

姚治邦 编著

河海大学出版社

水工建筑材料常用配方及工艺



TV6
4235

917925

水工建筑材料常用配方及工艺

姚治邦 编著

河海大学出版社

内 容 提 要

本书着重介绍我国水利水电工程建筑材料的各种经验配方,并对各种配方的机理、主要成分、性能、制作过程和使用方法等作了简要说明。

本书共分混凝土外加剂,特种砂浆和特种混凝土,沥青材料,环氧树脂材料,灌浆材料,建筑物缝面止水材料,二合土、三合土和废渣材料,建筑物防腐蚀材料,辅助材料等九章。书中介绍了我国水利水电建设中建筑材料的常用配方1000多个,各种材料配方表格近400张。

本书是我国第一本较为详细和专门介绍水工建筑材料常用配方的手册性资料。

本书可供从事水利水电建筑工程、土木建筑工程施工技术人员和设计、科研人员参考,也可作为水利、土木等专业的教学参考用书。

责任编辑:陆文祺

责任校对:张世立

水工建筑材料常用配方及工艺

姚治邦 编著

※

河海大学出版社出版

(南京市西康路一号)

江苏省新华书店发行

江苏溧水印刷厂印刷

版权所有 不准翻印

开本787×1092毫米 1/16 印张:15.25 字数:380千字

1989年6月第一版 1989年6月第一次印刷

印数:1~4000册

ISBN7—5630—0076—3/TV·14

定价:7.45 元

封面设计 曹兆爰

前 言

新中国成立以来,我国建成了数以万计的大、中、小型水利水电工程,对工农业生产发挥了重大作用。水利水电事业的发展,进一步推动了建筑材料科学技术的进步。

为了满足水工建筑物结构和施工的需要,出现了各种不同性能的混凝土外加剂、特种砂浆和特种混凝土、合成高分子材料、各种防腐防蚀防老化材料、各种建筑物的加固维修等方面的新材料、新施工工艺,同时积累了许多技术经济效果较好的材料经验配方。

从事水电建设的广大工程技术人员一直希望把施工中使用的各类建筑材料配方加以收集、整理、汇编成册,这对于水利建筑工程的施工会有帮助的。

1981年,作者整理、编写了《我国水利建筑工程各种常用配方》,其晒图稿、复印稿曾分送到全国有关水电施工、设计单位,广泛征求了意见。在此基础上,我和一位友人曾计划共同修改这本书,并对部分章节试写了修改稿。后因这位友人承担科研任务,抽不出时间来合作编写,1988年由作者对书稿进行了全面修改和重新编著。

本书以介绍水利工程施工中建筑材料的常用配方为主,并简述了施工工艺,故取名为《水工建筑材料常用配方及工艺》。

书中资料,大部分引自国内出版的专业技术书籍、杂志,水利水电工程施工技术总结,少数引自科研机构试验研究资料。引用资料较多的文献有《土坝设计》、《建筑材料》、《水工建筑物养护修理工作手册》、《化学灌浆技术》、《混凝土外加剂》、《建筑施工手册》、《防水施工技术》、《材料试验》、《建筑施工工长手册》等,对于被引用资料的作者,在此表示衷心的感谢。

在编写和修改过程中,原江苏省洪泽县城建局局长姚定邦(工程师)对建筑方面的材料配方和有关章节进行了审阅,并提出了许多宝贵的意见;长江流域规划办公室朱庆福(主任工程师)、河海大学康清梁(副教授)、葛州坝水电工程学院胡生生(副教授)等同志都给予了指导和帮助;江苏省溧水县水利农机局、南京市水利局、江苏省水利厅、长江流域规划办公室、河海大学等单位的领导和有关同志给予了关心和大力支持;另外骆云凤、姚蓉等许多同志也为本书的编写做了不少工作,在此谨致谢意。

由于我们调查研究不够,本书内容中还不能全面总结各地的丰富经验,书中所介绍的配方也不一定是最佳配方,有些地方甚至会有错误,请读者提出意见,以便今后进一步修改、充实和提高。

仅将本书敬献给亲爱的母校——长江工程大学!

姚 治 邦

一九八九年三月

AE/0/01

目 录

第一章 混凝土外加剂

第一节 外加剂的作用及分类	(3)
第二节 减水剂	(2)
第三节 早强剂	(17)
第四节 缓凝剂	(22)
第五节 速凝剂	(25)
第六节 引气剂	(30)
第七节 加气剂	(33)
第八节 抗冻剂	(37)
第九节 防水剂	(43)
第十节 膨胀剂	(44)
第十一节 气泡稳定剂	(46)
第十二节 外加剂在水工混凝土中的应用	(46)

第二章 特种砂浆和特种混凝土

第一节 常用砂浆和聚合物水泥砂浆	(54)
第二节 防水砂浆和防水混凝土	(62)
第三节 促凝堵漏灰浆	(93)
第四节 保温砂浆	(65)
第五节 轻混凝土	(69)
第六节 耐磨损和抗气蚀混凝土	(72)
第七节 沥青砂浆和沥青混凝土	(75)
第八节 耐酸砂浆和耐酸混凝土	(82)
第九节 耐热砂浆和耐热混凝土	(87)
第十节 抗油渗混凝土	(89)
第十一节 防辐射混凝土	(90)
第十二节 聚合物混凝土	(91)
第十三节 其它混凝土	(94)

