

中国陶瓷科技十年

(1996—2005)

中国硅酸盐学会陶瓷分会 编



武汉理工大学出版社

中国陶瓷科技十年

(1996—2005)

中国硅酸盐学会陶瓷分会 编

主编 周健儿

第1篇执笔 高力明 杨洪儒

第2篇执笔 吴大选 鄢春根 梁华银

武汉理工大学出版社

• 武 汉 •

图书在版编目(CIP)数据

中国陶瓷科技十年(1996—2005)/中国硅酸盐学会陶瓷分会编. —武汉:武汉理工大学出版社, 2012. 11

ISBN 978-7-5629-3853-8

I. ① 中…

II. ① 中…

III. ① 陶瓷-生产工艺-概况-中国-1996—2005

IV. ① TQ174.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 258853 号

项目负责人:田道全

责任编辑:田道全 万三宝

责任校对:万三宝

装帧设计:翰之林

出版发行:武汉理工大学出版社

地址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮编:430070

网址:<http://www.techbook.com.cn>

经销者:各地新华书店

印刷者:湖北恒泰印务有限公司

开本:880mm×1230mm 1/16

印张:12.5

插页:4

字数:392 千字

版次:2012 年 11 月第 1 版

印次:2012 年 11 月第 1 次印刷

定价:80.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87515778 87515848 87785758 87165708(传真)

• 版权所有,盗版必究 •

《中国陶瓷科技十年》编委会

主 任 刘 垚

副主任 秦锡麟 甘智和 周健儿 史哲民 叶宏明

陈 帆 罗宏杰 高力明 王迎军 俞康泰

同继锋 杨洪儒 张柏清 陈玉亭

编 委 (以姓氏笔画为序)

王迎军 王爱纯 王晓钧 王 耀 占启安

叶宏明 叶国珍 宁 钢 史哲民 甘智和

刘小明 刘广晓 刘久鑫 邱永斌 毕庆亮

刘 垚 刘爱林 同继锋 朱振峰 吴大选

肖汉宁 陈玉亭 陈玉清 陈 帆 陈华龙

张纪纲 余阳春 张志全 吴建青 何炳钦

陈显彬 张柏清 吴建锋 杨洪儒 张海文

余爱民 杨 辉 冼永恒 苑克兴 罗宏杰

武 幀 周健儿 房暗星 柳 丹 俞康泰

高力明 殷书建 顾幸勇 徐晓虹 秦锡麟

黄发建 黄政仁 温广武 曾令可 葛 军

蔡宪昌 廖惠仪

1 绪论	(1)
2 陶瓷工业发展历程的回顾	(3)
2.1 日用陶瓷行业	(3)
2.1.1 两个发展阶段	(3)
2.1.2 技术上的六次重大突破	(3)
2.2 建筑卫生陶瓷行业	(4)
2.3 电工陶瓷行业	(6)
2.4 色料、釉料加工制造产业	(7)
2.5 陶瓷机械装备制造产业	(8)
2.6 陶瓷窑炉制造产业	(9)
3 陶瓷工业主要科技进步的总结	(11)
3.1 陶瓷工艺技术和装备的主要进步	(11)
3.1.1 陶瓷原料加工和坯料制备	(11)
3.1.2 成型和干燥	(12)
3.1.3 釉料制备和施釉	(13)
3.1.4 烧成	(13)
3.1.5 色料制备和彩绘装饰	(15)
3.1.6 冷加工	(16)
3.2 教育事业的快速发展和学会活动的蓬勃开展	(16)
4 陶瓷工业今后发展方向的展望	(18)
4.1 做好产业结构调整,迎接挑战,把陶瓷工业做大做强	(18)
4.2 创建我国陶瓷科技创新体系,加强研发和应用推广,增强竞争力	(19)
4.3 做好节能减排工作,节约资源、保护环境,实现可持续发展	(20)
5 结束语	(21)
1996 年陶瓷大事记	(22)
1997 年陶瓷大事记	(37)
1998 年陶瓷大事记	(54)
1999 年陶瓷大事记	(71)
2000 年陶瓷大事记	(89)
2001 年陶瓷大事记	(107)

2002 年陶瓷大事记	(119)
2003 年陶瓷大事记	(132)
2004 年陶瓷大事记	(151)
2005 年陶瓷大事记	(169)
参考文献.....	(193)
编 后 记.....	(194)

第 1 篇 中国(传统)陶瓷科技发展的十年 (1996—2005)

1 绪论

陶瓷对于人类社会文明进步的贡献和意义是毋庸置疑的。中国陶瓷拥有长达一万余年连续不断的历史,是世界上独一无二的。形状各异的造型、多姿多变的装饰、精彩纷呈的彩绘和不断改进的工艺,就在人类利用水、火的作用而将泥土转变为陶器上充分表现了技术和艺术相结合的魅力。中国是世界上最早出现陶器的古代文明中心之一,更是世界上最早烧制成功印纹硬陶和原始瓷,以及先后发明青釉瓷和白釉瓷的国家,也是创造丰富多彩的颜色釉瓷、彩绘瓷和雕塑陶瓷而享誉全世界的国家。中国是瓷的发明国,是名副其实的“瓷之国”。传统陶瓷业从古代作坊式手工业做起,到了现代,已经成为一门遍及全球的步入现代化工业生产行列的产业。陶瓷业能够源远流长地伴随着人类社会一路走过来而不被湮灭,即使用今天的视角来看,陶瓷业仍然是古老和现代并存的产业,这至少有三个原因:一是其产品的特有功能性难被替代;二是产品能作为文化、艺术等的载体;三是其制作的资源直接来自于遍布全球的自然资源。

