

# 装配式建筑预制构件的连接技术研究

文 / 贾国辉 皖新文化旅游开发(集团)有限公司

**摘要:** 随着建筑工业化的发展,装配式建筑因其施工速度快、质量高、节能环保等优点而得到广泛应用。预制构件的连接技术是装配式建筑的关键技术之一,直接影响着建筑的整体性能和安全性。本文对装配式建筑预制构件的连接技术进行了研究,分析了目前常用的连接方式,如套筒灌浆连接、螺栓连接、焊接连接等,并探讨了它们的优缺点和适用范围。同时,本文还介绍了一些新型的连接技术,如预应力连接、榫卯连接等,并对其发展前景进行了展望。通过对装配式建筑预制构件连接技术的研究,为提高装配式建筑的质量和性能提供了参考依据。

**关键词:** 装配式建筑; 预制构件; 连接技术; 套筒灌浆连接; 螺栓连接; 焊接连接; 预应力连接; 榫卯连接

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.12.030

## 引言

装配式建筑是指将建筑的部分或全部构件在工厂预制完成,然后运输到施工现场进行装配的建筑方式。与传统的现浇建筑相比,装配式建筑具有施工速度快、质量高、节能环保等优点,是建筑工业化的重要发展方向。预制构件的连接技术是装配式建筑的关键技术之一,其连接质量直接影响着建筑的整体性能和安全性。因此,研究装配式建筑预制构件的连接技术具有重要的现实意义。

### 一、装配式建筑预制构件连接技术的分类

在装配式建筑中,预制构件连接技术至关重要,常

见的有以下五类(如表一):

套筒灌浆连接应用广泛,在预制构件预留钢筋上套金属套筒,灌注高强无收缩灌浆料实现可靠连接。螺栓连接属常见机械连接,在预制构件预留螺栓孔,用螺栓连接相邻构件。焊接连接通过焊接预制构件预留钢筋或钢板来连接。预应力连接利用施加预应力的方式,通过张拉钢筋或钢绞线,使预制构件在受荷前预先受压,从而提高构件的承载能力与抗裂性能<sup>[1]</sup>。榫卯连接源自传统建筑工艺,将预制构件的榫头与卯眼相互契合。

表一 预制构件连接技术

连接技术	优点	缺点
套筒灌浆连接	连接强度高、施工方便、质量可靠	成本较高、对施工精度要求高
螺栓连接	施工简单、可拆卸、便于维修	连接强度相对较低、对构件整体性影响较大
焊接连接	连接强度高、整体性好	施工难度大、对焊接质量要求高、易产生焊接残余应力
预应力连接	提高结构整体性能、充分发挥材料强度	施工工艺复杂、对预应力控制精度要求极高
榫卯连接	抗震性能良好、施工环保	对构件制作精度要求高、节点承载能力受限

### 二、新型装配式建筑预制构件连接技术

#### (一) 预应力连接

预应力连接是一种在现代建筑工程中广泛应用的连接技术,它通过在预制构件中施加预应力,使相邻的预制构件在预应力的作用下紧密连接在一起,从而提高结构的整体性和承载能力。预应力连接技术具有连接强度高、整体性好、抗震性能好等优点,在桥梁、高层建筑、大跨度空间结构等领域得到了广泛的应用。

##### 1. 预应力连接的原理

预应力连接的原理是利用预应力钢筋的张拉,在预制构件中产生预压应力,从而使预制构件在承受外荷载之前就处于受压状态。当相邻的预制构件连接在一起时,预压应力可以有效地抵消外荷载产生的拉应力,提高连接部位的抗裂性能和承载能力。预应力连接的关键在于预应力钢筋的张拉和锚固,以及预制构件之间的连接方式。

