

混凝土减水利资料选编

(只限国内发行)

科学技术文献出版社

一九七五年七月

混凝土减水剂资料选编

(只限国内发行)

编辑者: 中国科学技术情报研究所

出版者: 科学技术文献出版社

印刷者: 中国科学技术情报研究所印刷厂

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

开本 $787 \times 1092 \cdot \frac{1}{16}$ 4.25印张 字数10.9千字

统一书号: 15176.76 定价: 0.35元

1975年7月出版

毛主席语录

古为今用，洋为中用。

要抓意识形态领域里的阶级斗争。

对于外国文化，排外主义的方针是错误的，应当尽量吸收进步的外国文化，以为发展中国新文化的借镜；盲目搬用的方针也是错误的，应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

前 言

减水剂是一种表面活性剂，加入混凝土中能对水泥颗粒起扩散作用，从而把水泥凝聚体中所包含的水释放出来，使水泥达到充分水化。由于减水剂具有这种对水泥的表面活化作用，因此在混凝土中掺用，可减少混凝土拌合物的用水量，降低水灰比，改善混凝土的和易性，有利于泵送，提高混凝土强度和密实性，具有早强高强效应。

减水剂一般均可达到下述的技术经济效果：

1. 在保持坍落度不变的情况下，掺减水剂可使混凝土的单位用水量减少10—15%；
2. 在保持水灰比不变的情况下，坍落度可增大10—20厘米；
3. 在保持混凝土抗压强度不变的情况下，掺减水剂可节约水泥10%，同时混凝土强度比不掺的要高5—10%。

至于人们担心的混凝土耐久性和钢筋锈蚀问题，据国内外资料介绍，掺减水剂的都比不掺的要好。

由于减水剂具有上述优点，因此受到国内外的很大重视。

近年来，国内进行研究和试用的减水剂的主要品种有 NNO（亚甲基二萘磺酸钠）、MF（次甲基 α 甲基萘磺酸钠）、木质素磺酸盐、糖蜜等。

国外研究使用的减水剂品种达30种之多，用量也不断增加，主要

品种有：木质素磺酸钙、多价乙醇磺酸盐、聚氧有机酸、聚烷丙烯基磺酸钠、 β 萘磺酸甲醛缩合物、葡萄糖酸钠。

这些减水剂主要用于大体积混凝土、高强度混凝土及其他混凝土构件和制品。

为了适应当前国家建设的需要，中国科学技术情报研究所和冶金工业部建筑研究院共同收集、选译了一批有关减水剂的国内外资料，供参考。

中国科学技术情报研究所

冶金工业部建筑研究院

1975.3.

前 言

掺减水剂 (NNO) 混凝土快硬高强效应试验报告	(1)
外加剂	(7)
流动性混凝土及其采用的可能性	(11)
混凝土减水剂“麻依太”	(13)
普蜀里混凝土的配比设计	(24)
木质磺酸钙外加剂对波特兰水泥水化的影响	(34)
阴离子蜜胺树脂用作混凝土外加剂	(40)
评价混凝土中外加剂性能的试验方法	(45)
结构混凝土用化学外加剂规程 (草案)	(48)
减水剂规程 (草案)	(54)
各国减水剂规程的比较	(56)
混凝土减水剂国外文摘	(60)

掺减水剂 (NNO) 混凝土快硬 高强效应试验报告

在批林批孔运动的带动下,交通部第二航务工程局设计研究院初步探索出一种减水剂,其商品名为扩散剂NNO(以下简称NNO)。通过对其减水性能、混凝土的早强、高强效应和物理力学性能及耐久性等方面的大量试验,结果表明:掺NNO的混凝土的性能更好,操作简便,易于推广使用。

现将其试验结果摘要转载如下。

——编者

一、NNO的减水性能

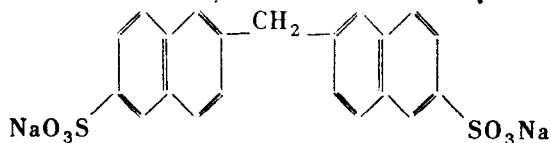
水泥在加水拌和后,由于颗粒之间分子的作用,水泥浆体形成一种凝聚结构。如图1。

拌和水的一部分形成吸附水膜,另一部分则为凝聚体结构中水泥颗粒所包围的游离水,此游离水不起改善水泥浆体流动性的作用。呈凝聚体结构的水泥浆体的抗剪强度比较大,流动性差,必需加入大量的拌和水,增大流动性。

