

刘 勇◎著

外墙外保温 墙面裂缝成因及质量控制



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

外墙外保温墙面裂缝 成因及质量控制

刘 勇 著

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目(CIP)数据

外墙外保温墙面裂缝成因及质量控制 / 刘勇著. —
成都:西南交通大学出版社,2011.5
ISBN 978-7-5643-1163-6

I. ①外… II. ①刘… III. ①墙体裂缝—成因—研究
②建筑物—墙—保温—质量控制 IV. ①TU364
②TU111.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 068764 号

外墙外保温墙面裂缝成因及质量控制

刘 勇 著

*

责任编辑 张华敏

特邀编辑 刘 陈

封面设计 水木时代

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码:610031)

发行部电话:028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

北京广达印刷有限公司印刷

*

成品尺寸:145 mm×209 mm 印张:6.5

字数:169 千字

2011 年 5 月第 1 版 2011 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-1163-6

定价:19.80 元

版权所有 盗版必究 举报电话:028-87600562

作者简介

刘勇,男,1969年3月生,中共党员,硕士,副教授、高级工程师,国家注册造价工程师、注册监理工程师、注册咨询(投资)工程师、注册一级建造师,安徽省造价协会、安徽省监理协会从业资格人员考前培训教师,安徽省建设工程招标投标专家库、安徽省招标投标综合专家库专家。研究方向:建筑工程施工技术和项目管理。

2006年至今担任淮北职业技术学院建筑工程系建筑管理教研室主任,主要承担“建筑力学”、“建筑施工技术”、“建筑工程经济”、“建筑材料”、“工程项目管理”、“土木工程监理”等课程的教学工作。近年来发表论文10余篇,主编(副主编)高职规划教材4部,主持和参与的教学科研课题近10项。2006年参与建设的“建筑施工技术”课程被评为省级和院级精品课程,2010年主持建设的“建筑工程经济”课程被评为院级精品课程,2010年主持安徽省教育基本建设学会课题“高校基建工程造价全过程控制管理的研究”已结题。此外,2010年参与的省级教学团队建设、省级特色专业建设和安徽省优秀青年人才基金项目已被安徽省教育厅批准立项。

近几年,先后担任安徽省高职高专土木工程专业带头人,淮北职业技术学院学术委员会委员。2010年9月被评为淮北市优秀教师,淮北职业技术学院第三届教学名师,全国教育改革优秀教师,连续三年获得淮北职业技术学院教学质量优秀奖。

前言

当前,建筑节能已经成为我国民用建筑建设中一项强制性标准,民用建筑如果不进行节能设计不能通过设计审查,设计了不施工不能通过工程竣工验收,更不允许投入使用,相关责任人还要受到行政处罚。建筑节能涉及多个环节,不仅包括墙体、屋面、楼地面和门窗等建筑围护结构,还包括采暖节能工程、通风与空调节能工程以及配电照明节能工程等。但我国的建筑节能工作是从建筑围护结构开始的,尤其是墙体结构的保温。据调查,外墙外保温系统的开裂现象十分普遍,已经成为一项新的质量通病,不仅影响建筑物的观感和使用寿命,也成为制约我国外墙外保温推广应用的技术瓶颈。所以,开展外墙外保温系统的防裂研究十分必要。

本书根据作者的硕士论文修改整理而成的,是笔者近几年从事建筑物外保温工程施工监理工作的总结和相关思考的结晶。本书从分析我国几种常用外墙外保温做法裂缝产生的原因入手,对完善外保温层构造设计、保温材料的合理选择和质量控制、施工质量管理 and 保温工程质量验收等几个方面进行探讨,提出了外墙外保温系统裂缝的防治和质量控制措施,力求对克服外墙外保温裂缝这一新的质量通病尽微薄之力。

本书可以作为相关继续教育的教材,也可以作为高职高专相关专业的教材,还可以作为工程技术人员的参考书和施工操作人员岗前培训的教材。

本书在编写过程中得到了安徽理工大学傅菊根教授的悉心指导,从本书的选题、写作至定稿傅教授都倾注了大量的精力和心血。安徽理工大学的宗琦教授也在百忙之中认真审阅了本书全稿,提出了很多指导性意见。在此,对两位导师表示诚挚的敬意和由衷的感谢。此外,淮北市建筑工程质量检测中心的同行们提供

