

沸石

沸石的一般化学式为： $A_m B_p O_{2p} \cdot n H_2O$ ，结构式为 $A_{(x/q)} [(AlO_2)_x (SiO_2)_y]_n (H_2O)$ 其中：A 为 Ca、Na、K、Ba、Sr 等阳离子，B 为 Al 和 Si，p 为阳离子化合价，m 为阳离子数，n 为水分子数，x 为 Al 原子数，y 为 Si 原子数，(y/x)通常在 1~5 之间，(x+y)是单位晶胞中四面体的个数。

分子 量：218.247238[2]

EINECS 号 215-283-8[3]

品种自然界已发现的沸石有 30 多种，较常见的有方沸石、菱沸石、钙沸石、片沸石、钠沸石、丝光沸石、辉沸石等，都以含钙、钠为主。它们含水量的多少随外界温度和湿度的变化而变化。晶体所属晶系随矿物种的不同而异，以单斜晶系和正交晶系（斜方晶系）的占多数。方沸石、菱沸石常呈等轴状晶形，片沸石、辉沸石呈板状，毛沸石、丝光沸石呈针状或纤维状，钙十字沸石和辉沸石双晶常见。纯净的各种沸石均为无色或白色，但因混入杂质而呈各种浅色。玻璃光泽。解理随晶体结构而异。莫氏硬度中等。比重介于 2.0~2.3，含钡的则可达 2.5~2.8。沸石主要形成于低温热液阶段，常见于喷出岩气孔中，也见于热液矿床和近代温泉沉积中。沸石可以借水的渗滤作用，以进行阳离子的交换，其成分中的钠、钙离子可与水溶液中的钾、镁等离子交换，工业上用以软化硬水。沸石的晶体结构是由硅（铝）氧四面体连成三维的格架，格架中有各种大小不同的空穴和通道，具有很大的开放性。碱金属或碱土金属离子和水分子均分布在空穴和通道中，与格架的联系较弱。不同的离子交换对沸石结构影响很小，但使沸石的性质发生变化。晶格中存在的大小不同空腔，可以吸取或过滤大小不同的其他物质的分子。工业上常将其作为分子筛，以净化或分离混合成分的物质，如气体分离、石油净化、处理工业污染等。

工业用途沸石

一、斜发沸石

在岩石致密结构处的斜发沸石，多呈似放射状板片集合体微形态，而在孔隙发育处，可形成具完好或部分完好几何形态的板块晶体，宽可达 $20\mu m$ ，厚 $5\mu m$ 左右，端部约呈 120 度角，有的呈菱形板片和板条状。EDX 谱为 Si、Al、Na、K、Ca。

二、丝光沸石

SEM 特征微形态为纤性状，纤丝般细直或稍有弯曲，直径约为 $0.2\mu m$ ，长度可达几 μm ，可为自生矿物，但也见到在蚀变矿物外缘，呈放射状逐渐分开形成纤丝状丝光沸石。此种丝光沸石应为改造型矿物。EDX 谱主为 Si、Al、Ca、Na。

三、方沸石

SEM 特征微形态为四角三八面体和各种形态的聚形，晶面多呈 4、6 边形，晶粒可大至几十 μm ，EDX 谱特征元素为 Si、Al、Na，可以有少量 Ca。

四、菱沸石

SEM 特征微形态短菱柱形大小可从 $1\mu m$ 到几 μm ，EDX 谱为 Si、Al、Ca、可以有 K、Na 的少量存在。[4]

结构特点沸石

沸石

有很多种，已经发现的就有 36 种。它们的共同特点就是具有架状结构，就是说在它们的晶体内，分子像搭架子似地连在一起，中间形成很多空腔。因为在这些空腔里还存在很多水分

