

# 湖南省大学生研究性学习和创新性实验计划 项目申报表

项目名称	新型横孔空心砌块砌体局部受压试验研究			
学院名称	土木工程学院			
学生姓名	学号	专业	性别	联系电话
曾梦竹	201508020304	建筑工程	女	18773680951
牛俞洁	201508020401	建筑工程	男	13230088750
黄立翔	201510010432	建筑工程	男	15973123878
张美玲	201508020303	岩土工程	女	18229859845
指导教师	陈伟	职称	讲师	
项目所属一级学科	土木工程	项目科类(理科/文科)	理科	
<b>学生曾经参与科研的情况</b> 项目团队成员已学习了相关的数学与力学知识，包括高等数学、概率论、数理统计、结构力学、材料力学、理论力学等，较为扎实的数学与力学知识为本项目的开展奠定了基础。 项目团队成员均有参加不同级别的结构模型设计大赛，积累了丰富的结构受力分析和有限元软件（如 Ansys）的应用能力。同时项目组成员参与过指导教师自科项目的试验工作，具备一定结构试验开展能力。这些为该项目的顺利开展奠定了坚实基础。				
<b>指导教师承担科研课题情况</b> 本课题的指导教师长期从事砌体结构和混凝土结构基本理论等领域研究，对横孔空心砌块砌体的局部受压计算方法具有独到的见解，目前共荣获湖南省科学技术进步一等奖 1 项，发表论文 20 篇，主编国家及省部级工法 18 项，获授权发明专利 4 项、实用新型专利 10 项，参与国家及地方标准图集编制 4 本，共主持或参与科研项目 7 项，积累了丰富的理论知识与实践经验，对砌体结构的试验设计、数值模拟、和理论分析较为擅长，具备独立指导该课题的能力。 <b>主持和参与的国家级科研项目：</b> [1]国家自然科学基金青年项目（51408063），混凝土横孔空心砌块装配式夹心墙体结构				

抗震性能研究，25 万，2015.01~2017.12，主持。

[2]国家自然科学基金面上项目（51278179），新型单向预应力双向配筋混凝土叠合楼板的疲劳性能及计算理论研究，84 万，2013.01~2016.12，陈伟为第 4 参与者。

[3]国家自然科学基金面上项目（51378193），无砂浆配筋砌块砌体剪力墙结构的抗震性能研究，80 万，2014.01~2017.12，陈伟为第 5 参与者。

### 获奖目录

[1] 周绪红、吴方伯、贺拥军、陈伟、黄海林、何韶瑶、方志、胡镠、江夫友、张波，新型混凝土横孔连锁空心砌块干砌墙体应用技术，湖南省政府，湖南省科学技术进步奖，一等奖，2010 年（2011 年颁发）

### 项目研究和实验的目的、内容和要解决的主要问题

新型横孔空心砌块（如图 1 所示）主要由顶板、支撑腿组成，其中顶板受两支撑腿支撑，两支撑腿之间设有加强肋，以顶板、两支撑腿、加强肋为周边形成砌块空间，此外顶板上还设有两条凸肋。新型横孔空心砌块是一种横孔连锁砌块，砌筑墙体时，下皮砌块的上部凸肋与上皮砌块的下部凹槽正好契合，砌块上下连锁；每隔 3-5 皮砌块可在顶板凹槽内布置水平纵向钢筋，形成水平钢筋混凝土现浇带；在砌块横孔内部可以放置保温材料，从而形成横孔空心砌块保温墙体。这种砌块墙体（如图 2 所示）较竖孔砌块墙体，其优越性体现如下：（1）施工速度快；（2）保温隔热性能好；（3）抗裂防渗性能好；（4）方便布置管线；（5）轻质环保；（6）抗震性能好；（7）墙面平整、美观。目前，依托项目研究成果，新型横孔空心砌块产品在我国部分地区已经得到了广泛应用。

