

Research of a New Interlocking Hollow Block

Xiaxia Liu, Chunlin Li, Shu Zhang

Institute of Civil and Architectural Engineering, Tongling University, Tongling Anhui
Email: lichunlin111@126.com

Received: Jun. 24th, 2017; accepted: Jul. 7th, 2017; published: Jul. 11th, 2017

Abstract

Building blocks are an essential part of construction engineering. With the development of building technology, interlocking hollow blocks are attracting increasing attention in the community. Compared with traditional brick, interlocking hollow blocks have many advantages such as making comprehensive utilization of wastes, high efficiency, and saving cement. On the basis of in-depth research about interlocking hollow block, a new interlocking hollow block is designed, which can realize three-dimensional connection with mortise and tenon. Therefore, the replacement of the conventional masonry mortar by the blocks-mortise join will help conserve the resources and improve the construction efficiency.

Keywords

Interlocking Hollow Block, Connection with Mortise and Tenon, Brick Masonry

一种新型连锁积木式砌块技术研究

刘夏夏, 黎春林, 张舒

铜陵学院, 安徽 铜陵
Email: lichunlin111@126.com

收稿日期: 2017年6月24日; 录用日期: 2017年7月7日; 发布日期: 2017年7月11日

摘要

砌块是建筑行业必不可少的建筑材料, 随着建筑技术的发展, 近年来积木砌块逐渐受到人们关注。相比传统砌块, 积木连锁砌块具有综合利用废料、施工效率高、节约水泥等优点。为此, 本文在对现有的积木砌块进行广泛深入的调查研究基础上, 设计了一种新型积木式砌块, 实现了上下皮砌块和左右砌块之

间的三维榫接。通过砌块之间的拼接咬合代替传统砂浆砌筑，以此节约资源，同时提高了施工效率。

关键词

积木式砌块，榫接，砌筑

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来建设行业突飞猛进，因传统砌筑材料施工效率低，浪费材料，人们开始研究积木砌块，它以传统砌块为基础，通过特殊的形状结构，以砌块之间的咬合搭接代替砂浆粘合，有着非常广阔的应用前景。

国外发达国家在这方面研究较早，如美国 2009 年发明的用于道路建设的“七巧板”砌块，和适用于单层房屋的 R-Thallon 咬接砌块，以及加拿大 Haenar 推出的承重型咬接空心砌块等[1]。

我国积木砌块起步较晚，2002 年在上海出现了一款名为模卡砌块的积木式砌块，它的研制问世有着重要的意义，标志着积木砌块从理论到实践的迈进。在接下来的十几年里，我国陆续研发了各式积木式砌块，如，2003 年王永龙研发出万能积木式砌块，2004 年武汉鼎超科技开发有限公司研发双免无填料咬接砌块并获得专利，2015 年获得吉尼斯记录的积木式连锁混凝土砌块等。

但是，积木砌块当前仍处于发展前期，理论体系不完整，没有相应的设计规范和性能指标，还需要大量的试验数据去完善，需要时间去解决已存在的问题，并对砌块进行改进。

2. 前人的主要研究成果

2.1. 混凝土模卡砌块

2.1.1. 混凝土模卡砌块的研发过程

混凝土模卡砌块是 2002 年由上海房屋建筑设计院研发的一款新型砌块，其尺寸为 $400\text{ mm} \times 190\text{ mm} \times 170\text{ mm}$ ，孔数 3 孔，体积密度为 12.2 kg/m^3 ，比混凝土小砌块稍重。结构上，该砌块的上下左右四面设有榫头，中间设有孔洞，用于整体灌浆，且每个卡槽和孔洞可按设计要求进行配筋。这种砌块与混凝土小砌块在生产制作中的区别是模具结构不同，生产工艺和用料大致一样，为了响应国家政策，水泥和砂石基础上添加工业废料，节约资源保护环境。施工上，施工简单，施工效率高，利用公母榫镶嵌，一块套一块，层层叠压，形成连锁，叠完四至五皮再用特制的轻集料混凝土密实灌浆，从而形成整面砌体墙，这样不但确保了墙体平整，而且解决了渗漏问题，从整体上提高了墙体的抗压、抗剪能力[2]。经过不断的改良砌块结构、增强其力学性能以及生产工艺设备的提高，近年模卡砌块开始在大面积的在上海投入使用。如图 1 所示。