分子结构式适当的阴离子表面活性剂,在一定程度上起到破坏水泥浆体的凝聚体结构作用,可作为混凝土用的减水剂。扩散剂NNO就是这样一种阴离子表面活性剂,为棕黑色液体,pH值7~9,易溶于水,耐酸、耐碱、耐硬水,具有保护胶体和分散固体微粒的作用。本试验品为大连染料厂出产。按有效物质计,每公斤价格为2~2.2元。

NNO化学名称为亚甲基二萘磺酸钠。

化学结构式:



面时,因憎水基的存在,吸附水膜的厚度增大,形成溶媒层,水泥颗粒的距离增大,减少了水泥颗粒之间的分子吸引力。同时又因水泥颗粒本身具有负电荷,吸附后,因 SO_3^- 的存在,水泥颗粒负电位加大,因而静电斥力增大。这两个条件的存在破坏了水泥浆体的凝聚体结构,而变成一种分散性的结构。如图2。

由此原来水泥凝聚体结构颗粒包围的游离水被释放出

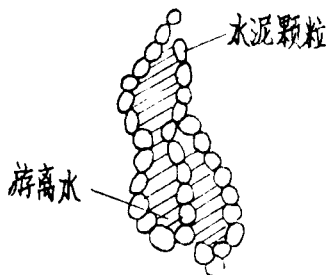


图 1

此种阴离子表面活性剂溶于水时,与其憎水基相连的亲水基是阴离子,这里为 SO_3^- ,与 CH_2 相连的二个萘核为憎水基。含有NNO的水溶液,吸附于水泥颗粒表

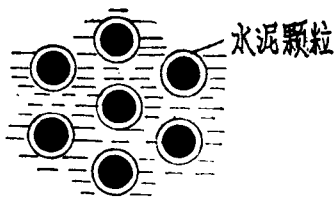


图 2

来, 发挥其吸附和润滑的作用, 从而达到减少用水量的目的。

基于上述认识, 我们先后进行了水泥砂浆和混凝土减水性能的试验。

水泥砂浆减水试验

试验用料: 砂: 细度模量2.69

水泥: 锦西500号硅酸盐水泥。

表 1

水泥砂浆减水试验

水灰比	灰砂比	NNO掺量 (占水泥重%)	减水率 (%)	扩张度 (厘米)	龄期三天抗压强度 (公斤/厘米 ²)	龄期七天抗压强度 (公斤/厘米 ²)	附注
0.5	1:2.2	0	—	15	114/100	—	水养护, 水温15~ 20°C
0.5	1:2.2	1	—	23	95/84	—	
0.4	1:2.2	1	20	14	224/197	—	
0.5	1:2.0	0	—	15	—	262/100	
0.5	1:2.0	1	—	>23	—	240/91	
0.5	1:2.0	0.5	—	>23	—	262/100	
0.4	1:2.0	1.5	20	16	—	434/165	
0.4	1:2.0	0.5	20	16	—	442/168	

