

“十二五”国家重点图书出版规划项目

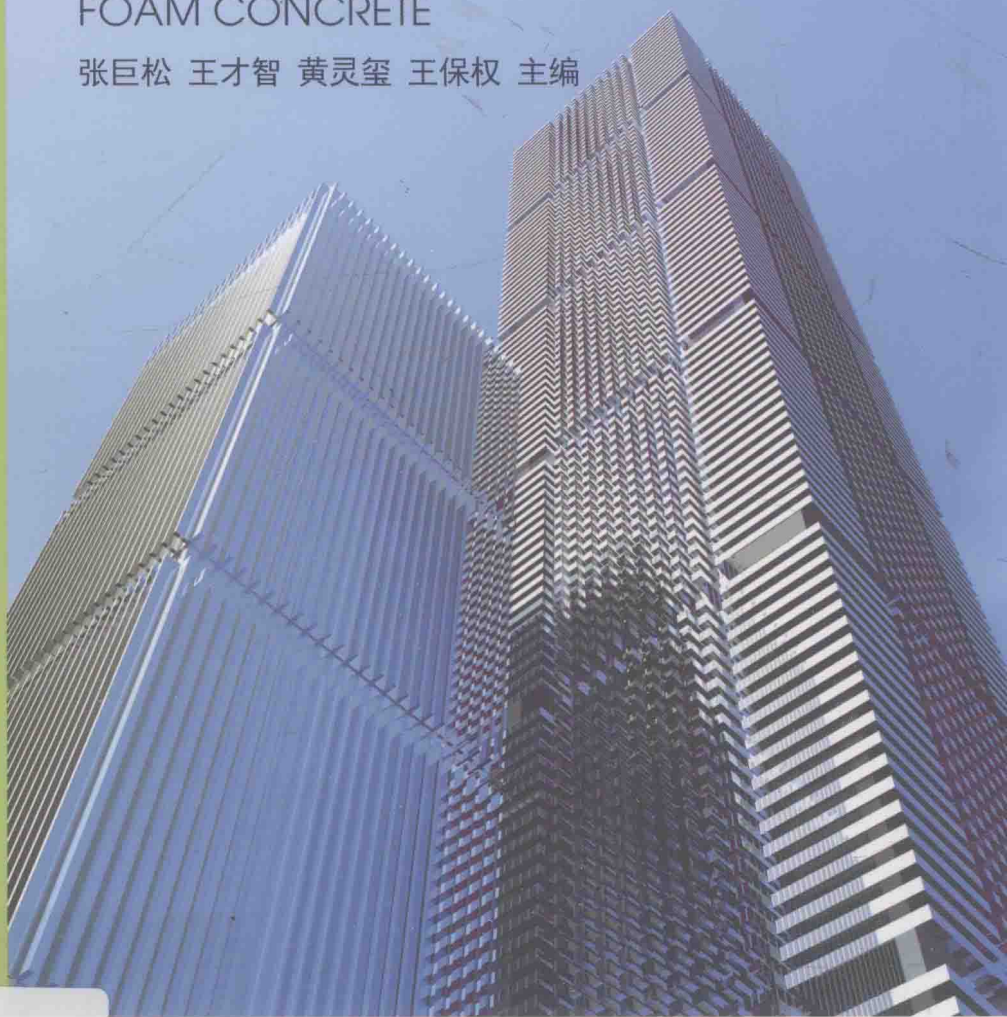
材料科学研究与工程技术/预拌混凝土系列

《预拌混凝土系列》总主编 张巨松

泡沫混凝土

FOAM CONCRETE

张巨松 王才智 黄灵玺 王保权 主编



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

“十二五”国家重点图书出版规划项目

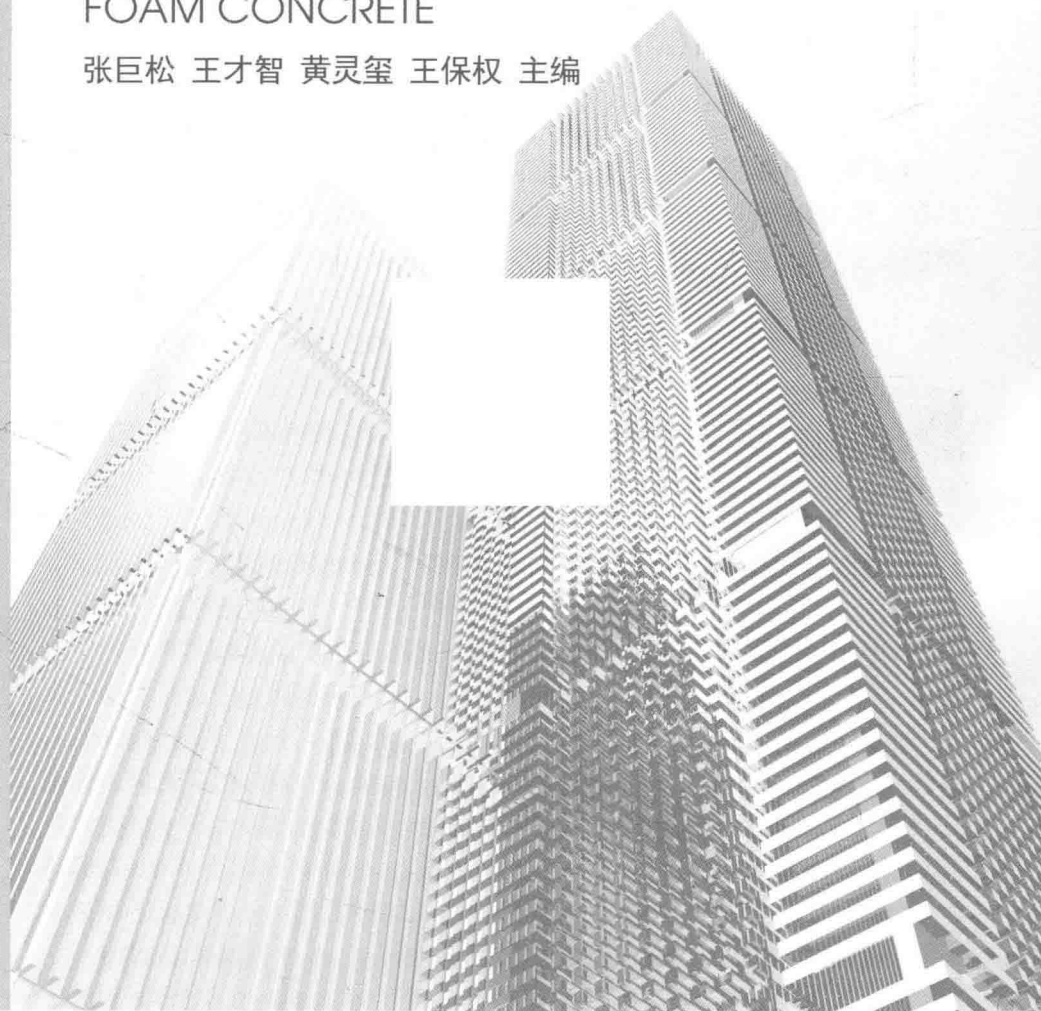
材料科学研究与工程技术/预拌混凝土系列

《预拌混凝土系列》总主编 张巨松

泡沫混凝土

FOAM CONCRETE

张巨松 王才智 黄灵玺 王保权 主编



内 容 提 要

本书包括6章和附录两大部分,系统介绍了泡沫混凝土原材料、泡沫混凝土技术原理、泡沫混凝土生产工艺、泡沫混凝土结构与性能、泡沫混凝土制品的应用及现浇泡沫混凝土的应用,为方便读者附录2列举了泡沫混凝土领域常用技术标准(规范)。

本书既可以作为专业领域的培训教材,也可作为行业工程技术人员的参考书。

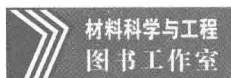
图书在版编目(CIP)数据

泡沫混凝土/张巨松等主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2016.1

ISBN 978-7-5603-5146-9

I. ①泡… II. ①张… III. ①泡沫混凝土-高等学校-教材 IV. ①TU528.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第311751号



材料科学与工程
图书工作室

责任编辑 范业婷 张 瑞 杨明蕾

封面设计 卞秉利

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街10号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司

开 本 660mm×980mm 1/16 印张 14.5 字数 249千字

版 次 2016年1月第1版 2016年1月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-5146-9

定 价 48.00元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

丛书序

混凝土从近代水泥的第一个专利(1824)算起,发展到今天近两个世纪了,关于混凝土的历史发展大师们有着相近的看法,吴中伟院士在其所著的《膨胀混凝土》一书中总结到,水泥混凝土科学历史上曾有过3次大突破:

- (1)19世纪中叶至20世纪初,钢筋和预应力钢筋混凝土的诞生;
- (2)膨胀和自应力水泥混凝土的诞生;
- (3)外加剂的广泛应用。

黄大能教授在其著作中提出,水泥混凝土科学历史上曾有过3次大突破:

- (1)19世纪中叶法国首先出现的钢筋混凝土;
- (2)1928年法国 E. Freyssinet 提出了混凝土收缩徐变理论,采用了高强钢丝,发明了预应力锚具,成为预应力混凝土的鼻祖、奠基人;
- (3)20世纪60年代以来层出不穷的外加剂新技术。

材料科学在水泥混凝土科学的表现可以理解为:

- ①金属、无机非金属、高分子材料的分别出现;
- ②19世纪中叶至20世纪初无机非金属和金属的复合;
- ③20世纪中叶金属、无机非金属、高分子的复合。

可见人造三大材料金属、无机非金属和高分子材料在水泥基材料在20世纪60年代完美复合。

1907年德国人最先取得混凝土输送泵的专利权;1927年德国的 Fritz Hell 设计制造了第一台得到成功应用的混凝土输送泵;荷兰人 J. C. Kooyman 在前人的基础上进行改进,1932年他成功地设计并制造出采用卧式缸的 Kooyman 混凝土输送泵,到20世纪50年代中叶,德国的 Torkret 公司首先设计出用水作为工作介质的混凝土输送泵,标志着混凝土输送泵的发展进入了一个新的阶段;1959年德国的 Schwing 公司生产出第一台全液压的混凝土输送泵,混凝土泵的不断发展和促进泵送混凝土的快速发展。

1935年美国的 E. W. Scripture 首先研制成功了木质素磺酸盐为主要成分的减水剂(商品名 Pozzolith),1937年获得专利,标志着普通减水剂的诞生;1954年制定了第一批混凝土外加剂检验标准。1962年日本花王石碱公司服

部健一等人研制成功 β -萘磺酸甲醛缩合物钠盐(商品名“麦蒂”),即萘系高效减水剂,1964 年西德的 Aignesberger 等人研制成功三聚氰胺减水剂(商品名“Melment”),即树脂系高效减水剂,标志着高效减水剂的诞生。

20 世纪 60 年代,混凝土外加剂技术和混凝土泵技术结合诞生了混凝土的新时代——预拌混凝土。经过半个世纪的发展,预拌混凝土已基本成熟,为此组织编写了《预拌混凝土系列丛书》,希望系统总结预拌混凝土的发展成果,为行业的后来者迅速成长铺路搭桥。

本系列丛书内容宽泛,加之作者水平有限,不当之处敬请读者指正!

张巨松
2015 年 3 月

前 言

改革开放 30 多年是中国混凝土快速发展的 30 多年,也是中国混凝土技术硕果累累的 30 多年。现今我国的混凝土技术已经可以根据不同的应用领域、功能和结构要求而生产出不同品种的混凝土,如:耐火混凝土、装饰混凝土、轻骨料混凝土、加气混凝土等。而泡沫混凝土在其中是比较年轻的一员,也是技术含量相对较高的一员。

近些年来,建筑节能与墙体改革已经成为我国的一项基本国策,随着我国提出的建设资源节约型社会的要求和国家节能降耗政策的相继出台,节能型建筑材料势必成为今后新型建材的发展方向。并且,由于近几年发生的由建筑保温材料引起的火灾,相关主管部门越来越重视建筑保温材料的防火问题,也陆续出台了一些政策法规,对建筑保温材料的防火等级进行了规定。

而泡沫混凝土的性能是非常符合以上要求的,这也是泡沫混凝土近些年应用逐渐增多的原因。泡沫混凝土具有施工速度快、质轻、隔声降噪、保温隔热及防火性能优越等特点,不但可以应用于建筑节能,也可以用于市政工程填筑、建筑内墙以及地面找平等其他领域;并且在建筑工程中,仍然有很多泡沫混凝土可以应用的领域有待开发。