2.1.2. 混凝土模卡砌块的性能指标

模卡砌块抗压强度大于 10 MPa ，吸水率小于 10% 、隔声指数 50 dB 、墙体传热系数 $2.88\text{ W/m}^2\text{K}$ ，各项性能指标与混凝土小砌块差不多，甚至超过混凝土小砌块。自身的抗压强度达到砌块结构设计规范，有较好的吸水性，保温隔音效果好于混凝土小砌块。该砌体结构的力学性能如下：砌体轴心抗压强度设

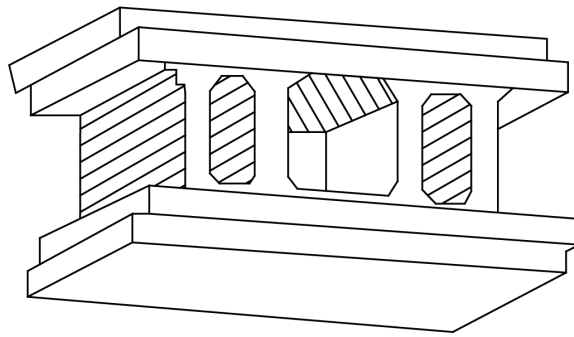


Figure 1. Concrete modular block
图 1. 混凝土模卡砌块

计值为 5.20 MPa，砌体的通缝抗剪强度设计值为 0.67 MPa，而混凝土小砌块的砌体轴心抗压强度设计值为 2.5 MPa，砌体的通缝抗剪强度设计值为 0.08 MPa，模卡砌块的抗压、抗剪强度远大于混凝土小砌块，具有很好的抗压、抗剪能力。通过对模卡砌块的配筋剪力墙进行反复受弯试验，得出该剪力墙有着良好的延性和耗能性，与混凝土配筋砌体的试验结果相近[3]。从砌块和砌体力学性能来说模卡砌块比混凝土小砌块或实心砖更有优势。

2.1.3. 混凝土模卡砌块局限性

通过对模卡砌块的研究过程和物理力学性能进行分析，可知模卡砌块是一款较成熟的积木式砌块，有着传统砌块不可比拟的优势，但模卡砌块也存在缺陷和局限性。

首先，模卡砌块作为一种新型砌块，没有适合的规范和标准，只能用现有的砌体结构设计规范做参考，后续需要大量实验与实践才能制定出属于模卡砌块的设计标准。

其次，模卡砌块使用范围的局限性。目前研发的模卡砌块小规模的应用于房建行业非承重墙部分，砌体配筋方面研究甚少，还有模卡砌块作为一种新型砌块，需要重新设计配合比，设计新模具，以及一系列的运输维护费用，导致造价比传统砌块高。最后，模卡砌块对施工水平要求高，榫接不牢固。

2.2. 横孔连锁混凝土小型空心砌块

2.2.1. 横孔连锁混凝土小型空心砌块的研发过程

2005 年吴方伯等人研制一款横孔连锁混凝土小型空心砌块，横向截面为口字型，上下连锁，横向设有孔洞，但这款口字型砌块承载力低，运输损耗大，所以后人在他们研究的基础上改进创新，研发出形状不同，相互互补的新横孔连锁混凝土砌块。目前有三种块型分别为口字型、田字型、H 型，形状和尺寸各有不同。这系列新型砌块以建筑固体垃圾作集料，按设计配合比加入定量水泥、添加剂和水，环保节约资源符合国家规范。施工时，利用砌块之间的凹槽和凸肋咬合砌筑，上下面依靠砌块连锁咬接，大幅度节约砂浆用量，提高施工效率，墙面整体性好[4]。目前从研发至今，横孔连锁砌块进行大量的实验研究，并在工程试用点应用，科研人员设计编制了相应的设计规范，应用图集，且投入生产，在多地设有生产基地，多条生产线，年生产量达百万立方米[5]。如图 2 所示。