注: 强度栏内分子为强度绝对值, 分母为以未掺NNO的强度值作为100的相对百分数(下同)。

试验结果表明, 水泥砂浆的减水率能达20%, 减水后龄期三天、七天的强度都有比较大幅度的提高。

二、掺NNO混凝土的早强高强效应 及其他物理力学性能

1. 早强高强效应

对水泥用量相同, 坍落度相同, 减少用水量进行数种水泥、数种灰比的掺与不掺NNO抗压强度等对比试验。

1) 第一次试验

试验材料

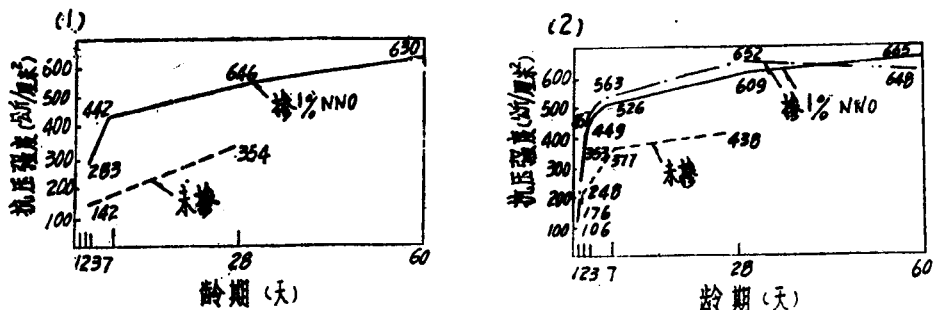


图 8 掺NNO混凝土抗压强度试验

1—锦西水泥; 2—华新水泥

砂：细度模量为2.6；

碎石：最大粒径40毫米；

水泥：（1）锦西500号硅酸盐水泥，出厂半年以上，标号未测；

（2）华新600号纯熟料水泥，出厂四个月，实测标号为470号。

试验结果如表2和图3。

表2 掺NNO对混凝土抗压强度的影响

配合比	NNO掺量 (%)	水泥用量 (kg/m³)	减水率 (%)	坍落度 (厘米)	抗压强度 (公斤/厘米²)						附注
					1天	2天	3天	7天	28天	60天	
锦西水泥											前七天养护水温15°C左右，七天以后养护温度11—15°C，机器拌和。
0.4:1:											
0.79:2.09	0	540	0	4	—	—	142/100	—	354/100	—	
0.33:1:1:2	1	548	17.5	10	—	—	283/200	442	546/154	631	
华新水泥											养护情况同上 成型过程中搅拌机产生故障，以后用人工拌和。
0.4:1:0.79	0	540	0	6.5	—	176/100	248/100	377/100	438/100	—	
:2.09											
0.33:1:	1	540	17.5	4	—	353/200	449/181	520/138	609/139	663	
1.02:2.11											
0.33:1:1.0	1	540	17.5	6	106	—	457/184	563/150	652/148	648	
:2.09											

注：配合比数字表示 水:水泥:砂:石子（下同）。

2) 第二次试验

试验材料

砂：细度模量为2.1；

表3 掺NNO对混凝土抗压抗拉强度的影响

配 合 比	NNO掺量 %	水泥用量 (kg/m³)	坍落度 (厘米)	减水率%	抗压强度 (公斤/厘米²)		抗拉强度 (劈裂) (公斤/厘米²)
					8天	28天	7天
巢湖500号 硅酸盐水泥							
0.43:1:1.06:3.08	0	420	1	0	129/100	—	12.7/100
0.37:1:1.11:3.24	0.5	420	1	14	214/166	—	15.6/123
巢湖500号矿渣硅酸盐 水泥							
0.42:1:0.85:2.8	0	460	1	0	139/100	297/100	—
0.36:1:0.89:2.87	0.5	460	1	15	222/159	400/135	—

碎石：最大粒径40毫米；

水泥：巢湖500号硅酸盐和矿渣硅酸盐水泥。

试验结果如表3。

3) 第三次试验

试验材料

砂：细度模量为2.97；

碎石：最大粒径40毫米；

水泥：锦西500号硅酸盐水泥。

表4 掺NNO对抗压、抗拉、抗弯强度的影响

配合比	NNO 掺量 (%)	水泥用量 (kg/m ³)	坍落度 (厘米)	减水率 (%)	抗压强度 (公斤/厘米 ²)		抗拉强度(劈裂) (公斤/厘米 ²)		抗弯强度 (公斤/厘米 ²)
					7天	28天	7天	28天	28天
0.59:1:2.58:3.56	0	300	1	—	191/100	257/100	11.8/100	14.7/100	34.5/100
0.485:1:2.58:3.87	1	300	1	18	280/147	344/134	14/122	16.8/114	39.3/114

以上试验结果表明：在水泥用量相同，保持相近的坍落度条件下，掺NNO1%的混凝土共用水量可降低14—18%。减水后混凝土的早期及28天抗压强度都有相应的增长，早期强度增长幅度较大。小水灰比（小于0.4）的混凝土效果更为显著。如表2，用华新水泥进行的试验，掺1%NNO的混凝土龄期三天的抗压强度大于未掺混凝土龄期28天的强度。对于水灰比0.4—0.6的混凝土龄期三天的抗压强度比不掺的能提高至60%左右，28天强度可提高30%以上；又如表2，配制的混凝土标号能达到水泥标号的1.3倍。掺NNO的混凝土，其抗拉强度、抗弯强度亦有一定增长，但增长幅度略小于抗压强度的提高率。

2. 掺NNO对混凝土和易性、水泥用量和水泥水化热的影响

混凝土配合比相同，进行掺与不掺NNO混凝土拌和物的和易性对比试验，并查明对混凝土抗压强度、抗拉强度的影响；水灰比相同，坍落度相同，进行掺与不掺NNO混凝土的水泥用量对比试验，并查明对混凝土抗压强度、抗拉强度的影响。

