

装配式建筑中干挂式预制混凝土外墙施工技术

文 / 王回利 深圳市龙岗安居有限公司

摘要：随着我国工业化进程持续推进，绿色环保建筑工程已成为主流发展态势，装配式混凝土结构应运而生。其中预制混凝土外墙挂板材料不仅兼具高性能与环保优势，还大大提高了施工效率，有效降低施工成本。但在实践中，该新型工艺中的干式连接技术仍存在经验不足的问题，基于此，本文系统阐述了该技术的理论概述、施工原理、技术要点以及质量控制措施，旨在为相关工程实践提供技术支撑。

关键词：装配式建筑；干挂式预制混凝土；建筑外墙；施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.22.023

引言

为适应时代发展，建筑业要想实现高质量发展，必须向绿色化、工业化、信息化深度融合方向转型。传统建筑施工中以现场作业、湿作业为主的模式不仅施工周期长、劳动力密集，导致效率低下，而且人工成本日益增高，其产生的噪音和粉尘等建筑垃圾还造成了严重的环境污染。并且受人工技术、现场环境和天气因素影响，施工质量也难以保证。而运用先进的装配式建筑生产方式，预制挂板通过装配式干式连接结构与现浇结构进行紧固连接，可快速完成安装，大大缩短施工周期。同时经精准调整，建筑外表的精美度也能大幅度提升。因此，深入研究此项施工技术，是突破当前发展瓶颈，提升装配式建筑质量与效率的关键举措，对行业转型升级意义重大。

一、干挂式预制混凝土外墙系统概述

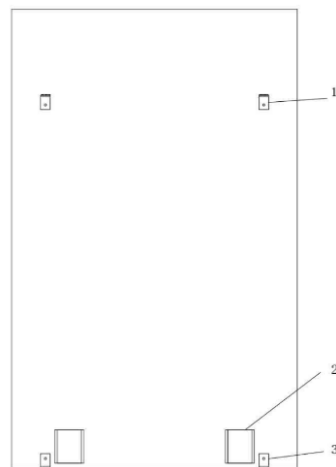
干挂式预制混凝土外墙主要是由预制混凝土外墙挂板、支撑龙骨体系和连接件系统组成的一种现代化建筑外围护结构，不仅具有预制混凝土耐久、防火、抗震的优质特征，还具备幕墙系统设计灵活与安装便捷的显著特征。预制混凝土外墙挂板一般采用高性能混凝土混合钢筋网片等坚固材料在高精度钢模具下浇筑形成。可呈现丰富多彩的肌理表面，如清水混凝土、露骨料、仿石纹理等。其中预埋件设计是实现干挂连接的基础，因此板内预埋必须精准。龙骨体系是连接建筑主体结构与外部预制混凝土模板的金属骨架结构，用于承担并传递由预制墙板产生的各类荷载与作用，如自重、地震等。其材料必须具备高强度、高刚度和高耐腐蚀性特点，通常采用“挂接”的柔性方式，既能提升安装效率，又可以保护外围护系统的安全性及完整性。连接件系统则由耐候钢或不锈钢制成，包括连接龙骨与主体结构的转接件以及固定预制墙板背面的挂接端组件。通过三维调节，可实现系统牢固、安装精准。该技术采用现代化的建造模式，制造更加精密，从而推动传统粗放式“湿式作业”向“干式作业”施工模式转变。

二、干挂式预制混凝土外墙施工工艺原理

预制混凝土外墙挂板是在构件厂内通过工业化方式预先制作完成的建筑部品，与之同步完成的还有外墙保温层、幕墙预埋件。然后预制混凝土挂板运至施工现场后，可采用塔式起重机或移动式汽车起重机进行吊运和安装。每块

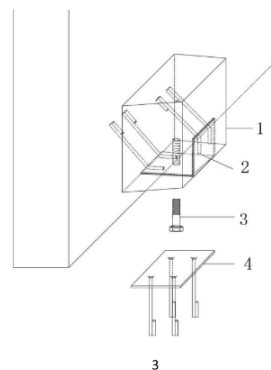
预制混凝土墙板底部各有两个支撑点并配备可以旋转的承重螺栓，进而控制墙板整体构件的水平高度。此外，墙板的上下位置还设置了四个螺栓，通过控制紧固件可以调整墙板与主体结构的距离；墙板的中部位置设置了四个能够伸缩的斜撑杆，通过斜撑杆的伸长或收缩，实现墙板细微转动，进而调整预制墙板之间的垂直度。最后，墙板的位置、标高和垂直度在达成设计要求后，可进一步将承重螺栓、水平紧固件等可动固件与预先埋在混凝土结构里的钢板焊接，从而形成一个高质量、高精度、高安全性的建筑结构。具体展示如图1、图2、图3、图4所示。

