

# 基于 BIM 的被动式超低能耗建筑门窗安装质量控制

杨晓诚, 赵云飞

(中国水利水电第五工程局有限公司, 四川 成都 610066)

**摘要:**被动式超低能耗建筑理念符合现代建筑领域的发展趋势。而门窗是影响建筑能耗的主要因素之一,其安装质量需要严格控制。通过梳理和调研发现对其进行的相关研究及实际工程研究较少。阐述了基于 BIM 的被动式建筑门窗安装质量控制提出的解决方案,以及其在实际工程案例中对新工艺进行的验证,所测得的气密性等级远超出 8 级,门窗安装质量效果显著。

**关键词:**BIM;被动式建筑;门窗;质量控制

**中图分类号:**TU24;TU228

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2022)03-0124-05

## Introduction on BIM-Based Controlling in Installation Quality of Doors and Windows of Passive Ultra-low Energy Consumption Buildings

YANG Xiaocheng, ZHAO Yunfei

(Sinohydro Bureau 5 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610066)

**Abstract:** The concept of developing passive ultra-low energy consumption building is in line with the current development trend of building sector, and the doors and windows are one of the main factors affecting energy consumption of buildings, thus installation quality of doors and windows needs to be strictly controlled. Carding and investigation shows that few related research and practical engineering research have been conducted so far. This paper expounds the solution in controlling installation quality of doors and windows of passive buildings based on BIM, and verifies the application of this solution in a project. It is verified that the measured airtightness level is far higher than level 8, which means the installation quality of doors and windows is satisfactory.

**Key words:** BIM; passive building; doors and windows; quality control

### 1 概述

建筑能耗一直属于中国能源消耗的“能耗大户”之一,从建筑施工到停止使用的整个生命周期都会耗费大量能源。随着居民对于居住环境舒适度要求的提高,保障室内品质所需的如空调、取暖、通风等能耗迅速上升而更引人瞩目。被动式超低能耗建筑因其为建筑节能理念和舒适居住环境是集大成者,既能满足人们对健康、高品质生活的需求,又符合国家绿色、低碳、可持续发展的趋势而必将成为未来住宅建筑的发展方向。

为了达到“被动式超低能耗”的目的,要求所建建筑必须拥有严格的气密性、保温性和通风性。通过良好的门窗质量进行有效控制,可以降低占据总建筑 30%左右的能耗损失<sup>[1]</sup>。

BIM 技术作为建筑行业的新兴技术,对于建

筑施工数字化、可视化、信息化具有不可或缺的作用。阐述了将 BIM 技术引入被动式超低能耗门窗安装质量控制过程以提高其可控性,从被动式门窗最关键的气密性着手,探索了 BIM 技术提高气密性等级的可能性。

### 2 被动房的基本理念及现状分析

#### 2.1 基本理念

所谓“被动式超低能耗建筑”系指建筑物不通过一次能源、二次能源调节环境,其基本上是靠被动收集到的热量使房屋本身保持一个舒适的温度<sup>[2]</sup>。

在被动房概念中,建筑不需要像传统建筑那样使用空调、暖气来维持适宜的温度,其通过优异的建筑气密性、保温性能、无热桥设计和新风系统循环即能打造出舒适的室内空间,同时其节能效率达 90%以上。我国政府认可该理念且大力倡

收稿日期:2022-04-04

导被动式建筑的建设并出台了一系列政策<sup>[3]</sup>。

## 2.2 研究现状

通过使用 CiteSpace(版本:CiteSpace, V. 7. R2(64-bit))可视化软件对收录于中国知网(CNKI)数据库中关于“被动式超低能耗建筑”研究的文献特点、研究热点及前沿进行分析,剔除了相关报道中与研究主题不符的期刊文献,2016~2021年共筛选出276篇相关文献供本次研究使用。

