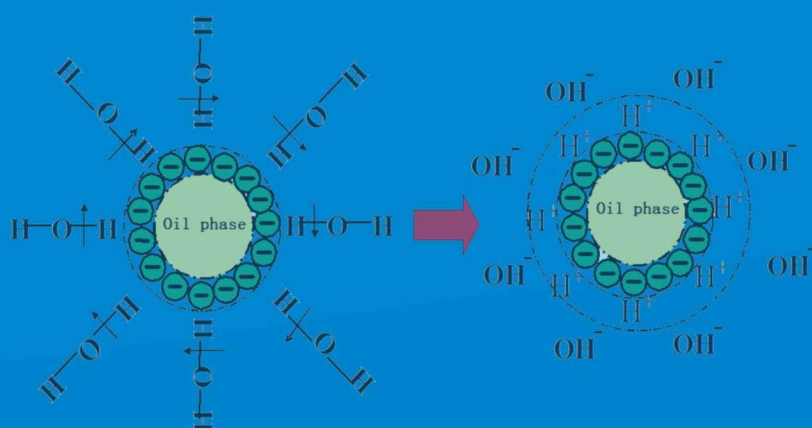


水泥基材料用 表面活性剂

Surfactants for Cement-based Material

段国荣 杨涛 编著



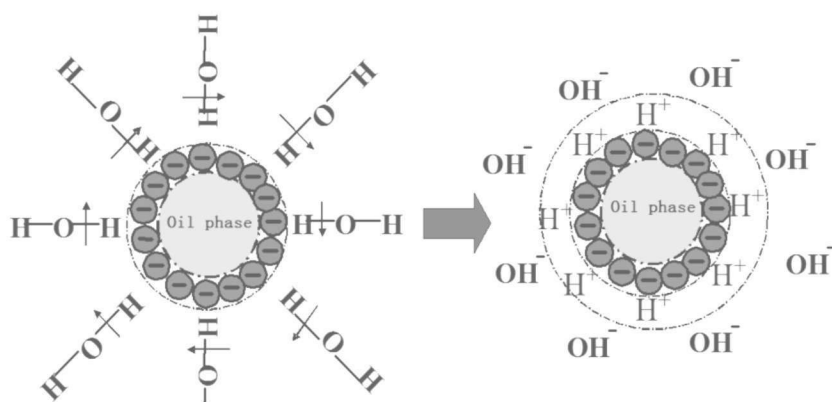
电子科技大学出版社

南京水利科学研究院专著出版基金资助

水泥基材料用 表面活性剂

Surfactants for Cement-based Material

段国荣 杨涛 编著



常州大学图书馆
藏书章



电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

水泥基材料用表面活性剂 / 段国荣, 杨涛编著. --成都 :
电子科技大学出版社, 2015.12
ISBN 978-7-5647-3379-7

I. ①水… II. ①段… ②杨… III. ①表面活性剂—
应用—水泥基复合材料 IV. ①TB333

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 293479 号

水泥基材料用表面活性剂

段国荣 杨涛 编著

出 版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号
电子信息产业大厦 邮编: 610051)
策划编辑: 谭炜麟
责任编辑: 谭炜麟
主 页: www.uestcp.com.cn
电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn
发 行: 新华书店经销
印 刷: 成都市天金浩印务有限公司
成品尺寸: 260mm×185mm 印张 10 字数 162 千字
版 次: 2015 年 12 月第一版
印 次: 2015 年 12 月第一次印刷
书 号: ISBN 978-7-5647-3379-7
定 价: 58.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83201495。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前 言

随着社会飞速发展,建筑业是城市化进程的基础,大量的房屋、道路等基础设施都离不开建筑业,建筑业的技术很大程度上依赖其所使用的基础材料——水泥基材料。水泥基材料许多优良性能的取得都离不开表面活性剂的作用。

