

924290

《水利水电施工》
丛 书

水工混凝土外加剂的 选择与应用

吴绍章 胡玉初 编著



《水利水电施工》丛书

水工混凝土外加剂的 选择与应用

吴绍章 胡玉初 编著

水利电力出版社

内 容 提 要

本书从实用出发,介绍了水工混凝土所常用的减水剂、引气剂、高效减水剂、早强剂、缓凝剂、防水剂、防锈剂、保水剂等15种外加剂的主要成分及工程特性,以及水泥品种等对外加剂效果的影响,还给出了使用这些外加剂的基本要点和应用技术。全书共有3章14节。附录中列出了技术标准和部分产品资料以供选用。

本书可供从事水工混凝土设计、施工及质量检查人员使用,也可供有关科研、学校师生参考。

《水利水电施工》丛书

水工混凝土外加剂的选择与应用

吴绍章 胡玉初 编著

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 5.375印张 118千字

1990年12月第一版 1990年12月北京第一次印刷

印数 0001— 2950册

ISBN 7-120-01171-5/TV·433

定价 4.05元

水利科普丛书编审委员会名单

主任委员 史梦熊

副主任委员 董其林

委 员 (以姓氏笔划为序)

丁联臻	王万治	史梦熊	田 园
李文治	酆凤山	杨启声	张宏全
张林祥	沈坵卿	陈祖安	陈春槐
汪景琦	郑连第	郭之章	赵珂经
茹 智	陶芳轩	谈国良	徐曾衍
蒋元驹	曹述互	曹松润	董其林
颜振元			

序

水是人类生存和社会生产必不可少的物质资源。水利工作的基本任务是除水害、兴水利,开发、利用和保护水资源,为工农业生产和人们的物质、文化生活创造必要的条件。普及水利科学技术知识,让更多的人了解和掌握水利科学技术,也是两个文明建设的内容之一。为此,针对水利战线职工和社会上不同文化程度读者的需要,分层次地编写出版水利科普读物是十分必要的。

为了帮助水利科技人员的知识更新,掌握一些现代科技知识,并使水利科技成果更广泛地得到推广应用,尽快地形成生产力;为了使广大农村水利工作人员,掌握一些实用的水利基础知识,并应用于生产实际;为了总结和宣传我国水利建设的伟大成就和悠久历史,介绍水利在四化建设和人民生活等方面的重要作用,激发广大人民群众和青少年热爱祖国江河、关心水利事业,我们组织编写了七套水利科普丛书,包括《现代科技》丛书、《水利科技成果》丛书、《水利水电施工》丛书、《小水电技术》丛书、《农村水利技术》丛书、《中国水利史》小丛书、《水与人类》丛书。这些科普丛书将由水利电力出版社陆续出版。

编写和审定这些丛书时,力求做到以思想性和科学性为前提,同时注意通俗性、适用性和趣味性。由于我们工作经验不足,书中可能存在某些不妥和错误之处,敬请广大读者给予批评指正。

中国水利学会科普工作委员会

1984年7月

前 言

水利、电力建设中，混凝土是最基本的大宗建筑材料，而混凝土外加剂则是用途广、作用大、效益高的第五种混凝土组成材料。因此，广泛地推广应用混凝土外加剂，既是混凝土技术发展的需要，更是水利电力建设的需要。

从50年代开始，我国在水利、电力建设中，利用混凝土外加剂的历史已有数十年，积累了许多宝贵经验。随着水利电力建设的发展，还将出现品种更多、效能更好的外加剂。当前，为了能在这方面略尽作者的绵薄之力，特编写了这本《水工混凝土外加剂的选择与应用》小册子，奉献给广大水利电力建设的同行们。

本书从工程实际应用出发，用较多的篇幅介绍各种外加剂的工程特性，以便使用选择；对工程应用中可能出现的问题以及如何正确使用，也作了介绍。此外，还对外加剂在水工混凝土等不同工程中的应用，作了专门叙述。遗憾的是限于立足应用的考虑，对许多有关理论问题未能涉及。

