

第二版

超强吸水剂

● 邹新禧
编著



化学工业出版社

超 强 吸 水 剂

ISBN 7-5025-3518-7



9 787502 535186 >

ISBN 7-5025-3518-7/TQ · 1453 定价：45.00元

超 强 吸 水 剂

第 二 版

邹新禧 编著

化 学 工 业 出 版 社

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

超强吸水剂/邹新禧编著. —2 版. —北京: 化学工业出版社, 2001.12

ISBN 7-5025-3518-7

I. 超… II. 邹… III. 保水剂-概论 IV. TQ424.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 077591 号

超 强 吸 水 剂

第 二 版

邹新禧 编著

责任编辑: 黄丽娟 叶铁林

责任校对: 凌亚男

封面设计: 蒋艳君

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市燕山印刷厂印刷

北京市燕山印刷厂装订

开本 850 毫米 × 1168 毫米 1/32 印张 22 $\frac{3}{4}$ 字数 619 千字

1991 年 9 月第 1 版 2000 年 9 月第 6 次印刷

2002 年 1 月第 2 版 2003 年 1 月北京第 8 次印刷

ISBN 7-5025-3518-7/TQ · 1453

定 价: 45.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

超强吸水剂是近 30 多年开发的新型功能高分子材料。由于它具有自身数十倍乃至数千倍的高吸水能力和加压也不脱水的高保水性能,因此它在农林、园艺、医药、医疗、人工器官、生理卫生、石油、化学化工、建材、环保、食品、人工智能材料、敏感材料、生化技术、造纸、纺织、矿山、日用品、化妆品等方面应用极为广泛,在国民经济及人们生活中起着越来越重要的作用。

30 多年来,超强吸水剂的研究、开发、应用和生产在世界各地蓬勃发展,呈现出一派欣欣向荣的景象,已经成为重要的功能高分子材料。

作者 1988 年撰写的超强吸水性树脂的专著《超强吸水剂》于 1991 年出版后,许多专家、教授给予较高的评价,得到了广大读者的好评。1991~2000 年共六次印刷出版,促进了超强吸水性树脂的发展。

近 10 多年来,超强吸水剂的研究、生产和应用发展迅速,理论和实际都取得许多新的成就,研究论文及专利文献迅速增加,应用领域不断扩大,生产品种和数量大幅度增长。从事这一领域的科技工作者愈来愈多。

为了进一步满足广大读者各方面的需求,促进 21 世纪超强吸水性树脂发展的新飞跃,作者全面系统地总结了国内外的研究、应用及生产的成就,结合自己 20 余年来从事超强吸水剂的研究成果和经验,重新修订了《超强吸水剂》一书。

全书共七篇、26 章,约 62 万字。第一篇总论分两章,概述吸水性树脂的产生、发展及基本概念和分类;第二篇分四章,根据聚合物的合成化学和高分子化学反应的基础理论,论述了超强吸水性树脂的合成途径、基本原理和实施办法;第三篇分两章,介绍了天

然亲水性高分子化合物和天然超强吸水性高分子化合物；第四篇分六章，分别介绍了六大系列的超强吸水剂；第五篇分两章，阐述超强吸水性树脂的吸水理论和性能；第六篇分7章，全面阐述了超强吸水剂在各个领域中的用途；第七篇分三章论述超强吸水性树脂的加工、性能改善及今后的发展。

本专著与《超强吸水剂》第一版的不同之处：一是篇幅和内容增加一倍以上；二是撰写了大量的新内容，如天然吸水性高分子、共混复合系吸水性高分子材料、蛋白质系吸水性高分子，凝胶热力学理论、体积变化动力学理论、高分子凝胶与高分子表面理论以及许多新应用成果等；三是将作者20多年大量研究成果全部结合贯穿于全书中。

因此本书特点是论述全面、取材新颖、内容丰富。重点阐述超强吸水性树脂的合成基本原理和实施办法、制造工艺、吸水理论和性能、加工和应用及今后的发展。尤其对超强吸水性树脂的制造、性能和应用阐述更详细。结合作者的研究和国内外最新研究成就，采用许多具体实例进行讲解。既有理论，又有实际，通俗易懂，全面反映了当前吸水性树脂发展的最新科学技术成就。

