

# 陶瓷和耐火材料工艺学

第一册

建筑用粗陶瓷工艺学

〔苏联〕П·П·布德尼柯夫 主编

王景圣 译

中国工业出版社

215  
154.1  
1-

# 陶瓷和耐火材料工艺学

第一册

## 建筑用粗陶瓷工艺学

〔苏联〕П·П·布德尼柯夫 主编

王景全译

中国工业出版社

# 目 录

第一章 建筑陶瓷制品的分类	1
第二章 砌墙材料、屋面材料和立面材料	3
制品的种类	3
制品的性能	10
原料	13
制品的生产方法	27
立面陶瓷制品的生产特点	66
瓦的生产特点	70
第三章 陶粒	72
第四章 炉用面砖（瓷砖）和馬尧利卡制品	76
炉用面砖	76
馬尧利卡制品	82
第五章 炻质陶瓷制品	84
熔烧砖	86
鋪池用陶瓷板	88
污水管	102
耐酸陶瓷制品	116

---

## 第一章 建筑陶瓷制品的分类

用来建造房屋、道路、排水管网和其他工程构筑物，以及用来装备盥洗室和装修房屋内外墙面的陶瓷材料，都属于建筑陶瓷制品。这些制品的品种很多，而且用途、性能、制造方法和原料种类都不同，对它们进行严格而统一的分类是困难的。然而，建筑陶瓷制品，还是可以根据其各种不同的特征进行分类的。

根据使用范围和用途，建筑陶瓷制品可分为：

- 1) 砌墙材料——空心砌块、砖；
- 2) 屋面材料——瓦；
- 3) 立面饰面制品——复面砌块和复面砖、板材、建筑艺术制品；
- 4) 内用饰面制品——施釉的细陶板、铺地用陶瓷板、瓷砖；
- 5) 卫生工程制品——浴盆、洗滌盆、盥洗盆等；
- 6) 特殊用途材料——下水管、排水管、缸砖等。

根据材料的焙烧程度和建筑陶瓷制品的密度，建筑陶瓷制品大致可分为：

- 1) 多孔陶瓷制品——砌墙材料、屋面材料、立面材料、饰面陶瓷板和瓷砖等；
- 2) 烧结性炆质陶瓷制品——铺地用陶瓷板、缸砖、下水管和卫生工程用半瓷制品等。

至于制品材料的结构，可能是微粒状的，或是料粒状的，采用那一种材料，要以原料的加工方法、制品的种类和用途来决定。由粒状坯料制成的制品和具有粗粒状结构的制品，都属于特种建筑用粗陶（如砌墙材料、瓦）；而具有微粒结构的制品，则属于细陶类（施釉的细陶板、卫生工程制品等）。为了赋予观赏

性和防止外部介质的侵蚀作用，在不少制品上施釉。因此，建筑陶瓷制品又分为施釉的和无釉的。

制造建筑陶瓷制品的主要原料有：易熔粘土、难熔粘土和高岭土。产品的性能决定于原料的质量及其处理方法。

制造建筑陶瓷制品的主要工序如下：原料的准备和配制、坯料的成型、干燥和烧成。制品的成型，按材料的制备特点不同，主要有三种方法：

可塑成型法——无论用机械或手工，均容易地将可塑性粘土坯料制成坯体；

半干压法——用模压法将粉末状坯料压成坯体；

注浆法——往石膏模内浇注粘土水悬浮液（泥浆）。

---

## 第二章 砌墙材料、屋面材料 和立面材料<sup>●</sup>

从生产规模和建筑中的用途来看，砌墙、屋面和立面陶瓷材料都是建筑粗陶瓷中主要的多孔制品。

### 制品的种类

砌墙材料是砌筑房屋和构筑物的墙壁用的。这类制品包括：普通（实心）粘土砖、空心砖（包括标准高度为65毫米的孔洞砖和多孔隙孔洞砖）、倍半砖（103毫米）、空心砌块、成倍砖（砌砖时砂浆缝之宽应为8~10毫米）。成倍砖是砖和砌块的砌合体，砌墙时同时使用。

表1列上几种砌墙材料及其性能。在铺砌楼板和砌筑隔墙、过梁、通风道、烟道、围墙，以及安装电线的特种空心砌块的制造和使用方面，积累了一些经验。

用小块砖或小砌块砌墙，砌砖工所耗用的手工劳动量大，而且施工时间也长。在建筑工程中，用高功率的起重机来安装楼房时，使用象振动砖壁板和砌墙用块材（在个别情况下使用）之类的整块大型构件是很有利的。

