

国内外有关硬质泡沫塑料燃烧试验的标准、方法 及其工业应用情况

公安部天津消防科学研究所 胡西芳 倪照鹏

一、国内有关硬质泡沫塑料燃烧试验的标准、方法

在我国，目前主要有三个国家标准或标准是与硬质泡沫塑料应用中的燃烧试验方法直接相关的。他们是：GBJ-16-87《建筑设计防火规范》，GB10800-89《建筑物隔热用硬质聚氨酯泡沫塑料》以及 GB8624-97《建筑材料燃烧性能分级方法》。为实施这些标准，先后制订了大约十个相关的国家级测试方法。然而，上述大部分标准或测试方法是在 80 年代中后期制订并实施的。由于当时中国在建筑材料防火性能试验方法的制订方面，较发达国家起步晚，因此在制订这些标准时，通常是等效或部分等效采用 ISO 或发达国家的相应标准。

本文所述的标准或分级中，GBJ16《建筑设计防火规范》和 GB8624《建筑材料燃烧性能分级方法》是分别于 1987 和 1988 年制订的，并于 1995 年和 1997 年先后进行了修订。

表 1 列出了这些标准和相关测试方法的名称、与之等效或非等效的国际标准号，及相应标准的分级指标要求。所列的标准及相关资料都是他们的最新版的内容^①。

中国的硬质泡沫塑料燃烧性能标准和试验方法

表 1

名称	相应的国际标准	指标
<u>燃烧性能试验</u> *GB10800-89《建筑物隔热用硬质聚氨酯泡沫塑料》	等效于 ISO4898-84	1 级: ≤30s (平均燃时) /250mm (平均燃高) 2 级: ≤90s (平均燃时) /50mm (平均燃高) 3 级: 非阻燃, 无要求
1)GB8332—87《泡沫塑料燃烧性能试验方法水平燃烧法》	等效于 ISO3582-78	2 级:≤90s (平均燃时) /50mm (平均燃高)
2)GB8333-87《泡沫塑料燃烧性能试验方法垂直燃烧法》	等效于 ASTM D1622-63(30 14-89)	1 级:≤30s (平均燃时) /250mm (平均燃高)
*GB8624-97《建筑材料燃烧性能分级方法》	非等效于 DIN4102-81Part1	A:均质材料,符合 GB5464-85 A:复合(夹芯)材料: a) 按 GB8625:余长≥350mm(>20mm 任一试件)及烟温峰≤125°C b) 按 GB8627:SDR≤15 c) 按 GB14402:热值≤4.2MJ/kg&

<p>1)GB5464-85《建筑材料不燃性试验方法》</p> <p>2)GB8625-88《建筑材料难燃性试验方法》</p> <p>3)GB8626-88《建筑材料可燃性试验方法》</p> <p>4)GB8627《建筑材料燃烧或分解的烟密度试验方法》</p> <p>5)GB14402-93《建筑材料燃烧热值试验方法》</p> <p>6)GB14403-93《建筑材料燃烧释放热量试验方法》</p> <p>7)GB2406《塑料燃烧性能试验方法氧指数法》</p>	<p>非等效于</p> <p>ISO1182-83</p> <p>等效于</p> <p>DIN4102Part1</p> <p>等效于</p> <p>DIN4102Part1</p> <p>等效于 ASTM</p> <p>D2843-77 (83 版)</p> <p>非等效于</p> <p>ISO1716-73</p> <p>等效于 DIN4102</p> <p>Part1 和 8(86 版)</p>	<p>d) 按 GB14403:热释放量$\leq 18.8\text{MJ/m}^2$</p> <p>e) 烟气毒性全不致死浓度 $\text{LC0} \geq 25\text{mg/L}$</p> <p>B1: a) 符合 GB8626 和 $\text{GB8625} \leq 200^\circ\text{C}$, $\geq 150\text{mm}$(剩余长度)</p> <p>b) GB8627:SDR≤ 75</p> <p>B2: 符合 8626</p> <p>B3:低于 B1.,B2 可燃材料</p> <p>管道用保温泡沫塑料:</p> <p>B1:a) GB2406:LOI≥ 32</p> <p>b) GB8332/8333:$\leq 30\text{s}/250\text{mm}$</p> <p>c) GB8627:SDR$\leq 75$</p> <p>B2:a) GB2406:LOI$\geq 26$</p> <p>b) GB8332/8333$\leq 90\text{s}/50\text{mm}$</p> <p>A</p> <p>B1:$\leq 200^\circ\text{C}$, $\geq 150\text{mm}$(剩余长度, 任意试件$\neq 0$)</p> <p>B2:20s 内,$\leq 150\text{mm}$</p> <p>SMD≤ 75</p> <p>$\leq 4.2\text{MJ/kg}$</p> <p>$\leq 18.8\text{MJ/m}^2$</p>
<p><u>耐火性能试验</u></p> <p>*GBJ16-87</p> <p>《建筑设计防火规范》</p>		<p>非承重外墙、房间隔墙耐火性能要求举例: 表 2.0.1 中, 非承重外墙、走道两侧隔墙, 耐火等级四级, 要求为难燃体, 耐火极限 0.25h; 房间隔墙, 耐火等级四级, 要求为难燃体, 耐火极限 0.25h。附录 2 中: 非承重墙中举</p>