图1 一种装配式预制混凝土外墙挂板干式连接结构



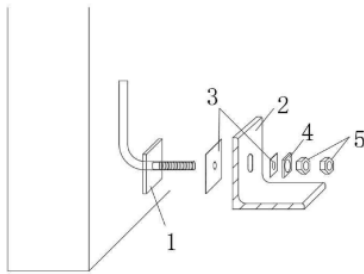
(1-上部水平支座；2-下部竖向承重支座；3-下部水平支座)

图2 下部竖向承重支座构造



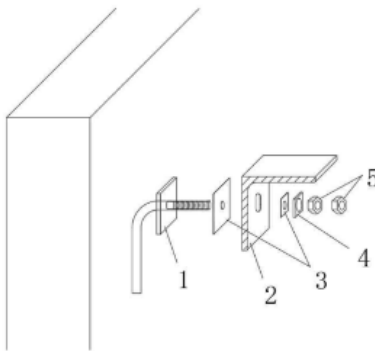
(1-混凝土牛腿；2-预埋件；3-M30螺栓；4-预埋件2)

图3 下部水平支座构造



(1 - 锚板 (100x100x10mm); 2- 限位角钢 (L200x16); 3 - 滑移件 (材质聚四氟乙烯, 厚度1~2mm); 4 - 垫块; 5-M24 螺栓)

图4 上部水平支座构造



(1 - 锚板 (100x100x10mm); 2- 限位角钢 (L200x16); 3 - 滑移件 (材质聚四氟乙烯, 厚度1~2mm); 4 - 垫块; 5-M24 螺栓)

三、干挂式预制混凝土外墙施工技术要点

干挂式预制混凝土外墙施工技术水平直接关系到整个工程的质量、安全与最终成效。因此,必须对该技术的施工环节要点进行精细控制,包括施工准备阶段、测量放线阶段、后置埋件安装阶段、龙骨安装阶段、挂板安装阶段、板缝密封处理阶段以及最后的竣工验收阶段,最终高标准完成工程交付。

(一) 施工前准备

施工前准备是干挂式预制混凝土外墙施工的基础环节,该阶段的工作质量直接影响后续工序的有效开展,因此必须从技术、材料、现场三方面进行系统规划,以保障整体施工顺利进行。首先,施工前必须对设计图纸进行深化复核,使预制墙板的精度要求与实际施工结构完美契合,包括拆分尺寸、连接节点、预埋件位置等要素,同时认真核对每块板的编号、安装顺序和方向。编制完善的专项施工方案,并完成技术和安全交底工作,内容包括技术要点、质量标准、安全操作规程等。可结合BIM技术进行三维可视化模拟和碰撞检测,降低设计中的空间冲突风险,优化安装路径。其次,必须对运抵现场的构件进行严格检查,确保外观质量、尺寸偏差、预埋挂件等符合设计要求。如预埋挂件,允许偏差通常在±2mm范围内。对于密封胶、保温材料等辅材也应格外重视。最后,在现场准备环节,需科学规划合理布局。不仅要场地进行平整、夯实等硬化处理,以便有序堆

放构件和设备,还应清理主体墙面的浮灰等杂质,确保不影响粘结和安装质量。

(二) 测量放线

测量放线的精准度关乎整个外墙系统的安装质量、平整度和最终效果。首先,工作人员需要在原始主体结构设立的基准轴线和标高水准基础上,利用测量设备如高精度全站仪、水准仪等重新测放,包括各层标高控制线、幕墙平面分格线还有核心控制线等,用此作为后续安装工序的空间标准。其次,全面检查、核对主体结构的实际偏差,内容应涵盖结构竖向的垂直度、外表平整度、预埋件实际位置、标高偏差以及外观尺寸等。将现场采集的所有数据系统地整理与归档,并与建筑设计及幕墙深化设计图纸进行精准的对比分析。根据实际施工偏差情况,可以为人工安装龙骨和预制挂板就位提供唯一客观依据,并且提前发现结构偏差,为调节系统的运作创造必要的空间条件。同时,若偏差值超出规定设计范围,则必须上报相关设计部门,并对原有设计方案进行适当性的修改与调整,按照规范条例办理正式的设计变更手续,以保证优化后的施工方案与实际工程情况相匹配。

