

国家关于幕墙的技术政策与要求

——学习相关国家标准和法规

席时霞

一、 节能——国家关于幕墙的技术政策与要求的重要方面

由国家建设部和国家质监总局联合发布，已于 2005 年 7 月 1 日实施的国家标准 GB50189—2005《公共建筑节能设计标准》提出了公共建筑节能 50% 的目标。这是我国经济可持续发展和能源发展的战略要求，是国家的大政方针和基本国策。这个标准是强制性的标准、强制性的法规，国家的法律法规和方针政策，必须得到完完全全的贯彻执行。

我国建筑用能已超过全国能源消费总量的 1/4，并将随着人民生活水平的提高，逐步增加到 1/3 以上。公共建筑用能量巨大，浪费严重。所以必须严格执行《公共建筑节能设计标准》，改善公共建筑的热环境，提高能源利用率，从根本上扭转公共建筑用能严重浪费的状况。

建筑分为民用和工业建筑。民用建筑又分为民住和公共建筑，公共建筑包括办公、商业、旅游、科教文卫、通讯、交通运输等各种公共建筑。目前中国每年竣工建筑面积约为 20 亿 m^2 ，其中公共建筑约有 4 亿 m^2 。

在公共建筑的全年能耗中，大约 50%~60% 消耗于空调制冷与采暖系统。在这个制冷与采暖系统中大约有 20%~50% 由外围护结构的传热所消耗。因此建筑节能设计的重点在于建筑外围护结构的节能设计，即调整围护结构热工参数是公共建筑节能设计的首要因素。提出 50% 的节能目标是有其比较基准的。即以 20 世纪 80 年代改革开放初期建造的公共建筑作为比较能耗的基础，称为“基准建筑” (Baseline)。基准建筑围护结构、暖通空调设备及系统、照明设备的参数按当时情况选取。那么把基准建筑能耗定为 100%。“基准建筑”的围护结构的构成——即窗墙比、传热系数和遮阳系数，也是按 20 世纪 80 年代的传统做法。外墙、屋顶、外窗的传热系数的 K 值取向；窗墙比的选定；遮阳系数 SC 当时均取 0.80 等等。从这里可以看出窗墙比、传热系数和遮阳系数是外围护结构节能的三大因素。

建设部长汪光焘签署的第 143 号建设部令《民用建筑节能管理规定》已于

2006 年 1 月 1 日起施行。在此规定之中把节能要求涵盖到所有民用建筑，并特别强调“要加强建筑的围护结构（含墙体、屋面、门窗、玻璃幕墙等），供热采暖和制冷系统，照明和通风等电器设备是否符合节能要求的监督检查”，并对建筑单位、设计单位、施工单位、监理单位没有执行建筑节能强制性标准的，提出了严厉处罚措施。

上海市人民政府于 2005 年 6 月 15 日发布第 50 号政府令《上海市建筑节能管理办法》，与之相配套的上海市建管委的沪建建[2005]649 号文—实施《上海市建筑节能管理办法》的通知，提得十分明确：建筑节能重要部位是指“建筑物围护结构（如屋面、墙体、门窗和透明幕墙等）、供热采暖与制冷系统、照明的施工安装质量、热力平衡调试等”。

从国家的强制性标准、建设部令、上海市政府令来看，作为建筑外围护结构的建筑幕墙，特别是玻璃幕墙，一定要节能，这已是大势所趋，势在必行。但怎样才能算节能幕墙，这一定要进行定性定量的分析，一定要进行历史的技术参数的比较。

以上海地区为例，把 20 世纪 80 年代外围护结构传热系数和现行国家强制性标准《公共建筑节能设计标准》规定的传热系数、遮阳系数相比如下：

	20 世纪 80 年代	现行国家标准
外墙	2.00W/（m ² K）	≤1.00 W/（m ² K）
外窗	6.40 W/（m ² K）	≤2.50 W/（m ² K）
屋顶	1.50 W/（m ² K）	≤0.70W/（m ² K）
遮阳系数	0.80	≤0.40

