

建筑科学研究报告集

第一集

混凝土中掺加气剂、塑化剂和混凝土蒸汽养护问题

中华人民共和国国家建设委员会科学工作局 编

建筑工程出版社

建筑科学研究报告集

第一集

混凝土中掺加气剂、塑化剂和混凝土蒸汽养护问题

中华人民共和国国家建设委员会科学工作局 编

*

1959年12月第1版 1959年12月第1次印刷 4,100册

850×1168 $\frac{1}{32}$ · 126千字 · 印张5 · 定价(10)0.87元

建筑工程出版社印刷厂印刷·新华书店发行·统一书号: 15040·862

建筑工程出版社出版(北京市西郊百万庄)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第052号)

內 容 提 要

本書系“建筑科学研究报告集”的第一集，包括混凝土中掺加气剂、塑化剂和混凝土蒸汽养护問題等四个試驗报告。

一、“加气混凝土試驗报告”：本报告以国产松香热聚物加气剂为对象，叙述了加气剂溶液所生气泡的特性和在混凝土中掺用加气剂对混凝土各項性能所起影响的試驗結果。

二、“掺塑化剂砂漿和混凝土的試驗报告”：本报告叙述了塑化剂的性能和在混凝土拌合物（或水泥砂漿）中掺入国产葦漿廢液或亞硫酸鹽酒精廢液（CCB）塑化剂以节省水泥並改善混凝土某些性能的試驗結果。

三、“在混凝土中掺用塑化剂和加气剂以降低最小水泥用量限值的試驗报告”：本报告叙述了通过試驗結果証明在以高标号水泥制造低标号混凝土的情况下，掺用塑化剂或加气剂，可以使按現行規程所定的最小水泥用量限值降低15%或20%，而仍可保持混凝土的密实性和抗冻性。

四、“矿渣水泥混凝土蒸汽养护試驗报告”：本报告叙述了采用三种熟料和二种矿渣配制成六种矿渣水泥，在不同溫度和不同時間的蒸汽养护下的强度發展率和这六种矿渣水泥混凝土經高溫、高压蒸汽养护的强度增長率的試驗結果，証明用压蒸汽养护代替普通蒸汽养护将成为今后預制構件生产时养护硬化的方向。

序

偉大的社会主义建設，給我們建筑科学技术工作者帶來了無比光荣的任务。为了更好地組織研究力量，解决在当前国家基本建設中迫切要求解决的一些帶关键性的科学技术問題，中华人民共和国国家建設委员会和中国科学院对1956年建筑科学研究工作，作了統一的計劃和安排。一年来，在党的领导和科学家們的努力下，这项工作获得了很大的成就：对許多專門問題进行了比較系統的研究，并作出了全面的研究报告。我們决定把这些研究成果，汇編成冊，定名为“建筑科学研究报告集”，陸續出版。希望有关單位，对这些研究成果，进一步研究、推广和应用；尤其希望在党的“百花齐放、百家爭鳴”方針的鼓舞下，在建筑科学技术界掀起研究高潮，使建筑科学能更好地为社会主义建設服务。

中华人民共和国国家建設委员会科学工作局

1957年7月

本報告集中所收集的四篇報告，曾經下列同志集體審查：

- 繆紀生（建築材料工業部水泥工業研究院工程師）
高承祐（建築材料工業部水泥工業研究院工程師）
羅壽蓀（建築材料工業部水泥工業研究院工程師）
田然景（建築材料工業部水泥工業研究院技術員代吳中偉工程師）
郭成舉（鐵道科學研究院副研究員）
張述嚴（水利部北京水利科學研究院工程師）
孔林吻（建築科學研究院工程師）
戴居正（南京工學院教授）
李蔭余（南京工學院副教授）
竺士楷（唐山鐵道學院教授）
史惠風（中國科學院土木建築研究所助理研究員）

前 言

在混凝土中掺用加气剂或掺用塑化剂,是改善混凝土的性能和节省水泥用量的有效方法。

加气剂是一种憎水性的表面活性外加剂。拌制水泥混凝土(或水泥砂浆)时,在拌和水中掺入少量加气剂,拌和时即有泡沫产生。混凝土(或砂浆)硬化以后,内部含有大量微小的空气泡。这种变性的建筑材料,称为加气混凝土(或加气砂浆)。如果在水泥工厂中将加气剂掺入水泥熟料中,磨细后,即得加气水泥;用加气水泥可以直接制成加气混凝土(或加气砂浆)。

