

高吸水树脂在环境治理中的应用

程冬炳,余响林,余训民*

(武汉工程大学绿色化工过程省部共建教育部重点实验室,湖北 武汉 430074)

摘 要:介绍了高吸水性树脂的分类,合成和性能,主要针对高吸水树脂在环境治理中的应用进行初步的论述,同时对环保型高吸水树脂在环境治理的应用进行了展望.

关键词:环境治理;高吸水树脂;应用

中图分类号:X705 **文献标识码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1674-2869.2011.09.006

0 引 言

高吸水树脂是一种在水中能形成三维网络结构,不溶于水而大量吸水膨胀形成的高含水聚合物.由于高吸水树脂中含有大量的强亲水性基团而具有高分子电解质的分子扩张性能,同时由于其微交联三维网络结构阻碍了分子的进一步扩张,两者的相互作用使得分子在水中溶胀而不溶解,且能吸收和保持自身质量几百倍甚至几千倍的水,在加压和加热条件下也不容易脱水,具有奇特的吸水 and 保水能力^[1]. 其还具有缓释、吸附、吸湿放湿作用,因而在沙漠治理、土壤保肥、绿化、污水污泥处理、防尘、空气净化和缓蚀剂等环境治理方面有广泛的应用.

1 高吸水树脂的种类,合成和性能

1.1 高吸水树脂的分类

高吸水性树脂的发展很快,品种繁多,且原料来源相当丰富,分类方法也有很多.可按原料来源、制备方法、交联方法、亲水性基团、制品形态等不同角度进行分类.由于原料对吸水树脂性能的影响很大,可将高吸水性树脂按照原料分为三大类:天然高分子高吸水树脂、合成高分子高吸水树脂、高吸水性树脂共混复合物^[2].

天然高分子高吸水树脂主要有淀粉系、纤维素系、蛋白质系和其他天然高分子及衍生物系.

1.1.1 淀粉系 淀粉系高吸水树脂是淀粉与丙烯腈进行接枝反应后,用碱性化合物水解引入亲水性基团的产物,由美国农业部北方研究中心开发成功.由于担心丙烯腈单体残留在聚合物中

有毒,且不安全,日本三洋化成公司首开先河合成另一类淀粉类吸水树脂,是由淀粉与亲水性单体(如丙烯酸、丙烯酰胺等)接枝聚合,然后用交联剂交联的产物.

1.1.2 纤维素系 纤维素改性高吸水性树脂也有两种形式.一种是由纤维素与亲水性单体接枝共聚产物.纤维素分子同淀粉一样能够与丙烯腈、丙烯酸等不饱和单体进行接枝共聚制备高吸水树脂,并且其抗霉解性能优于淀粉.另一种是纤维素与一氯醋酸反应引入羧甲基后用交联剂交联而成的产物.由于天然纤维素溶解性能差,导致共聚反应一般在非均相体系中进行,接枝效率较低^[3].为此,研究人员将纤维素羧甲基化处理^[4],提高纤维素共聚反应的接枝效率.蛋白质系^[5-7]和其他天然高分子及衍生物系^[8-10]大部分也是与丙烯腈、丙烯酸等不饱和单体进行接枝共聚制备高吸水树脂,天然高分子中壳聚糖是迄今自然界唯一发现的碱性多糖类天然高分子,在自然界的低等植物的菌类、高等植物的细胞壁、蟹、虾等甲壳类动物的外壳及昆虫类的鳞片广泛存在的一种非常坚硬的物质,是近年来在吸水树脂中研究较多应用较广的一种糖类^[11].

天然高分子高吸水树脂易被生物降解,且原料来源广泛,能够降低成本、废物资源化和成为环境友好材料,近年来已成为开发和研究高吸水树脂的热点.

1.1.3 合成高分子系 合成高分子高吸水树脂主要有聚丙烯酸盐类,聚丙烯腈水解物,醋酸乙烯酯共聚物,聚乙烯醇类.聚丙烯酸类高吸水树脂是目前生产最多的一类合成高吸水性树脂,由丙

收稿日期:2011-07-22

作者简介:程冬炳(1987-),男,湖北阳新人,硕士研究生.研究方向:环境高分子材料.