表面活性剂是一种具有特殊结构和性质的有机化合物,能明显地改变两相间的界面张力或液体(一般为水)的表面张力,具有润湿、起泡、乳化、洗涤等性能。就结构而言,表面活性剂都有一个共同的特点,即其分子中含有亲水基和疏水基两种不同性质的基团,因而它们至少能溶于液相中的某一相。表面活性剂的这种既亲水又亲油的性质为其在水泥基材料中的应用奠定了结构基础,搞清楚水泥基材料用表面活性剂的相关问题正是本书的立意所在。

本书共分为三章:第一章为水泥基材料概述,简单阐述了水泥和水泥基材料等。第二章系统介绍表面活性剂,包括表面活性剂概述、表面活性剂分析表征、表面活性剂的性能、表面活性剂在水泥基材料中的应用。第三章阐述了表面活性剂在溶液中的行为特征,包括在溶液中的聚集行为、胶束的形成及其特性、反胶团、囊泡、液晶、双水相、微乳液等;重点阐述了表面活性剂对水分子的电离极化现象研究,这部分是作者近年来的研究成果,拿出来与广大读者共享;本章还讨论了离子环境对水溶液中表面活性剂自组装行为的影响,这部分也是作者的研究体验,视角较新,也拿出来请广大读者参详。

本书为笔者近年来查阅大量资料、不断研究和总结的成果,凝聚了诸多辛苦和汗水。在创作方面本书力求内容充实、涉猎广泛,理论性、

实用性和可操作性兼顾,不失为广大相关专业研究者、学习者、爱好者参考阅读的专业著作。但由于学识所限和知识更新的迅速,本书难免有疏漏和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

段国荣

2015 年 11 月

目 录

前 言	1
第一章 水泥基材料概述	1
第一节 水泥	1
1.1.1 水泥的发展历史	1
1.1.2 水泥的化学成分与矿物组成	10
1.1.3 水泥的水化、凝结和硬化	15
第二节 水泥基材料	17
1.2.1 水泥基材料分类及发展历史	17
1.2.2 制备水泥基材料原理及方法	23
1.2.3 表面活性剂在水泥基材料中应用概况	25
参考文献	27
第二章 表面活性剂	28
第一节 表面活性剂概述	28
2.1.1 表面活性剂及其发展历程	28
2.1.2 几个重要的发现和公式	33
2.1.3 表面张力和比表面自由能	36

2.1.4 表面活性剂分子基本结构及性能	37
第二节 表面活性剂分析表征	40
2.2.1 表面活性剂的基本分析技术	40
2.2.2 现代分析手段在表面活性剂中的应用	44
2.2.3 与表面活性剂有关的一些其它测定方法	48
第三节 表面活性剂的性能	49
2.3.1 润湿作用	49
2.3.2 乳化作用	52
2.3.3 分散作用	55
2.3.4 洗涤作用	55
2.3.5 增溶作用	63
2.3.6 发泡与消泡作用	64
2.3.7 表面活性剂的其它作用	65
第四节 表面活性剂在水泥基材料中的应用	66
2.4.1 表面活性剂对水泥基材料性能的影响	67
2.4.2 用于水泥混凝土的表面活性剂	68
2.4.3 表面活性剂在水泥混凝土中的作用机理	70
参考文献	72
第三章 表面活性剂在溶液中的行为特征	74
第一节 在溶液中的聚集行为	74
3.1.1 自聚和分子有序组合体概述	75
3.1.2 分子有序组合体的作用	76
3.1.3 自聚及分子有序组合体的形成机制	77
第二节 胶束的形成及其性质	79
3.2.1 胶束的形成	79
3.2.2 胶团化作用和胶团	80
3.2.3 胶团形成的理论模型	89

