位置的缝隙时，更需要在建筑设计中考虑提高面板坡度，这样有利于提高屋面板的排水效果。对于钢-竹组合构件而言，不同构件的性能差异非常大，只有结合工程项目的实际需求主动调整构件性能参数，才能真正满足钢-竹组合构件的施工需求。

（三）钢-竹组合墙体构件

在钢-竹组合结构建筑中，钢-竹组合墙体构件的重要性毋庸置疑，墙体构造形式与制作与楼板构件大致相同，两者之间最大的差异便是龙骨形式的不同。通常而言，在楼板构件的设计过程中，如果当地风荷载以及地震带来的影响较小，就可以降低对墙体水平荷载能力的需求，此时在设计墙体时可以直接利用C形钢来替代龙骨，如果建筑工程对水平荷载性能的要求较高，就可以沿着钢-竹组合龙骨来进行墙体制作^[3]。钢-竹组合墙体的内部属于空腔且具有较好的保温能力，在设计阶段可



图2 C形薄壁型钢

以适当在内部加入更多保温材料来增强墙体保温性能。除此之外，墙体在设计阶段还可以结合建筑使用需求来加入防潮、防火等材料，只要能够结合工程需求调整设计方式，就可以让钢-竹组合墙体真正实现价值最大化。

四、装配式钢-竹组合结构建筑的施工分析

在建筑工程中，钢-竹组合结构属于轻型结构，钢-竹组合构件的截面尺寸相对偏小，其中建筑施工中所采用的薄壁型钢其厚度仅仅只有2mm，所以在正式施工中应该尽量避免开展焊接处理，否则容易影响到最终施工质量。

（一）钢-竹组合梁柱施工

在装配式钢-竹组合结构建筑的施工环节，钢-竹组合梁柱大致可以采用两种连接施工方案，可以在工程项目结合实际需求来选择适合的方式。第一种方法的连接件为多个短T形钢，T形钢的翼缘将会与组合柱进行连接，腹板则能够与梁体上下翼缘进行连接，此时上、下T形钢的腹板分别会发挥出抗拉、抗压以及抵抗弯矩的作用。这种连接方式的抗弯性能相对较强，但是抗剪能力却会有所下降，因为上部位置的连接件将会压缩梁体高度，所以这种施工方式往往更加适用于一层框架以及建筑顶层。在连接件为一个T形钢的情况下，此时腹板将会与组合梁腹板进行连接，翼缘则会与组合柱进行连接，此时的T形钢腹板的抗剪能力将会得到显著提高。

T形钢板上将会设置连接孔，并通过螺栓将各类构件连接在一起，此时的连接件厚度与螺栓数量将会由承载力与构造情况来确定，合理开展构件分析能够避免螺栓对薄壁型钢造成破坏，提高连接位置处的整体强度，必要时还可以在连接位置处加入钢板，以此来强化梁柱构件的整体性与承受能力。在施工安装阶段，可以在梁体与柱体上分别设置T形钢连接件，并在梁体上安装能够与墙体进行连接的角钢，这样便可以在连接梁柱后形成一榀框架，在以此完成三榀框架结构后，就可以利用临时支撑对材料进行固定，并继续安装其他梁体^[4]。

（二）钢-竹组合面板施工

为了分析钢-竹组合楼板的整体性能，可以将楼板设置在建筑一层与混凝土相连，在制作楼板期间需要结合构造需求来制定连接件的配套组成部分。连接件上带有连接孔，可以结合楼板连接孔的实际情况在混凝土基础上预埋连接杆，以此来提高钢-竹组合楼板的连接效果。屋面板则可以通过普通螺栓与钢-竹组合梁体进行连接，口袋连接之前要标定打孔位置，在利用钻头打孔完成后，则可以将螺栓穿越孔洞并紧固。在连接位置处，可以通过在表面铺设薄钢板的方式增强受力面积，这样能够避免因为螺栓挤压而导致应力过于集中进而破坏竹胶板。为了提高楼板相互之间的整体性，在设计组合楼板时还可以对面板进行调节，这样便能够在对接的

情况下产生缝隙，通过在缝隙中填入水泥砂浆等材料便可以满足施工需求。在安装工作正式开始前需要将组合楼板调整至相关指定位置，然后则可以结合钢筋混凝土的施工需求加深连接件，以此来实现对多块楼板材料的定位安装，最后则可以在楼板缝隙中加入混凝土来实现拼装处理。楼面板在施工中需要利用桁架起重机进行吊装处理，在吊装完成并标记安装位置后，则需要利用钻头将屋面板与梁翼缘打穿，这样便可以通过螺栓来完成固定安装。

（三）钢-竹组合墙体施工

在钢-竹组合墙体施工中，需要完成墙体与楼板、墙体与墙体之间的连接施工，墙体连接期间所采用的连接件为角钢与扁钢构件，两者构件的厚度需要在施工之前进行控制，一般需要将连接件的厚度控制在10mm以上。螺栓孔位置则需要结合钢-竹组合构件的实际情况来确定，一般需要将孔洞直径控制在16mm以上，此时的构件间距应该控制在100mm-300mm。在墙体与楼板进行连接处理时，可以采用临时支撑来完成对钢-竹组合墙体的固定，并保证四角垂直能力。通过沿着内墙面方向放置不等边角钢，可以进一步提高连接效果，通过利用螺栓将楼板与墙板进行连接，能够打造出钢-竹组合墙板，但是为了降低螺栓应力集中所带来的负面影响的，应该将螺栓设置在组合版龙骨位置。在进行墙体连接工作时，需要在两块待拼接墙体的边缘龙骨设置螺栓孔，打孔位置则要沿着相同高度进行施工并保证孔洞的对称性^[5]。一般而言，墙体两侧需要专门放置相同规格的扁钢，扁钢的宽度则要略微大于高度，通过在扁钢上设置螺栓孔，可以利用螺杆穿越墙体与扁钢的方式来进行连接施工。

结论：总而言之，装配式钢-竹组合结构建筑是现代建筑领域的重要组成部分，装配式钢-竹组合结构建筑不仅具有施工简单、效率高等优势，还能迎合现代绿色建筑施工理念。相信随着更多人意识到装配式钢-竹组合结构建筑的价值，钢-竹组合结构建筑的整体质量将会变得更好。

参考文献

- [1]周杨,刘梦梦,王宝雨等.基于BIM技术与风险评估体系的装配式建筑施工安全管理研究[J].建筑结构,2023,53(S2):2089-2093.
- [2]刘战江,王占良,吴时旭等.装配式钢-竹组合结构建筑施工工艺及工程应用[J].建筑技术,2023,54(01):45-48.
- [3]马甲.轻钢-竹折板装配式组合梁抗弯力学性能研究[D].天津大学,2022.
- [4]李佳伟,李政.竹钢在景观建筑中的应用研究[J].绿色环保建材,2021,(11):17-18+21.
- [5]刘佳青,李素英,甘其芳等.中国农村地震区域推广现代装配式竹建筑的影响因素[J].动感(生态城市与绿色建筑),2020,(01):32-39.