振动砖壁板是安装砖砌建筑物用的整片构件。其高等于层高，其长等于结构布置的建筑物柱网的问题（或等于间距的一部分）。

生产壁板，是为了安装内外壁、间壁和特殊部分（如勒脚）。这种壁板有单层的（有一块砖的1/4或1/2厚，有的有一块砖厚）和多层的（2~

---

● 在编写本章时，采用了本书第二版中B.M.格列西克（Грессик）写的有关章节的一些资料。

3层)两种。厚27厘米的壁板是安装内墙用的,而带有一层保温层的多层壁板(用泡沫玻璃、多孔混凝土或矿物棉制成)是安装外墙用的。

壁板的正面可能敷上一层水泥砂浆,或是铺上一层饰面砖或陶瓷板。壁板主要是以流水作业法制造的。其制造流程如下(如有窗洞的三层壁板):准备模板、将窗框嵌入模板中、安装金属焊接骨架、敷砂浆、铺一层砖、再敷砂浆和振动、铺设保温层、敷砂浆、铺砖、再敷砂浆和振动;铺一层砂浆。此后,为了使砂浆早些凝结起见,应该用热法处理壁板,拆除模板,存入仓库,以提高强度。壁板在制砖厂进行生产。

砖砌块是安装砖砌房屋和构筑物用的装配式并合构件。根据用途不同,砖砌块分为内墙用板、外墙用板、勒脚和地下室墙用板等。

砌块是由砖和陶块并合而成的。在进行振动时,将砖和陶块固接在一起,然后将砌块放在通风处,或是装入专门的室内,以使砂浆凝结。

有时,在砌块的正面抹灰,或是铺一层面砖或饰面陶瓷板。这些工作都是在制造砌块的地方进行的。

砖砌块无论在制砖厂或是在施工工地,都可以制造。

空心制品有带贯穿孔的和不带贯穿孔的(五面砖)。通常,贯穿孔呈圆形(直径不超过15~16毫米)或缝状(缝宽不超过12毫米),以避免在砌筑时砂浆塞住孔洞,并保证制品拥有保持墙壁温度所需要的性能。五面朝上码放的五面砖(用半干压法成型),其孔洞可以尽可能大些。圆形孔洞数量不等,有13至105个。并排的缝状孔洞,通常有7、9、18个。

孔洞容积占制品体积(孔隙度)的9~30%,在个别情况下达到70%。通常,大都制造竖孔的制品,而很少制造水平孔的制品。往坯料中掺入在焙烧时能烧尽的添加物,即可获得多孔隙孔洞制品。制造孔隙度大的制品时,使用可燃物同样是很有效的。制造这类制品,不但能节约原料和燃料,而且也不需要很长的干燥时间和烧成时间。容重1,450公斤/立方米的砌墙制品,尚可称为“有效的砌墙材料”。这类制品不仅有利于生产,而且因其自重轻和保温性能优良,在建筑上可缩小墙壁的厚度,节约砌墙材料及运输费用,并可减轻结构重量等。

**屋面材料** 铺设单层和多层建筑物的屋面用的粘土瓦,是一

表 1  
砌 墙 材 料 的 規 格

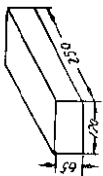
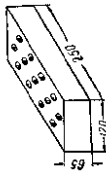
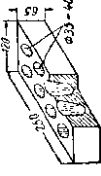
制 品 的 名 称	制 品 的 外 形 (图 例)	5 个 試 样 的 平 均 强 度 极 限 (孔 洞 面 存 在 内) (公 斤 / 平 方 厘 米)		吸 水 率 (%)	容 重 (公 斤 / 立 方 米)	孔 隙 度 (%)
		抗 压	抗 弯			
普 通 粘 土 磚 (用 塑 法 成 型 的 和 半 干 压 法 成 型 的, 固 定 全 苏 标 准 530-51) (250 × 120 × 65 毫 米)		不 小 于 75 ~ 150	用 塑 法 成 型 的 不 小 于 18 ~ 28, 用 半 干 压 法 成 型 的 则 不 小 于 14 ~ 20	不 低 于 8	1700 ~ 1800	实 心 磚
用 塑 法 成 型 的 粘 土 空 心 磚 (空 心 数 和 多 孔 数 孔 洞 磚, 固 定 全 苏 标 准 6316-55) [孔 洞 磚 250 × 120 × 65 (103) 毫 米]		不 小 于 75 ~ 150	不 小 于 14 ~ 20	不 低 于 6	A 級 达 1300 B 級 达 1300 ~ 1450	9 ~ 21 (根 据 孔 洞 的 洞 数 和 尺 寸) 105 孔 洞 磚 达 30
用 半 干 压 法 成 型 的 粘 土 空 心 磚 (固 定 全 苏 标 准 6240-59) [五 面 磚 250 × 120 × 65 (103) 毫 米]		不 小 于 75 ~ 150	不 小 于 14 ~ 20	不 低 于 8	不 小 于 1500	一 般 不 超 过 14 ~ 19; 孔 洞 大 者 达 28



