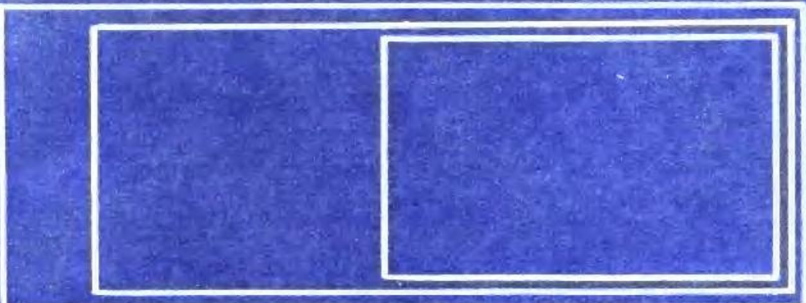
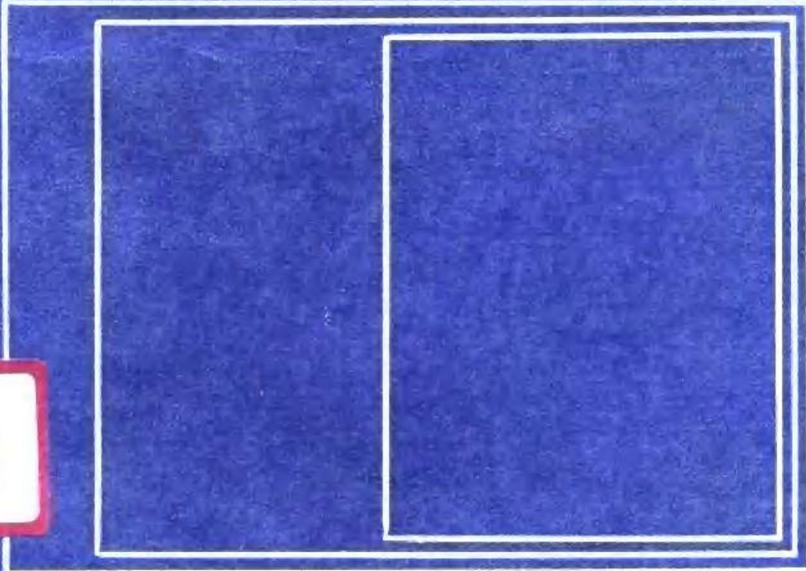




# 强化脱水过程

〔苏〕B.C.加敏斯基 等著 薛问亚 罗 茜 译

煤炭工业出版社



26.2

# 强化脱水过程

〔苏〕B. C. 加敏斯基 等著

薛闻亚 罗 茜 译

煤炭工业出版社

---

责任编辑：施文华

В.С.Каминский М.Б.Барбин Л.ф.Долина

К.И.Сафронова М.С.Соколова

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ**

**ОБЕЗВОЖИВАНИЯ**

Москва, Издательство «Недра» 1982

\*

**强化脱水过程**

〔苏〕В.С.加敏斯基 等著

薛问亚 罗茜 译

\*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

\*

开本 $787 \times 1092\text{mm}^{1/32}$  印张 $8^{7/16}$

字数176千字

印数1—855

1990年2月第1版

1990年2月第1次印刷

ISBN 7-5020-0129-8/TD·120

书号 3010

定价 3.50元

## 译 者 的 话

在煤炭、冶金、化工、建材和轻工等许多部门的生产过程中都有产品脱水工序，过滤是脱水工序的关键环节。

本书系统介绍使用表面活性剂、高分子絮凝剂等强化过滤的理论与实践，反映新的研究成果，资料翔实，内容丰富。书中还专门介绍如何净化选矿（煤）厂含有各类药剂的污水及循环水，对环保工作也有重要参考价值。

目前国内使用表面活性剂、高分子絮凝剂等强化过滤脱水尚处初期阶段。为了促进在这方面的研究和应用，我们把苏联1982年出版的《强化脱水过程》（Интенсификация процессов обезвоживания）一书译成中文，供各有关部门从事教学、科研、生产的人员参阅。