本书是在汲取了有关院校、科研及工程单位的许多成果和经验，特别是作者所在单位的南京水利科学研究所的多年成果和资料的基础上，编撰而成。借此谨向这些单位和同志们致谢，向对本书的编写提出过宝贵意见和建议的北京水利电力经济管理学院的吴钟瑾副教授表示感谢。还要特别对关心、支持本书编写并给予审阅的前水利电力部水利水电建设总局的蒋元驹教授级高级工程师致以衷心的感谢。

本书脱稿于1985年，但考虑到它的基本知识和应用技术

仍是实用的，所以在出版时只作了个别文字上的修改。限于水平，书中疏漏和错误之处在所难免，恳望批评指正。

作 者

1990年4月

目 录

序

前 言

第一章 混凝土外加剂概述	1
第一节 混凝土外加剂的发展状况	1
第二节 混凝土外加剂的种类及标准	4
第三节 混凝土外加剂的特性	9
第二章 影响外加剂效果的因素	77
第一节 水泥的影响	77
第二节 混凝土组成的影响	91
第三节 掺量及掺加方式的影响	98
第四节 粉煤灰共同使用的影响	105
第五节 混凝土的坍落度损失	106
第三章 混凝土外加剂的应用	113
第一节 工程中应用的要点	113
第二节 水工混凝土中的应用	120
第三节 流动混凝土和泵送混凝土中的应用	129
第四节 高强度混凝土中的应用	132
第五节 水下混凝土中的应用	133
第六节 抢修堵漏工程中的应用	141
附录一 中华人民共和国水利电力部 水工混凝土外加剂技术标准 SD108-83	144
附录二 部分国产混凝土外加剂一览表	152

第一章 混凝土外加剂概述

第一节 混凝土外加剂的发展状况

混凝土外加剂的应用，在我国已有很久的历史，人们很早就知道用糯米汁、猪血或红根浸泡液等来建造海塘、堤坝和墓穴等。而这些东西的主要成分就是现代用以制作某些减水剂、缓凝剂等外加剂的部分组成原料。在国外，古罗马人也曾在火山灰中掺入牛脂及血液来提高材料的性能。但大量应用外加剂是从20世纪30年代开始的。当时，美国为调查公路混凝土在冬季破坏的原因，发现了引气剂及引气水泥（当时叫加气剂或加气水泥），并在1938年申请了专利（专利号2225149）。在此期间，还开发了一些减水剂（过去叫分散剂）、引气剂。至1944年，美国混凝土学会212委员会将外加剂分为早强剂、引气剂、防水剂等7大类（1963年已增至15类）。并逐渐传向世界各国。第二次世界大战以后，外加剂大量应用于实际工程。一些先进国家，几乎没有不用外加剂的混凝土。外加剂已成为混凝土不可缺少的第五种组分。工程界已经把外加剂的出现看成是混凝土工艺上的第三次飞跃（第一次是钢筋混凝土的出现，第二次是预应力混凝土的问世）。

我国外加剂的发展大致分为三个阶段：

第一个阶段：自50年代起至60年代初期，这是外加剂初步开发和应用的阶段。最早采用的是以松香为原料制成的引气剂和引气水泥，并首先在塘沽新港的防波堤及其它水利工程上应用。由淮河水利委员会组织生产，供全国各地使用。

从1952年起先后又在佛子岭、梅山、响洪甸、磨子潭、三门峡、柘溪、桓仁等大坝中使用松香热聚物及松脂皂引气剂。从铁道部科学研究院率先提出了纸浆废液塑化剂（即减水剂）以来，1957年在上犹江、古田、新安江等水利工程中开始使用。当时迫于货源供应的不足，陈村、柘溪、青铜峡等工程使用当地材料自制出的各种名称的塑化剂，1960年西津工程利用糖蜜酒精糟制成了塑化剂，又为水工混凝土开发了一个新的剂种。1965年在刘家峡工程中同时使用了塑化剂和引气剂，可算是最早采用复合外加剂的工程。

