

硫铝酸盐水泥的生产与应用

刁江京 辛志军 张秋英 著

中国建材工业出版社

序摇摇言

硫铝酸盐系列水泥的诞生和发展是我国水泥科技工作者自主创新的结晶。经过几代人长达三十多年的开发和应用研究，我国在硫铝酸盐水泥材料科学和工程应用领域已取得了大量国际领先成果，得到了国际同行的认可。这些成果凝聚着许多人的心血。本书作者二十多年来情有独钟、矢志不渝，接过前辈们的重担，从青年走到中年，一直坚守在硫铝酸盐水泥材料生产和研究开发领域。这本书，奉献了他们和其他同行者多年在生产和应用一线工作的经验和成果，在生产实践方面具有很强的操作性，在理论研究和开发应用方面，也总结了许多最新的成果和经验，弥足珍贵！

本书作者详细描述了硫铝酸盐水泥生产过程中的各种原材料、生产工艺、装备的比较和选择，对硫铝酸盐水泥发展过程中所采用的不同生产工艺进行了总结，提出了小型窑外分解（~~窑外~~）和五级旋风预热器窑（~~窑外~~）特别适合生产硫铝酸盐水泥，而小型干法中空窑应该淘汰的观点。同时，作者根据自己丰富的实践经验，对硫铝酸盐水泥生产中的一些关键环节进行了重点介绍，提出了各个生产环节的关键控制点。

随着硫铝酸盐水泥生产技术的日趋完善，其性能的开发应用以及相关标准制定已成为目前发展的重点。本书作者除了总结硫铝酸盐水泥得到广泛应用的成果以外，还为读者提供了许多新的应用实践经验，并对应用中出现的问题进行了详细的讨论，提出了解决问题的方法和途径。由于各种图片和数据非常丰富、详实，对从事硫铝酸盐水泥科研、生产和应用开发的工作人员们有很大的参考价值。

从水泥材料的发展历史来看，硫铝酸盐水泥的发展只能说刚起步不久，许多基础理论工作需要进一步发展和完善，许多应用技术需要进一步开发，还有许多应用领域需要进一步开拓。我衷心希望从事硫铝酸盐水泥科研、生产、应用开发等方面的同志们百尺竿头，更进一步，翻开硫铝酸盐水泥发展的新篇章。

中国水泥制品协会会长摇  (博士摇研究员)

圆园园年 苑月 圆园日于北京百万庄

前摇摇言

硫铝酸盐系列水泥是我国特种水泥行业的一个重要分支，有快硬硫铝酸盐水泥、低碱度硫铝酸盐水泥、自应力硫铝酸盐水泥、膨胀硫铝酸盐水泥等，是我国具有自主知识产权的特种水泥品种。它是由适当成分的生料，经低温煅烧而成的以无水硫铝酸钙（悦粤杂）和硅酸二钙（悦舜）为主要成分组成的熟料，加入适量混合材共同粉磨所制成的具有早强、快硬、低碱度等一系列优异性能的水硬性胶凝材料。

硫铝酸盐水泥是我国为数不多的拥有自主知识产权的水泥品种，这一地位得到了国际上的广泛承认。为了记录硫铝酸盐水泥三十年生产与应用的发展历程，作者决定编写此书，献给在硫铝酸盐水泥科研、生产、应用开发、国内外贸易作出突出贡献的生产企业和特种水泥生产工作者。

全书共分三篇，由刁江京编写绪论、第员篇、第圆篇；辛志军高级工程师编写第猿篇；张秋英高级工程师编写标准部分。第员篇介绍硫铝酸盐水泥的生产，包括：原料及燃料；配料技术；生料制备；硫铝酸盐水泥熟料的煅烧技术；硫铝酸盐水泥制成；硫铝酸盐水泥的品种与性能共六章。第圆篇介绍硫铝酸盐水泥的应用。第猿篇介绍硫铝酸盐水泥化学分析方法，包括：有关基础理论知识；分析样品的制备；试样的分解；水泥与水泥原材料主要成分分析原理概述；常用试剂和标准溶液的配置与标定；原材料分析；硫铝酸盐系列水泥生料、熟料及水泥分析共七章。书后附有硫铝酸盐水泥国家标准目录、行业和企业标准等。

作者非常感谢我的老师们——硫铝酸盐水泥的发明者王燕谋、邓君安、苏慕珍教授，是他们在我大学毕业后不久将我领入硫铝酸盐水泥的大门。他们手把手教我配料、生产工艺、熟料煅烧，使我在很短的时间掌握了技术的关键。他们给我创造了很多机会，使我能够很快独挡一面地开展研究开发工作。同时也要感谢水泥所原硫铝酸盐水泥项目组和原远大公司的同事们，他们和作者一起做了很多有益的工作，使硫铝酸盐水泥的生产技术和应用开发不断向前发展，也给本书提供了丰富的数据资料和素材。

