

环境矿物材料丛书

硅藻土加工与应用

张凤君 编著



Chemical Industry Press



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

环境矿物材料丛书

硅藻土加工与应用

张凤君 编著



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

硅藻土加工与应用/张凤君编著. —北京: 化学工业出版社, 2005. 9

(环境矿物材料丛书)

ISBN 7-5025-7649-5

I. 硅… II. 张… III. ①硅藻土-加工 ②硅藻土-应用 IV. P588. 24

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 107042 号

环境矿物材料丛书
硅藻土加工与应用

张凤君 编著

责任编辑: 朱 彤

文字编辑: 贾 婷

责任校对: 郑 捷

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
材料科学与工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010) 64982530

(010) 64918013

购书传真: (010) 64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷
三河市延风装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 12½ 字数 223 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7649-5

定 价: 29.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

内容提要

硅藻土作为一类重要的矿物材料正日益展现出其旺盛的生命力，而且由于我国拥有丰富的硅藻土矿产资源，因此，大力研究硅藻土加工及应用技术以及在环境保护方面的应用，对于我国相关产业的发展具有积极和现实的意义。本书主要介绍了硅藻土的性能、加工方法及应用，分别介绍了硅藻土性能及表征、硅藻土物化性能诱导、硅藻土在环境及其他领域的应用情况，反映了当前国内外在硅藻土开发和利用方面取得的新成就，特别是强调了其在化学工业、石油工业、食品工业、建筑工业、农业、材料和填料等领域的最新研究成果及未来发展方向。

本书内容丰富，具有一定的实用价值，可以作为无机非金属材料专业、矿物材料专业、矿物加工工程等学科的教学或教学参考书，也可供广大从事新材料、环境保护、化工、建材等领域的科研人员和工程技术人员使用或参考。

前言

硅藻土是一种早已被人们所熟知和使用的非金属矿产资源。近年来,随着科技水平的不断提高和发展,越来越多的科学工作者注意到硅藻土独特的物理和化学性质,不断地对硅藻土进行新产品的开发和研制,使其更广泛地应用于生产实践和日常生活。

由于硅藻土具有细腻、松散、质轻、多孔、吸水和渗透性强等特点,所以硅藻土的重要用途之一是作为助滤剂。采用硅藻土粉制品可以滤除液体中的固体颗粒、悬浮物质、胶体粒子及细菌,起到滤清和净化液体的作用,广泛用于啤酒业、医药行业、净水过滤、油脂工业、有机溶液、涂料和染料以及肥料、酸、碱、调味料、糖类、酒类等。

硅藻土还具有体轻、质软、多孔、隔声、耐热、耐酸、比表面积大及化学性质稳定等一系列优良特性,是众多工业领域中被广泛应用的一种功能性填料,广泛应用于涂料、塑料、橡胶、医药、牙膏、磨料和化学工业。例如,作为结构填料可以调节涂层的光泽度等。此外,硅藻土作为磨料可以在银抛光粉中使用,可抛光金属表面。它还可作为吸附剂使用。

在环境治理方面,硅藻土作为环境工程材料也有很重要的作用。例如,在给水处理中,可用于去除悬浮固体,去除铁离子、锰离子,去除细菌、病毒,还可脱盐、除味、除臭、脱色;在排水处理中,可用于污水的三级深度处理。在循环水处理方面,采用硅藻土过滤技术除具有良好的处理效果以外,还可直接用于回收成品,满足当今环保及资源回收、再利用的趋势和要求。

本书不仅介绍了有关硅藻土的各项性质和用途,而且对硅藻土的物化诱导、改性和改型也有所涉及,还着重介绍了近年来国内外学者取得的大量研究成果,收集了大量资料并强调其在化学工业、石油工业、食品工业、建筑工业、农业、材料和填料等领域的最新成果以及未来发展方向,以供各位同行参阅。