承蒙北京大学李崇熙教授、北京化工大学焦书科教授、南开大学何炳林教授、天津大学胡金生教授、杭州大学陈义镛教授、国防科技大学谭自烈教授、中南工业大学成本诚教授、湖南化工研究院吴岳坤研究员、四川师范大学林展如教授、化工出版社叶铁林编审、石化出版社张绍祖总编、上海合成树脂研究所凌祖荫高级工程师、广州化工研究所胡璇高级工程师、长安机器制造厂工艺研究所罗孝慈高级工程师、湖南轻工业研究所副研究员李格等专家和湖南师大杨永甲教授在评价和审阅《超强吸水剂》一书中，提出了宝贵意见，为编写此著作提供了指导，在此表示衷心的感谢！

感谢邹序红、李波、陈朗秋、陈贻炽、祝方明、李志敏、谢美然、刘艳三、邓晓玲、曹冬生等同志为本书做出的努力。

特别感谢李瑛老师和邹娟为本书付出了艰巨的劳动。

由于作者水平所限，书中难免有缺点和错误之处，恳望读者批评指正。

邹新禧

2001 年 8 月

电话：0732—8292810

Email: ZouXinxi @ Yeah . net

邹新禧

内 容 提 要

本书全面系统地论述了超强吸水剂的分类、合成化学的基本原理、制造方法和工艺过程、吸水理论、性能和性能改善,以及它的加工特性、加工方法与加工过程、应用和今后的发展。尤其对于吸水剂的合成、性能及应用作了详细地论述。与《超强吸水剂》第一版相比增加了大量的新内容,如天然吸水性高分子、共混复合系吸水性高分子等。并且结合作者 20 多年从事超强吸水剂研究的成果和经验,全面反映了国内外超强吸水剂的新发展。

本书除可供从事吸水性材料研究和生产的科技人员、工人阅读以外,还可作为从事农林、园艺、医药、卫生、建材、化学化工、环保、食品、生化技术、石油、矿山、日用品、美容化妆、敏感元件、人工智能等方面的研究者、技术人员、管理人员和高等院校的师生及有关人员的重要参考书。

目 录

第一篇 总 论

第一章 概述	1
第一节 吸水性物质与超强吸水性树脂	1
第二节 超强吸水性树脂的发展	2
参考文献	12
第二章 超强吸水性树脂及其分类	13
第一节 超强吸水性树脂与高分子化合物	13
第二节 超强吸水性树脂的种类	15
参考文献	21

第二篇 合成高吸水性树脂的基础理论和实施方法

第三章 合成吸水性树脂的基本途径	22
第一节 高分子化合物的基本特征	22
第二节 功能高分子化合物的特点	31
第三节 合成吸水性树脂的基本途径	32
参考文献	34
第四章 合成超强吸水性树脂的聚合反应基本原理	36
第一节 引言	36
第二节 自由基聚合反应	36
第三节 离子型聚合反应	58
第四节 逐步聚合反应	63
参考文献	71
第五章 合成超强吸水性树脂的高分子化学反应原理	73
第一节 概述	73
第二节 高分子侧基官能团反应	76
第三节 高分子接枝合成反应制吸水剂	80

第四节 聚合物的交联反应和嵌段反应	85
参考文献	87
第六章 合成吸水性树脂的实施方法	89
第一节 概述	89
第二节 液相均相体系的合成方法	90
第三节 非均相体系的合成方法	96
第四节 固相法和其他特殊方法	106
参考文献	114

第三篇 天然亲水性高分子化合物与 天然超强吸水性高分子

第七章 天然亲水性高分子化合物	115
第一节 概述	115
第二节 天然有机亲水性高分子	117
第三节 天然无机亲水性高分子	135
参考文献	138
第八章 天然吸水性高分子化合物与天然超强吸水剂	140
第一节 多糖类天然吸水性高分子	140
第二节 蛋白质类及其他天然吸水性高分子	155
参考文献	162