指导教师:余训民,教授,硕士研究生导师.研究方向:水污染控制化学、废物资源化无害化技术和环境新材料.*通信联系人

烯酸或其盐类与具有二官能度的单体共聚而成.制备方法一般使用溶液聚合后干燥粉碎^[12]和悬浮聚合^[13]两种.这类产品吸水倍率较高,一般均在千倍以上.其他三类合成高吸水树脂的吸水倍率不高但吸水后都具有良好的机械强度和保水性能.合成类高吸水树脂的吸水性能好,合成工艺简单,但所制得的吸水树脂残留有害单体,对人的身体有害,且合成类吸水树脂不易被生物降解,对环境造成污染.

1.1.4 高分子共混复合物系 高吸水性树脂共混复合物包括高吸水树脂与其他高分子材料的共混复合物、高吸水树脂与低分子物的共混复合物.高吸水树脂通过与其他高分子聚合物共混聚合得到聚合物,该共混聚合物可以结合原来两种高分子聚合物的优点,改善他们的不足,通过高分子间的共混复合可得到新型吸水材料.羧酸盐系高吸水树脂吸水倍率高,但吸盐水倍率很低,采用聚氧化乙烯系吸水树脂与羧酸盐系吸水树脂共混可得到吸去离子水和吸盐水相差无几的吸水倍率^[14].高吸水树脂与无机物和有机物共混复合也可以制造出许多新型吸水材料,改善吸水树脂的耐盐性、凝胶强度、吸水速率.通过对高吸水树脂经行共混复合后,可多方面改善吸水树脂的性能,共混复合物的内容也极为广泛、丰富,是今后开发和发展吸水材料极为重要的内容.特别是通过加入天然高分子如淀粉、海藻酸钠、甲壳类、蛋白质和纤维素和添加腐植酸和无机材料如添加硅藻土、高岭土、云母、膨润土、蛭石等绿色环保材料对高吸水树脂进行共混复合,是高吸水树脂发展的必然趋势.

1.2 高吸水树脂的合成方法

高吸水性树脂的合成方法主要有本体聚合、溶液聚合、反相乳液聚合和反相悬浮聚合,本体聚合虽然工艺简单,制得的产物纯度高,但是该聚合反应速度快,放出大量的热难以排出且产物易结块、易爆聚、不易出料,大大影响了本体聚合的应用.反相乳液法得到聚合产物分子量较高、体系黏度小、传热、控温容易,此法在后处理中出现粉尘和废液,容易污染环境,且反应时间长,生产成本低,杂质含量高,后处理工序繁杂,因此工业上很少用.

高吸水树脂合成方法中最普及的、工业化程度最高的属反相悬浮聚合和溶液聚合,反相悬浮聚合具有聚合过程稳定,产物处理简单、反应散热快、控温比溶液法容易,产品分子量比溶液法聚合高,杂质含量比乳液聚合法产品低等优点,所制

得的粒状产物不需要粉碎工艺,反应中容易结块、粘壁,所得产物没有溶液聚合法纯净,其后处理工序往往比较复杂,且存在有机溶剂的使用、回收、污染等问题^[15].溶液聚合法虽然存在一些问题如单体浓度低,聚合速率慢,使设备利用率和生产能力较低.聚合物分子量较低,产品后处理复杂等问题.溶液聚合体系属于液相均相体系,体系黏度较低,混合和传热比较容易,温度容易控制,引发效率高,成本低等优点,且生产过程产生的污染少,易于实现清洁化生产.

在上述方法中由于机械搅拌及助剂的加入,存在反应工艺繁琐、能耗大、影响因素复杂和不利于环保等缺陷,固相合成法^[16]、辐射引发聚合^[17]和前线聚合法^[18]是近代发展起来的聚合方法,这两种方法都具有简化生产工艺,降低成本等优点,在制备高吸水树脂中有广阔的发展前景.

