

239773

基本馆藏

水工混凝土中的加气剂

苏联技术科学博士 B.B. 斯多尼科夫著



22
4227

水利电力出版社

序

按照苏联共产党第十九次代表大会关于苏联发展第五个五年计划的指示，在苏联进行的伟大的共产主义建设和其他一些水利工程，需要完成巨大数量的混凝土工程，为此，要求使用质量优良的水工混凝土。

B.B. 斯多尼科夫的这本书，研究了关于改进混凝土技术性质的一个现实问题。书中叙述了皂类（松香皂，文沙剂，煤沥青皂等）表面活性物质的影响的特征，这些表面活性物质，是在拌制混凝土拌合物时，作为外加剂使用的。这些外加剂可称为憎水性外加剂，或者按其性能称为加气剂。

不久以前，关于混凝土拌合物中的增塑剂，和关于塑化作用的机构的概念，还非常混乱，这种情况对于在建筑工程中正确使用这些外加剂，无疑是一个障碍。苏联科学院物理化学研究所的研究工作，阐明了加在水泥和混凝土中的各种有机外加剂的基本规律和作用机构。这些工作获得了有价值的实用上重要的结果，因为这些工作是与一些先进的工业研究院紧密配合进行的，这些研究院有道路科学研究院（С.В. 显斯托彼洛夫），全苏水泥科学研究院（М.И. 希盖洛维奇），以B.E. 维捷涅夫命名的全苏水利科学研究院（B.B. 斯多尼科夫和A.И. 阿达莫维奇）。

技术科学博士 B.B. 斯多尼科夫，在很有发展的矿物胶结材料和混凝土工艺方面作出了很大的贡献。本书作者和苏联科学院物理化学研究所共同完成的研究工作，初步有论据地将水泥的有机增塑剂分为两大类：

- 1) 亚硫酸盐酒精废液木素磺酸盐类亲水性胶溶剂，这种胶溶剂可以对水泥颗粒起直接的吸附-塑化作用，提高了水泥在混凝土中的利用程度。

- 2) 皂类憎水性外加剂，这种外加剂的最佳用量非常小，对水

泥并不起直接的塑化作用，然而能在混凝土拌合物或水泥砂浆中产生易调节的，并且是均匀的微小空气泡（乳浊液）。B. B. 斯多尼科夫用各种实验方法肯定地证明，憎水性外加剂的塑化作用，主要决定于这些外加剂所产生的掺气现象。先研究了这些现象的规律和憎水性外加剂的作用机构以后，在各种拌制混凝土的条件下，比较憎水性外加剂和亲水性增塑剂的作用，定出两类外加剂的合理的实用范围。

本书广泛应用了分散体系和表面现象的物理化学中的新概念，这些概念主要是由苏联学者发展起来的。作者的实验工作是本书的基础。实验工作是在这具体问题的物理化学和工艺研究密切结合的条件下进行的，此问题的科学根据目前还处在萌芽时期。应当提到，在本书中，B. B. 斯多尼科夫利用了悬浮体结构形成过程方面的新概念，这些概念对于水泥和混凝土工艺学是很重要的。作者第一次在苏联应用了电子显微镜来研究水泥熟料和熟料各组成部分的水化过程。

叙述这个实际上很重要的问题，还是第一次尝试，故本书难免存在着某些缺点。例如，本书未谈到关于联合使用两类外加剂（相互补充的最佳用量）的问题，以及这些外加剂和电解质联合使用的问题。没有系统研究掺用外加剂的混凝土的抗冻性问题，和掺用憎水性外加剂时硬化初期的发热问题。

但是上述缺点并不能使本书失去价值。无疑地，B. B. 斯多尼科夫的这本书，对继续研究增塑剂问题的研究者和实际工作者，有莫大的帮助。另一方面，本书可以帮助施工人员在拌制混凝土时广泛地有根据地利用有机外加剂。