第四篇 超强吸水性树脂的制造

第九章 淀粉系超强吸水剂的制造	164
第一节 原料及化学反应试剂	164
第二节 淀粉接枝丙烯酸类高吸水剂	172
第三节 淀粉接枝丙烯酸类高吸水剂	182
第四节 淀粉接枝丙烯酰胺类高吸水性树脂	190
第五节 淀粉接枝丙烯酸酯类高吸水性树脂	194
第六节 淀粉接枝其他类型单体的高吸水性树脂	197
第七节 淀粉接枝多种类型单体合成高吸水性树脂	198
第八节 淀粉与其他低分子物质反应制造的吸水性产品	206
参考文献	212
第十章 纤维素系超强吸水剂的制造	215

第一节	纤维素的结构与化学性质简述	215
第二节	纤维素衍生物吸水剂的制造	217
第三节	纤维素接枝系吸水剂的制造	223
参考文献		243
第十一章	蛋白质系超强吸水剂的制造	246
第一节	蛋白质的种类	246
第二节	制造超强吸水剂的蛋白质原料	247
第三节	蛋白质系超强吸水剂的制造	249
参考文献		261
第十二章	其他天然高分子化合物及其衍生物系高吸水剂的制造	263
第一节	制造其他天然高分子化合物及其衍生物系超强吸水剂的 原材料	263
第二节	含有糖醛酸及其盐的多糖衍生物类的超强吸水剂	264
第三节	壳聚糖类超强吸水剂的制造	274
第四节	pullulan 及其衍生物的超强吸水剂的制造	277
参考文献		282
第十三章	合成系超强吸水性树脂的制造	284
第一节	聚丙烯酸类超强吸水性树脂的合成	284
第二节	聚乙烯醇类超强吸水性树脂的合成	309
第三节	其他单体的均聚物超强吸水性树脂的合成	326
第四节	合成共聚物超强吸水性树脂	334
参考文献		342
第十四章	共混与复合系超强吸水性树脂的制造	345
第一节	概论	345
第二节	高聚物的共混方法	350
第三节	高吸水性树脂共混复合物的制造	352
第四节	高吸水性树脂与其他高分子材料的共混、复合	360
第五节	高吸水性树脂-低分子物的共混复合材料	368
参考文献		373

第五篇 吸水性树脂的吸水理论与性能

第十五章	超强吸水性树脂的吸水结构及吸水理论	375
第一节	超强吸水性树脂的结构与吸水形态	375

第二节	凝胶的热力学理论	380
第三节	凝胶的体积变化动力学	388
第四节	高分子凝胶与高分子表面	390
参考文献		400
第十六章	超强吸水性树脂的特性	402
第一节	吸收性能	402
第二节	吸液速度	431
第三节	保水能力	440
第四节	水凝胶的黏性和扩散性	444
第五节	应答性	450
第六节	强度	456
第七节	稳定性	459
第八节	其他性能	465
参考文献		470

第六篇 超强吸水性树脂的用途

第十七章	超强吸水性树脂在农林园艺方面的应用	473
第一节	改良土壤和沙漠	474
第二节	植物生育促进剂	480
第三节	植物生长促进剂	487
第四节	苗木移植保存剂及农药保持释放增效剂	491
第五节	灭火剂	495
第六节	农业薄膜、温室及无土栽培	502
参考文献		504
第十八章	在医药卫生方面的应用	506
第一节	超强吸水性高分子材料在生物体各部位的适应性	506
第二节	医疗用品	509
第三节	人工器官	516
第四节	医药方面	519
第五节	固相酶（固定化酶）	528
第六节	生理卫生用品	534
参考文献		548
第十九章	超强吸水性树脂在建筑材料方面的应用	551