		例 6: 轻质复合隔墙, 木龙骨两面钉石膏板, 构造厚度: 1.2+5(空)+1.2, 要求难燃体, 耐火极限 0.3h
1)GB9978-88 《建筑构件的耐火试验方法》	等效于 ISO834A-75	
2) GB7633 《门和卷帘的耐火试验方法》	ISO3008A	

下面是作者对现行国家有关标准的几点看法。

与 GB8624-88《建筑材料燃烧性能分级方法》比较, 新修订的 GB8624-97 增加了一些新的内容。表 1 中所列是其新增加的部分内容, 如增加了 A 级复合(夹芯)材料, 管道隔热保温泡沫塑料等。对于复合(夹芯)材料, 在修订后的 GB8624-97 中, 除了按 GB8625 的要求达到难燃性能以外, 同时要求其发烟性能、热值、热释放率以及产品的毒性达到一定的标准。另外, 对于隔热用泡沫塑料的 B1 级和 B2 级材料, 都提出了新的要求: B1 级, 除了要求达到泡沫塑料垂直法指标(平均燃烧时间 $\leq 30s$, 平均燃烧高度 $\leq 250mm$)外, 增加了要求其氧指数(LOI) ≥ 32 , 烟焰密度等级 ≤ 75 。B2 级, 除要求达到泡沫塑料水平法指标(平均燃烧时间 $\leq 90s$, 平均燃烧范围 $\leq 50mm$)外, 增加了要求氧指数 ≥ 26 。

与 GB10080-89 以及修订前的 GB8624-88 比较, 新修订的 GB8624-97 的要求指标严格多了。作者认为, 在 GB10080 和 GB8624-88 中, 对硬泡材料的燃烧性能分级指标, 基本上与国际标准接轨, 同时比较适合国情。相比之下, 修订后的 GB8624-97 中有某些测试项目要求过高, 如复合(夹芯)材料, 需要进行一项难燃试验和四个参数, 即燃烧热值、热释放量、产烟性和毒性测定, 才能定级; 对 B1 级, 新的指标(LOI ≥ 32 , SMD ≤ 75)亦要求偏高, 特别是毒性指标。有关材料燃烧毒性的测试方法国际上虽然已进行了长期的研究, 但迄今尚无统一的标准。至于用作产品法定燃烧性能的测试指标, 只是极少数国家对个别产品有所规定。如欧洲目前只有德国对 A2 级产品有毒性要求。但是, 在欧洲正在制订的欧洲统一标准中没有对毒性指标提出要求。我国对材料毒性方面的研究较少, 测试手段还不完善, 基本上没有正规的测试手段。在这种情况下, 把这项指标用做对材料进行分级的指标, 很难在实践中加以实施。

