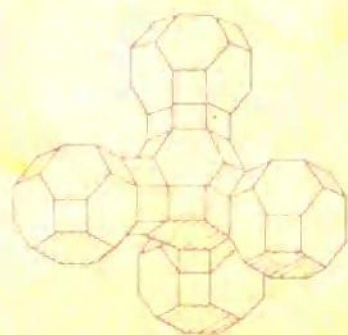


沸石分子筛

中国科学院大连化学物理研究所分子筛组 编著



科学出版社

81.2953
144

沸石分子筛

中国科学院大连化学物理研究所分子筛组 编著

科学出版社

1978

内 容 简 介

分子筛是具有分子大小数量级的微孔、其孔径大致均匀的一类物质,可用以筛分大小不同的流体。沸石分子筛即是具有分子筛作用的沸石。近几十年来,特别是人工合成沸石成功后,沸石分子筛已在工业、农业、国防工业、科研、医药、环境保护等部门获得日益广泛的应用,特别是已经成为石油化工和石油炼制工业中非常重要的新材料,而发展成为一门独立的新兴的学科。本书扼要介绍沸石的晶体结构、物理化学性质、人工合成工艺、鉴定方法、沸石在吸附分离过程和催化过程中的应用以及在其它方面的应用。可供沸石的生产、科研、使用和教学等部门的工人和科技人员阅读。

沸 石 分 子 筛

中国科学院大连化学物理研究所分子筛组 编著

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1978年11月第一版 开本: 850×1168 1/32

1978年11月第一次印刷 印张: 12 插页: 1

印数: 0001—11,130 字数: 315,000

统一书号: 13031·801

本社书号: 1148·13—4

定价: 1.80 元

前 言

沸石分子筛作为一种化工新材料,近十年来在国内外发展很快。目前,沸石分子筛在石油炼制、石油化工、化学工业、冶金工业、电子工业、国防工业、医药、轻工业、农业、环境保护等部门以及现代科学技术的研究中的实际应用愈来愈广泛,已成为一种重要的不可缺少的新材料,起着重要的作用。为了适应我国社会主义革命和社会主义建设事业发展的需要,使这一新技术、新材料获得更广泛的应用和发展,为了帮助日益增多的从事这方面工作的同志进一步了解有关沸石分子筛的基础知识,我们收集了国内外有关这方面的资料,编写了本书。书中着重介绍基本知识及其应用,并列举了一些实际应用的例子。编写本书时,经征得有关兄弟单位的同意,写进了不少兄弟单位及本所未发表的工作。有关国内外的主要参考文献,附列于本书之末。由于我们政治思想水平和专业知识水平不高,工作经验又少,本书定有错误和不足之处,恳请读者批评指正。

在编写过程中,承大连红光化工厂、兰州炼油厂催化剂分厂、南京石油化工厂、上海试剂五厂、大连有机合成厂、北京化工设备厂、抚顺石油一厂研究所、石油化学工业部石油化工科学研究院综合研究所、北京化学工业研究院、中国科学院地质研究所及兰州化学物理研究所、上海化学工业研究院、广东省化学研究所、北京大学化学系、南京大学地质系及化学系、太原工学院化工系等单位给予了大力支持,提出了不少宝贵意见,在此致以深切的谢意。

参加本书编写的有万邦和、梁娟、郭文珪、陆世维、章元琦、赵素琴、王国祯等同志。

目 录

第一章 绪论	1
一、天然沸石	2
二、合成沸石	3
第二章 沸石的晶体结构	11
一、沸石结构的特点	12
(一) 硅(铝)氧骨架结构的特点	12
(二) 晶穴、晶孔和孔道	18
(三) 阳离子和水	21
二、沸石的分类及其结构简述	23
(一) 沸石的分类	23
(二) 各组沸石的结构简述	29
三、几种主要沸石的结构	32
(一) A型沸石	33
(二) X型和Y型沸石	35
(三) 丝光沸石	38
第三章 沸石的物理化学性质	40
一、沸石的物理性质	40
(一) 孔径	40
(二) 晶穴体积	41
(三) 表面积	42
(四) 密度	43
(五) 比热	43
(六) 稳定性	43
(七) 电导性	47
二、沸石的离子交换性质	48
(一) 离子交换技术	48