参加本书编写的人员有张凤君(第2章、第4章),马玖彤(第3章、第5章),陈云清(第1章)。全书由张凤君负责统稿。张松雷、李卿、王顺义、王鹤、沙娜、戴宁在本书的编写过程中做了大量工作,姜桂兰教授对本书给予了很多指导和帮助,在此表示衷心感谢。

由于时间仓促,编者水平有限,本书错漏之处在所难免,欢迎各位读者提出宝贵意见。

编者

2005年5月

目 录

第 1 章 硅藻和硅藻土	1
1.1 概述	1
1.2 硅藻的形成和结构	3
1.2.1 硅藻的形成	3
1.2.2 硅藻的形态	4
1.2.3 硅藻壳体的结构	5
1.3 硅藻土的命名和原土质量评价	6
1.3.1 硅藻土的命名	6
1.3.2 硅藻土的原土质量	6
1.4 硅藻土与某些相近岩石的区分	8
1.5 硅藻土的分类	8
1.6 国内外主要硅藻土生产国的硅藻土矿分布及特征	10
1.7 国内外硅藻土开发利用现状	13
1.8 我国硅藻土工业的发展趋势和存在问题	16
1.8.1 硅藻土在各领域的应用	17
1.8.2 硅藻土发展趋势	17
1.8.3 硅藻土工业发展中的问题及开发应用前景	18
参考文献	22
 第 2 章 硅藻土性能及表征	23
2.1 硅藻土物理性能	23
2.2 硅藻土化学性能	25
2.3 硅藻土物化性能测试及表征	26
2.3.1 硅藻土的主要成分	26
2.3.2 硅藻土的质量要求	29
2.3.3 硅藻土的吸附性能及表征	30
2.3.4 硅藻土的表面硅羟基性质及表征	35
2.3.5 硅藻土表面结构的傅里叶变换漫反射红外光谱及氟化技术 测试及表征	39
2.3.6 硅藻土用于采油过程的性能表征	42
2.3.7 硅藻土用于绝热耐火材料的性能表征	44
2.3.8 硅藻土用于金属型保温涂料的性能表征	47

2.3.9 硅藻土用于脱色的性能表征	48
参考文献	50

第3章 硅藻土物化性能诱导

3.1 硅藻土的提纯	52
3.1.1 硅藻土的提纯方法	53
3.1.2 硅藻土的分离方法	54
3.1.3 硅藻土制备高纯活性硅微粉工艺	55
3.1.4 硅藻土制取白炭黑工艺	56
3.2 硅藻土的改性	58
3.2.1 用于除氟硅藻土的改性	60
3.2.2 用于高聚物基复合材料填料硅藻土的改性	63
3.2.3 硅藻土成核改性聚甲醛的等温结晶动力学研究	67
3.3 硅藻土的改型	70
3.3.1 硅藻土改型制复合净水剂	70
3.3.2 硅藻土改型制复合助滤剂	71
3.3.3 硅藻土改型制水玻璃和白炭黑	72
3.3.4 硅藻土改型制复合陶瓷膜支承体	73
3.3.5 硅藻土改型制复合保温材料	77
参考文献	83

第4章 硅藻土在环境中的应用

4.1 硅藻土过滤技术的研究现状	85
4.1.1 工作原理	85
4.1.2 硅藻土过滤理论	86
4.1.3 技术特点及分类	86
4.1.4 硅藻土过滤技术的应用	87
4.1.5 硅藻土添加量	87
4.1.6 在啤酒生产中的应用	88
4.1.7 在白酒生产中的应用	90
4.2 硅藻土在污水处理中的应用	92
4.2.1 烧结硅藻土滤芯	93
4.2.2 硅藻土过滤技术	95
4.3 硅藻土助滤剂	114
4.3.1 硅藻土助滤剂的作用机理	115

