

经验交流：中空玻璃的失效原因分析注册建筑师考试 PDF 转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

https://www.100test.com/kao_ti2020/555/2021_2022__E7_BB_8F_E9_AA_8C_E4_BA_A4_E6_c57_555761.htm 中空玻璃作为高效节能材料在建筑上已被广泛使用。在其他行业如铁路运输、制冷行业的用量也逐渐增大。全国大小中空玻璃企业600多家，其中引进国外生产线八十多条，2000年10月建设部出台民用建筑节能管理规定，加速了中空玻璃的普及应用，2001用量超过2000万平方米。为维护中空玻璃的市场形象使其健康有续的发展，其产品质量必须再上新台阶。当前我国中空玻璃市场比较混乱，部分厂家为降低成本偷工减料，生产管理控制不严，使中空玻璃的使用寿命大大缩短，有些产品不到两年就已经进水结雾了。虽然目前还没有对中空玻璃的有效使用时间做出明确规定（应不少于20年），但从行业发展的角度出发，生产厂应采取各种措施确保中空玻璃有足够长的有效使用时间，以满足各种不同用途的需要。中空玻璃是两片或两片以上的玻璃中间用带有干燥剂的间隔框隔开周边密封的玻璃制品。影响中空玻璃有效使用时间的原因很多，如制造材料的性能、制造工艺及控制、安装方法等。本文就影响中空玻璃有效使用时间的各种因素进行分析，并提出延长中空玻璃有效使用时间的一些相关措施。

一．中空玻璃失效的主要原因 中空玻璃失效的直接原因主要有两种：一是间隔层内露点上升。当环境温度降低到使玻璃表面的温度低于间隔层内的露点时，间隔层内的水汽便在玻璃内表面产生结露或结霜（玻璃内表面温度高于0℃时结露,低于0℃时结霜）。由于玻璃内表面的结露或结霜，影响中空玻璃的透视度，并

降低中空玻璃的隔热效果（因水的传热系数为0.5千卡/平方米小时，干燥空气传热系数为0.021千卡/平方米小时，随着空气含水量的增加，传热系数增大，使中空玻璃间隔层的热阻降低），同时长时间的结露会使玻璃的内表面发生霉变或析碱，产生白斑，严重影响玻璃的外观质量；二是中空玻璃的炸裂，当中空玻璃在安装使用过程中由于环境温度的不断变化、日晒以及风压的作用使玻璃发生炸裂。玻璃炸裂后（即使极小的裂缝存在）就会失去其密封性，在间隔层内出现结露、结霜从而丧失使用功能。有关方面曾对使用两年后的中空玻璃失效情况进行了调查，失效率为35%。各种失效原因之比见表一。从表一中可以看出，失效原因中比例最大的是露点上升（中空玻璃内层结露），其次就是玻璃炸裂。这两种原因构成了总失效的85%。

二．中空玻璃失效原因分析

1．露点上升的主要原因分析

中空玻璃的露点是指密封于间隔层的空气湿度达到饱和状态时的温度。低于该温度时，间隔层中水蒸气就会凝结成液态水。露点与空气的相对湿度和空气中的含水量之间的对应关系见表二。显然水的含量越高，空气的露点温度也就越高。当玻璃内表面温度低于间隔层内空气的露点时，空气中的水就会在玻璃的内表面结露或结霜（国家标准GB119488《中空玻璃》中规定露点为-40℃）。中空玻璃的露点上升是由于外界的水份进入间隔层又不被干燥剂吸收造成的。下列几种原因可导致中空玻璃的露点上升：

- （1）密封胶中存在机械杂质或涂胶过程中挤压不实而存在毛细小孔，在间隔层内外压差或湿度差的作用下，空气中的水份进入间隔层使中空玻璃间隔层中的水份含量增加。
- （2）干燥剂的有效吸附能力低。中空玻璃干燥剂的有效吸附