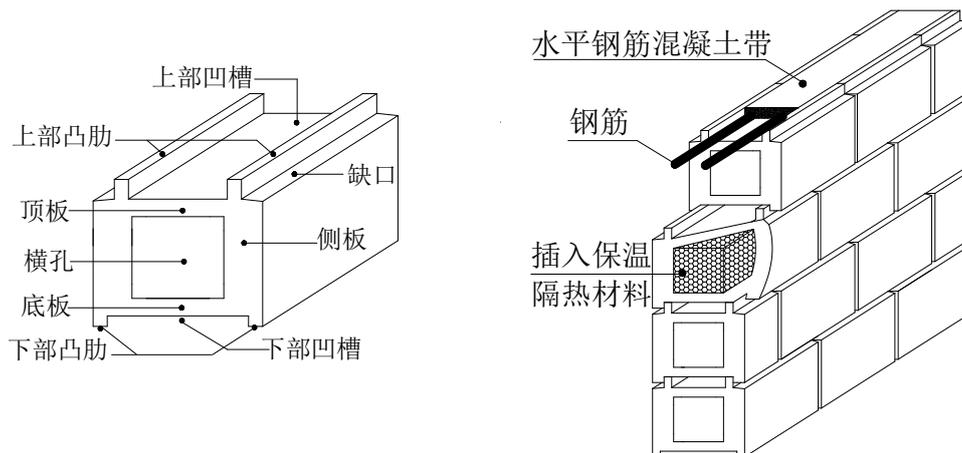


图 1 混凝土横孔空心砌块及其墙体

### 1、研究目的

（1）砌体局部受压是砌体结构中一种常见的受力形式，因此，我们对新型横孔空心砌块砌体进行了局部受压力学性能试验和有限元分析，提出了这种砌块的局部受压承载力计算

公式和改善局部受压性能措施，为砌体的设计和施工提供参考依据。

(2) 通过本项目的开展，有助于学生增强对新型横孔空心砌块局部受压的试验研究以及设计方法的认识，有利于增强即将走上工作岗位或科研岗位的学生对相关内容的认识。

## 2、研究内容

(1) 通过对中部、端部及角部这三种位置的均匀局部受压试验研究，分析该砌体均匀局部受压时的工作机理，提出新型混凝土横孔空心砌块砌体局部受压承载力计算公式。通过试验研究与理论分析，研究改善新型混凝土横孔空心砌块砌体局部受压性能的方法。

(2) 对试验部分砌体试件进行非线性有限元模拟，并将有限元分析结果与试验结果进行对比，研究新型横孔空心砌块砌体在均匀局部荷载作用下的应力分布规律及受力机理和破坏机理。

## 3、要解决的主要问题

(1) 通过对中部、端部及角部这三种位置的均匀局部受压试验研究，获得裂缝的产生位置、裂缝的开展情况、横向变形、竖向变形、初裂荷载和破坏荷载的大小等。

(2) 通过对试验部分砌体试件进行非线性有限元模拟，并将有限元分析结果与试验结果进行对比，得到新型横孔空心砌块砌体在均匀局部荷载作用下的应力分布规律及受力机理和破坏机理。

## 国内外研究现状和发展动态

国内学者对于再生混凝土砌块砌体基本力学开展了一系列研究。1985年，张景吉、唐岱新<sup>[1]</sup>等通过对浮石混凝土空心砌块砌体系统的局压试验，提出了局压强度的计算方法及提高局部受压承载力措施。2004年，孙伟民<sup>[2]</sup>等对页岩模数多孔砖砌体进行局部受压试验研究，并对试验结果统计回归得出了局部受压强度提高系数。2007年，秦士洪、骆万康<sup>[3]</sup>等对烧结页岩多孔砖进行了四种位置的局部受压试验研究，并对试验结果进行统计分析，提出了局压提高系数建议公式并与规范公式比较。2008年，张玉芬等<sup>[4-5]</sup>进行了8组不同砂浆强度和不同配筋率的网状配筋砖砌体的局压承载力试验研究，文中对其破坏形态及承载力进行了分析研究，并采用ANSYS软件对试验试件进行模拟，电算结果与试验结果吻合较好，也验证了计算结果正确性。2011年，杨伟军<sup>[6]</sup>等，采用有限元方法分析了砌体局部受压时的主应力和Mises应力沿截面宽度和高度的变化规律。

