

砌体建筑结构学组
成都市建委墙改办
四川省建筑设计院

联合召开

第二届全国砌体建筑结构学术交流会论文集

1994年10月8日—10月14日

四川·成都

第一卷

北 京

第二届全国砌体建筑结构学术交流会论文集

第 一 卷

第二届全国砌体建筑结构学术交流会组织委员会

主 任 委 员：刘玉成

副 主 任 委 员：夏靖华

委 员：韦承基

吴明舜

会 议 秘 书 组：刘学海

杨天海

李 琇

周炳章

刘立泉

史美云

林成高

陈德高

刘 雯

霍自正

苑振芳

中国建筑学会建筑结构学术委员会
砌体建筑结构学组委员名单
(以姓名字母顺序排列)

组	长:	韦承基					
副	长:	陈德高	霍自正	李 琇	吴明舜	苑振芳	周炳章
委	员:	陈行之	高本立	龚绍熙	侯汝欣	黄昭质	李德荣
		刘大海	刘经纬	刘立泉	楼永林	莫 庸	钱义良
		史美云	唐岱新	王明辰	邬瑞锋	夏靖华	夏敬谦
		解克林	杨朝绎	易文宗	张前国	郑金床	
秘	书:	刘立泉	刘 雯				

目 录

工程应用

新型墙体材料和节能建筑的推广应用.....	史美云	(1)
隔震减震技术在砌体房屋中应用的几个问题.....	周锡元 吴家兴等	(9)
桩基上连续墙梁设计方法及工程应用.....	龚绍熙	(16)
浅论地震作用下多层砖房破坏机制.....	文礼彬 施耀新	(24)
再谈设置少量混凝土剪力墙的中高层组合砌体结构方案.....	李振长 李德荣等	(30)
钢筋混凝土—(SK1型)空心砖组合增大开间支撑体住宅抗震设计.....	李庆钢 张前国	(36)
国家建筑标准设计“多孔砖居住建筑构造试用图”砖型、孔形介绍.....	魏松年	(47)
集中配筋砌体中高层建筑.....	杨翠如 钟锡根等	(56)
北京菊儿胡同新四合院多层住宅结构设计.....	殷忠生 郑金床	(63)
中高层民用建筑的结构方案探讨.....	刘贞乾 曹兴怀等	(71)
砌体结构的温度裂缝特点、原因和防治方法.....	李德荣 李振长等	(76)
砖砌体建筑的温度裂缝及设计控制.....	马丽娜 袁恒惠	(86)
某货运办公楼墙体裂缝的加固.....	沙志国 陈顺泰	(94)
砖—混凝土抗震墙体系在 8 度区“中高层住宅”中的应用.....	李守恒 刘延慈等	(97)
中高层坡道试验住宅结构设计		
钢筋混凝土—砖组合墙结构抗震设计探索.....	冯光太	(106)
底部两层钢筋混凝土框架—抗震墙		
上部小型砌块—钢筋混凝土组合墙房屋抗震设计.....	刘赤军 陈才堡等	(112)
八度区两层底框—抗震墙砌体建筑的设计.....	韩春林	(119)
六度设防区多层框架砖房抗震设计探讨.....	王文武	(125)
大开间混凝土小型空心砌块住宅设计.....	高永孚 陈永祥	(128)
混凝土空心小型砌块中高层住宅建筑设计.....	林曼丽	(137)
漪汾苑小区多孔砖混住宅的结构设计.....	何伟 张太林	(143)
东北七度抗震区大开间砖砌体结构复式住宅之研究.....	谢怀涛	(150)
砌体建筑隔震实例与分析.....	樊水荣 彭尚达等	(158)
适用于墙体中配设竖向钢筋的异形砖设计.....	庄一舟 张效良等	(165)
七度抗震设防区八层配筋砖砌体房屋的应用研究.....	黄昭质 夏敬谦	(168)
配筋砖砌体结构的抗震设计实例.....	张耀	(176)
配筋砌体的关键技术.....	何振文	(183)
川南中高层砌体建筑的设计回顾与展望.....	刘贞乾 惠大煊等	(190)
钢筋混凝土—砖组合墙结构在八度区七层房屋设计中的应用初探.....	赖忠毅	(195)
太原市政府 2#、3# 办公楼加固增层的研究和设计.....	陈建军	(201)
北京某宿舍楼加固加层设计.....	沙安 马明益	(208)
重庆南坪饮食街工程加层结构设计.....	王俊雄	(213)
某碎石桩处理地基事故的分析.....	周新刚	(218)
工程加固实例二则.....	刘永淮	(224)
扶壁柱加固砖砌体.....	张赤字	(229)
房屋改造中的托梁拆墙设计.....	侯善民 杨逸霞	(235)
吉林省油田管理局新立采油厂 6 号住宅楼纠偏工程.....	赵德泽 张 志	(240)
砌体结构房屋施工质量现场无损检测方法.....	王云剑	(243)
砖砌体抗压强度取样测定方法的研讨.....	邸小坛 周 燕	(249)

新型墙体材料和节能建筑的推广应用

建设部科技司 史美云

一、墙体材料革新的探索

1. 实心粘土砖是一种世界传统的建筑墙体材料，由于它具有原料易得、加工简便、使用功能较好的特点，在我国已经沿用了有几千年的历史。但也因其重量大、耗能高、与农田争地等原因，世界各国都从节约能源、保护土地资源的角度致力于墙体材料产品结构的调整来代替实心粘土砖。