表 1 (續)

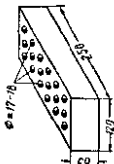
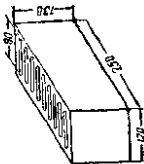
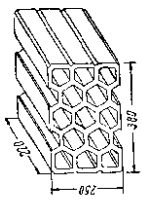
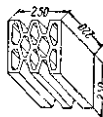
制 品 的 名 称	制品的外形(图例)	5个试样的平均强度 极限(孔洞面在内) (公斤/平方厘米)		吸水率 (%)	容 重 (公斤/ 立方米)	孔 隙 度 (%)
		抗 压	抗 弯			
用半干压法成型的粘土空心砖(固定全苏标准 6248-50)〔孔洞砖(250×120×65(103)毫米)〕		不 小 于 75~150●	不 小 于 14~20	不 低 于 8	不 超 过 1500●	一 般 不 超 过 14~19
用塑压法制成型的砌墙用陶瓷空心砌块(固定全苏标准 6328-55)(空缝砖 250×120×138毫米)		不 小 于 75~150●	—	不 低 于 6	不 超 过 1400	25~30 或 30 以上

表 1 (續)

制 品 的 名 称	制 品 的 外 形 (图 例)	5 个 試 樣 的 不 均 强 度 极 限 (孔 洞 面 在 內) (公 斤 / 平 方 厘 米)		吸 水 率 (%)	容 重 (公 斤 / 立 方 米)	孔 隙 度 (%)
		抗 压	抗 弯			
大 型 砌 牆 用 陶 瓷 砌 块 (蜂 窩 型) ①		35~75	—	—	600	70
壁 板 用 砌 块 (主 要 的) ②		75	—	—	750	56

① 在特殊情况下,可用塑法成型50号砖和砌块。

② 容重超过上述标准的砖,被视为普通粘土实心砖。

③ 大面的贯穿孔的直径不应超过15毫米。

④ 最近,研制了一种空隙度大的、有效的砌墙用砌块,其中包括制造壁板和其他板材用砌块。

种持久的屋面材料。在苏联，瓦的类型很多（见图1），其中主要有：

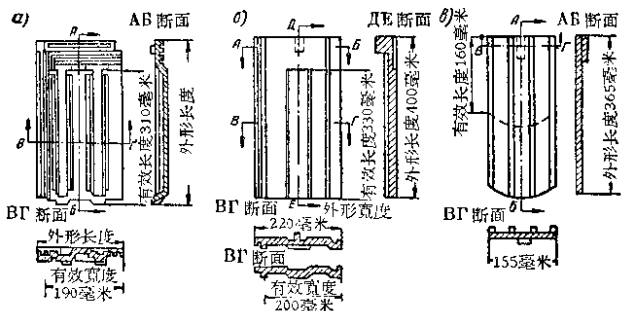


图 1 瓦的种类

a—压型槽瓦；b—一条状槽瓦；c—一条状平瓦

1) 压型槽瓦。将泥料用模型压制而得。它的周围有搭接沟与棱角，在铺瓦时复盖力很大。

2) 条状槽瓦和条状平瓦。用带式压型机压成。槽瓦两侧有坚固的搭接沟和棱角，而平瓦不够密实，复盖力小，在1平方米屋面上的重量亦显得较大。

3) 脊瓦。用模型压制而得。用于复盖屋脊和屋顶伸出的脊部。

**立面陶瓷制品**是装饰砖砌房屋和建筑物的立面用的。这类制品包括：

立面陶瓷砖和立面陶瓷砌块（普通砌块和异型砌块，固定全苏标准7484-55）。在砌墙时，这种制品和普通砖砌合在一起。它们应该有两个平滑的、凸起的或经过装饰的正面。一般面砖和饰面砌块的形状、尺寸、孔洞特征、强度指标，都同砌墙用的砖和砌块相似（见表1）。