所谓传统陶瓷工业,主要是从原料、材料、工艺技术与装备、产品及其使用功能等方面来看,都是“传统”的,而且往往是有悠久的历史背景和深远的文化渊源的。在古代,主要是以作坊形式进行生产。到了现代,虽然已有许多变化,但主要是技术装备方面的变化,而所用的原料、材料和基本工艺却并未发生根本的变化,所以应该还是属于传统工业,至多也不过是现代(化)传统工业。陶瓷、造纸、制革和酿造等工业,都是比较典型的传统工业。与传统陶瓷工业相对的则是所谓的先进(特种)陶瓷工业。

传统陶瓷工业,按其产品及使用功能,可以划分为若干行业,在我国习惯上分为:日用及美术陈设陶瓷行业;建筑卫生陶瓷行业;电工陶瓷行业。

随着传统陶瓷工业的现代化,其技术装备的现代化尤甚,并促进了专业化的进程,由此又形成了一些新的产业,诸如:陶瓷原料、坯釉料加工产业;色料及装饰材料制造产业;制模材料加工与成型模具制造产业;陶瓷机械装备制造产业及其相关配件产业(如球磨机橡胶衬与传动带,氧化铝磨球、磨衬与柱塞,硬质合金喷片,丝网印制版,印花辊筒刻花;抛光磨具磨料等);陶瓷窑炉制造产业及其相关产业(包括耐火材料与窑具、燃料制备与燃烧设备、热工测量与自动控制用仪器仪表、窑炉专用机械等的加工制造)等。

自新中国成立以来,中国传统陶瓷工业最显著的变化就是基本实现了由古老而传统的行业向现代化工业的转变,并逐步融入到社会发展的潮流中去。当代的中国传统陶瓷工业已经做到了下述五个方面:

(1) 有能力生产当代全球所能生产的、所需求的传统陶瓷产品,部分产品还处于世界先进水平;

- (2) 行业的主产品是使用当代世界各国公认的先进工艺技术和装备进行文明生产；
- (3) 陶瓷工业综合技术经济指标在社会各行业中处于较高的地位；
- (4) 基本具备自主创新能力；
- (5) 全面使用现代化的经营管理、营销模式并实现和国际接轨。

对中国陶瓷工业发展起基础性、关键性作用的是陶瓷工业生产工艺技术的成熟和装备的进步。现在,中国既是世界上日用瓷、陶瓷墙地砖、卫生洁具、电瓷等传统陶瓷产品生产量最大的国家,也是世界上陶瓷技术装备生产的大国。其宏大的生产规模、近千万的陶瓷从业人员、配套完整的产业链,无论是在其发展史上,还是与世界其他国家相比较,都达到了空前的巅峰状态。

因此,非常需要对我国近几十年的陶瓷工业的发展经验与教训进行认真总结和分析,努力探寻其发展规律和趋势,解析我国陶瓷工业发展目前面临的主要问题,并在此基础上确立陶瓷工业的可持续发展战略,这些对我国陶瓷工业今后的发展都具有现实和历史意义。下面,我们将按行业和新产业简明地回顾其发展历程,依照陶瓷生产工艺过程总结其近 10 年来在技术进步、科学研究和教育等方面的重大进展,最后对我国陶瓷工业的发展作一些前瞻性的展望。

2 陶瓷工业发展历程的回顾

2.1 日用陶瓷行业

日用陶瓷行业是陶瓷工业中最主要行业之一。新中国成立之后,我国日用陶瓷行业经过多次技术改造,已根本摆脱了“备料用石碾,手工拉形坯,燃料用槎柴,烧成靠龙窑”的传统生产方式,逐步采用了半机械化、机械化的现代化生产方式。我国日用陶瓷行业近几十年的发展可谓跌宕起伏,既有飞速发展的高峰时期,又几度跌入举步维艰的低谷。纵观其发展历程,基本上可分为两个发展阶段,期间共经历了六次重大的技术突破,现分述如下。

2.1.1 两个发展阶段

第一阶段(1950—1978年):此阶段为我国日用陶瓷生产的恢复时期。我国日用陶瓷行业的产品市场基本局限在国内,以国内市场为主,属于自产自销的市场模式。此阶段陶瓷生产工艺简单落后,在陶瓷原料的制备、成型、干燥和烧成等工艺环节上基本处于手工、自然和半机械化的水平,其产能仅能满足国内市场需求。以1960年、1970年为例,其产量分别为18.6亿件、19.3亿件,出口量分别仅为1.7亿件、4.46亿件。

第二阶段(1979—2006年):此阶段为我国日用陶瓷行业的高速发展时期。我国日用陶瓷行业生产已开始步入以出口为导向的市场模式。如1980年全国日用瓷产量为34.56亿件,出口量已达到8.77亿件;到了1990年,全国日用瓷产量为52.73亿件,出口量增至12.52亿件;而2001年,全国日用瓷产量为131.54亿件,出口量猛增到70.30亿件,出口比例超过50%以上,而且出口依存度越来越高。在此阶段,通过不断的技术创新和引进国外先进的设备和技术,已逐步实现了陶瓷生产的机械化、半自动化,其生产模式基本上完成了从传统的作坊式生产方式向工业化、现代化生产方式的转变。尤其是进入第二阶段的后半期,我国日用陶瓷行业已经步入现代化大生产工业的行列,并迅速融入全球陶瓷市场一体化进程。

2.1.2 技术上的六次重大突破

中国现代日用陶瓷行业在发展过程中,依次取得了六次历史性的技术突破。每次突破都深刻地影响并决定了日用陶瓷行业的发展进程。

第一次突破表现为烧成方式由间歇式倒焰窑向隧道窑的转变。20世纪50年代末到60年代初,我国在山东研制成功了第一条煤烧隧道窑,并在全国迅速推广,使我国摆脱了间歇式倒焰窑的烧成方式,实现了日用陶瓷烧成的连续化作业。这是我国日用陶瓷烧成工艺上的一次重大突破。

第二次突破表现为制作方式由手工向机械化的转变。20世纪60年代初,我国在河北唐山第三瓷厂(白玉瓷厂)和湖南醴陵永胜瓷厂全套引进国外先进技术和设备,建成两家年产500万件的高档瓷样板厂,初步实现了陶瓷行业的机械化、连续化生产,为我国日用陶瓷向高档化方向发展迈出了探索性的第一步。

