

国外最新廉价多用途烧结型
住宅配套玻璃制品的配方及其生产工艺

上海市轻工业局科技情报研究所

国外最新廉价多用途烧结型
住宅配套玻璃制品的配方及其生产工艺

嵇兆震 编写

上海市轻工业局科技情报研究所

目 录

前言	1
第一章 综述	3
第二章 分类介绍	13
一、按照产品的发泡类型分类	13
二、按照产品的原料种类分类	14
三、按照产品中填料的种类分类	15
四、按照产品的结构层次分类	16
五、按照产品的成型工艺分类	16
六、按照产品的档次分类	17
七、按照产品的用途分类	17
第三章 非发泡烧结型住宅配套玻璃制品的原料	23
一、主要原料	23
二、填料	36
三、粘结剂	49
第四章 非发泡烧结型住宅配套玻璃制品的生产工艺	50
一、原料工艺	52
二、成型工艺	52
三、烧结工艺	52
第五章 非发泡烧结型住宅配套玻璃制品的配方	75
一、以玻璃粉为单一原料的配方(配方1~10)	75
二、用石英砂为填料的配方(配方11~15)	86
三、用珠光石为填料的配方(配方16~18)	92
四、用氧化铝为填料的配方(配方19~23)	96
五、用铸造废砂为填料的配方(配方24~28)	102

六、用高炉渣粉为填料的配方 (配方 2 9 ~ 3 1)	108
七、用粘土和石英细砂为填料的配方 (配方 3 2 ~ 3 6) ...	113
第六章 轻质泡沫材料及轻质水泥填料	119
一、一般介绍	119
二、原料	122
三、生产工艺	129
附录	137
参考文献	150

前 言

从七十年代开始，世界上不少国家注意发展一种利用玻璃粉末（或在玻璃粉末中加入各种填料后）进行烧结，做成各种形状、各种用途玻璃制品的工艺。这类产品之所以对广大科技人员和企业家能产生巨大的吸引力，不仅仅由于它成本低、耗能少、品种多、用途广、工艺简单；而且还因为利用烧结工艺，可以生产一些用熔融法很难实现的异型产品和外观华丽或晶莹剔透的人造宝石、首饰品和装饰品。因为工艺和产品的生命力往往来源于它本身所具有的优越性，故使这种工艺在八十年代仍然方兴未艾，它的产品在努力达到质优价廉的过程中，正向更多的产品门类和用途中延伸、扩展。

近年来，我国亦已有少数科研机构开始重视这类产品的开发和研制，但在质量、品种和用途等方面还只是较初步的。为了促进这类新材料在我国的开发利用并使产品系列化、以满足我国广大城市和乡村的需要，我们收集了大量文献（以最近十年为主）并加上一些设想，较系统地编写成这本资料。资料本身以介绍具体配方和工艺等实用性内容为基本指导思想，以期各类产品根据工艺的难易程度，能适应各类研究所、工厂和广大乡镇企业等不同层次的需要。

本资料共分六章。其中第一、二章介绍关于烧结法玻璃制品的概况、历史、优点和分类，第三、四、五章分别叙述非发泡型制品的原料、工艺和配方，第六章为发泡型轻质建筑砌体及轻质水泥填料。

在本套资料中，将以住宅配套制品为核心，向大家推荐这类烧结型材料。

烧结法玻璃人造宝石另立专题，这里不作介绍。

该课题是我所取得的一项情报研究成果。由于情报研究本身的特点，文献收集在各个环节上的不平衡和作者本身无法实施材料的具体

研究工作，因此本资料难免会产生一些缺点和不足之处，欢迎订户提出宝贵意见。

在本资料的编写过程中曾得到所领导和科技情报研究室领导同志的热情支持和指导，林钦荣同志承担了资料的发行工作，特此致谢。

热忱地希望我们的资料能使广大订户在产品开发、配方设计和工艺实施中，得到有益的启迪和帮助。

编 者

一九八七年八月

第一章 综 述

在开始叙述正文之前，先让我们扼要地介绍一下本套资料标题的含义。了解标题的含意后，可对本资料所叙述的内容有一个轮廓性的印象。

烧结工艺是一种十分古老的工艺，陶瓷就是用烧结工艺生产的。烧结工艺的特点是先把不同类型的原料（或者是几种原料的混合物）用各种成型方法制成坯体以后，在窑中经高温烧制而成。在过去的漫长岁月里，人们虽然知道玻璃粉末也可利用烧结法制成一定形状的制品，但作为产品出现在市场上却并不多见。

