

抗菌剂的研究进展

张昌辉, 谢 瑜, 徐 旋

(陕西科技大学化学与化工学院, 陕西 西安 710021)

摘 要: 综述了国内外有机、无机、复合抗菌剂研究进展, 探讨了抗菌剂在今后几年内的发展方向, 指出高分子有机抗菌剂、纳米抗菌剂及复合型抗菌剂将是今后研究的热点。

关键词: 抗菌剂; 有机抗菌剂; 无机抗菌剂; 复合抗菌剂

中图分类号: TQ 455 文献标识码: A 文章编号: 1000-6613(2007)09-1237-06

Research and development of antibacterial agent

ZHANG Changhui, XIE Yu, XU Xuan

(School of Chemistry and Chemical Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, Shaanxi, China)

Abstract: The recent development of antibacterials used in industry is been reviewed. The development prospect of antibacterial agents in a few years is predicted. The research of organic polymer antibacterial, nano inorganic antibacterial and compounded antibacterial will be the focus of future research.

Key words: antibacterial agent; organic antibacterial agent; inorganic antibacterial agent; compounded antibacterial agent

随着生活水平的提高, 人们对生存环境的质量和卫生水平提出了更高的要求, 特别是对健康的意识也在不断增强。另一方面, 各种各样的致病微生物在自然界分布非常广泛, 并在一定条件下生长、繁殖, 甚至变异, 不仅会引起各种材料的分解、变质和腐败, 还威胁着人类的健康。因而, 抗菌剂的研究和发展越来越受到人们的关注。

“抗菌”是指在一定时间内抑制细菌、真菌等微生物的生长、繁殖和存活; 抗菌方法主要有物理方法和化学方法两类。物理方法是改变温度、压力以及利用电磁波, 电子射线等物理方式破坏细菌的生存环境, 使其灭亡。化学方法则是通过调节 pH 值, 进行气体交换, 隔离营养源等手段杀菌。此外, 还可以利用化学药品——抗菌剂来达到灭菌的目的。“抗菌剂”是指能够有效抑制微生物生长繁殖或可杀死病菌的物质, 包括杀菌剂和抑菌剂。“杀菌剂”是指可有效杀死微生物的化学物质; “抑菌剂”是指能够暂时抑制生物的生长繁殖或孢子萌发而对病毒作用小的物质。抗菌剂具有刺激性小、使用浓度下毒性较低、不会引起过敏反应、作用温和等特点^[1]。

抗菌剂的研究、开发始于 20 世纪 80 年代初^[2]。目前, 已研制及应用的抗菌剂可归为: 无机抗菌剂、有机抗菌剂及复合抗菌剂 3 类。

1 无机抗菌剂

无机抗菌剂是 20 世纪 80 年代中期发展起来的一类抗菌材料, 具有安全性高、耐热性好、无挥发、不产生耐药性和抗菌失效的特点, 但是其价格昂贵, 且具有抗菌迟效性。目前对无机抗菌材料的应用研究主要涉及溶出型抗菌剂、光催化材料抗菌剂。

1.1 溶出型抗菌剂

溶出型无机抗菌剂主要是将具有抗菌活性的金属离子(如银离子、铜离子、锌离子等)或其化合物通过物理吸附、离子交换等方法固定到多孔介质上(包括沸石、硅胶、羟基磷灰石等)制得的。其杀菌机理是: 微量金属离子吸引带负电荷的细菌, 破坏微生物合成酶的活性, 并可能干扰微生物 DNA

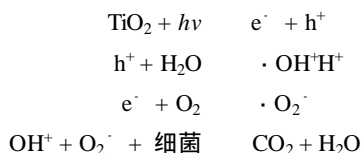
收稿日期 2007-04-12; 修改稿日期 2007-05-09。

第一作者简介 张昌辉(1962—), 男, 副教授。E-mail 05xieyu@sust.edu.cn。

的合成,造成细菌丧失分裂繁殖能力而死亡^[3]。该类抗菌剂应用较广,抗菌效果较好。由于汞、镉离子对人体有害;铜、镍、钴离子具有一定的颜色,会影响产品的外观,因而“银离子溶出型”抗菌剂为此类抗菌剂的典型代表,已经得到了广泛的应用,近年已发展到建筑材料,陶瓷制品及纤维、塑料、涂料、医疗等诸多领域。Mackeen 等^[4]用银处理植入人体的材料,可以防止或减轻植入部位的人体组织被细菌感染所造成的痛苦。