第三章 沥青防水材料

第一节 沥青的分类和性质	(102)
第二节 沥青溶液 (冷底子油)	(104)
第三节 乳化沥青	(105)
第四节 沥青胶 (沥青玛蹄脂)	(108)
第五节 沥青席	(114)
第六节 沥青防水涂料	(115)

第四章 环氧树脂材料

第一节 环氧树脂材料的组成及其性能	(117)
-------------------	---------

第二节	水上施工环氧树脂实用配方.....	(125)
第三节	水下施工环氧树脂实用配方.....	(134)
第四节	其它树脂材料.....	(137)
第五节	粘接.....	(139)
第五章 灌浆材料		
第一节	粘土灌浆.....	(149)
第二节	水泥灌浆.....	(155)
第三节	水泥粘土灌浆.....	(158)
第四节	水玻璃灌浆.....	(161)
第五节	铬木质素灌浆.....	(162)
第六节	环氧灌浆.....	(164)
第七节	甲凝灌浆.....	(170)
第八节	丙凝灌浆.....	(173)
第九节	聚氨酯灌浆.....	(178)
第十节	丙强灌浆.....	(183)
第六章 建筑物缝面止水材料		
第一节	沥青类缝面止水材料.....	(185)
第二节	聚氯乙烯胶泥.....	(189)
第三节	其它止水材料.....	(192)
第七章 二合土、三合土和废渣材料		
第一节	灰土.....	(196)
第二节	水泥土.....	(200)
第三节	三合土.....	(202)
第四节	废渣材料.....	(205)
第八章 建筑物防腐蚀材料		
第一节	钢丝网水泥闸门防护涂料.....	(209)
第二节	钢结构防护涂料.....	(212)
第三节	建筑物防水涂料.....	(214)
第四节	橡胶坝防老化涂料.....	(218)
第五节	堤坝白蚁防治材料.....	(220)
第六节	木材防护剂.....	(223)
第九章 辅助材料		
第一节	模板隔离剂.....	(224)
第二节	胎模的粉面材料.....	(225)
第三节	混凝土薄膜养护剂.....	(226)
第四节	二硫化钼润滑剂.....	(227)
附录 其它实用配方.....		
主要参考文献.....		(230)
		(235)

第一章 混凝土外加剂

第一节 外加剂的作用及分类

在混凝土及水泥砂浆中掺入少量有机或无机化合物，从而改善或赋予混凝土及水泥砂浆某些性能，这些少量外掺物，称为外加剂。外加剂掺量一般不大于水泥用量的5%。

由于混凝土外加剂是提高混凝土（含砂浆）强度、改善混凝土各种性能、加快施工进度、节约水泥用量、降低水泥早期水化热等方面的有效手段，从而获得日益广泛的应用。因此，目前外加剂已被公认为混凝土中除了水泥、砂、石和水以外的第五种材料。

采用外加剂是混凝土工艺的一大发展。近年来，水利建筑工程相继采用了滑模、大模板、压入成型、泵送混凝土、喷射混凝土、真空吸水混凝土、干硬性混凝土、碾压混凝土、流态混凝土、灌注混凝土等先进施工工艺；在结构类型上出现了高层、大跨度、薄壳、折板、框架轻板体系、盒子结构、装配式结构等。这些对混凝土的技术性能和经济指标都提出了新的要求，诸如要求混凝土具有流动性、可塑性、密实性、抗渗性、抗冻性、快硬、缓凝、高强、早强、耐酸、耐碱、耐热、隔音、保温、轻质、防水等方面性能。使用适当的外加剂，就能改善或获得某些性能，以达到提高混凝土品质，满足各种施工新工艺的要求，并能降低经济指标。

目前国外对外加剂的使用已占非常可观的比重，如西德外加剂混凝土占全部混凝土总量的50%，意大利和苏联各占25%，美国占65%，日本为80%，北欧国家几乎没有不掺外加剂的混凝土。

我国研究和使用的历史已有三十多年的历史，在水利工程、工业与民用建筑工程、铁道、港口等工程中正在广泛推广使用，并取得了良好的效果。

目前，在我国水利和建筑工程中使用的外加剂种类很多，仅减水剂就有几十种。一般来说，混凝土外加剂分无机化合物及有机化合物两大类。无机化合物主要是一些电解质盐类，而有机化合物则大多是一些表面活性物质。此外还有一些金属粉等。