4.3.2	硅藻土助滤剂对原料的要求	115
4.3.3	生产方法	116
4.3.4	硅藻土助滤剂的优缺点	118
4.3.5	硅藻土助滤剂应用实例	118
4.3.6	前景展望	119
4.4	硅藻土在石油工业领域中的应用	120
4.4.1	硅藻土预涂膜过滤技术在油田废水中的应用	120
4.4.2	硅藻土预涂膜过滤技术在油田采出水精细过滤中的应用	124
4.4.3	硅藻土动态膜超滤技术应用于油田采出水精细过滤	126
4.4.4	硅藻土高强度低密度水泥浆体系及其在 S70 井中的应用	126
4.4.5	硅藻土在深井固井低密度水泥浆中的应用	129
4.5	硅藻土在食品饮料中的应用	132
4.5.1	啤酒用硅藻土助滤剂的过滤技术	132
4.5.2	葡萄糖浆的过滤	137
4.5.3	酱油的灭菌处理	137
4.5.4	食醋的过滤	138
	参考文献	139
第 5 章	硅藻土在其他领域中的应用	141
5.1	硅藻土在建筑领域中的应用	141
5.1.1	硅酸钙绝热制品	142
5.1.2	硅藻土质隔热材料	145
5.1.3	普通建材	151
5.2	硅藻土在材料填料中的应用	155
5.2.1	硅藻土填料的主要性质	156
5.2.2	硅藻土填料对填充体系的综合效应	159
5.2.3	硅藻土填料的应用	160
5.3	硅藻土在农业领域中的应用	164
5.3.1	化肥	165
5.3.2	杀虫剂	167
5.3.3	硅藻土用于蛋鸡饲料	172
5.4	硅藻土开发应用新领域	173
5.4.1	以硅藻土为主要原料经水热处理制造微孔玻璃	174
5.4.2	以硅藻土为主要原料制造无机分离膜	174
5.4.3	以硅藻土为主要原料制造中空玻璃珠	175

5.4.4	具有光电氧化、还原作用的涂 TiO_2 膜的微孔玻璃及中空玻璃珠的制造	175
5.4.5	以硅藻土为主要原料制造泡沫玻璃	175
5.4.6	以硅藻土为主要原料制造硅有机化合物	175
5.5	硅藻土作载体的应用	176
5.5.1	微孔陶瓷	177
5.5.2	流化剂载体	179
5.5.3	催化剂载体	179
5.5.4	硅藻土与酶的固定化	183
参考文献		185

第 1 章

硅藻和硅藻土

- ◇ 概述
- ◇ 硅藻的形成和结构
- ◇ 硅藻土的命名和原土质量评价
- ◇ 硅藻土与某些相近岩石的区分
- ◇ 硅藻土的分类
- ◇ 国内外主要硅藻土生产国的硅藻土矿分布及特征
- ◇ 国内外硅藻土开发利用现状
- ◇ 我国硅藻土工业的发展趋势和存在问题

1. 1 概述

硅藻是一种形体极微小的单细胞藻类，其形体一般只有十几微米到几十微米。硅藻在地球上分布极为广泛，几乎有水的地方，甚至在一些半气生环境和土壤中都有它的存在。硅藻能进行光合作用，而且繁殖速度非常快，在某些特定的环境下，生活在水中的硅藻能以惊人的速度生长、繁殖。它们的遗骸沉积到水底被埋藏起来，当堆积到一定厚度时，就形成了硅藻土。

硅藻土是一种生物成因的硅质沉积岩，它主要由古代硅藻的遗骸所组成。其化学成分以 SiO_2 为主，矿物成分为蛋白石及其变种。硅藻土中的 SiO_2 在结构、成分上与其他矿物和岩石中的 SiO_2 不同，它是有机成因的无定形蛋白石矿物，通常称为硅藻质氧化硅。硅藻土除含水和 SiO_2 外，还含有少量 Fe、Al、Ca、Mg、K、Na 等杂质。矿物组成除硅藻外，常伴有各种黏土及石英、白云石等。

硅藻土自 1833 年首先在德国发现以来，已有一百多年的历史。在这一百多年中，硅藻土的开采、提纯、加工、应用都有很大发展，对其认识也更加深入，发现它有许多独特的性能，在工业上有着广泛的用途，能生产 500 多种产品，因此产量也逐年增加。

