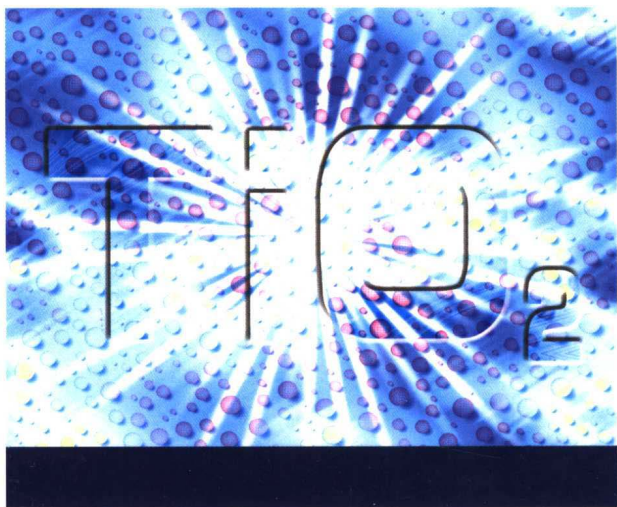


陈朝华 刘长河 编著

钛白粉生产 及应用技术



CHEMICAL INDUSTRY PRESS



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

钛白粉生产及应用技术

陈朝华 刘长河 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

钛白粉生产及应用技术/陈朝华,刘长河编著. —北京:化学工业出版社, 2005.8

ISBN 7-5025-7572-3

I. 钛… II. ①陈…②刘… III. 钛白-生产工艺 IV. TQ621.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 100350 号

钛白粉生产及应用技术

陈朝华 刘长河 编著

责任编辑:丁尚林

文字编辑:王 琪

责任校对:凌亚男

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

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 20 1/2 字数 574 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7572-3

定 价: 45.00 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

京化广临字 2005—29 号

前 言

钛白粉的化学名称为二氧化钛，英文名称为 titanium dioxide 或 titania。商用名称为钛白，分子式为 TiO_2 ，相对分子质量为 79.9。

基于钛白粉具有稳定的物理、化学性质，优良的光学、电学性质以及优异的颜料性能，因此其用途十分广泛，涂料、塑料、造纸、化纤、油墨、橡胶、电子工业、化妆品、电焊条、搪瓷、陶瓷和冶金等都要用到钛白粉。特别是颜料钛白粉，因其具有其他白色颜料无可比拟的多种优异性能，以至于其面世后，很快就取代了传统的铅白、锌白、锌钡白等白色颜料，成为白色颜料之王。由于它是白色和浅色最好的遮盖颜料和消色颜料，因此被广泛地应用于需要着白色或浅色的涂料、纸张、塑料、油墨、橡胶等领域。随着世界经济的发展和人类科技的进步，人们对钛白粉的认识将越来越深，钛白粉的应用领域将越来越广，钛白粉的市场需求将越来越大，钛白粉有着极其宽广的发展和前景。

钛白粉在各方面的消费增长率都与国民经济总产值成正比，因此经济学家把钛白粉消费量的多少，作为衡量一个国家经济发展水平和人民生活水平高低的一个重要标志。

我国蕴藏着极其丰富的钛矿资源，这得天独厚的钛矿，是发展钛白粉生产雄厚的物质基础。目前，我国钛白粉工业得到很大发展，生产能力仅次于美国，已跃居世界第二位。产品质量已能满足中高档涂料品种的需求，可与进口产品配用，应用于高性能涂料体系。但是与国际先进水平产品相比，综合质量还较差，以至于每年仍需花费大量的外汇进口高档钛白粉。由于钛白粉的用途非常广泛，它同人们的生产、生活、国民经济、国防建设以及科学技术的

发展，都有着密切的关系。因此，必须很好地开发钛矿，精心改进工艺，努力提高钛白粉质量，争取逐步赶上国际先进水平，逐渐改变高档钛白粉依赖进口的局面，以满足国内对高档钛白粉的需求，并争取多出口创汇。