在最近十多年的时间里，尤其是在原料缺乏、能源提价、工业废渣大量污染环境的情况下，一些国家的工程技术人员又开始对烧结型玻璃制品发生兴趣。他们已经继续在对这类材料和工艺进行着广泛的研究的基础上，生产出了大量的产品。

所谓“国外最新廉价多用途烧结型住宅配套玻璃制品”，乃是我们根据国外报道的此类材料的主要用途和特点所冠以的名称。

首先，研制这类材料的国家，就数量和分布范围而言是较广的。例如苏联、美国、日本、东德、西德、波兰、瑞士、法国、保加利亚等国在此类材料的研制方面曾经投入了大量的工作。尤其是苏联、日本、美国等国家都在较多文献资料中具体地报道了这类产品。因此无疑地，这种玻璃烧结材料已经广泛地引起各主要发达工业国家的重视和注意。

烧结型玻璃制品的成本较为低廉。成本低廉的主要原因有二个：

1. 所用的原料价格低廉。

玻璃粉末是这种产品的主要原料。玻璃粉有二种来源，一种是专门熔得具有一定组成的玻璃，然后将玻璃熔体快速冷却并粉碎；另一种是收集各种类型的废玻璃，进行一系列的处理后经清洗和粉碎而得。

前面一种玻璃粉末价格较贵、适用于某些特殊的用途，后者由于来源广泛、成本低廉，适于制造用途广泛、数量较大的产品，而这种产品的价格当然是十分便宜的。

烧结型玻璃制品的另一种主要原料是填料。填料有两大类，一类是天然矿物填料（如石英砂、氧化铝粉等），另一类是工业废渣填料（如高炉渣、粉煤灰、铸造废砂等）。不言而喻，工业废渣填料的成本不仅要比天然矿物填料低得多，而且采用这类填料还有利于环境保护。

当然，应当尽可能在产品的原料选用上采取废玻璃粉与工业废渣填料相互组合的方案。因为只有这样才能使产品的原料成本降低到最低限度。

2. 能源消耗少。

烧结型玻璃制品坯体只需加热到略高于玻璃本身的软化温度即可烧成（具体烧成温度视废玻璃种类、填料种类和配方、制品厚度而异），一般烧成温度约为 $900\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 左右。

生产熔融法玻璃制品时，玻璃熔体的熔炼温度一般为 $1450\sim 1500^{\circ}\text{C}$ ，约相应提高 500°C 左右。一般的陶瓷制品烧成温度为 1200°C 左右，也要比烧结型玻璃制品高 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ 。

其次是，烧结型玻璃制品利用隧道窑连续生产，而且烧成周期比较短（一般为 $3\sim 5$ 小时），这种生产周期大大低于熔融法或陶瓷制品的烧成周期。

在燃料种类的选择上，可以采用重油、天然气、煤气等气体和液体燃料，也可用煤作为燃料。当然，在电力充足的地区，电是最为理想的能源。

由于以上种种原因，使烧结型玻璃制品在生产中可节约大量的能源。

烧结型玻璃制品的用途是多种多样的。从分类角度而言，这类材料可分为发泡型和非发泡型两大类，非发泡型材料又分为人造宝石和

住宅配套玻璃制品二类。如果按用途分类，可将产品分为十多个系列或门类，这些产品可供建筑业、工业、文教和民用等多方面使用。在使用的比重和广度上说，以住宅配套和建筑材料为主。这方面的具体内容将在第二章中具体叙述。