我国是硅藻土资源丰富的国家之一，20 世纪 50 年代仅有小规模的开发利用，六七十年代已发现和探明了一些硅藻土矿，80 年代加快了地质勘查工作。

我国自 1929 年发现浙江嵊州硅藻土，1935 年杨钟健先生在山东省临朐县采集到精美的动、植物化石，赋存化石的岩层即为呈书页状构造的硅藻土，1943 年发现吉林长白硅藻土，至今也有 70 多年的历史。目前我国已在 14 个省、自治区发现硅藻土矿 70 余处，已探明储量 3.6844 亿吨，远景储量超过 20 亿吨。在吉林长白、内蒙古、广东徐闻、云南腾冲 4 处发现了优质硅藻土矿，其中吉林长白是世界优质硅藻土储量上千万吨的产地之一。另外，在黑龙江省嫩江地区发现了质佳量大的硅藻岩；在云南先锋和黑龙江的鸡西发现了规模巨大的高烧失量型硅藻土；在云南宾川和山西张村发现了高钙硅藻土。已经证明我国是世界上硅藻土资源最丰富的国家之一，储量占世界探明储量的 19.11%，仅次于美国，居世界第二位。

由于硅藻土是生物成因的，是在特定的成矿条件下形成的，因此其资源是有限的。已知全球共有硅藻土 18.41 亿~20 亿吨，远景储量 35.73 亿吨。其中亚洲居第一位，有 10 亿吨；欧洲 5 亿吨；美洲、非洲和大洋洲 5 亿吨。

硅藻土是一种十分重要的非金属矿产。由于其具备特殊的理化性能，因此广泛用作化工生产中的催化剂载体，涂料、橡胶、造纸中的填料（见表 1-1），食品工业中的过滤、漂白剂，隔热、隔声材料以及石油精炼、陶瓷、玻璃、钢铁、冶金热处理等。它在涂料、造纸、塑料、橡胶、杀虫剂等工业中，常被用来作吸附剂和填充剂。而用硅藻土制成的隔热砖、耐火石灰，则广泛应用于炼钢、动力机械设备和热处理玻璃陶瓷窑及冷藏设备上，制糖、酿酒业利用硅藻土的显微孔隙作过滤剂和漂白材料，以澄清各种有机溶液。硅藻土还可用来作水泥的混合材料、轻质建筑砖和防火材料。

表 1-1 硅藻土在载体、填料等方面的应用

产品项目	行业分类	产品应用举例
载体	催化剂载体	广泛应用于氧化、还原、加氢、脱氢、水合、聚合、合成、烷基化、脱硫等各类反应
	农药载体	敌百虫、杀草丹、百菊清、叶枯宁、杀虫剂、农药包衣材料和粒状农药载体等
	化肥载体	磷肥、铵肥、高效复合肥、化肥包衣材料等
填料	橡胶填料、塑料填料	氟橡胶、硅橡胶、硫化硅橡胶等，聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、无滴棚膜等
	涂料、涂料填料	消光剂、白色平光醇酸面漆、铁红醇酸底漆、黑色阴极电泳底漆、高温耐火涂料（铸造涂料）等
	农药填料	粉剂农药填充剂等
	玻璃钢填料	环氧树脂、聚酯树脂等
	陶瓷填料	陶瓷、微孔陶瓷过滤棒等