本书在翻译中曾得到岳秀毓教授、杨光芝教授和杨桂珍工程师的大力帮助，在此特表感谢。由于我们水平有限，译文中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

1986年8月

## 序 言

在当代选矿厂（含选煤厂，下同）中，脱水是工艺过程的重要环节。

细粒选矿产品的脱水作业可分为三部分：浓缩与在重力作用下脱水、机械脱水和干燥。本书仅研究强化机械脱水过程的物理化学方法，重点讨论细粒选矿产品的过滤过程。在以往的一些文献中，对这些过程涉及较少，本文主要引用近10年来的资料。

随着采矿机械化程度的提高，采掘和选别的细级别数量增加了。其中，煤炭工业在这个五年计划和最近几个五年计划中要大大加强炼焦煤、动力用煤以及无烟煤煤泥的浮选。在金属矿及化工矿业中全部用磁选和浮选法处理的原矿，实际上都要进行细磨，最后还要脱水。所以，强化细粒洗选产品的脱水具有特殊意义。如克里沃罗克矿区打算大力发展铁矿石浮选。

在选矿实践中，浮选法用于选别细粒物料，也用于从循环水中及时脱除细泥，以创造洗水闭路循环的条件。这样更增加了细粒洗选产品脱水的数量。

为保证选矿厂正常工作，必须扩大脱水车间。这不仅要增加脱水设备的数量，而且要扩大其规格，因而需要相当大的投资和生产费用。但是，制造大型高效设备的速度又满足不了生产发展的需要。因此，就要寻找强化脱水过程的其他途径。

强化现有设备工作的物理化学方法，可以不用很大的投资，就能提高脱水效率，是很有前途的。

在苏联的选矿厂中，采用强化剂的工业经验得出了肯定的结果。国外类似的药剂也已在生产中经常使用。用物理化学方法强化脱水，不仅提高了过滤设备的生产能力，减少了固体颗粒在滤液中的损失，而且在许多情况下会降低滤饼水分。减少浮选精矿在滤液中的损失，就增加了商品精矿的产率，由于降低了循环水的含泥率，在整体上就改善了选矿过程的工艺指标。这样，采用强化剂就成为改善选矿厂煤泥水作业和防止环境污染的主要因素之一。

因此，阐明使用细粒洗选产品脱水强化剂有关理论问题，以及在煤炭工业、黑色和有色冶金工业选矿厂中实际应用的问题，具有很大的意义。

作为强化剂的物质有无机电解质、合成及石油产品的低分子表面活性物质、水溶性聚合物以及粘性有机液体。论述它们在脱水中应用的大多数文献都涉及到对过滤过程的强化，因为过滤最常用于浮选产品及细泥的脱水，提高过滤设备的生产能力，促进浮选和湿式磁选在苏联选矿厂的发展。

人所共知，过滤过程的效率，如对煤泥，不仅取决于悬浮液的浓度、固相的粒度组成，而且取决于它的灰分。例如，-0.063mm级别的含量增加8.8%，同时将其灰分提高6%，就会使真空过滤机的生产能力显著减小至原值的1/3.6。

强化真空过滤机脱水过程，也就是说，提高其生产能力和降低滤饼水分，可以通过各种途径达到：如改变悬浮液固相的粒度组成（掺入粗粒物料）；提高给矿的固体含量（过滤前浓缩）；采用新的过滤介质；提高过滤圆盘的转速；采用滤饼瞬时吹风；把过滤区和抽干区的真空分开等。有人进

行了采用多种物理方法提高过滤效率的研究，如向过滤机给入过热蒸汽和热空气，采用红外线。利用直流电、交流电、磁场、振动或音频振动的作用进行过滤机给料均得到了肯定的效果。