1.2 光催化型抗菌剂

光催化型无机抗菌剂的价格极为低廉,且无毒;主要品种有 N 型半导体金属氧化物,如 TiO₂、ZnO、SiO₂ 等。其中 TiO₂ 的氧化活性较高,稳定性也较强,对人体无害,具有优异的广谱抗菌效能。这类抗菌剂的抗菌原理主要是基于光催化反应,可简单表示为:



其实,光催化抗菌剂不仅能杀死细菌本身,而且能与细菌及其分泌的毒素反应,最终将残骸和毒素清除。如医院的手术室,历来存在着不能对空气中漂浮的细菌起到杀菌作用的问题。若在实践中采用光催化剂片制成的床和墙壁等,这些细菌就几乎全被杀死,该技术目前正处于实用化阶段。光催化抗菌剂是一种新发展的、具有广阔应用前景的抗菌剂,目前在日本、韩国已得到实际推广。

1.3 纳米抗菌剂

近年来,随着纳米技术的广泛研究,纳米级抗菌剂也逐渐面世。纳米级抗菌剂是在纳米级粉体的基础上包覆抗菌物质而制成的。隆泉等^[5]发现纳米级抗菌剂的抗菌性能远远优于微米抗菌剂。这是由于载体纳米化,比表面积增大,可以更好地吸附微生物,从而可以有更好的抗菌效果。纳米抗菌剂根据杀菌机理的不同,可分为 2 类:一类为载有 Ag⁺ 的纳米抗菌剂;另一类为载有 TiO₂ 等材质的纳米抗菌剂。

纳米银粒的抗菌性能优异。如 ACTICOAT (美国) 的抗菌活性远远高于传统的银离子杀菌剂,在化纤中加入痕量的纳米银,可赋予化纤很强的杀菌能力。载银纳米抗菌材料包括载银硅酸盐和载银磷酸盐等。其中用于低温加工的纤维、塑料等主要为载银硅酸盐系抗菌剂,而载银磷酸盐系抗菌剂主要用于高温加工的陶瓷产品。

随着研究的深入,人们发现,含有单一金属离子的抗菌剂达到理想抗菌效果时,所需添加量较大,成本较高;同时,银的光敏效应很强,易氧化变色,而且成本较高,这些都影响了其应用领域的拓展。因此,在多孔介质上负载两种或两种以上的金属离子制备出的多组分无机抗菌剂越来越受到人们的青睐。俞波等^[6]以 13X 沸石为载体,利用复合离子交换的方法制备了多金属含银抗菌沸石,多种抗菌离子间具有协同的抑菌作用和广谱抑菌性,其相对抗菌强度优于日本 AGZ-330 抗菌剂,且成本较低。另外有专利报道了 AB₂O₄ 形式的复合抗菌剂^[7],将这些抗菌剂涂布于多孔蜂窝形的制品(由黏土、氧化硅等混合物组成),能使其具有良好的抗菌性能。

同载银抗菌剂类似,TiO₂ 纳米化后不仅具有很高的光催化活性,而且耐酸、耐碱、耐光化学腐蚀、成本低、无毒,抗菌即效性好、安全性高、持效长。美国研究人员利用纳米 TiO₂ 和太阳光进行灭菌,他们发现大肠杆菌在短时间内就被杀死。华南理工大学的涂启梁等^[8]考察了纳米二氧化钛及其复合物在瓷片和纸片上的抑菌作用,发现纳米二氧化钛可以有效地杀灭细菌。

虽然 TiO₂ 来源广泛、价格低廉、安全性很高,但只有在光照条件下才能发挥抗菌活性,严重限制了其应用范围。针对这点近年来研究人员开始用其它元素对 TiO₂ 进行负载,制备新型无机抗菌剂。刘雪峰等^[9]制备了稀土元素铈负载纳米二氧化钛抗菌剂,不需紫外光照射就能具有很强的抗菌性能。