了大量的第一手资料和检验、试验数据,对他们的帮助致以深深的谢意。还要感谢同事和朋友们提供了许多可供参考的宝贵意见,给予了莫大的鼓励和文字处理方面的帮助。最后,还要特别感谢家人的关爱、理解和大力支持,使本书的撰写工作顺利地完成。书中引用了不少其他专家、学者的成果,在此一并表示感谢。

由于笔者学识浅陋,加之理论水平和工程实践经验的缺乏,以及资料方面的限制,书中缺点、错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

刘 勇

2011年5月

目 录

第 1 章 绪 论	(1)
1.1 节能保温问题的提出	(2)
1.2 国内外建筑节能发展概况	(6)
1.3 本书研究的主要内容	(10)
第 2 章 外墙保温体系的类型及各自优缺点	(11)
2.1 外墙内保温体系	(11)
2.2 外墙外保温体系	(12)
2.3 内外混合保温体系	(15)
第 3 章 外墙外保温墙面裂缝产生的原因	(17)
3.1 裂缝概述	(17)
3.2 外墙保温体系面层裂缝产生的原因分析	(19)
第 4 章 外墙外保温体系试验	(63)
4.1 耐候性试验	(63)
4.2 火反应性试验	(64)
4.3 瓷砖外饰面体系抗震试验	(64)
4.4 外保温饰面层粘贴面砖体系抗裂技术	(65)
第 5 章 外墙外保温体系裂缝的防治	(66)
5.1 外保温墙体的防裂机理	(66)
5.2 外墙保温面层裂缝控制的基本原则	(70)
5.3 外墙保温体系面层裂缝的控制措施	(76)
5.4 发展新型墙体材料探索防治裂缝的新途径	(94)
第 6 章 聚苯乙烯保温板应用施工方案	(134)
6.1 编制依据	(134)
6.2 工程概况	(135)
6.3 施工部署及准备工作	(136)

• 2 • 目 录

6.4	施工工艺流程及操作要点	(139)
6.5	质量要求	(144)
6.6	各项保证措施	(148)
6.7	成品保护措施	(149)
6.8	安全措施和文明施工措施	(150)
附 录		(152)
附录一	民用建筑节能管理规定	(152)
附录二	民用建筑工程节能质量监督管理办法	(156)
附录三	民用建筑节能工程质量监督工作导则	(160)
附录四	外墙外保温工程的质量验收	(168)
附录五	外墙外保温工程施工方案编制的 主要内容	(170)
附录六	外墙外保温系统性能要求	(174)
附录七	外墙外保温系统组成材料性能要求	(175)
附录八	外保温工程分部工程、子分部工程 和分项工程划分	(177)
附录九	外保温系统主要组成材料复验项目	(177)
附录十	外墙节能构造钻芯检验方法	(178)
附录十一	外墙外保温系统及其组成材料 性能试验方法	(181)
附录十二	现场试验方法	(192)
参考文献		(194)

第1章 绪论

在经历了三十多年的改革开放之后,我国已基本摆脱了贫困,正处在逐步奔向小康的进程中,人们的意识由追求温饱逐渐过渡到追求生活质量,追求建筑的舒适度。建筑与人类的生存和生活密切相关,如何在不断提高室内舒适度的同时,提高能源利用效率,使建筑用能的总水平不断降低,走可持续发展之路,是实现我国国民经济和社会可持续发展的重要内容,同时也是保护资源、减少环境污染的重要举措。