试验材料

水泥：广州五羊牌500号硅酸盐水泥；

花岗岩碎石：三级配40—70毫米50%；10—30毫米40%；5—10毫米10%。

表5 掺NNO对水泥水化热的影响

NNO掺量	热峰出现时间 (第×小时)	热峰温升 (°C)	水化热 (卡/克)			附注
			1天	3天	7天	
0	15	6.2	26.58	45.19	57.04	太行山500 号硅酸盐水 泥
1% (减水15%)	25	5.8	21.49	45.64	50.87	
1% (不减水)	26	5.7	21.54	47.59	53.48	

砂：细度模量为2.1。

试验结果如表5、表6、表7。

表6 掺NNO对混凝土和易性与强度的影响

配 合 比	外加剂 (占水泥重%)	水泥用量(公斤/米 ³)	坍 落 度 (厘米)
0.65:1:2.31:5.8	0	251	2.7
0.65:1:2.31:5.8	1.5%江門紙漿廢液	251	3.5
0.65:1:2.31:5.8	0.5%NNO	251	8.2
0.65:1:2.31:5.8	1%NNO	251	19.5
0.68:1:2.49:6.23	0	235	3
0.68:1:2.49:6.23	1.5%江門紙漿廢液	235	8
0.68:1:2.49:6.23	0.5%NNO	235	14
0.68:1:2.49:6.23	1%NNO	235	20

抗压强度 (公斤/厘米 ²)				抗拉强度 (公斤/厘米 ²)				附 注
1 天	3 天	7 天	28 天	1 天	3 天	7 天	28 天	
49/100	118/100	218/100	296/100	2.4/100	7.2/100	13.4/100	18.4/100	养护温度26—29°C
1.3/3	48/41	164/75	256/87	—	2.7/38	9.5/71	15.3/83	
66/135	136/115	224/103	325/110	2.9/121	8.4/117	14.1/105	16.2/88	
67/137	163/150	235/108	337/114	2.6/108	8.2/114	12.7/95	19.1/104	
53/100	101/100	182/100	245/100	2.3/100	7.1/100	10.3/100	15.7/100	养护温度28—30°C
1.6/3	87/86	160/88	241/98	—	5.8/82	10.2/99	15.9/101	
53/100	102/101	180/99	257/107	2.1/91	6.3/89	10.3/100	15.8/101	
60/113	144/142	185/102	251/102	2.3/100	6.7/94	11.3/110	13.4/85	

表7 掺NNO对混凝土水泥用量与强度的影响

配 合 比	外加剂 (占水泥重%)	水泥用量 (公斤/米 ³)	水泥减少率 (%)	坍落度 (厘米)
0.68:1:2.49:6.23	0	235	0	3.2
0.68:1:2.79:6.66	1.5%江門紙漿廢液	221	6.0	2.8
0.68:1:2.92:6.98	0.5%NNO	213	9	2.8
0.68:1:3.17:7.55	1%NNO	200	15	1.5

抗压强度 (公斤/厘米 ²)				抗拉强度 (公斤/厘米 ²)				附 注
1 天	3 天	7 天	28 天	1 天	3 天	7 天	28 天	
64/100	150/100	177/100	249/100	3/100	8.7/100	9.2/100	15.0/100	养护温度30°C
10/16	100/66	174/99	256/103	—	5.9/68	10.8/117	17.8/119	
69/108	143/95	172/98	251/101	3.6/120	8.3/95	11.6/126	17.0/113	
79/123	156/104	206/116	275/110	4.0/133	9.0/103	12.0/130	17.2/115	

试验结果表明：在不改变混凝土的配合比条件下，掺NNO对混凝土拌和物的和易性能有很大改善，坍落度可从2—3厘米增加到18—20厘米，抗压、抗拉强度并无较大变化，在水灰比相同、坍落度相同的情况下，掺NNO混凝土的水泥用量可节省15%左右，混凝土抗压强度、抗拉强度与不掺的基本相同或略有提高。掺NNO水泥水化热值略有降低，热峰值出现时间大约推迟10小时。由于水化热条件改善及混凝土的早强效应，对降低大体积混凝土温度应力防止裂缝出现具有一定的作用。