另外,纳米氧化锌的杀菌效能良好。祖庸等^[10]在纳米氧化锌的定量杀菌实验中发现,当纳米氧化锌的浓度为 1% 时,5 min 内,对金黄色葡萄球菌的杀菌率为 98.86%,对大肠杆菌的杀菌率为 99.93%。

2 有机抗菌剂

有机类抗菌剂具有杀菌力强、加工方便、种类多等特点,广泛应用于塑料、纤维、纸张、橡胶、树脂以及水处理等。有机抗菌剂包括天然和合成两大类。

2.1 天然有机抗菌剂

天然有机抗菌剂是人类最早使用的抗菌剂,它是从某些动植物体内提取出的具有抗菌活性的高分子有机物。例如山萘、孟宗竹、薄荷、柠檬叶等的提取物,蟹和虾中提炼的壳聚糖及其衍生物等。其中,最常用的天然抗菌剂是壳聚糖,它是一种带正电荷的活性物质。目前对壳聚糖抗菌机理的推测有

两种：(1)首先是在酸性条件下，壳聚糖的氨基阳离子吸附带有负电荷的细菌，束缚了微生物的自由度，阻碍其代谢和繁殖；(2)低分子量的壳聚糖分子，通过微生物细胞壁进入细胞内，阻碍微生物遗传密码由 DNA 向 RNA 的复制，从而抑制了细菌的繁殖^[11]。壳聚糖抗菌剂具有良好的生物相容性和广谱抗菌性，无毒，对人体免疫抗原小，且具消炎、止痛及促进伤口愈合等功效。但是，壳聚糖的抗菌性能受浓度、酸度、相对分子质量、脱乙酰化度的影响，这使其应用范围受到很大限制^[12]。因此，要使壳聚糖成为耐久性抗菌剂的途径之一，是使其季铵化。季铵化程度高，则抗菌性能高，而其耐洗性可通过添加聚乙二醇缩水甘油醚交联剂得以改进。有人^[13]提出利用壳聚糖的季铵盐衍生物作为纤维素纤维的抗菌剂，不仅用量少，且抗菌效果比单独用壳聚糖整理织物的效果明显得多。Lim 等^[14]把季铵盐接入壳聚糖的氨基上，制得的一种水溶性壳聚糖衍生物，再经过 NMA 改性，得到的壳聚糖衍生物对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌有很好的抗菌活性。此外，一些生物碱也可用作抗菌剂，如 Torres 等^[15]发现从一种海绵无脊椎动物提取的生物碱对革兰氏阳性菌有很好的抗菌性能。

天然有机抗菌剂的使用安全性很高，对人体无毒、无刺激，但天然有机抗菌剂的耐热性差且药效持续时间短，因此它的应用受到限制。

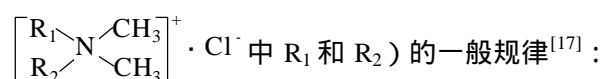
2.2 有机合成类抗菌剂

2.2.1 低分子有机抗菌剂

低分子有机抗菌剂的品种主要有季铵盐、季磷盐、有机金属、卤代胺和双胍类等。其抗菌机理主要是与细菌和霉菌的细胞膜表面的阴离子相结合，或与巯基反应，使蛋白质变性，破坏细胞膜，从而抑制细菌和霉菌的繁殖。

季铵盐类抗菌剂是研究较多的一类抗菌剂，在国际上使用最广泛。目前此类抗菌剂已经发展到第 5 代。吕艳萍等^[16]合成的有机硅季铵盐类抗菌整理剂具有优良的抗菌耐洗性。由于季铵盐类有机抗菌剂中的 N 带正电荷，吸引细菌，损害胞壁结构，使其中的内容物漏出，抗菌机制属于“触杀”。另外，季铵盐也具有抑制细菌脱氢酶、氧化酶等作用。