目前,我国建筑能耗约占全社会能耗的 $1/3$ 左右。尽管我国人均用能不及世界平均人均能耗水平的 $1/2$,但能源消耗总量已达到世界第二。随着我国经济持续快速稳定增长,建设事业发展迅速。到 2010 年,城镇人均建筑面积将达到 26 m^2 ,农村人均建筑面积将达到 30 m^2 ,将增加采暖和空调设施,建筑能耗必将大幅度增加,建筑能耗占总能耗的比重也会越来越大。根据《国务院关于印发节能减排综合性工作方案的通知》所确定的工作目标和任务,做好建设领域节能降耗和污染减排工作已经成为国家战略的重要组成部分。原建设部在关于落实《节能减排综合性工作方案的通知》的实施方案中明确提出:到“十一五”末,建筑节能实现节约 1 亿吨标准煤的目标。其中,新建建筑节能工作实现节能 6 150 万吨标准煤,所以,建筑节能将成为我国节能工作的重点。开展建筑节能,可以大幅度提高和改善人民的生活水平,使居住建筑的热环境得到明显改善,建筑空调和采暖能耗明显降低。外墙保温技术的进步与发展是开展建筑节能工作的关键之一,解决保温墙面裂缝质量通病是外墙保温技术进步与发展的瓶颈。因此,经过理论分析和实践,开展对外墙保温系统的研究,特别是对解决外保温墙面裂缝质量问题的研究,具有深远的工程 and 实际意义。

1.1 节能保温问题的提出

1.1.1 建筑节能的重要性

一是提高能源利用效率,减少建筑使用能耗,解决发展大规模城乡建设与能源短缺的矛盾。

二是降低粉尘、烟尘和二氧化碳等温室气体的排放,减少大气污染和对生态环境的危害。

三是提高住宅的保温隔热性能,改善居住舒适度。

1.1.2 建筑节能的主要途径

采暖地区的建筑节能主要包括建筑物围护结构节能和采暖供热系统节能两个方面。

1. 建筑物围护结构节能

改善围护结构的保温性能,可以预防供给建筑物的热能通过维护结构快速散失,使其热能得到有效利用,以达到减少能源消耗的目的。实现围护结构的节能,就应提高建筑物外墙、屋面、地面、门窗等围护结构各部分的保温隔热性能,以减少传热损失,并提高门窗的气密性,以减少空气渗透耗热量。

2. 采暖供热系统节能

采暖供热系统包括热源和管网两大部分。要提高锅炉运行效率和管网输送效率,以减少热能在转换或输送过程中的损失,必须改善锅炉等热源设备性能和管网保温性能,提高设计和施工安装水平,改进运行管理技术。楼内设计可以采用可控控系统和供热计量、温度调控等技术措施,使住户既是能源消耗者,又是能源节约者。

目前普遍认为建筑节能是各种节能途径中潜力最大、最为直

接有效的方式,是缓解能源紧张、解决社会经济发展与能源供应不足这对矛盾的最有效的措施之一。从建筑功能的角度分,建筑主要分为公共建筑(包括办公楼、宾馆、商场、医院、学校、仓储等建筑)、民用居住建筑(住宅)及工业建筑等。建筑能耗主要是指在公共建筑和住宅中的能源消耗,在国外通常称为商用/民用能耗,不包括在工业生产过程中的工艺能耗,该能耗应计入工业能耗中。据统计,我国既有民用建筑面积约 420 亿平方米(不含工业建筑)。其中,住宅面积约 365 亿平方米,占全部建筑的 80% 以上,公共建筑面积约 55 亿平方米。同时,我国正处于经济快速发展、城镇化快速提高的过程中,我国每年新建的建筑高达 16 亿~20 亿平方米,是世界上最大的建筑市场。“十一五”期间,国家发展改革委和建设部提出:

①新建居住建筑严格实施节能 50% 的设计标准,其中北京、上海、天津、重庆四大直辖市从 2008 年起率先实施节能 65% 的设计标准。

②结合城市改建,开展既有居住和公共建筑节能改造,大城市完成改造面积的 25%,中等城市达到 15%,小城市达到 10%。

③全面开展供热体制改革,居住及公共建筑集中采暖按热表计量收费在大城市普遍推行,在小城市试点。

④开展建筑节能关键技术和可再生能源的研究开发和工程应用。

⑤建立和完善强制性的产品能效标识、节能建筑标识和环境标志制度。

长期以来,我国建筑围护结构(包括屋面、楼地面、建筑外墙和门窗)保温性能差,采暖空调系统能源效率低,建筑用能浪费严重。目前,我国单位面积采暖能耗达到相近气候条件下发达国家的 3 倍,甚至更高,而我国主要工业产品能耗与发达国家的差距并不大,大约只有 10%。发达国家通过多年持续不断的努力,已经使其新建建筑采暖能耗降低至 1973 年石油危机前的 1/5~1/3。根据住