硅藻土因其孔隙率大、吸附性强、容重小、熔点高、隔热、吸声、化学性能稳定等工艺特性，而被广泛应用于轻工、化工、建材等领域。

硅藻土作为玻璃钢、橡胶、塑料的填料，能明显增强制品的刚性和硬度，提高制品的耐热、耐磨、抗老化等性能，大幅度降低成本。

硅藻土作为造纸填料，能够改进纸张的不透明度和亮度，提高平滑度和印刷质量，减少纸张因湿度而引起的伸缩。

硅藻土作为涂料的消光剂，能够降低涂膜的表面光泽，增加涂膜的耐磨性和抗划痕性。

硅藻土是农药粉剂、颗粒剂的理想载体，可使制剂稳定，药效延长，剂量易于掌握。

硅藻土是高效复合肥的理想载体。其本身就具有一定肥效，而且对可溶性的氮、磷、钾吸附能力强，在土壤中具有一定的缓释作用，有利于作物生长。

硅藻土是生产茶色玻璃、微孔玻璃、微孔玻璃微珠、玻璃纤维的原料，因其熔点（1600℃）较石英的熔点（1700℃）低，故可节约能源，延长窑龄，降低成本。

硅藻土作为水泥的填料，用以配制高硅质和波特兰水泥，能够提高混凝土的流动性和可塑性，提高产品的耐磨性和抗腐蚀性。

硅藻土作为高沥青含量的路面和防水卷材的填料，能有效地解决泛油和挤浆现象，提高防滑性、耐磨性、抗压强度、耐侵蚀能力，大幅度提高使用寿命。

硅藻土作为保温材料，具有气孔率高、容重小、保温、隔热、不燃、隔声、耐腐蚀等优良性能，应用广泛。

硅藻土作为钻井冲洗隔离液的载体，用量 30%，效果很好。

硅藻土作为炸药的密度调节剂，是硝化甘油良好的载体和稀释剂，对硝酸铵有分散作用，减少炸药结块。

1.2 硅藻的形成和结构

1.2.1 硅藻的形成

硅藻土是一种生物成因的硅质沉积岩（见图 1-1），主要由古代硅落及其他微生物（放射虫、海绵等）的硅质遗骸组成，其中主要由 80%~90%，有些甚至达 90% 以上的硅藻壳组成，主要化学成分是 SiO_2 ，还有少量的 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 CaO 、 MgO 等。海水、湖水中的氧化硅主要消耗者就是硅藻，构成硅藻软泥，在成岩过程中经石化阶段形成硅藻土。



图 1-1 生物结构 直链藻各种切面 (1×270)

每个硅藻细胞都有上、下两个壳，上壳比下壳稍大，互相扣合在一起构成一个硅藻细胞（见图 1-2）。每个壳都由壳面、壳套和连接带三部分组成。上、下壳相连部分称作壳环面（带面）。在硅藻细胞腔的内部有一个细胞核，细胞核内有一个至多个核仁，整个细胞核被细胞质所包裹，细胞内还含有载色体、淀粉粒和油粒。

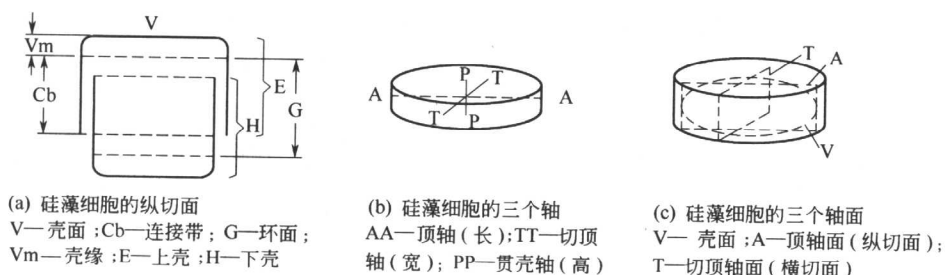


图 1-2 硅藻形态示意

硅藻壳由蛋白石组成，硅藻在生长繁衍过程中，吸取水中的胶态二氧化硅，并逐步转变为蛋白石。在地质历史中硅藻种类达一万余种，现存的有五万余种。

1. 2. 2 硅藻的形态

硅藻细胞外形主要有两种类型：一种是以圆形为主，壳面大多呈辐射对称；另一种呈针形、线形和棍棒形等，壳面大多呈两侧对称。每个硅藻壳体（或称硅藻细胞）都有三个轴，即顶轴、切顶轴和贯壳轴（见图 1-2）。由这三个轴分别组成壳体的三个轴面，即壳面、顶轴面和切顶轴面。壳面由顶轴和切顶轴组成；顶轴面由顶轴与贯壳轴组成；切顶轴面由切顶轴和贯壳轴组成。