从参数来分析，都要求降低一半以上；从对比中，可以明确感觉到现行国家标准对节能要求之严格。

因为《公共建筑节能设计标准》是我国第一部建筑节能的综合性的国家标准，在全国范围内引起了巨大反响，传统意义上的单玻铝框玻璃幕墙不节能成为众矢之的，声讨叫停声一片。《宣判玻璃幕墙死刑》、《建筑节能下玻璃幕墙杀无赦，斩立决》、《玻璃幕墙中，中看不中用》、《玻璃幕墙，城市镶的金牙》等刺眼的议题和过激言论出现在各种报章。北京市规划委员会办公室于 2005 年 8 月 3 日发

布的市规发[2003]913号《关于严格控制使用玻璃幕墙的通知》指出：由于能源浪费、光污染、安全隐患等问题，在北京市范围之内严控使用玻璃幕墙，要求建设单位、建筑设计单位、施工图审查机构增强节能环保意识，严控玻璃幕墙使用。并要求玻璃幕墙专业设计及施工单位要进行幕墙热工计算和幕墙的传热系数 K 值的测定。

显然，把玻璃幕墙和不节能划等号是不科学的，是没有依据的。实际上，只要采取一系列科学的节能措施，玻璃幕墙完全能达到《公共建筑节能设计标准》规定的节能要求，成为新型节能和环保的外围护结构。

玻璃幕墙的不可视部分（即非透明部分）可以和石材幕墙、金属幕墙一样，在面板玻璃之后设置 100mm 岩棉保温层，该部分的传热系数就能降至 $1.0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 之内。玻璃幕墙的可视部分（即透明部分）的玻璃可以采用：低反射玻璃—Low-E 玻璃、中空 Low-E 玻璃、充惰性气体氩和氪的中空玻璃、真空玻璃、真空 Low-E 玻璃、真空+中空的组合 Low-E 玻璃。随着各种玻璃的节能配制的措施到位，玻璃幕墙透明部分的玻璃的传热系数最低可降至 $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 。另外玻璃幕墙的铝合金框架采用断热铝材，该部分的传热系数也可降低至 $1.0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 。

总而言之，玻璃幕墙只要积极采取一系列高新科技的节能措施，完全可能成为高度节能的外围护结构，甚至可以优于其他一般的围护结构，成为节能的典范。

国家的标准、法规对建筑幕墙，特别是玻璃幕墙的节能提出了严格的要求，这是国家的基本国策所决定的，是完全必要的，也是切实可行的；这是我国幕墙行业向高层次发展的根本动力，也是提升幕墙的科技含量的重大契机。作为一项产业，节能玻璃幕墙的开发和发展，将带动一批上游节能产品的蓬勃发展，使我国从幕墙大国迅速成为幕墙强国。节能玻璃幕墙的研发，也将推动幕墙科技的超常速度发展。

二、安全——国家关于幕墙的技术政策与要求的首要方面

建筑幕墙的安全性是至关重要的，特别是人流密集区域更是人命关天的大事。在所有相关的国家标准和规范中都有严格的规定。

（1）玻璃幕墙这一环节的重点在于是否采用安全玻璃

根据国家行业标准 JGJ102—2003《玻璃幕墙工程技术规范》，4.4 安全规定中“4.4.4 人员流动密度大，青少年或幼儿活动的公共场所以及使用中容易受到

撞击的部位，其玻璃幕墙应采用安全玻璃。”

国家发改委、建设部、质检总局、工商行政总局四部委于 2003 年 12 月 4 日发布：发改运行[2003]2116 号文件《建筑安全玻璃管理规定》指出“幕墙必须使用安全玻璃”。

上海市人民政府于 1996 年 10 月 30 号发布第 35 号政府令《上海市建筑物使用安全玻璃规定》指出“幕墙必须使用安全玻璃”。

以上所有国家标准、规范和政府规定都强调幕墙必须使用安全玻璃，并且对安全玻璃进行界定：钢化玻璃和夹层玻璃。并强调：若没有使用安全玻璃的，要采取措施使其达到安全玻璃的技术要求。