在用烧结法生产的住宅配套玻璃制品中，非发泡型制品基本以建筑装饰材料为主。所以，我们应先将几种市售建筑装饰材料作一对比。

首先，作为建筑装饰材料在性能上必须符合下列基本要求：

- ①表面光滑、富有光泽（既美观、不沾灰尘，又便于清洗）；
- ②有一定的耐磨性（其中铺地马赛克、人造大理石和彩色地砖等材料必须有较大的耐磨性，其他墙面装饰及制品可稍次）；
- ③具有一定的强度（尤其是铺地材料和其他配套设备，必须有较高和足够的强度）；
- ④较高的艺术性和装饰性（如各种彩色及花纹等）；
- ⑤有一定的化学稳定性（建筑物外墙装饰和盥洗设备用材料必须有较高的化学稳定性）；
- ⑥不老化、不变色；
- ⑦足够的耐寒性（尤其是外墙装饰材料和室外地砖、装饰件在冬季无表面开裂现象）；
- ⑧出于消防的要求，不会燃烧；
- ⑨原料来源丰富、价格低廉。

现有的建筑饰面材料大致可分为有机材料和无机材料两大类。

市售最多的有机建筑饰面材料是有机人造大理石，由有机聚合物加无机填料（如石灰石、白云石粉末）和着色剂后制成。它的主要优点是工艺简单、能耗低，但是有机材料在性能上是不够理想的：

- ①硬度低、容易产生划痕，影响装饰效果；
- ②容易老化变色、发脆；

③外观质量如仿天然大理石的效果尚不够理想；

④不耐温。

由于有机建筑饰面材料的上述弱点，直接影响到这类材料能否进入高级饰面材料行列的可能性、影响到它的使用范围。另外，有机建筑装饰材料的价格也不便宜。

在无机建筑饰面材料中，主要有陶瓷釉面砖、瓷砖和玻璃饰面砖两大类。

陶瓷釉面砖和瓷砖虽然可以克服有机材料的上述缺点，但是它的不足之处是：

①工艺复杂、工艺流程较长；

②产品容易变形、废品率相对较高；

③产品的品种较为单调，装饰效果也较一般；

然而，玻璃饰面砖几乎克服了上述二种材料的所有缺点，在性能上是比较理想的。

玻璃饰面砖又可分为高温熔炼型和烧结型二种。特别值得提到的是，目前国外已经广泛利用各种工业废渣资源生产玻璃饰面材料，使它的成本大幅度降低、用途大为开拓。这样，玻璃饰面材料便跃然成为最有前途的建筑饰面材料。

高温熔炼型的玻璃饰面砖虽然具有上述许多优点，但它也有一些缺点存在着；它们是：

①能耗高；

②固体掺和剂容易外露、影响外观质量（如掺和石英砂等固体原料的玻璃熔体在成型为制品时，部分砂粒容易出现在饰面材料的表面）；

③难于生产玻璃人造大理石（用熔炼法生产人造大理石必须用微晶玻璃，而微晶玻璃的生产工艺复杂、不易稳定，成本也较高）。

低温烧结型玻璃饰面材料和其他制品可以克服高温熔炼型玻璃饰面材料的这些缺点，成为一种众所瞩目的新材料。它所具有的许多优点将在下面各章节中叙述，这里不再赘述。

过去，我国一些企业比较注意于引进国外生产高温熔炼型玻璃饰面材料的生产流水线，同时在配方改进方面也注意不多。我们编写本册资料的目的，在于向国内同行介绍国外的动向并请大家注意到这类新材料的存在和它所具有的生命力。再说，由于生产低温烧结型玻璃制品的工艺和设备简单、原料又易于取得，故对于广大资金少、技术力量薄弱的乡镇企业来说，也是十分相宜的。

根据烧结型玻璃制品的特点和性能，可以预计它在我国所具有的市场将是十分广阔的。首先，建筑业在我国已经成为一个新兴的产业，这就需要大量质优价廉的装饰材料和配套玻璃制品。