采用 CiteSpace 中介中心性(Betweenness - s centrality)测量个体对整个网络的控制程度,其计算公式为:

$$AC_i = \sum_{a \neq i \neq b} \frac{n_{ab}^i}{g_{ab}} \quad (1)$$

式中  $g_{ab}$  为从节点  $a$  到节点  $b$  的捷径数目; $n_{ab}^i$  为从节点  $a$  到节点  $b$  的  $g_{ab}$  条捷径中经过节点  $i$  的捷径数目; $AC_i$  为节点  $i$  的中介中心性。

国内针对被动式建筑近五年的研究可以分为两个阶段:第一阶段为2016~2019年,主要借鉴德国被动房研究其原理,结合我国各地不同地区气候条件进行推广研究;第二阶段为2019~2021,结合装配式技术,以研究外围护结构及宏观被动房发展模式为主。尽管被动房相关的发展情况受到学者们的关注,但回顾已有文献可以发现:目前针对国内门窗安装质量控制的研究比较缺乏。

## 3 BIM 技术应用于门窗质量控制具有的优势

BIM 包含大量的建筑信息,通过施工方案和进度进行模拟,便于相关人员直观了解工程信息,了解工程重点和施工难点,对可能出现的问题尽快采取对策,规避质量风险。利用 BIM 模型的三维可视化对施工人员进行技术交底,使相关人员能够提前了解施工中的关键节点,熟悉施工工艺,避免出现失误。

此外,BIM 技术对建筑能耗方面具有显著的优势。在建筑外围护结构中,外窗、外墙、屋面和地面是建筑能耗的四大部位。通过门窗损失的能量约占建筑围护部件总能耗的40%~50%。被动房外门窗往往采用外挂式安装,外侧采用垫木和专用角码进行固定,内外两侧分别采用防水隔汽膜和防水透汽膜进行粘贴密封,比较容易出现汽密性差等问题。因此,有必要建立高效的门窗加工、安装质量管理体系,结合信息管理技术,将

门窗信息进行可视化用以指导工厂加工和现场安装,在生产、安装全过程中实现对每个门窗质量管理的智能化,提高门窗的管理精度,提高安装效率。

## 4 基于 BIM 技术进行门窗安装质量控制的原理

BIM 技术是一种在建筑施工阶段发挥着不容忽视作用的信息传递和处理方法<sup>[4]</sup>。通过 BIM 技术自身的特点可以实现建筑信息共享和各专业的协同工作,具有可视化、可协同性、模拟性、优化性等优势,辅助参与人员加深对项目的建设理解,能够提高建筑施工的精度和效率。

在门窗安装过程中,可先使用三维点云技术精确获取现场真实场景,提供所安装门窗的参数,构建坐标信息。使用 BIM 技术进行模型创建,明确门窗的详细信息,制作门窗安装的施工动画,为现场安装管理提供依据。无线射频识别即射频识别技术(Radio Frequency Identification,RFID)是自动识别技术的一种,通过无线射频方式进行非接触双向数据通信,利用无线射频方式对记录媒体(电子标签或射频卡)进行读写,从而达到识别目标和数据交换的目的,其被认为是21世纪最具发展潜力的信息技术之一<sup>[5]</sup>。此外,结合 RFID 标签性能稳定、可储存多种信息的特点由其储存 BIM 创建的门窗信息。读写器可自动识别电子标签上的信息,指导现场的门窗安装。由读写器识别的信息可及时反馈到 BIM 模型进行实时更改,完成门窗信息的实时动态管理。除了常规的人眼观察、卡尺、合尺等方式,也可采取激光扫描技术提高安装质量精确度并形成循环反馈机制进行管理,最终利用 BIM 制作效果图、动画等指导施工。门窗安装质量控制原理见图1。