硫铝酸盐水泥的发展也是与生产企业的努力分不开的。作者要感谢唐山六九水泥有限公司的方国安总经理、孙金良副总经理、李春清销售副总经理；郑州市王楼水泥工业有限公司张学文总经理；湖南永州市中大特种水泥有限责任公司胡宗林董事长、文华元副总经理；山东鲁中水泥有限公司孙建成董事长、王建军总经理；山西阳泉天隆工程材料有限公司胡培明董事长、彭建中总经理；广西云燕特种水泥建材有限公司杨毅总经理、吴丰总经理助理；山西阳泉狮头特种水泥有限公司荆富贵总经理、杨仲森总经理助理；唐山北极熊特种水泥有限公司张振秋总经理、陈智丰副总经理；湖北孝感安达特种水泥有限公司周明山总经理；河南焦作月桥特种水泥有限公司乔永明总经理；山东博山特种水泥有限公司刘持民总经理等一大批为硫铝酸盐水泥的生产与应用作出很大贡献的企业家，他们为本书的完成提供了大量的资料。没有他们的努力奋斗，就没有硫铝酸盐水泥现在的大好局面。

由于掌握的资料有限，本书中定有不少遗漏、不妥以至错误之处，敬希读者不吝指正。

作者摇刁江京
圆园园年 缘月 缘日

目 录

绪论	员
第 1 章 硫铝酸盐水泥的生产	缘
1.1 原料及燃料	缘
1.1.1 铝土矿(月岩)	缘
1.1.2 石灰岩(菱苦石)	怨
1.1.3 石膏(云母)	员
1.1.4 烟煤(月岩)	员
1.2 原料、燃料的预均化	员
1.3 配料技术	员
1.3.1 原料、燃料的选择	员
1.3.2 原料、燃料品质的基本要求	员
1.3.3 配料计算的基本原则	员
1.3.4 配料计算的基本公式	员
1.3.5 熟料矿物的计算公式	员
1.3.6 配料计算的基本参数	员
1.3.7 配料计算的辅助参数	员
1.3.8 配料的步骤	怨
1.3.9 配料中参数的选择	怨
1.3.10 生料配料计算——尝试误差法	圆
1.4 生料制备	圆
1.4.1 原材料的破碎	圆
1.4.2 配料方式的选择	圆
1.4.3 生料的粉磨	圆
1.5 硫铝酸盐水泥熟料的煅烧技术	圆
1.5.1 硫铝酸盐水泥熟料的化学组成	圆
1.5.2 硫铝酸盐水泥熟料的形成过程	猿
1.5.3 硫铝酸盐水泥熟料煅烧的工艺及设备	猿
1.5.4 硫铝酸盐水泥熟料的冷却	猿
1.5.5 硫铝酸盐水泥熟料形成的影响因素	猿
1.5.6 热工制度对熟料煅烧的影响	猿
1.5.7 工况对熟料煅烧的影响	猿

摇摇源源摇还原气氛对熟料煅烧的影响	猿
摇摇源源摇怎样才能生产出合格的硫铝酸盐水泥熟料	源
摇摇源源摇硫铝酸盐水泥熟料的质量	源
摇摇缘缘摇硫铝酸盐水泥制成	源
摇摇缘缘摇原材料	源
摇摇缘缘摇水泥组分	源
摇摇缘缘摇配料计算	源
摇摇缘缘摇水泥粉磨	源
摇摇缘缘摇硫铝酸盐水泥制成中注意的几点问题	源
摇摇缘缘摇硫铝酸盐水泥的品种与性能	缘
摇摇缘缘摇硫铝酸盐水泥的品种	缘
摇摇缘缘摇硫铝酸盐水泥的技术性能	缘
摇摇缘缘摇硫铝酸盐水泥混凝土的物理力学性能	缘
摇摇缘缘摇应力应变曲线	缘
摇摇缘缘摇徐变和干缩	缘
摇摇缘缘摇硫铝酸盐水泥混凝土的耐久性	缘
摇摇缘缘摇硫铝酸盐水泥混凝土的耐热性能	缘
摇摇缘缘摇抑制碱集料反应	缘
摇摇缘缘摇钢筋锈蚀	缘
摇摇缘缘摇硫铝酸盐水泥凝结时间的调整	远
第 圆篇摇硫铝酸盐水泥的应用	远
摇摇苑苑摇综述	远
摇摇苑苑摇早期的应用	远
摇摇苑苑摇硫铝酸盐水泥在 郧砸兑制品行业中的应用	苑
摇摇苑苑摇冬季施工工程	苑
摇摇苑苑摇水泥制品	苑
摇摇苑苑摇道路桥梁	苑
摇摇苑苑摇北京奥林匹克中心应用——硫铝酸盐水泥进行气泡混合轻质土工程	苑
摇摇苑苑摇特种工程材料的应用	苑
第 猿篇摇硫铝酸盐水泥化学分析方法	猿
摇摇愿愿摇有关基础理论知识	猿
摇摇愿愿摇配位滴定法的基本原理	猿
摇摇愿愿摇离子交换分离法	猿
摇摇愿愿摇分析样品的制备	猿
摇摇愿愿摇实验室样品的采集	猿
摇摇愿愿摇制备样品的方法	猿
摇摇愿愿摇制备样品的注意事项	猿