三、掺NNO对混凝土抗渗性、钢筋腐蚀、耐硫酸盐腐蚀性的影响

对掺NNO的混凝土进行了抗渗性、钢筋腐蚀、耐硫酸盐腐蚀等试验。试验结果表明，掺1%NNO的混凝土在水泥用量减少12%的情况下，抗渗标号仍大于未掺的。

抗硫酸盐腐蚀试验由于目前尚无切实可行的快速测定的标准，尽管一些性能还有待商讨，但是可以定性地看出，掺NNO水泥砂浆试件的抗硫酸盐性能明显地优于不掺的和掺其他外加剂的试件，掺NNO水泥砂浆试件经过60次抗硫酸盐腐蚀的干湿交替循环试验后，只遭受轻微的腐蚀，基本保持完整的外形；而不掺或掺其他外加剂的试件，则腐蚀较为严重，显现表面剥落，棱角残缺，内部疏松等现象。

钢筋锈蚀试验结果表明：经过40次、50次、60次浸烘循环后，掺1%NNO的混凝土中钢筋阳极、阴极极化强，为不锈型极化曲线，试件破型检查，钢筋无锈蚀；60次浸烘循环后，不掺任何外加剂混凝土中钢筋极化电位降低，经试件破型检查，钢筋有中度锈蚀，掺有硫酸钠1.5%+硝酸钙3%+亚硝酸钠0.5%+三乙醇胺0.05%一组试件的钢筋极化电位尚高，试件破型检查锈蚀轻微，极化电位法同破型法比较，结果基本相符。

结 语

1. 掺NNO的混凝土拌和物，其和易性大大改善。如水泥用量不变，达到相同和易性（坍落度相同），可减少用水量14~18%，减水性能对我们所使用的几种水泥都有适应性。如水灰比不变，坍落度相同，水泥用量可降低15%左右（与不掺的比较）。

2. 混凝土掺NNO后，主要由于减水作用，早期强度和28天强度都有相应提高，故NNO可作为早强高强外加剂使用。制成低流动性混凝土时，与不掺的比较，3天抗压强度可提高60%左右，28天抗压强度提高30%左右。

我们认为，NNO掺量以1%左右为宜；温度低于10℃时，应降低为0.5%左右。

3. 掺NNO混凝土的耐久性，无论在抗硫酸盐、抗渗、抗钢筋锈蚀等方面均优于不掺的混凝土。

关于NNO对混凝土物理力学性能、耐久性等方面的影响，有待今后继续试验深化和完善。有的重要试验项目如混凝土收缩、徐变等，限于设备条件，尚没有测定；关于NNO和其他外加剂复合使用，在低气温（低于5℃）条件下的早强效应以及NNO在水下混凝土中的应用问题，有待今后探索和解决。

在取得现有试验成果基础上，在几个工地进行了试用。据不完全统计，有预制槽瓦10多

立方米，桩尖1400多个，预制楼板500多块，收到一定的效果。

某工地在预制400号槽瓦时，因水泥标号降低，混凝土标号无法达到，经掺用NNO后，标号达到450~500号，使问题得到解决。某工地因急需复打灌注桩用的钢筋混凝土桩尖，当时缺乏矾土水泥，用一般水泥满足不了工程需要，经掺用NNO后桩尖浇注3天后，就能使用施打，在打桩过程中，未发现打坏桩尖的质量事故。又某工地因预制场地狭小，预制楼板数量满足不了工程要求，经掺用NNO后，楼板浇注后3天就能起吊安装，提高场地使用率，加快楼板预制进度。掺NNO混凝土在施工时和易性好，掺配方便，不改变沿用的混凝土工艺，深受试用单位工人及技术人员欢迎。由于混凝土减水后，混凝土拌和物少了多余的水份，因此构件成型后要注意提前养护，其余在工艺上并无特殊要求，由于试用时间短，试用面不够广泛，实践经验比较缺乏，有待今后进一步积累和总结。

外 加 剂

随着混凝土、砂浆及灌浆所用外加剂的类型和品种的增加，实践工程师更难对特殊情况作出有针对性的选择。本介绍可用作了解外加剂机理的基础。这种了解必须包括最起码的化学与机械数据。水泥外加剂协会公布了有关商品外加剂类型和组成的图表。工程师利用此图表将有助于选择现场实际应用的优质产品。对胶结混合物就和易性、强度及加气进行了考虑。下列各类外加剂已有英国标准规范的草案：