立面陶瓷板（固定全苏标准 6664-59）。这种制品是装饰墙面、墙角、门窗洞口上面的过梁用的。

根据同砖砌体不同的固接方式，立面陶瓷板分为镶嵌式和插入式两种。镶嵌式陶瓷板不和砖垛砌合，而是在墙壁筑成和沉降后以水泥砂浆贴在壁面上的。插入式陶瓷板<sup>①</sup>是在砌墙过程中安装的，其尾部要砌入墙砌体里。

陶瓷板，特别是插入式陶瓷板的正面尺寸，通常与墙砖（砌块）的尺寸相同，即为 $120 \times 65$ 毫米（砖顶面的尺寸），有时长达500毫米，高相当于厚1、2、3或4层的砖砌体（估计每层砌体厚65、140、215和290毫米）之高。几种类型的立面陶瓷板示于图2。

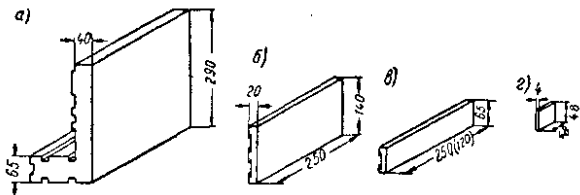


图2 立面陶瓷板

a—插入式陶瓷板；b与c—小型镶嵌式陶瓷板；d—地毯式陶瓷板

最近，采用正面尺寸小的陶瓷板（如 $48 \times 48$ 毫米的地毯式薄壁陶瓷板）。这种陶瓷板在出产时就象“地毯”——贴有许多小板片的纸板（如同地面砖的生产）一样，用来装饰房屋的外部。这种立面陶瓷制品在安装装配式住宅建筑时，用来装饰墙壁用板材和大型块材，外观非常美丽。

以手工砌墙时，若用插入式陶瓷板装饰墙面，则使建筑操作

① 由于插入式立面陶瓷板结构有缺陷、制造上不经济，而且不能在施工工业化的情况下采用，故不允许大批生产。

复杂化，而且使施工费用增多。此外，制造正面1平方米的插入式陶瓷板所耗用的原料、燃料和劳动力，也比制造小型薄壁板和地毯式陶瓷板所耗用的多。

房屋沉降后，用镶嵌式陶瓷板装饰壁面是非常繁重的，而且需要很多劳动力和材料。用手工砌墙时，使用饰面制品——砖和砌块是很合理的，因为使用这些制品，就毋须另外装饰壁面。

**建筑艺术饰件。**它是用于房屋和建筑物的檐、腰线、嵌板和其他部分。

立面制品的表面可能是平坦的（或槽型的）、经过装饰的、光滑的、带浮雕的、无涂层（即呈原料的本色）的或带涂层（如釉层）的。

苏联的大部分饰面制品都不带涂层，而且也不呈浅色。

## 制品的性能

受到大气变化（温度和湿度）的影响和经常有很大负荷的、构成房屋和构筑物外围结构的砌墙用、立面用和屋面用陶瓷材料，在强度、耐久性、吸水率、重量、隔热性能和外观方面都有一定的要求。

**强度** 砌体中的制品承受上层结构极大的挤压负荷和弯曲负荷。因此，有必要测定制品的抗压和抗弯强度极限（公斤/平方厘米）。空心制品强度极限的测定，应包括承受负荷的整个面，而不包括孔洞（总和）。

根据抗压强度极限值不同，墙砖、壁用砌块、面砖和饰面砌块分为75、100、125和150号几类。一批产品的标号表示通过试验所得到的5个试样抗压强度极限的平均值和最小值。如果平均强度等于两个标号的中間数值，那么制品就应属于较低标号的一类。每块砖的标号都表示它本身的抗弯强度极限值（见表1）。如果抗弯强度极限低于标准，那么砖的标号亦低。壁用和饰面砌块、倍半砖比普通砖高得多（138~140和103:65毫米），因而能承受较大的总弯曲负荷，它们的抗弯强度极限尚未确定。