随着国家政策的逐渐引导,以及泡沫混凝土技术的不断创新发展,未来泡沫混凝土的应用范围也必定继续扩大。

本书以作者十余年的泡沫混凝土研究经历为基础,结合行业内的很多企业家和具有共同志向的研究生共同合作的结果,并引用了

国内外同行学者的许多文献资料,在此一并表示感谢。

由于编写时间仓促,水平有限,书中难免存在不足之处,欢迎广大读者批评指正。若本书能给各界同仁提供一些帮助,将是我们最大的欣慰。

作 者

2015 年 3 月于沈阳

目 录

绪 论	1
第 1 章 泡沫混凝土原材料	10
1.1 水泥	10
1.1.1 硅酸盐系列水泥	10
1.1.2 硫铝酸盐水泥	12
1.1.3 镁水泥	13
1.1.4 其他水泥	15
1.2 矿物掺和料	15
1.2.1 粉煤灰	15
1.2.2 磨细矿渣粉	17
1.2.3 硅灰	18
1.3 发泡剂	19
1.3.1 物理发泡剂	20
1.3.2 化学发泡剂	34
1.4 外加剂	35
1.4.1 减水剂	35
1.4.2 早强剂	40
1.4.3 缓凝剂	42
1.4.4 憎水剂	44
1.4.5 稳泡剂	46
1.4.6 保水剂	48
1.5 纤维	50
1.5.1 聚丙烯纤维	50
1.5.2 耐碱玻璃纤维	51
1.5.3 聚乙烯醇纤维	52
1.6 集料	52

第2章 泡沫混凝土技术原理	56
2.1 物理发泡原理	56
2.2 化学发泡原理	67
2.3 孔形成原理	68
2.4 配合比设计	70
2.4.1 物理发泡配合比设计	70
2.4.2 化学发泡配合比设计	75
第3章 泡沫混凝土生产工艺	80
3.1 泡沫混凝土生产工艺过程	80
3.1.1 生产过程	80
3.1.2 工艺特征	81
3.2 物理发泡工艺	82
3.2.1 发泡机的应用现状及技术原理	82
3.2.2 发泡机类别及机型	85
3.2.3 发泡机的选择和使用	91
3.3 搅拌混泡(化学发泡剂)工艺	96
3.3.1 物理发泡的搅拌混泡	96
3.3.2 化学发泡搅拌	100
3.3.3 搅拌技术	101
3.4 浇注工艺	106
3.4.1 输送工艺	106
3.4.2 输送泵及泵车	110
3.4.3 泡沫混凝土的浇注	120
3.5 浇注稳定性及技术要素	123
3.5.1 浇注的宏观特征及不稳定现象	123
3.5.2 浇注稳定性影响因素	126
3.5.3 浇注质量控制	130
3.6 泡沫混凝土各生产要素的主要影响	135
3.7 泡沫混凝土切割与包装	137
第4章 泡沫混凝土结构与性能	140
4.1 结构特征	140

4.2 密度及影响因素	142
4.2.1 密度	142
4.2.2 密度的影响因素	144
4.3 强度及影响因素	144
4.3.1 强度	144
4.3.2 强度的影响因素	146
4.4 尺寸稳定性及影响因素	148
4.4.1 尺寸稳定性	148
4.4.2 尺寸稳定性的影响因素	149
4.5 热声性能	150
4.5.1 热工性能	150
4.5.2 影响热工性能的主要因素	154
4.5.3 声学性能	156
4.6 与水有关的性能	157
4.6.1 吸湿性	157
4.6.2 吸水性	157
4.6.3 耐水性	158
4.6.4 抗冻性	159
第5章 泡沫混凝土制品的应用	160
5.1 泡沫混凝土砌块	160
5.1.1 普通泡沫混凝土砌块	161
5.1.2 泡沫混凝土复合砌块	162
5.2 泡沫混凝土板	165
5.2.1 泡沫混凝土板外墙外保温系统	165
5.2.2 泡沫混凝土板防火隔离带	170
5.2.3 泡沫混凝土板屋面保温系统	173
5.2.4 泡沫混凝土板隔墙系统	177
5.2.5 泡沫混凝土复合板	181
第6章 现浇泡沫混凝土的应用	185
6.1 现浇泡沫混凝土墙体	185
6.1.1 钢筋网架板片墙体	185
6.1.2 现浇轻钢面板夹心墙	188