第三节 反胶团	91
3.3.1 反胶团的特点	91
3.3.2 反胶团的组成	92
3.3.3 反胶团技术	93
第四节 囊泡	97
3.4.1 囊泡的类型与性质	98
3.4.2 形成囊泡的机制及影响因素	100
3.4.3 囊泡制备和稳定性	102
3.4.4 囊泡的表征	104
3.4.5 囊泡的应用进展	104
第五节 液晶	106
3.5.1 液晶的形成与分类	107
3.5.2 表面活性剂液晶及其结构特性	108
3.5.3 表面活性剂液晶的形成机制	110
3.5.4 液晶结构的分析方法及应用	110
第六节 表面活性剂双水相及其萃取功能	112
3.6.1 双水相技术的发展概况和特点	112
3.6.2 双水相的类型	114
3.6.3 双水相的形成机制和结构特性	116
第七节 微乳液	118
3.7.1 微乳液的定义和分类	118
3.7.2 微乳液的形成与性质	119
3.7.3 高聚物水基微乳液	120
3.7.4 微乳液的结构和形成机理	122
第八节 表面活性剂在溶液中的电离极化现象	123
3.8.1 聚乙二醇水溶液的超分子极化现象研究	124
3.8.2 聚氧乙烯结构大分子-水二元体系的超分子 极化现象研究	127

3.8.3 梳形高分子表面活性剂的超分子极化现象研究	134
第九节 离子环境对溶液中表面活性剂行为的影响	141
参考文献	152

第一章

水泥基材料概述

第一节 水 泥

水泥是一种粉末状材料,当它与水或适当的盐溶液混合后,在常温下经过一定的物理化学作用,能够由浆体状逐渐凝结硬化,并且具有一定的强度,同时能将砂、石等散粒材料或砖、砌块等块状材料胶结为整体。水泥是一种良好的矿物胶凝材料,它与石灰、石膏、水玻璃等气硬性胶凝材料不同,不仅能在空气中硬化,而且在水中能更好地硬化,并保持和发展其强度。

因此,水泥是一种水硬性胶凝材料,是重要的建筑材料,具有悠久的历史,是世界上应用最广泛的人造石材,它对工程建设起着重要的作用。水泥是制造各种混凝土、钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土构筑物的最基本组成材料,也常用于配制砂浆,以及用作灌浆材料等。水泥在国民经济建设中起着十分重要的作用,不仅大量用于工业和民用建筑,还广泛用于道路、桥梁、铁路、水利和国防工程中。

近年水泥市场日益繁荣,各种水泥层出不穷,其品种已达一百余种,如快硬水泥、抗硫酸盐水泥、大坝水泥以及油井水泥等^[1]。

1.1.1 水泥的发展历史

水泥是建筑用胶凝材料,按化学组成可以分为硅酸盐水泥、铝酸盐

水泥和硫铝酸盐水泥三大类。硅酸盐水泥是普遍常用的水泥,又称波特兰水泥,铝酸盐水泥和硫铝酸盐水泥是特种用途的水泥。有人戏称水泥是建筑的“粮食”,在人类文明中占有重要地位。现在,全世界水泥产量已达 20 多亿吨,是现代社会不可或缺的大宗产品。水泥的发明是人类在长期生产实践中不断积累的结果,是在古代建筑材料的基础上发展起来的,经历了漫长的历史过程。

1. 西方古代的建筑胶凝材料

西方最初采用黏土作胶凝材料。古埃及人采用尼罗河的泥浆砌筑未经煅烧的土砖。为增加强度和减少收缩,在泥浆中还掺入砂子和草。用这种泥土建造的建筑物不耐水,经不住雨淋和河水冲刷,但在干燥地区可保存许多年。

大约在公元前 3000 ~ 2000 年间,古埃及人开始采用煅烧石膏作建筑胶凝材料,埃及古金字塔的建造中使用了煅烧石膏。公元前 30 年,埃及并入罗马帝国版图之前,古埃及人都是使用煅烧石膏来砌筑建筑物。

古希腊人与古埃及人不同,在建筑中所用胶凝材料是将石灰石经煅烧后而制得的石灰。公元前 146 年,罗马帝国吞并希腊,同时继承了希腊人生产和使用石灰的传统。罗马人使用石灰的方法是将石灰加水消解,与砂子混合成砂浆,然后用此砂浆砌筑建筑物。采用石灰砂浆的古罗马建筑,其中有些非常坚固,甚至保留到现在。