(三) 后置埋件安装

后置埋件安装是在主体结构施工时未留预埋件或是预埋件位置偏差偏大,为使龙骨系统与主体结构相连接而采用的一种方法。该工序的施工质量与整个幕墙系统的安全与可靠密不可分,是施工环节的关键要领。首先,后置埋件的安装位置要根据统一的设计图和测量放线结果在主体结构上清晰标注,并利用钢筋探测仪避开主体结构的主要受力点。其次,选用和锚栓规格相匹配的专用钻孔设备,垂直匀速转动,且深度不能小于锚栓有效埋深。完成钻孔后,必须对孔洞进行清洁作业,可用气泵、毛刷、清孔器等专业设备,将孔内的杂质完全清除干净,以保证粘接强度。然后,采用机械或化学方法将后置锚栓正确放置孔洞之中,并牢固固定在混凝土之内。在使用高性能化学胶粘剂粘接螺栓时,应注意固化时间,坚决抵制任何形式的荷载、振动或位移,使之达到设计强度标准。最后,进行埋板固定与验收。埋板要求与混凝土表面紧密贴合无缝隙,若是结构表面有不平整问题,可选用高性能的环氧树脂砂浆找平。此外,在验收环节可委托第三方检测机构进行拉拔试验,以确保施工合格。

(四) 龙骨体系安装

龙骨架可以有效分散外墙挂板上的荷载,并且其安装效果对挂板安装的平整度和垂直度起决定性作用,甚至关乎幕墙系统的整体安全。因此,安装过程必须精细控制,并严格遵循先主后次、先下后上的关键原则。首先,安装前再次复核已完成的后置埋件或预埋件,确认其达到设计施工标准。包括埋板平面位置、标高、锚栓是否紧固以及主体结构表面平整度等内容。其次,先安装竖向主龙骨,再安横向次龙骨。安装主龙骨时,可先将转接件临时固定在埋板上,由下向上完成吊装并与转接

件初步连接。接着使用吊锤、水准仪、靠尺等设备完成三维位置的精调动作，使最终结果误差在设计规范的 $\pm 2 \sim 3\text{mm}$ 范围内，并按设计要求的扭矩，将所有连接螺栓彻底拧紧固定。次龙骨安装要基于调平的主龙骨，按照设计尺寸在主龙骨上定位放线，可采用螺栓连接与焊接的方式与其固定。在所有的龙骨安装完成后，还应进行防雷与防腐处理，以保证工程的安全性与耐久性。根据设计需要将建筑中的防雷引线与龙骨体系焊接贯通，焊接长度要不小于 83mm ，形成一个连续的导电通道，以防雷击破坏外墙板。同时，在龙骨各个切割、焊接等部位进行二次防腐处理，清理表面后第一层涂刷富锌底漆，第二层涂刷防腐面漆，可最大限度延长其使用寿命。

（五）预制挂板安装

预制挂板安装是施工全过程最为关键的环节，通过精密作业，可以实现设计蓝图高标准落地。其安装必须在龙骨系统和避雷安装验收合格之后方可进行，按照先装脚部，再由下至上的顺序依次安装。首先，在外墙挂板的吊装环节，应先将构件按大小编号，接着在工作人员指挥下按照缓慢抬起、稳步上升、缓慢放下的顺序操作，使之有序放置在设计位置。其次，利用靠尺、水平尺、铅垂仪等工具逐层修正，校核与偏差调整标准按照中线、竖缝、拼缝平整等要求进行，以保证安装位置的可靠性。最后，在确保位置精准的前提下，用扭矩扳手拧紧连接螺栓，其中扭矩必须在设计要求范围内，以此稳固预制板，避免发生位移或噪音问题。