6.1.3 砌体外保温夹心墙	193
6.1.4 现浇空心砌块自保温墙体	196
6.2 现浇泡沫混凝土楼/地面、屋面保温	202
6.3 市政工程回填及垫层	206
附录.....	212
附录1 泡沫混凝土研究经历	212
附录2 泡沫混凝土领域常用技术标准(规范)	214
参考文献.....	217

绪 论

1. 泡沫混凝土的定义

根据传统定义,泡沫混凝土是用物理方法将泡沫剂制备成泡沫,再将泡沫加入到由水泥、骨料、掺和料、外加剂和水制成的料浆中,经混合搅拌、浇注成形、养护而成的轻质微孔混凝土。

泡沫混凝土发展至今日,经过不断的更新换代,已经发展出很多不同的品种和类型,其制备方法、原材料和形态构造也远远超出了传统定义的范围,比如说近年来通过国内科研人员和工程界人士的努力,我国出现了一种新兴的化学发泡制备泡沫混凝土的方法,该方法以水泥为主材,以粉煤灰、纤维等为辅料,以过氧化氢为发泡剂,采用化学发泡方法,经过配料、搅拌、浇注、发气、养护、切割等工序制成的一种多孔混凝土,和传统加气混凝土不同的是无需蒸压。由于化学发泡方法制备泡沫混凝土在降低密度、提高抗压强度以及改善外观等方面,与物理发泡方法相比有其自身的优势,因此近年来已经逐渐被学术界和工程界所接受。

泡沫混凝土属于多孔混凝土的一种。它和加气混凝土属于同一个类型的多孔混凝土,从本质上讲,泡沫混凝土实际上是加气混凝土中的一个特殊品种。它的孔结构和材料性能都接近于加气混凝土,主要用途也类似于加气混凝土,它的技术标准目前也参照加气混凝土执行。但它和加气混凝土的不同有两点:第一,原料不同,泡沫混凝土是以水泥为主材的,加气混凝土是以粉煤灰(灰加气)或石灰加砂(砂加气)或矿渣为主材;第二,养护方法不同,泡沫混凝土可采用自然养护或蒸汽养护,而加气混凝土必须采用蒸压养护。总的看来,二者的气孔结构和性能没有根本性的区别。因此,可以这样说,泡沫混凝土属于广义的加气混凝土。

正是由于泡沫混凝土与加气混凝土的气孔结构特征和材料性能比较相近,所以泡沫混凝土的概念目前有些模糊,还没有一个统一的而且比较确切的界定,二者的概念往往有交叉的部分。例如,如果以气泡产生的方法来界定泡沫混凝土,应该是采用物理机械发泡的才是泡沫混凝土,但目前许多业内人士也把发气剂化学发泡而不蒸压的多孔混凝土也称为泡沫混凝土。因为他们认为加气混凝土是蒸压的,而这种发气剂虽属化学加气但不蒸压,不符合加气混

凝土蒸压工艺的特征,所以将其归之于泡沫混凝土。我们若以养护工艺特征来界定泡沫混凝土,应该是非蒸压的采用物理发泡的多孔混凝土才是泡沫混凝土。但是,现在一些采用物理发泡的气孔混凝土有时也采用蒸压养护。

同时,业内一些学者和工程界人士为将化学发泡区别于物理发泡,习惯将化学发泡制备的泡沫混凝土称之为发泡水泥,而实际上,除发泡方法外,从原材料、结构、物理性能及力学特征等方面来看,二者并无本质区别,因此有人提出化学发泡方法制备的产品,也应归入泡沫混凝土一类。

正因如此,泡沫混凝土始终没有一个比较准确的概念和定义,大家都是根据自己的理解来各自界定。作者翻阅了不少与泡沫混凝土相关的论文和著作,在这些论文和著作中,对泡沫混凝土的定义并不统一,甚至有些互相矛盾。

作者认为,泡沫混凝土的概念界定应遵循三个原则,从这三个原则综合考虑,取得一个相对规范的概念。这三个原则是:①大多数人给予的定义;②泡沫混凝土近些年的发展状况;③与泡沫混凝土未来的发展趋势相符合。

从上述三个原则出发,作者认为,泡沫混凝土比较规范性的概念是:以水泥、粉煤灰及其他掺和料为主要原料,采用物理或化学方法,将气泡引入胶凝材料浆体中,凝结硬化后制成的具有大量孔隙的轻质多孔混凝土。