第二阶段：自60年代末至70年代末，这是我国大量研制开发外加剂特别是减水剂的热潮阶段。这阶段的初期由中国科学院工程力学研究所提出的复合早强剂和速凝剂为契机，山东省建筑科学研究所、交通部第一航务工程局和南京水利科学研究所等又研究和推广应用了硫酸盐型的复合早强剂。进入70年代以后，单纯的早强剂和塑化剂已不能满足建设的高速度发展和更多方面应用的要求，不少单位又开始探求新的外加剂。由南京水利科学研究所、交通部第一航务工程局和中国科学院工程力学研究所等单位组成的研究组共同研究开发了以萘磺酸甲醛缩合物NNO为主剂的复合减水剂，在国内首先通过了部级鉴定，获得成功。次年（1975年），铁道部科学研究院又开发了烷基苯类引气剂而通过了鉴定。之后（1977年）中国建筑材料研究院等单位研制的属甲基萘磺酸盐类甲醛缩合物的MF减水剂，中国建筑科学研究院等单位共同开发了木质素磺酸钙减水剂（以下简称“木钙”），冶金工业部建筑研究总院研制的JN减水剂，清华大学等单位的NF、武汉化工研究所和第一冶金建设公司的FDN、上海市建筑科学研究所的SN，等减水剂也相继问世。在此期

间，水利水电科学研究院、原水利电力部十二工程局、大化水电工程建设指挥部和南京水利科学研究所研制和开发的糖蜜及其废液制取的缓凝减水剂及其复合型缓凝剂，成功地运用于水利工程。乌江渡水电工程局、湖南水利工程局还在工程中采用无机类缓凝剂。不少水利工程也大量地用了木钙减水剂。河北省水利工程局研制了DH系列减水剂，安徽省建筑科学研究所研制的膨胀剂、交通部第一航务工程局二处的PC-2型引气剂等等，一时间各种外加剂如雨后春笋般地涌现出来。据1981年统计，外加剂品种已有50种之多，包括有萘磺酸盐类甲醛缩合物（如 β -萘磺酸、甲基萘磺酸以及杂环类的磺酸盐的甲醛缩合物）；树脂磺化物（如古马隆树脂、蜜胺树脂等）；木质素磺酸盐及糖类等。

第三个阶段：自80年代开始混凝土外加剂已经进入以标准化为中心向着广而深的方面发展的阶段。虽然外加剂的新品种在不断涌现，但在混凝土工程中的应用还不普遍。据估计水工混凝土采用外加剂的约有80%~90%，而就全国来说还不到8%如江苏省1984年统计仅为8%。原因虽然很多，但与无统一的外加剂技术标准有关。因此，制定外加剂的标准显得十分必要。中国建筑科学研究院和上海市建筑科学所等6个单位提出并获前城乡环境保护部批准的减水剂标准及试验方法，由南京水利科学研究所、水利水电科学研究院和长江水利水电科学研究院等9个单位提出并获前水利电力部批准的《水工混凝土外加剂技术标准》（SD108-83）以及在此基础上的土木学会外加剂专业委员会综合修订提出的《混凝土外加剂质量标准（草案）》都相继公布。1984年由中国建筑科学研究院等30多个单位编制了《混凝土外加剂应用技术规范》（GBJ119-88），1985年建筑材料研究院又组

织10个单位着手编制全国性的外加剂标准：《混凝土外加剂的分类、命名与定义》（GB8075-87）、《混凝土外加剂》（GB8076-87）、《混凝土外加剂匀质性试验方法》（GB8077-87）。所有这些标准或规程都说明了外加剂已向标准化迈进，也是外加剂发展到一个新阶段或新时期的标志。

与此同时，外加剂的理论研究与应用技术也得到发展，减水剂作用机理及其对水泥适应性、外加剂添加方法等都有不少新的成果，也大大促进了外加剂的推广应用。

第二节 混凝土外加剂的种类及标准

一、混凝土外加剂的定义和分类

混凝土外加剂的定义，世界各国尚未统一。不过，普遍认为应该采用国际标准化组织，（ISO）的规定较适宜。按这个规定，外加剂是以掺量小于或等于水泥重量5%（特殊情况可以例外），能按要求改善水泥净浆、砂浆或混凝土的正常性能的物质定义的。其他国家对掺量没有明确的规定。只是美国认为除完全用于引气目的外，外加剂只应限于水溶性的。但国际材料结构研究与试验协会（RILEM）和另外一些国家也将不溶于水的矿物粉末列入外加剂之中。