第三次突破则是独立创建并拥有品牌。20世纪70年代末,湖南、唐山两个产瓷区生产了成套20头和45头餐具,创立“海鸥”、“明珠”等品牌,并开始在国际市场崭露头角。

第四次突破则是在20世纪80年代末,全国各重点产瓷区大规模地全套引进国外先进技术和装备,尤其是原唐山第一瓷厂引进英国全套骨灰瓷生产线,原景德镇为民瓷厂引进德国全套硬质瓷

生产线,原广东石湾人民瓷厂引进日本全套炻器生产线及原四川重庆瓷厂通过和香港合资引进了德国全套硬质瓷生产线。这些项目全部采用二次烧成技术和机械化生产,为我国日用陶瓷生产树立了高档化、机械化和自动化生产的样板。

第五次突破体现为陶瓷产业链的形成与完善。20世纪90年代,随着陶瓷市场发展日益成熟,对陶瓷生产提出了更严格的专业分工要求,一大批原料加工厂、窑炉制造厂、色料及釉料生产厂、窑具耐火材料生产厂、机械设备制造厂等辅助配套企业应运而生,基本实现了日用陶瓷生产的原料标准化和商品化、燃料洁净化、辅助材料专业化、生产过程现代化及产品高档化,从而形成了我国日用陶瓷行业生产的新格局。

第六次突破是陶瓷产业和市场的重新整合。20世纪末至本世纪初,随着我国改革开放步伐的加快,大量外资进入内地市场。中外合资、外商独资及民营企业等非公有制经济体已成为陶瓷经济的主要组成部分。日用陶瓷行业的经济运行模式已逐步走向资本多元化、市场规范化和贸易国际化,并开始展现出强有力的国际市场竞争能力。

以上的六次重大突破不仅标志着中国日用陶瓷行业已从传统的手工生产模式向现代化的机械化生产模式的成功转变,同时也标志着我国在国际日用陶瓷市场上的重要地位的确立,并已逐步取得国际陶瓷市场的发言权。

2.2 建筑卫生陶瓷行业

建筑卫生陶瓷行业在我国也有着悠久辉煌的历史。早在公元前17世纪的商代,人们就开始用陶管做建筑物的地下排水道。西周初期已能烧制板瓦、筒瓦。战国初期,开始制作精美的铺地砖、栏杆砖和凹槽砖,还出现了陶井圈。秦代大量营建宫殿,促进了建筑用陶的发展,制品的品种、质地以及烧制技术,都比战国时期前进了一步。汉代的画像砖,题材广泛,装饰独特;汉代低温烧制的铅釉陶质虎子(男用夜壶),三国时期又创制的青瓷质虎子和唾器,则是世界上最早的卫生陶瓷制品。中国建筑琉璃源于北魏,盛于明清,到了现代,建筑琉璃仍是一种讨人喜欢的高级建筑材料。

中国现代卫生陶瓷制品的生产始于1914年唐山启新洋灰公司陶瓷车间,现代陶瓷外墙砖的生产始于1926年上海泰山公司。新中国成立前,我国的建筑卫生陶瓷行业发展迟缓,到1949年全国仅有唐山、温州、宜兴等地三四家工厂和作坊,卫生陶瓷的年产量仅6000件,陶瓷墙地砖的年产量只有2300 m²。

新中国成立后,唐山启新瓷厂、德盛窑业工厂、温州西山窑具厂迅速恢复生产。由手工业生产合作社合并成立了海城陶瓷三厂、宜兴建筑陶瓷厂、景德镇建筑卫生陶瓷厂、石湾建筑陶瓷厂。新建了沈阳陶瓷厂、北京陶瓷厂、咸阳陶瓷厂、漳州瓷厂。至1960年,我国初步形成了建筑卫生陶瓷的生产体系。

1961年至1978年是我国建筑卫生陶瓷行业曲折前进的18年。1960年至1962年三年困难时期产量下降;1963年至1966年随国民经济好转,建筑卫生陶瓷产量回升;1966年至1972年文革时期,生产秩序混乱,卫生陶瓷和釉面砖的产量又分别年均递减7.83%和5.63%;1973年至1978年产量持续增长;1978年卫生陶瓷产量达227.8万件,陶瓷墙地砖产量达545.8万 m²。

改革开放后,从20世纪80年代末开始,我国建筑卫生陶瓷行业跨入了持续高速发展的辉煌时期。在蓬勃发展的80年代,建筑卫生陶瓷新企业大量涌现,广东、福建、浙江、山东的中小型建筑卫生陶瓷企业发展很快,许多日用瓷企业转产建筑卫生陶瓷。“六五”时期(1981—1985年),国家投资在潍坊、景德镇、上虞、易家湾等地兴建了四个年产36万件的卫生陶瓷厂,此后还出现了华美、太平洋、中华等中外合资的卫生陶瓷厂。1990年全国乡以上建筑卫生陶瓷企业达745家,全国卫生陶瓷产量达1782.54万件,陶瓷墙地砖产量达1.792亿 m²,骨干企业的利税率都在40%以上。

1980年至1990年,科技进步的进程加快,自1983年广东利华陶瓷厂全线引进意大利彩釉陶瓷砖生产线之后,我国从意大利、德国、日本等国引进了110多条建筑卫生陶瓷生产线或关键设备,迅速提升了建筑卫生陶瓷企业的装备水平。国家组织了联合引进、消化吸收,开发出一大批墙地砖生产线的关键设备,并致力于国产化示范线的建设。国家还十分重视卫生陶瓷产业配套工作,组建了三个卫生陶瓷配套区。建筑卫生陶瓷企业发展横向联合,1986年佛山陶瓷工贸集团公司成立,为各大瓷区树立了榜样,此后温州、唐山、淄博等地的建筑卫生陶瓷企业相继建立陶瓷集团公司。