苏联科学院院士 II. A. 列宾捷尔

著 者 序

本書的任务是向广大建筑界和科学工作者介紹泡沫剂在水泥浆、砂浆和混凝土中的主要作用。

熟悉在混凝土拌合物中摻入泡沫剂后所发生的物理化学过程，是正确地、有效地应用这种改善混凝土技术性質并增加其耐久性的方法所必要的。

要在有限的篇幅內，詳細說明混凝土中由于皂类表面活性物質的作用所起的物理化学現象，是不可能的，故我們在本書中仅研究对全面認識这种外加剂的作用机构有意义的現象。

作者的主要意图，是介紹在水利工程中应用加气剂的实用資料，这些資料，在选择摻用外加剂的混凝土时，以及在拌制和澆灌这种混凝土时，是必需的。

作者对 П. А. 列宾捷尔院士在本書編著过程中所給的宝贵意見和指示深表謝意。

目 录

第一章 应用表面活性外加剂的意义、概說	6
1. 概 論	6
2. 加气剂对混凝土的作用	15
第二章 主要表面活性外加剂(起泡剂)及其作用	20
1. 外加剂——起泡剂	20
2. 在溶液与空气交界面的物理化学现象	24
3. 混凝土拌合物中空气乳液稳定性提高的因素	26
4. 在砂-水混合物中空气的乳油化	29
5. 砂-水混合物塑化作用的机构	34
6. 表面活性物質在石英顆粒上的吸附	38
7. 外加剂对于水泥浆力学性質的影响	39
8. 在外加剂作用下水泥浆彈-塑-粘性的变化	40
9. 表面活性物質在水泥上的吸附	52
10. 外加剂对于水泥悬浮体的作用	57
11. 稠濃水泥浆的沉降自动密实以及外加剂对沉降的影响	62
12. 水泥浆中的浮选效应	70
13. 用电子显微镜研究松香酸皂对于水泥水化过程的影响	76
第三章 加气剂对混凝土拌合物和砂浆的 技术性質的作用	83
1. 加气剂在砂浆中的作用	84
2. 加气剂对混凝土拌合物含气的作用	90
3. 加气剂对水泥砂浆流动性的影响	93
4. 加气剂对水泥砂浆和混凝土拌合物析水性的影响	96
第四章 加气剂对砂浆和混凝土的强度特性的作用	101
1. 加气剂对水泥結石的强度的影响	101
2. 加气剂对水泥砂浆的强度的影响	103
3. 加气剂对混凝土的强度的影响	105
4. 加气剂对降低水泥用量的混凝土强度的影响	113
5. 加气剂对混凝土透水性的作用	116

6. 加气剂对混凝土抗冻性的作用	122
7. 松脂皂外加剂对混凝土与砂浆其他性质的作用	127
第五章 现代水利建设中应用加气剂的实际结果	141
1. 混凝土大体积水工建筑物	142
2. 渠道的混凝土衬砌	151
第六章 关于加气混凝土的选配和拌制的指示	153
1. 加气混凝土的选配	153
2. 加气混凝土的拌制	157

第一章 应用表面活性外加剂的 意义、概說

1. 概 論

水工混凝土主要性質的改进問題，在偉大的共产主义建設年代中，有着特別现实的意义。

水工建筑物的主要材料——混凝土，除了具有强度以外，还要具有耐久性，这是在現代混凝土技术中最主要的問題。我們知道，解决这个問題有許多方法。如正确地选择和使用高級質量的材料(水泥、砂和粗骨料)，澆灌混凝土时的捣实工作，保証混凝土硬化的最优温湿度状况，利用各种方法提高表层混凝土的强度等。除了按建筑物使用条件合理选择建筑物結構以外，这些方法可大大提高混凝土建筑物的耐久性。

当然也不能对建筑物耐久性的技术意义评价过高，然而应当指出，常常听說使用抗压强度高的混凝土就能保証具有高的耐久性，这种說法，現在需要作根本的修改。在建筑物或建筑物的某些部分中，使用高标号的混凝土时，强度未被充份利用，造成沒有根据的过多的强度儲备，結果还不一定能提高耐久性。合理的解决办法，是使用抗压和抗拉强度儲备小、但耐久性高的混凝土。研究工作指出，这种混凝土除了水泥成分外，混凝土的构造情况，也决定着耐久性。