古罗马人对石灰使用工艺进行改进,在石灰中不仅掺砂子,还掺磨细的火山灰,在没有火山灰的地区,则掺入与火山灰具有同样效果的磨细碎砖。这种砂浆在强度和耐水性方面较“石灰 - 砂子”的二组分砂浆都有很大改善,用其砌筑的普通建筑 and 水中建筑都较耐久。有人将“石灰 - 火山灰 - 砂子”三组分砂浆称为“罗马砂浆”。

罗马人制造砂浆的知识传播较广。在古代法国和英国都曾普遍采用这种三组分砂浆,用它砌筑各种建筑。在欧洲建筑史上,“罗马砂浆”的应用延续了很长时间。不过,在公元 9 ~ 11 世纪,该砂浆技术几乎失传。在这漫长的岁月中,砂浆采用的石灰是煅烧不良的石灰石块,碎石也不磨细,质量很差。到公元 12 ~ 14 世纪这段时期,石灰煅烧质

量逐渐好转,碎砖和火山灰也已磨细,“罗马砂浆”质量恢复到原来的水平。

2. 中国古代的建筑胶凝材料

中国建筑胶凝材料的发展有着自己的一个很长的历史过程。

(1)“白灰面”:早在公元前 5000 ~ 前 3000 年的新石器时代的仰韶文化时期,就有人用“白灰面”涂抹山洞、地穴的地面和四壁,使其变得光滑和坚硬。“白灰面”因呈白色粉末状而得名,它由天然姜石磨细而成。姜石是一种二氧化硅较高的石灰石块,常夹在黄土中,是黄土中的钙质结核。“白灰面”是至今被发现的中国古代最早的建筑胶凝材料。

(2)黄泥浆:公元前 16 世纪的商代,地穴建筑迅速向木结构建筑发展,此时除继续用“白灰面”抹地以外,开始采用黄泥浆砌筑土坯墙。在公元前 403 ~ 221 年的战国时代,出现用草拌黄泥浆筑墙,还用它在土墙上衬砌墙面砖。在中国建筑史上,“白灰面”很早就被淘汰,而黄泥浆和草拌黄泥浆作为胶凝材料则一直沿用到近代社会。

(3)石灰:公元前 7 世纪的周朝出现了石灰,周朝的石灰是用大蛤的外壳烧制而成。蛤壳主要成分是碳酸钙,它将煅烧到碳酸气全部逸出即成石灰。《左传》中有记载:“成公二年(公元前 635 年)八月宋文公卒,始厚葬用蜃灰。”蜃灰就是用蛤壳烧制而成的石灰材料,在周朝就已发现它具有良好的吸湿防潮性能和胶凝性能。在崇尚厚葬的古代,在墓葬中将蜃灰作为胶凝材料来修筑陵墓等。在明代《天工开物》一书中有“烧砺房法”的图示,这说明蜃灰的生产和使用,自周朝开始到明代仍未失传,在中国历史上流传了很长的时间。

到秦汉时代,除木结构建筑外,砖石结构建筑占重要地位。砖石结构需要用优良性能的胶凝材料进行砌筑,这就促使石灰制造业迅速发展,纷纷采用各地都能采集到的石灰石烧制石灰,石灰生产点应运而生。那时,石灰的使用方法是先将石灰与水混合制成石灰浆体,然后用浆体砌筑条石、砖墙和砖石拱券以及粉刷墙面。在汉代,石灰的应用已很普遍,采用石灰砌筑的砖石结构能建造多层楼阁。

中国的万里长城修筑于公元前 7 世纪 ~ 公元 17 世纪,先后有 20

多个朝代主持或参与建造。秦、汉、明三个朝代修筑最长,在总长 5 万公里的长城中修筑了 5000 余公里。在这三个朝代,石灰胶凝材料已经发展到较高水平,大量用于修建长城。所以,长城的许多地段,后人发现它是用石灰砌筑而成的。

明代《天工开物》一书中,详细记载了石灰的生产方法。清代《营造法原》一书中,则记载了石灰烧制工艺与石灰性能之间的关系。这些记载说明我国到明、清时代已积累了较为丰富的石灰生产和使用知识。

