

磷石膏基预制构件在装配式建筑中应用的可行性分析

李 丹¹, 赵志曼^{1,2}, 全思臣³, 杨丽田¹

(1. 昆明理工大学 建筑工程学院, 昆明 650500; 2. 云南省土木工程防灾重点实验室, 昆明 650500;

3. 云南凝创环保科技有限公司, 云南 安宁 650305)

摘要:通过分析 PC 构件在装配式建筑中发展的现状及问题, 结合磷石膏基预制构件的特点, 从技术、市场、政策三个方面分析了该种建筑材料在装配式建筑中应用的可行性, 并提出磷石膏基预制构件在实际项目中的应用情况。

关键词:装配式建筑; 磷石膏基预制构件; 可行性

中图分类号: TQ177.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2019)10-0154-04

为适应我国建筑技术发展的需要, 多种装配式结构体系取得了显著的发展, 例如钢结构体系、框架结构体系、混凝土排架结构体系等。在提倡“四节一环保”要求的大背景下, 我国政府出台了一系列政策措施解决如环境污染、水资源浪费、建筑垃圾处理困难等问题, 保证建筑行业健康持续发展^[1]。而装配式建筑具有建造速度快, 建筑垃圾少, 对环境污染小的优点^[2]。我国装配式建筑成本偏高的主要原因在于 PC 构件的成本偏高^[3], 而磷石膏本是工业废料, 磷石膏经加工处理后制成建材, 可节约水泥混凝土的用量, 从而降低构件成本, 这也是磷石膏基预制构件越来越受欢迎的原因之一。磷石膏基预制构件在生产过程中的原材料主要是磷石膏、化学纤维以及其他添加剂等, 经浇模硬化脱模, 最终形成建材^[4]。其优势在于合理的价格, 优良的品质, 可回收利用及较高的适用性等, 将磷石膏基预制构件应用于装配式建筑中, 不仅符合绿色发展, 更加促进了磷石膏的综合利用。

本文介绍了 PC 构件限制装配式建筑发展的原因, 分析了磷石膏基预制构件的性能优势及其在装配式建筑中应用的可行性, 最后给出合理建议。

1 PC 构件在装配式建筑中面临的现状及问题

早在二十世纪八十年代, 装配式建筑就已经加入我国建筑行业的发展行列中。装配式建筑的发展对我国建筑工业化进程起到很大的推进作用。但装配式建筑的发展并不是特别顺利, PC 构件就是诸多限制因素之一。PC 构件在我国装配式建筑中面临的

问题主要体现在以下几个方面:

1.1 成本问题

如果只考虑 PC 构件在施工阶段的造价, 预制构件的构件成本、运输费用、安装费用及与现浇结构的关系等都会导致装配式建筑的成本增加。目前, PC 构件的价格大约在 2 800~3 500 元/m³, 价格很高; 而且 PC 构件自重大, 将其从构件预制场运输至建筑施工现场也使得运输成本及运输风险的增加。由于构件自重原因, 也会使安装难度加大, 从而导致安装成本增加。PC 构件与传统现浇混凝土相比, 如果无法找到控制 PC 构件成本的适合的方式, 就会产生竞争优势下降的尴尬局面^[5], 也就无法体现装配式的优势。

1.2 技术问题

由于 PC 构件是混凝土浇筑的, 在凝结硬化过程当中, 必须按规定进行养护; 如果养护不当, 会产生构件表面裂纹, 就会影响构件观感质量和结构, 进而影响建筑质量安全。在构件制作过程中, 还容易产生麻面、蜂窝等现象, 需要进行修补及粉刷。PC 构件在吊装过程中, 如图 1 所示, 由于自重大, 使吊装难度增加, 很有可能导致构件的开裂或局部变形^[6]。

在 PC 构件与钢结构结合的装配式建筑中, 防火一直是很受关注的话题, 在温度上升过程中构件内部会产生不均匀温度场, 在温度场作用下, 水泥会受热分解, 其他骨料受热膨胀开裂, 内部的预应力钢筋受热后与混凝土的粘结强度也降低, 导致构件承载能力降低^[7]。

1.3 进度问题

PC 构件是由混凝土筑模制成的, 而混凝土的凝

收稿日期: 2019-06-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(51662022)。

作者简介: 李丹(1993—), 女(满族), 辽宁黑山人, 昆明理工大学, 硕士研究生, 研究方向: 磷石膏的资源化利用, 工程管理方向。



图 1 PC 构件吊装

结硬化是非常缓慢的,使模板的周转次数降低,从而导致施工进度缓慢,如果“场厂协调”不适宜,还会出现施工现场和预制构件厂的相互窝工等待的现象^[8]等等。构件的堆放场地、养护条件、构件数量及生产难度也是限制装配式施工进度的重要因素^[9]。

2 磷石膏基预制构件在装配式建筑中推广的可行性

丰富廉价的磷石膏资源,使得新型墙体材料的获取途径变得更加便利。将化学纤维和其他化学添加剂加入经过预处理的磷建筑石膏中,再放入搅拌装置中搅拌均匀,迅速浇筑在模具中,在自然条件下干燥或放入烘干室烘干,形成所需建材备用。