我国从五十年代末六十年代初开始，为了适应工业建设发展的需要，国家建筑部门吸取了国外的经验，组织研制主要应用于工业厂房建筑围护结构的大型混凝土墙板（简称工业墙板），可以视为建筑墙体材料革新的序曲，并与T形混凝土屋面板、圆孔空心混凝土楼板，形成了系列，在江苏常州建立了建筑工业化生产基地。在总结经验的基础上，面向全国推广应用。在民用建筑中也相应的提出以研究开发利用粉煤灰小型和中型砌块代替部分粘土砖，在江苏、浙江、上海、北京等地组织规模生产。国家有关部门还积极组织引进先进国家蒸压加气混凝土生产工艺，于1967年在北京建成第一个大型、设备工艺先进的加气混凝土生产企业，开始生产质量轻、保温性能好、强度比较适中的砌块，适合在工业厂房、框架结构建筑和层数较低的民用居住建筑的墙体应用。建设部门积极配合组织制订了《蒸养粉煤灰混凝土砌块生产应用技术规程》、《蒸养硅酸盐混凝土生产工艺技术规程》、《工业厂房墙板设计与施工技术规程》等技术法规来推动墙体材料的革新和推广应用。

2. 七十年代中，党和国家政府十分关心人民生活，全国大中城市兴建了大量民用住宅建筑。随着科学技术的进步，层数也逐渐由五、六层的多层建筑发展到七~九层和十层以上的中高层、高层建筑。为了适应这个变化，全国各地广大建设工作人员，结合各地的情况，研究提出了多种适合在不同地区和不同层数应用的新型墙体材料和新型复合墙体，如适合在高层或中高层民用住宅、公共建筑使用的混凝土复合外墙板、大型模板现浇混凝土内墙板、加气混凝土和石膏板，适合在多层建筑应用的混凝土空心小砌块、粘土空心砖、振动砖墙板等。并且从结构到建筑、从设计到施工形成了完整的被称为钢筋混凝土大板建筑体系，钢筋混凝土大模板内浇外挂、内浇外砌体系，框架轻板建筑体系，混凝土空心小砌块建筑体系。为了在地震区推广应用，国家建设部门下了很大力量，组织高等院校、科研院所和设计、施工部门的科技人员，集中研究解决建筑结构的抗震设计计算和抗震构造问题，并且达到了国际先进水平。在总结科学研究和工程实践经验的基础上，国家建设部门组织制订和颁发了一批新结构、新材料的设计技术规范和技术标准，为推广新型墙体材料建筑结构体系提供了有力的保证。新型墙体材料建筑结构体系的推广应用极大地缓解了城市建筑墙体材料的紧张情况，同时也大大提高了我国工业与民用建筑尤其是高层建筑的设计、施工和科学研究的总体水平。

3. 我国广大建设工作者经过多年的努力探索和实践，在建筑墙体材料的革新、研制新型墙体材料方面做出了卓越的贡献。目前，在相当一部分大中城市的高层、中高层和多层、低层民用建筑的墙体结构，已逐步采用复合墙板、加气混凝土砌块、空心混凝土砌块、多排孔粘土空心砖来代替部分粘土实心砖。尤其是粘土空心砖由于具有良好的保温和稳定的热工性能，有足够的抗压、抗折力学强度，容重轻，节省原料等优点，重新受到包括中国在内的世界各国的普遍重视。

但是,从总体上讲,我国新型墙体材料所占的比重还比较少。以1988年为例,据有关方面统计,我国墙体材料总产量为4687亿块标准砖,其中实心粘土砖高达4367亿块标准砖,占总产量的93%以上。与世界各国相比,我国在新型墙体材料的生产和应用方面都存在较大的差距,见表1。

欧洲几个国家空心砖所占的比例

表1

国 别	奥地利、瑞士	前联邦德国	匈牙利	意大利	法国、芬兰、罗马尼亚
空心砖比例	97	90	85	75	50~70

新型墙体材料在我国之所以发展得比较缓慢,分析其原因,不外是生产和应用两个方面。这里固然有由于部门之间协作配合的问题,有设计与施工的传统习惯,有价格经济问题,也有产品质量、使用功能方面的原因。从建筑应用方面来分析研究,任何一种新的产品和一项新的技术,首先在于产品和技术本身内在的功能和质量优越,且经济合理,使广大设计人员和使用单位乐于接受采纳。这是最根本的问题。科学研究和工程实践表明,各种新型墙体材料都各有特性和一定的最佳使用范围,关键是要用其之所长。近些年来,发达国家对新型墙体材料的发展有两个比较明显的趋势:一是墙体材料向多功能材料发展。发达国家在解决了房屋数量以后,重点已转移到建筑的功能要求,因此着力于研究和生产多功能的墙体材料,如传统的粘土砖和混凝土砌块进一步向轻质、高强、保温、装饰等多种功能于一体的方向发展。二是由单一材料的制品向复合材料发展,并且最大限度地注重节约原料和能源。

二、节能建筑的发展

1. 问题的提出

七十年代末,能源问题已被列为人类社会面临的四大问题之一。据联合国统计,从本世纪初到七十年代中期,世界人口增长约1.5倍,同期能源消耗却增加了十倍。严峻的形势促使人们意识到能源问题的严重性和长期性。因此,许多国家都把注意力集中在能源的节约上。“节能”已被称为煤炭、石油、天然气、核能之外的第五大能源。“节约能源”已是当代社会环境与发展的主要议题之一。