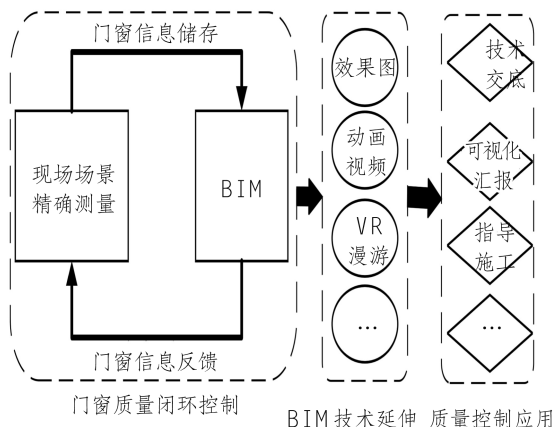


图1 门窗安装质量控制原理图

## 5 工程案例

中国电建地产成都龙泉泓悦御府项目采用装配式建筑设计,项目营造高品质“恒温、恒湿、恒洁、恒静、恒净”建筑,为西南区首个超低能耗建筑建设项目。

### 5.1 门窗质量控制的重难点

(1)施工技术要求高。采用外墙保温系统、门窗安装、汽密性处理、新风系统、无热桥设计五大核心技术以实现降低建筑物内部能量损耗、提高室内良好的居住舒适性的目的。要求具备良好的保温性能、保证外挂式门窗安装洞口缝隙汽密性能、实现新风系统对能量的高效回收利用及减少建筑物内部环境与室外环境产生的热传导,需要通过各项关键技术协调配合以最大限度地提高建筑物的保温、隔热和汽密性能,保障超低能耗建筑“五恒”性能,施工技术要求较高。

(2)施工质量要求高。为降低能耗损失,提高室内环境的舒适性、减少建筑损伤、提高经济性和节约能源需求,实现超低能耗建筑“恒温、恒湿、恒洁、恒静、恒净”建筑性能,与传统建筑不同,超低能耗建筑在外墙保温、门窗安装、汽密性处理、断热桥结构设计、施工上具有更高的要求,不仅需要满足各项核心技术要求指标,并且要求通过超低能耗建筑德国 PHI 认证,施工质量要求较高。

### 5.2 门窗安装质量控制

(1)门窗安装信息管理。施工前,精确测量现场真实场景并建立详细的 BIM 模型,标注门窗基本属性信息,将真实现场与 BIM 模型对比结合,形成数据闭环反馈机制。利用 BIM 制作安装模拟动画用以指导现场施工。门窗安装节点大样见图 2,门窗安装节点大样效果见图 3,模型基本信息见图 4。

(2)门窗精细化安装。采用新施工工艺,窗玻璃采用三玻两腔充氩气,窗框采用实木窗框,有效地将室内外隔绝(隔绝声音,隔绝水蒸汽等),形成热断桥。将因建筑本身热能挥发产生的水蒸汽单向透出室外,使房间一直保持在人体舒适的环境中,成功地解决了超低能耗建筑门窗在西南地区的安装重难点问题,提高了安装质量,确保了门窗汽密性满足相关标准与要求,保证了超低能耗建筑的使用性能。