2.2.2. 横孔连锁混凝土小型空心砌块的性能指标

因为横孔连锁砌块的块型和尺寸众多，所以从中选取两种块型分析其相关性能指标。下面介绍厚度为 240 mm 的 H 型砌块、田字型砌块的物理力学性能，分析横孔连锁砌块的性能指标。通过查阅相关文献资料可知两种砌块的密度，空心率、含水率、吸水率、抗压强度、抗折强度等系列物理力学性能指标，具体如下。

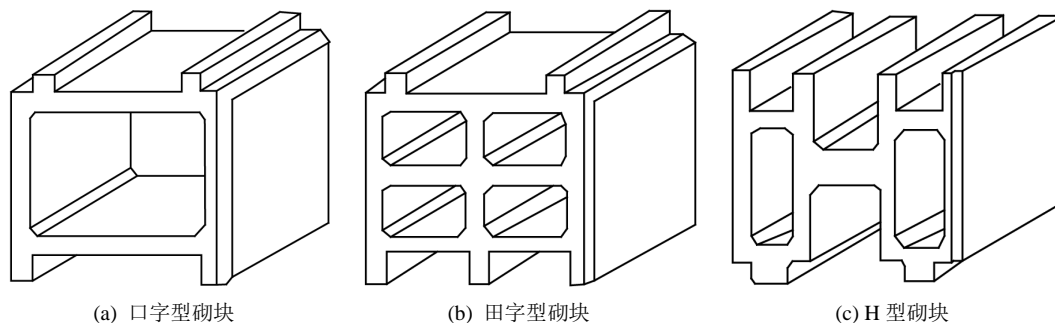


Figure 2. Interlocking hollow block for horizontal holes
图 2. 横孔连锁空心砌块

厚度为 240 mm 的 H 型砌块的物理力学性能如下：密度 1335 kg/m^3 ，空心率为 36%，含水率为 2%，吸水率为 7.9%，抗压强度为 11.3 MPa，抗折强度为 2.3 MPa；厚度为 240 mm 的田字型砌块的物理力学性能如下：密度 1495 kg/m^3 ，空心率为：31%，含水率为 1.8%，吸水率为 8.5%，抗压强度为：11.9 MPa，抗折强度为：2.1 MPa [6]。

根据《普通混凝土小型砌块》(GB/T 8239-2014)规定，可知砌块的空心率大于 25%，吸水率小于 10%，干燥环境含水率小于 35%，所以 H 型砌块、田字型砌块的各项物理力学性能指标均符合该项规定。含水率取决于砌块所处环境的温度、湿度和空心率，由上述数据分析可知，田字型砌块的密度较大，但含水率较小；H 型砌块密度较小，但含水率较大。而吸水率跟砌块的毛细孔尺寸和数量相关，H 型砌块的壁厚为 30 mm，吸水率为 7.9%，田字型砌块的壁厚 40 mm，吸水率为 8.5%，由此可知，含水率随着壁厚的增加而升高。根据《砌体结构设计规范》(GB50003-2011)规定，用于砌筑承重墙体的砌块强度等级不得小于 MU7.5，由上述数据可知，横孔连锁砌块的强度均大于 11 MPa，满足抗压强度要求。

2.2.3. 横孔连锁混凝土小型空心砌块局限性

横孔砌块强度等级高于 MU10，可以用于砌筑承重墙体。但该砌体只实现了上下榫接，且为水平孔空心砌块，其抗压强度较低，只能用于非承重墙。所以还需要不断的通过实验验证和改良砌块设计，以及不断完善抗折强度的规范，从而研发出更高强度的优良横孔连锁砌块。

通过对这两种主要砌块进行分析评述，知道我国在积木砌块上的研究已经步入正规，利用新技术，采用科学的实验方法，不断的扩充积木砌块的相关规范，不断地研发出新型积木砌块，逐步赶超国外发达国家。但积木砌块的发展还有很长的路要走，还需要更多的时间去完善，去创新，去发展，研发出高强轻质、适用面广的新型绿色环保积木砌块。