1. 2. 3 硅藻壳体的结构

硅藻壳体的结构主要包括壳壁、壳壁上的各类微细结构（如孔纹、小刺和凸起等）和壳缝。研究硅藻壳体结构对硅藻的分类研究和硅藻土的应用研究都有指导意义。

(1) 壳壁 硅藻的壳壁很薄，多数都在 $1\mu\text{m}$ 以下，由非晶质 SiO_2 和果胶组成。这种 SiO_2 与石英类的 SiO_2 有本质上的区别。硅藻的壳体上有内外两层。一般外层壳壁上都有不同排列形式的小孔，这些小孔有的能穿过内层壳壁与细胞腔内部相通，有的则不能穿过内层壳壁，这种差异是导致不同硅藻土具有不同特性的原因之一。壳壁上的小孔形态、大小和排列方式决定了壳壁结构的千变万化。除此之外，有些硅藻壳面周缘还长有小刺，这些小刺主要起壳体与壳体之间的连接作用，有些仅起增大浮力的作用。

(2) 壳缝 壳缝是硅藻壳面的一个特有结构。它通常沿壳面顶轴方向分布，在显微镜下观察呈线形。在硅藻分类学的研究方面，壳缝也是一个重要的依据。除壳缝外还有假壳缝和管壳缝之分。假壳缝是弯杆硅藻壳所特有的一种构造，从壳面观察可以看到的是壳壁上呈线条地增厚；管壳缝的构造比假壳缝要复杂，它通常位于壳面的一侧或接近壳缘，通常呈管状，向外有一条狭的裂缝与外界相通，向内有圆形或椭圆形的开孔。

在我国已发现的硅藻土矿床中，主要有以下几种硅藻：直链藻 (*Melosira*)；颗粒直链藻 (*Melosira granulata*)；幅环藻 (*Actinocyclus*)；圆筛藻 (*Coscinodiscus*)；具缘圆筛藻 (*Coscinodiscus marginatus*)；舟形藻 (*Naniculula*)；冠盘藻 (*Stephanodiscus*)；棒杆藻 (*Ropalodia*)。

硅藻壳面上的孔洞呈有规则的排列，如具缘圆筛藻（见图 1-3）直径约为 0.14mm ，壳面网孔呈正六边形，中心孔径 $5\mu\text{m}$ ，边缘 $2\mu\text{m}$ ；颗粒直链藻（见图 1-4）链长 0.26mm ，具有 16 个藻胞，藻胞似圆柱形，直径 $12\mu\text{m}$ ，长 $15\mu\text{m}$ ，胞壁厚 $0.5\mu\text{m}$ ，易脱落成单体。

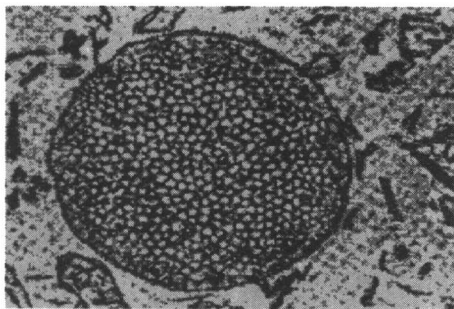


图 1-3 具缘圆筛藻水平切面 (1×270)

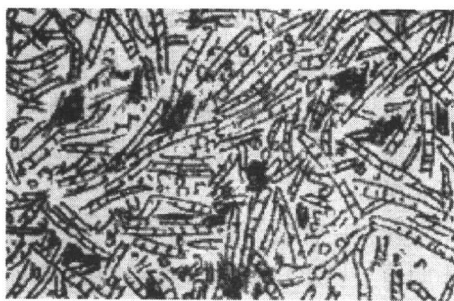


图 1-4 颗粒直链藻水平切面 (1×110)