(4) 三合土:在公元 5 世纪的中国南北朝时期,出现一种名叫“三合土”的建筑材料,它由石灰、黏土和细砂所组成。到明代,有石灰、陶粉和碎石组成的“三合土”。在清代,除石灰、黏土和细砂组成的“三合土”外,还有石灰、炉渣和砂子组成的“三合土”。清代《宫式石桥做法》一书中对“三合土”的配备作了说明:“灰土即石灰与黄土之混合,或谓三合土”;“灰土按四六掺合,石灰四成,黄土六成”。以现代人眼光看,“三合土”也就是以石灰与黄土或其它火山灰质材料作为胶凝材料,以细砂、碎石后炉渣作为填料的混凝土。“三合土”与罗马的三组分砂浆,即“罗马砂浆”有许多类似之处。

“三合土”自问世后一般用作地面、屋面、房基和地面垫层。“三合土”经夯实后不仅具有较高的强度,还有较好的防水性,在清代还将它用于夯筑水坝。

在欧洲大陆采用“罗马砂浆”的时候,遥远的东方古国——中国也在采用类似“罗马砂浆”的“三合土”,这是一个很有趣的历史巧合。

(5) 石灰掺有机物的胶凝材料:中国古代建筑胶凝材料发展中一个鲜明的特点是采用石灰掺有机物的胶凝材料,如“石灰-糯米”“石灰-桐油”“石灰-血料”“石灰-白芨”,以及“石灰-糯米-明矾”等。另外,在使用“三合土”时,掺入糯米和血料等有机物。

据民间传说,秦代修筑长城中,采用糯米汁砌筑砖石。考古发现,南北朝时期的河南邓县的画像砖墙是用含有淀粉的胶凝材料衬砌;河南登封县的少林寺,北宋宣和二年、明代弘治十二年和嘉靖四十年等不同时代的塔,在建造时都采用了掺有淀粉的石灰作胶凝材料。《宋会要》记载,公元 1170 年南宋乾道六年修筑和州城,“其城壁表里各用砖

灰五层包砌,糯米粥调灰铺砌城门兼楼橹,委皆雄壮,经久坚固。”明代修筑的南京城是世界上最大的砖石城垣,以条石为基,上筑夯土,外砌巨砖,用石灰作胶凝材料,在重要部位则用石灰加糯米汁灌浆,城垣上部用桐油和土拌和结顶,非常坚固。采用桐油或糯米汁拌和明矾与石灰制成的胶凝材料,其黏结性非常好,常用于修补假山石,至今在古建筑修缮中仍在沿用。

用有机物拌和“三合土”作建筑物的工法,在史料中屡有所见。明代《天工开物》一书中记载:“用以襄墓及贮水池则灰一分入河砂,黄土二分,用糯米、羊桃藤汁和匀,经筑坚固,永不隳坏,名曰三合土”。在中国建筑史上看到,清康熙、乾隆年间,北京卢沟桥南北岸,用糯米汁拌“三合土”建筑河堤数里,使北京南郊从此免去水患之害。在石桥建筑史中记载,用糯米和牛血拌“三合土”砌筑石桥,凝固后与花岗石一样坚固。糯米汁拌“三合土”的建筑物非常坚硬,还有韧性,用铁镐刨时会迸发出火星,有的甚至要用火药才能炸开。

中国历史悠久,在人类文明创造过程中有过辉煌成就,作出过重要贡献。英国著名科学家史学家李约瑟在《中国科学技术史》一书中写道:“在公元3世纪到13世纪之间,中国保持着西方国家所望尘莫及的科学知识水平”;“中国的那些发明和发现远远超过同时代的欧洲,特别是15世纪之前更是如此。”中国古代建筑胶凝材料发展的过程是,从“白灰面”和黄泥浆起步,发展到石灰和“三合土”,进而发展到石灰掺有机物的胶凝材料。从这段历史进程可以得出与科学史学家李约瑟相似的结论,中国古代建筑胶凝材料有过自己辉煌的历史,在与西方古代建筑胶凝材料基本同步发展的过程中,由于广泛采用石灰与有机物相结合的胶凝材料而显得略高一筹。