湖南大学吴方伯教授项目组，从2004年3月至2012年4月，历时8年，发明了具有自主知识产权的新型横孔空心砌块，并成功开发出了新型横孔空心砌块墙体体系。课题组前期进行了大量新型横孔空心砌块体系的试验与理论分析研究工作。进行了砌块砌体抗压强度试验<sup>[7-8]</sup>：试件从加载到破坏，按照裂缝的出现、发展、破坏大致经历了三个阶段，并得出了砌体的抗压强度统计公式；进行了新型横孔空心砌块墙体的抗压性能试验<sup>[9]</sup>，试验得出不同

高厚比和不同受力状态下的抗压承载力、开裂荷载、破坏荷载及变形特征，并提出了抗压承载力计算建议方法；以试验为基础结合数值分析，得到新型横孔空心砌块<sup>[7-8]</sup>、砌体<sup>[7-8]</sup>、墙体<sup>[9]</sup>的抗压计算方法。但是，对于砌块局部受压并没有做进一步研究，而局部受压是砌体结构中一种常见的受力形式，因此，我们有必要对新型横孔空心砌块砌体进行局部受压力学性能研究，提出这种砌块的局部受压承载力计算公式和改善局部受压性能措施，为砌体的设计和施工提供参考依据。

本项目在已有的研究基础上，对砌体局部受压进行了试验研究及有限元分析。设计了11组共33个试件的中部、端部、角部三种位置的均匀局部受压试验，考虑了A/Ac、试件高度对局部受压承载力影响；本项目还设计了1组共3个加垫梁砌体试件与3组共9个带现浇带砌体试件的中部均匀局部受压试验，以及推导了带构造柱砌体试件中部均匀局部受压承载力计算公式，研究加垫梁、现浇带及构造柱措施对改善局部承压性能影响；此外还采用非线性有限元分析方法模拟了中部和端部这两种均匀局部受压试验情况，并与试验结果进行对比。

因此，通过本项目的开展，有助于学生增强对新型横孔空心砌块局部受压的试验研究以及设计方法的认识，并可增强即将走上工作岗位或科研岗位的学生对相关内容的认识。

### 参考文献

- [1] 张景吉,唐岱新,陈荫. 浮石混凝土砌块砌体在局部荷载下的工作特性. 哈尔滨建筑工程学院学报. 1985(2):38-43
- [2] 孙伟民,杨兴富,叶燕华. 页岩模数多孔砖局部受压性能研究. 新型墙体材料与施工. 2004(9):3-5
- [3] 秦士洪,刘小勤,骆万康. 烧结页岩多孔砖砌体局部均匀受压试验研究. 建筑结构. 2006.11(11):73-90
- [4] 张玉芬, 赵均海, 宁育国. 网状配筋砖砌体在局压荷载作用下的承载力研究. 四川建筑科学研究. 2008.10(5):25-28
- [5] 张玉芬, 闫亮. 水平配筋砌体墙局部受压性能有限元分析. 铁道建筑.2007(12):107-109
- [6] 杨卫忠,王博. 砌体局部受压有限元分析. 四川建筑科学研究. 2011.37(5):74-77
- [7] 王先丽. PK 多功能混凝土空心砌块试验研究:[湖南大学硕士论文]. 长沙:湖南大学, 2008, 1-57
- [8] 陈海龙. 一种新型承重砌块砌体基本力学性能研究:[湖南大学硕士论文]. 长沙: 湖南大学, 2008, 1-61
- [9] 蒋文. 新型横孔空心砌块砌体有限元分析与抗压试验研究:[湖南大学硕士论文]. 长沙: 湖南大学, 2011, 1-57

本项目学生有关的研究积累和已取得的成绩

## 项目的创新点和特色

### (1) 本项目的特色

本项目研究对象是一种新型结构。项目组从原有普通混凝土横孔空心砌块研究基础上（研究成果获得 2010 年湖南省科技进步一等奖），提出了横孔空心局部受压这一课题，通过大量有限元计算与试验对比研究，解决这种新型墙体的受力性能和设计难题。