1. 混凝土的加气剂；
2. 促凝剂、缓凝剂及减水剂。

混凝土的减水剂

胶结混合物的减水剂可作为表面活性剂来考虑。塑性混合物中水泥颗粒的附着形式是通过表面吸收。克拉格尔对混凝土塑化剂的物理化学作用给出下列简要说明。

塑化剂可考虑为具有小静电荷的物料，它起相斥、相吸及最终附着点的作用。主要结构能从事水-空气-固体界面的定向排列（图1）。

水泥颗粒的排斥作用减少了裹住部分拌合水的水泥絮凝体的形成（图2）。这样生成的游离水的增加就会提高水泥浆的流动性，导致混凝土和易性的增大，或在相同和易性下减少用水量。这种性能可通过下列途径加以利用：

1. 得出和易性较高的混凝土而不降低强度。
2. 不用高灰混合料也能提高混凝土强度。
3. 在保持混凝土强度下可节约水泥。

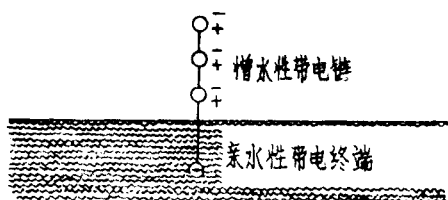


图1 在水中的塑化剂

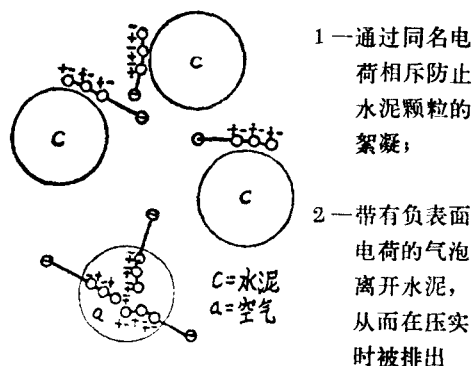


图2 水-水泥系统中的塑化剂

表 1 给出用混凝土商品塑化剂能得出的典型结果。

最常用的产品类别如下：

木质素磺酸盐：为防止过分缓凝，木质素磺酸盐应为精制的减糖类；

含多羟基结构：它对过量使用很敏感，会导致过分缓凝。

表 1

试 验 种 类	水 泥 用 量 (公斤/米 ³)	外 加 率 (升/50公斤)	水 灰 比	混凝土坍落度 (毫米)	混 凝 土 抗 压 强 度 (牛顿/毫米 ²)	
					7 天	28 天
标 准	300	无	0.62	50	25.0	37.0
提高和易性	300	0.14	0.62	100	26.0	38.0
提 高 强 度	300	0.14	0.56	50	34.0	46.0
节 约 水 泥	270	0.14	0.62	50	25.5	37.5

混 凝 土 的 减 水 促 凝 剂

在工业发展的现阶段，混凝土（预应力或后张的除外）唯一适用的真正商品促凝剂是氯化钙。当使用液体外加剂形式（适宜于与塑化剂合用）时，能显著提高在低工作温度下混凝土的和易性和早期强度。

哥茨给出普通波特兰水泥两个主要强度组份即硅酸二钙（ C_2S ）和硅酸三钙（ C_3S ）达到完全水化80%所需的反应时间

反 应 类 型	达 到 80% 水 化 的 时 间 (天)
$C_3S + \text{水}$	10
$C_2S + \text{水}$	100

根据结果可知， C_3S 起早强作用， C_2S 则对后期强度增长起作用。如 C_2S 的反应时间-速度接近于 C_3S ，则普通波特兰水泥总强度增长速度将会增大。随着温度的下降，两种化合物的水化速度都下降。氯化钙主要对 C_3A/C_2S 系统起作用，降温不会使这种作用象“正常”水化过程那样达到同等程度的延缓。因此，在低温和比正常环境稍高的条件下，水化速度有总的增大。

根据英国标准实施规程，以氯化物为基的外加剂不超过1.5%无水氯化钙/水泥重量。

表 2

浇灌与养护温度 (°C)	混合物类型	水 灰 比	混 凝 土 抗 压 强 度 (牛 顿 / 毫 米 ²)			
			1 天	3 天	7 天	28 天
2	标 准	0.65	—	3.6	12.8	26.1
	外 加 剂	0.60	—	7.2	19.3	32.0
5	标 准	0.65	—	5.4	16.7	30.9
	外 加 剂	0.60	—	8.0	21.0	35.9
18	标 准	0.65	5.6	15.5	28.1	38.6
	外 加 剂	0.60	7.9	19.2	32.9	41.6