值得注意的是, 新修订的标准中对多种材料增加了氧指数指标。但由于这一指标的局限性, 在国际上几乎不用作标准要求的测试指标。我们曾使用三种方法, 即氧指数法(材料维持燃烧所需的最的氧浓度), ISO 可点燃性(热辐射)试验以及氢-氧焰点燃(对流)法, 对 10 种常用建材进行了燃烧性能评价^②, 结果如表 2 所示。结果表明, 这些材料的阻燃性能对这几种试验方法的测试结果排序呈无序状。以阻燃聚氨酯为例, 用氧指数衡量(24.5), 排在这 10 种材料的第二号。但以 ISO 可点燃性以及氢-氧焰点燃法试验, 其阻燃性则是最差的。显然, 用氧指数的高低来衡量材料

的燃烧难易程度并不可靠。因此，在选用氧指数法作为建材燃烧性能法规性评价方法时，应慎重。当然，氧指数法作为一项评价材料燃烧性能的方法，由于它可以给出相对准确的数字，它在实验室及产品配方遴选中，被广泛用作评价材料的阻燃性能。

氧指数法、ISO 可点燃性试验以及氢-氧焰点燃试验比较 表 2

序 号	氧指数法	ISO 可点燃性试验	氢-氧焰点燃法
阻燃聚氨酯泡沫	8	10	5
聚苯乙烯板	1	9	4
玻璃纤维和尼龙增强聚酯板	6	8	6
高密度聚苯乙烯	3	7	3
PMMA 板	2	6	7
层压纤维板	4	5	8
PP 板	7	4	9
PVC 板	9	3	2
PE 板	10	2	10
低密度 PE 板	5	1	1

注：试验是在加拿大国家研究院消防研究室完成的。

关于 GB16-87《建筑设计防火规范》，尽管于 1995 年、1997 年进行过局部修订。但是，随着我国经济建设的迅速发展，该规范中有一些条款已不适当当前的情况，有必要对其进行全面的修订。为此，在公安部和建设部的领导下，于 1998 年成立了《建筑设计防火规范》修订组，并计划于 1999 年底或 2000 年初完成其修订工作。该工作组由国内 10 多个相关单位组成，其中包括消防研究、建筑研究、建筑设计、消防监督等单位。公安部天津消防科学研究所为主编单位。修订组自成立以来，已进行了大量的工作，并得到了国内外的广泛支持。今天在这里召开的《轻质复合板材应用的防火安全》专题论证会，主要是倾听国内外专家对轻质复合板材防火问题的意见、解决复合板材，特别是不具备耐火性能的夹芯复合板的应用，在建筑防火设计方面一直无法可依的问题。这次会议的成功，必将对《建筑设计防火规范》的修订起重要的指导作用。

二、国外有关硬质泡沫塑料燃烧试验的法规、方法

1)为对比起见，将中国目前使用的有关硬质泡沫塑料的燃烧性能的试验方法与其他发达国家的标准列于表 3^③。

从该表中可以看出，现有各国对建筑板材的试验方法，大致可分为燃烧性能试验和耐火性能试验两大类。通常，燃烧性能是指建筑材料燃烧或遇火时说所发生的一切物理、化学变化，而耐火性能是指建筑构件在标准试验条件下被破坏和或失去隔热性能的时间。前者大都是对均质材料复合

组件的试验，后者是对构件的评价。纵观各国用于材料燃烧性能的试验方法标准，不难发现，测试主要集中在评价材料的不燃性、可点燃性、热释放率、火焰传播及发烟性等几个方面。其中，大部分是用来评价材料的某种燃烧性能的，但也有些试验，如火焰传播和实体房间火试验，则可同时对材料的几种火灾特性进行评价。如用于火焰传播试验的（ASTM E84）隧道法，在对材料的火焰传播性能参数进行评价的同时，可以测得其热释放率和发烟性能等。由于它是中型规模的试验，可对均质材料或复合组件进行评价，所得结果更能反映实际情况，因此，在美国和加拿大被要求用于对建材表面燃烧性能进行评价的法规性试验方法。