然而,近几个世纪以来中国落后了,尤其是到清朝乾隆年间末期,即18世纪末期以后,科学技术与西方差距愈来愈大。中国古代建筑胶凝材料的发展,到达石灰掺有机物的胶凝材料阶段后就停止不前,未能在此基点上跨出一步。西方古代建筑胶凝材料则在“罗马砂浆”的基础上继续发展,朝着现代水泥的方向不断提高,最终发明水泥。

3. 现代水泥的发明

现代水泥的发明有一个渐进的过程,并不是一蹴而就的。

(1)水硬性石灰:18 世纪中叶,英国航海业已较发达,但船只触礁和撞滩等海难事故频繁发生。为避免海难事故,采用灯塔进行导航。当时英国建造灯塔的材料有两种:木材和“罗马砂浆”。然而,木材易燃,遇海水易腐烂;“罗马砂浆”虽然有一定耐水性能,但尚经不住海水的腐蚀和冲刷。由于材料在海水中不耐久,所以灯塔经常损坏,船只无法安全航行,迅速发展的航运业遇到重大障碍。为解决航运安全问题,寻找抗海水侵蚀材料和建造耐久的灯塔成为 18 世纪 50 年代英国经济发展中的当务之急。对此,英国国会不惜重金,礼聘人才。被尊称为英国土木之父的工程师史密顿(J. Smeaton)应聘承担建设灯塔的任务。

1756 年,史密顿在建造灯塔的过程中,研究了“石灰-火山灰-砂子”三组分砂浆中不同石灰石对砂浆性能的影响,发现含有黏土的石灰石,经煅烧和细磨处理后,加水制成的砂浆能慢慢硬化,在海水中的强度较“罗马砂浆”高很多,能耐海水的冲刷。史密顿使用新发现的砂浆建造了举世闻名的普利茅斯港的漩岩(Eddystone)大灯塔。

用含黏土、石灰石制成的石灰被称为水硬性石灰。史密顿的这一发现是水泥发明过程中知识积累的一大飞跃,不仅对英国航海业做出了贡献,也对“波特兰水泥”的发明起到了重要作用。然而,史密顿研究成功的水硬性石灰,并未获得广泛应用,当时大量使用的仍是石灰、火山灰和砂子组成的“罗马砂浆”。

(2)罗马水泥:1796 年,英国人派克(J. Parker)将称为 SepaTria 的黏土质石灰岩,磨细后制成料球,在高于烧石灰的温度下煅烧,然后进行磨细制成水泥。派克称这种水泥为“罗马水泥”(RomanCement),并取得了该水泥的专利权。“罗马水泥”凝结较快,可用于与水接触的工程,在英国曾得到广泛应用,一直沿用到被“波特兰水泥”所取代。

差不多在“罗马水泥”生产的同时期,法国人采用 Boulogne 地区的化学成分接近现代水泥成分的泥灰岩也制造出水泥。这种与现代水泥化学成分接近的天然泥灰岩称为水泥灰岩,用此灰岩制成的水泥则称

为天然水泥。美国人用 Rosendale 和 Louisville 地区的水泥灰岩也制成了天然水泥。在 19 世纪 80 年代及以后的很长一段时间里,天然水泥在美国得到广泛应用,在建筑业中曾占很重要的地位。

(3)英国水泥:英国人福斯特(J. Foster)是一位致力于水泥的研究者。他将两份重量白垩和一份重量黏土混合后加水湿磨成泥浆,送入料槽进行沉淀,置沉淀物于大气中干燥,然后放入石灰窑中煅烧,温度以物料中碳酸气完全挥发为准,烧成产品呈浅黄色,冷却后细磨成水泥。福斯特称该水泥为“英国水泥”(BritishCement),于 1822 年 10 月 22 日获得英国第 4679 号专利。

“英国水泥”由于煅烧温度较低,其质量明显不及“罗马水泥”,所以售价较低,销售量不大。这种水泥虽然未能被大量推广,但其制造方法已是近代水泥制造的雏形,是水泥知识积累中的又一次重大飞跃。福斯特在现代水泥的发明过程中也是有贡献的。