##### 2. 预应力连接的施工工艺

预应力连接的施工工艺主要包括以下几个步骤:在

预制构件的制作过程中,需要在构件中预留预应力钢筋的孔道,并保证孔道的位置和尺寸精度。同时,还需要在构件的端部设置锚固端,用于锚固预应力钢筋。在预制构件制作完成后,将预应力钢筋穿过预留的孔道。预应力钢筋的穿束需要保证钢筋的顺直和无缠绕,以确保预应力的施加效果。预应力钢筋的张拉是预应力连接施工的关键环节。张拉时,需要使用专用的张拉设备,按照设计要求的张拉应力和伸长值进行张拉。张拉过程中,需要对预应力钢筋的应力和伸长值进行实时监测,确保张拉结果符合设计要求。当预应力钢筋张拉到设计要求的应力值后,需要将预应力钢筋锚固在预制构件的锚固端上。锚固时,需要使用专用的锚具,将预应力钢筋牢固地锚固在构件中。在预应力钢筋张拉和锚固完成后,将相邻的预制构件通过预留的连接部位进行连接。连接方式可以采用后浇混凝土连接、螺栓连接、焊接连接等多种方式,具体连接方式需要根据工程的实际情况进行选择<sup>[2]</sup>。

##### 3. 预应力连接的优点

通过施加预应力,使预制构件之间产生较大的摩擦

力和粘结力，从而提高了连接部位的强度和承载能力。与传统的连接方式相比，预应力连接的连接强度更高，可以有效地保证结构的安全性和可靠性。预应力连接可以使相邻的预制构件在预应力的作用下紧密连接在一起，形成一个整体。这种整体性可以有效地提高结构的抗震性能和抗风性能，减少结构在地震和风荷载作用下的破坏。预应力连接可以使结构在地震作用下保持较好的整体性和稳定性，减少结构的变形和破坏。同时，预应力连接还可以有效地消耗地震能量，提高结构的抗震能力。预应力连接技术适用于各种类型的预制构件，包括混凝土预制构件、钢结构预制构件、木结构预制构件等。同时，预应力连接技术还可以应用于各种结构形式，如桥梁、高层建筑、大跨度空间结构等。

#### 4. 预应力连接的缺点

预应力连接的施工工艺相对较为复杂，需要专业的施工队伍和设备进行施工。施工过程中需要对预应力钢筋的张拉和锚固进行严格的控制，以确保施工质量和安全。施工需要使用专用的张拉设备和锚具，这些设备的价格较高，对施工单位的资金投入要求较大<sup>[3]</sup>。同时，这些设备的操作和维护也需要专业的技术人员进行，增加了施工的难度和成本。在预应力连接的施工过程中，由于各种因素的影响，如预应力钢筋的松弛、混凝土的收缩和徐变等，会导致预应力的损失。预应力损失的大小直接影响到连接部位的强度和承载能力，因此需要在施工过程中采取有效的措施来减少预应力损失。

#### 5. 预应力连接的应用前景

未来，随着预应力技术的不断发展和完善，预应力连接技术将在建筑工程中发挥更加重要的作用。同时，随着建筑工业化的不断推进，预应力连接技术的施工工艺也将不断简化，施工设备也将不断智能化，从而降低施工成本，提高施工效率和质量。

### （二）榫卯连接

近年来，随着装配式建筑的发展，榫卯连接技术也被应用于预制构件的连接中，为装配式建筑的发展提供了新的思路和方法。

#### 1. 榫卯连接的历史与发展

榫卯连接作为一种传统的木结构连接方式，其历史可以追溯到数千年前。在中国古代建筑中，榫卯连接被广泛应用于宫殿、庙宇、园林等建筑中，如故宫、太和殿等著名建筑都采用了榫卯连接技术。随着时间的推移，榫卯连接技术不断发展和完善，形成了多种不同的榫卯形式，如燕尾榫、馒头榫、透榫、半榫等。这些榫卯形式不仅具有良好的力学性能，而且具有独特的艺术价值。在现代建筑中，榫卯连接技术也得到了应用。例如，在一些木结构建筑中，榫卯连接仍然是主要的连接方式之一。此外，随着装配式建筑的发展，榫卯连接技术也被应用于预制构件的连接中。通过将榫卯连接技术与现