此外，每一种外加剂都还有各自的具体定义，这主要是根据它对混凝土的作用而定。如减水剂是以能减少混凝土用水量而定。

各国对外加剂的分类也不完全一致，归纳起来有两种分类方法：一是按外加剂的主要作用和效果；二是按外加剂的主要成分。ISO及美国、日本等多数国家按前者分类，按此

法将外加剂一般分为以下几大类。

(1) 改善新拌混凝土流变性质的外加剂: 如各种减水剂、引气剂、凝浆剂、矿粉增塑剂、保水剂、塑化剂。

(2) 改变混凝土孔隙结构和含气量的外加剂: 如发泡剂、消泡剂、引气剂、密实剂。

(3) 调节混凝土凝结和硬化性质的外加剂: 如速凝剂、缓凝剂、早强剂。

(4) 改变混凝土变形能力的外加剂: 如膨胀剂、减缩剂。

(5) 提高抗物理作用能力的外加剂: 如抗冻剂、防冻剂、防水剂、保水剂、抗磨剂。

(6) 提高抗力学作用能力的外加剂: 如粘接剂、防滑剂。

(7) 提高抗化学作用能力的外加剂、如阻锈剂、密实剂。

(8) 提高抗生物作用能力的外加剂: 如杀虫剂、防霉剂、杀菌剂。

(9) 提高表面强度的外加剂: 如浸渍剂。

(10) 改善表面色泽的外加剂: 如着色剂。

(11) 处理表面的外加剂: 如表面薄膜养护剂、表面缓凝剂、脱模剂、冲洗剂、防污剂、防滑剂。

(12) 修补或解体用外加剂: 如修补增强剂、静态破碎剂。

按化学组成分类还未有统一标准。有人曾按化学性能将外加剂分类如表1-1。

水工混凝土外加剂按水利电力部部颁标准 (SD108-83) 分为:

表 1-1

按化学性质分类的外加剂

类 型	可作外加剂的物质	主 要 作 用
无机化合物	氯 盐 LiCl NaCl, KCl, CaCl ₂ , MgCl ₂ , BaCl ₂ , SrCl ₂ , AlCl ₃ , FeCl ₃ , FeCl ₂	抑制碱骨料反应、早强、 促凝 早强、促凝 早强、密实
	硫 酸 盐 Li ₂ SO ₄ , Na ₂ SO ₄ , K ₂ SO ₄ , CaSO ₄ , FeSO ₄ , ZnSO ₄ , Al ₂ (SO ₄) ₃ , KAl(SO ₄) ₂	抑制碱骨料反应 早强、促凝 缓凝、密实 密实
	硝 酸 盐 KNO ₃ , NaNO ₃ , Ca(NO ₃) ₂	阻锈、早强
	亚硝酸盐 NaNO ₂ , Ca(NO ₂) ₂	阻锈、降低冰点
	碳 酸 盐 Na ₂ CO ₃ , K ₂ CO ₃ , Li ₂ CO ₃	促凝
	磷 酸 盐 Na ₃ PO ₄ , K ₃ PO ₄	塑化、缓凝
	其他金属盐 CaI ₂ , NaF, Na ₂ SiO ₃ , Na- AlO ₂	促凝、早强
	金 属 氢 氧 化 物 NaOH, KOH, Ca(OH) ₂ , Al(OH) ₃ , Fe(OH) ₃	促凝、早强 密实
	强 酸 HCl H ₂ SO ₄	早强、促凝 缓凝
	轻 金 属 金 属 化 合 物 铝粉、镁粉 CaO CuO, Fe ₂ O ₃ , ZnO, PbO, CdO 氨 氨水	发气 膨胀 着色 缓凝 降低冰点