表2 给出用和不用氯化钙促凝塑化剂的混凝土的典型可比数据。混合物数据：水泥用量300公斤/米³，混凝土坍落度50毫米。

根据所列数据可知，在2~18℃温度范围内，3天抗压强度增长率为100~24%，28天强度增长率为23~9%。对这些相对结果进行考虑表明，采用塑化促凝剂时对早期强度有很大好处。对这些结果进行外推表明，在较长期增长时间内强度结果不会有显著变化。

混凝土的缓凝减水剂

缓凝减水剂的作用类似普通塑化剂起表面活化作用。然而，缓凝剂可在水泥主要成分—铝酸三钙C₃A四周形成保护膜。化学缓凝剂多得不可胜数，水泥与混凝土协会译文《混凝土外加剂》内列有有用的表。

商品缓凝减水剂包括下列各类：

高糖木质磺酸盐；

羟基-羧酸及其盐类。

缓凝时间可从几小时到几天，在后一种情况下外加剂必须对水泥的C₂S和C₃S起作用。在长达10小时缓凝的更常见的场合中，有外加剂的混凝土的抗压强度应相当于约3天的标准混凝土的抗压强度。表3 给出这类外加剂的一组典型试验结果。

表3

外加剂掺率 (升/50公斤 水泥)	凝结时间 葡式密实度测定针(小时)		水灰比	混凝土抗压强度(牛顿/毫米 ²)		
	初 凝	终 凝		3天	7天	28天
无	4.4	9	0.68	20.3	28.0	37.0
0.14	8	13	0.61	28.0	36.5	46.8
0.21	11.5	16	0.58	29.6	40.1	49.7
0.28	16	21	0.58	30.1	41.6	54.1

工地上使用缓凝混合物的主要原因是减少热裂的影响范围，并保持大体积浇灌或预拌混凝土长时间搬运中混凝土的和易性。表4 列出用和不用缓凝塑化剂的各种混凝土和易性的对比数据。

表4

试验种类	周围温度 (°C)	混凝土坍落度(毫米)保持时间(小时)					
		0	1	2	3	4	5
标准(无外加剂)	20	127	89	76	57	38	32
外加剂(0.21升/50公斤水泥)	20	127	127	114	102	70	57
标准(无外加剂)	43	114	57	7			
外加剂(0.21升/50公斤)	43	127	70	25	19	13	

混凝土泵送剂

泵送混凝土在活塞动作条件下沿浇灌混凝土管道移动。其滑溜表面靠灌浆形成的薄膜来保证，在泵的压力冲程期间从混凝土内连续更换灌浆薄膜。泵送剂有助于控制混凝土塞-管道界面上形成灌浆薄膜的速度。

泵送混凝土可按水泥用量分类，水泥用量又影响水泥灌浆稠度：

- (1) 高灰混合物：水泥用量大于300公斤/米³；
- (2) 中灰混合物：水泥用量200~300公斤/米³；
- (3) 低灰混合物：水泥用量少于200公斤/米³。

研究相对的水泥用量需要考虑三种不同机理。

在高灰混合物中，当水灰比较小时，水泥灌浆稠度就大。因此使用普通减水剂有助于提高灌浆的流动性。对于大体积浇灌的连续泵送，采用缓凝塑化剂还有下列优点：在较长时间内保持混凝土和易性，从而降低总的泵送压力。

中灰泵送混凝土不用外加剂也能作出适宜的设计。然而，由于泵送操作中骨料级配的变化会出现问题。使用有限加气、不缓凝塑化剂会加大骨料级配包络（泵送时无堵塞）。

低灰混合物的水泥灌浆在水力梯度下移动过快，因此会从混合料中离析导致堵塞。浓缩剂，特别是聚氧化乙烯，使水泥用量低至130公斤/米³的混凝土也能泵送。

混凝土砂浆和灌浆膨胀剂

用灌浆和砂浆填充孔洞会受收缩的影响导致表面接触不良。外加剂可使胶结混合料具有大于潜在收缩的正膨胀。这种外加剂一般是用不缓凝塑化剂加上细磨的铝粉分散体。

膨胀机理是由于铝与碱起反应生成氢气。当细磨的铝粉在胶结混合料中分散时，小铝片溶入碱性水泥-水系统中产生细小分散的气泡。结果产生0.01牛顿/毫米²膨胀压力。

使用塑化剂能使混合物在较小水灰比下达到流动性，并克服由于孔隙而产生的潜在强度损失。灌浆和砂浆的典型强度结果见下表：

混 合 物 类 型	抗压强度（牛顿/毫米 ² ）		
	3 天	7 天	28 天
水泥灌浆加膨胀剂	15.8	28	42.5
1:1水泥砂浆加膨胀剂	19.3	29.6	45.8