能力指的是干燥剂被密封于间隔层之后所具有的吸附能力。它是分子筛的性能、空气湿度、装填量以及在空气中放置时间等的函数。干燥剂的作用有两个，其一是吸附掉生产时密封于间隔层中的水份，使得中空玻璃有合格的初始露点；其二是不断地吸附从环境中通过胶层扩散到间隔层中的水份，保证中空玻璃始终有符合使用要求的露点（检测中称为最终露点既经过高温高湿和气候循环试验后测得的露点），因此要求干燥剂要有较强的吸附能力。如果干燥剂的吸附能力差，不能有效的吸附通过扩散进入间隔层中的水份，就会导致水份在间隔层中聚集，使中空玻璃的露点上升。（3）生产时的环境湿度；如果生产车间的环境湿度较大，就会消耗干燥剂的吸附能力从而使干燥剂的剩余吸附能力降低，使得中空玻璃使用寿命缩短。（湿度应控制在50%以下）（4）中空玻璃的生产工艺控制；如果分子筛在空气中暴露时间较长，其有效吸附能力就会降低。另外混胶不匀（涂胶后不固化）或一次性混胶太多造成部分胶出现固化（混合后的密封胶随温度升高固化速度加快，一般车间温度应控制在20-25℃，混胶后应在最短的时间内用完，从搅拌到涂胶完毕不应超过20分钟）产生气孔并降低玻璃和密封胶之间的粘结强度。工艺上玻璃清洗不净、双道密封时丁基胶断条或角部密封不严等均可造成中空玻璃的质量下降。（5）密封胶的水汽透过率和胶层宽度；水汽通过聚合物（密封胶一般均为高分子聚合物）扩散进入间隔层是中空玻璃失效的最主要原因。众所周知任何聚合物都不是绝对不透气的，用于中空玻璃的密封胶（通常为聚硫橡胶、硅橡胶、丁基胶等）也是如此。对于这些高分子材料由于其两侧逸度差（压差或浓度差）的存在，

为聚合物做等温扩散提供了驱动力。在逸度较高的一侧聚合物分子因吸附气体分子进入固体聚合物中，移动并穿过聚合物链阵，从聚合物的另一侧（逸度较低的一侧）释放出来。对于中空玻璃的密封胶而言，主要扩散物就是空气中的水份。水份的扩散遵循如下关系式： $J = P / L \times P$ 式（1）式中： J 扩散速率，指单位时间、单位面积上气体通过一定厚度的聚合物的扩散量； P 气体渗透系数，是材料固有的一种物理性质； L 聚合物的厚度； P 聚合物两侧的气体分压差。从上式可知，影响水蒸汽扩散的因素主要是聚合物的气体渗透系数（气密性）胶层宽度和间隔层内外的水汽分压差。（6）

复合丁基胶条的质量 胶条式中空玻璃近几年发展较快，国内现有生产线30多条，产量近800万平方米。胶条与玻璃的粘结强度是决定中空玻璃寿命的主要因素。

2. 中空玻璃炸裂的原因：

导致中空玻璃炸裂有多种原因。有生产方面的、选材方面的、安装运输方面等。玻璃炸裂的主要原因可以归纳为以下几种：（1）生产时的环境温度 生产中空玻璃时，密封于间隔层内的压力是生产环境温度下的压力。在使用过程中，往往是使用温度和生产环境温度相差较大。空气的热胀冷缩会使空气的压力发生变化，在夏季使用环境温度一般都高于生产环境温度，间隔层中的空气发生膨胀，产生正压，特别是用吸热玻璃制作的中空玻璃，玻璃的吸热效果很强，间隔层内空气温度更高，产生的正压也就更大。当由于间隔层空气膨胀引起的压力高于玻璃的破坏压力时，玻璃便会发生炸裂。同样在冬季时，生产温度高于使用时的环境温度，间隔层内空气收缩，而产生负压，当玻璃面积较大而间隔框又较小时，两片玻璃的中心部位有可能帖在一起形成类似彩