子，因此它们是含水矿物。这些水分在遇到高温时会排出来，比如用火焰去烧时，大多数沸石便会膨胀发泡，像是沸腾一般。沸石的名字就是因此而来。不同的沸石具有不同的形态，如方沸石和菱沸石一般为轴状晶体，片沸石和辉沸石则呈板状，丝光沸石又成了针状或纤维状等等。各种沸石如果内部纯净的话，它们应该是无色或白色，但是如果内部混入了其他杂质，便会显出各种浅浅的颜色来。沸石还具有玻璃样的光泽。我们知道沸石中的水分可以跑出来，但这并不会破坏沸石内部的晶体结构。因此，它还可以再重新吸收水或其他液体。于是，这也成了人们利用沸石的一个特点。我们可以用沸石来分离炼油时产生的一些物质，可以让它使空气变得干燥，可以让它吸附某些污染物，净化和干燥酒精等等。沸石矿物有很广的分布。特别多见于由火山碎屑形成的沉积岩石中，在土壤中也有发现。

晶体构造

沸石的晶体构造可分为三种组分：(1)铝硅酸盐骨架，(2)骨架内含可交换阳离子 M 的孔道和空洞，(3)潜在相的水分子，即沸石水。

沸石的构造与石英、长石的骨架有些不同。石英、长石的骨架构造比较严紧，比重 2.6~2.7，而沸石的骨架构造比较空疏，比重 2.0~2.2。其脱水后的空腔可大至 47%，如菱沸石，甚至 50%，如合成沸石。

在长石构造中，金属阳离子都限制在 O 离子构成的晶体骨架的空隙间，除非晶体被破坏，这些金属阳离子是很难自由活动的。Na 或 K 被 Ca 里换，必须与 Si、Al 的置换同时进行，即成对置换，必然引起 Si/Al 比的改变。

在似长石构造中，金属阳离子位于比较开阔的相互通连的空隙间，比重 2.14~2.45，阳离子可以通过构造的通路互相交换，而不破坏其晶体骨架。水方钠石和水霞石曾被认为是沸石族矿物。

在沸石构造中，金属阳离子位于晶体构造较大并相互通连的孔道或空洞间。因此，阳离子可自由地通过孔道发土交换作用，而不能影响其晶体骨架，像 $2(\text{Na},\text{K})(\text{Ca}^{2+})$ 这样的交换，在沸石中是容易发生的，而在长石中是不能的。这种形式的交换作用，可能是离子交换的极端形式，只限于沸石及类似的矿物。

沸石的水分子与骨架离子和可交换金属阳离子的联系，一般都是松弛而微弱的。这些水分子比阳离子更自由地可以移动和出入孔道。在有热力的趋使下，可自由地脱、附而不影响其骨架构造。[5]

特性沸石

沸石

是沸石族矿物的总称，是一种含水的碱金属或碱土金属的铝硅酸矿物。按沸石矿物特征分为架状、片状、纤维状及未分类四种，按孔道体系特征分为一维、二维、三维体系。任何沸石都由硅氧四面体和铝氧四面体组成。四面体只能以顶点相连，即共用一个氧原子，而不能“边”或“面”相连。铝氧四面体本身不能相连，其间至少有一个硅氧四面体。而硅氧四面体可以直接相连。硅氧四面体中的硅，可被铝原子置换而构成铝氧四面体。但铝原子是三价的，所以在铝氧四面体中，有一个氧原子的电价没有得到中和，而产生电荷不平衡，使整个铝氧四面体带负电。为了保持中性，必须有带正电的离子来抵消，一般是由碱金属和碱土金属离子来补偿，如 Na、Ca 及 Sr、Ba、K、Mg 等金属离子。由于沸石具有独特的内部结构和结晶化学性质，因而使沸石拥有多种可供工农业利用的特性。

世界上已发现的天然沸石一般为浅灰色，有时为肉红色。拿在手上明显感到比一般石头轻，这是因为沸石内部充满了细微的孔穴和通道，比蜂房要复杂得多。假如把沸石比作旅馆，那么 1 立方微米的这种“超级旅馆”内竟有 100 万个“房间”！的这些房间能根据“旅客”（分子和离子）的性别、高矮、胖瘦、嗜好的不同自动开门或挡驾，绝对不会让“胖子”到“瘦

子”的房间去，也不会使高个子与矮个子同住一室。根据沸石的这一特性，人们用它来筛选分子，获得很好的效果。这对在工业废液中回收铜、铅、镉、镍、钼等金属微粒具有特别重要的意义。