(1) 物理发泡。

物理发泡采用机械方法将发泡剂制成泡沫,然后再将已制得的泡沫和硅酸钙质材料、菱镁材料或石膏材料所制得的料浆均匀搅拌,来制成泡沫混凝土拌和物。搅拌使这些材料的硬质微粒黏附到泡沫的外壳上面,泡沫的气泡就变为互相隔开的单个气泡。气泡的壁体由泡沫料浆的微粒和水构成。泡沫混凝土气孔形状与加气混凝土有所不同,不是椭圆体,它在毛细管作用下会产生变形而变成多面体。拌和物中的细孔分布得越均匀、尺寸越小,则泡沫混凝土强度越高。在静停期间,多孔拌和物逐渐稠化凝结,形成胚体。在蒸养或自然养护条件下,这些材料间产生水化反应,生成水化硅酸盐及水化铝硅酸盐胶凝物质或其他胶凝物质,使胚体逐渐变成具有一定强度和其他物理力学性能的多孔人造石材。因为这种泡沫混凝土的泡沫是外加的,所以习惯称之为外发泡。机械发泡所制得的泡沫混凝土泡径大小可以通过人工控制,它的泡径一般都小于2 mm。

(2) 化学发泡。

化学发泡是将化学发泡剂加入到预先制备好的胶凝材料浆体中,然后进行搅拌使发泡剂在浆体中分散均匀,通过温度或催化作用使浆体中的发泡剂发生化学反应生成气体,这些气体使胶凝材料浆体膨胀,待发泡浆体凝结硬化

之后而制成泡沫混凝土(也称发泡水泥),由于化学发泡是在胶凝材料浆体内部生成气泡,所以有人称之为内发泡。化学发泡制备的泡沫混凝土孔径一般大于物理发泡所制备的泡沫混凝土,孔径大多为2~4 mm。

通常在相同密度等级的情况下,化学发泡制备的泡沫混凝土强度、孔结构会优于物理发泡制备的泡沫混凝土,但是这种发泡方法也有其自身的问题,如:浆料稳定性低,不易控制,对浇注外部环境较敏感,若控制不好很容易造成塌模;浇注后不能立即刮平,因此不适用于现浇,只能生产预制品;并且化学发泡制备的产品在成形后容易出现裂缝,对制品的性能和观感也会造成影响。

化学发泡是近些年国内新兴起的一种发泡方法,已经有一些研究者和企业对其进行研究和开发,由于这种发泡方法在一些方面有其自身的优势,因此在未来的泡沫混凝土市场也会获得一定的发展。

2. 泡沫混凝土的发展历程

(1) 物理发泡阶段。

20世纪30~50年代,是泡沫混凝土工业化技术体系形成的时期。在这一时期,正值二战爆发,生产加气混凝土的铝粉供应紧张,于是欧洲各国纷纷转向以泡沫取代铝粉,以泡沫混凝土取代加气混凝土,刺激了泡沫混凝土在二战前后及战争期间的研发及生产,形成了其发展的第一个高潮。

在这一时期,技术成就最大的是苏联。苏联为泡沫混凝土技术成熟并走向工业化生产,起到了关键性的作用。从1926年开始研发到1930年在列宁格勒(现圣彼得堡)开始工业化生产,苏联只用了四年时间。从1936年起,在已成功生产自然养护泡沫混凝土的基础上,实现了蒸压泡沫混凝土及蒸压泡沫硅酸盐的工业化生产,建立了彼尔伏乌拉尔斯克、别莱兹尼克等泡沫混凝土大型企业。

中国泡沫混凝土的发展并不晚,这主要是因为苏联的原因,泡沫混凝土几乎和新中国同时诞生和成长。

1950年,苏联专家就开始向中国推广泡沫混凝土技术。

1952年,中国科学院土木建筑研究所成立了以黄兰谷为首的泡沫混凝土试验中心,开始了中国泡沫混凝土的正式试制。

1954年,在中国科学院土木建筑研究所与其他单位合作下,由苏联专家指导,在哈尔滨生产出蒸压泡沫混凝土板,用于哈尔滨电表仪器厂屋面。这是我国首次将泡沫混凝土用于建筑保温。