但是，强化脱水的物理方法应用起来比较复杂，有时甚至要求专门的过滤设备，所以尚未得到推广。

强化脱水的物理化学方法是有前途的方法，它只用一些专门的药剂。由于药剂对悬浮液的作用改变了滤饼结构，使其阻力系数减小，并降低了固体颗粒的表面水化程度。有许多文献论及了这些方法，引用了使用各种药剂进行强化浮选精矿过滤的研究结果。可以将强化脱水的物理化学方法和加热方法结合起来。如将表面活性剂（烷基硫酸钠混合物）溶液加热至70℃后再加入悬浮液中可降低滤饼水分。

研究了下列几组物质作脱水强化剂：无机电解质，人工合成及石油产品的低分子表面活性剂，水溶性聚合物及粘性有机液体。

电解质引起悬浮液中单个颗粒间的电解质凝聚，这是由于在反离子作用下，固体颗粒周围形成的双电层被压缩减薄到极限程度。在电解质凝聚过程中固体颗粒保持着薄的水化外壳，所以他们的凝聚物不牢固，表面疏水化不完全。因此，无机药剂（如石灰）用于强化脱水（例如煤泥脱水）时只有与高分子絮凝剂共用才能提高其作用效能，而单独使用石灰不能得到显著的效果。

低分子表面活性物质的特点是在药剂浓度很小的稀溶液中降低表面张力，在这种稀溶液中的物质以分子状态存在；另一特点是具有增溶能力。表面活性物质吸附于固体颗粒表面的某些部分形成烃基覆盖，使矿粒表面的这些部分疏水

化，矿粒间的薄水层被挤出，从而实现疏水性团聚。

与聚合物相同，表面活性剂根据其官能团的电性，分为阴离子型、阳离子型和非离子型。在每个具体情况下使用哪种类型的表面活性剂，取决于固体颗粒的电性。

不同的作者对合成表面活性剂进行了研究。使用表面活性剂强化脱水的结果分析表明，它们在洗选产品的脱水和降灰方面很有前途。

石油产品表面活性剂是石油加工厂的副产物，其主要成分是环烷酸。属于用来强化脱水的这类产品有环烷酸皂、机油和柴油的抽出产品及石油馏份的磺化产品等。

对石油产品表面活性剂的研究表明，类似这种类型的药剂有可能成为强化脱水极有前途的药剂，同时，要考虑到它们在浮选过程中作用的特点，而且必须调整好其成分，因为它们的成分是不稳定的。

用于强化脱水的粘性有机物质是普通的非极性药剂，他们的分子基本上具有对称结构，化学性质不大活泼，因而溶于水形成乳浊液。非极性药剂与固体表面的相互作用是在范德华氏力的作用下发生的，过滤时非极性药剂的作用主要表现在降低滤饼水分。因为油滴在煤粒上固着，是通过从它的表面将相对薄的水化外壳排挤出去，使药剂覆盖在煤粒表面上，形成疏水性薄膜。这些药剂有的具有消泡作用（煤油、AΦ-2），在真空过滤浮选产品时还能提高过滤机的生产能力。

将非极性化合物试用于煤泥脱水时，可以降低滤饼的水分。如采用550g/t磺化煤油，滤饼水分降低5%。

煤焦油-蒽油、吸收油和中轻油的工业试验表明，使用这些药剂的用量为每吨浮选精矿1~1.5kg时，滤饼水分可降

低3%。也用非极性药剂对选煤产品的脱水仓和离心机脱水过程进行了试验,但因效果不太明显,在选煤厂中未得到广泛应用,在本书中就不详细研究了。

人工合成高分子化合物属于水溶性的聚合物,它们的结构形成特性是强化过滤和沉淀过程的最重要因素之一。聚合物使单个颗粒形成集合体,促进了沉淀速度的增长,在过滤时促使滤饼的阻力系数减小。此外,固体颗粒吸附聚合物使其表面水化程度改变,就可能影响过滤时滤饼的水分。这样,水溶性聚合物的作用乃是桥联絮凝与凝聚的结合。