摇员摇试样的分解.....	员源
摇摇员员摇用氢氧化钠作熔剂分解法.....	员源
摇摇员圆摇用碳酸钾—硼砂(员垣员)混合熔剂分解法.....	员缘
摇摇员圆摇用氢氧化钾熔剂分解法.....	员缘
摇摇员圆摇水泥与水泥原材料主成分分析原理概述.....	员缘
摇摇员圆摇烧失量.....	员缘
摇摇员圆摇二氧化硅.....	员缘
摇摇员圆摇三氧化二铁.....	员远
摇摇员圆摇二氧化钛.....	员苑
摇摇员圆摇三氧化二铝.....	员园
摇摇员圆摇氧化钙.....	员猿
摇摇员圆摇氧化镁.....	员源
摇摇员圆摇三氧化硫.....	员源
摇摇员圆摇氧化钾、氧化钠.....	员缘
摇摇员圆摇常用试剂和标准溶液的配制与标定.....	员缘
摇摇员圆摇普通试剂的配制.....	员远
摇摇员圆摇标准滴定溶液的配制与标定.....	员愿
摇摇员圆摇原材料分析.....	员源
摇摇员圆摇矾土分析.....	员源
摇摇员圆摇石灰石分析.....	员愿
摇摇员圆摇石膏分析.....	员员
摇摇员圆摇煤的分析.....	员源
摇摇员圆摇硫铝酸盐系列水泥生料、熟料及水泥分析.....	员缘
摇摇员圆摇硫铝酸盐系列水泥生料分析.....	员缘
摇摇员圆摇硫铝酸盐系列水泥及熟料分析.....	员远
附录摇摇硫铝酸盐水泥标准.....	员愿
摇摇员圆摇硫铝酸盐水泥国家标准.....	员愿
摇摇员圆摇硫铝酸盐水泥行业、企业标准.....	员园
摇摇员圆摇硫铝酸盐水泥(报批稿).....	员远
摇摇员圆摇硫铝酸盐水泥相关标准目录.....	员猿
参考文献.....	员源

北京建筑工程研究所、铁道部铁路科学研究所、建材院管道室、混凝土室、交通部一航局科研所和北京市市政研究院等单位给予了大力的支持和帮助，使硫铝酸盐水泥逐步为建筑工程界所认识，开始推广应用。

进入 20 世纪 80 年代以后，新一代水泥科学工作者加入到研制硫铝酸盐水泥的队伍中，新的思想和观念也不断引入，电子计算机配料技术、水泥标准化工作的开展使研制硫铝酸盐水泥进入了新的发展时期。由石家庄水泥制品厂一个生产厂推广到全国有 10 个生产厂生产硫铝酸盐水泥，建立了一整套技术转让的程序和样本。在推广过程中我们发现，随着硫铝酸盐水泥使用的不断扩大，小型回转窑企业工艺落后、产量低、质量不稳定，已经不适应市场的要求，需要选择新的生产工艺和技术来推广硫铝酸盐水泥的生产。

20 世纪 90 年代以来，硫铝酸盐水泥的生产技术和应用技术不断成熟。随着其早强、高强、低徐变、低碱、抗渗、抗冻融、耐腐蚀等一系列优异性能的不断开发，硫铝酸盐水泥的应用范围在越来越扩大，其生产量也逐年增加，立筒预热器窑生产硫铝酸盐水泥的新工艺的推广，出现了唐山北极熊特种水泥有限责任公司等年生产能力达到 10 万 ~ 20 万吨的硫铝酸盐水泥生产企业。

进入 21 世纪以来，硫铝酸盐水泥的生产和应用有了更新的发展，出现了以唐山六九水泥有限公司为代表的年产量达到 10 万 ~ 20 万吨的大型特种水泥企业。由于采用了五级旋风预热器煅烧工艺，大幅度地降低了能源消耗。2003 年 10 月在日产 1000 吨外分解窑上首次生产硫铝酸盐水泥获得成功，使硫铝酸盐水泥走出了小型化生产的模式，向大型化特种水泥企业迈进。由于大型化的实现，使硫铝酸盐水泥企业的产品质量稳定性明显提高，为进入大型水泥制品行业和大型工程应用创造了条件。

现全国共有硫（铁）铝酸盐水泥的生产企业 10 家，硫（铁）铝酸盐水泥已广泛应用在高强度等级混凝土结构工程、冬季施工工程、水泥制品、陶瓷制品及各种特殊工程中，受到了建筑工程界的广泛重视和欢迎。各生产企业 2003 年 ~ 2005 年年产量见表 1。