1986年至2005年,特别是进入20世纪90年代之后,我国建筑卫生陶瓷行业飞速发展。1986年至2005年,建筑陶瓷砖和卫生陶瓷的产量平均年增长率分别为22.0%和12.74%。自1993年起,我国建筑陶瓷砖和卫生陶瓷的产量双双名列世界第一。与此同时,我国建筑卫生陶瓷的生产技术和装备也开始进入世界先进行列。一大批投资省、规模大、技术装备先进、观念新、产品质量好、服务好的企业在市场经济中胜出,在行业中崭露头角。许多产品成为国家名牌。更有一些“三资”企业的产品站在行业的高端,提升了我国建筑卫生陶瓷产品的档次。

最近20年,我国的建筑卫生陶瓷砖已从只能生产马赛克、152 mm×152 mm白色或有图案的内墙砖和红地砖,发展到能生产一次、二次及三次(多次)烧成的釉面砖、彩釉地砖(含仿古砖)及釉面外墙砖,用斑点、渗花、大颗粒、微粉装饰的仿石瓷质砖(多数经抛光),上釉或不上釉的马赛克砖、瓷质广场砖、劈离砖(包括有专利技术的“麦当劳”砖)、路面渗水砖、建筑琉璃制品、彩色釉面瓦(中式、西式、日式)、微晶玻璃复合陶瓷砖等产品。半干压砖中,小至15 mm×15 mm的马赛克,大至2000 mm×1200 mm的瓷质砖(包括弧形瓷质抛光砖)都能生产,规格大型化趋势明显,现在600 mm×600 mm的砖已成主流产品,我国大规格瓷质抛光砖的生产技术、装备和生产能力处于国际领先行列。大而薄的纤维陶瓷板(3000 mm×1500 mm×5 mm)在山东已有生产。卫生陶瓷品种早已由“老八件”发展到各种便器、洗面器、净身器和洗槽都能生产,且款式不断更新。20世纪80年代只有唐山的两三个厂能小批量生产的“顶级”产品——漩涡虹吸式连体坐便器,现在潮州的小厂都能批量生产,洗面器出现双联盆和宽体台面,更显豪华。卫生陶瓷产品已实现和五金、塑料配件配套供应。带前后冲洗和热风吹干的洁身器使坐便器兼有净身功能,已被广泛使用。值得一提的是,在节水型坐便器的开发方面,中国走在世界前列,一大批性能良好的坐便器的冲洗水量分别为6升和3升,大、小便分档冲洗的冲落式、虹吸式和喷射虹吸式坐便器进入了千家万户,为节水作出了贡献。

进入21世纪后,我国建筑卫生陶瓷行业又有了新的发展,在旺盛的国内外市场需求下,建筑卫生陶瓷产量仍在高速增长,据专家统计:2000年至2006年陶瓷砖和卫生陶瓷产量的年增长率分别为16.2%和13.5%,2006年的产量分别为43亿m²和1.2亿件,约占世界总产量的1/2和1/3。在新世纪中,我国建筑卫生陶瓷的出口量和出口额大幅度增长。到2005年,陶瓷砖和卫生陶瓷的出口量均创世界第一。2000年至2005年,我国陶瓷砖的出口量和出口额年均增长率分别为76.93%和73.56%,卫生陶瓷的出口量和出口额年均增长率分别为61.16%和55.62%。2005年陶瓷砖的出口量达4.21亿m²,占国内总产量的12.03%左右。卫生陶瓷的出口量达3885万件,占国内总产量的41.92%左右。另一方面,近几年来我国建筑卫生陶瓷的进口量和进口额总体上呈下降趋势,2005年我国建筑卫生陶瓷业的进出口顺差为16.4亿美元。上述进出口情况说明我国建筑卫生陶瓷产品质量和档次的明显提高,我国的产品在满足国内高档产品的需求的同时,也得到了国际上的认可。

建筑卫生陶瓷的生产,按地域的分布已趋集中。陶瓷砖企业集中在“两山”(佛山、博山)“两江”(福建晋江、四川夹江)“一海”(上海及周边地区),仅广东佛山地区的陶瓷砖产量约占全国的1/2。卫生陶瓷生产集中在广东、河南、河北三省,广东潮州市的产量就占全国的1/3。另外,生产集中度也在提高,如新中源集团陶瓷砖生产能力超1亿m²,惠达陶瓷公司2005年卫生陶瓷产量达750

万件。

还有,建筑卫生陶瓷行业的分工和专业化生产也有了很大发展,出现了一大批原料、色料、釉料加工,金属和石膏模具、机械装备、窑炉、窑用耐火材料、卫生陶瓷五金及塑料配件制造等专业工厂。在佛山等地区更是已形成此类产业集群,从而促进了陶瓷工业的发展。

在20世纪末中国经济由计划经济向市场经济的转型过程中,建筑卫生陶瓷行业是较早与市场经济接轨的。巨大的市场、良好的效益吸引了大量民间资本投资建卫陶业,国营企业和集体企业也纷纷通过股份制改革转为民营企业,从而充分地发挥出民营企业责权利明晰、经营灵活、负担小、效益好的优势。现在,民营企业已成为行业的主力军。至2004年,在由国家统计的1035家企业中,国有企业和集体企业仅占9.96%,而数量更多的中小企业未列入统计,它们几乎全是民营企业。

2.3 电工陶瓷行业

我国电工陶瓷(以下简称电瓷)工业的发展大致可以划分为三个阶段,即新中国成立前、新中国成立后至20世纪70年代末、20世纪80年代初至今。

新中国成立前,我国的电瓷工业极为落后,仅有几家生产低压电瓷的小厂,年产量不过1000多吨,电瓷产品的电压等级为6 kV以下。生产方式十分落后,基本上是手工操作,体力劳动繁重,劳动条件恶劣。