由于门窗的安装信息是不断更新的,也是门

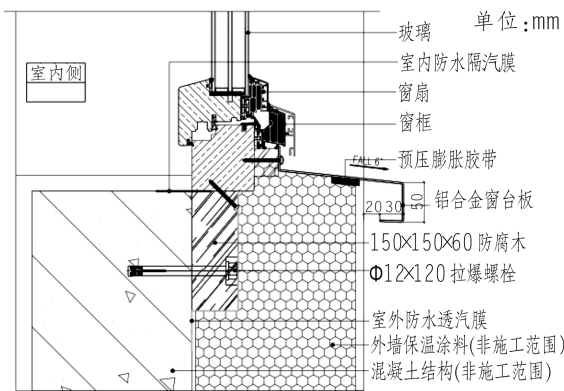


图 2 门窗安装节点大样图

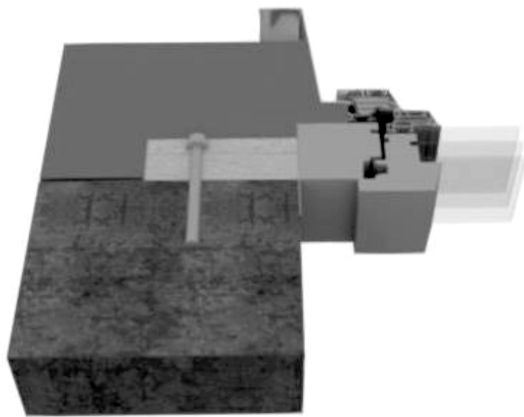


图 3 门窗安装节点大样效果图

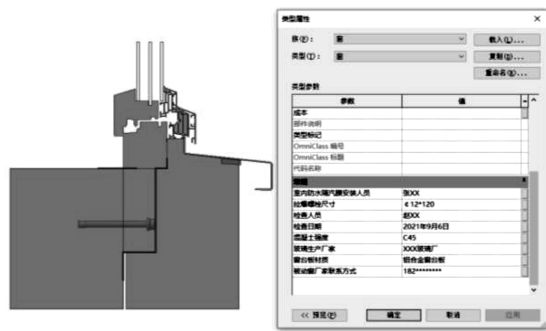


图 4 模型基本信息图

窗安装的工作重点。因此,在安装阶段,从门窗运输进场到最终安装成形的环节主要包括门窗的安装工艺、预警提醒、质量控制等方面的信息。在安装过程中,由 BIM 创建的模型生成的安装动画及复杂节点的施工工艺以二维码标签的形式粘贴于构件上用以指导现场施工,降低安装难度。现场安装过程必须精确测量,及时反馈门窗信息参数,调整模型,形成闭环控制。门窗安装 BIM 控制流程见图 5。

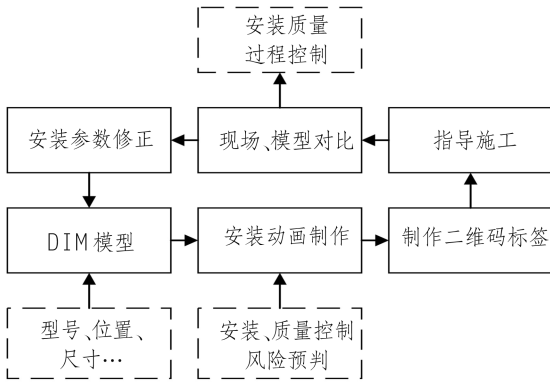


图5 门窗安装BIM控制流程图

被动式门窗安装从测量放线到检查整修的每一个工序均采用精细化管理,严格控制安装误差。

(3)门窗密封材料的质量控制。门窗密封材料的性能是影响门窗质量的重要因素。门窗密封材料的性能指标见表1。根据表1中的项目,通

表1 门窗密封材料性能指标表

项 目	性能指标	
	隔汽膜	透汽膜
拉伸力 /N·50 mm <sup>-1</sup>	纵向	≥120
	横向	≥180
断裂伸长率 /%	纵向	≥70
	横向	≥60
撕裂强度 /N	纵向	≥60
	横向	≥60
透水蒸汽性	≤30	≥300
不透水性	1 000 mm, 20 h 不透水	

过试验的方法检测门窗密封材料的性能是否符合标准,最终确定外围护结构门窗洞口的密封材料性能,保障门窗与墙体之间的整体性。

(4)门窗安装质量验收。按照门窗各品种、类型的数量随机抽取10%且不少于6樘进行检验。对所选定的门窗逐个按《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2013)、《建筑装饰装修工程质量验收规范》(GB50210—2018)和《被动式超低能耗建筑施工及验收规程》(公司企业标准)进行验收,逐项评定门窗的质量。门窗主要验收项目见表2。