过份地增加混凝土强度指标以提高耐久性的方法，不能認為合理的，因为这种方法照例要增加水泥用量，或者要增加适当处理混凝土的費用。

实际上，混凝土的强度利用系数，通常小于其耐久性利用系数很多。这个情况，在大体积混凝土建筑物中特別显著。正确地

利用材料，从而节省胶結材料是消灭此矛盾的方法。这个观念，是建筑物分区法的合理的基础。

近年来，在現代的工艺中，用各种表面活性物質提高混凝土質量(包括耐久性)的方法得到了推广，在混凝土拌合物中掺入很小数量的表面活性物質(以水泥重量的百分比計算)，即可大大改进混凝土拌合物的技术性質，和硬化了的混凝土的性質。

試驗証明，这些表面活性物質非常有效，并且价格低廉，可在很大範圍內調整混凝土的性質，改变混凝土的結構。

表面活性物質在混凝土中的作用，与复杂的相体系(固相、液相和气相)的交界面上所发生的表面現象有关系，也是現代生产和技术过程中表面現象的巨大意义的一例。浮选过程也是此現象，就是将少量能吸附在物質表面的外加剂掺入水介質中，改变細小矿物顆粒的湿润条件。各种表面活性物質，也被广泛用于控制浮悬体中的凝聚过程和結構形成过程，和用于調整类似的分散体系的力学性質。

表面活性物質在粉碎固体工作中应用很广。П.А.列宾捷尔院士及其同事們的工作所确定的，在坚硬岩石的鑽孔过程中和粉碎时，物体的硬度由于吸附降低的一般規律，在实践中得到广泛应用。

由于表面活性物質的分子吸附在分散体系的相界面上，在分散体系中引起的表面現象，是被溶解的表面活性物質在表层中自然濃化，同时降低了表面張力。

吸附在水溶液-气相的界面上的表面活性物質分子，由两部分組成：活性的极性基团 A (例如 $-OH$ ， $-COOH$ 基团， $-NH$ 基团等)，和具有极弱分子力場的非极性(非活性)部分，例如由 CH_2 基团組成的碳氫鏈 $A-CH_2-CH_2-CH_2-.....-CH_2$ 。

和极性相(水)有很大共同性的活性极性基团，在吸附时，就被吸入水中，而非极性的碳氫鏈則被推进非极性相(空气)中。

吸附层飽和时，水面好象被碳氫分子复盖，溶液的表面張力降低到和飽和的碳化氫表面張力相同。

在界面上形成的吸附层，大大改变了相界面的本质。亲水性的固体表面，由于形成表面活性物质吸附层，可以憎水化，因为表面活性物质的分子的极性基团引向高极性的亲水性固体表面，而碳氢链引向低极性相，引起表面的憎水化。

原来是憎水性的表面，由于形成表面活性物质吸附层，可以亲水化。在分散体系中，吸附层大大改变了分散相和分散介质间的相互作用，使体系稳定或使体系凝聚。

И.А.列宾捷尔院士在1934年的工作，奠定了在混凝土中掺用表面活性物质研究工作的基础，目前苏联许多科学研究机关广泛展开了这方面的研究工作。

可用于混凝土的有机外加剂（其作用是由于外加剂从水介质中吸附在水泥颗粒表面上），可分为两大类：

1. 憎水性外加剂 这种外加剂掺入混凝土拌合物中时，在水泥颗粒表面上形成不易被水湿润的凝聚核心，由于接触地带的分子力和形成凝聚结构的现象，在体系中造成一种骨架。水泥浆的塑性强度比不掺外加剂的水泥浆有所提高。由于被吸附分子中的羧基(COOH)和水泥颗粒表面起化学反应，在表面上形成了不溶于水的钙皂，使水泥颗粒表面不易受潮。多余的碳氢分子，对向水的一面，在颗粒表面上造成特殊的细毛，阻碍着水泥颗粒被水湿润。

水泥和掺有外加剂溶液的水相拌合时，以及将水泥熟料和外加剂一起干磨时，都可使水泥颗粒憎水化。

М.И.希盖洛维奇和Б.Г.斯格拉姆泰也夫在И.А.列宾捷尔院士及其同事的工作的基础上，将熟料和蔡皂共同粉磨，制成憎水性水泥，这种水泥有很多重要技术性质。这种水泥在长期储存时，活性没有损失，在潮湿空气中，可装在普通桶中运输。拌和混凝土时，憎水性吸附膜由于拌和而部分裂开，使水泥颗粒得以水化。同时由于多余的外加剂，产生一些气泡。