1. 各类居民住宅楼的崛起。

当前，我国许多城市（尤其是大、中型城市）都加快了城市建设的步伐。为了改善广大居民和职工的居住条件，兴建了大面积的住宅楼。随着建筑质量的提高，住宅楼已逐步普遍地采用各种饰面材料（外观粗糙、易被雨水冲失、日晒变色的外墙涂料已较少采用）。

2. 大型高级建筑物的兴建。

由于对外开放的需要，各大城市都在大量建造宾馆、饭店、酒楼、商场、贸易中心、现代化办公大楼、展览厅、剧院、舞池、酒吧等各种建筑物。建设这些具有第一流水平的建筑，需要大量具有相应质量的配套材料。

3. 农民住宅的普及化。

近年来，随着经济的发展，我国广大农村的面貌发生了深刻的变化，农民的生活得到了普遍提高。特别是在一些江苏、浙江、广东、广西、四川等经济发达的省，涌现了大量富裕的农民。因此，近年来兴建农民住宅的数量确是非常惊人的。这些民宅已经完全跳出过去农舍的格调，要求美观、实用、宽敞、卫生。初步的调查表明，农民住宅已很重视内、外墙面的装饰和设备的配套。这是一个容量极大的市场。

4. 轻质建筑材料的使用。

我国目前兴建的宾馆、高楼和住宅，在大楼内部的间隔墙体均采用普通砖体砌筑。这种普通砖墙的缺点是自重大、不隔热、不隔音；对于高级宾馆和高层建筑来说更显得不相适应。

据国外文献报道，国外高级建筑物的内部间隔墙体已普遍采用泡沫玻璃砖砌筑。这种砖的比重仅为普通砖的5~10%，大大减轻了建筑物的自重。尤其是对于建造超高层的建筑物来说，这种轻质墙体材料是必不可少的。此外，泡沫玻璃砖墙体具有优良的隔热、隔音性能，完全适应现代建筑的需要。

同时，国外还流行一种用颗粒状泡沫玻璃作为填料的轻质水泥。使用这种水泥后不仅可以进一步减轻建筑物的自重，而且水泥层还具有优良的隔热作用。

如果想象我国建设的高级建筑物和高层建筑中，以后逐步地推广使用轻质泡沫材料，那么它的需求量必将是很大的。

5. 用烧结工艺制人造宝石。

采用烧结工艺可制成一系列人造宝石（如人造玛瑙、人造翡翠等）。这些人造宝石经过精细加工后可做成各种宝石首饰、挂件、嵌件和贵重装饰品，也可制成一些外观华丽的仿宝石制品。

非发泡型烧结法玻璃制品名目繁多。随着工艺和配方的不断改进，制品的品种和性能正在不断的增加和提高。

通过工艺和配方种类的介绍，我们可以粗略地看到这类产品的发展过程。

1. 只用单一玻璃原料生产的制品。

烧结型玻璃制品中最原始的产品，是只用单一玻璃作为原料生产的，大致可分为下面几种：

①用一种玻璃为原料的制品。

用一种玻璃作为原料生产制品，来源于合理利用玻璃废料的设想。

例如，波兰曾经报道利用玻璃废料生产装饰玻璃制品的方法。

先将从市场上回收的或在生产过程中收集的玻璃废料经除铁和清理后，粉碎成 $0.8\sim 20\mu$ 大小的颗粒。将经粉碎后所得的玻璃碎料填入由耐热材料（耐火材料或耐热金属）制成的模具中，玻璃颗粒层的厚度为 $6\sim 20\mu$ 。为了防止制品与模具之间的粘结，在填料之前须先在模具内壁表面涂上一层惰性材料的悬浮液（如高岭土悬浮液）。

填入玻璃颗粒后，连模具一起加热到 $480\sim 900^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行热处理烧结。