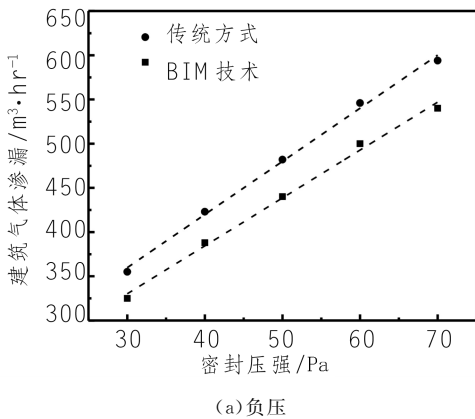
### 5.3 安装质量

文中所介绍的理论方法可有效避免因气密性不密实造成的室内能量损失,有效减少室内热量的损耗。经测算,超低能耗建筑的能源消耗仅为

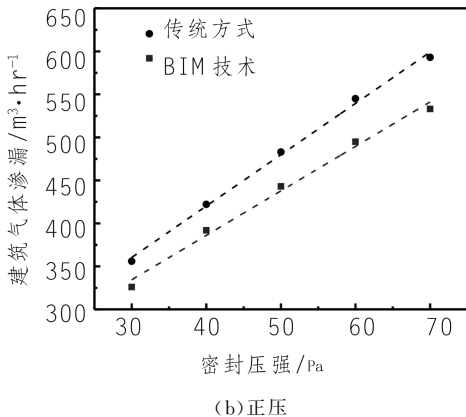
表2 门窗主要验收项目表

序号	验收项目	验收结果
1	安装工程所使用的门窗品种、规格、开启方向及安装位置	符合设计图纸的要求
2	门窗及密封条的物理性能	与设计要求相一致
3	外门窗所用的防水透汽材料、防水隔汽材料	品种、规格、性能符合设计与相关标准要求
4	外门窗安装的位置或尺寸偏差	符合《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2013)、《建筑装饰装修工程质量验收规范》(GB50210—2018)和《被动式超低能耗建筑施工及验收规程》(公司企业标准)要求
5	外门窗安装联结件的位置、阻断热桥措施、气密性措施	符合《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2013)、《建筑装饰装修工程质量验收规范》(GB50210—2018)和《被动式超低能耗建筑施工及验收规程》(公司企业标准)要求
6	外门窗框与洞口之间,室外侧的防水透汽材料和室内侧的防水隔汽材料	封闭严密,粘贴密实
7	防水隔汽材料、防水透汽材料与墙体和窗框的粘结宽度	符合《被动式超低能耗建筑施工及验收规程》(公司企业标准)要求
8	防水隔汽材料、防水透汽材料在窗框四角处的搭接宽度	符合《被动式超低能耗建筑施工及验收规程》(公司企业标准)要求
9	门窗扇密封条的镶嵌	牢固、无脱槽现象,关闭门窗时密封条接触严密

传统建筑的10%,较新型建筑也能节约超过75%的能耗。按照超低能耗建筑的设计要求,每m<sup>2</sup>建筑年采暖能耗不大于15 kW·h,大约为目前国内节能建筑采暖能耗的1/3。在外围结构不变的情况下,通过测试15栋1单元202房间,验证了被动式门窗比传统门窗气密性、水密性、抗风压性更高。图6为在其它条件相同的情况下15栋1单元202房间在传统方式与应用BIM技术被动式门窗安装气密性测量数据的对比关系,传统方式与应用BIM技术被动式门窗安装气密性对比情况见图6。由图6可知:采用BIM技术后门窗的气密性明显优于传统门窗安装方式。通过使用完整的门窗质量控制方法,其验收结果表明安装效果良好。由试验检测结果得知:其气密性能等级远超8级,超出被动式超低能耗居住建筑节能



(a) 负压



(b) 正压

图 6 传统方式与应用 BIM 技术被动式门窗安装气密性对比图

能设计标准(DB13(J)/T273—2018)中规定的气密性等级。

## 6 结语

(1)被动式超低能耗建筑是建筑发展的必然趋势。从文献统计情况看,其相关研究逐年增加;