表 1 全国硫（铁）铝酸盐水泥生产企业及年生产量总览

序号	生产厂名称	2003 年年产量（吨）	2005 年年产量（吨）
1	唐山六九水泥有限公司	100000	150000
2	郑州市王楼水泥工业有限公司	100000	150000
3	唐山北极熊特种水泥有限责任公司	100000	150000
4	湖南冷水滩中大特种水泥有限责任公司	50000	70000
5	山西阳泉狮头特种水泥有限公司	100000	150000
6	河南中泰特种水泥有限公司	100000	150000
7	天津华远特种水泥生产开发基地	50000	70000
8	湖北孝感安达水泥有限责任公司	100000	150000
9	山西阳泉天隆工程材料有限公司	100000	150000
10	河南焦作市月桥特种水泥有限公司	100000	150000
11	山东淄博市博山联营特种水泥厂	100000	150000
12	河北石家庄市迅塔特种水泥有限公司	100000	150000
13	山东金鲁城集团鲁中水泥有限公司	100000	150000

续表

序号	生产厂名称	1995年产量(吨)	1996年产量(吨)
15	江苏溧阳汉生特种水泥有限责任公司*	10000	10000
16	广西云燕特种水泥建材有限公司	10000	10000
17	山东淄博市金湖特种水泥有限公司	10000	10000
18	河北省邯郸市峰峰联营特种水泥厂	10000	10000
19	河北省石家庄金石门特种水泥厂	10000	10000
20	云南省昆明市高翔特种水泥有限公司	10000	10000
21	四川省峡江市规矩特种水泥有限公司*	10000	10000
22	四川省乐山市嘉华特种水泥有限公司杨湾水泥厂*	10000	10000
23	湖北省宜城市特种水泥有限公司	10000	10000
24	北京门头沟风光旅游有限公司赛阳特种水泥制造厂*	10000	10000
25	河南新密特种水泥厂	10000	10000
26	山西潞城县特种水泥厂	10000	10000
27	上海白水泥厂**	10000	10000
28	杭州萧山中抗特种水泥有限公司**	10000	10000
29	新疆新建材集团*	10000	10000
30	内蒙古通辽特种水泥厂	10000	10000
31	贵州遵义特种水泥厂	10000	10000
合计		100000	100000

摇摇注：表中所列均为硫铝酸盐水泥和熟料的产量，不包括其他特种工程材料的产量。

* 为季节性或部分生产硫铝酸盐水泥的企业。

** 为购买河南、山西、山东等地的硫铝酸盐水泥熟料粉磨加工的生产企业。

我国硫铝酸盐水泥的产量从1995年开始有个快速增长期，1995年全国硫铝酸盐水泥的实际生产量为100万吨，1996年生产量为100万吨，比上年增长100%；1997年实际生产量为100万吨，比上年增长100%；1998年实际生产量为100万吨，比上年增长100%。因此硫铝酸盐水泥的年生产量增长速度大大高于我国国民经济发展的速度，属于快速成长的行业。但是从1999年开始，硫铝酸盐水泥的产量增长速度开始下降，年产量基本上在100万吨左右。1999年硫铝酸盐水泥的生产总量与1995年相比下降了100%，这主要是因为1999年我国的经济开始宏观调控，房地产项目开始下滑，而作为建筑墙板的主要水泥供应者——硫铝酸盐水泥的产量也开始下降。

由于城市建设发展的需要，有些硫铝酸盐水泥生产企业由于地理位置的原因需要搬迁，有些企业因为改制等原因，开始逐渐退出了硫铝酸盐水泥的生产领域。因此，产量的下降也是必然的。

另外，国家已经推出了开展节约型经济的发展模式，从表中也可看出，100万吨的产量由100个企业实现，平均每个生产企业的年产量仅为1000吨，而且能耗高，污染大，浪费严重，已经不符合国家的产业政策。因此预计1999年和以后若干年，硫铝酸盐水泥生产企业的数目将进一步缩小，产量可能也会随之而降低。

由于硫铝酸盐水泥具有高强、快硬、低碱、自应力等特点。笔者根据这些特点和硫铝酸盐

盐系列水泥在建筑工程中的应用实践，进行概括性地描述。但是由于各厂的实际情况不同，水泥的应用又是极其广泛的，因此仅能大致描述。

目前我国硫铝酸盐水泥应用市场用量及品种分布见表 圆

表 圆 我国硫铝酸盐水泥应用市场用量及品种分布

应用市场	年水泥用量（万 吨）	水泥品种
耐火制品（墙板、保温、外装饰、其他）	愿园	低碱度硫铝酸盐水泥 快硬硫铝酸盐水泥
自应力水泥压力管	苑	自应力硫铝酸盐水泥
冬季施工及特殊工程	缘	源级快硬硫铝酸盐水泥
排水管、电杆和水泥制品	园	源级快硬硫铝酸盐水泥 猿级复合硫铝酸盐水泥
配制特种工程材料	员园	熟料、快硬硫铝酸盐水泥
企业之间熟料购销	圆	熟料
出口	员	特烧熟料、膨胀剂