立面陶瓷板全截面的抗压和抗弯强度极限（5个试样的平均值）如下：塑法成型的，不应低于150和28公斤/平方厘米；半干压法成型的，不应低于75和12公斤/平方厘米。许多建筑装饰配件，则不低于75公斤/平方厘米。

所有瓦的抗断强度业已确定，即不应低于70公斤。

**抗冻性** 这一指标在很大程度上决定着材料的耐久性。

秋、冬和春季，砌在外部结构的制品，因经受交替的冻结和融化而处于潮湿状态。饱吸水分的劣质制品，若经过反复冻结和融化，就会有破坏（脱层、剥落、龟裂、崩裂，因而失去强度）的可能，因此有必要探讨其不抗冻的迹象。砖不抗冻的原因，尚未彻底查明。但是可以根据所进行的研究，谈谈某些想法：经吸水的毛细管多孔体在冻结时，其内部产生温度差，它决定于毛细管（气孔）的性状（大小）和水分流动时（或多或少）物体表面的性能。实际上，前一情况往往会使制品个别部分的毛细管（气孔）充满水。当水冻结成冰时，其体积便增大9%。这时产生很大的破坏材料的内应力。但是，填满气孔的水分在变冷时往往因流动而减少，故在结冰时，气孔中便出裂能容纳水的附加范围。唯有符合这种情况，制品才具有抗冻性。

根据A. C. 别尔克曼（Беркман）和И. Г. 米利尼柯娃（Мельникова）的资料<sup>①</sup>，尺寸大于200微米的气孔（一部分填满水的后备气孔）和尺寸200至0.1微米的气孔（气孔中的水量保持不变，水不到零下15°C就冻结），它们的容积比具有重要的意义，砖的抗冻性就决定于这种容积比。如果这一容积比（以百分率表示）大于9，那么气孔尺寸200至0.1微米的制品便具备了抗冻性。

在其他相同的条件下，提高烧成温度、往混合物中掺入可燃物（重量百分比2~3的短焰煤末）及生产空心砖，也能提高砖（主要是以半干压法成型）的抗冻性。

实践证明，如果吸水的墙砖和壁用砌块在零下15°C或更低的

● 《Строительные материалы》 № 4, 1950.

溫度下冻结，然后在 $+15 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的溫度下在水中融化的交替循环不少于15次而不致破坏，那么房屋和建筑物便具备了必要的耐久性。在外界影响比較大的情况下，立面陶瓷制品和瓦应經受住交替的冻融循环不少于25次。

同湿度大的介质接触的制品（如浴室和洗衣房的墙壁上的），其抗冻性应该高。

冬季，在計算溫度不到零下 $10^{\circ}\text{C}$ 的苏联南方，砖和砌块因不抗冻而损坏的情形是没有的。

**重量** 制品的重量是鉴定建筑材料质量的重要指标。在工业中，檢驗材料时經常測定其单位体积重量——容重。它以公斤/立方米和吨/立方米表示。

制品的容重主要决定于它的气孔率和孔隙度。实心粘土砖的容重为1700~1900公斤/立方米，而多孔隙空心制品和空心制品的容重为600~1500公斤/立方米。气孔率和孔隙度愈高，制品的容重就愈小，其保温性能也就愈好。因此，在建筑中采用砌墙用的空心制品和多孔隙空心制品，比采用实心砖更能減輕結構重量和减小外墙厚度（中部腰綫用砖可从 $2\frac{1}{2}$ 减少到2和 $1\frac{1}{2}$ 砖）。空心砖、多孔隙空心砖和砌块的最大容重已有适当的标准。普通实心粘土砖的标准容重比上述制品的标准容重大。

平瓦在1平方米屋面上的极限重量和脊瓦在1延米屋頂上的极限重量（在飽吸水分的情况下）都有規定。根据瓦的种类不同，平瓦在1平方米屋面上的重量不应超过50~65公斤，而脊瓦在1延米屋頂上的重量則不应超过8公斤。