这类抗菌剂的抗菌能力随结构变化（即



当 R_1 碳链中碳原子数少于 10 或大于 16 时，抗菌

剂对细菌的杀伤力不大；而当碳原子数为 14 时，抗菌剂的抗菌力最强， R_2 为苄基及其衍生物时要比为甲基时高的多。表 1 列出几类季铵盐的口服毒性。

表 1 季铵盐的口服毒性

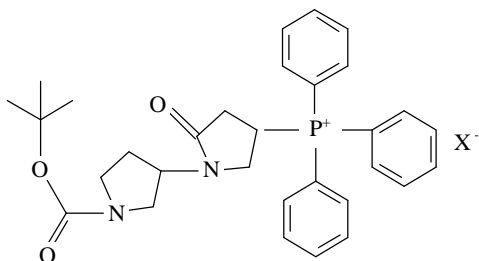
季铵盐名称	半致死量 LD ₅₀ /mg · kg ⁻¹
n-十二烷基三甲基氯化铵	250 ~ 300
n-十六烷基三甲基氯化铵	400
n-十二烷基二甲基苄基氯化铵	350
n-十四烷基二甲基苄基氯化铵	450
双十八烷基三甲基氯化铵	1000
双十二烷基二甲基氯化铵	1100

从表 1 数据可以看出这类抗菌剂的毒性随结构的变化规律：同类季铵盐烷基链短的毒性要比长的大；在烷基链长相同时，带苄基的毒性要比带甲基的小；单烷基的毒性要比双烷基的大。

此外，Kourai 等^[18]早在 1995 年就报道了一些含有不饱和烷基的季铵盐抗菌剂，并且认为季铵盐中引入不饱和烷基时的抗菌力要比引入甲基时高得多。

但是，近年来由于季铵盐的大量使用，使细菌、真菌等有害微生物产生了耐药性，抗菌效果明显减弱。国外开始生产和使用新一代广谱、高效的烷基季磷盐有机杀菌剂。季磷盐抗菌剂比季铵盐的抗菌性能高出 2 个数量级，能杀死藻类，对异养菌、铁养菌、硫酸盐还原菌具有很好的杀菌效果^[19]。从结构来看，季磷盐和季铵盐的结构类似，即季铵盐结构中的 N 原子被 P 原子取代，P 原子比 N 原子的离子半径大，极化作用强，使得季磷盐更容易吸附带负电荷的菌体，同时由于 P 元素在元素周期表中位于 N 元素的下方，P 比 N 有更弱的电负性。因此，季磷盐分子结构比较稳定，与一般的氧化剂和还原剂以及酸、碱都不发生反应。因此，季磷盐的使用范围广，可在 pH=2 ~ 12 的水中使用，而季铵盐只有在 pH 9 时效果才最佳^[20]。日本对季磷盐的研究较多，最有代表性的是 Kamazawa A 等^[21]于 1993 年报道的一系列带有长烷基链的三丁基磷化合物，当长链烷基的碳数为 12、14、16、18 时，对 E.Coli 及 S.Aureus 菌有高效、快速的杀菌活性。Kamazawa 等报道了单、双长烷基链的碳数分别为 10、14、18，这些季磷盐对所试的 11 种典型的微生物均有较好的抗菌

性^[22]。单长烷基三甲基季磷盐对 *E. Coli* 及 *S. Aureus* 菌抗菌活性随着烷基链增长而增加，十八烷基三甲基季磷盐的活性最强。季磷盐类抗菌剂可广泛应用于各个行业，如四羟甲基季磷盐被用于制革行业代替长期使用的有毒的铬鞣剂，具有良好的抗菌防霉作用，同时还具有高阻燃的性能^[23]。再如 Evans R^[24]于 2002 年研究得到的一种新型的季磷盐，结构如下：

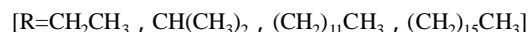
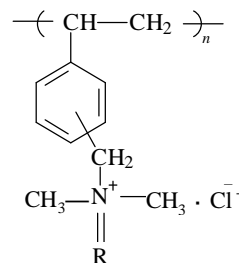