(二) 离子交换选择性	54
(三) 离子交换型沸石的性质	59
三、沸石的吸附性质	68
(一) 特点	68
(二) 吸水性	74
(三) 吸附曲线、吸附量及吸附热	82
(四) 影响吸附过程的因素	99
四、沸石的催化性质	102
(一) 阴离子骨架结构与催化性能的关系	104
(二) 阳离子与催化性能的关系	110
(三) 硅铝比对催化性能的影响	118
(四) 微量水对催化性能的影响	120
第四章 沸石的合成	124
一、水热合成及成型技术	124
(一) 水热合成技术	124
(二) 成型技术	127
二、几种主要沸石的合成工艺	128
(一) A型沸石	129
(二) X型沸石	133
(三) Y型沸石	135
(四) 丝光沸石	136
(五) L型沸石	137
(六) 毛沸石	139
三、其它类型沸石的合成	140
(一) 含烷基铵阳离子的沸石	140
(二) 部分硅铝骨架及非硅铝骨架的沸石	141
四、沸石合成过程的一般规律	146
(一) 影响合成过程的主要因素	146
(二) 沸石合成机理的初步探讨	153
(三) 阳离子和水在沸石生成过程中的作用	156
第五章 沸石的鉴定方法	160
一、外形、物相及结晶度的测定	160

(一) 光学显微镜法	160
(二) X-射线衍射法	162
二、化学组成的测定	166
(一) 化学分析法	167
(二) X-射线衍射法	170
(三) 红外吸收法	171
三、吸附性能及比表面的测定	173
(一) 吸附量的测定	174
(二) 孔径的测定	178
(三) 比表面的测定	179
四、分离性能和热力学函数的测定	182
(一) 比保留体积的测定	183
(二) 热力学函数的测定	183
五、稳定性的测定	185
(一) 热稳定性的测定	185
(二) 耐水蒸气和耐酸性能的测定	187
第六章 沸石分子筛在吸附分离过程中的应用	189
一、吸附分离过程的一般介绍	189
(一) 吸附和脱附过程	189
(二) 吸附过程参数的测定	191
(三) 固定床吸附剂的再生	193
二、气体和液体的吸附干燥	196
(一) 气体的干燥	197
(二) 液体的干燥	206
三、气体的吸附分离和净化	207
(一) 等温吸附分离	208
(二) 变温吸附分离	222
四、液体物质的分离和净化	224
(一) 分子筛脱蜡	225
(二) 二甲苯异构体的分离	231
(三) 石蜡的净化	235
第七章 沸石分子筛在催化过程中的应用	240

一、沸石催化剂的制备	240
(一) 氢型及脱阳离子型(De)沸石	241
(二) 缺铝型沸石	243
(三) 单组分金属沸石	249
(四) 多组分金属沸石	255
二、沸石催化剂的应用(I)	257
(一) 石油烃的催化裂化	257
(二) 石油烃的加氢裂化	262
(三) 炔烃的选择加氢	266
(四) 烷烃的加氢异构化	269
(五) 甲苯歧化及二甲苯异构化	273
(六) 烃类的择形加氢裂化	279
三、沸石催化剂的应用(II)	282
(一) 无机催化反应	282
(二) 烃类转化反应	288
四、沸石催化剂的镓离子型催化活性的来源	298
(一) 氢型及脱阳离子型沸石的酸性中心	300
(二) 多价阳离子沸石的活性中心	305
第八章 沸石分子筛在其它领域中的应用	314
一、农业方面的应用	314
(一) 用作土壤改良剂	314
(二) 用作农药、催熟剂等载体	315
二、环境保护方面的应用	315
(一) 消除大气污染	316
(二) 污水处理	317
(三) 处理放射性废物	318
三、现代科学技术方面的应用	319
(一) 真空技术	319
(二) 气相色谱分析	319
(三) 空间技术	323
四、轻工业方面的应用	324
(一) 橡胶工业	324

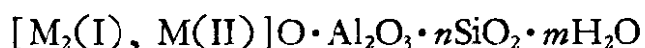
(二) 塑料工业	325
(三) 用作纸张的填料	325
(四) 食用油脂的纯制	326
五、其它方面的应用	326
(一) 在致冷系统中的应用	326
(二) 作为气体、液体等的载体	326
(三) 在电子工业中的应用	327
(四) 作为气体含水量的指示剂	327
(五) 用于海水淡化	328
(六) 用于制作固体电池	328
附录 I 天然沸石英汉名称对照表	330
附录 II 各种合成沸石的 X-射线衍射数据	332
附录 III 主要天然沸石的 X-射线衍射数据 ASTM 卡片索引	351
附录 IV 各种沸石的吸附数据	353
附录 V 露点、水分压和含水量换算表	370
附录 VI 一些物质分子的大小	371
附录 VII 分子筛吸附在工业过程中的应用	372
主要参考文献	374