憎水性外加剂在溶液-空气界面上有很大的表面活性。这类外加剂有松香酸皂（松香皂和文沙皂）、蔡皂、油酸盐（棉籽油皂）

和从木瀝青中得到的皂等。

这些外加剂，特别是加入拌和水中时，可在体系中产生高度分散的空气乳浊液，并增加稳定地分布在混凝土拌合物中的空气体积。

2. 親水性外加剂 这是用于混凝土中的第二类表面活性物質。掺入这类外加剂，可使水泥顆粒表面亲水，并使水泥胶溶成基本粒子，增加水泥顆粒細小部分的数量，这些顆粒是被水份沿基本粒子的表面分离出来的。

顆粒表面包着一层很厚的吸附-水化膜，显著地延缓了水泥初期的水化与水解过程。由于顆粒表面上形成了厚的胶体构造的水化膜，阻碍了顆粒間相互粘結或凝聚，水泥浆的塑性强度剧烈降低，接近流体状态，这一点，和水泥的細小部分数量增加，也是相符合的。亲水性外加剂大部分是表面惰性的，或在溶液-空气界面上的表面活性比較小。

这种外加剂的典型代表，就是亚硫酸盐酒精廢液的木素磺酸盐。腐植酸盐等也属于这一类。

Г.И. 罗基諾夫和以后E.E. 西卡洛夫在И.А. 列宾捷尔院士實驗室中所进行的研究指出，碳水化合物(糖)也表現有塑化作用。

亲水性外加剂的作用，主要不是由于直接产生空气乳浊液，虽然这个效应在这里也有着一定意义。

两类外加剂可在制造混凝土拌合物的各个阶段(从水泥粉磨开始)掺入。

目前应用最广的方法，是在拌和混凝土拌合物时，直接将外加剂和拌合水一起掺入。在水泥粉磨时，将憎水性和亲水性外加剂掺入水泥中的方法，也用得很广泛。

除了这两类从水介質中被水泥粉末吸附的有机物質外，在混凝土工艺中，也采用某些无机电解質。

氯化鈣是这类外加剂中应用得最广的一种。許多研究者(B.M. 莫斯科温等)曾研究过无机电解質对混凝土拌合物的塑化作用。我們1939年在全苏水利科学研究院进行的研究指出，氯

化鈣对混凝土拌合物能起显著的塑化作用。在混凝土拌合物中掺用2%时,在坍陷度不变(21~22公分)的情形下,水灰比降低了0.03。当坍陷度为13~14公分时,掺用2%氯化鈣使水灰比降低0.02。因为氯化鈣可使混凝土的28天强度显著提高,故也可用以节省水泥。

吸附在固体颗粒体系表面上的外加剂,其作用的技术效果,和固体机械分散(破碎)过程中,硬度的吸附性降低的通用规律有关系,此规律由И.А. 列宾捷尔院士于1928年确定,他研究了外部分质和加入的吸附外加剂对晶体强度的影响。

根据这些研究,知道周围介质中的吸附剂可使固体的机械破碎容易一些,在相同的能量消耗下,吸附剂能增加破碎后的比表面积(分散性)。

受破碎的物体的硬度发生吸附性降低的机构如下:加在使物体湿润的液体中的表面活性物质的分子,和固体表面有分子共同性,在物体变形过程中发展的破坏区域内,吸附在细微裂缝中相当深的表面上,使细微缝隙积极张开,并且在外力除去以后,缝隙很难闭合。

这样,不论在水泥熟料粉磨时,不论在掺入混凝土拌合物中时,都表现出表面活性物质外加剂在混凝土中的有利作用。例如,大家知道,为了使熟料容易干磨,应用憎水性外加剂,因此使水泥粉末具有憎水性能。在矽酸盐工业中,应用表面活性外加剂、细磨胶结材料和原料,非常有效,这样的粉磨要在含有溶解的外加剂的水介质中进行。