钢化玻璃是法定的安全玻璃。但钢化玻璃自爆时有发生，防范其危害的措施已日益引起各方重视。虽然钢化玻璃自爆概率很低，而且自爆后呈粉碎状的小颗粒，不会危及生命安全，但是在人流车流密度大的闹市繁华地区，当大量小颗粒“玻璃雨”从天而降时，仍会使人员和财物遭遇击打，受到惊吓，造成一定的危害，对环境安全产生不良影响。

在有条件的情况下，可更换成更为安全的夹胶玻璃；对暂不能更换的情况下，可设置绿化隔离带或设置安全围蓬，予以解决。对新建玻璃幕墙采用钢化玻璃一定要严控磨边精度；严控钢化工艺，尽可能做到钢化玻璃的热浸处理（即二次热处理），并确保均质处理的恒温时间。

（2）隐框玻璃幕墙环节的重点是硅酮结构胶质量问题

国家行业标准 JGJ102《玻璃幕墙工程技术规范》关于硅酮结构密封胶的论述全部是强制性条文，因此都必须严格执行。

在第 3 章材料中 3.6.2 黑体字论述：“硅酮结构密封胶使用前，应经国家认可的检测机构进行与其接触的材料的相容性和剥离粘结性试验，并应对邵氏硬度、标准状态拉伸粘结性进行复检，检验不合格的产品不得使用。”在此强制性条文中提出两个试验：相容性和剥离粘结性试验；提出了两个复检：邵氏硬度、标准状态拉伸粘结性能复检。而且都必须在国家认可的检测机构进行试验。

相容性试验必须做，而且必须合格。如果出现不相容的情况将会导致结构胶的粘结强度和其他粘结性能的下降或丧失，留下很大的安全隐患。

邵氏硬度是决定硅酮结构密封胶使用寿命的重要指标。邵氏硬度真实反映硅

酮结构密封胶在大气层环境里紫外线作用下的老化进程。

在第 5 章“结构设计的基本规定”的 5.6.2 “硅酮结构密封胶应根据不同的受力情况进行承载力极限状态的验算”。硅酮结构密封胶承受荷载和作用产生的应力大小，关系到幕墙构件的安全。对结构胶必须进行承载力验算，并保证最小的粘结宽度和厚度，宽度一般应大于其厚度。在风荷载或地震作用下，硅酮结构密封胶的安全系数不得小于 4。可见硅酮结构密封胶的粘结性能之重要。

硅酮结构密封胶是影响玻璃幕墙的安全的重要因素。国家在 1997 年颁布国家标准 GB16776—1997 规定了最基本要求。2002 年国家根据近几年的使用情况，对国标 GB16776 重新进行修订，增加了弹性模量和最大强度时伸长率的要求。

隐框玻璃幕墙在严格控制结构胶的质量和施工工艺的前提下，其安全性是绝对有保证的。其寿命甚至长于明框幕墙，在发生地震的情况下，其安全性甚至优于明框幕墙。这在多地震的日本已得到证明。因此，优质的隐框玻璃幕墙绝对不是城市上空的“定时炸弹”。

（3）全玻璃幕墙的安全性有二项关键点

其一，“全玻璃幕墙的面板不得与其他刚性材料直接接触”。全玻璃幕墙的玻璃表面均应与周围结构面和装饰面留有足够的空隙，以适应玻璃的温度变形和其他受力变形，防止因变形受限而使玻璃开裂。

其二，“平面外稳定问题”全玻璃幕墙的面板和玻璃肋的厚度较小，一般仅 12～19mm 左右。如果采用下部支承，则在自重的作用下，面板和肋部都处于偏心受压状态，容易出现平面外的稳定问题，且玻璃表明容易变形，影响美观。所以全玻璃幕墙超过 4 米，应采取吊挂的方案，使面板和肋所受的轴向力为拉力。而上面接受吊挂的钢结构，必须有足够的抗弯刚度和抗扭刚度，防止幕墙下垂和转角过大，以免变形受限，而使玻璃破损。