第一章 绪 论

分子筛是具有均匀的微孔、其孔径与一般分子大小相当的一类吸附剂或薄膜类物质。根据其有效孔径,可用来筛分大小不同的流体分子,这种作用叫做分子筛作用。

具有分子筛作用的物质很多,例如,天然的及合成的沸石、炭分子筛¹⁾、微孔玻璃²⁾、某些有机高聚物³⁾、某些无机物的薄膜⁴⁾、有机高分子膜⁵⁾等,都有筛分分子的作用。其中应用最广的是沸石。

沸石是具有(四面体)骨架结构的铝硅酸盐,其骨架中的每一个氧原子都为相邻的两个四面体所共用。这种结构形成了可为阳离子和水分子所占据的大晶穴。这些阳离子和水分子有较大的移动性,可以进行阳离子交换和可逆的脱水。其化学组成通式为:



式中M(I)和M(II)分别为一价和二价金属(通常为钠、钾、钙、锶、钡等), n 称为沸石的硅铝比,一般 $n = 2-10$ (含烷基铵离子的沸石硅铝比可达20以上), $m = 0-9$ 。根据化学组成和结构的

- 1) 炭分子筛的原料是一些高分子聚合物(如聚糠醇树脂、酚醛树脂、聚氟乙烯等)以及煤炭、木材等,经过不同条件的热处理和活化,即得到具有各种孔径(如3、4、5、6、7、8埃和8埃以上)的分子筛。其耐酸、碱性较强,并有高的机械强度。它是一种非极性吸附剂,因此,在水、甲醇等极性溶剂的溶液中呈现分子筛作用。目前,炭分子筛已应用于食品脱臭和色谱分析中。
- 2) 在一定条件下用酸处理碱金属硅酸盐玻璃或碱金属硼硅酸盐玻璃等,使其中的碱金属脱除,即得到微孔玻璃。它有吸附某些分子的作用。根据玻璃的组成和处理条件的不同,微孔玻璃的孔径也不同。其耐酸性很强,可在酸性介质中使用。
- 3) 如高聚葡萄糖、淀粉、聚乙烯醇、聚丙烯酰胺、琼脂、高分子交联有机吸附剂等,可用来分离蛋白质、酶类和油脂中的不皂化物质等。
- 4) 如二氧化硅玻璃的膜可以透过氮、氦、氢以及少量氮、氩等;某些金属的膜,如钯膜只透过氢,银膜只透过氧,铁膜可以透过氢和氧。
- 5) 这类膜中有些是晶体,如纤维素和某些蛋白质;有些则是非晶体,如天然的与合成的弹性体。近年来使用某些塑料制成薄膜,用以分离各种混合物。

不同,沸石有许多品种。

有些沸石,由于其孔径甚小,没有筛分分子的作用;有些沸石,虽然孔径较大,但由于其抗热稳定性较差,在工业上没有实用价值。因此,并不是所有的沸石都能作为分子筛来使用。

沸石分子筛的名称很不统一,例如,把它叫做沸石、分子筛、晶体铝硅酸盐、分子筛沸石、沸石分子筛等等。由于具有分子筛作用的物质不仅仅是沸石,而且也不是所有的沸石都能用作分子筛,所以,本书定名为《沸石分子筛》,以专门讨论沸石类的分子筛。但书中采用了“沸石”或“分子筛”等惯用名称,实际上都是指的沸石分子筛。

目前,沸石分子筛已广泛应用到石油化工、冶金、金属加工、机械制造、电子、冷冻、医药、真空技术、原子能等工业以及轻工业、农业、环境保护等各个部门,成为国民经济中一种重要的新材料。

近年来,沸石分子筛已逐渐形成一门独立的学科。但是,它的结构、性质、合成及应用的研究,涉及许多学科领域并打破了传统的学科界限。它与无机化学、表面和胶体化学、有机化学、催化科学、生物化学、地质学、矿物学、结晶学、光谱学和固态物理等各个领域密切相关。今后,在我国蓬勃发展的社会主义建设事业中,沸石分子筛的研究和生产也将获得迅速的发展,它在工农业生产中必将发挥更大的作用。

根据沸石分子筛的来源不同,有自然界中生成的天然沸石和人工制造的合成沸石两大类。

一、天然沸石

在自然界中存在的硅酸盐类矿物,有一类是网硅酸盐类。其中某些矿物在受到灼烧时,由于晶体内部的水被赶出,产生类似起泡沸腾的现象,故称之为沸石。天然沸石是网硅酸盐类的一族。