钛白粉的生产是极其精细的化学加工过程，产品质量要求高，远远超出纯化学品的要求，不仅对有效化学成分含量要求高，有害杂质含量要求低，而且还必须具有很好的光学性能、颜料应用性能、耐光和耐候性能等。它的生产流程长，技术难度大，只有好好学习钛白粉的生产技术，努力提高技术水平，认真掌握生产原理，才能克服生产上的盲目性，更好地增加产量、增加品种、提高质量、提高收率、降低消耗、降低成本、防止污染、保障安全和提高效益，从而把钛白粉生产搞得更好。

笔者几年前编写的《钛白粉生产技术问答》一书由化学工业出版社出版之后，曾得到广大读者的厚爱，但是近几年来，钛白粉的生产技术发展很快，为了适应时代发展的需要，现将原书重新改写，增补大量新内容。除对原书内容进行增删外，还由我国第一家进行氯化法钛白粉生产取得成功的攀锦钛业公司副总裁刘长河先生论述氯化法钛白粉生产技术（含表面处理技术）。此外还新增纳米钛白粉的制备与应用、复合钛白粉（含云母钛珠光颜料）的开发、高钛渣的制备、人造金红石的生产、钛白粉生产的安全技术和钛白粉新的国家标准等。书中氯化法钛白粉的生产一章，由刘长河高工执笔完成，其余各章由中外合资广西陆川钛白粉厂原总工陈朝华高工完成。由于编著者水平有限，不足之处在所难免，敬请读者多加批评指正。

在本书的编写过程中，曾得到《钛白》主编毕胜高工的大力支持和帮助。同时亦得到原广西经委总工、广西科协原主席、教授级高工王兆南先生和原化工部化工司副总工、教授级高工居滋善先生的大力支持。在此谨表示衷心的感谢。

编著者

2005年6月

目 录

第一章 概述	1
第一节 国外钛白粉发展概况	1
第二节 我国钛白粉发展概况	10
第三节 钛白粉的性质	28
第四节 涂料用钛白粉的品种	48
第五节 钛白粉的应用及质量要求	72
第六节 钛白粉的制法	119
第二章 钛矿资源与利用	132
第一节 钛矿的资源	132
第二节 钛矿的选矿	140
第三节 (高) 钛渣的生产	144
第四节 人造金红石的生产	156
第五节 钛原料的粉碎	171
第三章 硫酸法钛白粉的生产	174
第一节 酸解、浸取、还原	174
第二节 钛液残渣的去除	194
第三节 硫酸亚铁的结晶与晶体分离	205
第四节 钛液的净化与浓缩	211
第五节 晶种的制备	219
第六节 钛液的水解	227
第七节 偏钛酸的分离与水洗	250
第八节 偏钛酸的漂白	262
第九节 水处理	272
第十节 偏钛酸的盐处理	278
第十一节 偏钛酸的煅烧	291

第十二节 钛白粉的粉碎	307
第四章 氯化法钛白工艺及设备	317
第一节 概述	317
第二节 氯化法的原料	329
第三节 粗四氯化钛制取工艺及设备	337
第四节 精四氯化钛制取工艺技术	358
第五节 四氯化钛气相氧化制取金红石型二氧化钛	370
第六节 氯化法钛白表面处理工艺及设备	391
第七节 给大型氯化法钛白粉厂建设提出的建议	419
第五章 纳米钛白粉的制备与应用	421
第一节 国外纳米钛白粉的发展概况	421
第二节 我国纳米钛白粉的发展概况	423
第三节 纳米钛白粉的制备方法	425
第四节 我国纳米钛白粉生产方法的选择	435
第五节 纳米钛白粉的性能特点	436
第六节 纳米钛白粉的应用	439
第七节 问题与展望	451
第六章 复合钛白粉的开发	453
第一节 二氧化钛增量剂(体质颜料)	453
第二节 包核钛白粉	473
第三节 包核钛白粉的应用	476
第四节 复合钛白粉的生产方法	481
第五节 湿法制包核钛白粉的实践	483
第六节 云母钛珠光颜料的制备与应用	484
第七节 球状导电钛白粉的制备与应用	495
第七章 三废的治理与利用	497
第一节 三废的产生、危害与治理	497
第二节 废酸的利用	502
第三节 绿矾的利用	523
第八章 钛白粉生产的安全技术	539