跨度很大（高度>8m）的玻璃肋，在设计时应考虑其侧向稳定性，进行稳定性验算，并采取横向支撑或拉结措施。

（4）点玻璃幕墙安全问题有三项关键点

其一，点支承幕墙面板采用开孔来安装支承装置时，在孔边会产生较高的压力集中。为了防止出现破坏：应严格控制孔洞与板边之距离；玻璃板块的厚度不得小于 6mm；爪件处的垫片厚度不得小于 1mm，否则会使支承处玻璃应力迅速增

大；当面板尺寸大时，宜采用可转动的球铰活动支承，通过爪件三维调整，确保爪件表面与玻璃板面平行，减少应力集中。

其二，对施加预拉力的拉杆或拉索结构点玻璃幕墙，施加预拉力的大小对支承结构的安全性及外形的准确性至关重要，因此必须严格控制，必须符合设计要求。还应进行现场检测或隐蔽检测，并在竣工后定期检测和不定期（遇强风或地震后）检测。确保预控力符合设计要求。

其三，点支承玻璃幕墙，面板玻璃采用钢化玻璃，玻璃肋采用钢化夹层玻璃。索必须采用低松弛不锈钢丝绳，并严禁焊接，索抗拉力设计值安全系数为 2.5。杆必须是奥氏体不锈钢，如是带螺纹的杆，必须根据螺纹根部的净截面计算应力。

（5）石材幕墙的安全性有二项关键点

其一，石材幕墙板材的弯曲强度不应小于 8.0MPa。这是由于石材为天然材料，其均匀性差，弯曲强度离散性大，属脆性材料。另一方面在生产，开采，加工过程中难免产生一些不易发现的轻微内伤。在自重、风载、地震和温度等因素造成的荷载的作用下，会产生严重后果，因此，提高弯曲强度的要求是合理的。所以石材幕墙的适用建筑高度不大于 100 米，地震设计防烈度不大于 8 度，石材的厚度不得小于 25mm。

其二，石材面板的吸水率不得高于 0.8%。这是由于吸水率偏高，吸入过多水份，在寒冷冬季，气温远低于 0℃时，极易产生冻胀破裂，造成大面积面板破损。

（6）金属幕墙安全问题在于：

面板应有足够的厚度，使金属幕墙确保足够的强度和质感。面板后面的加强筋设置应合理，使金属幕墙获得足够的刚度和安全感。面板厚度及加强筋这两方面均应进行力学计算。

所有连接件应采用奥氏体不锈钢，所有龙骨应采用耐候结构钢，以提高其防腐性，延长其安全寿命。

三、 环保——国家关于幕墙的技术政策与要求的必要方面

（1）玻璃幕墙的光学性能

玻璃幕墙的设置应满足：抗风压，防渗水，采光，保温，隔热等要求，还应符合城市规划的要求，符合有关光学性能的要求。避免引起对人视觉累积损害或

干扰的失能眩光或不舒适眩光，不应出现有害光反射，不应有光污染。

- 玻璃幕墙的玻璃反射比不大于 0.30。

- 城市主干道、立交桥、高架路两侧的建筑 20 米以下，其余路段 10 米以下，玻璃幕墙的玻璃反射比不大于 0.16。

- 居住区内限制设置玻璃幕墙。

- 历史文化名城中规划确定的历史街区，风景名胜区，慎用玻璃幕墙。

- 在十字路正对角线路段处，不应设置玻璃幕墙；

- 在十字路口或多路交叉口，不宜设置玻璃幕墙。

- 道路两侧玻璃幕墙设计成凹形弧面时，应避免反射光进入行人与驾驶员的视场内。

- 南北向玻璃幕墙做成向后倾斜某个角度时，应避免太阳反射光进入行人与驾驶员的视场内。

若有采光功能要求的玻璃幕墙，其透光折减系数不应低于 0.45。

若有辨色要求的玻璃幕墙，其颜色透视指数不宜低于 80Ra。

（2）玻璃幕墙隔音降噪性能

随着城市人口的高度密集和各类交通工具的剧烈增多，噪音污染已成为社会一大公害。1000~5000Hz 是人类听觉的敏感频率，相差 5 分贝，会使人的听觉相差 3~4 倍。