加气混凝土的性能和普通混凝土有很大的差别,其特点是耐久性特别强、和易性好,在某些情况下使用加气混凝土还可以节省水泥。加气混凝土的这些优良性能,对于水工建筑物尤为适合。

在苏联及其他先进国家,加气混凝土的使用已有二十多年的历史。目前,这些国家已生产了多种加气剂,并且正有效地使用在各类工程中。

在国内,松香热聚物加气剂制造成功以后,加气混凝土才在工程建设中逐步推广。但这还是中华人民共和国成立以后的事情。目前,加气剂的使用范围还不够广泛,有待继续推广。

为了促进加气混凝土的使用,南京水利实验处材料试验室于1955年5月至1956年5月进行了掺用国产加气剂的加气混凝土性能试验研究工作,采用的加气剂是治淮委员会混凝土构件制造厂出品的松香热聚物。本文就是这项试验研究结果的报告。由于南京水利实验处材料试验室的工作人员已参加水利部北京水利科学研究院工作,故本报告由北京水利科学研究院发表。

本试验的领导人及报告编写人为张述严工程师,参加试验的工作人员有蔡正脉、田甲运、林芳荣、黎尙周、龙宜松、彭卓信、许强、余鑑青、李燕、讲延林、段振祥和任寿涛等同志。

目 录

前 言

一、加气剂.....	1
(一) 加气剂的原料和制造.....	1
(二) 加气剂溶液的起泡性質.....	2
(三) 加气剂溶液所生气泡的稳定性.....	4
1. 气泡碰撞試驗.....	4
2. 泡沫中液体平均生存時間試驗.....	4
3. 泡沫在水泥拌合物中的稳定性試驗.....	8
(四) 加气混凝土中气泡的大小和分布.....	9
二、加气剂对混凝土拌合物和混凝土的性能所起的影响.....	11
(一) 影响混凝土含气量的因素.....	14
1. 加气剂用量.....	14
2. 水灰比.....	16
3. 水泥用量.....	16
4. 含砂率.....	16
5. 砂料顆粒級配.....	17
6. 石子最大粒徑.....	21
7. 拌和方法.....	22
8. 混凝土拌合物的温度.....	23
9. 加气剂种类.....	23
10. 水泥种类.....	24
(二) 加气剂对混凝土拌合物和易性的影响.....	25
1. 坍落度.....	27
2. 工作度.....	35
3. 密实因数.....	37
4. 泌水率.....	37
5. 均匀系数.....	37
(三) 加气剂对混凝土力学性質的影响.....	40
1. 抗压强度.....	40
2. 抗折强度.....	53

3. 混凝土与钢筋间的握裹强度.....	53
4. 弹性系数.....	57
(四) 加气剂对混凝土抗渗性的影响.....	61
(五) 加气剂对混凝土抗冻性的影响.....	63
(六) 加气剂对水泥砂浆和混凝土抗蚀性的影响.....	75
1. 加气剂对水泥砂浆抗蚀性的影响.....	75
2. 加气剂对混凝土抗蚀性的影响.....	78
(七) 加气剂对混凝土干缩性和湿胀性的影响.....	80
(八) 结论.....	86
三、在水工混凝土中使用加气剂的意义和效果.....	87

目 录

一、 試驗目的和經過	93
二、 試驗所用的材料	93
三、 試驗結果	96
(一) 水泥漿	96
1. 正常稠度	96
2. 凝結時間	99
(二) 水泥砂漿	99
1. 流動度	99
2. 強度	99
(三) 水泥混凝土	102
1. 塑性混凝土的流動性	102
2. 塑性混凝土的強度	102
3. 干硬混凝土的流動性	102
4. 干硬混凝土的強度	104
5. 混凝土的含氣量和泌水率	104
四、 几点認識和建議	104

目 录

一、試驗目的	107
二、試驗用的材料	108
(一) 水泥	108
(二) 混凝土用的集料	109
(三) 塑化剂	110
(四) 加气剂	111
三、混凝土中掺用塑化剂或加气剂試驗	111
四、結論	116