被粉磨的材料,按其本性讲是憎水的,受到水的活性吸附作用后,会降低这些固体材料的抗磨能力,并且固体从水溶液中吸附任何吸附性物质后,如电解质和极性有机物质,就会进一步降低硬度,并使易于细磨。

在水泥工业原材料的浓缩悬浮液中,吸附有机物质和无机电解质的塑化作用,在1930年被И.И. 布特尼科夫利用于降低生产波特兰水泥的浆中的水量问题上。

降低浆中水量的优点是：降低浆的体积，减小儲存用的浆池尺寸，并减小泵的能量，降低燃料消耗量，并减小轉磨中的干燥区和补充加热区。

研究工作指出，在浆中加入千分之几的碱或糖浆，由于塑化作用，在保持浆的粘度不变时，可减少浆中水量从52%至42%。

II. II. 布特尼科夫和他的同事們，在1930年，也証明了在浆中加入电解質，可以提高水泥原材料在湿磨时的粉磨細度，并可增加磨机的生产率，这一点，II. A. 列宾捷尔已在理論上进行了論証。

近年来，Г. B. 古科莱夫和Л. Г. 曼里尼琴科教授（参考文献22）的工作說明：在此情况下应用吸附物質，其作用符合吸附性降低硬度的一般規律。

于1939年，苏联科学院物理化学研究所的工作指明，亚硫酸纖維碱液的木素磺酸盐及其制品，是石灰石和白云石的有效硬度降低剂。亚硫酸酒精廢液和其他水溶液中的吸附物質，Г. И. 洛吉諾夫在II. A. 列宾捷尔的試驗室中确定，在水泥熟料方面有同样的作用。

根据吸附性降低硬度的規律，人們理解到可以用湿磨法提高胶結材料粉磨細度（M. A. 馬尔盖洛夫，B. B. 托瓦洛夫的著作）。

C. B. 显斯脫彼洛夫提出应用塑化剂湿磨水泥的觀念，也是以这些通用規律为基础的，此塑化剂可同时完成两种功用，就是使矿物熟料容易分裂出新的表面，和阻碍其水化和水解。

亲水性外加剂所具有的吸附性硬度降低的效果，与水泥粉末和水混合时所形成的水泥顆粒集合体的显明胶溶現象（分散），是同时发生的。

胶溶是由吸附层的張开作用所引起的，在濃縮情况下，作用最大，相当于粉磨时最大吸附性硬度降低。采用这些外加剂时，胶溶的效果，表现在增加直接和水接触的水泥粉末的比表面积上，因为在吸附层張开作用的影响下，水泥集合体和水水泥原始顆粒沿着微隙縫裂开了。

外加剂的塑化作用，象И.П.布特尼科夫和Ю.М.布特的研究工作所指明的，也是表现在半水石膏方面，因为这缘故，降低了石膏的需水量，并提高了它的强度。

尽管在浓的水泥和水的悬浮液中，各种外加剂所起的物理-化学作用有着本质上的差异，然而它们对混凝土所起作用的技术效益，却在许多方面是相同的。

混凝土拌合物中掺入吸附物质后，如配合比保持不变，则使流动性增加，由于改善了和易性，因而使在模型中浇灌混凝土拌合物所耗的能量得以减少。

使用亲水性外加剂和无机电解质时，流动性的增加，是由于体系的胶溶，特别是由于混凝土中水泥浆的“稀释”，而在使用憎水性外加剂时，流动性的增加，主要是由于体系中产生空气乳浊液，消除了混凝土中骨料固体颗粒间直接的相互摩擦。在憎水性外加剂作用下，水泥浆并没有稀释。

仅使水泥浆稀释的外加剂，并不会增加混凝土拌合物中浆的总体积，而使用憎水性外加剂时，由于在拌合物中加入的高度分散的乳浊液形式的空气，使浆的总体积有了增加。憎水性外加剂减少水泥浆、砂浆和混凝土的沉陷，可以避免增加拌合物析水现象，这是极不利的分层现象。因此，根据我们的试验资料，使用憎水性外加剂，对浇灌水下混凝土和使用泵运送流动性很大的混凝土拌合物和砂浆时，是非常有益的。用泵运送混凝土时，混凝土拌合物沿输送管流动的难易程度，和在管壁上产生的“贴壁”层有关。我们试验发现，掺用憎水性外加剂以后，混凝土拌合物和管壁间的相对摩擦阻力显著降低。