（摘译自《Concrete》，1974，№2，p45—47）

流动性混凝土及其采用的可能性

低水灰比的干硬性混凝土具有良好的建筑性能：高强、不透水性、抵抗腐蚀性水作用的高度安定性等等。但是，这类干硬性混凝土拌合料的缺点是和易性差和捣固困难。在混凝土中外加液化剂后，可在不增加水灰比的情况下改善和易性，并提高其流动性。

本文介绍了采用超级液化剂的流动性混凝土性能的研究结果，这种超级液化剂比一般液化剂具有更强的液化作用。所谓流动性混凝土系指含水量较低的混凝土，其稠度按DIN1045属于K3级（软稠度），而混凝土拌合料的流动度超过50厘米（但不超过60厘米）。在用350F硅酸盐水泥配制的混凝土中，按每公斤水泥加入7~16毫升的液态液化剂，混凝土的2天和28天的平均强度相应为173公斤/平方厘米和440公斤/平方厘米。液化剂采用下述材料：甲基杂环磺酸盐（液化剂A）；磺化杂环高分子盐类（液化剂B）；磺酸芳香族衍生物（液化剂C）；碳水化合物和有机酸（液化剂D）；醚的高分子络合物（液化剂E）；亚硫酸盐废碱液衍生物（液化剂F）及木质素磺酸盐（液化剂G）。

初步试验数据表明，液化剂A、B、C和D对混凝土的液化作用很强，而液化剂E、F和G的液化作用中等。同时，研究上述液化剂对水的表面张力的影响得出：液化剂E和F使水的表面张力显著降低，而C、D和G则适当降低，液化剂A和B实际上并不会使水的表面张力发生变化。据推测，液化剂E、F和G的作用基于水表面张力的降低及水对水泥固体颗粒更好的湿润，液化剂A和B的作用基于其对水泥颗粒的“润滑”作用，而液化剂C和D则兼具这两种作用。

还研究了超级液化剂对水泥浆的粘度和泌水量的影响。用旋转粘度计测定水灰比0.4、0.5和0.6时的粘度。

采用液化剂A、B、C和D时，粘度降低最多。例如，当水灰比为0.4时，外加液化剂A的水泥浆比不加外加剂的水泥浆粘度降低二分之一，而当水灰比0.5和0.6时则降低三分之一。液化剂G适当降低粘度，而液化剂E和F使粘度降低不多。确定水泥浆泌水程度后可得出下列结论：所研究的液化剂能保证水泥浆有很好的保水性能。

加入液化剂的混凝土拌合料的性能取决于一系列因素，其中包括混凝土的初始稠度（不加液化剂）、水泥的成分和种类、骨料的成分和种类（包括磨细骨料）、液化剂的种类和用量，以及混凝土拌合料的温度。

除非初始混凝土拌合料具有相当好的粘聚力（不分层能力），而且粘度不太大，否则加入液化剂后不能得到优质流动性混凝土。初始混凝土拌合料的稠度应介于K2（塑性）到K3（软）级之间，而混凝土拌合料的流动度应介于38—42厘米之间。在上述范围内加入液化剂，能显著提高混凝土拌合料的流动性，而不降低其粘聚力。当初始混凝土拌合料的流动度大于44厘米时，加入液化剂会导致得出易于分层的流动性混凝土；当流动度小于38厘米时，加入液化剂会降低拌和水量，但此时不能得出流动性相当好的混凝土。液化剂一般对圆锥流动度小于32厘米的混凝土拌合料并无显著的液化作用。

原则上，只要符合DIN1164规定的各种水泥均适用于制作流动性混凝土。水泥过分细磨对超级液化剂的液化作用有不良影响，混凝土中水泥用量过低和过高也有关系。水泥用量为300~350公斤/立方米的混凝土最适于制作粗骨料最大粒径为32毫米的流动性混凝土。骨料