目 录

一、試驗目的	117
二、試驗用材料的技术条件和試驗項目	118
(一)試驗用材料的技术条件	118
1. 水泥	118
2. 砂	121
3. 石子	121
(二)試驗項目	122
1. 常压、高溫蒸汽养护 (普通蒸汽养护)	122
2. 高溫 (174.5°C)、高压 (8 計示大气压) 蒸汽养护	122
三、試驗結果和討論	123
(一)常压高溫 蒸汽养护	123
1. 不同溫度和不同時間的蒸汽养护对混凝土强度影响的試驗	123
2. 經不同溫度和不同時間的蒸汽养护后繼續加以标准养护对混凝土强度影响的試驗	130
3. 溫度升降速度对混凝土强度影响的試驗	137
(二)高压 高溫蒸汽养护	139
1. 不同時間压蒸养护 对混凝土强度影响的試驗	139
2. 压蒸养护后再經标准养护对混凝土强度影响的試驗	140
3. 溫度升降速度对混凝土强度影响的試驗	143
四、簡要的結論	143

一、加 气 剂

(一) 加气剂的原料和制造

加气剂的主要原料是松香。治淮委员会混凝土构件制造厂出产的加气剂，主要是膠狀加气剂。它是將松香用石炭酸、硫酸和氫氧化鈉处理的松香热聚縮合物。另有一种粉狀加气剂，是將松香用硝酸和戊醇处理的产物。本試驗所用的加气剂，除标明为粉狀加气剂的以外，都是膠狀加气剂。

松香的化学成份是極其复杂的，可以粗略地分成如下几类：

1. 松脂酸类：这类物質具有羧酸基团 COOH ，加入鹼类时变成皂类，因此是可皂化的物質；
2. 芳香煙类；
3. 芳香醇类；
4. 芳香醌类；
5. 氧化物。

煙类、醇类、醌类和氧化物都是不皂化物質。

以上所述是一些已确定結構的化合物。此外，松香中还有许多未定結構的化合物。

在加气剂的制造过程中所起的化学变化是相当复杂的，目前知道的还不多。这一过程主要是縮合与聚合作用。松香具有羧酸基团和醌基等，而石炭酸具有羰基。松香和石炭酸在有濃硫酸存在和适当的溫度处理下将会产生縮合作用。硫酸的作用是吸收由縮合生成的水份。同时，在制造过程中还可能产生分子間的聚合作用。

松香和石炭酸經過縮合、聚合作用后，变成一种分子比較龐大的

物質。再經過氫氧化鈉的處理，成為鈉鹽的縮合熱聚物。這是一種憎水性的表面活性物質，即膠狀加氣劑，它能夠減低界面的表面張力，起泡能力很強。

(二) 加氣劑溶液的起泡性質

將加氣劑按：

加氣劑：氫氧化鈉：水 = 1 : 0.2 : 30

溶成標準加氣劑溶液。這種溶液的濃度為3.33%。普通拌制加氣混凝土時，即採用這種濃度的溶液。將標準溶液加水稀釋，即可獲得所需濃度的溶液。

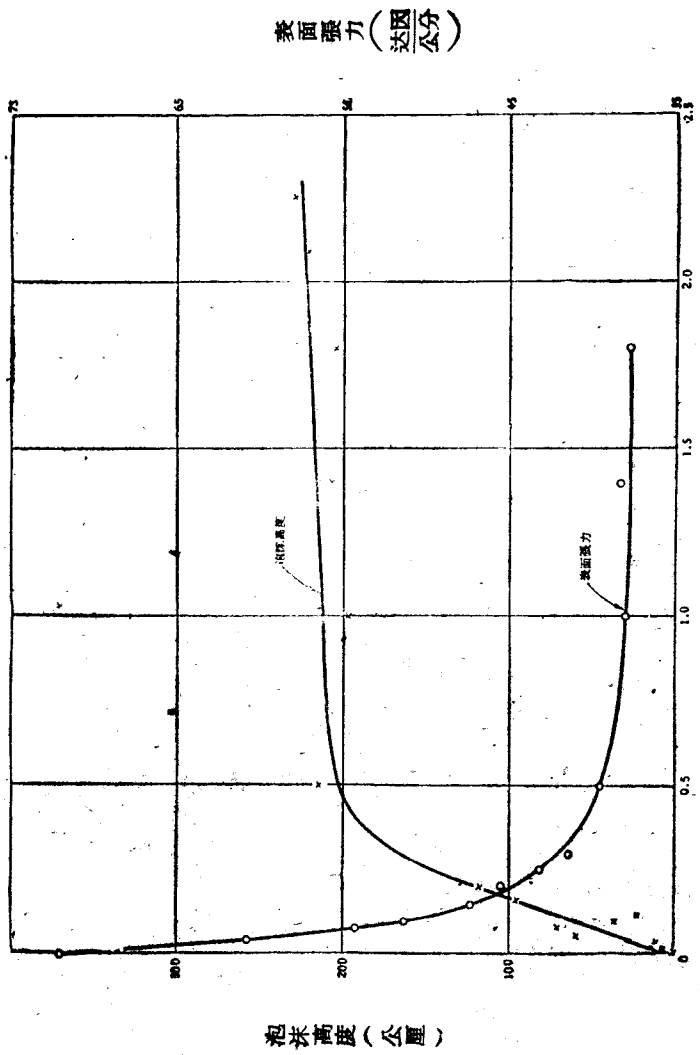
加氣劑溶液的主要性質是在攪動時能夠產生大量泡沫，制加氣混凝土或加氣砂漿就是利用它的這種性質。