我国“国民经济和社会发展十年规划和第八个五年计划纲要”中,对能源问题提出坚持开发与节约并重的方针,把节约能源放在突出位置。要求在“八五”期间,全国共节约和少用能源1亿吨标准煤,并明确地对建材工业和建筑业提出了“加快墙体材料革新”、“着重开发和推广节能、节地、节材的住宅体系”的具体要求。加快墙体材料革新和推广节能建筑已列为各级人民政府的重要任务。

在能源消耗中,欧美发达国家建筑耗能占全国能源消耗总量的比例一般为30~40%(包括采暖、降温和热水供应)。我国约为11.5%。据1990年统计,建筑使用能耗为1.13亿吨标准煤(包括采暖、降温和照明),全国耗能为9.8亿吨标准煤。从比例数字上看,似乎中国建筑使用能耗比欧美等发达国家低,其实不然,而是中国采暖、热水消费水平过低,也不是中国建筑能源利用效率高。建筑日常使用能耗不是一次性的,而是随着城乡人民居住条件和生活质量改善而不断增长。目前,我国现有建筑耗能与气候相似的发达国家相比,采暖居住建筑单位面积能耗达到他们的3倍左右。因此,开展建筑节能的研究、推广节能建筑已为国家各有关主管部门重视和关注。

2. 我国建筑能耗结构和能耗水平分析

建筑能耗从总体上说,应该包括建材生产、建筑施工、建筑日常运转能耗。其中建筑日常运转能耗(包括采暖、空调、降温、热水、电气、照明、炊事用能),比重最大,约占80%以上。根据调查统计:1990年建筑能耗(不包括建材耗能)1.13亿吨标准煤,包括施工能耗1270万吨,采暖9410万吨,空调180万吨,降温110万吨,占全国能耗总量的11.5%。其中采暖能耗占10%。预计到2000年建筑耗能将增加到1.79亿吨标准煤,占原煤最大产量15亿吨标准煤的13.1%。建筑能耗需求增长的速度为5.84%,超过能源生产总量平均2.4%的增长速度,建筑节能迫在眉睫。因此许多专家认为,节约建筑日常运转能耗应作为节能工作的重点之一。

到1990年底,我国城镇共有各类房屋建筑面积70.9亿平方米。采暖区城镇共有房屋建筑面积30.7亿平方米,其中住宅16.5亿平方米,占53.8%。乡村共有各类房屋建筑面积约175亿平方米。长期以来,我国在建设工作中较多地强调降低建筑造价,忽视了建筑功能的要求,缺乏建筑节能意识和相应的政策法规和技术标准,导致建筑围护结构过于单薄,门窗缝隙过大,采暖能耗过高。

我国北方采暖地区外墙普遍采用实心粘土砖墙,厚为240mm--620mm。这种墙体在现有的供暖水平下只能满足冬季最低限度保温要求,住宅室内温度往往达不到16度。其原因主要是建筑物围护结构保温性能差。以北京市建造数量较多的80位2六层砖混结构住宅实测分析,围护结构热损失占76.9%。其中外墙占25.6%,外窗占23.7%,空气渗透占23.1%。三项合计占全部热损失的72.4%。如按照建设部1986年颁布的《民用建筑节能设计标准》(采暖居住建筑部分)要求,一般居住建筑的居住房间室内设计温度为18度,全部房间平均室内计算温度为16度。这样,若仍采用传统的粘土实心砖墙,在现有的供暖条件下,北京地区外墙厚度将超过490mm,哈尔滨地区外墙厚度将达到980mm。这实际上是不可行的。唯一的出路,只有积极开发和采用既能承重,保温性能又好,且价格经济合理的新型建筑墙体材料。黄河以南地区长江流域一带,国家规定为非采暖地区。但这些地区为夏季炎热、冬天寒冷,相对湿度高的湿冷闷热地区,建筑物的外墙普遍为240mm以下的空斗砖墙或190mm的混凝土小型砌块,其保温隔热性能不能满足低限要求。近些年来,许多城镇居民随着生活水平的提高,普遍要求改善室内居住环境,而从我国目前的能源状况来说,采用空调、电暖炉的调温措施,无疑是一种浪费,且极不合理。因此,专家呼吁国家应重视这个约占全国二分之一人口的所谓过渡地区的建筑节能问题和推广节能建筑。

3. 建筑能耗与国外差距对比

在能源消耗中,欧美发达国家建筑耗能占全国能源消费总量的比例都是很高的,仅采暖、降温及热水供应几项建筑耗能一般即占30~40%,较我国所占的比例要大得多。(我国占10%以上)。其原因主要是建筑热环境条件好,采暖温度一般为20~22度,采暖时间较长,多用恒温设备控制,并常年有家用热水供应。与发达国家相比,我国采暖范围小,采暖时间较短,采暖温度低,仅16~18度,绝大多数没有热水供应,夏季炎热地区房屋也普遍不设空调。即使如此,我国现有建筑耗能与气候相似的发达国家相比,采暖居住建筑单位面积能耗为他们的三倍左右,对建筑外围护结构传热系数规定的标准要求差距也比较大。