制品的热处理过程可以在马弗电炉或者隧道式窑中进行，获得的制品需要进行退火。

②用二种玻璃制成二层结构的玻璃制品。

把二种不同颜色的玻璃颗粒填入模中烧结。底层为一般玻璃，上层通常是颜色玻璃以获取美观的表面。

但是，必须注意的是，二种玻璃的热膨胀系数必须相互匹配。

③用二种玻璃制成混合型制品。

把二种具有特定组成和颜色的玻璃粉按一定比例和一定方式混合，经烧结制成具有混合色的制品。

在原料的选用上，也可采用二种以上的玻璃。

④局部晶化的玻璃。

用单一玻璃制成的烧结型制品往往具有较高的透明度，这对于作为建筑饰面材料来说显然不太理想。克服这种缺陷的方法是，使玻璃颗粒在烧结过程中局部地晶化失透。

在没有颜色玻璃的情况下，可以采用透明玻璃粉末与 Cr_2O_3 、 Co_2O_3 、 NiO 混合或用 CuCl_2 、 KMnO_4 、 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 等着色化合物溶液润湿后作为原料进行烧结。

2. 用玻璃粉末为主要原料，加入适量固体填料。

由于用单一玻璃制成的产品透明度较高、作为饰面材料时，对基面的遮盖能力较差。若采用局部微晶化的方案，还需选用具有一定晶

化能力的玻璃。

作为建筑饰面材料，为了提高对基面的掩盖能力，可在玻璃粉中加入适当量的固体填料。

通常用的填料有下列二种：

①玻璃粉末加石英砂

为了降低材料的透明度、增加对墙面的遮盖作用，可在玻璃粉末中加入适量的石英砂。

石英砂的选用不宜用过粗的，引入量约不超过总量的 50 % 为宜（个别情况也有达 60 %、甚至 70 % 的）。

②玻璃粉末加氧化铝粉

由于石英砂在制品烧结过程中会发生多次晶相转变，在此同时伴随相应的体积改变。因此，往往可能在砂粒附近形成局部应力集中、使制品开裂。

为了避免这种缺点，可在玻璃粉中加入氧化铝粉末作填料。

氧化铝以细粉状引入，引入量一般为占总量的 7 ~ 25 %。

在 620 ~ 930 °C 的烧结温度限中，氧化铝仍处于惰性的状态，在这个温度区间中无晶相转变，因而它不会对烧结过程产生不良影响。

此外，氧化铝的热膨胀系数比砂更接近于玻璃颗粒：

原料种类	热膨胀系数
氧化铝 (Al_2O_3)	$86 \times 10^{-7} / ^\circ C$;
玻 璃	$(90 \sim 100) \times 10^{-7} / ^\circ C$;
二氧化硅 (石英砂、 SiO_2)	$140 \times 10^{-7} / ^\circ C$ 。