我們進行了加氣劑溶液濃度和起泡能力的關係的試驗。試驗方法是：在直徑約10公厘、長約300公厘的圓底玻璃管中，加入加氣劑溶液到一定高度，然後把玻璃管封閉，用固定方式手搖玻璃管（搖30秒鐘，約110次左右），測量泡沫的高度，如此重複15次，取其平均高度作為起泡能力的指標。

膠狀加氣劑溶液的起泡能力試驗結果如第1圖所示。從圖中可見：溶液濃度在0.5%以下時，起泡能隨着濃度增加而增加；溶液濃度超過0.5%時，起泡能力即大致保持不變。0.5%這個濃度值似乎是一個轉折點。

溶液的起泡能力和它的表面張力之間是有一定關係的。產生泡沫意味着產生新的表面。一般說來，溶液表面張力低，產生新表面所需的功就小，也就是容易產生泡沫。

我們用滴重法測定了膠狀加氣劑溶液的表面張力，試驗結果如第1圖所示。從圖中可見：溶液的表面張力隨着濃度的增加而降低，但溶液濃度超過0.5%時，表面張力即大致保持不變。0.5%這個濃度值似乎也是一個轉折點。這個轉折點具有什麼意義，目前還無法說明。



第 1 圖 膠狀加氣劑溶液的起泡能力和表面張力 (室溫: 25°C)

(三) 加气剂溶液所生气泡的稳定性

某些表面张力很低的纯液体（如苯、酒精等）所生成的泡沫很不稳定，生存时间很短。由加气剂溶液所生的气泡必须具有一定的稳定性，否则，这些气泡就会在混凝土施工过程中各种振动力的作用下破灭、消失，这样就无法制成加气混凝土。

为了研究加气剂溶液所生气泡的稳定性，我们进行了下述试验。

1. 气泡碰撞试验

仪器的装置如第2图所示。A和B是两根毛细管，出口处呈半球形；C是量筒，内盛待试验的液体。由A管吹气，即有气泡从A管出口处向上升至B管底部。连续吹出两个气泡，观察这两个气泡在B管底部共存的时间。