虹的斑点严重影响使用效果（此缺陷可以事后纠正但比较麻烦）。95年秋天北京曾发生过这一现象，经查证得知中空玻璃是在夏季生产的。当在风雪载荷的联合作用下，有可能使玻璃发生破裂。另外我国地域辽阔如供需两地气压相差较大，也可使玻璃发生变形，这时就应在施工现场进行矫正。

（2）玻璃在生产时的变形 水平法生产中空玻璃时（目前手工或半手工生产几乎全部是水平法），由于玻璃下部受支撑的面积较少而且支撑多在中心部位，加之上片玻璃的重量全部加到下片玻璃上，使下片玻璃向上弯曲，上片玻璃由于自重向下弯曲，结果造成中空玻璃的间隔层变薄，玻璃安装使用时就自然存在负压使玻璃上产生预应力，面积较大的中空玻璃这种现象更为突出（变形严重时必须矫正）。由于玻璃上预应力的存在，减少了其抵抗外力的能力，在外界因素变化较大时容易发生破裂。（3）使用后产生“热炸裂”在使用吸热玻璃和镀膜玻璃为原片制作中空玻璃时，由于在玻璃的两点间存在的温度差较大而产生热冲击导致玻璃不破坏。值得一提的是热带地方较少发生热炸裂。（4）安装时玻璃上产生预应力 玻璃在安装时框架不平或弹性密封胶条质量不佳使玻璃发生弯曲变形从而产生预应力，由于玻璃预应力的存在降低了其抗风压强度，甚至发生破裂。（5）包装运输不当使玻璃炸裂 中空玻璃不同于其它玻璃，中空玻璃在受到压力时是单片受力，如果衬垫不平极易造成中空玻璃炸裂。另外在生产中玻璃磨边质量不好或在运输中玻璃边部由于碰撞产生微小裂口而在安装前又不易被发现（由于周边涂胶）安装后受外力影响裂纹增长而使玻璃破裂。（6）密封胶质量不佳 制作中空玻璃的密封胶要求在高、低温状态下均有较好的

弹性，既与玻璃同步伸缩，不致使玻璃产生较大应力。另外要求中空玻璃密封胶要有较少的有机挥发物（小于1.5%），以防止密封胶收缩过大产生破裂。

三．延长中空玻璃使用时间的措施

要想延长中空玻璃的有效使用时间，必须从各个环节加以控制，如生产工艺条件、原材料选择、安装运输等。

1．严格控制生产环境的湿度

生产环境的湿度主要是影响干燥剂的有效吸附能力和剩余吸附能力。剩余吸附能力是指中空玻璃密封后。干燥剂吸收间隔层的水份，使之初始露点达到要求，除此之外干燥剂还具有吸附能力，此部分吸附能力称之为剩余吸附能力，定量地说，它等于有效吸附能力减去干燥剂吸附密封于间隔层内空气中的水份消耗的吸附能力。剩余吸附能力的作用是不断地吸附从周边扩散到间隔层中的水份。剩余吸附量的大小决定着对中空玻璃在使用过程中，通过扩散进入间隔层的水份吸附量的大小，也就决定着水份在间隔层中聚集速度的快慢，从而决定着中空玻璃的有效使用时间的长短。中空玻璃生产湿度大时，首先密封于间隔层中的水份多，消耗干燥剂的吸附能力就大其剩余吸附能力就小。从表二中可以看出，空气的湿度越大其含水量就越高，环境湿度由40%增加到80%时，空气中的水份含量提高一倍。其次是环境湿度对干燥剂的吸附速率有很大影响。在不同的湿度下，干燥剂的吸附量与时间的关系如图二所示（目前多数厂家用3A分之筛），湿度越大，干燥剂的吸附速率越快，生产过程中干燥剂暴露于空气中的一段时间内，干燥剂消耗的吸附能力与环境湿度成正相关关系，干燥剂的剩余吸附量随着湿度的升高而减少，因此湿度对中空玻璃的有效使用时间的影响至关重要。要延长中空玻璃的有效使用时间，就