从被动房的理念看,其低碳、环保、节能、舒适的特点符合目前建筑发展的趋势。此外,国家也出台了一系列政策给予支持。

(2)BIM 技术的应用能够提高门窗的安装质量。BIM 作为近几年建筑领域的先锋技术,在信息管理、数字化进程中已展现出其价值。在门窗安装过程中可以结合其它技术进行管理以提高其安装控制精度。

(3)有效的门窗安装工艺能够满足建筑需求。

对比传统建筑,被动式超低能耗建筑安装要求更高,且该工程案例具有特有的安装重、难点问题,该工程采用新工艺后,满足了被动式超低能耗建筑施工期间高质量、高标准的门窗安装需求。

### 参考文献:

- [1] 瞿蕊,韩东君,朱亚丹. 被动式超低能耗建筑发展现状及思考[J]. 中外建筑,2021;32(1):185-188.
- [2] 刘月君,罗甜恬. 被动房产业核心竞争力构成——基于扎根理论的探索性研究[J]. 工程管理学报,2021,35(4):141-146.
- [3] 李敏. 从绿色建筑到被动房[C]. 北京造船工程学会,2020.
- [4] 刘占省,刘诗楠,赵玉红,等. 智能建造技术发展现状与未来趋势[J]. 建筑技术,2019,50(7):772-779.
- [5] 李成渊. 射频识别技术的应用与发展研究[J]. 无线互联科技,2016,26(5):15-18.

### 作者简介:

杨晓诚(1977-),男,湖北赤壁人,分局质量总监,高级工程师,从事建筑工程、地基与基础处理等工程施工技术与管理

工作;

赵云飞(1974-),男,四川苍溪人,副总经理兼总工程师,正高级工程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

程师,从事工程建设技术与管理工

## 小井沟水利枢纽工程通过工程完工验收

2022年4月27日,由水电五局承建的四川省自贡市小井沟水利枢纽工程顺利通过工程完工验收。小井沟水利枢纽工程主要施工内容包括钢筋混凝土面板堆石坝工程、溢洪道工程、泄洪洞进水闸及出口改造工程、泄洪放空洞工程、泵站工程、副坝土建工程、合同中明确的工程项目配套机电及金属结构设备安装工程、枢纽及干渠的闸门制造以及上述工程的环境保护及水土保持的工程措施项目、安全监测工程等。工程开工后遇到诸如特殊复杂地层构造、筑坝材料缺失、土料天然含水率无法达到设计要求、软岩填筑变形大等一系列重大技术难题。项目部针对特殊复杂地层造成的开采超径石问题开展了一系列爆破研究工作,最终采用调整雷管位置、调整堵塞长度、混合堵塞材料等措施取得了较好的效果,解决了超径石问题。针对筑坝材料缺失问题,项目部通过对软岩进行若干次碾压试验研究,利用软岩筑坝,解决了筑坝材料缺失问题。针对风化泥岩天然含水率无法达到设计要求的问题,项目部修建了专门的风化泥岩料加工处理系统,成功解决了风化泥岩天然含水率无法达标的问题。针对填筑变形大问题,项目部采用加强大坝施工期和水库蓄水期间的监测、降低大坝填筑上升速度等措施,最终达到了设计要求。小井沟水利枢纽工程作为“再造一个都江堰”战略的重要组成部分,是破解自贡市水资源短缺瓶颈的“生命工程”,小井沟水利枢纽工程建成后,解决了自贡320多万人的饮用水和15万亩耕地的供水与灌溉。项目自2012年5月1日进场,2016年2月28日下闸蓄水,2019年8月6日移交实体工程,经过近3年时间的运行,小井沟水利枢纽工程挡水、泄水、输水建筑物运行正常,未发生质量缺陷。小井沟水利枢纽工程建成后,已累计供水3.3亿 $m^3$ ,每年为自贡市提供工业及生活用水9452万 $m^3$ ,在保障城区用水安全的同时,彻底解决了农村23.35万人的饮水问题,社会效益显著,得到社会各界的一致好评。

(中水五局 供稿)