从表 圆可以看出，我国生产的硫铝酸盐水泥 缘园左右为低碱度硫铝酸盐水泥和快硬硫铝酸盐水泥，主要用于 耐火制品；大约 缘园左右的产量为自应力硫铝酸盐水泥，主要用于自应力水泥压力管；大约 源左右的产量为 源级快硬硫铝酸盐水泥，主要用于冬季施工和特殊要求的工程；大约 员左右的产量为 源级快硬硫铝酸盐水泥和 猿级复合硫铝酸盐水泥，主要用于排水管、电杆和水泥制品；大约 愿用于配制各种特种工程材料；大约 员为生产企业之间的熟料购销；园用于出口。

综上所述，硫铝酸盐水泥行业是我国近三十年发展起来的新兴特种水泥行业，其生产和应用均在发展之中。这就需要我们从事本行业的科技人员、管理和销售人员共同努力，才能将这一新兴特种水泥行业发展得更好。

第 1 篇 摇硫铝酸盐水泥的生产

1 摇原料及燃料

水泥是一种水硬性的胶凝材料，其中重要的特种水泥品种之一是硫铝酸盐水泥。生产硫铝酸盐水泥的主要原材料为铝质原材料——矾土、石灰质原材料——石灰石和硫质原材料——石膏。这三种原材料的化学成分和工艺特性影响着硫铝酸盐水泥的生产。采用不适宜的原材料将会导致生产条件的恶化，并影响到最终产品的性能。

硫铝酸盐水泥生产应该采用干法，这不仅是因为节能，还是由原料性能所决定的。硫铝酸盐水泥生料中配有大量石膏，它在水中有一定的溶解，在料浆浓缩时会引起成分波动，同时容易发生结块，造成生产困难，所以生料制备应尽可能采用干法。

硫铝酸盐水泥生产中使用的原材料一般以外购的方式解决，很少有自己所属的矿山，特别是矾土和石膏这两种原材料，大部分都采用外地采购的形式进厂。因此，介于原材料矿山和生料制备系统之间的原材料堆场是保证硫铝酸盐水泥厂正常生产需求的原材料供应的重要一环。由于原材料的预均化，这一中间堆场的作用显得更为重要。原材料预均化既可以改善采购原材料的品位，实行各种质量原材料的均匀搭配；又可以为控制生料配比、稳定熟料煅烧及保证熟料质量创造条件，是硫铝酸盐水泥生产中的重要环节。

生产硫铝酸盐水泥的基本原材料是矾土、石灰石和石膏，并用烟煤作燃料。

1.1 摇矾土矿（月猿猿猿猿）

俗称矾土，含一水硬铝石（粤猿猿猿·匀猿猿）、一水软铝石（粤猿猿猿·匀猿猿）和三水铝石（粤猿猿猿·猿猿猿）等主要矿物；常混有高岭石、赤铁矿、绿泥石、水云母和石英等杂质；往往呈胶态的含水氧化铁、含水铝硅酸盐和蛋白石等矿物质所胶结。按我国矿产储量委员会 1984 年修订的铝土矿床工业指标要求，对粤猿猿猿 \geq 源缘、粤猿猿猿（铝硅比） \geq 源缘的矿石都称作铝土矿。

按主要矿物种类，矾土矿分为：一水硬铝石型、一水软铝石型和三水铝石型等三种。此外，矾土矿还按矿床成因分类。在国外，矾土矿床没有公认的统一分类法，一般分为红土型矿床、沉积型矿床、变质型矿床和淋积型矿床等四大类。在我国，矾土矿床分为沉积型、堆积型和红土型等三类。

我国矾土矿按粤猿猿猿含量和粤猿猿猿分成 苑 个品级，见表 1.1；按粤猿猿猿含量分成低铁型、含铁型、中铁型和高铁型等 源 个类型，其含铁指标值见表 1.2；按含硫量又分成低硫型、中硫型和高硫型等 猿 个类型，其含硫指标值见表 1.3。

据美国矿业局 1984 年版发表的统计数字，世界铝土矿储量为 1.4 亿吨，主要分布在几内亚、澳大利亚、巴西、牙买加、印度、印度尼西亚、圭亚那、喀麦隆、希腊和苏里南等国家，这 6 个国家的储量占世界总储量的 80% 左右。国外开采利用最多的矾土矿是红土型矿床的三水铝石型矿石，其化学组成特点是高铝、低硅、高铁，一般粤猿猿猿为 源缘~100，粤猿猿猿小于 缘，粤猿猿猿大于 100。此类铝土矿较易开采和冶炼。

表 员 瑶 我国矾土矿品级标准 (别月猿 猿 一 愿 猿)

品 瑶 级	指 瑶 标 瑶 值		用 途
	粤 猿 猿 不 小 于	粤 猿 猿 猿 (猿) 不 小 于	
I	猿	猿 猿 猿 猿	研 磨 料、 铝 酸 盐 水 泥、 氧 化 铝 氧 化 铝 氧 化 铝 氧 化 铝
II	猿	猿 猿 猿 猿	铝 酸 盐 水 泥、 氧 化 铝 氧 化 铝 氧 化 铝 氧 化 铝
III	猿	猿 猿 猿	氧 化 铝 氧 化 铝 氧 化 铝
IV	猿	猿	氧 化 铝
V	猿	猿	氧 化 铝
VI	猿	猿	氧 化 铝
VII	猿	猿	氧 化 铝