沸石具有吸附性、离子交换性、催化和耐酸耐热等性能，因此被广泛用作吸附剂、离子交换剂和催化剂，也可用于气体的干燥、净化和污水处理等方面。沸石还具有“营养”价值。在饲料中添加 5% 的沸石粉，能使禽畜生长加快，体壮肉鲜，产蛋率高。

由于沸石的多孔性硅酸盐性质，小孔中存有一定量的空气，常被用于防暴沸。在加热时，小孔内的空气逸出，起到了气化核的作用，小气泡很容易在其边角上形成。

防暴沸原理先说成因：对过热液体继续加热，会骤然而剧烈地发生沸腾现象，这种现象称为“暴沸”。或叫作“崩沸”。过热是亚稳状态。由于过热液体内部的涨落现象，某些地方具有足够高的能量的分子，可以彼此推开而形成极小的气泡。当过热的液体温度远高于沸点时，小气泡内的饱和蒸气压就比外界的压强高，于是气泡迅速增长而膨胀，以至由于破裂引起工业容器的爆炸。液体之所以发生过热的原因是液体里缺乏形成气泡的核心。为了清除在蒸馏过程中的过热现象和保证沸腾的平稳状态，常加沸石，或一端封口的毛细管，因为它们都能防止加热时的暴沸现象，把它们称做止暴剂又叫助沸剂，值得注意的是，不能在液体沸腾时，加入止暴剂，不能用已使用过的止暴剂。简单说就是因为加热时烧杯中的液体会向上冲，从而造成了一个个冒出来的“喷泉”，剧烈时甚至会溅出伤人，而沸石能够有效的阻止液体的向上冲，使加热时液体能够保持平稳。

用途吸附剂和干燥剂

催化剂

洗涤剂

其他用途（污水处理、土壤改良剂、饲料添加剂）

天然沸石是一种新兴材料，被广泛应用于工业、农业、国防等部门，并且它的用途还在不断地开拓。沸石被用作离子交换剂、吸附分离剂、干燥剂、催化剂、水泥混合材料。在石油、化学工业中，用作石油炼制的催化裂化、氢化裂化和石油的化学异构化、重整、烷基化、歧化；气、液净化、分离和储存剂；硬水软化、海水淡化剂；特殊干燥剂（干燥空气、氮、烃类等）。在轻工行业用于造纸、合成橡胶、塑料、树脂、涂料充填剂和素质颜色等。在国防、空间技术、超真空技术、开发能源、电子工业等方面，用作吸附分离剂和干燥剂。在建材工业中，用作水泥水硬性活性掺和料，烧制人工轻骨料，制作轻质高强度板材和砖。在农业上用作土壤改良剂，能起保肥、保水、防止病虫害的作用。在禽畜业中，作饲料（猪、鸡）的添加剂和除臭剂等，可促进牲口成长，提高小鸡成活率。在环境保护方面，用来处理废气、废水，从废水废液中脱除或回收金属离子，脱除废水中放射性污染物。

在医学上沸石用于血液、尿中氮量的测定。沸石还被开发成为保健用品，用于抗衰老，去除体内积累的重金属。

在生产中沸石常用于砂糖的精制。

新型墙材（加气混凝土砌块）原料

随着实心黏土砖逐步退出舞台，新型墙体材料应用比例目前已达到 80% 墙体材料生产企业以煤矸石、粉煤灰、陶粒、炉渣、轻质工业废渣、重质建筑垃圾、沸石等为主料，积极开发新型墙体材料。

在养猪生产上促生长性能

一些相关研究已经证明，沸石作为饲料添加剂可以促进猪生长的性能，并且不会对猪的健康

产生负面影响。在饲料中加入 1%-2% 的低比例天然斜发沸石可以对猪的生长产生显著影响。含有沸石的饲料可以改善猪的平均日增重和/或者饲料转化率，也可以提高母猪的生产性能。饲料中加入沸石可以减缓食物通过消化道的速度，从而提高营养的利用率。沸石的作用效果主要与以下各参数相关：沸石的种类、纯度、地理来源、理化性质、在饲料中占有的比例以及使沸石的功能持续作用于动物所需要的饲料和环境条件等。