从外加剂的用途来分，一般可分成下列几类：

（1）减水剂 如木质素磺酸盐，多环芳基磺酸盐，羟基羧酸盐，多羟基碳水化合物等。它具有增大混凝土的流动性、改善和易性，提高混凝土强度等优点。

（2）早强剂 如各种可溶性氯化物，硫酸钠及其与其他化学物质复合物等。它可提高混凝土早期强度，降低水泥用量，缩短养护时间。

（3）缓凝剂 如羟基羧酸盐，多羟基碳水化合物等。它可延长混凝土的凝结时间，可延续混凝土拌合物要求的技术性能。

（4）速凝剂 如碱金属、碱土金属的盐类等。它能使水泥砂浆或混凝土迅速凝结。

（5）引气剂 如松香热聚物、各种树脂酸盐，蛋白性物质盐，油脂衍生物等。它可在混凝土拌和时形成微细而各不连通的气泡，从而提高混凝土的耐久性，改善拌合物的工作性能。

(6) 加气剂 如铝粉、过氧化物等。它可在混凝土内产生气体,形成气泡,对混凝土性能的作用与引气剂基本相同。

(7) 抗冻剂 如亚硝酸钠、氯化物等。它可降低混凝土的冻结温度,促进混凝土在负温下强度的增长。

(8) 防水剂 如氯化铁、沥青乳液等。它可增加混凝土的密实性,提高抗渗性,对水泥具有一定的促凝作用,且可提高强度。

(9) 密实剂 如三乙醇胺,它可以在混凝土内形成胶状悬浮颗粒,以堵塞混凝土内毛细通路,提高密实性^{[1]*}。

(10) 膨胀剂 如硫铝酸钙类,氧化钙类,氧化镁类,氧化铁类等。它可使混凝土在水化过程中产生膨胀变形以补偿收缩,并提高混凝土的抗拉强度。

此外,还有耐蚀剂、阻锈剂、着色剂、疏水剂、质控剂、安全剂、界面粘结剂等外加剂。

第二节 减 水 剂

掺用不同类型的减水剂或复合减水剂是减少混凝土单位用水量,提高混凝土强度,增强混凝土耐久性的有效措施。

在我国水利建筑工程混凝土施工中,减水剂是使用最广、用处最大、技术经济效益较显著的一种外加剂。目前,国内外对减水剂的研制和使用已朝高效能、多功能、低成本的方向发展。

为什么使用减水剂对混凝土能起到减水效果和节约水泥呢^{[2]?}

没有掺用减水剂的混凝土,各种生料加水拌和后,水泥颗粒即被水膜包裹,由表及里、由浅入深地使硅酸钙矿物质开始水解和水化,生成硅酸钙水化物和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。这些新生物逐渐凝聚,其凝聚力远远大于水对水泥颗粒内部的浸润能力,使水化和水解产生阻滞作用。新生物环绕于水泥颗粒周围,缩小了水泥颗粒的水化表面和水化深度。实质上水泥颗粒内部已形成没有水化的“核”,试验证明,经水化的仅是水泥颗粒表面微薄的一部分。

水泥颗粒的最大粒径约为88微米(1微米=1/1000毫米),平均粒径约为30~40微米,各龄期水化深度如下:

龄 期(天)	1	7	28	150	180
水化深度(微米)	0.48	2.60	6.37	8.90	5~15

由上可知,180天(6个月)的水化深度仅达水泥粒径的1/4左右,潜力还很大。

此外,水泥凝聚结构在凝聚过程中还包围了一部分游离水,没有起到改善水泥浆体的流动作用。凝聚体本身具有一定的抗剪强度,流动性差,为获得适宜的工作度,必须加大用水量,从而使混凝土应有的强度降低。

而减水剂是一种亲水性表面活性物质,它加入混凝土拌合物中,主要能对水泥起扩散作用。

其机理是:减水剂掺入水泥浆后,水泥颗粒因吸附减水剂的阴离子而带有负电,使水泥颗粒周围的水产生极性,同性离子相斥,阻止了水泥相邻离子的相互接近,引起分散和分离

[1]* 见参考文献[1],下同。

效果,从而提高了水泥颗粒的吸附和扩散作用,抑制了水泥浆体的凝聚倾向,增大了水泥颗粒与水的接触面积,使水泥得以充分水化。在其扩散水泥颗粒的过程中,同时放出了凝聚体所包围的游离水,水泥浆由网状凝聚结构变成溶胶结构(见图1-1),因此,浆体变稀,混凝土的流动性增大。