表 员 瑶 我国矾土矿含铁类型表

类 瑶 型	云 猿 猿 (猿)
低 铁 型	猿猿
含 铁 型	猿- 猿猿
中 铁 型	猿- 猿猿
高 铁 型	猿猿

表 员 瑶 我国矾土矿含硫类型表

类 瑶 型	杂 (猿)
低 硫 型	猿猿猿
中 硫 型	猿猿- 猿猿
高 硫 型	猿猿

我国是矾土资源储量比较丰富的国家, 猿猿猿 年年底的保有储量约为 员 猿 猿 亿 吨 分布于全国 员 愿 个省、市、自治区, 但储量相对集中, 尤以山西、贵州、河南和广西储量最多, 这四个省、自治区的保有储量占全国总储量的 猿 猿 猿 猿。我国矾土矿床以沉积型为主, 占全国总储量的 猿 猿 猿 猿; 堆积型和红土型分别只占总储量的 猿 猿 猿 猿和 猿 猿 猿 猿。我国矾土矿石类型远

以一水硬铝石型为主，占全国总储量的 80% 以上，而三水铝石型仅占 20% 左右。我国矾土矿石的化学特征从总体上看属高铝、高硅、低铁， Al_2O_3 为 70% ~ 80%、 SiO_2 为 10% ~ 15%、 Fe_2O_3 为 1% ~ 2%、 CaO 为 0.5% ~ 1%、 MgO 为 0.5% ~ 1%。从这里可以明显看出，我国矾土资源在矿床类型、矿物种类和化学组成等方面都与国外不同，具有自己的特点。

生产硫酸铝水泥时，我们把 Al_2O_3 小于 70% 的矾土称为铝矾土、 Al_2O_3 大于 70% 的称为铁矾土。根据 SiO_2 含量，把铝矾土分成三级： SiO_2 大于 15% 为一级、 SiO_2 为 10% ~ 15% 为二级、 SiO_2 为 5% ~ 10% 为三级。

我们生产硫酸铝水泥时，使用不同地区的矾土主要产于：河北省的井径、邯郸、唐山；山西省的阳泉；河南省的登峰、密县、巩县；湖北省的宜城；贵州省的贵阳等地。铁矾土主要产于山东省的博山、淄川；河北省的邯郸、唐山；山西省的阳泉；广西壮族自治区的平果等。表 1 列出不同地区、不同级别的铝矾土和铁矾土的代表性成分。

表 1 不同级别矾土代表性化学成分

化学成分 矾土名称	烧失量	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	CaO	MgO	其他	产地
一级铝矾土	0.5%	75%	12%	1%	0.5%	0.5%	0.5%	井径
一级铝矾土	0.5%	75%	12%	1%	0.5%	0.5%	0.5%	贵阳
一级铝矾土	0.5%	75%	12%	1%	0.5%	0.5%	0.5%	阳泉
二级铝矾土	0.5%	75%	10%	1%	0.5%	0.5%	0.5%	井径
二级铝矾土	0.5%	75%	10%	1%	0.5%	0.5%	0.5%	阳泉
二级铝矾土	0.5%	75%	10%	1%	0.5%	0.5%	0.5%	河南
三级铝矾土	0.5%	75%	8%	1%	0.5%	0.5%	0.5%	峰峰
三级铝矾土	0.5%	75%	8%	1%	0.5%	0.5%	0.5%	宜城
三级铝矾土	0.5%	75%	8%	1%	0.5%	0.5%	0.5%	井径
一级铁矾土	0.5%	70%	15%	1%	0.5%	0.5%	0.5%	阳泉
一级铁矾土	0.5%	70%	15%	1%	0.5%	0.5%	0.5%	阳泉
二级铁矾土	0.5%	70%	15%	1%	0.5%	0.5%	0.5%	博山
二级铁矾土	0.5%	70%	15%	1%	0.5%	0.5%	0.5%	博山
三级铁矾土	0.5%	70%	15%	1%	0.5%	0.5%	0.5%	峰峰
三级铁矾土	0.5%	70%	15%	1%	0.5%	0.5%	0.5%	唐山

矾土主要用于生产金属铝。全世界总产量 80% 以上的矾土用作制铝原料，其他用于生产耐火材料、化学制品、研磨材料和铝酸盐水泥。不同的用途对矾土质量都有自己的允许范围。用于生产铝酸盐水泥的矾土，要求其 Al_2O_3 含量大于 70%、 SiO_2 小于 15%、 Fe_2O_3 小于 2%。用于生产氧化铝的矾土，不同生产方法对其有不同的质量要求。烧结法能使用低品位矾土，要求其 Al_2O_3 为 70% ~ 75%、 SiO_2 小于 15%；拜耳法适用于富矿，要求 Al_2O_3 大于 75%、 SiO_2 大于 10%；联合法适用于中等品位矾土，一般要求 Al_2O_3 大于 70%、 SiO_2 为 10% ~ 15%、 Fe_2O_3 小于 2%。生产氧化铝时，硫是有害杂质，对所有方法都不宜采用高硫铝土矿。