新中国成立后,我国的电瓷行业获得了迅速的发展。至20世纪70年代末,我国的电瓷生产厂家已有上百家,高压电瓷的年生产能力达到8万多吨,电瓷产品的电压等级可以达到220~330 kV,并积极研发500 kV及以上的成套产品。在电瓷制造工艺方面,随着电瓷产品技术水平的提高,电瓷的制造工艺和装备水平也相应获得了较大的发展。

20世纪80年代初至今,随着改革开放的进程加快,由于扩大了同国外的技术交流、技术引进,电瓷工业的发展进入了快车道。截止到2006年年底,我国高压电瓷的年生产能力达到15万吨左右,电瓷产品的最高电压等级可以达到750 kV,并积极研发直流800 kV、1000 kV的成套产品。

在电力工业中,绝缘子是供输、配、变电系统或电气设备中处在不同电位的电气结构或导体间电气绝缘和机械固定或支持用的器件,有时兼作电器结构件的容器,也用于牵引线路、电除尘器的相关结构中。其按所用的主绝缘材料,可分为瓷绝缘子、玻璃绝缘子和聚合物绝缘子。众所周知,瓷材料因其电绝缘强度高、劣化率低、绝缘性能稳定,在高压绝缘领域中独领风骚百余年,是最为传统的绝缘子材料。玻璃绝缘子按照内部应力状况分为钢化玻璃绝缘子和退火玻璃绝缘子。尤其是钢化玻璃绝缘子,因其制造过程比瓷绝缘子简单,便于大规模工业化生产,机械损伤后残余强度高优点,从20世纪60年代起得到了长足的发展,在线路绝缘子中占有相当比重。近20年来发展最快的是聚合物绝缘子技术,这种绝缘子有着瓷绝缘子和玻璃绝缘子无法比拟的优点——制成的产品体积小、重量轻、制造工艺简单,且因其具有独特的憎水性而使得耐污性能好等,目前在新建输电线路上的使用量已达40%以上,电站电气类复合绝缘子也有产品投入批量运行,发展势头强劲。统计数据表明,受玻璃、聚合物绝缘子的冲击,高压线路瓷绝缘子的使用比例已经从20年前的几乎“一统天下”的局势显著下降,形成目前的聚合物、玻璃、瓷绝缘子“三分天下”的大格局。尽管线路瓷绝缘子的使用比例下降很多,但因三种材料类型的线路绝缘子各自特有的优点,尤其是电力系统的运行经验要求,不可能用聚合物材料完全取代瓷和玻璃材料,仅仅是给用户提供了多样化选择的机会和权利。聚合物、玻璃、瓷绝缘子使用量的比例会呈现逐步稳定的趋势。同时,由于我国电力建设的超常规发展,2006年线路绝缘子总需求量比2000年增长了5~6倍,线路瓷绝缘子的实际使用量仍有较大幅度的增长。而在高压支柱和空心绝缘子领域,玻璃绝缘子的使用量可以忽略,聚合物绝缘子的使用刚刚起步,瓷绝缘子仍占有主导地位,使用量在90%左右。这类绝缘子的刚性

及尺寸偏差等方面的限制性要求也会对聚合物绝缘子的推广带来负面影响。因此,在可以预见的将来,瓷绝缘子在该领域仍会占主导地位。作为电力工业的配套元件,电瓷行业在几十年的发展过程中,从无到有、从小到大,现在已经发展成为具有较大规模的重要产业。可以相信,电瓷行业将会取得更大的进步。

改革开放以来,我国在电瓷制造工艺和装备方面均得到较大发展,主要表现在以下几个方面:

(1) 电瓷原材料方面:我国对电瓷原材料的开发利用经过漫长的探索,在 20 世纪 80 年代初,国家委托电瓷研究所管理电瓷原料工作。在行业厂的支持下,根据原料普查结果,创办了 4 家电瓷原料加工厂,从而填补了电瓷原料精加工的空白。目前,精加工的电瓷原料已成为各行业厂生产的主要原料,从而提高了产品的质量,为发展高等级产品奠定了基础。

(2) 电瓷配方技术方面:高强度电瓷配方经过长期实践运行不断得到完善和提高,瓷材料水平基本上达到国际先进水平。同时电瓷釉也获得发展,除白釉和棕釉外,灰色釉、天蓝色釉和半导体釉等也被广泛使用。为了降低烧成温度、改善瓷质均匀性、进一步提高瓷材料的机械强度,还在配方中引入了少量矿化剂。

(3) 电瓷制造装备方面:为了满足高档次电瓷生产的需要,国内电瓷专用设备的设计和制造得到了很大的发展。20 世纪 80 年代初,我国从国外引进了等静压干法生产线用以生产特高压产品。在此之前,因采用湿法工艺,无法生产特高压产品。等静压干法成型还使常规高电压产品生产的过程合格率、产品的性能及质量稳定性得到较大的提高。随后,国内电瓷专用设备制造厂对等静压干法生产线所用的设备进行了国产化。至今,全国已有十余条等静压干法生产线在运行中,并有更多生产线在规划中。目前,国内已开发生产了 $\phi 630$ mm、 $\phi 800$ mm 真空练泥机,使大型瓷套产品只能依靠人工接坯成为了历史。修坯设备近年来也取得了较大的进步,现在已研制成功干法、湿法数控式内外仿形修坯机。在窑炉方面,20 世纪 80 年代初,我国从国外引进了高速烧嘴间歇式抽屉窑,使国内的窑炉水平产生了质的飞跃。高速烧嘴间歇式抽屉窑的国产化工作已于 20 世纪 80 年代中后期完成,目前,国内已有上百座该种窑炉在使用。高速烧嘴间歇式抽屉窑的成功使用,使电瓷的烧成条件得到极大改善,既可使烧成周期缩短、温差减少(高温窑内温差可控制在 5°C 以内),又使窑炉的装载量增大、能耗下降,同时还减少了对环境的污染。燃料主要为城市煤气、发生炉煤气、天然气、液化石油气及重油等。