1.3 高吸水性树脂的性能和特点

高吸水性树脂具有吸水率高、保水性强、吸水速度快、膨胀力大、凝胶强度大、增稠性强、稳定性好等特点.由于高吸水树脂中含有大量亲水基团,与水接触后在树脂内部形成离子溶液,在分子网络内外形成离子浓度差,产生渗透压^[19],同时亲水基团中的阴离子相互排斥,起着张网作用.大量水进入树脂后,高分子网络达到一定程度产生弹性束缚作用,当两种作用达到平衡时,吸水达到平衡.高吸水树脂中大量的强亲水基团和适中的交联度决定了其具有高吸水倍率和强保水性.吸液速率与其本身的化学组成及物理状态有关,如微粒的表面积大小、毛细管现象、吸液时是否形成“粉团”等.一般表面积越大即微粒越小,吸液速率越快,但微粒过小则会在在水中形成“粉团”而影响吸液速率^[20].

吸水树脂的凝胶强度与吸水能力、吸水速度三者有相互依赖和相互矛盾的关系,在制造高吸水性树脂时,应根据不同的使用要求,进行合理的分子设计,采用适宜的单体,选择合理的合成方法,制造出具有适当的聚合度和交联度的产品,以达到强度、吸水能力及速度都能满足使用要求的吸水性树脂^[21].高吸水性树脂吸水呈凝胶状,具有比普通的水溶性树脂更高的黏度和明显的增稠效果^[22].将高吸水性树脂放在化学物质如酸、碱、盐等水溶液中,会使高吸水树脂的吸水能力大大降低.通过实验^[23]可得高吸水树脂在 100℃ 以下的高温和 0℃ 以上的低温具有良好吸水稳定性,且在密闭容器内储存 8 至 18 年,吸水能力基本不变.

高吸水性树脂同时也具有加工性能好、安全

性高、敏感性强、吸附能力强等优点,通过对高吸水树脂经行分子设计、复合、改性等处理,针对不同的用途,设计出不同功能的高吸水性树脂。

2 高吸水树脂在环境治理中的应用

高吸水性树脂的优良特性,决定了其用途非常广泛,可以说“凡是与水有关的领域,都有它的用武之地”^[24]。而人类的生活离不开水,水是生命之源,充分利用好水资源,是人类可持续发展的重要内容。

2.1 高吸水性树脂在沙漠治理中的应用

土地沙漠化治理时要结合具体的沙漠化类型,从植物、设施、相关水资源等角度入手,包括设置沙障、利用植物和恰当利用水资源^[25]。而其中最根本的治理方法是利用植物和恰当利用水资源,高吸水树脂吸水量大,保水能力强,在砂土中能形成“分子小水库”,使砂土形成团粒结构,改变砂土的空隙分布,使砂土的粒度变大,增加了砂土的透水性和通气性,同时降低砂土的昼夜温差,提高砂土的吸湿能力,减少水土流失,改善了砂土容量、最大持水量及水分蒸发速率。通过在砂土中混入高吸水树脂达到充分利用水资源目的时,还可利用高吸水树脂的吸肥保肥性能^[26]提高植被的存活率和发育程度,对解决土地沙漠化有很好的效果^[27]。

高吸水树脂是解决沙漠干旱这一难题的王牌,可以使沙漠变绿洲。朱红等^[28]人利用环境矿物材料与高吸水树脂复合得到新型吸水树脂,将制得的吸水树脂混合在土壤表层中,可吸取天然的降水或露珠,在吸水后成为具有很大弹性的凝胶块,能在土壤中一直保持块状形式,成了土壤的极好湿润剂,使细沙土壤不会发生板结现象。利用它的这些性质来治理沙漠化的土壤,推动西部大开发具有深远意义,为此提供了基础性研究。韩玉国等^[29]人通过实验验证了高吸水性树脂处理过土壤的孔隙度变化模型,为高吸水性树脂应用于干旱和半干旱地区打下理论基础。

2.2 高吸水性树脂在农林、绿化中的应用

高吸水性树脂水凝胶能在干旱时缓慢释放水分供作物吸收,起到“小水库”的作用,对植树造林、促进作物生长、增产增收十分有利。徐回林等^[30]人通过研究高吸水性树脂保水剂对南丰蜜橘园土壤的保水效应,得出保水剂在 40 cm 至 60 cm 土层似乎有一个吸水高峰,保水剂处理在一定程度上提高了南丰蜜橘园土壤含水量,为其丰产优质栽培管理提供了理论依据。白文波等^[31]人研究