代制造技术相结合，可以实现预制构件的快速、高效连接，提高装配式建筑的施工效率和质量。

#### 2. 榫卯连接的原理与特点

榫卯连接的原理是利用木材的特性，通过榫头和卯眼的相互配合，实现构件之间的连接。在榫卯连接中，榫头和卯眼的形状和尺寸需要根据构件的受力情况和连接要求进行设计，以确保连接的强度和稳定性。当榫头插入卯眼中时，榫头和卯眼之间会产生摩擦力和挤压力，从而使构件之间形成一个整体，共同承受外力的作用。榫卯连接不需要使用钉子、螺丝等连接件，只需要将榫头插入卯眼中即可完成连接。这种连接方式施工简单，不需要复杂的施工设备和技术，能够大大提高施工效率。榫卯连接使用的是木材，是一种可再生资源，相比于使用钢材、混凝土等材料，更加环保。此外，榫卯连接不需要使用胶水等化学材料，不会对环境造成污染。榫卯连接的榫头和卯眼可以设计成各种形状和图案，使连接部位具有独特的艺术价值。这种连接方式不仅能够实现构件之间的连接，还能够起到装饰的作用，使建筑更加美观。连接强度相对较低相比于其他连接方式，榫卯连接的连接强度相对较低。这是因为榫卯连接主要依靠榫头和卯眼之间的摩擦力和挤压力来实现连接，而木材的摩擦力和挤压力有限，因此榫卯连接的连接强度相对较低。榫卯连接需要将榫头和卯眼加工成精确的形状和尺寸，以确保连接的精度和质量。因此，对构件的加工精度要求较高，需要使用高精度的加工设备和技术，增加了加工成本。

#### 3. 榫卯连接在装配式建筑中的应用

在设计预制构件时，需要考虑榫卯连接的方式和要求，合理设计榫头和卯眼的形状和尺寸，以确保连接的强度和稳定性。同时，还需要考虑预制构件的运输和安装问题，确保预制构件能够方便地运输和安装。在加工预制构件时，需要使用高精度的加工设备和技术，确保榫头和卯眼的加工精度和质量。同时，还需要对加工后的预制构件进行检验和验收，确保预制构件符合设计要求和质量标准。在连接预制构件时，需要将榫头插入卯眼中，并使用木楔等工具进行固定，确保连接的牢固性和稳定性如图 1。

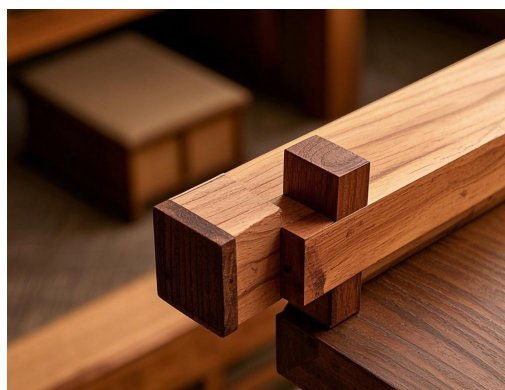


图 1 榫卯连接

同时，还需要对连接部位进行检查和验收，确保连接部位符合设计要求和质量标准。为了提高榫卯连接在装配式建筑中的应用效果，需要对榫卯连接进行改进和创新。例如，可以采用新型的木材材料和加工技术，提高木材的力学性能和加工精度；可以采用加强措施，如在榫头和卯眼之间设置金属连接件等，提高连接的强度和稳定性；可以采用新型的榫卯形式，如异形榫卯、组合榫卯等，提高连接的灵活性和适应性。

#### 4. 榫卯连接的发展前景

随着人们对环保、节能、可持续发展的要求越来越高，装配式建筑作为一种绿色建筑方式，将得到越来越广泛的应用。榫卯连接作为一种传统的木结构连接方式，具有施工简单、环保、美观等优点，将在装配式建筑中发挥重要的作用。同时，随着科技的不断进步和创新，榫卯连接技术也将不断发展和完善，提高连接的强度和稳定性，扩大应用范围，为装配式建筑的发展提供更加有力的支持。

### 三、装配式建筑预制构件连接技术的发展趋势

装配式建筑作为一种新型的建筑方式，具有施工速度快、质量可控、节能环保等优点，在国内外得到了广泛的应用。而预制构件的连接技术是装配式建筑的关键技术之一，直接影响着建筑的整体质量和性能。随着科技的不断进步和建筑行业的发展，装配式建筑预制构件连接技术也呈现出多样化、标准化和智能化的发展趋势。