1955~1957年,原水利电力部电力建设科学技术研究所试制成功使用温度可达250~510℃的泡沫混凝土管壳,应用于电厂的高温管道保温上。

1956年,原纺织工业部基本建设设计院也开展了粉煤灰泡沫混凝土的试验研究,其目的是针对当时泡沫混凝土以水泥为主,成本较高的情况,以粉煤灰取代水泥,来降低成本。在原北京市建材局,中纺部第二工程公司、水利科学研究院等配合下,他们一年多的试验取得了成功,将泡沫混凝土成本降低了40%,并在工程中应用。

1952~1959年的8年间,是我国泡沫混凝土发展的第一个高潮期,形成了一定的生产规模。但由于随后的中苏关系恶化,苏联专家撤走,再加上紧接其后的“文化大革命”,致使我国泡沫混凝土从1960~1980年,整整20年之久,很少有人问津。

据统计,在物理发泡方面,我国相关科研人员共申请专利“一种超低密度泡沫混凝土及其制备方法”“一种泡沫玻璃混凝土砖”等110余项,取得国家科技成果“LWJ防水隔热泡沫混凝土的研究与应用”“泡沫混凝土生产与应用技术”等12项,发表论文《泡沫混凝土泡沫发生器的研制》《国内外混凝土发泡剂及发泡技术分析》等200余篇,其中硕士学位论文19篇。

(2) 泵送泡沫混凝土阶段。

泡沫混凝土重新在我国兴起,是从现浇开始兴盛并发展起来的。在1980年前后,随着改革之风吹开国门,欧洲的泡沫混凝土现浇技术进入了我国的开放前沿广东。由于广东及其周边地区夏季炎热,对屋面保温需求强烈,泡沫混凝土屋面现浇率先在广东流行。当时,广州、东莞、佛山等地,大量的屋面保温都应用了现浇泡沫混凝土。此后,泡沫混凝土屋面保温现浇逐渐向北推进,经福建、湖南、江西等省一路北上,如今已发展到北京、辽宁、陕西等全国各地。2007年,中南地区建筑标准图集《泡沫混凝土屋面保温隔热建筑构造》(07ZTJ2005)及四川省工程建设标准设计图集《泡沫混凝土楼地面、屋面保温隔热建筑构造图》(DBJT 20—58)先后推出,标志着现浇屋面保温隔热层的规范化应用已经开始。

继泡沫混凝土屋面保温现浇之后,在20世纪90年代末期,泡沫混凝土地面保温层现浇自韩国传入我国,率先在靠近韩国的烟台、威海、天津、大连、秦皇岛等地成功应用。进入新世纪之后,由于其适应了建筑节能的需求,获得了迅猛的发展,并从2005年起进入发展高潮。如今,泡沫混凝土现浇地暖保温层技术自东向西、向南、向北三面扩展,已发展到全国除两广及福建、台湾之外的大部分省区,成为泡沫混凝土第一大应用领域。河北省地暖协会出台的泡沫混凝土地暖保温层地方标准,是我国第一个泡沫混凝土标准。之后,山东、辽宁也都出台了地方标准。2009年春,我国第一部泡沫混凝土现浇行业标准

《地面辐射供暖工程用发泡水泥绝热层、水泥砂浆填充层技术规程》颁布实施,将泡沫混凝土地暖保温隔热层现浇应用推进到一个新的发展阶段。

2006年以后,我国以现浇为代表的泡沫混凝土,进入了蓬勃发展的新时代。目前,我国的泡沫混凝土基本以现浇为主制品为辅。我国泡沫混凝土现浇蓬勃发展的主要标志有以下几点:

①泡沫混凝土新的、高端的应用技术及应用领域大量出现。2006年以后,一年出现的新技术、新的应用领域,可以超过前几十年的总和,且一年比一年数量多。作者做了简单统计,在2006年以后出现的泡沫混凝土新技术达数十项。

②国内已开始出现规模化泡沫混凝土设备生产厂家。

③泡沫混凝土企业快速增加,每年新增企业数量不少于百家,2014年近2000家。论生产企业数量,我国已居世界第一。

④泡沫混凝土标准开始制定和实施,自2006~2014年,我国推出地方标准、行业标准、国家标准20多部,还有一批标准正在制定中。从此,我国的泡沫混凝土告别了无序发展的时代,开始逐步走向规范化生产。

在泵送泡沫混凝土方面,我国相关科研人员共申请专利“用泡沫混凝土永久性内模的现浇空心楼板”“现浇泡沫混凝土复合墙板”等20项,取得国家科技成果“发泡混凝土轻型墙体砌块、轻体现浇混凝土”1项,发表论文《泡沫混凝土整体现浇墙体工程应用研究》《现浇泡沫混凝土自保温体系在寒冷地区应用探讨》等12篇。