这种系列的季磷盐广泛应用于化学工业和制药工业上，特别是用作一些抗菌类物质。季磷盐还能杀死藻类，对异养菌、铁养菌、硫酸盐还原菌具有很好的杀菌效果，与国外产品 B-350 相当。因此，被用于油田系统和循环水系统^[25]。目前，由于合成材料数量有限、价格较高，且合成条件相对于季铵盐来说更为苛刻。因此，国内对季磷盐的研究目前还处于起步阶段。

2.2.2 高分子有机抗菌剂

目前认为阳离子抗菌剂的抗菌机理为^[26]：阳离子抗菌剂吸附到菌体表面，穿透细胞壁，与细胞膜结合，破坏细胞表层结构，使细胞内容物泄漏，致使菌体停止呼吸功能而死亡。带抗菌活性官能团的单体经高分子化后，相对分子质量增大，电荷密度提高，由于微生物细胞带负电荷，而且细胞膜内含有的磷脂以及一些膜蛋白水解后也带负电荷。因此，总的来说，相对分子质量的增大，有助于抗菌剂更好地发挥抗菌性能。此外，小分子抗菌剂经高分子化后稳定性得到大幅度提高。目前高分子抗菌剂的研究和使用主要集中于高分子季铵盐、季磷盐等。高分子抗菌剂的抗菌性能主要是通过带抗菌活性官能团的单体聚合或以接枝的方式在分子链上引入抗菌官能团而获得的^[19]。其中，通过带活性官能团的单体聚合制备的抗菌剂较少，主要是因为过程较为复杂以及难以选择合成原料。

对季铵盐作为抗菌基团的抗菌剂研究较多。Ikeda 和 Tazuke^[27]通过单体均聚成聚阳离子型季铵盐抗菌剂，结构如下：



他们发现高分子抗菌剂比相同结构的单体小分子抗菌性能好，并且随着烷基链的增长（最长为 12 个碳原子），抗菌活性升高。Ron Nudel 等^[20]报道了以聚苯乙烯或交联聚苯乙烯的氯甲基与含有长链烷基的不同叔胺进行季铵化反应，制得水不溶性季铵盐或聚双季铵盐抗菌剂。Sauvet G 等^[28]制得带季铵盐侧基的硅氧烷，当带季铵盐侧基的硅氧烷接入树脂网络中时，能有效抑制大肠杆菌。美国专利 4349646 报道的通过季铵化所得的聚季铵盐或聚双季铵盐为水不溶性的聚合物，对细菌、真菌、病毒及藻类有较好的抗菌性。卢滇楠等^[29]成功地在纤维素的纤维表面接枝季铵盐单体，使得纤维表面上菌体活性被明显抑制。

此外，Kanazawa 等^[23]考察了以季磷盐为抗菌基团的高分子抗菌剂，他们发现这种高分子抗菌剂的抗菌活性比同等结构的小分子抗菌剂的抗菌活性要高。同时，他们还发现含有较长链的化合物有特别高的抗菌活性。Adriana 等^[26]把不同的季磷盐接枝到不溶性的交联的聚苯乙烯氯甲基化合物载体上，此抗菌材料可以重复使用，并对革兰氏阴性菌和革兰氏阳性菌都有很好的抗菌效果。Kamazawa 等^[23]对季磷盐型抗菌聚合物的性能作了一系列的研究，并制备了氯化三丁基（4-乙基苄基）磷的均聚物及共聚物。

相对于低分子抗菌剂，高分子抗菌剂的抗菌机理非常复杂，高分子的相对分子质量、相对分子质量分布以及高分子在溶液中的形态都可能对抗菌剂的抗菌性能产生影响。此外，高分子的交联结构对抗菌性能影响也非常大。李凤艳等^[30]还考察了交联结构对高分子抗菌剂抗菌性能的影响，结果表明，随着高分子载体交联度的升高，杀菌产品的杀菌率明显降低。

高分子抗菌剂具有性能稳定，杀菌效果显著，不挥发，易于加工、贮存，不会渗入人或动物皮肤的优点^[31]；虽然对它的研究还处于刚刚起步的阶段，但具有非常广阔的应用前景，近年来受到越来越