因此，在所获得的烧结材料中只存在局部的微小应力而将整体材料的应力降低为最低限度。这有利于提高材料本身的机械强度。

用氧化铝作为填料的另一优点是可大幅度地提高材料的强度。

例如，当混合料的 Al_2O_3 含量为 25 % 时，比相应 SiO_2 含量的材料强度提高 1 ~ 2 倍：

填料名称	SiO_2	Al_2O_3
------	---------	-----------

在混合料中含量	25 %	25 %
材料的抗压强度 (兆帕)	26·2	76·7
材料的抗折强度 (兆帕)	9·8	14·9

3. 采用模压工艺

采用模具烧结工艺有很多缺点：

①材料的致密度较低。

把原料粉末填在模具中烧结，由玻璃粉自行熔合为一体。由于这种材料中包含着大量原料颗粒间的空气，故致密度较低。

②工艺复杂化。

用模具烧结法，需要增加许多模具处理、修理、涂料、脱模等工序，增加了不少工作量。

③增加产品成本、影响产品的产量。

很自然地，模具的使用将会增加产品成本、影响产量。

为了克服模具烧结工艺的这些弊病，开始出现了模压工艺。

模压工艺是，在原料中加入一定量粘结剂（一般采用工业淀粉或水玻璃），混合均匀后装入模具中在一定的压力下压成坯体，直接装入隧道窑烧结。

4. 双层结构的制品。

以上介绍的几种制品都是用一种混合料制成的单层结构材料。

但是，单层结构的制品，最大缺点是外观较差：

①用单一玻璃粉制成的产品，其原料为回收的玻璃废料；

②玻璃粉加填料的制品，由于填料颗粒必定会有少量外露在表面，直接影响外观效果。

采用双层结构的考虑，可以完全克服这种缺点。

所谓双层结构的制品，即在模中填入基础层混合料后，再加上一层由特定的颜色玻璃粉末形成的装饰层（颜色玻璃粉中亦需混入适量粘结剂）后一次压制成坯体，然后进行烧结。

5. 利用工业废渣作为填料。

上面介绍的填料如石英砂、氧化铝等均为天然矿物填料（亦可用锆英石粉或其他天然矿物为填料）。为了进一步降低产品的成本，人们开始采用各种工业废渣作为填料。

常用的工业废渣填料为：

- ①高炉渣；
- ②其他黑色冶金或有色冶金矿渣；
- ③粉煤灰；
- ④采矿尾砂（选矿过程中形成的粒度细、品位低的废砂）；
- ⑤煅烧石英（铸造工业废弃的造型砂）。

利用工业废渣作为烧结型玻璃制品的填料，除了增加经济收益外，还可有利于生态环境的保护、从而造福于人类。

6. 采用挤压成型工艺。

为了进一步提高产品质量和提高生产效率，并使生产过程实现机械化，出现了挤压成型工艺。

在原料混合物中加入一定量的粘土或陶土，使混合料在适当的湿度下具有可塑性。由于原料足够的可塑性，可以采用挤出机械直接制成坯体。这样，可使生产效率大大提高。

粘土在整个混合料中的含量，约为15~30%。

在混合料中加入粘土等可塑性物质后，还可使烧结后制品的强度大幅度地提高。举例如下：

	不加粘土的配方	加入粘土后	提高倍数
抗压强度(兆帕)	26·2	147~150	5
抗折强度(兆帕)	9·8	28~31	2

从上面所列数据看，加入粘土后，可使制品抗压强度提高达5倍。

上面简单地叙述了烧结型玻璃制品的工艺和配方的发展概况。当然，在实际使用的填料中，可同时选用二种或二种以上的方案。在层次结构方面，也有叁层结构的（叁层中的底层和中间层组成材料的基础层，表面层为制品的装饰层）。这些内容将在下面有关章节中详述。

第二章 分类介绍

烧结型玻璃制品的种类很多、用途甚广，很难从某一角度把这些产品一一介绍清楚。

为了进一步了解这类产品，我们根据收集到的文献资料，将它们按各种不同的角度进行分类。

在本章中我们将重点介绍具体的产品及其用途。关于其他几种分类方案，凡是在第一章中已经提到过的内容，这里只简单地提一下，不作详细描写。

现将我们的分类情况分述于下。

一、按照产品的发泡类型分类

按照产品的发泡类型进行分类，烧结型玻璃制品可以分为以下两大类：

1. 非发泡型制品。

所谓非发泡型制品，就是用玻璃粉、填料粉、着色剂粉末组成的混合料作为原料并把它加热到略高于玻璃软化温度的温度下（一般为 $900\sim 1000^{\circ}\text{C}$ ），由于玻璃粉末熔化而使原料混合物烧结成为一体的产品。

这类制品的密度与普通玻璃制品相近。在烧结过程中，无新生的气泡产生。

2. 发泡型产品。

发泡型产品以玻璃细粉和发泡剂粉末的混合物为主要原料（也可加入一定量的着色剂），当把原料的混合物加热到略高于玻璃软化的温度时，发泡剂便开始分解并放出大量气体，形成一种包含无数微小气孔的泡沫材料。

在发泡过程中，材料的体积可膨胀高达10倍以上，得到的泡沫材料的比重仅不到或相当于普通玻璃的 $1/10$ （通常泡沫材料的比重