目前,我国北方地区建筑外围护结构保温隔热性能依然很落后,大部分采暖地区的建筑采暖能耗与气候条件基本相近的发达国家相比,大体上外墙差4~5倍,屋顶差2.5~5倍,外窗差1.5~2.2倍。究其原因,一是不考虑热工要求,我国建筑界长期以来的传统是根据建筑物结构的强度计算和构造要求来确定墙体的厚度,而几乎没有考虑热工的要求;二是材料落后,百分之九十五以上实心粘土砖“一统天下”的局面使建筑设计

人员几乎没有任何选择的余地；三是思想观念落后，以往在较长的时期内，可以说根本没有节能的意识，建筑节能也没有引起有关方面的重视，这是最根本的原因。

4. 研究节能技术制订节能标准

由于能源的紧张状况，以及我国建筑能耗与国外相比存在着较大差距的客观事实，引起了有关方面的重视。1982年城乡建设环境保护部提出了研究建筑节能技术的新课题，组织有中国建筑科学研究院、清华大学、北京市建筑设计研究院等数十个科研、设计和大专院校近百名专家参加，开展民用采暖建筑能耗现状的调查、实测与分析，建筑节能措施，墙体保温材料的改进以及寒冷地区的节能居住建筑等几个课题的研究，目的是在大量的调查研究和工程实践的基础上提出一个民用建筑热工设计计算方法和建筑节能的设计标准来推动节能建筑的发展。1986年建设部正式颁发了《民用建筑热工设计规程》和《民用建筑节能设计标准》（采暖居住建筑部分），这是我国制订与颁布的有关建筑热工和建筑节能方面设计和计算的第一本基础性的技术法规。1987年，建设部、国家计委、国家经委和国家建材局联合发出关于实施《民用建筑节能设计标准》（采暖居住建筑部分）的通知，要求各有关省、市结合本地区的实际情况抓紧制订地区性的实施细则，争取在1990年前新建住宅中普遍执行。到目前为止，黑龙江（哈尔滨）、吉林、辽宁、新疆、青海、甘肃、宁夏、陕西、内蒙、山西、北京、河北等十多个省、市、自治区均分别制订了本地区的实施细则，并在部分地区组织了节能建筑的试点。

三、建筑应用于系统的组织与实施

随着工作的不断深入开展，新型墙体材料的开发与节能建筑的推广的工作内容和范围，涉及到生产和应用两大领域，也涉及到乡镇企业的技术改造和产业结构的调整，国家土地宏观调控和自然资源的开发利用，社会效益和环境效益的统一协调以及解决推广应用过程中的相关政策和应用技术问题。因此，需要多部门的合作。1988年国家建材局发起联合建设部、农业部和国家土地局成立“两部两局”墙体材料革新和推广节能建筑工作领导小组。采用系统工程的方法，围绕墙体材料的革新和节能建筑的推广这个中心目标，把有关的技术环节全面地、系统地有机结合起来，科学地划分为若干个子系统，分别开展工作，全面推动墙体材料的革新和节能建筑的推广。应该说，采用系统工程的研究方法是一条成功的经验。新型墙体材料只有在建筑上被应用，才能得到发展，建筑节能才能取得实效，节能建筑也才能得到推广。墙体材料革新与建筑应用相结合，对建筑业革新是个促进，对墙体材料发展也是一个推动。建筑应用于系统的研究课题，在对各种新型墙体材料和建筑体系进行比较选择的基础上，重点对粘土空心砖和混凝土空心小砌块作为新型节能墙体材料所构成的空心砖建筑体系和混凝土空心小砌块建筑体系做了全面系统的安排，组织各方面力量进行科学研究，解决实际应用中的抗震构造、保温隔热等问题，解决建筑施工及专用配套机具，制订相应的技术标准、操作规程以及反映综合经济效益的示范小区工程试点。

为了积极推广应用空心砖，及时交流各地推广应用空心砖的政策、措施、技术与管理等经验，建设部科技发展司和国家建材局科技发展司联合组织空心砖建筑体系推广应用小组，目的是加强交流和推广空心砖的生产、应用经验，研究解决空心砖应用中的共性技术问题，以便积极推进墙体材料革新和节能建筑推广工作。

1. 新型墙体材料和建筑体系的选择

新型墙体材料的研究和开发，经过广大科技人员的努力探索，已经研制出包括空心粘土制品，加气混凝土制品，混凝土空心砌块，浮石、火山渣、陶粒等轻骨料混凝土制品，以及岩棉、珍珠岩等复合制品等等多种多样具有不同物理力学和热工保温性能的新型墙体材料。

我国地域辽阔,南北方温差较大,东北、西北为严寒高寒地区,华南、西南为炎热湿润地区,长江流域一带为冷热过渡地区。这些地区因受自然地理气候和社会发展历史原因等资源因素的影响,又存在着经济发展程度的差异,还有地震和非地震区的地质构造的不同,这些客观存在的原因直接和间接地影响着各地区建筑设计、建筑材料的开发和建筑体系的优选。经过各方面的专家论证和研究实践,从我国各地区的实际情况出发,大体上趋于这样的建议意见:北方严寒地区和西北高寒地区建筑物的围护结构应该较多地考虑满足经济热阻保温节能的热工要求,因而选用高效保温型的复合墙体为佳。以哈尔滨为例,根据建设部颁布的《〈民用建筑节能设计标准〉》(采暖居住建筑部分)对墙体热阻值的规定,建筑物的外墙如果采用实心粘土砖要达到1000mm(即四砖)的厚度才能达到标准规定的要求。若采用粘土空心砖也要求达到620mm的厚度,这显然是不合理和不可取的。因此,在这些地区建议重点推广以岩棉为保温复合墙体材料或者利用当地火山灰等资源开发火山渣混凝土空心砌块应用于低层或多层建筑的墙体材料,以取得较好的保温节能效果和综合技术经济指标;在华北和黄河流域一带,西北高原地区,气温相对高于东北地区,且黄土资源十分丰富,发展粘土空心砖建筑是比较切合实际的;而在长江流域一带以及华南、西南等地区,由于土地资源十分宝贵,自然气候大都属于湿润和炎热地区,普通混凝土空心小砌块具有就地取材、可以大量利用地方砂石材料和工业废料、节约土地、保温性能好,生产设备简单、施工方便、适应性强等优点,因而在这些地区推广应用是比较理想的建筑墙体材料。因此,经过论证,在哈尔滨地区优先发展三种节能建筑体系,即岩棉复合墙体、改造的框架轻板、空心砖墙体;在成都市优先发展页岩空心砖和混凝土空心小砌块;在长沙市优先发展灰砂砖。