**吸水性** 是指材料的吸水能力，它决定于材料的开口气孔率。吸水率就是制品的吸水量和干燥制品重量之比，以百分率表示。由于制品的用途不同，对其吸水性的要求也不同。

砖和砌块应该保証墙壁有防热性能，所以它們必須有一定的气孔率（不应小于6~8%）。为了保証砖和砂浆有必需的粘結强度，应确定吸水率的最低极限。

要賦予立面制品以裝飾性，其开口气孔率就不应该大。立面

制品的吸水率应为6~14%。

瓦的吸水率尚未訂出标准，但大致为6~14%。

**外观** 制品，特别是立面陶瓷制品的外观是很重要的。制品是根据所谓外观指标进行检验的。由于制品的用途不同，对其提出的外观指标的要求亦异。外观指标包括：表面和棱角扭曲的程度、直角面的偏差、边角和棱角的残缺和钝化、裂缝和发纹、离10米外可见的褪色痕迹和斑点，以及其他缺陷。

除了上述指标外，还要求制品有一定的规格：如尺寸的准确、颜色的纯正、材料结构的完整，以及与材料用途有关的其他特点。

## 原 料

墙壁用和屋面用陶瓷制品，主要是由易熔粘土制成的。制造立面陶瓷制品的原料有易熔<sup>①</sup>、难熔和低级耐火粘土（如Ч-3号恰索夫-雅尔耐火粘土）。为了改变粘土的性能，附加溶化物和可燃物。

## 粘 土

粘土是能与水和成可塑泥团、干燥后保持原有形状、烧成后坚硬如石的半矿物质混合物。

粘土是由于地壳表面带的各种岩石在物理、物理-化学和生物化学作用破坏的结果生成的。

粘土物质根据生成（堆积）<sup>②</sup>条件不同分为残余（冲积）粘土和沉积（次生）粘土。残余粘土直接在原生岩分解的地方生成，而沉积粘土是由于粘土沉积物为水、冰川或风漂积的结果生

① 现行分类法将粘土分为：耐火度高于1580°C的耐火粘土、耐火度1350°C的难熔粘土及耐火度低于1350°C的易熔粘土。

② Труды Научно-исследовательского геохимического института (ВСЕ-ГЕИ), Методическое руководство по петрографо-минералогическому изучению глин, Составлено под руководством М.Ф. Вилкуловой, М. 1957.



成的。因此，粘土质岩的組成变动很大。pH介质对粘土的生成作用很大。譬如，在酸性介质中生成高岭石、多水高岭土之类的粘土矿物，而在硷性介质中则生成蒙脱石和貝得石。

大多数粘土都是沉积粘土。

**矿物組成** 粘土由粘土物质和杂质組成。粘土物质也可能同其他物料一样，由单一粘土矿物（单矿粘土），或多种粘土矿物（多矿粘土）的混合物組成。这些特点对易熔粘土来说是特别明显的。

粘土物质主要属于氢铝硅酸盐类  $m\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2 \cdot p\text{H}_2\text{O}$ （因粘土矿物的种类不同， $m$ 、 $n$ 和 $p$ 值亦異）。其品格中也可能存在着K、Na、Mg、Ca和Fe，正因为这样，氢铝硅酸盐类的性能各不相同。粘土矿物分为若干族，其中主要的有：

**高岭石族**——包括高岭石、迪凱石和珍珠陶土（其化学組成与 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 相同）。在自然界中分布最广的是高岭石。其干燥和烧成灵敏性均低。高岭石在水中膨胀不显著，其吸附能力不强，可塑性不高。在高岭石的組成中含有大量难熔耐火粘土和高岭土。

**多水高岭土** ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )——包括多水高岭土、多水鉄高岭土和变水高岭土。它是高岭土和高岭石粘土的伴生矿物。多水高岭土的分散度和可塑性比高岭石要高，吸附能力要强。

**蒙脱石族**——其主要的代表矿物有：蒙脱石、綠高岭石和貝得石<sup>①</sup>。它是复杂的氢铝硅酸盐<sup>②</sup> ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3 \sim 5 \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ )。其組成中，通常含有Mg、Ca和Fe。貝得石同水云母結合，主要在易熔粘土中存在。

① M. Ф. 威庫洛娃(Викупова)和几位研究者认为，貝得石不属于蒙脱石族，而是和蒙脱石矿物一样，属于特殊的矿物结合体，但不是机械结合物。据M. Ф. 威庫洛娃推测，单热水白云母是由于高岭石逐渐被蒙脱石置換而生成的。

② 在个别蒙脱石矿物中 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 与 $\text{SiO}_2$ 之比可达9。