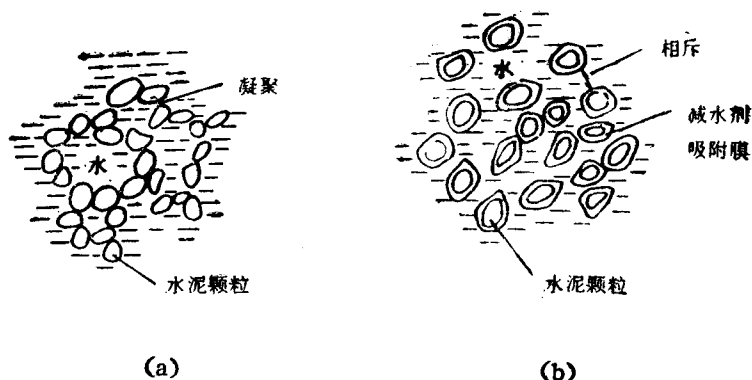


图1-1 掺减水剂前后水泥浆结构示意图

(a)未掺减水剂水泥浆网状凝聚结构 (b)掺减水剂后水泥浆成溶胶结构

由于这类外加剂的扩散作用,在加入混凝土拌和物后,可以起到以下几方面的效应。

1) 在原配合比不变的情况下,可增大混凝土的坍落度,提高混凝土的和易性,以利于浇注、振捣和平仓工作。

2) 在保持流动性及水灰比不变的情况下,可以减少水泥用量,并减少了混凝土的热源,有利于大体积混凝土的温度控制。

3) 在保持流动性及水泥用量不变的情况下,可以减少用水量,从而使混凝土的强度与耐久性得到提高,同时也增加了混凝土的不透水性和抗渗性能。

目前水工混凝土中使用的各种减水剂大多是利用工业废料或下脚料制成的。这类减水剂来源丰富,价格低廉,便于大仓面混凝土施工。

目前国内生产的减水剂按其化学成分可分为木质素系、糖蜜系、磺化煤焦油系、树脂系、腐植酸、复合减水剂等六大类,数十个品种。

一、木质素系减水剂

这类减水剂是从造纸厂的纸浆废液和化纤厂采用亚硫酸盐蒸煮木材制造化纤的废液中提取的产品。纸浆废液浓缩物可分为木浆废液和苇浆废液两种,这两种减水剂早在六十年代就应用在水工混凝土中,当其掺量为水泥重的1.5%时,水泥约可节约6%。我国水利和建筑工程上目前使用很广泛的另一种木质素类减水剂,是利用木浆废液提炼而成的一种棕色粉末状减水剂——木质素磺酸钙。

木质素系减水剂的种类和性能如表1-1所示〔3〕。

表1-1

木质素系减水剂的种类和性能

名 称	成 分 或 来 源		特性及在混凝土中的作用	掺 量
亚硫酸纸浆 废液浓缩物	是将亚硫酸法 制造木质纸浆经 发酵提取酒精后 的废液。主要成 分为木质素磷酸 盐	经浓缩而成的 含干物质约50% 的粘稠液体	可改善混凝土的流动性,降低用水 量或节约水泥用量,一般木质素类型 塑化剂适用于水灰比小的高标号混凝 土	0.1%~0.3%
亚硫酸纸浆 废液固体		经浓缩而成的 固体物质		
木质素磷酸钙 (木浆废液粉剂)		经分离干燥而 成的棕色粉状物		
苇浆废液低 浓度浓缩物	苇浆造纸时的亚硫酸盐纸浆废液 浓缩物,主要成分为木质素磷酸盐			
苇浆废液高 浓度浓缩物				
碱法纸浆废液	碱法造纸的纸浆废液浓缩物,主 要成分为碱木素		可改善混凝土的和易性,缺点是使 混凝土强度降低	

(一) 木质素磺酸钙减水剂

我国使用的木质素磺酸钙减水剂是以亚硫酸盐蒸煮木材制得的化纤浆粕的废液为原料,经生物发酵提取酒精后,经浓缩喷雾干燥制成干粉,简称木钙。其主要成分为:木质素磺酸钙约60%,糖类还原性物质含量低于12%。木钙的化学成分及质量指标如表1-2、表1-3所示〔4〕。

表1-2 木钙的化学成分

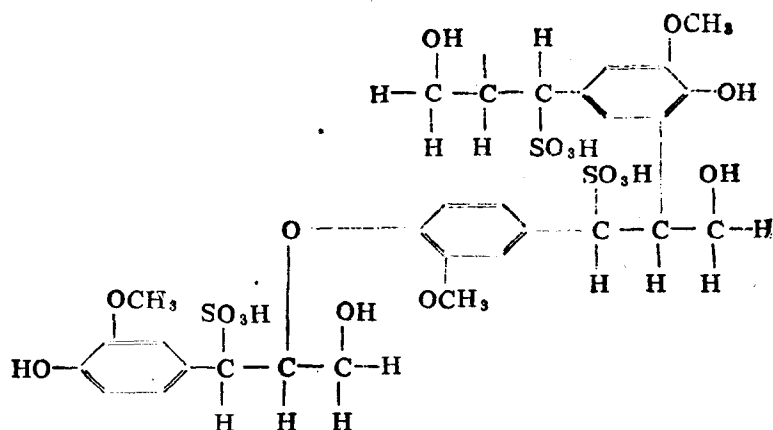
分 析 项 目	成 分
木质素磺酸钙(%)	59.5
还原物(%)	10.8
灰 分(%)	14.11
氧 化 钙(%)	8.31
硫 酸 盐(%)	1.98
水 分(%)	6.68
PH	4.35

表1-3 木钙的质量分析

分 析 项 目	质 量 标 准	开 山 电 厂 质 量 分 析
水 分	<7	5.71
PH	4.5~5.5	5.0
比 重		0.538
还原物(%)	<12	10.26
水不溶物		2.21