人们最早发现沸石是在1756年。不久,天然沸石就成为地质学和矿物学方面的重要研究对象。早期(十九世纪中叶)在玄武岩的孔洞中发现有沸石存在。一般认为,在火山岩孔洞中充填的沸

石矿物，为晚期低温热液充填所形成。但这样生成的沸石的量很少，没有很大的实用价值。

到十九世纪末，发现在沉积岩中也有沸石存在。近年来，在研究沸石成因的过程中指出，以火山硬砂岩和凝灰岩为主的沉积物中的玻璃质，受到沉积岩石的压力和含有多种成分的地下热水的作用而生成了沸石（陆成沉积物）；海底的这种含有火山玻璃质的沉积物与富钠的海水反应，也可以生成沸石（海成沉积物）；还有是由于碱性湖水的作用而生成沸石（碱性盐湖沉积物）。这种存在于沉积岩中的沸石，储量比较大，分布也比较广。

根据上述沸石矿床的地质生成情况，可以推断，凡有火山岩和盐湖分布的地区，都可能有沸石矿床埋藏。

随着地质勘探工作和矿物研究工作的逐步开展，人们发现的天然沸石的品种越来越多，到目前为止，天然沸石已发现有三十六种。表 1.1 列出了某些主要的天然沸石品种及其某些物理性质。

近年来，世界各国发现了大量的天然沸石资源，因此，天然沸石的利用问题引起人们的重视，进行了较多的研究，并且有了较大的进展。到目前，天然沸石已用于各种气体和液体的干燥及分离、硬水的软化、污水的处理以及土壤的改良等各方面。工业上已有用精选的或者经过某种处理的天然沸石作为催化剂或催化剂载体。

我国解放以来，对沸石资源进行了一系列勘探工作。据不完全统计，我国已发现有大量的丝光沸石和斜发沸石矿床。另外还有方沸石、束沸石、片沸石、钠沸石、杆沸石、辉沸石及浊沸石等许多品种。随着我国地质勘探工作的进一步开展，今后必将发现更多的天然沸石资源，供我国社会主义建设的利用。

二、合 成 沸 石

毛主席教导我们：“人的认识，主要地依赖于物质的生产活动，逐渐地了解自然的现象、自然的性质、自然的规律性、人和自然

表 1.1 主要的天然沸石及其某些性质

沸石品种	孔径(埃)	硬 度	比 重	折 射 率	颜 色	同 结 构 品 种
方 沸 石	2.6	5—5.5	2.2—2.3	1.487	白、无色	斜钙沸石、白榴石、磷方沸石、钠榴石
粒硅铝锂石	—	6	2.29	1.521	—	
锶 沸 石	—	5	2.1—2.5	1.512	白、黄、灰	
菱 沸 石	4.3	4—5	2.1—2.2	1.480	白、红、肉色	
斜发沸石	3.5	3—4	2.16	1.479	白	合成 X 型、Y 型沸石
环 晶 石	—	4.5	2.165	1.496	—	
钡 沸 石	2.6	4—4.5	2.7—2.8	1.553	白、绿、粉红	
柱 沸 石	2.6	4—4.5	2.21	1.510	白	
毛 沸 石	4.3	—	2.02—2.08	1.475	白	合成 P 型及 B 型沸石
八面沸石	8.0	5	1.92	1.48	白	
镁碱沸石	3.9	3—3.25	2.14—2.21	1.484	—	
十字沸石	—	4.5	2.13—2.17	1.511	无色	
水钙沸石	2.6	4.5—5	2.27	1.539	白、红、灰、无色	合成 P 型及 B 型沸石
钠菱沸石	4.3	4.5	2—2.1	1.485	黄白、绿白、红、红白	
变杆沸石	—	—	2.25	1.508	—	