2. 科学技术研究

粘土空心砖在我国虽然已经有近半个世纪的生产应用的历史,但是作为一种新型节能建筑材料,成为一种建筑体系来推广,还需要作大量的应用研究。主要是:一、抗震问题,二、热工设计问题,三、空心砖的选型、定型和模数系列问题。

1986年,建设部、国家建材局会同国家计委联合对成都、西安、上海等地的空心砖生产和应用情况进行了实地调查,提出了首先推广应用普及型(KP1型,240X115X90mm)空心砖的目标,同时组织有中国建筑科学研究院工程抗震研究所等六个单位承担“KP1型空心砖建筑与应用”课题研究,要求对KP1型承重空心砖砌体进行系统的抗震性能对比试验,验证空心砖建筑的抗震性能。

1988年,建设部与国家建材局共同下达由中国建筑标准设计研究所等单位承担“模数多孔砖与建筑应用的课题研究”,重点解决空心砖的建筑设计模数,孔型优选,砌体热工性能、物理力学性能以及成型工艺等应用中的实际问题。

特别是1988年11月两部两局确定用系统工程方法推进墙体材料革新和节能建筑推广后,建筑应用作为子系统组织实施,大大加快了空心砖应用技术的研究工作。在“八五”期间,建设部科学技术研究项目计划中,重点安排了一系列为了改善住宅建筑功能质量、提高住宅建设技术水平、节能技术和轻质保温隔热墙体材料建筑应用成套技术的项目,要求达到提高面积利用率5~10%,综合降低能耗30~50%,节约材料、减轻结构自重15~20%的目标,使住宅建筑的功能、质量和综合效益上有个明显的提高,并且在较大范围的地区组织推广。这些项目是:

(1) 哈尔滨市实验住宅小区综合节能技术

重点是结合嵩山节能小区试点建设,从规划、设计全面考虑建筑节能的特点,应用新技术、新设计、新材料,进行小区综合开发。做到建筑功能好,质量高,节约用地、节约能耗,经过测试,达到节能30~50%的要求,为我国北方严寒地区建筑节能建设提供经验。

(2) 空心砖住宅建筑成套技术

重点研究解决适宜在北方和南方地区推广应用的承重普及型空心砖的通用图、标准图、施工工艺和专用机具，并研究解决大开间问题。

(3) 普通混凝土小型空心砌块建筑配套技术

有中国建筑标准设计研究所、四川、广西、江苏、新疆等省市地区的科研设计单位共同参加，解决砌块建筑渗水、南方隔热、北方保温问题，编制通用图、技术图，配合墙体材料革新试点城市，推动这些地区应用。

(4) 外保温复合墙体的研究和开发

有黑龙江低温建筑研究院和北京市建筑设计研究院承担(1992~1995)，重点解决外保温的复合材料及联接构造技术和施工工艺，研究墙体饰面材料的防水、防裂、耐久性能，以及复合墙体的结构抗震、节点“热桥”的处理技术。

(5) 节能门窗和复合节能窗的研究开发和应用(中国建筑科学研究院、哈尔滨建筑工程学院、河南省建筑科学研究所，1990~1995)。

根据国内外大量实测资料的统计表明，建筑门窗由于要满足采光和开启、关闭的特殊构造要求，造成大量的热损失，从表2中可以看出门窗的传热系数远远超过外墙的热损失。因此，国内外有关方面的专家十分重视从建筑节能的角度和保证室内有良好的通风换气条件而进行大量的科学研究，其中包括门窗材质的选用、密封技术、通风换气方式等。

北京80住2住宅热工特性及热损失百分数

表2

项 目	传热系数 (W/m ² C)	热 损 失 (%)
围护结构散热		76.9
其中：外 墙	1.57	25.6
外 窗	6.40	23.7
阳台窗	6.40	3.1
户 门	2.91	2.8
屋 顶	1.26	8.6
楼梯间墙	1.83	10.8
地 面	0.34	2.3
空气渗透		23.1