在国外,为强化过滤和浓缩过程,化学工业生产大量水溶性聚合物。

根据对以前发表文献的分析,将大量强化剂的试验结果概括列于表1中。

各种药剂在浮选精煤过滤时的研究结果 表 1

| 药剂类别                     | 药剂与水-煤悬浮液的作用 | 大致用量<br>g/t        | 在过滤过程中药剂作用的工艺指标                                     |
|--------------------------|--------------|--------------------|-----------------------------------------------------|
| 电解质                      | 电解质凝聚        | 1500~2000          | 提高过滤机生产能力10~20%                                     |
| 非极性药剂                    | 油浸颗粒表面       | 500~5000           | 降低滤饼水分2~5%,提高过滤机生产能力10%                             |
| 低分子表面活性剂<br>人工合成<br>石油产品 | 疏水性絮凝        | 30~150<br>500~2000 | 降低滤饼水分2~8%,提高过滤机生产能力10~15%;有脱灰分的效应                  |
| 高分子化合物                   | 凝聚与桥联<br>絮凝  | 10~60              | 提高过滤机生产能力20~100%,使浮选精煤在滤液中的损失减少一半;在个别情况下能降低滤饼水分1~2% |

应当指出，表 1 中的试验结果，系不同的科研工作者在不同条件下得出的。但这些指标表明，表面活性剂和高分子化合物是最有效的两类药剂。

强化脱水的物理化学方法的优点，在于可不必用较多的投资去完善旧设备或安装新设备，并可在最短期限内提高现代选煤厂中费用最昂贵的脱水过程的效率，同时还改善产品质量和防止污染环境。在脱水过程中使用药剂时，必须特别注意选取适宜的用量，因为提高药剂在循环水中的浓度，在某些情况下会恶化浮选过程。

---

# 目 录

译者的话

序言

## 第一章 用于脱水的低分子表面活性剂的

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 物理-化学性质 .....                         | 1  |
| 一、合成表面活性剂的结构与分类 .....                 | 1  |
| 二、合成表面活性剂水溶液的表面张力 .....               | 8  |
| 三、合成表面活性剂的吸附对洗选产品脱水和降灰<br>过程的影响 ..... | 20 |
| 四、洗选产品脱水时颗粒电荷对合成表面活性剂作用<br>的影响 .....  | 29 |
| 五、石油产品表面活性剂的物理-化学性质 .....             | 37 |
| 六、表面活性剂对液体沿毛细管流动的影响 .....             | 45 |
| 七、过滤时表面活性剂对脱水的影响 .....                | 57 |

## 第二章 用于细粒选矿产品脱水过程的

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 水溶性聚合物 .....             | 65  |
| 一、水溶性聚合物的特性及其作用特点 .....  | 65  |
| 二、某些聚合物的表面活性 .....       | 73  |
| 三、聚合物在固体颗粒表面的吸附 .....    | 83  |
| 四、聚合物对固体颗粒荷电与水化的影响 ..... | 92  |
| 五、聚合物在强化脱水过程中的作用 .....   | 103 |

## 第三章 强化粉煤的脱水 .....

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 一、各种表面活性剂在脱水中的作用效果 ..... | 118 |
| 二、加入表面活性剂时粉煤的脱水 .....    | 128 |
| 三、各种聚合物在脱水中的效果 .....     | 142 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 四、在粉煤脱水中添加聚丙烯酰胺和其它聚合物 ..... | 149 |
| 五、粉煤脱水中添加聚氧乙烯 .....         | 158 |
| 第四章 细粒金属矿精矿和石英的脱水 .....     | 174 |
| 一、细粒铁精矿和锰精矿的脱水 .....        | 174 |
| 二、铜、锌和黄铁矿精矿的脱水 .....        | 189 |
| 三、精选石英砂及其他产品的脱水 .....       | 195 |
| 第五章 脱水强化剂在循环水和污水中的含量 .....  | 201 |
| 一、选煤厂循环水和污水中的低分子表面活性剂 ..... | 201 |
| 二、从循环水和污水中清除低分子表面活性剂 .....  | 213 |
| 三、选煤厂循环水和污水中的高分子絮凝剂 .....   | 230 |
| 四、从循环水和污水中清除水溶性聚合物 .....    | 246 |