房和城乡建设部的统计,目前我国建筑能耗在全国终端能耗的比重已从1978年的10%上升到27.6%,北京市甚至已经达到31.5%。由此可见,在能源形势越来越紧张的情况下,国家不可能容许建筑用能极其落后的状况长期存在下去,建筑节能刻不容缓。为此,国家从1986年8月1日开始实施节能30%的《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》(JGJ 26-86),1996年7月1日开始实施节能50%的《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》(JGJ 26-96)。节能50%的建筑设计目前已经普及,根据原建设部的规划,到2010年全国将开始实施节能65%的标准。所谓节能65%,就是在节能50%的基础上再节能30%。不过这里所讲的节能50%也好,65%也罢,都是从设计的角度与1981年的国家设计标准相比较而言的,并不是指建筑物实际能耗的下降,这是两个不同的概念。实际能耗能否达到设计节能目标还有待验证。

我国的建筑节能工作首先是从建筑物围护结构的保温隔热节能措施抓起的。因为建筑物围护结构占据建筑能耗较大的比重,其中建筑外墙传热耗热量又占整个围护结构的 $1/4 \sim 1/3$,因此,建筑外墙的保温隔热是建筑节能的重点。为了达到节能50%的强制性设计标准,当前新建住宅和公共建筑的外墙普遍增加了不同形式的节能保温层。相对于其他保温形式,外墙外保温的优越性十分明显:能避免产生建筑热桥,避免内墙面冬季结露;有利于保护主体结构,大大减少温度应力对结构的破坏作用,增加结构寿命;便于进行外装饰,可以使建筑物更为美观等。

从已经实施保温措施并竣工的工程来看,建筑外墙保温节能效果提高的同时也存在一些不容忽视的问题。例如,保温墙体的裂缝和空鼓问题已成为新的质量通病。解决保温墙面裂缝质量通病问题已成为破解外墙保温技术进步与发展瓶颈的关键。因为保温墙体裂缝的存在会降低墙体的质量,如墙体的整体性、保温性、耐久性和抗震性能等,同时还会给居住者在感官和心理上造成不良影响。而随着我国墙体改革、住房商品化的进程,人们对居住环

境和建筑质量的要求不断提高,对减少和避免建筑保温墙体裂缝的要求也越来越高。由于工程质量问题所导致的纠纷和投诉事件越来越多,建筑物的裂缝(包括保温墙体裂缝)已成为住户评判建筑物安全的一个非常直观、敏感和首要的质量标准。因此,加强墙体结构,尤其是减少或避免保温墙体的裂缝问题亟须解决。保温墙体开裂问题已成为国家建设行政主管部门设计、材料生产、施工企业和房屋开发商共同关注的课题。

大量的工程实践和调查表明,外墙外保温系统墙面开裂的危害,主要来自水的渗透作用对保温系统的破坏。人肉眼的可见裂缝宽度在 0.05 mm 以上(即宏观裂缝),0.05 mm 宽度以下的裂缝肉眼是看不见的,但是水分子却可以透过。外墙外保温层是直接面对室外环境的,如果由于构造设计、材料选用不当、施工质量存在缺陷等原因产生裂缝,雨雪天气水分就会从裂缝处渗入墙面,导致保温层导热系数提高,降低保温效果;冬季时由于室外温度较低,水结冰时体积膨胀约 9% 左右,会使保温层和保护层进一步开裂,造成恶性循环;水分的浸入还会使墙体受潮,影响墙体的耐久性并破坏保温层与墙体的粘结^①。

本书从外墙保温系统开裂的原因入手,针对建筑行业标准《外墙外保温工程技术规程》(JGJ 144—2004)提出的几种外墙保温做法,系统地分析了影响外墙外保温系统开裂的因素,通过对外保温工程防裂机理的探讨,提出了外墙外保温裂缝和施工质量控制措施及外保温系统施工的指导原则。同时,简单介绍了加气混凝土砌块等三种新型保温和墙体材料的施工要点。相信从构造设计、保温材料、施工工艺、施工管理等多角度着手,一定能够有效控制外墙外保温墙体开裂的质量通病。