第一节	钛白粉生产中的危险化学品	539
第二节	各种危险化学品的危险、危害因素分析	540
第三节	钛白粉的有害因素分析	563
第四节	对钛白粉厂危险化学品的危险性评价	564
第五节	钛白粉厂应该采取的安全防范措施	565
第六节	危险化学品事故应急救援预案	565
第九章	钛白粉生产的分析方法	571
第一节	原辅材料的分析	571
第二节	中间控制项目的分析	577
附录一	二氧化钛颜料国家标准	588
附录二	各种分析方法的国家标准	597
附录三	钛白粉企业通讯录	642
参考文献		646

第一章 概 述

第一节 国外钛白粉发展概况

一、发展简史

人们早在 1824 年就开始了钛白粉的制备和性能的研究。

1881 年 10 月，法国奥古斯雅克罗西申请了第一个采用硫酸氢钠与钛铁矿焙烧制取钛白粉的专利。

1916 年挪威建成了 1000 吨/年、含 25% TiO_2 的复合颜料厂，使之实现了工业化生产。自始至终，钛白粉的发展只有 80 多年的历史。

1918 年美国钛颜料公司成立 [后为国家铅工业公司 (NL) 兼并]，并开始钛白粉的工业化生产。当时世界钛白粉工业刚起步，1920 年产量只有 1000 吨/年，且都是复合钛白粉，那时钛白粉工业根本无法与立德粉竞争。

1923 年法国塞恩-米卢兹公司，率先采用稀释法晶种进行水解，生产出含 96%~99% TiO_2 的“纯净的”锐钛型钛白粉，开创了钛白粉生产的先河，为世界上大规模采用硫酸法生产钛白粉开辟了道路。

1925 年美国国家铅工业公司开始生产纯 TiO_2 。当时钛白粉发展迅速，用硫酸法生产的锐钛型钛白粉开始与立德粉和铅白等白色颜料展开激烈竞争，并最终取得了胜利。

1930 年麦克伦堡采用外加碱中和制晶种，对水解制钛白粉工艺进行了改革。

1932 年德国法本公司（即现在的拜耳公司）首先发表了关于

气相氧化 TiCl_4 制造颜料级钛白粉的专利。

1935 年日本堺化学工业公司开始生产锐钛型钛白粉。

由于金红石型钛白粉比锐钛型钛白粉具有更高的遮盖力和抗失光性及抗粉化性，人们开展了金红石型钛白粉的研究，首先获得成功的是在原捷克斯洛伐克的实验室中，并于 1939 年开始商品化。

20 世纪 40 年代开始用硫酸法生产金红石型钛白粉。20 世纪 40 年代初，由 NL 和杜邦公司将金红石型钛白粉推向市场。在涂料中开始部分取代锐钛型钛白粉。

1948 年取得了氯化法制钛白粉工艺研究的突破，当时已能从中等规模的装置，成功地生产出金红石型钛白粉。

1949 年美国杜邦公司开始研究氯化法钛白粉工业规模生产。

由于氯化法钛白粉问世，这种金红石型钛白粉质地更纯、更白、更明亮，因此深受用户好评。当时还开发出用无定形无机氧化物包膜的钛白粉品种，从而提高了颜料的耐久性、分散性、抗黄变性和抗絮凝性。最常用的无机包膜氧化物是 Al_2O_3 、 SiO_2 、 TiO_2 ，后来更新用 ZrO_2 替代 TiO_2 ，以降低黄变性能，但 ZrO_2 成本较高。后来还引入有机处理剂（如多元醇、烷醇胺、硅氧烷等），使钛白粉在介质中的分散性得到大大提高。