# 第一章 用于脱水的低分子 表面活性剂的物理-化学性质

## 一、合成表面活性剂的结构与分类

表面活性剂是指在液体中溶解或分散时能选择性地吸附在相界面上的化合物，这种吸附决定了表面活性剂的物理化学或化学性质的总和，并具有实际意义。

表面活性剂的主要物理化学性质包括：降低表面张力、具有表面活性、临界胶束浓度、润湿和疏水作用、乳化作用、起泡作用、增溶溶解作用和稳定作用等。许多工艺过程，包括选矿厂中的某些工艺过程，都是以这些性质为依据的。

影响表面活性剂性质的不仅是其分子中的原子数目，而且还有各原子的排列顺序。

国内外的研究表明，表面活性剂的物理化学性质与其化学结构间有复杂的相互关系。

表面活性剂具有如下特性：

在很稀的溶液中，由于分子在相界面吸附和定向排列使表面张力降低。

表面活性剂溶液浓度超过一定值时，由于体系自由能降低形成胶束；胶束对水不溶物有增溶作用。

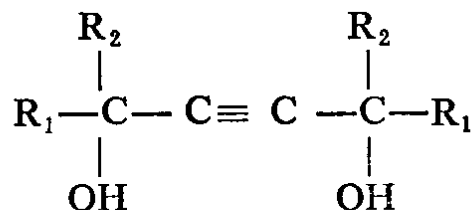
所有合成表面活性剂都是异极性化合物，由疏水基和亲水基组成。

亲水基有羧基 $\text{COO}^-$ 、硫酸基 $-\text{OSO}_3^-$ 、磺酸基 $\text{SO}_3^-$ 以及二聚乙氧基 $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ 、聚乙氧基 $-(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n$ 或含氮基团与亲水基相结合的基。

疏水基主要由直链或带支链的烷烃，带有烷基的苯环或者萘环组成。

亲水基可以在分子的端部、中间或沿整个分子链有规律的分布。

属于表面活性剂的还有炔二醇类制剂



在这一化合物中，亲水基位于分子的中间，而疏水基分布在分子的端部。

亲水和疏水两个名词是描述表面活性剂与水之间的相互作用。现在，除水介质外，表面活性剂也用于其他介质中。亲水和疏水只反映物质和水之间的相互作用就不够了。在第四届国际表面活性剂会议上提出了概括性术语：内向性和外向性。

内向性是指表面活性剂的整个分子或分子的某部分和所研究相的分子间的作用，比表面活性剂本身分子（或其局部）之间的作用更强的情况。

外向性是指表面活性剂分子（或其局部）之间的作用，比其与所研究相的分子间的作用更强的情况。

表面活性剂根据溶于水中所显示的性质分为阴离子型、阳离子型、两性型和非离子型。

后面均采用1960年在科隆（Köln）召开的第三届国际表

面活性剂会议上通过并由ISO（国际标准化组织）推荐的命名法。

带有一个或几个官能团的表面活性剂在水溶液中解离，且其表面活性取决于带负电的离子（阴离子）称为阴离子型。同时，阳离子影响这些物质的溶解度。

带有一个或几个官能团的表面活性剂在水溶液中解离，但其表面活性取决于带正电的离子（阳离子）称为阳离子型。

带有一个或几个官能团的表面活性剂，在水溶液中根据介质条件可能解离为具有阴离子型或阳离子型表面活性剂性质的，则称为两性型。在酸性介质中两性化合物表现出阳离子性质，而在碱性介质中表现为阴离子性质。

表面活性剂在水中不解离为离子的称为非离子型。非离子型物质在水中的溶解度取决于对水有强亲和力的官能团。

根据分子量的不同，表面活性剂分为低分子和高分子化合物。但是，至今它们之间还没有明确的界限。一般认为，分子量在1000以内的属于低分子表面活性剂。全世界生产的低分子表面活性剂分子量平均为250~800。