越多研究人员的重视。

3 有机-无机复合抗菌剂

抗菌剂的研究和应用已进入了复合抗菌剂的新时代。有机-无机复合抗菌剂结合了有机和无机抗菌剂的优点,兼有有机系的强敛性、持续性与无机系的安全性、耐热性,而且价格低廉、用量少、抗菌性能高、稳定性好。朱文杰等^[31]利用硅溶胶对有机抗菌剂季铵盐进行无机复合改性制备的复合抗菌剂具有优异的抗菌性能与耐候性能,使得季铵盐的适用范围得到了进一步扩展。

还有一类复合抗菌剂是利用具有抗菌性能的有机配体和具有抗菌性能的无机阳离子形成复合盐抗菌剂。Noriko Chikaraishi Kasuga 等^[32]合成了四缩氨基硫脲的 Ni () Cu () Zn () 螯合物,其抗菌活性明显提高。这说明金属离子对配体的抗菌活性有一定的协同促进作用。但是有的具有抗菌性能的配体形成配合物后抗菌性能降低,因而目前对于这类复合抗菌剂的抗菌机理还不是很清楚。

4 结 语

综上所述,无机类抗菌剂的耐热温度较高,使用寿命长,但是使用的场合和条件有很大限制。其中纳米抗菌剂具有广谱抗菌、耐腐蚀、使用范围广、使用安全等优点,因而具有很大的发展空间;有机类抗菌剂具有杀菌速度快、抗菌性能好,但是低分子有机抗菌剂往往耐热性差,易分解,使用寿命短。相对而言,高分子有机抗菌剂符合时代发展的要求;有机/无机复合抗菌剂结合两者的优点,兼具有有机抗菌剂的即效性、持续性和无机抗菌剂的安全性和耐热性,是今后抗菌剂发展的重要方向。随着人们健康环境意识的提高,如何开发出抗菌范围更广、抗菌耐久性更好、安全性更高的抗菌剂,如何使抗菌剂在更广阔的领域中得到应用将是未来几年抗菌材料行业的主题。