1951 年加拿大魁北克铁钛公司采用高钛渣作硫酸法制钛白粉的原料取得成功，为钛白粉生产减少了废副产品，提供了新的原料。

1956 年杜邦公司开始用氯化法生产钛白粉。

1958 年杜邦公司建成 10 万吨/年氯化法钛白粉生产厂。

1959 年开始向市场提供优质氯化法金红石型钛白粉。从此打破了用单一硫酸法生产钛白粉的局面，成为发展氯化法钛白粉生产工艺的先驱，使氯化法走向了世界。

20 世纪 60 年代是钛白粉大发展的年代。为适应涂料基料由植物油向合成树脂转化，通过表面处理而开发了大量的品种和牌号。并且还开发了以杜邦公司的 R-960 为代表的超耐久型金红石型钛白粉，为当时新问世的超耐久型涂料（使用期长达 20 年以上不重涂）

和耐久型塑料配套服务。

20 世纪 70 年代钛白粉水分散体 (TiO_2 水浆) 问世, 可供造纸 (锐钛型水浆)、建筑涂料 (金红石型水浆) 应用, 在节省研磨分散能耗、缩短研磨时间和减少粉尘飞扬等方面, 有明显的优越性。自那时起, 各发达国家都开始推广应用。

20 世纪 80 年代, 世界钛白粉工业实行大兼并、大改组, 钛白粉产品进行大调整, 由于大兼并, 钛白粉生产高度集中, 市场竞争激烈, 许多生产商都在更新品种, 因而出现了许多新牌号的钛白粉, 一些过时的老牌号产品被淘汰, 这样就可以用最少的品种覆盖最广泛的应用领域, 从而促使钛白粉工业上了一个新台阶。兼并的结果使世界钛白粉的主要生产商更具有迎接环保、能源和成本等方面大挑战的能力, 使世界钛白粉工业达到了新的高度。

20 世纪 90 年代由于涂料在下列六方面的原因, 使钛白粉的需求量进一步增长, 并且对钛白粉的质量和性能提出了更高的要求。

- ① 涂料由溶剂型向水性过渡的步伐在加快;
- ② 涂料向高固体分方向转移;
- ③ 第三世界消费者的爱好更加趋向西方化;
- ④ 世界范围内私人住房日益增多, 自己动手装修的趋势日见增大, 房屋装饰性重涂期日趋缩短;
- ⑤ 建筑涂料、汽车涂料和工业涂料日益喜爱明亮的白色调和亮色;
- ⑥ 环保和工业卫生法规的日趋强化, 要求涂料采用无毒的颜料。

为了适应涂料进一步向无公害的水性、高固体分和粉末方向发展, 世界钛白粉工业继续不断地改进生产工艺, 提高产品技术性能, 使钛白粉生产适应形势发展的需求, 以及达到环保法规的要求, 真正成为“绿色”工业。

总之, 80 多年来, 经世界各国的大力研究与开发, 钛白粉的生产, 无论在生产规模、生产方法、生产技术、产品质量, 还是在应用领域的扩大, 都有了突飞猛进的发展。

二、钛白粉生产高度集中

自 20 世纪 80 年代钛白粉工业进行大兼并、大改组以来, 钛白粉的生产能力越来越高度集中。近年来通过资产重组, 使美礼联、科美基和亨兹曼等获得大份额的产权。以至于世界上出现了一些跨国或跨洲的大型集团公司, 使钛白粉生产变成一个典型的高度集中、高度垄断、超大规模和垄断竞争的产业。据 2000 年统计, 世界前 7 名钛白粉生产商的产能, 就占世界钛白粉总产能的 79.7%, 见表 1-1。

表 1-1 世界前 7 名钛白粉生产商产能

名 次	1	2	3	4	5	6	7	合计
生产商名称	杜邦	美礼联	亨兹曼	科美基	克朗诺斯	石原	凯米拉	
产能/(万吨/年)	103	71.2	57.2	54.1	44	20.4	11.8	361.7
占全球产能/%	22.7	15.7	12.6	11.9	9.7	4.5	2.6	79.7