硫铝酸盐水泥生产对矾土质量也有一定的要求，其不同品种有不同的允许范围。硫铝酸盐水泥各品种对矾土的质量要求指标见表 15-2。

表 15-2 生产硫铝酸盐水泥各品种的矾土质量指标

矾土种类与成分 水泥品种	铝矾土		
	Al ₂ O ₃ (豫)	SiO ₂ (豫)	Fe ₂ O ₃
出口熟料	≥ 85	≤ 10	≤ 0.5
快硬硫铝酸盐水泥	≥ 85	≤ 10	
复合硫铝酸盐水泥	≥ 85	≤ 10	
膨胀硫铝酸盐水泥	≥ 85	≤ 10	
自应力硫铝酸盐水泥	≥ 85	≤ 10	
低碱硫铝酸盐水泥	≥ 85	≤ 10	

从表 15-2 可以看到，硫铝酸盐水泥生产对矾土质量要求，远比铝酸盐水泥生产对矾土质量要求低，不仅对 Al₂O₃ 含量要求低，还允许有较大量的 SiO₂ 存在。与烧结氧化铝的生产相比，对矾土质量允许范围也放宽了。与烧结法和联合法相比，SiO₂ 含量要求较宽，可以大于 10%；与拜耳法相比，Al₂O₃ 含量要求对许多品种而言也都放宽了，可以低于 85%。而且，生产硫铝酸盐水泥时，生料中要求含一定数量的硫，所以对矾土质量没有硫的限制，可以使用 Al₂O₃ 生产不能使用的高硫型矾土。可见，硫铝酸盐水泥生产在很大程度上拓宽了矾土矿的使用范围，使一些没有工业价值的矾土矿能很好地利用起来。

矾土中的有害成分对硫铝酸盐水泥熟料性能有较大影响，其中钾、钠（K₂O、Na₂O，统称为碱）的影响是十分严重的。当熟料中的钾、钠（K₂O、Na₂O）含量超过 1.5% 以上，会使熟料的凝结时间急剧加快，造成硫铝酸盐水泥石的初始结构缺陷，进而导致后期强度的降低；当熟料中的钾、钠（K₂O、Na₂O）含量超过 2.0% 以上，甚至会造成硫铝酸钙的急剧膨胀，致使水泥石开裂。因此在硫铝酸盐水泥的生产中，必须特别重视控制熟料中的碱含量。为此，要求矾土中的碱含量必须小于 1.5%。

另外，生产电解铝后剩下的工业废料——铝渣（其氧化铝的含量较高），也可作为原料来生产硫铝酸盐水泥。作者于 1956 年在新疆新工建材集团公司特种水泥厂进行了试验，利用新疆铝厂的工业废料——铝渣和部分低品位矾土作为原料，成功地生产了符合国家标准、行业标准规定的硫铝酸盐水泥。所用铝渣的化学成分见表 15-3。

表 15-3 新疆铝厂铝渣的化学成分

	烧失量	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
铝渣 原质	0.5	85	10	1	0.5	0.5	0.5	0.5
铝渣 原圆	0.5	85	10	1	0.5	0.5	0.5	0.5

从表 15-3 可以看出，铝渣的化学成分基本符合生产硫铝酸盐水泥的要求，但是有以下几个问题要引起足够的重视，才能够使用。

(1) 碱含量问题。由于电解铝的生产工艺，在铝渣中含有一定量的碱含量（K₂O、Na₂O），所以单独应用势必造成熟料的碱含量超标，使熟料凝结时间过快，强度偏低。因此

必须与低碱含量的低品位铝矾土搭配使用，才能生产出符合国家标准、行业标准规定的硫铝酸盐水泥。

(四) 水分问题。由于铝渣是湿排放的，经过化学反应后细度非常细，有大量的毛细孔水存在，采用短期晾晒、烘干等方法是不能将毛细孔水进行排除的。在新疆，因为空气干燥，所以长期晾晒可以使其烘干，但是由于风大，其损失也是十分严重的。正确的方法应该在铝渣较湿时将其用成球盘成球，然后进行烘干，即可使用。

总之，利用工业废渣生产高品质的硫铝酸盐水泥是我们不断追求的目标，我们应努力开发新的资源，减少对天然资源的依赖，为发展循环经济作出我们的贡献。

1. 石灰岩 (Limestone)

俗称石灰石。石灰岩是以方解石矿物为主要组成的碳酸盐类沉积岩。方解石的理论化学组成是 $CaCO_3$ ，属三方晶系，常呈复三方偏三角面体及菱面体结晶，集合体呈晶簇、粒状、钟乳状、鲕状或致密块状。硬度为 3，密度为 2.7。