木质素磺酸盐的分子结构还不很清楚,据布朗思(Brauns)研究,磺化木质素分子的一部分具有下述结构〔4〕。基本结构是芳基丙烷衍生物,具有任意蜷曲的多芳基侧链,其中有巯基和酚基,丙烷上具有羟基和磺基,亲水基团在链的中间,每个亲水基团有一个相应的憎水基团,具有较高的极性,这能增加憎水基端与水泥颗粒的吸附,所以木质素磺酸钙减水剂与水泥颗粒的吸附能力较大。

木质素磺酸钙属阴离子表面活性剂,加入水泥浆中,由于磺化反应使木质素分子结构改变,并具有很强的分散性,使水泥颗粒与水分子充分分散,因此具有较好的和易性能。木钙



还有引气作用，形成微细均匀小气泡，增加浆体的润滑作用，这样将木质素磺酸钙掺入混凝土中，能达到减少拌合用水量的目的〔5〕。

试验表明，单掺木质素磺酸钙的掺量，以水泥重量的0.2%~0.3%为宜。如水泥用量不变，达到相同坍落度，可减少用水量10%~15%；如水灰比不变，并维持相同坍落度和混凝土强度，可降低水泥用量10%左右。掺入木钙后，混凝土凝结时间可延缓1~3小时，故木钙属于缓凝型减水剂。

掺入木钙后，混凝土的收缩性与未掺的普通混凝土基本相同，抗渗性可由未掺的 S_6 提高到 S_{12} 以上，对钢筋无锈蚀作用。掺入木钙后混凝土的泌水性较不掺的下降三分之二左右，水化热的释放速度明显延缓。

掺入木质素磺酸钙后，抗压强度有所提高，而且随着混凝土龄期的增长，后期强度亦随着增加，如表1-4所示。在抗拉、抗剪、抗弯强度方面掺入木质素磺酸钙后亦有提高。

表1-4 掺木钙的混凝土长期强度试验结果

序号	混凝土配合比	外掺剂	水灰比	坍落度 (厘米)	抗压强度 (兆帕)*		
					28天	90天	一年
1	1:1.83:3.28	0	0.55	7	35.5	44.8	53.6
		掺0.25%木质素磺酸钙	0.46	7	45.7	54.2	58.7
2	1:2.56:3.80	0	0.59	9	32.2	38.5	
		掺0.25%木质素磺酸钙	0.51	7.5	37.5	41.9	

注：据上海建筑科学研究所等五个单位试验数据。

在使用时，要预先用水把木质素磺酸钙化制成浓度为30%左右的溶液。化制时先把一定量的木质素磺酸钙倒入称好的水中，用搅拌器或压缩空气搅匀，然后停放12小时再搅，就会完全化开而成溶液。

木质素磺酸钙减水剂，已在葛洲坝和乌江渡等水利枢纽中使用，也在工业与民用建筑混凝土工程中得到推广，取得了较好的技术、经济效益。

木质素磺酸钙的原料来源丰富，工艺简便，成本低廉。现全国采用亚硫酸盐法制浆的生

*10.2公斤力/厘米²=1兆帕，表中近似取10公斤力/厘米²=1兆帕，以下同。

产厂主要有吉林开山屯化纤厂、吉林石砚造纸厂和广州造纸厂,每天排出纸浆废液共约3,000吨。目前废液利用率仅为20%,其余80%仍长期被流放到河道中。因此采用工业废液为原料炼取木质素磺酸钙减水剂,不仅利用了资源,并可减少废液对环境的污染。木质素磺酸钙减水剂每公斤0.6元,按0.25%掺入混凝土后,每立方米混凝土费用增加约0.5元,但可节约水泥10%,相应每立方米混凝土可节约材料费约1.0元。

水电部东北勘测设计院试验研究的木质素磺酸钠四组分复合剂,其减水、增强、抗冻等效果,均优于单掺减水剂或引气剂。四组分复合剂的配比(按水泥重量计)为:木质素磺酸钠0.4%、引气剂0.01%、三乙醇胺0.05%、亚硝酸钠0.5%(或硫酸钠0.5%)。掺有上述复合剂的混凝土,其和易性、含气量、减水率等比单掺减水剂或引气剂的有较大改善。如水泥用量和坍落度不变,掺木质素磺酸钠四组分复合剂混凝土的减水率为23%~26%,比掺减水剂混凝土的减水率高14%~20%,比掺引气剂混凝土的减水率高14%~16%。28天混凝土抗压强度为单掺引气剂的1.2倍。掺木质素磺酸钠四组分混凝土的抗冻性,当混凝土重量损失达5%时,其冻融循环可达300次。混凝土的抗渗性不小于B₉。

此外,还研制了M型减水剂(0.25%)与Vc早强剂(3%)的复合剂,可改善混凝土和易性,并有显著的减水早强效果。

(二) 纸浆废液减水剂

这是亚硫酸盐法造纸废液的浓缩物。有木浆废液和苇浆废液两种,都有减水效果,也称塑化剂。其主要成分是木质素磺酸盐及其衍生物,不需加工可直接掺在混凝土里,可取得一定的减水、缓凝的效果。