了高吸水树脂保水剂对土壤水分入渗性能及变化过程的影响,得知保水剂对入渗率的影响具有稳定性和一致性。

高吸水性树脂促进植物生长不仅能通过缓释水分,还能通过缓释肥料和农药,提高肥料^[32-33]和农药^[34-35]的利用率。使用高吸水性树脂对种子进行包衣涂层,可使种子提前发芽,提高出苗率,增加出圃时的苗高和地径,减少人工浇水次数,降低育苗成本和用种量^[36]。

高吸水性树脂作为一种功能性强的树脂,已越来越受到农林业部门的关注。在大规模农林中的高吸水性树脂改善了土壤结构,提高了土壤保水性、保土性,甚至还具有保肥功效,使农林产品增产^[37]。通过使用高吸水性树脂与土壤混合,提高农林作物的成活率,减少水土流失,改善生态环境和生产条件,对植树造林起着很大推进作用。

2.3 高吸水性树脂在废水处理中的应用

高吸水性树脂中含有羟基、羧基、氨基等活性基团,这些活性基团的存在,使得高吸水树脂不仅具有高吸水和高保水性能,还具有较强的吸附、螯合作用。鉴于此性能,高吸水性树脂广泛应用于处理重金属废水、染料废水和城市废水中。

2.3.1 高吸水性树脂在处理含重金属废水中的应用 处理富含重金属离子的工业废水,有化学沉淀法、离子交换树脂法、吸附法、高分子重金属捕集剂法等。而利用吸附材料处理重金属离子废水是应用非常广泛的一种方法^[38]。高吸水性树脂能够有效的吸附废水中重金属离子,对各种重金属废水中各种离子进行富集、分离、分析或回收,具有广泛的应用价值。Babel S 等^[39]通过研究得知壳聚糖对 Hg^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Zn^{2+} 离子的具有很好的吸附能力,利用壳聚糖复合高吸水性树脂可以大大提高吸附重金属能力^[40]。蔡国斌等^[41]人制备出纳米碳酸钙复合聚丙烯酸高吸水性树脂,研究该树脂对水中重金属(Cd^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Cr^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Ni^{2+})的脱除效果,得出该吸水树脂对 Pb^{2+} 的脱除效果最好,同时用于处理含有微量放射性元素铀的废水,脱除率接近 83.0%。

重金属比较昂贵,在处理重金属废水过程中要考虑到重金属的回收和回用问题,且重金属废水浓度低,成分复杂^[42],仅仅通过高吸水性树脂进行富集分离不能达到要求,需要加强各种水处理技术的综合应用,形成组合工艺,扬长避短,开发出治理重金属废水更高效,无二次污染且有利于生态环境的新技术。

2.3.2 高吸水性树脂在处理染料废水中的应用

由于人类对产品美观的需求和工业发展,染料已经被广泛的应用于很多工业领域,但同时每年有 50 000 吨的染料废水产出,怎样处理这些染料废水将成为很棘手的环保问题^[43].在去除废水中染料的众多方法中,使用固体凝胶材料处理被认为是最适当、最经济和最环保的方法^[44].已经有很多使用高吸水性树脂对染料废水的处理的研究. George Z. Kyzas 等^[45]人研究了交联壳聚糖吸水性树脂对染料分子吸附和解析附动力学曲线,得出对于该类树脂衍生物对碱性染料有比较弱的螯合作用力,对活性染料有较强的静电作用力. Rita Dhodapkar^[46]等人研究 Jalshakti 类高吸水性树脂对阳离子染料的吸附和脱吸附,利用光催化作用脱吸附,重复利用吸收率能够达到 90%.