交沸石	2.6		4.5	2.4—2.5	1.505	白、灰、黄、红、褐	
碱菱沸石	—		4.5	2.06	1.4846	—	
片沸石	2.6		3.5—4	2.1—2.2	1.498	白、灰、红、褐、无色	
土磷铝石	—		—	2.34	1.52—1.54	—	
浊沸石	2.6		3—3.5	2.2—2.4	1.517	白、黄、褐红	黄浊沸石
插晶菱沸石	3.6		4—4.5	2.1—2.2	1.496	白、灰、黄、粉红	
中沸石	2.6		5	2.2—2.4	1.506	白、无色	
丝光沸石	3.9(大孔,6.2)		3—4	2.1—2.15	1.480	淡黄、白、淡红	
钠沸石	2.6		5—5.5	2.2—2.35	1.481	白、灰、黄、红、无色	中沸石、钙沸石
菱钾沸石	6		—	2.13	1.489	—	
方碱沸石	3.6		5	2.21	1.473	—	
钙十字沸石	2.6		4—4.5	2.15—2.2	1.498	白、红	交沸石
钙沸石	2.6		5—5.5	2.16—2.4	1.518	白、黄、无色	
辉沸石	2.6		3.5—4	2.0—2.2	1.500	白、黄、褐、红	
杆沸石	2.6		5—5.5	2.3—2.4	1.523	白、红、绿	变杆沸石
磷方沸石	—		—	2.2	1.53	—	
斜钙沸石	—		5.5—6	2.265	1.498	—	
汤河原沸石	—		5	2.2	1.497	—	

的关系。”(《实践论》)人们对于沸石分子筛的认识,首先是从天然沸石开始的。

人类在实践活动中发现了天然沸石,并开始对它有了初步的认识。到1840年左右,有人报告关于沸石矿物的可逆脱水作用,即沸石脱水后又能重新吸附水;同时还注意到沸石在加热脱水过程中,透明度和结晶形状不改变。十九世纪末,人们在研究某些土壤的离子交换性质时,发现天然沸石也具有同样的作用,即其中的阳离子可被其它金属阳离子取代下来;同时发现菱沸石能迅速吸附水、甲醇、乙醇和甲酸的蒸气,而几乎不吸附丙酮、乙醚和苯。不久以后,人们认识到这些结果的重要性,注意到这种脱水的菱沸石实际上就是一种分子筛。根据天然沸石的这些性质,开始把它们当作吸附干燥剂使用,以及,利用它们来分离大小不同的各种流体分子。在空气的分离和纯制过程中,用菱沸石在低温下分离氧和氩取得了良好的结果。本世纪三十年代,巴勒(Barrer)开始对沸石进行了系统的研究。随着人们对天然沸石的认识不断深入,其应用范围越来越广。由于天然沸石不能满足工业上的大规模需要,因此,用合成沸石代替天然沸石已成为生产实践中的迫切要求。到本世纪四十年代末,即开始了大规模的沸石分子筛的合成工作。

“科学的发生和发展一开始就是由生产决定的。”(恩格斯:《自然辩证法》)生产实践活动使人们认识了沸石,而生产上的需要又推动了沸石的合成工作,同时也推动了对天然沸石(性质、结构及成因等)的研究。

沸石的合成工作,早在十九世纪末就有人进行过。由于最初发现天然沸石存在于地下深部的火山岩孔洞中,从而推断它是在高温、高压条件下形成的。因此,初期的合成沸石工作,都是模拟地质上生成沸石的环境进行的,即采取的是高温水热合成技术¹⁾,

1) 从地质学的角度来讲,水热合成应称为热液合成,因为合成介质不只是水,而是某些元素及化合物的溶液。但在沸石的合成中,习惯上都叫做水热合成。

表 1.2 合成的沸石及其类似物的品种¹⁾

丝光沸石、片沸石组	钠丝光沸石 ²⁾ 钙丝光沸石 ²⁾ 锶丝光沸石 ²⁾ 类锶丝光沸石(体心的) ²⁾ 锶镁碱沸石 ²⁾ 钙柱沸石 锶片沸石 ³⁾	交沸石、钙十字沸石组	钙锶钡交沸石 钾钠交沸石 铍交沸石 N交沸石 钠铝锆酸盐类似物 钠钾钙十字沸石 钾钙十字沸石 ³⁾ 钠 P1 (立方) ³⁾ 钠 P2 (四面体形,类十字沸石) 钠 P3 (菱形)
钠沸石组	钙杆沸石 钠钙杆沸石 钠镓锆类杆沸石		
菱沸石组	钾钠菱沸石 ²⁾ 类钾菱沸石 ²⁾ 锶菱沸石 ²⁾ 钠菱沸石 ²⁾ 钙N钠菱沸石 ⁴⁾	其它沸石	锶类汤河原沸石
八面沸石组	钠类八面沸石 ²⁾ 钠锆类八面沸石 ²⁾ 钠镓锆类八面沸石 ²⁾ NMe ₄ 八面沸石(富 SiO ₂)		
方沸石组	钠方沸石(立方) ³⁾ 钙方沸石(立方,斜钙沸石) 钙方沸石(四面体形) 锶方沸石 铍方沸石 钾方沸石(四面体形,白榴石) 钾方沸石(立方) 铷方沸石(双四面体形) 铯方沸石(铯榴石) 钠钾方沸石 铈方沸石	自然界不存在的沸石	锂沸石(Li ₂ O·Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂ ·4H ₂ O) 铯沸石(Li ₂ O·Al ₂ O ₃ ·8SiO ₂ ·5H ₂ O) 钾沸石(K ₂ O·Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂ ·3H ₂ O) 铷沸石(Rb ₂ O·Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂ ·H ₂ O) 钡沸石(BaO·Al ₂ O ₃ ·4SiO ₂ ·nH ₂ O) 钡-G 型沸石 ²⁾ 钡-J 型沸石 ²⁾ 钡-K 型沸石 ²⁾ 钠-A 型沸石 ²⁾ 钠-钾 L 型沸石 ²⁾ 钠-铝锆酸盐类似物 ²⁾ 钠-镓锆酸盐类似物 ²⁾ NMe ₄ A 型沸石(富 SiO ₂)