（六）板缝密封处理

板缝处理是预制混凝土外墙施工中另一个重要环节，其施工质量对建筑使用功能，如防水、保温、隔音和耐久性，起着关键作用。材料是该技术环节的重要基础，必须选用中性硅酮结构胶或专业用于幕墙系统的耐候密封胶，同时兼具位移能力、耐候性和相容性。操作时还可在板缝中填注 $1/2$ 的聚乙烯泡沫棒以防止密封胶过度填充，从而为胶体变形提供空间，使之形成理想的哑铃状受力状态。在关键基层环节，必须做到粘接区的干净整洁。可使用“两布法”进行彻底清除作业，先用带有丙酮清洁剂的洁布擦拭油污、灰尘等不洁物，然后再用一块洁布进行擦干处理。最后在核心密封工艺施工中，可由专业操作工以先竖再横的顺序，用胶枪均匀、连续地将胶体饱满的注到缝内，期间避免气泡或空洞产生。以此才能确保外墙结构的长期安全与稳定。

（七）成品保护与清洗验收

“预防为主、防护结合”是成品保护的中心思想，它贯穿于整个工程的全部施工环节。在预制板出厂与运输阶段，可通过专用支架、加装护角、覆盖薄膜等方式，避免板材边角磕碰和表面污染；在现场堆放阶段，要注意板材倒塌、污染和长期风化；在安装施工过程中，对已安装好的板材设置防护网，以免交叉作业导致板材发生碰撞断裂；最后在安装完成后，重点要防止后续工序意外损坏，可拆除脚手架或吊篮，以防外墙遭到碰撞。

此外，清洗要以科学、温和的方式进行，如选用中性专用混凝土清洗剂、使用软毛刷软质工具重点处理顽固污渍区域、使用低压清水彻底清除清洁剂等表面残留，以防二次污染。最后，严格按照设计图纸与国家相关规范完成此次工程验收。

四、施工质量控制与常见问题防治

为确保工程最终成功交付，干挂式预制混凝土外墙的施工质量控制与常见问题防治是核心重点。质量控制需严格执行“预防为主、过程控制、验收把关”的关键原则，建立科学、系统的全过程把控体系。首先，贯彻执行“测量先行”的先决条件，确保施工每一步都在精准可控范围之内。其次，严格把好源头材料关，确保上墙的每一件材料都符合设计规范。同时针对连接点以及密封效果要重点把控，如锚栓拉拔力、螺栓扭矩可靠力、打胶手艺等，以确保外墙系统的结构安全与防水性能。然后，对于施工全过程还要建立全方位动态检查机制。通过自检、互检、专检层层把关，并责任到人，确保每一个施工环节都是高效、高质，从而实现工程整体质量优质。此外，对于施工中出现的常见问题，如板面安装偏差、接缝漏水、连件松动或腐蚀以及色差污染等，要建立专门的预防与处理机制，并形成专业化的施工指导条例，使问题达到可预见、可控制、可追溯的最佳状态，进而助力工程质量提升。

结语

综上所述，干挂式预制混凝土外墙施工技术作为装配式建筑外围护系统的前沿应用，不仅能将预制混凝土的耐久性能与干挂幕墙体系中现代技术有机融合，还实现了建筑功能、安全结构以及美学体现的完美统一。在实际施工中，重点把控施工前的准备环节、测量放线、龙骨安装、预制挂板安装等关键要点，并做好施工质量控制和问题防治措施，可显著提升工程的建设效率、品质质量以及整体综合效益。此外，该技术还处在初探阶段，施工经验欠佳，未来应持续投入创新研究力度，整合现代科技信息元素，从而助力建筑事业工业化与现代化齐头并进。

参考文献

- [1] 吴晓昊. 装配式预制混凝土楼梯结构静力性能检验分析[J]. 安徽建筑, 2025, (09): 48-50.
- [2] 张仁彬. 装配式混凝土建筑施工技术要点与现场质量控制措施[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (21): 130-132.
- [3] 王俊, 丁安磊. 装配式建筑外立面设计与预制技术应用[J]. 住宅产业, 2025, (07): 19-25.
- [4] 陈维谋. 装配式建筑下的预制混凝土外墙防水施工技术[J]. 中国建筑金属结构, 2025, (08): 49-51.
- [5] 黄金帅, 许凤美. 低能耗绿色装配式建筑外墙设计研究[J]. 砖瓦, 2024, (10): 74-76.

作者简介：王回利(1987.8)，男，汉族，浙江台州，本科，助理工程师，研究方向：建筑施工。