1.3 硅藻土的命名和原土质量评价

硅藻土中主要的伴生矿物为黏土矿物、炭质（有机质），当这些矿物含量达 50% 以上则属黏土岩、炭质页岩，在命名时冠以硅藻××岩。当这些矿物含量小于 50% 则属硅藻土，在命名时冠以××硅藻土。

1.3.1 硅藻土的命名

硅藻土是以硅藻遗骸沉积为主生成的一种生物沉积岩。无论在海相硅藻土或非海相硅藻土中除了硅藻遗骸外，还常与各类黏土矿物（高岭土、蒙脱石、水云母等）和碎屑矿物（石英、长石）共存。所以，我国根据硅藻土原土中的硅藻壳体、黏土矿物和碎屑矿物三者之间的比率（按体积），以及原土中的化学组分（ SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 CaO 、 MgO 等）对硅藻土进行划分和命名。

我国硅藻土可划分为硅藻土、含黏土硅藻土和黏土质硅藻土三类。硅藻土是原土中的硅藻壳体含量在 80% 以上，原土的化学组分中 SiO_2 含量在 75% 以上。含黏土硅藻土是原土中的硅藻壳体含量在 70%~80%，原土的化学组分中 SiO_2 含量为 65%~75%。黏土质硅藻土是原土中硅藻壳体含量在 60%（55%~65%）左右，原土的化学组分中 SiO_2 含量为 60% 左右，这种土的质量较差。

1.3.2 硅藻土的原土质量

硅藻土原土质量的划分，是从原土中生物壳体含量、原土化学组分的差异及其物理特性三个方面进行综合评价。

1.3.2.1 原土中硅藻壳体含量与其质量的关系

硅藻壳体含量越高，原土质量越好。一级土硅藻壳体含量应达到 80% 以上，硅藻壳体含量在 60% 以下则为质量很差的土。

1.3.2.2 原土的化学组分与其质量的关系

SiO_2 含量是评价硅藻土原土质量的一个重要参数。原土中非晶质 SiO_2 含量越高，它的质量就越好。一般情况下，硅藻土原土中的 SiO_2 含量达到 60% 以上的，均可列入开采、利用的范围。原土中 SiO_2 含量低，说明原土中的杂质含量高。

Al_2O_3 含量与原土中的黏土矿物含量有关。通常，原土中 Al_2O_3 含量高，表明原土质量较差，但对于加工催化剂载体，原土中含适量的 Al_2O_3 对增强载体的坚固性是必要的。用于烧制轻质保温砖时，原土中含有适量的 Al_2O_3 能增加砖的抗压强度；而用于生产硅藻土助滤剂时，则要求原土中 Al_2O_3 含

量越低越好。

Fe_2O_3 含量取决于含铁矿物的含量。它的存在对硅藻土的任何一种用途都是有害的,尤其是用于制造催化剂载体时,要求原土中的 Fe_2O_3 含量应严格控制,控制在 1% 以下才符合要求。所以,当原土中 Fe_2O_3 含量超过一定限额时,必须设法除去。

CaO 含量与原土中的黏土矿物等杂质有关。原土中的 CaO 对硅藻土质量是无益的,我国大多数硅藻土的原土 CaO 含量都在 1% 左右。

MgO 含量在我国大多数硅藻土的原土中,一般与 CaO 的含量接近,它也是无益的氧化物,但由于其含量低,对产品质量影响不大,所以不必采用专门的处理方法将其除去。

烧失量与原土中的有机物含量有关。我国大多数硅藻土原土烧失量都在 10% 以下,只有个别地区的原土烧失量达到 30% 左右。

在任何一种硅藻土中都含有不同数量的石英、长石和黏土矿物等杂质,而这些杂质的化学组分中都有晶质硅的 SiO_2 。当对硅藻土原土进行化学分析测试时,这些杂质中的 SiO_2 与硅质生物壳体的非晶质 SiO_2 是无法区别的。所以,在参阅这些测试报告时,不能单凭报告中的 SiO_2 含量高低对被测试的硅藻土质量进行评价,还必须通过其他测试方法(X 射线衍射及红外线光谱)测定原土中的石英、长石和黏土矿物的相对含量。