参 考 文 献

- [1] 王炳魁.皮肤和粘膜的消毒[M].北京:人民军医出版社,1986:506-508.
- [2] 孙洪,夏英,陈莉,等.国内外抗菌剂的研究现状及发展趋势[J].塑料工业,2006,34(9):1-4.
- [3] 季君晖,史维明.抗菌材料[M].北京:化学工业出版社,2003:16.
- [4] Mackeen P C, Person S, Warner S C, et al. Silver-coated nylon fiber as an antibacterial agent[J]. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 1987, 31(1): 97.
- [5] 隆泉,郑保忠,周应揆,等.新型纳米无机抗菌剂的抗菌性能研究[J].功能材料,2006,37(2):274-276.
- [6] 俞波,王芳.复合金属离子抗菌沸石的制备及研究[J].无机材料学报,2005,20(4):921.
- [7] Shiau Y K, Wu C H. Antimicrobial composition supported on a honeycomb shaped substrate: US, 20010043938[P], 2001-11-22.
- [8] 涂启梁,付时雨,李红剑.纳米二氧化钛在物体表面的抗菌作用[J].广州化工,2006,34(2):35-36.
- [9] 刘雪峰,涂铭旌.稀土负载型纳米二氧化钛抗菌剂的研制[J].现代化工,2005,25:145-147.
- [10] 祖庸,雷闫盈,王训,等.纳米 ZnO 的奇妙用途[J].化工新型材料,1999,27(3):14-17.
- [11] 杨冬芝,刘晓非.壳聚糖抗菌活性的影响因素[J].应用化学,2000,17(6):598-602.
- [12] Entsar I Rabea, Mohamed E T Badawy, Christian V Stevens, et al. Chitosan as antimicrobial agent applications and mode of action[J]. *Biomacromolecules*, 2003, 6: 1457-1466.
- [13] HA-SOO SEONG, Hyun Suk Whang, Sohk-won Ko. Synthesis of a quaternary ammonium derivative of chitooligosaccharide as antimicrobial agent for cellulosic[J]. *Journal of Applied Polymer Science*, 2000, 76(14):2009-2015.
- [14] Lim Sang-Hoon, Hudson Samuel M. Synthesis and antimicrobial activity of a water-soluble chitosan derivative with a fiber-reactive group[J]. *Carbohydr. Res.*, 2004, 339(2):313-319.
- [15] Torres Y R, Berlink R G S, Nascimento G G F, et al. Antibacterial activity against resistant bacteria and cytotoxicity of four alkaloid toxins isolated from the marine sponge *Arenosclera brasiliensis*[J]. *Toxicol.*, 2002, 40(7):885-891.
- [16] 吕艳萍,李临生,安秋凤.织物抗菌整理剂有机硅季铵盐 ASQA 的合成及应用[J].印染助剂,2005,22(1):20-23.
- [17] 张长荣,金聪玲.阳离子活性杀菌剂的合成进展及其结构与杀菌力的关系[J].陕西化工,1997,(9)1-7.
- [18] Kourai. Synthesis and antibacterial activity of unsaturated quaternary ammonium[J]. *Bokin. Bobia.*, 1995,(23):271.
- [19] 张葵花,林松柏,谭绍早.有机抗菌剂研究现状及发展趋势[J].涂料工业,2005(5):45~50.
- [20] Nudel R, Janauer G E, Schrier E E, et al. Water insoluble disinfectant composition: US, 4349646[P]. 1980.
- [21] Kamazawa A, Ikeda T, Endo T. Novel polycationic biocides: synthesis and antibacterial activity of polymeric phosphonium salts[J]. *J. Polymer. Sci., A: Polym. Chem.*, 1993(31):335-343.
- [22] Kamazawa A, Ikeda T, Endo T. Polymeric phosphonium salts as a novel class of cationic biocides (): synthesis antibacterial activity of polymers releasing phosphonium biocides[J]. *J. Polym. A: Polym. Chem.*, 1993(31):3003-3011.
- [23] Kamazawa A, Ikeda T, Endo T. Phosphonium salts as a novel class of cationic biocides. : synergistic effect on antibacterial activity of polymeric phosphonium and ammonium salts[J]. *J. Apply. Polym. Sci.*, 1994(53):1245-1249.
- [24] 张昌军,宋卫红,孙霞,等.新型季磷盐的合成及其杀菌性能研究[J].山东科技大学学报,2006,25(3):71-73.
- [25] 姚成,卜洪忠,王小康.杀菌剂 DTPC 和 TTPC 的合成及应用研究[J].工业水处理,1999(5):17-19.
- [26] Adriana Popa, Davidescu C M, Trif R, et al. Study of quaternary 'onium' salts grafted on polymers: antibacterial activity of quaternary

- salts grafted on 'gel-type' styrene³/divinylbenzene copolymers[J]. *Reactive and Functional Polymers*, 2003 (55): 151-158.
- [27] Ikeda T, Tazuke S, et al. Polycationic biocides with pendant active groups: molecular weight dependence of antibacterial activity[J]. *Antimicrob Agents Chemother*, 1986, 30 (1): 132-136.
- [28] Sauvel G, Dupond S, Znierski, et al. Production of silyl quaternary ammonium compounds[J]. *J. Apply. Polym. Sci.*, 2000, 75: 1005.
- [29] 卢滇楠, 周轩榕, 邢晓东, 等表面接枝季铵盐型聚合物的纤维素纤维——灭菌机理研究[J]. *高分子学报*, 2004 (1): 107-113.
- [30] 李凤艳, 汪雯卿, 陈拥军, 等. 交联结构对水不溶性聚季铵盐类杀菌性能的影响[J]. *应用化学*, 2000, 17 (5): 566.
- [31] 朱文杰, 张谨, 朱忠其, 等. 改性季铵盐抗菌剂的制备与性能研究[J]. *功能材料*, 2005, 36 (12): 1872-1878.
- [32] Noriko Chikaraishi Kasuga, Kiyoshi Sekino, Motoki Ishikawa, et al. Synthesis, structural characterization and antimicrobial activities of zinc complexes with four thiosemicarbazone and two semicarbazone ligands [J]. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 2003, 96: 298-310.