在混凝土中掺入塑化剂后,其中有效成分就被吸附在水泥颗粒表面上,形成一层吸附薄膜,这种薄膜能阻止水泥颗粒的互相粘聚,避免成团地凝聚在一起,而均匀地分散在水中,这将使不掺塑化剂时被包围在絮凝结构中的部分水量释放出来,从而使水泥浆变稀,所以能显著地提高混凝土拌和物的流动性。一般掺用适量的塑化剂后,混凝土拌和物的坍落度可以提高。同时水泥颗粒上吸附的塑化剂薄膜能保持较多的水分,可以减轻混凝土拌和物的泌水现象〔6〕。

若保持拌和物的流动性及水灰比不变,加入塑化剂后,可以减少水泥浆的用量,而节约水泥8%~15%。若保持流动性和水泥用量不变,可减少用水量而降低水灰比,能提高混凝土的强度及耐久性。塑化剂也能产生一定量的小气泡,有利于提高混凝土的耐久性,但效果没有引气剂那样显著。

掺用塑化剂后,在水泥颗粒表面形成吸附薄膜,能延缓水分向水泥颗粒内部渗入,因而可稍微延长混凝土的凝结时间。这对夏季施工是有利的。若掺入塑化剂过多,就会使混凝土的硬化过程变慢,从而要推迟混凝土的拆模日期,甚至降低混凝土的强度。塑化剂的适宜掺用量可通过试验确定。按干物质计算,一般约为水泥用量的0.1~0.3%。

纸浆废液塑化剂的品种很多,主要有:

(1) 亚硫酸盐酒精废液塑化剂 它是将亚硫酸法制造木质纸浆的废液,经发酵提取酒精,再用提取酒精后的废液浓缩成含干物质约50%的粘稠液体。多年来在工程中应用较为普遍。

(2) 苇浆亚硫酸盐纸浆废液塑化剂 它是芦苇造纸时的亚硫酸盐纸浆废液浓缩物。其主要有效成分也是木质素磺酸盐。此种塑化剂多年来在工程中应用也很多。

(3) 碱法纸浆废液塑化剂 它是碱法造纸的纸浆废液浓缩物。其主要有效成分是碱木素。此种塑化剂多年来也有不少工程应用。但缺点是降低混凝土强度。

由于纸浆废液塑化剂来源丰富, 价格低廉, 适合于水工大体积混凝土使用。例如在古田、流溪河、上犹江、新安江、丹江口、三门峡、青铜峡、刘家峡、桓仁、白山、池潭以及潘家口等水利工程中都使用了纸浆废液塑化剂。

近年来, 在水工混凝土中常将引气剂与塑化剂联合使用, 具有塑化剂与引气剂的双重作用, 其效果更好。联合掺用时, 掺用量要比单独使用时相对降低一些, 而塑化剂与引气剂的用量比, 一般为1:0.04左右效果较好。

二、糖蜜系减水剂

糖蜜是制糖生产过程中提炼食糖后剩下的残液, 经过石灰处理后调制成的一种棕色糊状液体, 具有微碱性, PH为9~10。糖蜜中含有约40%~60%的还原糖及转化糖。糖是多羟基碳水化合物, 属非离子型表面活性剂。因为有羟基及 Ca^{++} 的作用而具有强亲水性, 吸附在水泥颗粒表面以后能使絮凝结构分散, 并在水泥矿物表面具有很厚的溶剂化水膜。因而能起减水及缓凝作用。

糖蜜减水剂的制备方法是: 将比重1.3~1.6浓稠糖蜜用热水稀释至1:2, 再将经过磨细的生石灰粉(通过0.3厘米筛孔) 按比重1:2时的糖蜜重量的16%掺入, 调至均匀以后, 再存放一星期左右即可使用。

糖蜜减水剂的主要有效成分为己糖二酸钙, 减水效果与木质素系减水剂相近, 但在改善混凝土粘聚性及减少泌水性方面, 较木质素系减水剂显著。糖蜜的掺量一般为0.2~0.3%, 节约水泥率为10~15%。糖蜜剂的缓凝作用也较显著, 可作为特殊工艺要求的缓凝剂使用。

掺加糖蜜减水剂的混凝土, 其28天抗压强度可提高20~30%; 抗渗能力可提高1倍以上; 混凝土的早期抗裂性和抗冻能力亦均增加; 因糖蜜减水剂呈微碱性, 故对钢筋无锈蚀作用。

糖蜜系减水剂产品也有不少, 例如糖蜜缓凝减水剂、3FG₂缓凝减水剂、转化糖蜜减水剂、ST型减水剂、TF减水剂、Q₄减水剂等。使用较多的是糖蜜缓凝减水剂和3FG₂缓凝减水剂两种, 其主要性能如表1-5〔3〕。