第一节	概述	551
第二节	止水、隔水材料	551
第三节	建筑物的防火灭火材料	557
第四节	结露防止剂、调湿材料	559
第五节	建筑中的其他应用	562
	参考文献	565
第二十章	超强吸水剂在工业中的应用	567
第一节	超强吸水剂在油田中的应用开发	567
第二节	工业脱水材料及亲水性有机物的分离	568
第三节	重金属离子吸附剂	577
	参考文献	579
第二十一章	高吸水性水凝胶在食品中的应用	581
第一节	天然吸水性水凝胶在食品中的应用	581
第二节	天然物的衍生物和合成吸水性树脂在食品中的应用	592
	参考文献	598
第二十二章	高吸水性树脂在人工智能材料方面的应用	600
第一节	概述	600
第二节	电刺激伸缩功能凝胶	602
第三节	光变形功能高分子凝胶	607
第四节	其他刺激变形功能高分子凝胶	610
	参考文献	614
第二十三章	超强吸水性树脂在其他方面的应用	616
第一节	吸水性涂料	616
第二节	在美容化妆品中的应用	624
第三节	在芳香剂释放基材和怀炉等简易取暖物方面的应用	630
第四节	在冷却剂添加剂, 结晶水稳定剂, 光缆、电缆等方面的应用	635
	参考文献	638

第七篇 超强吸水性树脂的加工与将来的发展

第二十四章	高吸水性树脂的加工	640
第一节	超强吸水性树脂的固体特性与加工	640
第二节	片状制品的加工	646

第三节 吸水性均匀分散体	652
第四节 吸水性膜的加工	656
第五节 泡沫状(海绵状)吸水性材料的制造方法	660
第六节 纤维状吸水性材料的制造	665
参考文献	671
第二十五章 改善超强吸水性树脂性能的主要方法	673
第一节 改善耐盐性的方法	673
第二节 提高吸水速度的方法	678
第三节 提高吸水强度的方法	684
第四节 提高使用寿命的方法	687
参考文献	689
第二十六章 超强吸水剂展望	690
第一节 提高超强吸水性材料的质量和性能	690
第二节 合成品种多样、高性能、价廉的吸水性树脂	691
第三节 加强超强吸水剂应用开发的研究	695
第四节 以理论研究促进超强吸水剂的发展	698
参考文献	703
附录 1 超强吸水性树脂代号(或型号)、组成、主要性能一览表	704
附录 2 几种吸水性树脂的吸附能力(金属离子络合容量)	709
附录 3 物质名称代号或缩写一览表	710

第一篇 总 论

第一章 概 述

第一节 吸水性物质与超强吸水性树脂

一、水是人类最宝贵的天然财富

水在自然界里分布很广，江、河、湖、海约占地球表面积的 $\frac{3}{4}$ ，地层、大气中以及动物、植物的体内都含有大量的水。例如，人体含水约占体重的 $\frac{2}{3}$ ，鱼体含水达70%~80%，某些蔬菜含水甚至达90%以上。水是生物生存的条件，没有水就没有生命。水对于农业和工业生产及国民经济各部门的发展也具有极为重要的意义。农业上需要水来灌溉农田园地；工业上也需要利用水来溶解物质，制造化肥、农药、塑料、合成纤维和橡胶等各种各样的工业产品。

水可以为人类造福，也会给人类造成灾难。如洪水、干旱等会毁灭生命。而工业生产中的废渣、废气、废液和城市生活污水的任意排放，农业生产中农药、化肥的任意施用，都会造成水的污染。受到污染的水含有毒物或病菌，食用后会使人中毒、致病，甚至会致人死亡。工业生产中使用污染水，常会降低产品质量，甚至损害人类的健康。农业生产中使用污染水，农作物会受到毒害，轻者使产量降低、质量下降，重者危及生物的健康和生命。

因此，水的取得、保存、利用和排除，自古以来是人类长期与自然斗争的重要内容。

二、吸水性物质

吸水性物质与人类生活、生产及工作等的关系十分密切。长期以来人类在水的取得、保存、利用和排除中，使用了许多吸水性物

质。主要有医药卫生中使用的脱脂棉、海绵、餐巾、毛巾、抹布、卫生纸、尿布、滑石粉等；作为水凝胶使用的凉粉、冻胶、明胶、琼脂、大豆、甘露聚糖、藻酸等；作为吸湿干燥用的硅胶、氯化钙、氧化钙、活性炭、分子筛、硫酸、磷酸等。