2.4 色料、釉料加工制造产业

应用于日用陶瓷和建筑卫生陶瓷产品装饰等领域的陶瓷色料、釉料及相关原辅材料,其需求量是十分惊人的。就陶瓷色料而言,据初步统计,中国每年需用的釉用色料超过 8 万吨,而坯用色料则超过 16 万吨。色料、釉料及相关原辅材料的种类是多种多样的,至少包括有:

- (1) 建筑卫生陶瓷釉用色料;
- (2) 建筑卫生陶瓷坯用色料;
- (3) 日用陶瓷釉上、釉中、釉下、手彩、花纸用陶瓷颜料;
- (4) 锆英石包裹型镉硒红、橙、黄系列部分商品色料;
- (5) 乳浊增白剂:锆英石粉;
- (6) 其他:如玻璃色料、贵金属颜料、黄金水、铂金水、黄金膏等。

这其中,中国每年用在陶瓷工业上的锆英砂(简称锆砂)约 18~20 万吨。锆英砂主要是用作坯料和釉料中的乳浊增白剂,另外一部分则被用来加工成电熔级氧化锆、化学级氧化锆、氧氯化锆等。用在锆系色料合成中作为原料的电熔级氧化锆,每年约需 2 万吨,化学级氧化锆约需 4000 吨,用于合成包裹色料的氧氯化锆每年约需 5000 吨。中国锆英砂的蕴藏量和产量均不大,主要依靠从澳大

利亚、印度尼西亚、南非等国进口。按 2006 年世界年产 110 万吨锆砂计算,中国的进口量约为 35 万吨,已成为世界第一大锆砂进口国。

随着陶瓷工业分工的细化和陶瓷色料、釉料生产专业化、机械化、品质控制规范化的发展趋势和要求,作为陶瓷装饰用的色料、釉料生产,基本上摆脱了 20 世纪 80 年代以前大部分由陶瓷生产厂家自行生产、自给自足的模式。从 20 世纪 90 年代起,中国陶瓷色料、釉料的生产和供应开始进入专业化生产的轨道,并作为一个独立的产业从陶瓷生产厂家中分离出来,成为陶瓷制品生产厂家的原辅材料供应商和陶瓷色料的专业生产厂家。据初步统计,2003 年全国稍具规模的陶瓷色料、釉料生产厂家已有 300 多家。近两年来竞争日益激烈,加上原材料特别是化工原料的紧缺和涨价等因素,厂家数减少了一些,但仍有 200 多家。这几年,随着中国陶瓷工业整体水平的提高,陶瓷色料产品无论是在品种,还是在质量及稳定性方面都有了长足的进步。目前,已经出现了一批骨干企业,这些企业多集中在陶瓷产区,如广东佛山和潮州、福建泉州、江苏宜兴、浙江德清、江西景德镇以及湖南醴陵等地。

目前,我国色料行业的年产值约为 20 亿元。行业中较有独立开发能力,规模较大,在国内外有一定影响力的知名企业有 10 多家。他们的产品质量大致达到国际市场上同行业产品的相当水平,但由于价格较低,在性价比上有一定优势,因而具有较强的国际竞争力,近年来出口量呈逐年增长的趋势。此外,国际上生产陶瓷色料的一些著名厂家,也分别在中国设有分厂或分公司。他们之中有:美国的福禄(Ferro);西班牙的陶丽西(Torrecid)、奇美瓷(Quimicer);意大利的爱斯玛格拉斯(Esmaglass)、庄兴万丰(Johnson Metthy)、卡罗罗比(Colorobbia)等。地点多设在华东地区的苏州、昆山和上海附近,日本的日研株式会社 NIC 在广东佛山设有办事处。

此外,为了专门供应陶瓷色料生产厂家所需的上游原料(诸如电熔锆、化学锆、石英粉、长石粉、高岭土、方解石、滑石、铬盐、氧化镍和氧化铁等),还形成了一批分工很细、能保证稳定供应货源和质量的专业工厂。

近些年来,中国的色料生产企业,特别是骨干企业已经普遍开始高度重视新产品的开发,新装备和新技术的研究、开发和应用,同时更重视品质管理和质量控制。中国的陶瓷色料产业经历了成长和高速发展期,现已进入稳步发展和成熟期。

2.5 陶瓷机械装备制造产业

一个现代化工业体系的重要技术支撑是强大的、现代化的装备。陶瓷机械装备是“业之重器”,其作用重于九鼎。而对于中国的陶瓷工业,陶瓷机械装备及其制造产业更是具有不同寻常的特殊意义,这是因为:

(1) 中国是世界上日用陶瓷、美术陈设陶瓷、建筑卫生陶瓷、电瓷等产品生产量最大的国家。每年需加工的原料量达 1 亿吨以上,靠进口装备完成这项工程是不可能办到的,或为之要付出太多的外汇。

(2) 中国是一个原料、燃料的选用都很多元化和各地差异性很大的国家,靠进口的装备很难全部适应和解决问题。

(3) 没有国产化装备生产,就难有技术创新的平台,从而将极大地制约中国陶瓷业的科技进步。

(4) 国产化装备对中国陶瓷生产的国际竞争力的提高将提供最有力的支持。

(5) 陶瓷技术装备还可以作为陶瓷经济中一个重要的组成部分。

但是,要想从无到有,逐步地建立起中国自己的陶瓷机械装备制造产业,是一件非常不容易的事情。为了实现这一理想,经历了漫长曲折的摸索过程。中国陶瓷机械装备的现代化是从进口外

国机器开始的,这已经有上百年的历史了。从单机到生产线,从日用瓷生产到建筑卫生陶瓷生产、电瓷生产的装备,无所不进。几十年来,中国陶瓷机械装备的发展过程的实践证明,走“以传统经验成果为基础→有选择地对国际上先进的技术与装备进行引进→消化、吸收和模仿型研发,并逐步国产化→自主创新,实现全面国产化”的道路是较省、较快且最行之有效的道路。