(4)波特兰水泥(硅酸盐水泥):1824 年 10 月 21 日,英国利兹(Leeds)城的泥水匠阿斯谱丁(J. Aspdin)获得英国第 5022 号的“波特兰水泥”专利证书,从而一举成为流芳百世的水泥发明人。

他的专利证书上叙述的“波特兰水泥”制造方法是:“把石灰石捣成细粉,配合一定量的黏土,掺水后以人工或机械搅和均匀成泥浆。置泥浆于盘上,加热干燥。将干料打击成块,然后装入石灰窑煅烧,烧至石灰石内碳酸气完全逸出。煅烧后的烧块再将其冷却和打碎磨细,制成水泥。使用水泥时加入少量水分,拌和成适当稠度的砂浆,可应用于各种不同的工作场合。”该水泥水硬化后的颜色类似英国波特兰地区建筑用石料的颜色,所以被称为“波特兰水泥”。

阿斯谱丁在英国的 Wakefield 建设了第一个波特兰水泥厂。后来,他的儿子在英国的 Grateshead 又建设一个厂,1856 年在德国再建设一个厂,并在那里度过了他的晚年。

阿斯谱丁父子长期对“波特兰水泥”生产方法保密,采取了各种保密措施:在工厂周围建筑高墙,未经他们父子许可,任何人不得进入工厂;工人不准到自己工作岗位以外的地段走动;为制造假象,经常用盘子盛着硫酸铜或其它粉料,在装窑时将其撒在干料上。

阿斯谱丁专利证书上所叙述的“波特兰水泥”制造方法,与福斯特的“英国水泥”并无根本差别,煅烧温度都是以物料中碳酸气完全挥发为准。根据水泥生产一般常识,在该温度条件下制成的“波特兰水泥”,其质量不可能优于“英国水泥”。然而在市场上“波特兰水泥”的竞争力大于“英国水泥”。1838 年重建泰晤士河隧道工程时,“波特兰水泥”价格比“英国水泥”要高很多,但业主还是选用了“波特兰水泥”。很明显,阿斯谱丁出于保密原因在专利证书上并未把“波特兰水泥”生产技术都写出来,他实际掌握的水泥生产知识比专利证书上表明的要多。阿斯谱丁在工程生产中一定采用过较高煅烧温度,否则水泥硬化后不会具有波特兰地区石料那样的颜色,其产品也不可能有那样高的竞争力。

不过,根据专利证书所载内容和有关资料,阿斯谱丁未能掌握“波特兰水泥”确切的烧成温度和正确的原料配比。因此他的工厂生产出的产品质量很不稳定,甚至造成有些建筑物因水泥质量问题而倒塌。

在英国,与阿斯谱丁同一时代的另一位水泥研究天才是强生(I. C. Johnson),他是英国天鹅谷怀特公司经理。1845 年,强生在实验中一次偶然的机会发现,煅烧到含有一定数量玻璃体的水泥烧块,经磨细后具有非常好的水硬性。另外还发现,在烧成物中含有石灰会使水泥硬化后开裂。根据这些意外的发现,强生确定了水泥制造的两个基本条件:第一是烧窑的温度必须高到足以使烧块含一定量玻璃体并呈黑绿色;第二是原料比例必须正确而固定,烧成物内部不能含过量石灰,水泥硬化后不能开裂。这些条件确保了“波特兰水泥”质量,解决了阿斯谱丁无法解决的质量不稳定问题。从此,现代水泥生产的基本参数已被发现。

1909 年,强生 98 岁高龄时,向英国政府提出申诉,说他于 1845 年制成的水泥才是真正的“波特兰水泥”,阿斯谱丁并未做出质量稳定的水泥,不能称他为“波特兰水泥”的发明者。然而,英国政府没有同意强生的申诉,仍旧维持阿斯谱丁具有“波特兰水泥”专利权的决定。英国和德国的同行们对强生的工作有很高评价,认为他对“波特兰水泥”的发明做出了不可磨灭的重要贡献。