生产高度集中最突出的是美国。世界产能最大的前 5 名生产商都是美国的, 这 5 名生产商钛白粉的总产能就占全球总产能的 72.6%。其中杜邦一家产能就占全球总产能的 22.7%, 见表 1-2。

表 1-2 美国五大生产商产能及占全球份额变化

年 份		1980 年	1990 年	1995 年	2000 年	2003 年
杜邦	产能/(万吨/年)	49.2	69.5	93.5	103	112.5
	占全球总产能/%	18.8	20.6	22.8	22.7	22.9
美礼联	产能/(万吨/年)	11.5	41.0	47.6	71.2	73.2
	占全球总产能/%	4.4	12.1	11.6	15.7	14.9
科美基	产能/(万吨/年)	5.1	9.8	17.0	54.1	59.2
	占全球总产能/%	1.9	2.9	4.2	11.9	12.1
亨兹曼	产能/(万吨/年)				57.2	57
	占全球总产能/%				12.6	11.6
克朗诺斯	产能/(万吨/年)				44	44
	占全球总产能/%				9.7	9.0
合计	产能/(万吨/年)	65.8	120.3	158.1	329.5	345.9
	占全球总产能/%	25.1	35.6	38.6	72.6	70.5

三、国外钛白粉的生产规模、产能、产能分布和产能增长

国外钛白粉厂的生产规模都比较大，都能形成规模效益。例如，国外总共只有 50 多家钛白粉厂，总产能就达到 400 多万吨/年，平均每家产能达 7 万吨/年，而中国共有钛白粉厂 60 多家，总产能只有 60 万吨/年，平均每家产能未达 1 万吨/年，最高产能也只是 3 万多吨/年。

世界钛白粉的产能，1996 年为 419.3 万吨/年，预计到 2005 年将达到 522 万吨/年，年均增长 2.5%（见图 1-1）。钛白粉的发展是快速的，产能逐年增加，但是由于钛白粉性能优异、用途广泛、应用领域不断扩大、世界经济不断发展、社会对钛白粉的需求也逐年增加，以至于产能虽然不断增长，钛白粉也不显得过剩。不过发展是不平衡的，北美和欧洲一直都增长较快，以至于产能较大，但是近年来由于亚太地区（日本不在统计之列）经济的快速发展，促进其钛白粉的发展速率大为增加，而北美和欧洲虽然产能仍有提高，但是速率却稍有回落（见表 1-2 和表 1-3）。

表 1-3 世界钛白粉产能分布及产能增长情况

国家或地区	1996 年		2005 年		1996~2005 年
	产能/(万吨/年)	比例/%	产能/(万吨/年)	比例/%	年均增长/%
北美	163.5	39	193.1	37	1.87
欧洲	134.2	32	156.6	30	1.73
亚太地区	83.9	20	130.5	25	5.03
日本	33.5	8	31.3	6	-0.75
日本之外亚太地区	50.3	12	99.2	19	7.84
其他地区	37.3	9	41.8	8	1.15
合计	419.3	100	522	100	2.5

由于钛白粉生产发展快、产量大、需求量也大，以至于 1994 年全球钛白粉的消费量就达到 310.6 万吨，价值达 60 亿美元。这在无机化工产品中，仅次于合成氨的 90 亿美元和磷酸的 65 亿美元，居于第三位，是最重要、发展最快的化工产品（其实 2003 年钛白粉总消费量已达 450 万吨，按每吨 1700 美元计，价值已达

76.5 亿美元)。

四、钛白粉质量好、品种多

国外生产的钛白粉，金红石型产品占 80% 以上（中国不足 30%）。进入中国的大约有 80% 为金红石型产品，其中氯化法产品占 3/4。我国钛白粉的进口数量，每年都占我国钛白粉总销量的 40% 以上，几乎垄断了我国高档与专用钛白粉市场。国外钛白粉在国内如此受欢迎的原因就是进口钛白粉质量好，进入中国的产品具有白度好、遮盖力高、易分散、耐候性优良等最佳的综合性能，通用性也较强。