1980年之前,中国大部分陶机制造厂附属于当时国内各大陶瓷公司,承担机修、专业单机制造、模仿引进机器生产样机。主要生产企业有唐山轻机厂、湖南轻机厂,以及分布于唐山、景德镇、淄博、佛山、潮州、醴陵、宜兴等地的陶机厂。现在,这些企业基本由公有制改制为民营的或停业、或转业了,但其历史功绩是很大的。

从1980年至2000年的20年间,中国的建筑卫生陶瓷业飞速发展,从国外引进新工艺技术与新装备进入全盛时期。意大利、日本、德国、英国等工业发达国家的装备都被引进到了中国。与此同时,中国国内也开展了消化、吸收和国产化的工作。这一时期工作的成果奠定了中国现代陶瓷机械装备生产及其产业形成的基础,大大推动了中国陶瓷机械装备制造产业的主产品生产由传统转变为现代化工业的进程。现在,陶瓷工业用的主要关键装备,如大型间歇式或连续式球磨机,高压大流量陶瓷(刚玉质)柱塞泥浆输送泵,大型喷雾干燥塔,大吨位、超大吨位、大尺寸砖的油压全自动压砖机,研磨、抛光机组等都已研制成功,并投入批量生产,其质量达到同类产品国际先进水平,不仅可以完全满足国内陶瓷工业的需求,而且已经出口到许多国家(包括一些发达国家)和地区。我国已经成为一个陶瓷机械装备的制造大国和出口国家,并跻身于世界陶瓷机械装备制造强国之林。

进入21世纪,中国陶瓷机械装备制造产业进入了一个全新的时期。中国陶瓷机械装备产业基本实现了体制民营化、装备国产化、技术也由模仿性创新转为自主性创新,并逐步由国内竞争转入国际竞争。现在,中国已经初步建立起陶瓷机械装备制造产业的完整体系,包括生产基地、研发工程中心、销售网络、供应体系、产业服务体系、物流体系、行业专业学术组织等。目前我国陶瓷机械设备随着陶瓷企业的技术改造在不断发展和完善,已形成一个各有分工的比较完整的陶瓷机械生产体系,大约共有50多家生产厂。其中占有龙头地位,并成为高科技单位的现代化大型陶机生产企业,如科达机电、恒力泰机电、海源陶机等已在世界陶瓷机械市场领域举足轻重,为世人所瞩目。

2.6 陶瓷窑炉制造产业

窑炉是陶瓷烧成的关键设备。它不仅在很大程度上决定着制品的最终质量,而且对于陶瓷工厂的节能减排也起着至关重要的作用,因此,历来为人们所重视。窑炉的发展甚至成为陶瓷工艺技术发展阶段的标志之一。

国外陶瓷工业的窑炉热工技术从20世纪50年代末开始至70年代初,随着燃料结构的改变,即由燃煤、重油等非洁净燃料转向使用天然气、液化石油气和轻油等洁净燃料,实现了窑炉热工技术的三大突破:①高速调温烧(喷)嘴的发明和使用;②新型高级耐火材料和隔热材料的广泛使用;③精密、完善的自动控制系统的采用。在这三大技术突破的基础上,产生并发展了以推板窑、辊道窑作为连续式作业窑炉代表,以梭式窑(抽屉窑)、高帽窑(钟罩窑)作为间歇式作业窑炉代表的全新一代窑炉。窑炉也从过去的砖石结构的建筑物或构筑物,通常是所谓的“非标(准化)设备”,一跃而变为机电一体化的、高度自动化的、规格化、系列化、标准化的现代化设备。

随着改革开放,我国自20世纪80年代开始从国外引进了一批先进的窑炉设备,同时也引进了相应的热工技术。随着设备及技术的引进、改革开放的深入,人们的观念也发生了根本性的转变。而且,由于经济体制的转型,对于陶瓷工业及窑炉的要求,也由过去奉行的“高产、优质、低消耗”逐渐转向追求“优质、低耗、高产、灵活、绿色”等更能适应新的经济体制的目标。

我国的陶瓷窑炉热工理论工作者也为我国窑炉热工技术的进步作出了自己的贡献。他们自

20 世纪 80 年代初就积极投身于引进设备和技术的消化、吸收,以及后来的仿制、创新工作。他们很快就学会并掌握了计算机技术,接着在原有工作的基础上,同时开展了数学分析研究、物理模型的试验研究和数学模型的数值模拟研究,在多方面取得了一大批有价值、水平较高的成果。通过这些研究,使人们对窑炉中的热工过程有了更深入的了解,对于其中的若干重要问题有了一些新的认识。这些具体成果和认识的提高,对于热工技术的发展和窑炉结构、作业的进步有较大的指导意义,并产生了深远的影响。在热工理论研究、技术引进与自主开发的基础上,各窑炉公司先后研制、开发出许多优秀的陶瓷工业窑炉,对一些技术问题有了更新、更深入的了解,并在窑炉制造产业界基本达成了共识。

改革开放以来,经过一代人的不懈努力,我国已经形成了初具规模、技术水平较高、配套基本齐全的陶瓷窑炉制造产业,其主要窑型——辊道窑、窑车式隧道窑和梭式窑均已达到或接近 20 世纪 90 年代国际先进水平。陶瓷窑炉制造产业形成与发展的推动力是改革开放的国策,建筑卫生陶瓷行业的大发展,国外先进装备和技术的引进。现在,我国的陶瓷窑炉制造产业不仅已经可以为国内的陶瓷行业(建筑卫生陶瓷、日用陶瓷、电工陶瓷、电子陶瓷等)提供成套的优质窑炉装备,而且还可为化工、冶金、环保等行业提供部分工业炉装备,并已具有出口这些窑炉装备的能力。近 20 年来,我国陶瓷窑炉的科技进步和陶瓷窑炉制造产业的形成与发展是有目共睹,并为世人所称道的。