续表

类 型	可作外加剂的物质	主 要 作 用
有机化合物	阴离子表面活性剂 木质素磺酸盐 多环芳香族磺酸盐 羟基、羧基酸盐 多羟基碳水化合物及其盐 烷基苯磺酸盐 水溶性树脂磺酸盐	减水、缓凝引气
	阳离子表面活性剂 三甲烷基或二甲烷基胺盐 杂环胺盐	减水、缓凝
	非离子表面活性剂 多元醇化物 含氧有机酸 醇胺	缓凝、增强
	各种醇酸酯 酚等皂类 化合物	消泡 引气、减水
	硬脂酸盐 油 酸 盐	硬脂酸钙、硬脂酸锌、硬脂酸铵 油酸钙、油酸铵 增水(防水) 引气

(1) 引气剂：能在混凝土中引入许多独立且分布均匀和微细气泡，以改善混凝土的和易性，提高抗冻性的外加剂。

(2) 普通减水剂：在不改变混凝土的坍落度的情况下能减少用水量；或在保持强度不变的情况下能减少水泥用量的外加剂。

(3) 早强减水剂：除与普通减水剂的作用相同外，并能促进混凝土的硬化、提高早期强度的外加剂。

(4) 缓凝减水剂：除与普通减水剂的作用相同外，并能延缓混凝土的凝结的外加剂。

(5) 引气减水剂: 兼有引气与普通减水剂作用的外加剂。

(6) 高效减水剂: 在不改变混凝土的坍落度的情况下能大幅度减少用水量; 或在保持用水量不变的情况下能大幅度提高流动性的外加剂。

(7) 缓凝剂: 能延缓混凝土的凝结的外加剂。

二、水工混凝土外加剂技术标准

基于水利水电工程的特性, 对混凝土提出了特殊的性能要求, 诸如: 高的流动性(和易性)、低的坍落度损失、低的水泥用量(低的水化热); 高的力学强度, 低的干缩变形和徐变变形; 高的耐久性(包括抗渗、抗冻、抗蚀、抗冲磨、抗空化气蚀、抗风化和碳化等), 以及可调的凝结时间, 可变的弹性模量, 可控的热学性能等。而一般土木建筑工程所要求混凝土的性能, 如早强、高强、轻质和耐久等在水工混凝土上也仍有需要。所以水工混凝土既有对混凝土一般要求, 也有特殊的要求, 而这些要求的满足, 采用外加剂则是很主要的一个措施。因此, 对混凝土外加剂的质量要求水工混凝土也有其特点。为此, 水利电力部编制了《水工混凝土外加剂技术标准》(SD108-83), 详见附录一。这个标准, 不仅总结了水工混凝土应用外加剂的经验, 也考虑了今后国际交往的发展需要。

三、国产外加剂

我国国产外加剂, 据混凝土外加剂委员会1984年统计, 有122个产品, 按非标准的分类统计, 其中属:

1) 减水剂(包括普通型、高效型、早强、缓凝、及引气减水剂)有103种;

- 2) 速凝剂有 7 种;
- 3) 引气剂、消泡剂有 2 种;
- 4) 抗冻剂有 2 种
- 5) 防水剂、膨胀剂有 2 种;
- 6) 砂浆用外加剂有 6 种。

附录二列出了目前部分国产混凝土外加剂一览表,表中的性能指标等均系生产单位自行试验的,并非统一鉴定结果。由此可以看出,国产品种过于集中,这对各种需求日益增多的形势是很不协调的,新的剂种急待开发。

第三节 混凝土外加剂的特性

一、引 气 剂

引气剂是发明最早的一种外加剂。从50年代起水工混凝土就开始使用,到60年代已是普遍采用了。由于引气剂引入混凝土的空气是均匀分散、独立、微小的,所以改变了混凝土的空隙结构,使混凝土的流动性增大,和易性改善,耐久性提高,特别是抗冻性的增强。从而一直用来制造高抗冻性混凝土。最近几年来随着外加剂的发展和天然骨料的质量和数量的下降,引气剂的使用范围也在扩大。一般混凝土均掺用引气剂(特别是人工骨料,质量差的骨料和低水泥用量的混凝土),所以引气剂已经成为通用的混凝土外加剂。水工混凝土规范规定,在有抗冻要求时,必需掺用引气剂。

(一) 引气剂的分类

引气剂是一种表面活性物质,常用的是阴离子型或非离子型表面活性剂。按化学成分分类有:

- 1) 木质素磺酸盐类;