(3) 化学发泡阶段。

针对物理发泡的缺点,国内一些企业开始开发化学发泡方法制备泡沫混凝土,使得全行业的技术水平得到全面提升:

①以化学发泡生产保温板技术,在全国得到推广应用,提高了产品的技术性能,尤其是抗压强度和产品外观。

②产品密度大幅下降,200 kg/m³以下产品,在2010年之前还很少见,而现在许多企业都可以实现150~200 kg/m³超低密度产品的工业化生产,山西省潞城泓钰节能建材有限公司、辽宁蓝光建设集团有限公司、上海法普罗材料技术有限公司等企业甚至可以生产密度为100~150 kg/m³的产品。在实验室研发阶段,一些研究机构和企业已可以制出密度为60~80 kg/m³的产品。泡沫混凝土在密度方面的迅速降低,为其最终取代膨胀聚苯板创造了技术条件。

③泡沫混凝土的综合性能全面提高,较2010年上了一个大台阶。其主要技术指标,如导热系数,已能做到0.05 W/(m·K),最低已达到0.04 W/(m·K);

吸水率已由原来的 30% 左右降至 10%, 最低可达 5%; 密度为 $200 \sim 300 \text{ kg/m}^3$ 的泡沫混凝土的抗压强度也已由原来的 $0.2 \sim 0.3 \text{ MPa}$, 提高到 $0.5 \sim 1.0 \text{ MPa}$, 最高已达 1.2 MPa 。

④硅酸盐水泥化学发泡生产保温板技术获得推广应用。早期我国泡沫混凝土保温板的生产, 大多采用快硬硫铝酸盐水泥, 制品容易碳化、粉化、脱落。企业及时技术更新, 调整技术方案, 采用以硅酸盐水泥为主体、辅助多种材料进行化学发泡生产保温板。目前已经有部分企业实现了技术换代, 硅酸盐水泥化学发泡技术得到了推广应用。

在化学发泡方面, 我国的科研人员共申请专利“一种建筑外墙用粉煤灰/水泥发泡保温板”“一种发泡水泥”等 50 余项, 发表硕士学位论文《超轻泡沫混凝土保温材料的试验研究》1 篇, 丹东市兄弟建材有限公司、唐山万城建材有限公司等一批企业也在积极开发化学发泡方法制备泡沫混凝土。

(4) 复合泡沫混凝土阶段。

近几年来, 为了提高泡沫混凝土的保温隔热性能, 一些企业与科研人员试图将泡沫混凝土与其他保温材料复合。如: 烟台大学土木工程系周明采用泡沫混凝土与膨胀珍珠岩复合, 制得了泡沫水泥膨胀珍珠岩复合保温板, 在强度基本不变的情况下, 使材料的密度与导热系数明显降低; 吉林建筑工程学院肖立光等人采用 EPS 颗粒、膨胀珍珠岩以及陶粒等材料与泡沫混凝土复合, 制得了凝结在一起的上、下面层和面层之间的夹心材料层, 上、下面层和中间夹心保温层凝结在一起, 整体强度高, 面层具有轻质、高强、防水抗渗、防火、耐腐蚀的优点和保温、隔热性能, 中间夹心层具有突出的保温、隔热性能和明显优于同类材料的强度及防水抗渗、抗裂、防火、耐腐蚀性能; 黄淮学院建筑工程系李勇等人采用废弃聚苯颗粒与泡沫混凝土复合, 以硬泡聚氨酯为芯材, 制得了聚苯再生颗粒发泡混凝土复合硬泡聚氨酯外墙保温板, 制得的产品整体性好、充分利用工业废弃物, 综合造价低, 属绿色环保建材。

但是该阶段的复合保温材料仅局限于生产预制构件, 无法现场浇筑, 限制了其在工程中的应用。

在复合泡沫混凝土方面, 我国相关工作人员共申请“聚苯泡沫混凝土保温材料及其制备方法”“防水隔热珍珠岩泡沫混凝土制备方法及其应用”等 11 项专利, 发表论文《外墙发泡混凝土新型复合保温板体系的技术经济分析》《泡沫水泥膨胀珍珠岩复合保温板研制》两篇。