^① 本书中“粘结”一词来源于中华人民共和国行业标准《外墙外保温工程技术规程》(JGJ 144—2004)。“粘”同“黏”。

1.2 国内外建筑节能发展概况

1.2.1 国外建筑节能发展概况

欧洲是开发和使用外墙保温系统的发源地。早在 40 年代瑞典就开发了一种保温系统,将钢丝网增强的水泥石灰抹灰砂浆抹在密度较高的矿棉板上对外墙进行保温处理。1947 年,德国开发了膨胀聚苯板(EPS),这种轻质材料与水泥砂浆具有优异的匹配性。用这种材料开发的外墙外保温系统可以迅速且容易地应用于被战争破坏了的建筑物和未进行隔热处理的砌建筑物上。60 年代初期,EPS 产品和市场在欧洲获得了增长。也是在 60 年代,美国从欧洲引进了此项技术,并根据本国的具体气候条件和建筑体系特点进行了改进和发展。

当 20 世纪 70 年代世界面临石油危机时,发达国家开始重视能源的节约,普遍都把建筑节能列为国家的大政方针,1974 年法国首先制定了建筑节能标准,规定了具体墙体的节能指标:要求新建住宅的采暖能耗必须比以前节约 25%。这个指标后来成为各国节能标准的楷模。1982 年和 1989 年,法国又两次将节能指标先后提高了 25%,对公共建筑和既有住宅改造也提出了相应的节能标准。当时欧洲国家开始从节能的角度,在外墙上应用了外保温技术,由于该技术集保温和装饰功能于一体,因此当时称之为外墙外保温及装饰系统。同样在 20 世纪 70 年代初能源危机期间,由于建筑节能的要求,薄抹灰保温及装饰系统在美国的应用也不断增加,至今此项技术在美国仍然不断地得到发展。所应用的建筑最高层数已达到 44 层;应用的地域范围也很广,从炎热的南部到寒冷北部的广大地区均有应用。

经过多年的理论研究和工程实践,欧美国家的外墙外保温系统已形成健全的、系统的标准规范体系,如欧盟标准 EOTA ET-

AG 004《带有饰面层的外墙外保温系统》、欧盟标准 PrEN 13499《膨胀聚苯乙烯外墙外保温复合系统规范》、EOTA ETAG《用于外墙外保温的塑料锚栓技术规程》、奥地利标准 B6110《膨胀聚苯乙烯泡沫塑料与面层组成的外墙组合绝热系统》、美国标准 ICBO AC24《外墙外保温及饰面系统的验收规范》等。

此外,还有与上述标准、规范配套使用的相关组成材料的性能标准和试验方法标准等几十个。欧美国家经过四十多年的发展,有关外墙外保温的标准、规范和检测试验标准等已经基本齐全配套,形成了体系,同时对外墙外保温的防裂措施也相对比较成熟。目前,在欧洲主要有三种外墙外保温系统比较流行:膨胀聚苯板薄抹灰外墙外保温系统;岩棉纤维平行于墙面的外墙外保温系统;岩棉纤维垂直于墙面的外墙外保温系统。在美国,外墙外保温系统以膨胀聚苯板薄抹灰外墙外保温系统为主。从总体上来看,欧洲的外墙外保温技术还是处于领先水平。

目前,许多发达国家对建筑节能的认识已经上升到更高的境界。它们认识到建筑节能不仅可节省能源、节约开支、改善室内热环境,而且还可以减少环境污染和温室效应,保持生态平衡和可持续发展。可见,建筑节能已成为全世界共同关心和重视的课题。

1.2.2 国内建筑节能的发展概况

节约建筑用能是贯彻国家“节约能源、保护环境”和可持续发展战略的重大举措,是执行《中华人民共和国节约能源法》的重要组成部分。积极推进建筑节能工作,有利于减轻大气污染,减少温室气体排放,保护环境,保证国民经济的可持续发展,改善和提升人民群众的居住与工作环境;有利于我国循环经济的形成与发展,是全面实现小康社会发展战略的一个重要方面,是我国建筑业和房地产业的重要工作,同样是我国建设行业一项长期而艰巨的任务。