为进一步对比，表 4 列出我国目前用于硬质泡沫建材的燃烧和耐火试验标准与德国、英国和美国所用标准、测试方法及指标要求。

从表中可以看出，尽管德国、英国和美国对硬质泡沫建材燃烧性能的试验方法不同，但对其耐火性能试验要求基本是一样的（均采用 ISO834）。我国目前用于硬质泡沫建材的燃烧和耐火试验标准基本与德国的标准相同，但对燃烧性能要求更为严格。鉴于北美及欧盟统一体，已经或即将采用中型试验来评价建材燃烧性能的经验，我国应考虑参照他们的做法，建立自己的中型测试方法，以取代现有的小而多的方法。因为美国的防火标准是自成体系，而欧洲则更支持采纳 ISO 的标准。因此，根据我国制修订标准的原则，应优先采用 ISO 标准，而在没有 ISO 标准的情况下先采纳欧洲标准是合适的。

2) 欧盟成员国关于统一欧盟各国建材燃烧性能标准的计划^④。

欧盟成员国早在 1988 年就制订了一个建筑材料指导性文件（CPD89/106/EC）。这是一个涵盖各成员国的建材应用的法律、法规以及管理等方面的指导性文件。燃烧性能是其中的重要一项。根据此文件，各成员国的一个专门委员会正在制订统一的建材燃烧性能评价标准，以便消除各国现存的各自为政和法律、法规不统一的壁障，建立起统一的欧洲建材市场。

为建立统一的建材防火试验标准，各成员国已做了大量的工作，并于 1994 年 9 月制订出了欧洲分级决定（Euroclasses）(94/611/EC)。该决定建立了除铺地材料以外的所有常用建材的分级框架，规定了采用的试验方法（单项燃烧法，Single Burning Item, SBI）以及要采用的参数（热释放率、点燃时间、火焰传播、发烟量以及燃烧时的燃滴/粒），但分级指标还有待确定。表 5 是欧洲的建材燃烧性能分级表。

在专门委员会拟订的文件（CENTC127）中，拟采用以下 6 个建材燃烧试验方法：不燃性试验（所有产品）、热值测定（所有产品）、辐射板试验（只对铺地材料）、室温下片剂试验（只对铺地材料）、可点燃性试验，仅对可能直接与火接触的情况（铺地材料除外）、单项燃烧试验（Single Burning Item, SBI）（铺地材料除外）。

表 3 中国的硬质泡沫塑料燃烧性能标准和试验方法与 ISO 和其他国家对比表

试验项目	ISO 试验*	其他有相应测试方法的国家									
		澳大利亚	中国	丹麦	德国	法国	意大利	日本	北欧	英国	美国
燃烧性能试验											
不燃性试验	1182A* (A*通过)	AS1530pt1	GB5464	DS1056	DIN4102-1	NFP92-501			NTFire001	BS476Pt11	ASTME136
热值	1716A		GB14402			NFM03-005	UNI7557				
建筑材料	5	AS1530pt3		DS1058.1,3	DIN4102-1	NFP92-501	CSERF1/75/A		NTFire002	BS476Pt5,13	
点燃性试验	657A						CSERF2/75/A				
热释放率	5660D* (D*草稿)	AS1530pt3	GB14403	DS1058.2	DIN4012-15&16	NFP92-501		JISA1321		BS476Pt6	
火焰传播	5658D	AS1530pt3	GB8626	DS1058.3	DIN4102-1	NFP92-501	CSERF3/77	JISA1312	NTFire004,06	BS476Pt7&11	ASTME84,381
		AS2122pt1						JISA1321	6&007		4,D3894
表面材料	9705D			Nordtest							
实体房间火试验											
建筑材料	5924D	AS1530pt3	GB8627		DIN4102-15&16			JISA1321	NTFire004&07	BS5111Pt1BS6801	ASTME662
产烟性试验	5659D								07	401	
耐火性试验											
建筑构件	834A	AS1530pt4	GB9978	DS1051	DIN4102-2,3&7	Arrete,10-9-7	UNI7678('72)	JISA1304	NTFire005	BS476Pt3,21-2	ASTME108,11
耐火试验						0,05-2-59(am ended)		JISA1312		4	9
门和卷帘	3008A							JISA1311	NTFire008		