3. 发展积木砌块的重要性与存在问题

3.1. 发展积木砌块的重要性

3.1.1. 发展积木砌块是建筑业变革的需求

随着新的技术、新的建材涌现在各种建筑领域，使得施工更加的迅速，让建筑物更加的科技化、智能化。建筑市场必然会迎来变革，传统建材、施工工艺被淘汰，新型的建材会代替它们投入使用，而积木砌块作为一种全新概念的墙材，尽管采用同样的原料和生产工艺，但它有着传统六面体形的砌体不可比拟的优异性，必然会代替传统砌体。

3.1.2. 发展积木砌块是解决环境资源问题的有效途径

目前市场上使用的砖块、砌体原料基本上都是由粘土、水泥、砂石等材料生产而成，这些原材料为

不可再生资源，总有一天会消耗殆尽，并且这些材料自重大，能耗高，这与一直提倡的节约资源、保护环境相悖。国家为了保护土地资源节约能源，一直致力于改善砌体的原材料和生产工艺，研发出节能、环保，有利于生态环境可持续发展的新型建材就成为解决这一问题的有效途径，这也必定会推动积木砌块的发展。积木砌块在砌筑时不使用或者是少量使用胶凝材料，并且可拆卸重复使用，减少建筑垃圾，从而节约资源，保护环境，很好地响应了国家的产业发展政策。

3.1.3. 发展积木砌块所带来不可忽视的经济效益

当前，积木砌块尚处于研发阶段，技术还不够成熟，使用面不广，没有形成产业链，市场没有打开，它所带来的经济效益还不是很显著。但是随着积木砌块不断改进，技术逐步成熟，凸显出自己的特点，那么其经济性将会逐渐显现出来。根据对现有积木砌块的研究，其综合成本低，只依靠结构本身的交合榫接对砌块进行连接，不需要砂浆砌筑，一来节省砂浆，二来提高了施工速度，缩短了工期，并且砌筑方便，能够以较低的成本创造同样的价值，这是积木砌块不可忽视的优势。

3.2. 当前积木砌块发展中存在的问题

积木砌块发展至今没有推广应用，原因有多方面，详述如下：

3.2.1. 标准不统一

现有的积木砌块的结构和块型设计都存在一些缺陷，设计太过理想化，因而结构过于复杂，强度不达标，限制了砌块的使用范围，不同砌块的形状结构各异，用料也各种各样，设计规范不完善，只能参照现有的砌体结构设计规范进行设计施工。

3.2.2. 经济性问题

研发积木砌块是为了以同样的成本获得更高的经济效益，但目前积木砌块产品尚不成熟，批量化生产尚未形成规模，前期研发及设备成本使得其造价过高，后期维护成本较高，使得积木砌块相对于传统砌块的经济优势没有很好地体现出来。

3.2.3. 时间问题

任何产品从研发到成熟都需要时间，积木砌块从概念被提出至今不过十几年，时间过短，还不足以让积木砌块成熟，还缺乏充足的工程实践验证，还需要大量的成功或者失败的数据来帮助它不断的改善。另外，人们接受一个新事物也需要一个时间过程，尤其是这种与人们生活息息相关的新技术，人们需要更多的时间来认识它和接纳它。

总的来说，积木砌块的发展遇到行业内部和市场的双重压力，目前还无法形成大规模的产业化生产，还需要政府政策和相关行业的大力扶持，没有资金链，就没有可持续发展的可能性。

4. 本文推荐的新型积木砌块

4.1. 新型混凝土咬接砌块的研发过程

根据前人的研究成果，可知砌块的结构和形状不能过于复杂，因为会影响砌块的施工和各项性能指标；既要方便施工，又能在上下皮和左右砌块之间形成嵌锁。为此，我们设计了一款新型咬接砌块，上、下面设计了高低相错结构，左面设计外榫口，右面设计内榫口，中部设有五个方形孔洞用于减轻自重和浇灌砂浆；施工时上下左右都进行咬合搭接，同时参考前人的成果，对砌块的原料和配合比进行最优化的选取。下面具体介绍砌块的结构形状、原料选取以及配合比和施工工艺。