在此,我们认为有必要在适当的时间和场合,介绍近些年来在陶瓷行业中窑炉的发展情况和水平,及时推介一些国内设计建造,并已成功运行的技术经济指标先进、技术成熟的优秀窑炉,让更多的中外窑炉用户了解这些动向,以进一步推进国内外窑炉市场的成长,共同为陶瓷窑炉制造产业的发展作出自己的贡献。

长期以来,我国传统陶瓷烧成用的窑炉一直不够先进,多数只能生产中低档产品。经过近 20 多年来的引进、仿造、研究与开发,我国的窑炉技术水平得到了迅速的大幅度的提升。传统陶瓷烧成用窑炉的三种主力窑型——辊道窑、窑车式隧道窑和梭式窑均有了飞跃的进步。目前,传统陶瓷烧成用窑炉的这三种主力窑型的主要技术经济指标,如烧成周期、烧成气氛、控制方式、温度控制精度、所需操作控制人员数、使用寿命、窑体外壁面温度等均已达到国外同类型窑炉的先进水平,而部分技术经济指标,如投资额、建设周期、烧成合格率、单位产品能耗和维修等还优于进口窑炉,因此,是替代进口的理想产品。现在,一些大型窑炉公司都已有了自己的研发和生产基地,逐步地在实现窑炉的规格化、系列化、标准化,以及工厂预制化和现场装配化。这将极大地推动我国窑炉制造产业的技术进步,提高我国窑炉装备的整体水平。

总的说来,我国传统陶瓷烧成用的窑炉经过近些年来迅速发展和提升,已经达到国际先进水平,进入了成熟期,并将会在较高水平的“平台”上稳定一段时期。这些窑炉相对于进口窑炉已有较强的竞争力。目前应该使陶瓷窑炉制造产业得到更进一步的健康发展,增加这些窑炉的产量,提高窑炉的技术水平,并迅速推广,以促进陶瓷工业的发展。

3 陶瓷工业主要科技进步的总结

中国传统陶瓷工业经过新中国成立以来数十年的发展,特别是改革开放以来的飞速发展,现已成了世界上最大的建筑卫生陶瓷和日用陶瓷的生产国,并成为影响国际陶瓷贸易的主要输出国。中国的建筑卫生陶瓷行业和日用陶瓷行业之所以取得如此令人瞩目的成就,究其原因,既仰仗于廉价的劳动力资源和丰富的天然原材料资源,更依靠党和国家的改革开放政策。具体地说,则主要归功于陶瓷科技的不断进步。新工艺、新技术、新设备的不断更新换代,成为支撑起中国传统陶瓷工业迅速发展的坚实平台。目前,虽然和国外发达国家的工艺技术乃至设备还存在着一定的差距,但其技术力量和水平已能基本适应宏大的传统陶瓷工业发展的需要。陶瓷科技的进步,一方面是得益于工艺技术和技术装备的引进,并采取“走出去、请进来”的方式进行技术考察与交流;另一方面,更重要的是通过我们自己的努力,大力发展我国的陶瓷教育事业,培养出一大批陶瓷科技人才,同时在陶瓷科学研究、产学研结合、科技成果转化及产业化等方面都取得了丰硕的成果。所有这些,都是值得我们加以认真总结的。

3.1 陶瓷工艺技术和装备的主要进步

为了叙述的方便,我们将大体上依照陶瓷生产工艺过程,按陶瓷原料加工和坯料制备、成型和干燥、釉料制备和施釉、烧成、色料制备与彩绘装饰、冷加工等六个环节,分别对其工艺技术和装备的主要进步加以概括和总结,一些相关的辅助材料的加工与制备等内容则分别归入到相应的工序环节中一并综述。

3.1.1 陶瓷原料加工和坯料制备

在我国日用陶瓷发展的第一阶段(1950—1978年),陶瓷原料加工的主要方式是石碾,极易造成质量、成分和颗粒级配等的波动,故难以生产出中档日用瓷产品,更谈不上生产高档日用瓷。进入发展的第二阶段(1979—2006年)后,陶瓷原料逐步实现标准化。目前苏州青山高岭土、福建龙岩高岭土、山西大同土等已部分商品化,并正在向坯料、釉料标准化、完全商品化方向迈进。

在日用陶瓷原料加工工艺上采用的新技术与装备有:黏土淘洗技术、高梯度磁选技术、振动过筛技术、滴定法配料、高压滤泥机、大容量球磨机、氧化铝瓷球和衬板等。坯料制备则已有采用喷雾干燥造粒的。

改革开放后,我国建筑卫生陶瓷行业跨入了持续高速发展的时期,技术进步的步伐加快。20世纪70年代末至80年代初,我国自行开发了8 t、14 t、15 t大型球磨机,1000~3200型压力式喷雾干燥器和 $\phi 85\text{ mm}$ ~ $\phi 140\text{ mm}$ 型液压陶瓷柱塞泥浆泵的系列产品,大大改善了陶瓷厂原料车间制浆、制粉的工艺装备。在随后的陶瓷砖生产装备大引进中,原料车间基本上全采用国产设备,节约了大量的外汇。

近十年来,随着建陶企业规模的迅速扩大,国产的25 t、30 t、40 t、50 t以至100 t间歇式球磨机均已成功投入生产。国产的连续式球磨机已通过鉴定,并出口印度、土耳其、伊朗等国。国内制造的4000型、6000型、10000型喷雾干燥塔均已投产使用, $\phi 200\text{ mm}$ 、 $\phi 250\text{ mm}$ 、 $\phi 300\text{ mm}$ 型陶瓷柱塞式泥浆泵已大量在陶瓷厂应用,湿法制粉工艺得到了很大的完善。

20世纪90年代我国也进行了陶瓷砖干法制粉工艺设备的研究开发,制造出多种型号的造粒