国外钛白粉厂设有应用技术试验室，重视应用技术研究，可以主动地根据用户要求，有针对性地开发适销对路的产品，以进一步引导或指导消费。例如，日本著名的化纤钛白生产厂——富士钛，就是与用户之一的日本东洋丽绒公司长期合作开发的成果。

国外钛白粉厂除了自己有后处理车间外，规模较大的生产商都建立有自己的后处理工厂，其处理能力达 18.4 万吨/年（其中美礼联 7.8 万吨/年；亨兹曼 5.2 万吨/年；杜邦 2.0 万吨/年；石原 1.8 万吨/年；古和矿业 1.5 万吨/年）。建立后处理厂的作用是增强钛白粉生产线的灵活性，可以根据市场需要，将“前段”粗品处理成个性化产品，以满足不同用户的需求。

正是由于国外钛白粉厂各自都有自己的科研机构 and 后处理厂或车间，以至于国外钛白粉的品种多，大约有 110 多个。而我国虽然有少数几家厂制定有自己的品种牌号，但是在国家标准中，金红石型钛白粉只有一个型号，锐钛型钛白粉在行业内通用的也几乎都是 BA-0101 一个型号。使许多新开发的、引进的和专用的钛白粉品种，无法与我国现行标准对照使用。这是不可思议的现象。据悉我国近期将推出新的标准。

五、钛白粉的消费及消费结构

世界钛白粉的消费量，1996 年为 352.5 万吨/年，预计到 2005 年将达到 448.6 万吨/年，年均增长 2.7%。世界各地钛白粉颜料消费量及消费增长情况见表 1-4。

表 1-4 世界各地区钛白粉颜料消费量及消费增长情况

地 区	1996 年		2005 年		1996~2005 年
	需求量/(万吨/年)	比例/%	需求量/(万吨/年)	比例/%	年均增长/%
北美	126.9	36	148.0	33	1.7
欧洲	102.2	29	121.1	27	1.1
亚太地区	88.1	25	134.6	30	4.8
其他地区	35.3	10	44.9	10	5.3
合计	352.5	100	448.6	100	2.7

世界前 10 位国家的消费量占世界总消费量的 64%，其中美国消费量最大，占 25%，我国消费量位居第二，占 10.3%。钛白粉主要消费国家的消费情况见表 1-5。世界钛白粉产能及需求量增长如图 1-1 所示。

表 1-5 钛白粉主要消费国家的消费情况

国 名	美国	中国	德国	日本	英国	法国	意大利	巴西	加拿大	西班牙
消费量/(万吨/年)	113.6	40.0	27.3	23.51	15.2	15.2	15.0	12.2	11.3	10.0
占总消费量比率/%	25.0	10.3	6.0	5.2	3.4	3.4	3.3	2.7	2.5	2.2
排序位次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

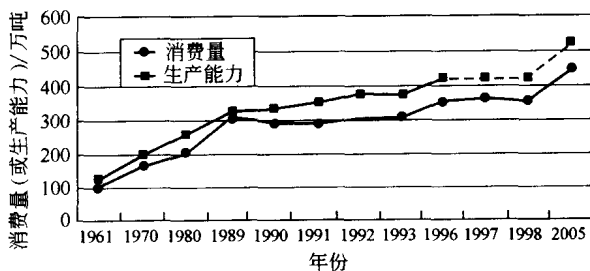


图 1-1 世界钛白粉产能及需求量增长

世界颜料钛白粉的消费结构如下：涂料 57%；塑料 22%；造纸 12%；其他（含橡胶、化学纤维、油墨、化妆品等）9%。在涂料中，建筑涂料约占涂料总量的 60%，工业制品涂料占 25%，特种涂料占 15%。塑料是未来消费增长最快、最有活力的行业。市