国际居室噪音标准规定：居室噪音指标不得超过 42 分贝。国际标准 A 级写字楼，五星级饭店、医院等有更严格的特殊要求。玻璃幕墙作为外围护结构，完全可以满足各个等级的隔音降噪的技术要求。

比如：单层玻璃的计权隔音量 R_w 约为 25dB

中层玻璃的计权隔音量 $R_w=27dB$

标准版真空玻璃计权隔音量 $R_w=33dB$

特殊强制真空玻璃计权隔音量 $R_w=45dB$

若在城市主干道、高架路、轨道交通沿线，噪音强度可达 70~80 分贝。玻璃幕墙只要采用标准版真空玻璃，或中空玻璃基本上可以满足隔音降噪的要求。若在磁悬浮高速交通沿线噪音强度值可达 90~100 分贝，则可采取特殊配置的中空+真空+中空玻璃，也完全可达到隔音降噪的功能要求。

四、“既有幕墙”——国家有关幕墙的技术政策与要求的最新文件

中华人民共和国建设部于 2000 年 12 月 5 日发布的建质[2006]291 号《既有建筑幕墙安全维护管理办法》，于发布之日起施行。这成为国家有关幕墙的技术政策与要求的最新文件，是我国第一部有关既有幕墙的政策性文件，也是花费巨大人力和物力，汇集全国 40 余位顶级幕墙专家集体智慧的结晶。

我国既有幕墙的社会保有量已过亿 m^2 ，总量绝对是世界之最，所占的份额也是世界第一。但大部分单玻铝框玻璃幕墙不节能，相当部分的幕墙有安全隐患。这些部分的问题引起党和国家领导人的高度重视，人大、政协也有提案，新闻媒体多次曝光。

所以这次《既有建筑幕墙安全维护管理办法》的出台社会反响巨大，在国际上也有重大影响，也是世界上第一部关于既有幕墙的技术文件。普遍认为，中国的建筑幕墙安全维护进入法制化机制。

《既有建筑幕墙安全维护管理办法》明确以下原则问题：

- 建筑幕墙的竣工验收资料，包含设计依据文件、计算书、设计变更、工程材料质保书、检验报告、隐蔽工程记录、竣工图、质量验收记录和《建筑幕墙使用维护说明书》等。把计算书放在极为重要的地位，并且重提使用维护说明书事项。

- 既有幕墙的安全维护实行业主负责制。建筑物为多个业主共同所有的，各业主应共同协商确定一个安全维护责任人，牵头负责建筑幕墙的安全维护。第一次明确业主负责制。

- 从事既有建筑幕墙安全维护的人员，必须接受专业技术培训，必须确保安全维护人员的作业安全。

- 任何单位和个人对既有建筑幕墙的质量安全问题都有权向建设主管部门检举、投诉。

- 各地建设主管部门应当制定实施细则。

上海市既有幕墙的专项整治工作，在上海市建设和交通委员会和上海市房屋土地资源管理局的领导下态度认真，政策到位，工作过细，有很多创新的成果，为全国的既有幕墙的安全维护工作提供许多新鲜经验。上海市既有幕墙的专项整治工作已有一套运作机制，已有一个工作平台，确实走在全国各地的前列，值得

总结推广。

本文作者：教授级高级工程师、国务院突出贡献专家；
中国建筑装饰协会专家工作委员会专家；
中国建筑装饰协会幕墙工程委员会专家。