2.1 技术可行性分析

磷石膏基建筑材料本身绿色环保,在制备过程中释放较少的 CO₂ 及少量能耗,作为建筑墙材,磷石膏基预制构件具有调节室内湿度的作用,使居住变得更加适宜,属于绿色环保型墙材,符合我国目前建筑行业发展方向和节能型建筑的要求。磷石膏基建材本身具有防火、轻质、保温、隔音、体积稳定等优点,还具有凝结时间快,生产能耗低,快硬早强的特点,而且还具有循环利用特性,这是 PC 构件无法相比的优点。

基于此并根据实验数据及文献参考,对磷石膏基预制构件与 PC 构件在防水涂料用量、粉刷用量、施工用水、施工用电及建筑垃圾方面进行对比,如表 1 所示,防水涂料的用量是结合了内掺和外掺,在数据对比上我们可以发现:PC 构件的用量比磷石膏基预制构件节约了约 12.5%。PC 构件安装后需要进行墙壁粉刷处理 5 遍左右,并且每一遍中间要停留 5~6 h 进行渗透,由于磷石膏基预制构件本身可以作为装饰用品,所以墙壁粉刷 1 遍即可,这也变相地节约了许多时间和劳动力;PC 构件在凝结硬化以后需要大量水养护,而磷石膏硬化后无需进行洒水养护,因

此节约了大量的水资源,同时也节省一部分电力资源。由于磷石膏凝结硬化快且无需洒水养护,在使用同种模板浇筑构件的情况下,PC 构件完成一次脱模的时间,可使磷石膏基预制构件周转 5 次,节约了大量的用工时间;PC 构件会产生 4.6 kg/m² 的建筑垃圾,磷石膏因其具有可回收利用的特性,几乎不产生建筑垃圾,更符合绿色建筑这一概念。

由于石膏使亲水性材料^[10],磷石膏基预制构件还需改性,使其适应潮湿环境。总体而言,磷石膏基预制构件较 PC 构件会节约一部分劳动力成本、材料成本和可观的工期。磷石膏基预制构件的应用也更加符合可持续发展的经济发展理念,推动了建筑行业的继续进步,使装配式建筑成为发展能耗更少、污染更小的建筑方式。

表 1 PC 构件与磷石膏基构件材料用量及建筑垃圾对比

项目	PC 构件	磷石膏基预制构件
防水涂料用量/(kg/m ²)	1.8~2.5	2~3
粉刷用量/(kg/m ²)	1.3~1.7	0.2~0.5
施工用水/(kg/月/m ³)	10~11	6~7
施工用电/(kw·h/月/m ²)	0.6~0.7	0.1~0.3
模板周转次数/次(同体积)	1	5~6
建筑垃圾/(kg/m ²)	4~5	0.5~2

2.2 市场可行性分析

磷石膏基预制构件作为一种新型绿色建材可以凭借自身的优势在市场开辟出一条新的途径,敢于开拓市场。目前已经有许多地区将发展磷石膏作为其重要支柱产业,而对于企业来讲,磷石膏的发展也越来越得到市场的认可。如表 2 所示,各企业也将磷石膏基预制构件逐渐应用在工程当中,对于磷石膏基预制构件,许多设计单位及施工单位也越来越认识到其绿色环保和高效便捷的优势。

通过建材公司不断的对磷石膏进行调整研发,磷石膏基预制构件的性能不仅符合规范要求,如表 3 所示,磷石膏基预制构件的性能还越来越符合客户的要求,因此磷石膏基预制构件是具有市场可行性的。

这里以数据的形式呈现磷石膏基预制构件能达到的性能参数。

2.3 政策可行性分析

国家发改委印发的《“十三五”节能减排综合工作方案》(国发[2016]74 号)中提出:到 2020 年,75% 的国家级园区和 50% 的省级园区实施循环化改造,长江经济带超过 90% 的省级以上(含省级)重化工园区实施循环化改造。统筹推进大宗固体废弃物综合利

表 2 各企业在装配式建筑体系中推广应用的磷石膏基预制构件

企业名称	主要推广构件名称	推广应用年限/年	应用试点工程
重庆市綦江区公信建材有限公司	改性石膏大板	2010	金韵天城住宅小区
宜都市顺金新型建筑材料有限公司	石膏砌块墙体	2012	武汉名流世家 K2 项目
山东乾元泽孚科技有限公司	保温墙板	2006	矫格庄棚户区改造项目
泰安杰普石膏科技有限公司	纸面石膏板	2009	济南港新园公租房项目
上海晋马建材有限公司	石膏墙砖、砌块	2001	上海杨浦区 96 街坊办公楼项目
四川高宇新型建材有限责任公司	石膏空心砌块砖	2006	建工西部建材产业园(一期)工程
.....			

表 3 磷石膏基预制构件的性能参数

	墙厚 mm	耐火极限 h	空气声隔声量 dB	传热系数 W/(m ² /k)
磷石膏隔墙板	120	>4	>47	<1.5
磷石膏外墙板	240	>5	>60	<2.0
.....				