(6) 温暖地区建筑热环境质量的研究

由上海、江苏、浙江、重庆等地市的科研、高等院校承担(1991~1995)。

重点研究在自然通风与局部机械排风条件下保证室内热环境质量和热舒适度对建筑外围护结构的要求，目的是为制订温暖地区建筑热环境标准打下技术基础。

以上课题均在进行中，可以预料，再过三、五年，这些研究成果将定能使我国目前建筑节能的技术提高到一个新的水平。

3. 制订标准

任何一种新产品的开发应用和科技成果转换为社会生产力，十分重要的一环是制订

标准。许多发达国家为了推广节能新型墙体材料，也大都从制订标准着手，而且有相当一部分是属强制性的国家标准。同样，为了新型墙体材料在建筑上应用，开拓建筑应用市场，首先也应当制订相应的标准。截止目前为止，已经制订和正在制订的属于新型墙体材料推广应用方面的标准有：

- (1) 混凝土空心小砌块建筑设计与施工技术规范 (JGJ14-82)
- (2) 多孔砖 (KP1 型) 建筑抗震设计与施工技术规范 (JGJ68-90)
- (3) 蒸养粉煤灰中型砌块建筑设计与施工技术规范 (JGJ17-84)
- (4) 蒸压加气混凝土应用技术规程 (JGJ17-84)
- (5) 蒸压灰砂砖砌体结构设计与施工规程 (CED20-90)
- (6) 空心砌体结构技术规程 (在编)
- (7) 非烧结砖建筑设计与施工规程 (在编)
- (8) 蒸压灰砂砖砌体结构技术规程 (在编)
- (9) 蒸压粉煤灰砖砌体结构技术规程 (在编)

属于建筑节能设计计算方面的标准：

- (1) 民用建筑热工设计规范 (JGJ24-86)
- (2) 民用建筑节能设计标准 (采暖居住建筑部分) (JGJ26-86)
- (3) 旅游旅馆建筑热工与空气调节节能标准 (GB50189-93)

这些标准对新型墙体材料和建筑节能进行了比较系统的科学研究和较广泛的工程实践经验的高度概括和总结，在相当程度上反映了我国在这个专业领域中工作的成就和可以达到的技术水平，是广大科技工作者和工程技术人员辛勤劳动的结晶，对于推广节能建筑、开发新型墙体材料起到有力的促进作用。

4. 组织小区试点

在建筑应用子系统实施过程中，除了抓紧开展科学研究，制订标准工作以外，很重要的一项工作是抓试点小区的建设。

哈尔滨市地处我国北方严寒地区，采暖期度日数4938，采暖期 177天。根据当地建筑节能标准要求以及当地已形成40万平方米/年生产能力的新型墙体材料的规模，优选出①空心砖复合墙体，②密孔粘土空心砖，③改造后的新型框轻三种体系。在嵩山节能小区14.5万平方米进行综合试点。1990年根据国家计委、财政部经费支持，安排研究解决粘土空心砖在严寒地区和按七度地震设防的应用技术课题。经过三年的努力，提出了KP1型空心砖空腔墙体设计计算公式和抗震设计计算方法，为制订修订技术标准提供了依据。提出的DM型承重多孔砖对严寒地区使用单一粘土空心制品做外墙，在不增加墙厚条件下达到节能标准，提供了一种新的途径。研制了适合本地区使用的建筑结构通用图集。

成都市地处川西平原，人口稠密、气候温和，属湿热地区，土地资源十分宝贵，当地政府十分重视发展新型墙体材料代替粘土砖。根据当地特点和资源情况，优选出以砌体结构建筑体系为主，发展页岩空心砖和混凝土空心小砌块。在棕北小区（建筑面积16.5万平方米）试点，全部采用新型墙体材料。目前，该小区已通过建设部第二批全国实验小区验收，反映良好。此外，还在重庆、大邑郫县等地扩大试点。成都地区的经验为在南方地区推广小砌块和空心砖建筑体系提供了成功的经验，并制订出南方（湿热）地区改善房屋建筑节能及设计标准。

北京市结合已有 DF1多孔砖（240X115X115 mm）型，在密云县对七条生产线进行了技术改造，提高了生产能力，并解决了应用技术配套问题。在密云县、朝阳区建造 7万平方米住宅工程。经过测试，性能良好，360mmDF1型砖达到北京市民用建筑节能标准细则的要求。

福州市地处炎热地区，是软土地基，充分利用空心砖可以减轻房屋重量，有利于结构抗震和地基处理，因而在全市大面积推广建造空心砖建筑。特别对墙体构造处理、隔热性能进行了针对性的研究和改进设计。

西安市地处西北，冷热温差大，气候干燥，又有取之不尽的黄土资源，推广应用空心砖建筑是适宜的。从1988年开始，已推广应用了几百万平方米空心砖建筑，并在住宅小区中大量建造。

总之，根据当地的自然气候和建筑材料资源条件，有组织地建造了一批节能建筑试点小区，共计近3000万平方米，取得了良好的节能效果。

综上所述，我国广大建设和建材工业的科技人员，在中央和地方各级主管部门的领导和大力支持下，经过多年艰辛的探索和实践，在墙体材料的革新和节能建筑的推广应用工作中取得了可喜的成就，迈出了十分可贵的一步，但这仅仅是开始。

我国是一个有近十二亿人口的大国，80%的人口居住在广大农村和星罗棋布的中小城镇，这些地区的房屋建筑面积也几乎占全国房屋建筑总面积的80%左右。可以这样估计，全国大中城市半数以上的居住房屋和80%以上的农村和中小城镇的房屋都存在着墙体材料的革新和推广节能建筑的任务。历史赋予我们广大建设工作者的重任，我们将继续努力，不断创新。