必须使生产环境的湿度控制的低一些。2. 减少水份通过聚合物的扩散 (1) 选择低渗透系数的密封胶 选择气体渗透系数低的中空玻璃密封胶是减少气体扩散速度的有效措施之一。中空玻璃生产常用的密封胶有：丁基橡胶、聚硫橡胶和硅橡胶等。它们的气体渗透系数为：丁基橡胶 $11.5\text{g}/\text{m}^2\text{dcm}$ ，聚硫橡胶 $78\text{g}/\text{m}^2\text{dcm}$ ，硅橡胶 $1015\text{g}/\text{m}^2\text{dcm}$ 。可见丁基橡胶的气体渗透系数最小，所以双道密封的中空玻璃由于使用了丁基橡胶，其有效使用期要明显好于单道密封的中空玻璃。单道密封的中空玻璃（在我国逐步淘汰）的密封胶要采用聚硫橡胶而不宜采用硅橡胶。需要注意的是在用中空玻璃做玻璃幕墙时，其双道密封的外层胶必须用硅酮橡胶，因为聚硫胶和幕墙施工时所用密封胶发生缓慢化学反应，容易造成工程事故，应特别注意，必要时可向有关方面咨询。(2) 合理的胶层厚度 从式一中可以看出气体通过聚合物扩散的量与胶层厚度成反比。胶层越厚其扩散量越小，所以国家标准中规定：使用双道密封胶时其外层胶的胶层厚度为 57mm ，使用单道密封胶时胶层厚度为 812mm ，保证胶层厚度也是减少水汽扩散的重要一环。在生产时一定要保证胶层厚度和厚度的均匀性，特别保证角部密封的严密性。(3) 减少中空玻璃胶层的内外湿度差 式一中气体的扩散量与中空玻璃内外的水汽分压差成正比，作为中空玻璃其间隔层的湿度（水汽分压）越低越好，要减少 P ，只有减少外部环境的湿度（或水汽分压），这可以采用在安装框上开排水孔，使沿玻璃表面流到框架内部的积水能迅速排出，从而保证玻璃周边干燥，以延长中空玻璃的有效使用时间。(4) 合理设计和选材 设计时要充分考虑玻璃的“热炸裂”现象，注意防止不要在同一片

玻璃的表面或断面产生过大的温度差。为避免“热炸裂”可根据使用地的气象情况，选用经强化处理过的吸热玻璃或透光率较高的镀膜玻璃。在建筑物的东侧一直到南侧，如果使用吸热玻璃和加丝平板玻璃时，一定要进行这项校核。校核应当分两个阶段进行，既定性校核和定量校核，把由于温度差产生的热应力限制在容许的范围内。为保险起见，中空玻璃厂家在接到此类定单时，应向用户说明可能发生“热炸裂”的有关原由，分清责任，以避免事后发生纠纷。（5）选择适当吸附速率的干燥剂并尽量缩短工艺时间对于手工或半手工生产的中空玻璃，干燥剂灌注过程是不密封的，干燥剂暴露于空气之中，会很快从空气中吸附水份，如果干燥剂的吸附速率较低，在同样的时间内干燥剂的吸附量会很小，损失的有效吸附能力也就小。同样缩短工艺时间也是为了减少吸附能力的损失。（6）安装时避免中空玻璃上产生预应力安装玻璃的框架要平整，与玻璃接触的周边密封材料要有良好的弹性，使玻璃不产生任何变形。

四．结束语

通过选料加工制造包装运输和安装等各个环节加以控制，就能够防止中空玻璃过早失效，延长其使用时间，减少维修费用，这不仅能带来经济效益，同时可以获得更好的社会效益和企业信誉。以上资料仅供参考，不妥之处欢迎指正。把建筑师站点加入收藏夹 100Test 下载频道开通，各类考试题目直接下载。详细请访问 www.100test.com