我们的研究指出，减小分层度对提高水工混凝土不透水性，是一个非常有利的因素。

混凝土拌合物的流动性与可浇灌性，是最重要的特性之一，因为这些性质决定是否可能消耗最小的工，将混凝土浇入模板中并加以捣实，并在所浇灌的混凝土快体各部位，保持混凝土成分的均匀性。

混凝土拌合物的性質所以受到塑性变化，仅仅因为其中存在水泥和水组成的水泥浆。一部分水泥浆，是胶结骨料和保证材料强度所必需的，其余部分，则用来使混凝土拌合物具有施工条件所要求的可塑性。吸附物质可以减少拌制混凝土时的水泥用量，因为用这些物质，可免除一部分用作润滑剂，以达到可塑程度所需的水泥，这一部分水泥，在混凝土的强度特性中，不起作用，或起很小的作用。

各种有机外加剂的作用机构，在本质上是不一样的。如前所述，凝聚性外加剂(皂类)是由于增加了润滑剂的体积而使混凝土流动性提高，而胶溶性外加剂则由于“稀释”了混凝土拌合物中的水泥浆而使流动性提高。

这种差异也就决定了每种吸附性外加剂用于塑化混凝土时最有效的应用范围。

在贫混凝土中，特别是在骨料级配不好的混凝土中，皂类憎水性外加剂是较有效的。在混凝土中水泥浆含量不足或很少的情况下，憎水性外加剂产生的空气可代替水泥浆的不足部分，提高流动性和改善可浇灌性，提高密实性，在一定条件下并能提高硬化混凝土的强度。

在富混凝土中，亚硫酸盐酒精废液类的亲水性外加剂是较有效的，无机电解物(如氯化钙)也能在一定条件下使水泥浆稀释，节省混凝土的水泥用量。

在水泥用量适中的混凝土中，亲水性外加剂和憎水性外加剂都能有效应用。此时，采用何种外加剂，决定于对混凝土的要求，应当以各类外加剂的作用特点为根据。

如果采用混合的外加剂，既能产生空气乳液，又能稀释水流浆，则其有效的应用范围可扩大到各种成分的混凝土。这种混合的外加剂，包括各种皂类和氯化钙或废液的混合物，以及几种含有能在混凝土中产生泡沫的物质亚硫酸盐酒精废液。

能在混凝土中产生空气乳浊液的外加剂，经试验证明，可大大提高混凝土的抗冻性和不透水性。这个效果，是由于在混凝土中

加气后形成的閉塞球形微小孔隙的緩冲作用，同时由于这种微小孔隙消除了混凝土中毛管网的連貫性，将开启的孔隙轉变成閉塞的孔隙，从而提高材料的密实性。当水泥用量不是决定于强度要求，而是由决定于抗冻性与不透水性要求时，特别是用高标号水泥时，可以减少水泥消耗量。

研究証明，这两类有机外加剂还能使混凝土的彈性模数减少33~50%。外加剂的这种作用，对消除混凝土由于温度变化而产生裂縫的危險是有利的。

混凝土温度变形可以下式表示：

$$\varepsilon = \alpha \cdot \Delta T,$$

式中 ΔT ——混凝土块体内部温度与表面温度的差数；

α ——混凝土的綫脹系数。

由此得出
$$\alpha \cdot \Delta T = \frac{P}{E},$$

式中 P ——温度应力；

E ——混凝土的楊氏模数。

很容易看到，当彈性模数 E 减少时，材料就能經受較大的温度差而不产生裂縫。

澆灌大体积混凝土时，延緩混凝土的凝結，降低发热速率，和使混凝土具有长時間保持原有流动性的性質，在技术上是非常重要的。試驗查明，可在水泥顆粒表面形成吸附层的表面活性外加剂，能延緩相間变换速率，是一种水泥水解与水化过程的調整剂，延緩水解与水化过程，对上述几方面是有利的。亲水性和憎水性外加剂，多多少少都有这种作用。