· 征订启事 ·

《化工文摘》2008 年征订启事

《化工文摘》是国家正式出版刊物, 由国家科技部西南信息中心与英国 ICIS 公司合作出版, 国内外公开发行, 是经国际 BPA 发行审计的专业化工杂志。

《化工文摘》重点报道精细化工与中间体、专用化学品、聚合物等领域, 集国内外市场、技术发展、行业法规和研发动态信息为一体, 荟萃全球化工的先进技术、设备和各类化工产品。

《化工文摘》读者群主要分布在华东、华北、东北、华中、华南、西南等地。读者对象主要为化工企业的高层管理者以及从事技术、采购、市场开发等方面的管理人员。

《化工文摘》主要栏目有: 特别报道、地区报道、产品与市场、研究与应用、环保工程、技术进展、生产实践等。双月刊, 国际标准刊号 ISSN 1002-1345, 国内统一刊号 CN50-1069/O6。

地 址: 重庆市北部新区洪湖西路 18 号《化工文摘》编辑部 (401121)

电 话: 023-67039622 (编辑部); 023-63513164 (广告部); 023-63501714 (发行部)

传 真: 023-63507395

E-mail: editor@intchem.net (编辑部);

advert@intchem.net (广告部)

网 址: <http://www.intchem.net>

《化工机械》2008 年征订启事

《化工机械》是国内外公开发行的化工机械专业技术刊物, 由天华化工机械及自动化研究设计院与中国化工学会化工机械专业委员会合办。《化工机械》主要报道化工机器、化学工程及设备、化工材料及防腐的科技成果、适用技术、革新经验和科技信息, 可供从事科研、设计生产和教学工作参考。《化工机械》创刊于 1974 年, 30 余年的风雨历程使该刊多次荣获国家、部省级奖励, 2004 年入选中国科技核心期刊 (科技部), 2005 年又获第三届国家期刊奖百种重点期刊称号。

《化工机械》为双月刊, 大 16 开本, 64 页, 逢双

月 20 日出版, 单价 8.00 元, 全年 48.00 元。邮发代号 54-22, 全国各地邮局均可订阅, 漏订读者可汇款到编辑部补订。

本刊承接彩色、黑白广告业务, 愿为国内外企业服务, 宣传企业形象, 推广产品技术。

地 址: 兰州西固合水北路 3 号 (730060)

电 话: 0931-7311073

传 真: 0931-7311073

E-mail: hgjx@chemach.com

<http://hgjx.chinajournal.net.cn>

《化学工程师》2008 年征订启事

《化学工程师》期刊创办于 1978 年, 是由黑龙江省化工研究院和黑龙江省化学学会共同主办的综合性化工科技月刊。《美国化学文摘 (CA)》收录期刊, 《中国化学化工文摘》来源刊物, 中国学术期刊综合评价数据库来源期刊, 《中国期刊网》、《中国学术期刊 光盘版》全文收录期刊, 《万方数据-数字化期刊群》全文收录期刊, 《中国核心期刊 (遴选) 数据库》、科技部重庆维普咨询网、《中国化学化工文摘》等全文收录期刊。

该刊主要报道国内外石油化工领域最新科技成果与技术进展、现代管理、企业的生产与技术改造以及相关的科技动态和经济技术信息, 是科研、生产、设计和管理等方面技术人员的良师益友。

主要栏目设置: 科研与开发、继续教育、分析测试、环境工程、化工设备、化工自动化、综述、生产与技术改造、现代管理、安全工程及工程师园地等。

国内统一刊号 CN23-1171/TQ, 国际标准刊号 ISSN 1002-1124。每期定价 10.00 元, 全年定价 120.00 元 (共 12 期, 含邮资), 国内邮发代号 14-165。全国各地邮局均可订阅, 也可以直接与编辑部联系。

地址: 哈尔滨市香坊区衡山路 18 号 (150090)

电话: 0451-82320208、89670725

传真: 0451-82320208

E-mail: hxgcs@yahoo.com.cn