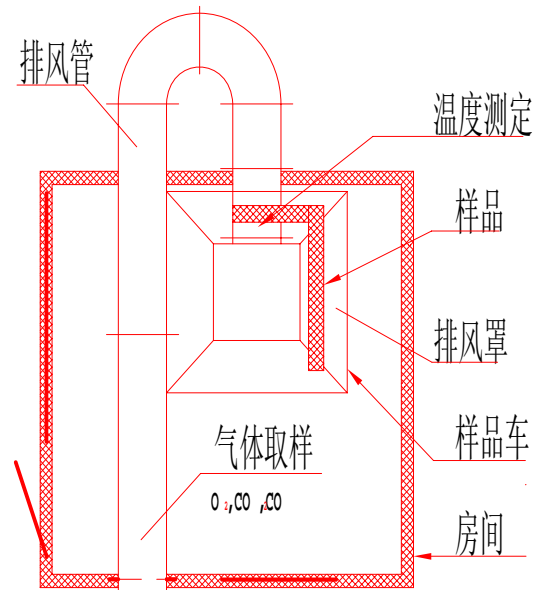
表 4 我国目前用于硬质泡沫建材的燃烧和耐火试验标准
与北美和欧洲几个代表性国家所用标准的比较

中国	德国	英国	美国
<p>燃烧性能</p> <p>A:复合(夹芯)材料:</p> <p>a) 按 GB8625:余长$\geq 350\text{mm}$($>20\text{mm}$ 任一 试件)&烟温峰$\leq 125^\circ\text{C}$</p> <p>b) 按 GB8627:SDR≤ 15</p> <p>c) 按 GB14402:热值$\leq 4.2\text{MJ/kg}$& GB14403:热释放量$\leq 18.8\text{MJ/m}^2$</p> <p>d) 烟气毒性全不致死浓度 LC0$\geq 25\text{mg/L}$</p> <p>B1:a) 符合 GB8626&GB8625 $\leq 200^\circ\text{C}$, $\geq 150\text{mm}$(剩余长度)</p> <p>b) GB8627:SDR≤ 75</p> <p>B2: 符合 8626</p> <p>B3:低于 B1, B2 可燃材料</p>	<p>A2</p> <p>DIN4102-1</p> <p>同左 A(a), 并达到产 烟和毒性 指标。</p> <p>B1</p> <p>同左 B1(a)</p>		<p>ASTME84 隧道法,</p> <p>火焰传播值≤ 75(红橡木 =100, 石棉-水泥板=0)</p> <p>烟密度指数≤ 450</p>
<p>耐火性能试验</p> <p>* GB9978-88 《建筑构件的耐火试验方法》 (ISO834)</p>	<p>DIN4102-2(ISO834)</p>	<p>LPS 1181 《损失防护标准》 规定, 泡沫塑料复合材料按 BS476-22(1987)试验, 耐火 性通过 30min, 整体性通过 20min</p>	<p>美国建筑标准规定, 所有泡沫 隔热材料需用隔热层保护, 其 耐火性能以 ASTME119(ISO834)测试, 耐 火时间$>15\text{min}$</p>

欧盟成员国对以上试验方法, 除 SBI 试验方法外, 已完成对 30 种产品的循环试验, 并计划于 1999 年底之前将其上升为正式标准。

其中, 值得指出的是, 单项燃烧试验(SBI)法是欧盟成员国拟采用的全新的试验方法, 并要求 B,C,D 级材料必须进行该试验。根据该方法的测试内容, 将可能取代现有的 DIN4102。

该方法是采用 ISO 标准墙角火试验方法的原理, 但规模较小的试验。该试验的设施包括一个尺寸为 3.0m(长) \times 3.0m(宽) \times 2.4m(高)的工作间, 一个带框架的样品车(样品最大厚度 200mm), 一个三角形沙子燃烧器、风罩及管、烟气收集器和必要的测试仪器。主要的试验条件为:



SBI-试验设施平面图

L X W X H(M)
3X3X2.4

样品尺寸：长翼，1m×1.5m；短翼，0.495m×1.5m，成直角置于样品车框架内

点火器：三角形沙子燃烧器，丙烷为燃气

监测参数：引燃时间，火焰传播，热释放率，产烟及燃滴/粒

SBI 试验设施见附图。

可以预料，在未来欧洲的统一标准中，欧盟将屏弃传统的小型试验方法，而采用中型规模的试验方法来评价建材的燃烧性能。这种试验方法的结果，同美国和加拿大所采用的隧道法一样，更能反映材料在火灾下的实际情况。