当不要求早期拆除模板时，緩凝与緩硬，对于混凝土澆灌工作，是有利的性質。

混凝土拌合物流动性的損失，和拌合物中水份的蒸发損失也有关系。試驗証明，含有矿化空气乳液的混凝土拌合物干燥較

慢，因此，可以較長時間地保持原有的流動性。

2. 加氣劑對混凝土的作用

憎水性一類的表面活性物質，在混凝土工程中被稱為“加氣劑”。這種現在非常廣泛地被採用的改善混凝土的方法，本質上和製造泡沫混凝土的方法非常相近。

不久以前認為混凝土中含有過多的空氣是有害的，自從少量加氣劑的良好技術效果被查明以後，這一見解有了很大改變。目前，在各種工程中，如建造大體積水工建築物（壩）、橋梁、混凝土道路，以及其他許多水利工程、工業與民用建築，為了改進材料質量，在摻有加氣劑的混凝土中，根據混凝土的應用情形，規定空氣含量為混凝土體積的2.5到6.0%。

應當說明，現在所發現的材料的“開孔”性能，甚至在古代就已發現並利用了。

例如在維特魯維（公元前一世紀）的著作中即指出，在製造粉刷砂漿時，為了改善其質量，“應當摻用豬油，凝乳或凝血”。現代技術證明這些方法是正確的。

很久以前，建築人員即已注意到松脂外加劑對混凝土的有利效果。1912年的文獻即指出，松脂混合物可使砂漿或混凝土具有大的彈性和不透水性。這和今天証實的泡沫劑提高混凝土變形能力的事實是符合的。

在各個時期，特別是在本世紀二十年代下半期和三十年代頭幾年，技術人員們即注意尋求各種提高混凝土不透水性的方法。

這種情況，引起了對能提高混凝土不透水性的外加劑的研究。研究工作提出，在拌制混凝土時，摻用1~2%的各種皂類（水溶液）的方法。

有趣的是，儘管在這方面進行了許多研究工作，但是沒有發現這些外加劑在提高混凝土抗凍性方面的作用。

少量外加劑（水泥重量的萬分之幾甚至十萬分之幾）在現代工藝中的特點，也還沒有進行過研究。現代混凝土工藝和過去的不

同，这里所指的主要是关于利用外加剂和水泥的化学作用的产物来使混凝土密实。

研究指出，加气剂的作用使混凝土的性质有了很大改变，在许多方面改善了混凝土的性质。

现代，关于采用空气含量高于普通含气量的混凝土问题，是混凝土工艺中最有兴趣的问题之一。

任何混凝土于拌制时总要挟带进所谓“偶然的”空气，气泡形状相当大，其数量约为1%，并随混凝土成份的不同而在0.8到2.7%之间变动。

试验指出，即使仅仅将这些“偶然的”空气“调整好”，变成微细分散的空气泡乳液状态，而不增加其总含量，即可大大提高混凝土拌合物的流动性与和易性，并提高抵抗分层的稳定性。

另一方面，如在砂和粗骨料的混合物中，掺入足够数量的乳化空气，就可使混合物的稠度和混凝土拌合物相同。

这种混合物在完全不用水泥的情况下，亦能表现出流动性，粘结性与和易性。

因此，加气剂的应用，可使骨料级配不好的混凝土拌合物容易使用，并在许多情况下，避免由于含砂不足所引起的困难。这一可能性，对用细砂或级配不良的砂子拌制混凝土，有很大技术意义，因为用这些砂子制成的混凝土拌合物，如要达到一定的流动性，就需消耗非常多的水泥。

这些优点在生产上的重要意义，是很清楚的。因为含气的混凝土拌合物的和易性好，在浇灌时花费的功比较少，此外并可使建筑物中的混凝土达到较大的均匀性。

设计水工混凝土时，通常根据对混凝土不透水性、抗冻性与强度的一定要求进行。

有时也要求硬化时发热适度，以及要求其他一些性质。

试验证明，应用加气剂可以大大改善硬化混凝土的上列许多性质。

例如，抗冻性（用混凝土试件无显著破坏征象时所能经受的