20 世纪 80 年代中晚期,欧洲的外保温生产企业到我国推广

外墙外保温技术,即粘贴聚苯乙烯泡沫板(简称聚苯板或 EPS 板,又称膨胀聚苯板或模塑聚苯板)外抹玻纤网格布增强聚合物水泥砂浆的保温体系。我国国内许多单位,如中国建筑科学研究院物理所、中国建筑一局科研所、冶金部建筑设计研究院等,在学习、引进和消化外国先进技术的基础上,在国内率先进行了外墙外保温的工程试点。20 世纪 90 年代以后,有更多的单位开始研究和应用该系统,其中典型的有:仿专威特的 EPS 贴板法系统,具有自主知识产权的 ZL 胶粉聚苯颗粒保温浆料系统,现浇混凝土复合有网、无网 EPS 板外保温系统, EPS 钢丝网架板后锚固外保温系统,装配式龙骨薄板外保温系统以及一些预制板外保温系统等。国内一些科研单位和企业还开发了其他种类的外墙保温系统,如岩棉保温系统,硬泡聚氨酯外保温系统,保温砌块和预制保温板外保温系统,挤塑聚苯板(XPS)外保温系统等。不过,对于严寒和寒冷地区采用 ZL 胶粉聚苯颗粒保温浆料系统,当要求达到 65% 节能标准时,保温层的厚度将会很大,失去了经济上的可行性,同时由于厚度大施工操作也比较困难,裂缝也更难以控制,因此,目前严寒和寒冷地区已禁止使用 ZL 胶粉聚苯颗粒保温浆料系统。

我国建筑的使用环境、建筑材料、构造设计与国外存在较大差异,所以,国外技术只能借鉴不能照搬,要根据我国建筑的具体情况和环境研发我国自己的保温技术和材料。由于我国起步比较晚,目前所使用的外墙外保温技术与我国墙体保温节能的需求还有很大差距,主要表现在两个方面:制度方面和技术方面。

1. 制度方面

①对建筑节能工作的重要性和紧迫性认识不足。地方政府未把建筑节能工作作为一项日常的重要工作来抓;中央政府也未把建筑节能放在关系全局的高度来进行指导,宣传力度不够;广大人民群众没有形成对建筑节能重要性的基本认识,还不了解建筑节能会带来哪些方面的巨大效益。

②缺乏配套完善的建筑节能法律法规。我国虽然已经颁布了

《中华人民共和国节约能源法》，但是未制定针对建筑节能的相关法律法规，因而建筑节能工作基本上处于无法可依的状况。

③缺乏相应的经济鼓励政策。我国既有建筑面积达到 360 亿平方米，建筑物围护结构的节能改造和供热系统的改造工作量巨大，需要大量资金投入。单纯依靠用户、建设方自发的行为根本无法实现建筑节能目标。为调动各方面的积极性，亟须政府出台相关的经济鼓励政策，引导市场，优化资源配置，促进建筑节能的推广应用和发展。

④国家对建筑节能技术创新、技术进步支持力度不够。建筑节能的顺利推进，还有赖于经济上可以承受的先进成熟的技术以及质量合格、数量足够的产品的支持，但是正在起步发展中的建筑节能产业，作为一个复杂多样的产业群体，存在起点低、技术水平不高、创新能力弱的问题，而国家在建筑节能技术开发和创新方面的支持力度还很有限。

⑤管理机构不健全，建筑节能与墙体材料革新工作分离，管理体制不顺畅。建筑节能不抓墙体革新不可能达到节能的效果，墙体革新不与建筑节能相结合，也会失去墙体革新的作用。建筑节能和墙体革新的管理工作分别隶属于不同的管理机构，没有做到统一归口管理，影响了建筑节能工作的开展。

⑥现行的供热收费制度阻碍了建筑节能事业的发展。

2. 技术方面

①外保温系统的耐久性还有待时间和试验考验。

②外保温抗裂这一关键技术还有待进一步研究和提高。

③常用外保温的有机绝热材料，其防火性能不高。

④外保温系统的检测及验收方法不完善。

⑤外保温体系的质量保证率不足。

⑥保温市场规范化有待提高。