场对钛白粉的需求结构将因此而产生重大影响（见表 1-6）。

表 1-6 钛白粉在主要应用行业的消费比例变化

应用行业	涂料	塑料	造纸	其他
1970 年消费比例/%	61	9	12	18
2000 年消费比例/%	57	22	12	9

世界涂料工业所用的全部颜料（不包括体质颜料）中，钛白粉占 90% 以上。在发达国家，钛白粉在所有白色颜料的消费中占 95% 以上。由于金红石型钛白粉具有更高的遮盖力和更好的抗粉化性、抗失光性，以至于世界上涂料中使用金红石型钛白粉占 75%~80%，而使用锐钛型钛白粉仅占 20%~25%。

六、浆料钛白的应用

金红石型浆料钛白，是在湿法无机表面包膜处理，并经水洗和脱水后的滤饼中，加入所需的少量分散剂、杀菌剂等助剂，搅拌均匀后，制成固含量不高的浆料钛白。但是更好的方法是将上述滤饼先进行干燥和气流粉碎，然后分散到水中，即制成性能更好、固含量更高（70% 以上）的浆料钛白。锐钛型钛白通常不进行湿法表面处理，因此其制法是将粉碎好的钛白粉分散到水中，加入少量助剂，搅拌均匀即可。

制浆料钛白，对生产方，能为水性体系（如建筑涂料或乳胶漆）用户提供钛白原料，其本身可以省略干燥和粉碎工序，可以降低生产成本；对用户，可省去制浆研磨工艺，减少粉尘污染，降低生产成本，提高产品性能，因此说这是一种双赢的做法。一般年需要 200 吨钛白粉以上的水性体系用户，可选择浆料钛白。目前占北美造纸商钛白粉用量的 90% 是浆料钛白；油漆商钛白粉用量的 50% 是浆料钛白。

七、氯化法钛白粉生产发展迅速

基于氯化法钛白粉生产比硫酸法钛白粉生产具有生产流程短、工序少、占地面积小、采用连续式自动化干法生产、生产技术先进、劳动生产率高、生产能力大、产品质量高、生产成本低、经济

效益好、闭路生产、氯气循环利用、排出废料少、三废污染少等诸多优势，以至于国外氯化法钛白粉生产发展迅速，从 1980 年的 29% 上升到 2003 年的 65%，目前已占主导地位。而硫酸法钛白粉生产却从 1980 年的 71% 下降到 2003 年的 35%，并且还有继续下降的趋势。我国氯化法钛白粉生产仅有锦州钛业公司一家，大部分仍采用落后的硫酸法生产。世界钛白粉工业两种生产方法的消长如图 1-2 所示。

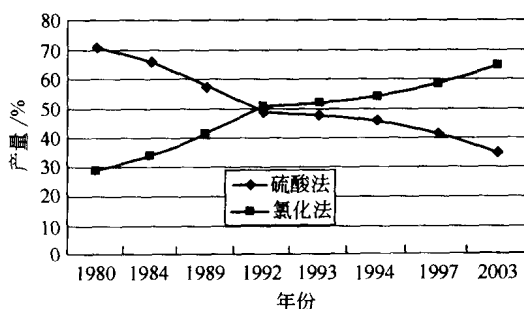


图 1-2 世界钛白工业两种生产方法的消长

目前，氯化法钛白粉生产有以下两大体系。

① 美国克尔-麦克公司和日本石原公司采用的 K-MIF 法。此法是将钛铁矿制成人造金红石或高钛渣，使 TiO_2 富集，提高 TiO_2 品位到 90% 以上，然后经氯化、氧化和后处理而制成高档的金红石型钛白粉。

② 美国杜邦公司采用的杜邦法。此法是从含 TiO_2 60%~84% 的混合钛铁矿开始，采用氯化金红石的同样方法，直接氯化钛铁矿制取 TiCl_4 ，回避了氯化工艺的种种困难，而生产出高档的金红石型钛白粉。这是由于目前天然金红石储量日见减少，人造金红石的生产成本又很高的情况下，杜邦公司独家研制出这种先进的方法，并且迅速应用于生产，制造出高档钛白粉，真是一项相当的了不起的成就。

八、钛白粉大企业的特点

① 生产高度集中，少数跨国公司垄断了大部分生产力，控制