在石灰岩中，除方解石外，常含有白云石和黏土质矿物，形成一系列过渡型岩石。按所含方解石、白云石和黏土质矿物的比例，石灰岩分成 3 种，见表 1。按化学成分的分类见表 2。除白云石和黏土质矿物外，石灰石经常还含有少量石英和含铁矿物等其他杂质。

表 1 石灰岩按矿物组成分类表

豫

岩石名称	方解石	白云石	黏土质矿物
石灰岩	100% - 100%	0% - 0%	0% - 0%
白云石灰岩	95% - 95%	5% - 5%	0% - 0%
白云质灰岩	90% - 90%	10% - 10%	0% - 0%
泥质灰岩	85% - 85%	15% - 15%	0% - 0%
泥灰岩	80% - 80%	20% - 20%	0% - 0%
含泥白云石灰岩	75% - 75%	25% - 25%	0% - 0%
含云泥石灰岩	70% - 70%	30% - 30%	0% - 0%
含泥云石灰岩	65% - 65%	35% - 35%	0% - 0%

表 2 石灰岩按化学成分分类表

豫

岩石名称	$CaCO_3$	$MgCO_3$	其他
石灰岩	95% - 95%	0% - 0%	0% - 0%
白云石灰岩	90% - 90%	10% - 10%	0% - 0%
白云质灰岩	85% - 85%	15% - 15%	0% - 0%
泥质灰岩	80% - 80%	20% - 20%	0% - 0%
泥灰岩	75% - 75%	25% - 25%	0% - 0%
含泥白云石灰岩	70% - 70%	30% - 30%	0% - 0%
含云泥石灰岩	65% - 65%	35% - 35%	0% - 0%
含泥云石灰岩	60% - 60%	40% - 40%	0% - 0%

按矿床成因，石灰岩矿床分为海相沉积矿床、陆相沉积矿床、重结晶形成的矿床和岩浆、热液生成的矿床。我国的石灰岩矿床主要是海相沉积矿床。

我国石灰岩资源十分丰富，产地遍布全国。各省、市、自治区都有较多储量，对发展以石灰岩为原料的工业具有得天独厚的优势。

石灰石是硅酸盐水泥生产主要原料，也是硫铝酸盐水泥的重要原料之一。目前生产硫铝酸盐水泥的若干工厂所用石灰石主要化学成分见表 1-2。

表 1-2 石灰石主要化学成分

豫

化学成分	烧失量	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	其他	产地
石灰石 1	0.15	0.02	0.01	53.2	0.05	0.02	0.01	唐山滦县
石灰石 2	0.15	0.02	0.01	53.2	0.05	0.02	0.01	湖南冷水滩
石灰石 3	0.15	0.02	0.01	53.2	0.05	0.02	0.01	山西阳泉
石灰石 4	0.15	0.02	0.01	53.2	0.05	0.02	0.01	河北石家庄
石灰石 5	0.15	0.02	0.01	53.2	0.05	0.02	0.01	江苏溧阳
石灰石 6	0.15	0.02	0.01	53.2	0.05	0.02	0.01	山东博山

硅酸盐水泥和铝酸盐水泥对石灰石质量有一定的要求，见表 1-3。

表 1-3 硅酸盐水泥和铝酸盐水泥生产对石灰石质量的要求

豫

化学成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	运的均匀性	SiO ₂	CaO
硅酸盐水泥	0.15	0.02	53.2	0.05	0.02	0.01
铝酸盐水泥	0.15	0.02	53.2	0.05	0.02	0.01

从表 1-3 看出，能用于水泥生产的是石灰岩和泥质灰岩。其他石灰岩由于 SiO₂ 的含量过高或 CaO 的含量过低而不能被应用。

硫铝酸盐水泥生产对石灰石质量要求见表 1-4。分析该表所示数值后应指出，生产硫铝酸盐水泥时对石灰石中 SiO₂ 含量的要求，与生产硅酸盐水泥和铝酸盐水泥时，对石灰石中 SiO₂ 含量的要求相比，并不十分严格，在保证 CaO 含量的前提下，可以利用硅酸盐水泥生产由于 SiO₂ 过高而不能使用的石灰石。另外，硫铝酸盐水泥配制生料时要引入大量石膏，所以对石灰石中 SO₃ 含量也不作限制，这就可使用含硫石灰石。我国含白云石石灰岩较多，往往与石灰岩共生，使整个石灰石矿山的 SiO₂ 含量超过标准，这是硅酸盐水泥生产发展过程中经常遇到的原料问题。硫铝酸盐水泥生产在这方面显示出自己的优越性，可拓宽石灰石资源的利用范围。

表 1-4 硫铝酸盐水泥对石灰石质量的要求

豫

化学成分	CaO	SiO ₂
出口	0.15	0.02
快硬硫铝酸盐、低碱 1	0.15	0.02
复合硫铝酸盐、低碱 2	0.15	0.02
自应力硫铝酸盐	0.15	0.02