1) 在阳离子与类型之间有“-”者与无“-”者为完全不同类型的沸石。例如：CaA 型沸石表示用 Ca²⁺ 交换的 A 型沸石,而 Ca-A 型沸石为一种结构与之完全不同的沸石。
2) 有分子筛作用。
3) 在一定条件下可吸附气体。
4) “N”表示含 N 的阳离子,是 NH₄⁺ 与 NMe₄⁺ 之间的一个或多个离子。

表 1.3 主要的合成碱金属铝硅酸盐沸石

沸石类型	孔径(埃)	特 性 和 应 用	吸水量 (重量%)	备 注
3A	3.0	只吸附水,不吸附乙烯、乙炔、氨、二氧化碳和更大的分子。适用于石油气等的干燥	25	同类制品: Zeolam A-3
3A-2	3.2	对酸稳定; 适用于氯气、二氧化硫、氧化氮类的干燥和 pH 低至 2.5 的液体的干燥	—	
4A	4.0	吸附水、甲醇、乙醇、硫化氢、二氧化碳、二氧化硫、乙烯、丙烯,不吸附丙烷和更大的分子	27.5	同类制品: Zeolam A-4, Z-12
4A-XH	3.8	吸附水、甲醇,不吸附各种氟利昂型致冷剂。最适于这些致冷剂的干燥	22	吸水量为成型后的产品,其中含有一定量粘土
4A-XW	4.0	与 4A 相同,但具有更大的水吸附容量(按重量计比 4A 大 15%)	26	吸水量为成型后的产品,其中含有一定量粘土
5A	5.0	吸附正构烃类和直径小于 5 埃的分子,不吸附异构烃、环烷、芳烃类。用于从这些烃类中分离正构烃类	27	
AG-1	≥11	与 L 型类似,但吸附量比 L 型为大,吸附三乙胺、全氟三丁胺、三乙苯、异丙苯。用作大分子的吸附剂	—	
AG-2	≥11	类似于菱钾沸石。吸附异丙苯(26.2%)。用作大分子的吸附剂	—	相当于天然丝光沸石。同类制品: Zeolon
AG-4	≥11	对异丙苯、三乙胺、三乙苯、全氟三乙胺有高的吸附量。用作大分子的吸附剂,并可用作裂化和重排反应的催化剂	—	相当于天然毛沸石
AW-300	~4	对酸稳定。用于酸性气体的干燥和吸附分离; 用作催化剂和载体	—	
AW-400	4.3	与 T 型沸石类似	—	
AW-500	4.7	对酸稳定; 适用于氯、二氧化硫、氧化氮类、卤代烃类的干燥和 pH 低至 2.5 的液体的干燥	23.3	相当于天然菱沸石
B	2.6	只吸附水。用于天然气干燥; 从 95% 乙醇制无水乙醇; 各种小分子气体的干燥	24.4	相当于天然钙十字沸石、同类制品: Z-7, ZK-19 (含 K), P
C	<3.0	只吸附水,不吸附二氧化碳及其它	4.0	相当于天然方沸石
D	~5	在 -196°C 吸附大量的氨和氮。用于 C ₃ -C ₄ 正、异构烷烃的分离; 异构烃、环烷及芳烃的干燥	25.8	相当于天然菱沸石 (K, Na 型)