表1-5

糖蜜系减水剂的种类和性能

名 称	成 分 或 来 源	特性及在混凝土中的作用	掺 量
糖 蜜	己糖二酸钙(榨糖厂的废液处理而成)	对水泥颗粒起扩散作用, 掺入混凝土中可使凝结时间延长1~2小时; 流动性可提高一倍, 强度可提高15%~30%。此外尚可提高混凝土的抗渗、抗冻性能等。亦可用作缓凝剂	0.2%~0.25%
3FG ₂	糖蜜酒精废液 环氧乙烷 脂肪醇	对水泥起扩散及引气作用, 同时可抑制水泥水化反应, 延缓水泥的凝结时间, 减水率达15%~17%; 节约水泥12~15%; 延缓凝结时间: 初凝50分~4时10分; 终凝2时35分~4时10分	0.25%~0.3%

糖蜜复合剂是由糖蜜减水剂和乳化剂OP（天津助剂厂产品）及一定量的水混合而成。乳化剂OP主要起引气作用，它能在混凝土中产生大量的微小气泡，可提高混凝土的抗冻能力。

糖蜜复合剂的配比为：糖蜜掺量为水泥用量的0.2%，OP乳化剂掺量为水泥用量的0.01%~0.03%。

糖蜜减水剂适用于大体积混凝土浇注及夏季施工。由于产品都系干粉，故便于运输和贮存。糖蜜系减水剂已经在湖南镇、富春江、密云、苇子水、朱庄、潘家口、大黑汀及大化水电站等工程中应用。

由于糖蜜的资源系糖厂生产过程中提炼食糖后剩下的残液，全国许多省市都有规模不同的制糖厂，因此，资源充沛。糖蜜减水剂所用材料费低廉，每公斤约0.14~0.50元。掺入糖蜜后每立方米混凝土节约水泥以15公斤计，则每立方米混凝土单价可降低1.3元左右。

三、磺化煤焦油系减水剂

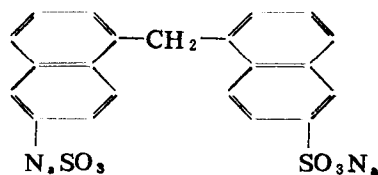
磺化煤焦油系减水剂，以芳香族磺酸盐甲醛缩合物为主要成分。由于采用的原料及加工工艺不同，在性能上也各有差异，目前国内品种多达二十余种。其减水效果均优于木质素类及糖蜜减水剂。但由于这种减水剂价格较贵，在应用上受到一定限制，主要用于配制早强、高强及硫磺混凝土。常用的煤焦油系减水剂有NNO减水剂、MF减水剂、UNF减水剂、FDN减水剂、CN-Ⅱ减水剂、磺化焦油减水剂、建1减水剂、DH-3减水剂、NF减水剂等。使用较广泛的有NNO、MF、DH-3、建1等减水剂，其主要性能如表1-6所示〔3〕。

表1-6 磺化煤焦油系减水剂的种类和性能

名 称	成 分 或 来 源	特性及在混凝土中的作用	掺 量
NNO	亚甲基二萘磺酸钠（由萘硫酸和甲醛缩合而成，印染工业的扩散剂）	对水泥起扩散引气作用，故在混凝土中具有减水增强的效果；可减少用水量10%~20%；混凝土3天强度可提高60%，28天强度可提高20%，并可节约水泥用量20%。缺点是混凝土收缩加大，应加强早期养护，其他性能如抗渗、抗冻、抗侵蚀均可提高	0.5%~1.0%
MF	亚甲基α甲基萘磺酸钠（焦化厂副产品加工而成，也是印染工业的扩散剂）	对水泥颗粒起扩散、引气作用，故在混凝土中有减水早强作用，混凝土一天强度可提高25%~101%，28天强度可提高8%~50%；减水率达15%以上。其他如抗渗、抗拉、弹模等都有所改善	0.3%~0.7%
DH-3		对水泥颗粒起分散作用，同时也具有较小的引气作用，而且气泡稳定性较好，减水率可达15%~20%，强度可提高25%	0.5%
建 1	由焦化厂萘残油经磺化、水解、甲醛缩合、NaOH中和而成	与MF的成份及作用都相似，但成本低，效果更好，减水可达15~21%；混凝土3天强度可提高50%~100%；28天强度可提高10%~30%；可用于泵送混凝土，早强及高强混凝土中	2.5%~1.0%

（一）NNO减水剂

NNO，即亚甲基二萘磺酸钠，是印染厂染料扩散剂。它以精萘为原料，经硫酸磺化与甲醛缩聚，再经中和过滤而成的棕黑色液体，有的产品为经烘干后制成的黄色粉末。结构式如右图：



NNO减水剂亲水基强，增水性弱，易溶于水，水溶液呈弱碱性，对酸、碱、硬水的稳定性好，无毒、不燃。

NNO的掺量，按固体物质计，以水泥用量的0.5%~1%左右为宜。温度低于10℃时，应降低为0.5%左右。

NNO加入水泥浆中以后，首先吸附于C₃A及C₄AF表面；能部分地延缓水泥凝结时间，但由于NNO能显著地降低混凝土的水灰比，加速水泥水化，因此缓凝作用并不影响早期强度的发展。