1.3.2.3 硅藻土的物理特性与原土质量的关系

(1) 颜色 原土中杂质较少时,通常呈白色或灰白色。杂质含量越高,反映出的颜色越深。此外,原土中水分含量较多时,颜色也就变得深些,干燥后,颜色就变得浅一些。

(2) 密度 是指未经加工的原土单位体积的质量。我国硅藻土密度为 $1.9 \sim 2.3 \text{ g/cm}^3$ 。一般情况下密度越小,原土质量越好。

(3) 堆密度 是指在特定条件下单位体积的原土的质量。该指标是评价原土质量的一个很重要的依据。堆密度越小,原土质量越好。我国硅藻土的堆密度通常为 $0.34 \sim 0.65 \text{ g/mL}$,最低为 0.32 g/mL ,最高为 0.85 g/mL 。

(4) 比表面积 这一数值的大小与原土中硅藻类外形、壳壁的孔径大小和形态等因素有关,而与硅藻壳体的破碎程度关系不大。我国硅藻土原土的比表面积为 $19 \sim 65 \text{ m}^2/\text{g}$ 。

(5) 孔体积 表示单位质量(g)催化剂孔隙的体积(cm^3)。它与硅藻壳体的数量无明显关系,但与原土中的硅藻种类有关。这一单位值的大小所表示的功能效应应依据各种用途而定。我国硅藻土原土的孔体积一般为 $0.45 \sim 0.98 \text{ cm}^3/\text{g}$ 。

(6) 主要孔半径 表示硅藻土原土中硅藻壳壁上的小孔孔径范围,所以与

原土中的硅藻种类有密切关系。我国硅藻土原土的主要孔半径为 500~800Å^①。

(7) 吸水率 因硅藻土具有很大的孔隙，所以能吸附大量的水。通常能吸收自身体积 2 倍以上的水分，最高可达 4 倍。其他物性有 CEC (15~30mol/100g 原土)、白度 (15~30)、脱色力 (40~55) 等。

对质量较差的原土，常使用选矿方法加工。重力选矿法 (干法或湿法)、气流粉碎分级应用较多，还有旋流器分级及磁选、重磁选等。

1.4 硅藻土与某些相近岩石的区分

硅藻土的矿物成分与板状硅藻土、蛋白土十分相似 (见表 1-2)。

表 1-2 不同硅藻土成分对比 /%

项目	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	烧失量
板状	74.78~78.12	—	10.16~10.66	3.10~4.00	1.30~3.76	1.50~2.68	—
硅藻土	76.10~81.79	—	8.13~12.16	0.84~5.73	0.66~1.85	0.05~1.25	3.04~3.95
蛋白土	97.16	0.08	0.20	0.12	1.00	0.40	1.31
	92.15	0.18	2.08	1.37	0.95	0.30	1.43
	84.05	0.72	6.01	1.71	1.09	0.84	3.82
	79.50	0.53	7.76	3.05	0.79	1.11	4.54

板状硅藻土的矿物成分主要为蛋白石，但硅藻壳已破坏，相对密度为 0.8~1.4，SiO₂ 含量达 70%~85%，质地松软。

蛋白土由细粒蛋白石组成，无硅藻，相对密度为 1~1.8，SiO₂ 含量为 85%~95%，质地较硬。板状硅藻土及蛋白土均具有多孔构造，但孔隙率均比硅藻土低。

鉴别硅藻土的依据如下。

- ① 硅藻含量必须大于 50%，硅藻壳体基本完整，具有生物结构。
- ② 组成硅藻的矿物必须是未经变化的蛋白石。
- ③ 硅藻土的 SiO₂ 含量为 50%~95%。
- ④ 硅藻土一般均产于年轻的地质时代，如第三纪、第四纪。
- ⑤ 硅藻土常与黏土岩类、变质程度很低的煤层共生。

1.5 硅藻土的分类

依据划分标准的不同，硅藻土可分为不同种类。

① 1Å=10⁻¹⁰m，全书同。