用,到 2020 年,工业固体废物综合利用率达到 73% 以上^[11]。近年来,国家已经将磷石膏综合利用划为重点资源化工程,各省市也加大了磷石膏综合利用的政策扶持,用磷石膏制成的石膏砌块、空心条板、纸面石膏板,用粉煤灰制成的砖、砌块等新型墙体材料享受增值税即征即退 50% 的政策。在“十二五”期间,行业积极支持并建议国家在实施“双百”工程中,对磷石膏基新型建材先进企业予以重点支持;在全国建设 20~30 个磷石膏替代天然石膏生产新型建材综合利用基地。在解决磷石膏大量堆积和污染土地等问题的同时,为建材企业等单位节约了大量成本^[12]。

3 磷石膏基预制构件在装配式建筑中的应用

示范工程:瓮福工业园区蓝图公司磷石膏绿色生态 PGPC 装配式建筑构件项目,如图 2 所示。



图 2 磷石膏绿色生态 PGPC 装配式建筑构件项目

该项目由瓮福集团与贵州蓝图公司共同建造,位于福泉市马场坪瓮福工业园区瓮福化工公司西北侧。是国内首创的绿色生态 PGPC 装配式建筑体系。工

程于 2017 年 1 月开工建设,于 2017 年 11 月底竣工。该工程相关验收均已合格,工程施工进度更快,磷石膏基预制构件感观更好,产生的建筑垃圾更少。解决了磷石膏的增量问题,也推进了磷石膏基预制构件在装配式建筑中发展的脚步。

该工程在节约成本、缩短施工工期、保证构件质量和节约劳动力方面取得了非常大的经济效益与社会效益。

4 结语

综上所述,我国已具备充分的条件发展装配式建筑。PC 构件已经较传统建造方式具有很大的优势,磷石膏基预制构件的应用更加体现装配式的优势。如果装配式建筑的发展可以以建筑材料的优选作为切入点,将磷石膏基构件应用于装配式建筑完全符合绿色生态发展、节能低碳发展的理念,利用磷石膏生产新型墙体材料,不仅可以解决磷石膏大量堆积、占用土地、污染水资源的难题,在项目实施的时候,还可以节约人力、物力和财力。磷石膏基预制构件在装配式建筑中推广应用将产生重大意义。

参考文献

- [1] 王俊,赵基达,胡宗羽.我国建筑工业化发展现状与思考[J].土木工程学报,2016,49(5):1-2.
- [2] 赵笑男.保障房建设中推广装配式建筑的可行性分析[J].四川水泥,2018(10):330.
- [3] 郭亮.预制装配式建筑的现状与发展[J].住宅与房地产,2018(12):14.
- [4] 吴磊,赵志曼,等.短切玄武岩纤维对磷石膏抗折强度影响研究[J].非金属矿,2017,40(6):9-10.
- [5] 杨俊财.PC 预制构件中叠合楼板施工中的问题及原因分析[J].华东科技,2019(2):67.

- [6] 贾旭平,王永顺. PC 构件常见质量问题及控制办法[J]. 吉林建筑大学学报,2017(3):44—46.
- [7] 张大长,吕志涛. 火灾对 RC、PC 构件材料性能的影响[J]. 南京建筑工程学院学报,1998(2):25—29.
- [8] 陈浩杰. 泸州市装配式建筑在 PC 构件制作与安装环节的主要问题及对策研究[J]. 酒城教育,2018(3):100—102.
- [9] 苏建坤. 装配式建筑施工进度控制的关键性因素分析[J]. 建筑学研究前沿,2018,40(9):1672—1674.
- [10] 孙振国,张耀,张亚妮,等. 纤维增强脱硫石膏空心大板在装配式建筑体系中的应用[J]. 新型建筑材料,2013(6):36—39.
- [11] 000014349/2016—00271. 《“十三五”节能减排综合工作方案》国发〔2016〕74 号[S]. 国家发改委,2016.
- [12] 汪家铭. 磷石膏综合利用技术现状与前景展望[J]. 硫磷设计与粉体工程,2013(1)7—12.

Feasibility Analysis of Application of Phosphogypsum-Based Prefabricated Components in Prefabricated Buildings

LI Dan¹, ZHAO Zhi-man^{1,2}, QUAN Si-chen³, YANG Li-tian¹

(1. Faculty of Civil Engineering and Architecture, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China;

2. Yunnan Provincial Key Laboratory of Civil Engineering Disaster Prevention, Kunming 650500, China;

3. Yunnan Cohesive Innovation Environmental Protection Technology Co., LTD, Anning Yunnan 650305, China)

Abstract: This paper analyzes the status quo and problems of PC components in prefabricated buildings, and combines the characteristics of prefabricated components of phosphorus building gypsum to analyze the feasibility of applying this kind of building materials in prefabricated buildings from three aspects: technology, market and policy. Sexuality, and the application of phosphogypsum-based prefabricated components in actual projects.

Key words: fabricated building; phosphorus building gypsum prefabricated components; feasibility