掺入NNO的低流动性混凝土，与不掺的相比，3天抗压强度可提高60%，28天抗压强度可提高30%左右。早强效果是显著的，如某地制作的钢筋混凝土桩尖三天后就能施打，制作的预制楼板浇注三天后就可起吊安装。

掺入NNO的混凝土拌合物，其和易性大大改善；如水泥用量不变，达到相同的和易性时，可减少用水量14%~18%；如水灰比不变，坍落度相同，水泥用量可降低15%左右。

经60次浸烘循环试验后，钢筋无锈蚀。

掺用NNO及MF时，由于能产生少量不稳定的较大气泡，影响混凝土的质量，所以要加入一定量的消泡剂（天津助剂厂生产的一种石油工业的破乳剂SP169，主要成分为高级醇聚氧乙烯聚氧丙稀嵌段式聚合物，是一种聚醚）予以改进。

上海吴泾化工厂是我国自行设计的30万吨合成氨和24万吨尿素的大型氮肥厂。其主要设备造粒塔高71.5米，内径16米，混凝土量860立方米。采用上海助剂厂生产的高浓NNO减水密实剂，掺量1%，得到了良好的效果。减水率达15%~22%，密实度增加一倍，28天抗压强度提高2.5~5.0兆帕，能有效的抵抗尿素侵蚀性。

如果以NNO减水剂为主，再加其它早强剂及引气剂复合使用，则效果更好。

中国科学院工程力学研究所和水电部、交通部的科研单位协作研制了NNO复合剂，使混凝土具有减水、早强及增强效果。根据港工混凝土的特点和要求，提出了五个NNO复合剂的配方，如表1-7所示〔5〕。

表1-7 NNO复合剂组成

配 方	NNO	纸浆废液	松香热聚物	三乙醇胺	海 波	适 用 范 围
1	0.5%~0.75%	0.2%				能就近取得纸浆废液的地区
2	0.5%~0.75%		0.005%~0.01%	0.02%		北方港口在气温5℃以上有早强要求的工程
3	0.5%~0.75%	0.2%	0.005%~0.01%			南方及北方港口均可使用
4	0.5%~0.75%	0.2%	0.005%~0.01%	0.02%		适用气温在10℃左右
5	0.5%~0.75%	—	0.005%~0.01%	0.2%	0.5%~2.0%	适用在-5℃~5℃的气温下施工，需采用高频振捣

说明：1.表中百分数均按水泥重量计。

2.海波，化学名称为硫代硫酸钠，是混凝土早强剂的主要成分。

成分与NNO相似的减水剂国内尚有NNO-F减水剂和NF减水剂。

1. NNO-F减水剂

将印染工业使用的扩散剂NNO作为混凝土减水剂，对提高混凝土强度和节约水泥用量等方面，都取得了一定成绩。但由于NNO的主要原料之一精萘生产较少，故工程上大量使用还有困难。武汉市化学工业研究所利用甲萘酚（农药西维因的中间体）副产品废硫酸与工业萘制成NNO-F减水剂。经武汉水利电力学院试验，其减水能力及提高混凝土强度的效果均比NNO减水剂好〔5〕。

在每立方米混凝土水泥用量相同条件下，NNO-F与NNO对比试验结果如表1-8所示。

表1-8 NNO-F与NNO减水剂试验成果

外 加 剂	掺 量 (占水泥用量%)	减 水 (%)	坍 落 度 (厘米)	混凝土强度(兆帕)	
				7 天	28天
0	0	0	3.5	29.6	37.2
NNO	0.5	16	6.6	37.5	48.2
NNO-F	0.5	30	18.0	54.0	58.7
NNO-F	0.5	39	15.0	47.4	63.6

说明：NNO-F是武汉市化工研究所试制的产品。

2. NF减水剂

NF减水剂是精萘经磺化后生成 β -萘磺酸，与甲醛缩合生成 β -萘磺酸甲醛缩合物，经用碳酸钙、氢氧化钠中和而成，易溶于水，对水泥颗粒有分散作用，可降低颗粒间的磨擦力，促进了水泥的水化作用。

NF减水剂属于非引气型减水剂，对混凝土引入的气泡少，混凝土比较密实，其容重可达2,600~2,700公斤/立米。

此种减水剂分散性好，减水率一般为20%，可使混凝土水灰比降到0.25左右，给配制高强混凝土提供了条件。

通过试验，采用425号或525号水泥和减水剂NF配制的混凝土，有早强效应，3天强度可达28天强度的60%以上，7天强度可达28天强度的80%。对后期强度亦有增长，三个月的后期强度增长约10%~20%左右。

试验中配制的1,000号混凝土，采用725号水泥，其用量为550~600公斤/立米，水灰比0.24左右，砂率24%，掺入NF减水剂1.5%~2.0%（按水泥重量计），28天抗压强度可达104~109兆帕。

试验表明，采用NF减水剂配制混凝土的标号比掺用MF或NNO有较大提高。因此，NF适于配制高强混凝土。

(二) MF减水剂

MF为高效能减水剂，主要成分为亚甲基 α 甲基萘磺酸钠，属多环芳基聚合磺酸盐类阴