欧洲的建材燃烧性能分级表

表 5

火 情	欧洲分级	产品对火的反应	试验方法
房间燃起的大火，暴露水平：大于 60kw/m ²	A	对火无反应	弹式量热器/炉子试验，为不燃产品
	B	对火的贡献有限	弹式量热器/炉子试验以及 SBI 试验
在房间中的单个物品的燃烧试验，暴露水平：大于 40kw/m ²	C	对火的贡献有限	SBI 试验以及 DIN4102 Part1(Kleinbrenner)试验 (30s)
	D	对火的贡献不大	SBI 试验以及 DIN4102 Part1 试验 (30s)
小火引起物品局部着火	E	对火的贡献不大	DIN4102Part1DIN4102 Part1 试验 (15s)
	F	不进行测定	

三、硬质泡沫塑料的工业应用现状

据统计，用在建筑业中的硬质聚氨酯泡沫的 30%被用于生产夹芯板材，即 PU 板。对于这种板材的防火性能，目前，我国通常是依据 GB9978-88 进行实体板材的耐火试验。根据 GBJ16《建筑设计防火规范》的要求，作为非承重墙和隔墙应用时，要求耐火时间为 0.5h。然而，在实践中，测试过的夹芯板很少能达到这个指标。其主要原因多是因为 PU 系易燃性材料，绝热性能不合格所致。结果，在耐火性能要求稍高的地方，只好用矿棉等不燃性隔热材料的夹芯板。

在过去的十几年中，我国夹芯板材（包括 PU 板，EPS 和矿棉板）在工业上的应用已得到了迅速的发展。例如，在 80 年代中期，他们的应用仅有数千平米，而目前已有 500 万平米的规模。可算得上大跃进了。目前，我国已具备支撑 3000~5000 万平米钢板面材的夹芯板的生产能力^⑥。

另一方面，在过去的 20 多年中，全世界对硬质聚氨酯泡沫在建筑业的应用要求已迅速扩大，到 1996 年已达到 1 百万吨。其中北美占 43%、西欧占 35%、日本占 9%、亚太

地区占 10%[®]。亚太地区占世界人口的约 1/3，但其对这种材料的消耗仅占 10%，显然低于其他发达地区。我国对这种材料的消耗量显然就更低了。很明显，有关的法规是限制其在我国应用的关键。考虑到 PU 板优良的绝热等物理性能和方便的施工性能，以及国内的巨大需求和国外的应用情况，我国有必要趁对 GBJ16-87《建筑设计防火规范》修订之机，制订出与国际上接轨并符合国情的标准，以促进这种化学建材在我国的应用。

最后，我们建议：

一、在国家标准 GB8624-97《建筑材料燃烧性能分级方法》中将 A 级分为 A1 和 A2 两级，在 B 级中增加复合材料的测试方法和指标，另外，建议在该标准中的强制性分级要求指标之一——材料的烟毒性指标作为参考性指标。

二、在国家标准 GBJ16-87《建筑设计防火规范》中对轻质复合板材的应用场所予以明确和放宽，如多层工业厂房和危险性较低的库房、单层且疏散条件良好的大空间建筑中的非承重外墙、屋面等。

参考资料

- 1) 中华人民共和国标准
- 2) XifangHu&FerrersClark,FireandMaterials,Vol12,No.1,March1998
- 3) RigidpolyurethaneFoamBuildingProducts:FireTestsandPerformance,EditedbyRobertGengeand PrintedbyWhiteandFarrellLtd,1989
- 4) F.W.Wittberker,ActualFireTestsandtheirDevelopmentinEuropeandISO,'98 拜尔国际建筑聚氨酯研讨会(北京)
- 5) 于永卓,建筑板材在中国,‘1997 拜尔国际建筑聚氨酯研讨会(北京)
- 6) 莱因哈德,在亚太地区的建筑业中使用刚性聚氨酯,97 年亚洲 UTECT 博览会资料