参考资料

1. “建筑节能技术政策大纲背景材料” 建设部1992年 9月

隔震减震技术在砌体房屋中应用的几个问题

周锡元* 吴家兴** 苏经宇* 樊水荣* 曾德明* 韩森*

(中国建筑科学研究院工程抗震研究所*)

(西昌市建筑勘测设计院**)

一、前言

砌体房屋有许多优点,长期以来一直广泛应用于多层住宅和公用建筑中。其中最普遍的还是实心粘土砖砌体。近几年来为了解决粘土砖与农民争地和能源消耗太大的问题墙体改革的呼声愈来愈高。实心粘土砖墙改革的重要趋向是空心砖和砌块,因此砌体结构在今后很长时间内仍将发展。从承载能力方面考虑,砌体结构的主要特点是竖向承载能力大大高于抗剪承载能力,这就在很大程度上限制了砌体结构在地震区的应用。我国自唐山地震以来重点发展了以加构造柱和圈梁为主要措施的约束砌体结构,提高了砌体房屋的抗倒塌能力,但仍不能保证在基本烈度地震下出现裂缝和一定程度的破坏。采用基础隔震和减震耗能技术则可避免以上可能出现的破坏,进一步提高房屋遭遇地震作用的安全可靠度。当然采用基础隔震和减震耗能技术也有其自身的问题,这也就是本文所要讨论的。

二、砌体房屋的摩擦滑移隔震方案和配套措施

由于我国的多层砌体房屋造价比较低,在选用基础隔震方案时经济指标当然是应该考虑的重要因素。而在诸多的隔震方案中摩擦滑移看来是最经济的。在表1中比较了国内外常用的几种摩擦滑移减震方案。

表1 常用摩擦滑移减震装置的比较

支承方式	滑移材料和机构	摩擦系数	配合机构	研究者
沿条形基础设置带状滑移层	砾砂、滑石粉、石腊、石墨等	0.1~0.4	无	李立、刘德馨、楼永林等
			钢制阻尼向心机构	
在条形基础顶面布置支墩式滑移元件	石墨、聚氟板和其它高分子材料,喷涂固体润滑材料的钢板等	0.1~0.25	分离式钢制阻尼向心装置	税国斌、周锡元等
	组合式滑移减震机构如FPS等	不加润滑 0.1~0.15 加润滑 <0.1	无	Zayas、周锡元等

在表 1 中所列摩擦滑移减震方案中, 若以支承方式分类, 沿条形基础设置带状滑移层无疑是最经济的, 但隔震效果不如采用支墩式摩擦滑移机构好, 原因是前者要求找平整个基础面, 而后者只要求各个支墩本身保持水平。对摩擦滑移减震尽管已做了许多研究, 并已有几栋房屋经受了现场试推的考验, 但仍有人担心以下几个问题:

1. 摩擦系数很难控制, 一般来讲静摩擦系数大于动摩擦系数。对聚四氟乙烯等高性能材料静摩擦系数和动摩擦系数之间的差别比较小, 但对砾砂、石蜡等材料两者的差别有时可能超过 50%。此外, 在实验室条件做的摩擦系数一般都低于现场检验的值, 设计和分析时应以现场检验的值为准。更难预料的是在长期的重力荷载作用下由于上下摩擦面之间材料分子的相互渗透和吸附作用造成的摩擦系数增大。为了减小摩擦系数随时间的变化, 上下两个摩擦面以采用不同的材料为好, 例如, 在实验室条件下平面聚四氟板之间的摩擦系数约为 0.05~0.1, 而不锈钢板与聚四氟板之间摩擦系数约为 0.15 左右, 但后者随时间变化的幅度要小一些。在现场条件下检验摩擦系数的时间变化过程是很困难的, 但又是很必要。因此今后应该选择几栋建筑在若干年后再进行试推, 以检验摩擦系数的变化。

2. 在设计滑移隔震机构时关键是要处理好摩擦系数的大小, 允许滑移量, 上部结构的设防水准以及阻尼向心装置的配置。以上几方面的问题是相互关联的, 应该在既经济又安全合理的基础上协调解决, 在多个方案中选择满意的配合。

3. 为了减少摩擦面的滑移量现已试探了双面摩擦滑移机构和变摩擦机构等, 其实际效果还有待于进一步的检验。当使用双面摩擦滑移机构时, 两个摩擦面的摩擦系数应该有些区别, 否则将不能起到预期的作用。对摩擦滑摆系 (FPS), 为了缩小机构的尺寸我们已设计了一种变摩擦双面滑移机构, 正在准备试验。

与摩擦滑移机构配合使用的阻尼向心装置的主要作用是使滑移机构有一定的自复位能力, 同时也在一定程度上减小上部结构的高频震动。对配合机构的基本要求应包括以下几点:

1. 阻尼向心机构一般是附加阻尼和向心弹簧的复合, 由于摩擦机构本身是一种阻尼机构, 作为它的配合机构不一定再需要引入附加的阻尼, 而向心能力则是摩擦机构所不具备的。因此在配合机构中向心装置是主要的。

2. 尽量减小阻尼向心装置的高度, 增大其侧向变形能力, 花瓣状弹簧, 变截面杆, 多支点直杆等均能满足这一要求。

3. 阻尼向心机构的滞回特性最好是无方向性的, 尽量保证它在任意方向上具有相同的强度和刚度特性, 以避免地震时在某一薄弱方向上首先破坏。如果单个元件具有明显的方向性常常可以采用组合机构的形式加以弥补, 如四联钢圈和组合式半园杆等。