试验结果列于表1。由表中可见，蒸馏水所生的气泡一经碰撞即行破灭，而加气剂溶液所生的气泡碰撞后不会破灭，并且能生存半小时以上。

气泡共存时间

表1

液 体 种 类	两个气泡共存的时间
蒸 馏 水	约0.1秒
膠狀加气剂溶液，濃度0.01%	38分
膠狀加气剂溶液，濃度0.02%	50分

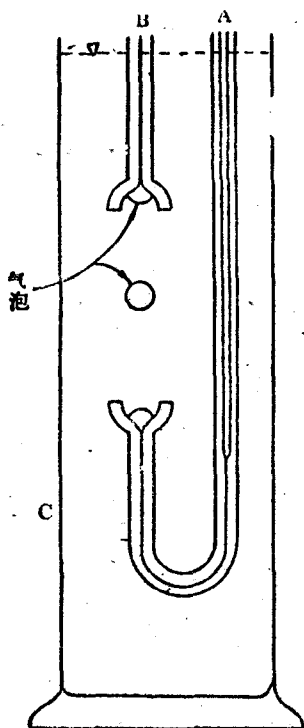
2. 泡沫中液体平均生存时间试验

液体所生的泡沫在静置时，泡沫膜壁中的液体即逐渐流出，同时部分泡沫也逐渐破裂变成液体。这种现象叫做排液。

在泡沫的排液过程中，如果测出泡沫中剩余液体的体积（产生泡

体的液体的原有体积减去流出的液体体积)和时间的关系,可以得到如第3圖所示的曲綫。

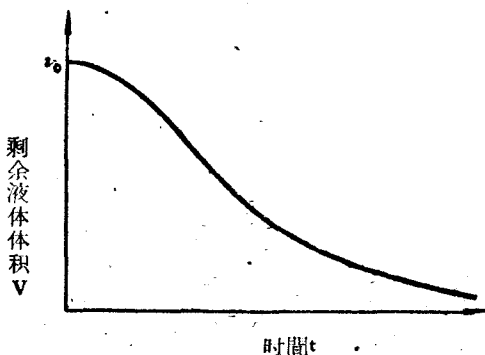
在第3圖中,曲綫和座标軸所包圍的面积等于



$$\int_0^{V_0} t dv$$

这个面积除以产生泡沫的液体原有体积 V_0 , 即得泡沫中液体的平均生存时间 L 。 L 的数值可用作泡沫稳定性的指标, L 越大, 泡沫稳定性就越高。 L 的表达式如下:

$$L = \frac{1}{V_0} \int_0^{V_0} t dv$$



第2圖 气泡碰撞試驗的仪器裝置

第3圖 排液曲綫

仪器的裝置如第4圖所示。試驗时,从容器中抽出空气,使达到6公分水銀柱差的負压力,然后由滴定管滴入10 C. C. 加气剂溶液,溶液进入容器后即形成泡沫。排出的液体用刻度玻璃管收集。从溶液滴入时开始計算時間,測定泡沫中液体排出一定体积时所經歷的时间,然后繪出排液曲綫,并計算泡沫中液体的平均生存時間 L 。

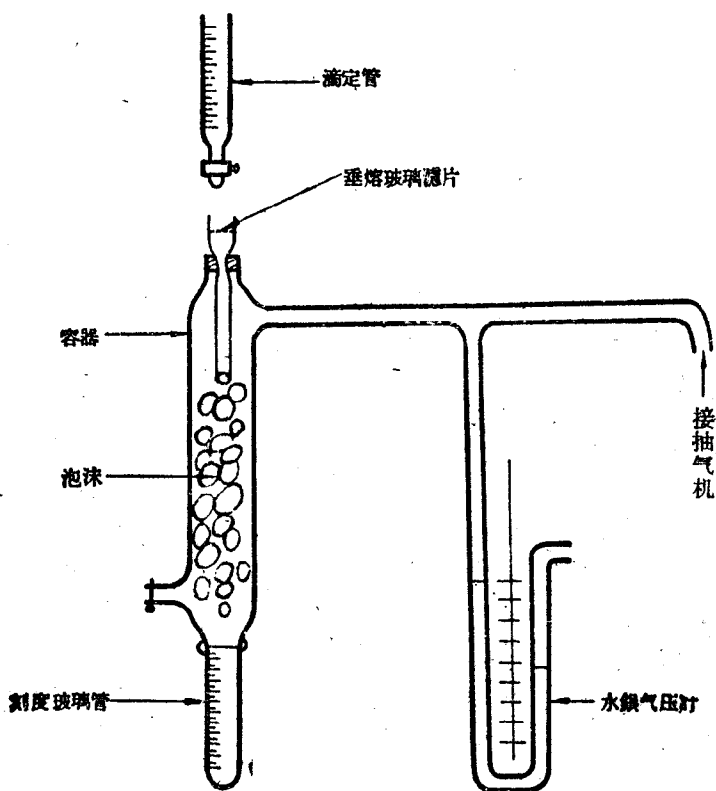
膠狀加气剂溶液的排液曲綫繪于第5圖。泡沫中液体的平均生存時間計算結果列于表2。

膠狀加氣劑溶液泡沫中液體的平均生存時間

表 2

溶 液 濃 度 (%)	、 L
0.1	4分
1.0	8分30秒
3.33	10分

从表 2 中可見，膠狀加氣劑溶液所生泡沫的穩定性隨着溶液濃度的增加而提高。



第 4 圖 泡沫中液體平均生存時間試驗的儀器裝置