### (2) 本项目的创新

①通过大量有限元计算，对试验中部和端部均匀局部受压砌体试件进行了有限元分析，并将其与试验结果对比。

②得到了新型混凝土横孔空心砌块砌体局部受压承载力计算公式和改善局部受压承载力及性能的措施。

## 项目的技术路线及预期成果

项目拟采用如下技术路线：①技术准备阶段—调研与文献收集，确定研究的具体步骤及相关的研究内容。②试验研究阶段—按表 1 和表 2 的要求制作试件和材性试验试件，根据前述试验内容，对试件进行静力试验、材性试验。③建立非线性有限元分析模型—确定各种材料的单元类型及本构模型，提出非线性有限元分析的基本假定，建立砌体的非线性有限元分析模型，并对其进行有限元分析。④对比分析阶段—将有限元分析与试验结果进行比较，以此为基础，提出该砌体的局部受压承载力计算公式和改善砌体局部受压性能的方法。

**上述技术路线充分考虑了结构试验、理论分析、设计方法和工程应用各个环节，思路完整清晰，其研究方案是切实可行的。**

具体技术路线如下：

### (1) 试验模型制作

砌体试件每组做 3 个，本次试验分成 15 组，共制作了 45 片砌体，其中 27 片中部均匀局部受压砌体试件，12 片端部均匀局部受压砌体试件，6 片角部均匀局部受压砌体试件，砌体试件的高度采用 625mm、1025mm 两种，试件的宽度为 1050mm、750mm、450mm 三种。其中主砌块的尺寸为 290mm×200mm×190mm，辅砌块尺寸为 140mm×200mm×190mm，砌体试件均采用同一强度的砌块和砂浆砌筑。

### (2) 试验加载与量测

本项目采用加载能力为 300kN 的手动泵液压千斤顶分级加载，其他用到得设备仪器主要有：500kN 长柱材性试验机、刚性大梁、反力门架、型号 KD4030 应变传感器、型号 TS3860 静态电阻应变仪、百分表、千分表、磁性表座、钢卷尺、10mm 厚的皮垫、30mm 厚的钢板等。

正式加载时，初始以每级 5kN 逐级进行加载，每级荷载在 1 分钟内均匀加完，恒载 2~3 分钟后施加下一级荷载；当接近预估开裂荷载时，以每级 2.5kN 逐级进行加载；当加载至预估破坏荷载的 80%后，按每级 5kN 连续加载，至试件破坏。每级荷载下，待仪表指针稳定后读数并记录。试验过程中仔细观察和捕捉第一条受力的细微裂缝，并记录开裂荷载。当

荷载加至预估破坏荷载的 80%时，撤去百分表、千分表，然后连续加载直至试件破坏，记录极限破坏荷载值。

(3) 有限元分析

拟采用有限元软件 ANSYS，通过分离式建模方法建立中部、端部两种局压形态试验试件足尺模型，模拟试验情况并进行计算。其中砌块和砂浆采用 SOLID65 单元以及在凸肋与顶板接触位置、竖向砌块与砂浆接触位置引入接触单元，并对其进行非线性有限元分析。

(4) 局部受压承载力计算公式和改善局部受压承载力及性能的措施

在试验和有限元分析的基础上回归出了各种局压形态下的局压强度提高系数与开裂时局压强度系数，然后将 3 种局压强度提高系数进行归一化处理，得到了新型混凝土横孔空心砌块砌体局部受压承载力计算公式。由变形结果及荷载-应变曲线分析研究得到该砌块砌体的横竖向变形特点及规律。通过试验研究与理论分析，研究了改善新型混凝土横孔空心砌块砌体局部受压性能的方法。

预期成果：

- (1) 新型横孔空心砌块砌体局部受压的试验研究报告；
- (2) 在省级刊物上发表学术论文 1~2 篇。

年度目标和工作内容（分年度写）

本项目预计从 2018 年 3 月到 2020 年 3 月两年内完成。

2018.3~2018.5：收集研究资料，制定研究计划。

2018.5~2018.12：局部受力性能试验试件的设计与制作，加载装置的设计与制作，仪器设备标定与调试，完成局部受力性能试验。

2018.12~2019.6：完成理论分析与试验结果的对比分析，调整有限元模型参数，对各种不同参数条件下的砌体进行非线性有限元分析。

2019.6~2020.3：在大量有限元分析的基础上，提出新型砌体局部受压的承载力计算理论。

指导教师意见

立项有意义，方案可行。

签字：

日期：2018 年 4 月 27 日