对摩擦滑移隔震除了以上几个问题以外, 竖向地震作用和倾覆力矩及其对平动和扭转和提高效应的影响等也是人们关注的问题, 初步分析表明, 这些问题虽有一定影响, 但一般不起控制作用。由于摩擦滑移机构对竖向地震无减震作用, 在设计上部结构时对竖向地震作用不能放宽要求。

三、叠层钢板橡胶垫在房屋建筑隔震中应用的可行性

采用叠层钢板橡胶垫是基础隔震的主要形式，也是当今隔震体系的主流。很多强震观测资料已表明对减小水平震动方面具有很好的效果，但是对竖向地震也无减震作用。采用橡胶垫隔震实质是在房屋底部增加一个柔软的“底层”。由于这一“层”很软，上部结构可视为刚体，沿水平方向的整体周期可以控制在 2.0~3.0 秒之间，从而大大减小了上部结构水平加速度反应。为了限制柔性“底层”发生过大的位移和阻止在风和其他外界干扰影响下的晃动可以引入附加的阻尼机构。这种阻尼机构通常是与橡胶垫并连的弹塑性元件，其作用是增加柔性“底层”的初始刚度和阻尼，减小隔震垫的水平位移，但同时也在一定程度上增加了上部结构的高频振动成分。附加的阻尼也可以通过在橡胶垫中心插铅芯或采用高阻尼橡胶来实现，在以上方面都已做过大量的试验研究和分析工作。但在应用方面仍然处于中试阶段，目前尚未大量推广的主要原因有以下三个方面：

1. 橡胶垫在火灾和其它高温影响下会导致破坏和丧失承载能力。
2. 完善的隔震限位装置价格还比较高，从而制约了在一般低造价建筑中的推广应用。
3. 期待得到更多的强震观测资料和长期使用效果的观测数据。

以上三方面的问题目前正在逐步解决和积累资料，在提高橡胶垫防火性能方面通常可以采取以下措施：

1. 在橡胶垫外部用防火涂料保护，在日本有采用硅纤维涂料的方法，并已作了耐火试验，表明效果良好。目前已有多种防火涂料可供选择。
2. 采用耐火性能较好的合成橡胶，如氯丁橡胶等，并采用特殊的配方改善防火性能，也可采用外包耐火合成橡胶的方法提高橡胶垫的耐火性能。
3. 设置后备的支墩，在橡胶垫发生破坏时支承上部结构的重力荷载，然后再换上新的橡胶垫。

在强震观测资料的积累方面近几年来已取得了很大的进展。从已记录到的结果来看，隔震垫在隔离地震动的水平分量方面都起了很好的作用。限于篇幅这里只列举两栋典型建筑的强震观测结果作为示例，一栋是美国 1985 年建成的第一栋隔震建筑，也就是位于洛杉矶以东 80km 处的司法中心，4 层带支撑的框架房屋，在 1990 年 Upland 地震中记录到的峰加速度列于表 2 中。

表 2 司法中心峰加速度的记录(g)

运动方向	自由场	基础顶面	地下室	屋顶
WS	0.26	0.14	0.07	0.16
EW	0.24	0.11	0.04	0.09

另一栋是 1989 年建成的美国南加州大学 7 层医院，该建筑为带支撑钢框架结构，平面呈 S 形，长约 100m，不分缝，在 1994 年 3 月 17 日北岭地震中的峰值加速度记录列于表 3 中。

表 3 南加大医院峰值加速度记录(g)

运动方向	自由场	基础顶面	一层楼面	4 层楼面	6 层楼面	屋顶
NS	0.49	0.37	0.13	0.10	0.11	0.21
EW	0.22	0.16(0.13) (0.17)	0.07(0.14) (0.07)	0.09 (0.08)	(0.10) 0.15 0.14	(0.19)(0.15) 0.16
UP	0.12	(0.09) (0.07)	(0.13) (0.08)			

* 注表中带括弧中的数值表示不在中心处的记录

在橡胶垫耐久性方面亦已做过许多试验，结果表明合理配方和精心加工的橡胶垫在正常使用条件下是经久耐用的。根据在桥梁方面的使用经验和抽样检验结果，经过 50~70 年之后性能的退化仍然在允许的范围以内。由于在房屋中的使用条件比桥梁要好，应该说更是不成问题的。随着橡胶工业的进步，性能还会继续得到改善，前景是好的。

从国内橡胶工业的发展水平，以科学研究先导，组织生产合格的隔震垫在技术上是成问题的，在推广应用中除了尚需对某些技术问题做深入的研究以外更主要的是要降低生产成本和价格。

四、降低隔震砌体建筑造价的主要途径

应用橡胶垫隔地震性能比较可靠，维护也比较简单，一般无须做现场测试和检验，为了检测整栋房屋的基本周期，用环境振动方法很容易做到。在砌体建筑中推广应用隔震技术在高烈度地震区是比较理想的方案，关键问题是要减少隔震机构、产品价格和建筑费用。采用隔震方案所需的投资主要包括：

1. 橡胶垫和配套固定件
2. 与橡胶垫配合使用的阻尼机构
3. 在基础顶面设 R/C 圈梁，在橡胶垫上面设置墙梁，以便将上部结构的重力荷载传递到隔震垫上。
4. 当无地下室时需要将一层地面架空成楼板。

采用以上装置和构件进行设计计算以后上部结构的抗震设防水准可以降低二度。