#### （一）连接技术的多样化

随着装配式建筑的不断发展，预制构件的连接技术也将越来越多样化<sup>[4]</sup>。除了目前常用的连接方式，如套筒灌浆连接、螺栓连接、焊接连接等外，还将不断涌现出一些新型的连接技术，如粘结连接、机械连锁连接等，以满足不同建筑结构和使用功能的要求。粘结连接是一种通过胶粘剂将预制构件粘结在一起的方式。这种连接方式具有施工简便、连接强度高、耐久性好等优点，适用于一些对连接强度和耐久性要求较高的预制构件连接。例如，在预制混凝土构件的连接中，可以采用高性能的结构胶粘剂将预制构件粘结在一起，形成一个整体结构。机械连锁连接是一种通过机械结构将预制构件连锁在一起的方式。这种连接方式具有连接可靠、施工速度快、可重复使用等优点，适用于一些对连接可靠性和施工速度要求较高的预制构件连接。例如，在预制钢结构构件的连接中，可以采用机械连锁连接件将预制构件连锁在一起，形成一个稳定的结构体系。

#### （二）连接技术的标准化

为了提高装配式建筑预制构件连接的质量和效率，连接技术的标准化将成为未来的发展趋势。通过制定

统一的连接技术标准，规范连接方式、连接材料、施工工艺等方面的要求，确保连接质量的可靠性和稳定性。制定连接技术标准可以从以下几个方面入手：一是明确连接方式的适用范围和技术要求，根据不同的建筑结构和使用功能，选择合适的连接方式；二是规范连接材料的性能和质量要求，确保连接材料的强度、耐久性和可靠性；三是制定施工工艺标准，明确施工流程、施工要点和质量控制要求，确保施工质量的一致性和稳定性。通过连接技术的标准化，可以提高装配式建筑预制构件连接的质量和效率，降低施工成本，促进装配式建筑的健康发展。同时，连接技术的标准化也有利于加强行业管理，提高行业整体水平，推动装配式建筑产业的升级和转型。

#### （三）连接技术的智能化

通过采用智能化的连接设备和施工工艺，实现连接过程的自动化控制和质量监测，提高连接质量和施工效率。智能化的连接设备可以实现连接过程的自动化操作，如自动拧紧螺栓、自动灌浆等，减少人工操作的误差和劳动强度。同时，智能化的连接设备还可以配备传感器和监测系统，实时监测连接过程中的参数和质量指标，如连接力、灌浆压力、灌浆密实度等，及时发现和解决问题，确保连接质量的可靠性。智能化的施工工艺可以通过计算机模拟和优化，提前确定最佳的施工方案和施工参数，提高施工效率和质量。例如，在预制构件的安装过程中，可以采用智能化的定位系统和安装设备，实现预制构件的精准安装和快速连接。

#### 结语

装配式建筑预制构件的连接技术是装配式建筑的关键技术之一，直接影响着建筑的整体性能和安全性。本文对目前常用的连接技术进行了分析，介绍了一些新型的连接技术，并探讨了连接技术的发展趋势。随着建筑工业化的不断推进，装配式建筑预制构件的连接技术将不断创新和完善，为装配式建筑的发展提供更加可靠的技术支持。

#### 参考文献

- [1] 陈东. 基于预应力技术的装配式建筑施工工艺研究[J]. 建筑机械. 2023, (9). DOI: 10.14189/j.cnki.cm1981.2023.09.026.
- [2] 吴振新. 装配式混凝土预制构件施工技术要点研究[J]. 建筑工程技术与设计. 2018, (14).
- [3] 冯伟荣. 装配式建筑现浇结构与预制构件的连接处理[J]. 智能城市应用. 2019, (8). 29-33.
- [4] 李振东, 黄鑫, 孟丹, 等. 新型套筒灌浆连接技术研究进展[J]. 山西建筑. 2021, (21). DOI: 10.13719/j.cnki.1009-6825.2021.21.032.