试验证明，含 50% 甲酸钙、8% 甲酸和 42% 天然斜发沸石的饲料添加剂能够提高猪的生长速度和改善猪的饲料转化率。在饲料中添加 1.5% 的上述添加剂，可以使测试组动物的第一个月增重达到 13.4 kg，而对照组对应的体重增加是 8.3 kg；测试组的日增重是 0.47 kg，对照组为 0.29 kg；测试组的料肉比是 3.13，而对照组为 4.7。

疾病防治

大量试验已经证明，沸石能够缓解及预防一些化合物、重金属以及氨的毒害作用，这对畜产品的食品安全具有重要意义。沸石用于毒枝菌素的结合吸附是一个近年来很热门的研究课题。另外，也有一些研究表明，饲料中加入沸石对猪腹泻综合征发病率的降低和病情的缓解都起到了积极的作用，但是沸石作用的确切机理并不明朗。沸石预防猪特定疾病的可能机理，见表 2。

减少氨气排放

由于猪的排泄物内含有 NH_3 和 N 凡十等原因，集约化养猪生产中会产生大量氨气，过量的氨气排放会引起环境的污染，猪的生长环境中 NH_3 水平也经常超标，猪通常会长时间地暴露于高浓度 NH_3 的条件下，这样会引起猪的嗅觉敏感度发生暂时或者持久的改变，从而进一步影响猪的个体识别、社会关系、采食行为以及其他诸如信号激素等相关气味的识别，这些在一定程度上都会对猪的生

产和福利产生不利影响[5]。

在饲料中添加沸石能够吸附胃肠道内的 NH_4^+ ，使大部分原本要以尿的方式排出体外的氮转化为以粪便的方式排出体外，从而在降低了大气内氨气的浓度。

结语

沸石作为饲料添加剂具有很高的安全性，对于提高猪的生长性能以及疾病的预防都具有积极的作用，沸石又具有分布量大、易于开采等特点，因此，作为一种高效低廉的饲料添加剂可以更广泛的应用于养猪生产。同时，沸石又可以改善养猪生产中的食品安全、环境保护以及动物福利等社会问题，从而使养猪生产更加符合时代的要求。存在的问题：不同种类、纯度的沸石在饲料中所占有的比例与猪的生长和疾病预防的关系，以及沸石在预防疾病过程中阻碍各种毒素的具体生理机制等问题有待于今后进一步研究。

在水产养殖中 1. 作鱼、虾、蟹的饲料添加剂。沸石含有鱼、虾、蟹生长发育所必需的多种常量元素和微量元素，这些元素多以可交换离子状态和可溶性盐基形式存在，较易被吸收利用，同时还具有生物酶的多种催化作用。因此，在鱼、虾、蟹饲料中应用沸石具有促进新陈代谢，促进生长，增强抗病力，提高成活率，调节动物的体液和渗透压，保持酸碱平衡，净化水质的功效，还有一定的防霉作用。鱼、虾、蟹饲料中的沸石粉用量一般在 3%~5% 之间。

2. 作水质处理剂。沸石由于内部有很多孔径、均匀的管状孔道和内表面积很大的孔穴，因而具有独特的吸附、筛分、交换阴阳离子以及催化性能。它能吸收水中氨态氮、有机物和重金属离子，能有效地降低池底硫化氢毒性，调节 pH 值，增加水中溶解氧，为浮游植物生长提供充足碳素，提高水体光合作用强度，同时也是一种良好的微量元素肥料。鱼塘中每施入 1 公斤沸石，可带入 200 毫升氧气，然后以微泡形式缓慢释放，可防止水质恶化，防止鱼浮头。沸石粉作水质改良剂时，用量按每亩一米水深加 13 公斤左右全池遍洒。

3. 作修建鱼塘材料。沸石内部有许多孔隙，具有极强的吸附能力，人们在修整鱼塘的时候，

摒弃过去全部采用黄砂铺池底的传统习惯，采用底层铺黄砂，上层撒放具有阴阳离子交换能力和吸附水中有害物质作用的沸石，这样可使渔塘水色一年四季都保持绿豆青色或黄绿色，能促进鱼类快速健康生长，提高养殖经济效益。