这些吸水和吸湿材料多为天然物质或通过简单加工制得，也有通过化学反应而制成。这些材料的特点是来源广，价廉易得；但由于吸水能力小，只能吸收自身的百分之几十至十几倍的水；尤其是吸水后，加压就失水，即保水能力很差，因此，它们的利用受到了极大的限制，远远不能满足人们的要求，必须开发性能更好的新材料。

三、超强吸水性树脂的含义及其科学归属性

超强吸水性树脂指吸水能力特别强的高分子物质。其吸水量为自身的几十倍乃至几千倍，这是以往的材料不可比拟的。由于它大多数是由低分子物质经聚合反应合成的高聚物或者由高分子化合物经化学反应制成，所以又称高吸水性高分子，也常称作超强吸水剂。

超强吸水性树脂不但吸水能力强，而且保水能力非常高。吸水后，无论加多大压力也不脱水，因此又叫高保水性树脂或高保水性高分子，简称高保水剂。

超强吸水性树脂既具有独特的吸水功能和保水能力；又是高分子化合物，具有一般高分子化合物的基本特性，所以它可归属于功能高分子，也可以认为是高吸水性功能高分子。

超强吸水性树脂吸水后形成水凝胶，具有弹性凝胶的基本性能，弹性凝胶的基本理论完全适用，所以它又可归属于弹性凝胶，也可以认为是高弹性水凝胶。

第二节 超强吸水性树脂的发展

一、发展简史

20 世纪 50 年代以前人类使用的吸水性材料主要为天然物质和无机物。例如天然纤维、天然蛋白质、多糖类以及氧化钙、硅胶、

氯化钙、磷酸、硫酸等。这些物质由于吸水能力低，保水性差，远远满足不了人们的需要。

50年代，Goodrich公司开发了交联聚丙烯酸的生产技术，使得吸水性高分子物质应用于增黏剂。与此同时，科学家Froly通过大量的实验研究，建立了吸水性高分子的吸水理论，称为Froly吸水理论，为吸水性高分子的发展奠定了理论基础。

60年代，亲水性交联高分子出现在市场，主要用于土壤保水剂，其中交联聚氧化乙烯、交联聚丙烯酸羟乙酯、交联聚乙烯醇等开发应用于园艺土壤保水剂、人工水晶体、软接触眼镜、液相色谱等，其吸水能力为材料自身质量的10~30倍，如表1-1。

表 1-1 吸水性高分子材料简况

吸 水 材 料		吸水能力/ $\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$
天然高分子物	纸浆	10~20
	吸水纸	10~20
亲水性高聚物	亲水性丙烯酸聚合物	0.5左右
	交联聚乙烯醇	30左右
	交联聚氧化乙烯	30左右
高吸水性树脂	淀粉接枝系	100以上
	合成聚合物系	100以上
	纤维素衍生物系	50左右
	蛋白质衍生物系	50左右
	其他天然高分子物的衍生物系	50以上
	复合系	50以上

超强吸水性树脂的出现是1961年美国农业部北方研究所C. R. Russell等从淀粉接枝丙烯腈开始研究，其后G. F. Fanta等接着研究，于1966年首先指出“淀粉衍生物的吸水性树脂具有优越的吸水能力，吸水后形成的膨润凝胶体保水性很强，即使加压也不与水分离，甚至也具有吸湿放湿性，这些材料的吸水性能都超过以往的高分子材料”。该吸水性树脂最初在亨克尔股份公司（Henkel corporation）工业化成功，其商品名为SGP（Starch Graft Polymer），至1981年已达年产几千吨的生产能力。当时美国企图以农业为中心积极推广应用，首先应用在土壤改良、保水抗旱、育种保苗等方