砌块整体尺寸为 390 mm × 190 mm × 190 mm，具体的形状以及各部分的数据如下，上下面均是高低

相错结构，高差为 20 mm，长为 240 mm，宽为 10 mm，连接方式通过推移使上下搭接无缝；左面是外榫口，榫口的尺寸为 30 mm × 30 mm × 190 mm，右面是内榫口，榫口尺寸为 30 mm × 30 mm × 190 mm，连接方式通过砌块与砌块之间的咬合；中部的五设有五个孔洞，形状为方形，尺寸为 155 mm × 45 mm × 190 mm 与 195 mm × 30 mm × 190 mm，孔洞率约为 46%，符合设计规范。如图 3 所示

考虑到实际情况，砌块的原料参照混凝土小砌块的用料，分别是水泥、粉煤灰、矿渣、轻骨料(细砂石)、水以及一些用于改善砌块的外加剂；根据砌块等级强度和组成砌块混凝土强度关系，确定所选用的混凝土强度，确定水灰比、水用量，最后确定水泥、砂、石以及外加剂的用量，要遵循配合经济合理性。施工上，利用砌块本身的榫口咬合搭接第一皮，接下来每皮砌块只要将榫口对准即可。上下两皮施工时要求错缝、对孔。为增强墙体的整体性和抗震性，竖向每隔 4 皮砌块铺浆一道，并沿水平方向每隔 10 块砖进行一次灌浆，振捣密实。这种砌块施工相比传统砌块的砌筑，施工更便捷，同时保障了墙体的施工质量。

4.2. 新型混凝土咬接砌块的特点

1) 结构新颖，设计合理，强度高。该砌块结构块型设计合理，其竖孔设计使得其具有较高的抗压强度；生产养护工艺跟混凝土小砌块相似，节省费用，同时采用轻集料原料，增加孔洞率减轻砌块自重，符合设计要求。

2) 施工简单，快捷方便，实现了三维榫接。施工时通过上下前后砌块的咬合搭接进行砌筑，减少了涂抹砂浆的工程量，简化的施工流程，且对施工人员稍加培训即可上手，缩短工期，降低劳动强度，提高效率。