高分子化合物分子量范围很宽——由几千到一千万。

分子量由一百万到几百万（ $1 \times 10^6 \sim 5 \times 10^6$ ）的高分子表面活性剂，在选矿工艺中得到广泛应用。但是近来出现了生产与使用分子量由100000到500000的高分子表面活性剂的趋势。这些物质比较容易溶解于水中，可以制成粉状或粒状使用。它们在矿浆和煤的悬浮液中分散得很快，使其在某些情况下具有极好的工艺性能。

本章讨论低分子表面活性剂。仅在美国合成表面活性剂的名称就有1000个以上，它们常具有相同的化学结构，但有不同的商品名称。例如，烷基芳基磺酸钠在美国有12个品

名，在英国有6个品名。

在一些国家（联邦德国、日本等）禁止生产生物“硬性的”●表面活性剂，因而许多药剂不生产，而生产另外一些在空气中氧气和周围介质细菌作用下容易降解的所谓生物“软性的”物质来代替它们。这一问题我们将在以后讨论。

可以肯定，使用表面活性剂的可能性几乎具有通用性，因为任何一个生产过程总是和表面的相互作用有关。通用性加上作用的特效性决定了表面活性剂世界产量的迅速增长。在1940~1970年的30年中，其产量增长到200倍。

全世界生产的表面活性剂中，有2/3属于阴离子型。阴离子表面活性剂得到很大发展，因为与其它类型的表面活性剂相比，它们首先广泛应用于各种合成洗涤剂的生产。至今在洗涤剂生产中它们仍占主导地位。但是，随着表面活性剂在各工业领域中应用的扩大，阴离子型表面活性剂的产量下降了，显然，还会继续下降。这是由于非离子型、阳离子型和两性型表面活性剂生产发展的结果。

阴离子表面活性剂可分为：烷基芳基磺酸盐；烷基硫酸盐和烷基磺酸盐；磺化的和硫酸化的酰胺和胺；磺化的和硫酸化的酯。最常使用的是前两组阴离子表面活性剂。

烃基硫酸盐

一烷基硫酸盐  $\text{ROSO}_3\text{Me}$

烷基仲醇硫酸盐  $\begin{matrix} \text{R}_1 \\ \text{R}_2 \end{matrix} \text{CHOSO}_3\text{Me}$

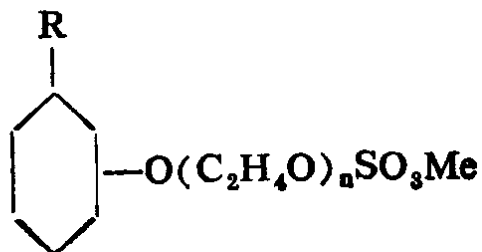
---

● 生物“软性的”表面活性剂、生物“硬性的”表面活性剂分别表示生物可降解的和生物不可降解的或难降解的表面活性剂——译者。

硫酸化脂肪酸盐



氧乙烯烷基硫酸盐



烷基磺酸盐

一烷基磺酸盐



烷基仲醇磺酸盐

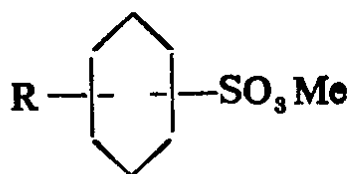


磺化脂肪酸盐

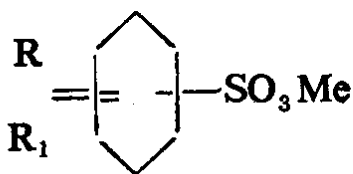


烷基苯磺酸盐

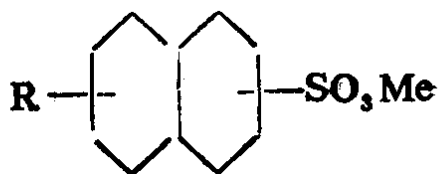
单烷基



双烷基



烷基萘磺酸盐



磺化多元酸盐