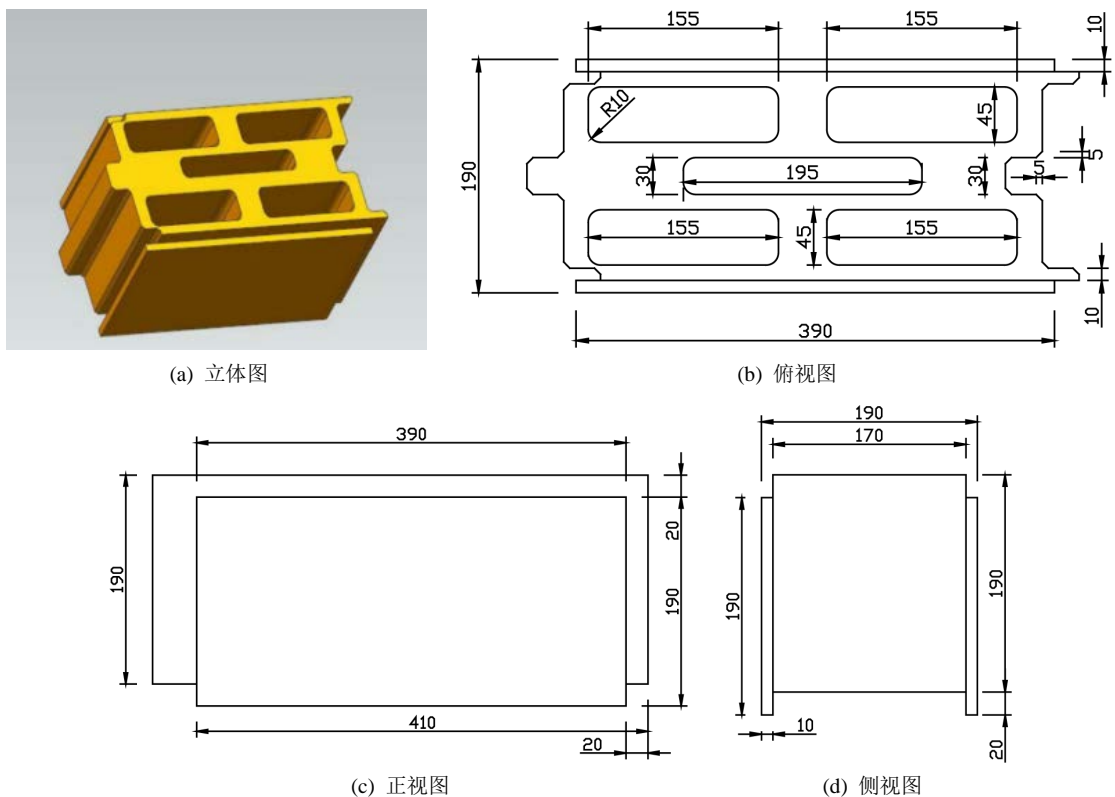


Figure 3. New interlocking hollow block
图 3. 新型积木砌块

3) 节约资源,可重复利用。利用新型积木砌块砌筑可减少 50%的砂浆用量,且作为积木砌块可拆卸重复使用,从而降低成本,节约资源,符合国家对砌块发展要求。

5. 结论与展望

研发绿色节能环保的新建材是全世界都在推崇的新理念,要减少资源的消耗,废物再利用,保护生态环境[7]。目前我国新型墙材占总墙材的三分之一,而且这个比重还在逐年攀升[8],作为新型墙材之一的积木砌块随着生产工艺流程的不断完善,市场的进一步规范和人们认识的加深,新型环保高效的积木砌块在不久的将来必将迎来快速发展和全面推广。

本文在前人关于积木砌块研究成果的基础上,设计了一种新型连锁积木式砌块,砌块特殊的构造实现了上下皮和左右砌块之间的三维榫接,可以部分代替传统砂浆对砌块的粘结力,节约资源,并提高了施工效率。砌块的竖孔结构使得其有较高的抗压强度和较好的保温隔热性能,并排两个竖孔使得砌筑时上下皮之间很容易实现错缝对孔,并可方便地于孔中置钢筋和灌浆以进一步提高墙体的整体性。

致 谢

本文研究受“安徽省大学生创新创业训练计划项目”(项目编号:201510383022)和“安徽省质量工程项目”(项目编号:2015zy062)资助,特此致谢。

参考文献 (References)

- [1] 鲁照文,刘琳.咬接式空心砌块的不同形式及特点[J].新型建筑材料,2008,35(10):27-30.
- [2] 顾陆忠.混凝土模卡砌块—全新概念墙体材料[J].住宅科技,2002(5):36-40.
- [3] 孔令严,姜晓红,程才渊.模卡混凝土砌块配筋剪力墙受弯低周反复加载实验[J].建筑砌块与砌块结构,2016(4):7-10.
- [4] 张敬书,王丽,等.参考图集《横孔连锁混凝土小型空心砌块填充墙》介绍[J].建筑技术,2016,47(11).
- [5] 张广平,王丽,等.横孔连锁混凝土砌块在升压站主控楼的应用[J].材料革新与建筑节能,2015(9):39-42.
- [6] 王政,张敬书,等.承重型横孔连锁混凝土砌块的物理力学性能[J].混凝土与水泥制品,2016(6):73-77.
- [7] 王晓伟.砌体结构设计及施工[M].北京:中国建材工业出版社,2005.
- [8] 姜晓波.新型墙体材料的发展现状及展望[J].天津职业院校联合学报,2013,15(4):108-110.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjce@hanspub.org