去除工业废水和城市废水中的污染物是当今社会很重要的环保问题,高吸水性树脂由于其很强的吸附性能,不仅对重金属离子和染料有较强的吸附、螯合能力,而且还能对废水中的铝、氟离子和硼元素有很好的去除能力,明显降低废水中的化学需氧量^[47].高吸水性树脂在净水方面虽然有很好的效果,但是由于吸水树脂成本问题,技术问题导致吸水树脂在这方面的应用受到限制,需要继续研究:突破技术难关,降低吸水树脂成本,进一步提高吸水树脂的净水能力.

2.4 高吸水性树脂在路面抑尘中的应用

粉尘污染不仅直接危害人类的健康,同时也严重地影响生产生活的质量,阻碍着社会经济的发展.传统的抑尘防尘方法是洒水,但是由于水分渗透、蒸发快,需要频繁洒水才能有效防尘,这样不仅增大了耗水量,而且对路面造成不良影响.在水中添加一些助剂如 CaCl_2 、 NaCl ,虽然助剂能够降低水分蒸发,但会对设备产生腐蚀作用.高吸水性树脂具有良好的耐蒸发性和吸湿放湿性,将高吸水性树脂喷洒在路面上,尘面的吸水树脂能渗透到尘粒的空隙内并滞留其中,减少了抑尘剂中水分的下渗,增加尘粒的含湿量,抑制尘土飞扬.且由于树脂的粘性作用,使沉降在路面的粉尘或汽车轮胎上所带粉尘受到粘附力而不能再次飞扬^[48].高学伟等^[49]人在微波辐射下制备了膨润土接枝丙烯酸高吸水性树脂,并应用与沙土堆和尘土堆,并对树脂的抑尘性能进行了研究.李翔^[50]等人通过淀粉接枝共聚丙烯酸-丙烯酰胺制得吸水树脂,从多方面研究评价该树脂在煤尘抑制中的应用性能,表明该树脂对煤尘具有长效的抑制作用.

2.5 高吸水性树脂在建筑工程和石油化工中的应用

现代工业的蓬勃发展离不开水,在建筑工程和石油化工中节水保水,综合利用、治理水资源是人类可持续发展必须考虑的环保问题.

高吸水性树脂是一种有效的建筑吸水、止水材料,通过橡胶、高吸水性树脂和助剂等混合得到的止水材料可用于建筑工程中的防渗漏水和水下管道的隔水层制作,还能阻止水渗入电缆后影响电缆的使用寿命^[51].高吸水性树脂亦可用作水泥添加剂,高吸水性树脂混合的水泥在作建筑基础时可以吸收周围土壤的水,形成硬的表面,同时添加高吸水性树脂可以改进水泥的耐久性和硬度^[52].高吸水性树脂既是建筑物耐火被覆材料,又是有效灭火材料,在建筑物灭火中发挥双重功效,具有良好的应用前景.

高吸水性树脂具有吸水不吸油的特点,在石油化工中能起到吸水,破乳双效作用,是强有力的驱油剂,能提高油品质量,降低环境污染.在含有少量水分的煤油中加入高吸水性树脂,充分搅拌后,滤出树脂,可以得到全部脱除水分的油品^[53].毛颖等^[54]人对文明寨油田使用超强吸水树脂调剖剂对施工工艺技术改进,现场应用证明调剖后注水状况明显改善.达到增油降水的效果,累计增油 2 760 吨.胜利东辛油田地温高,地层水和回注污水矿化度高,腐蚀严重,针对这一问题,赵明宸等^[55]添加高吸水树脂,制备了一种 DX-1 缓蚀剂,缓蚀剂在污水中可以缓慢释放出其中的有效成分,缓蚀效果最好可达到 97.7%.

3 结论和展望

高吸水性树脂由于其优异的性能在环境治理方面有着广泛的应用,且具有良好的效果和应用前景.但是由于现今吸水树脂成本偏高,环境降解性差,制约着高吸水树脂在环境治理中的应用.有文献利用聚乙烯废塑料合成高吸水树脂^[56]或将小麦秸秆碎末与丙烯酸共聚制得高吸水树脂^[57],这样不仅能降低环境污染,还能将废物再利用,降低了吸水树脂成本.

随着社会对环保要求的提高和人们环保意识的增强,生物可降解高分子材料的开发和应用已日益受到科研人员的重视,高吸水性树脂作为一种不可替代、应用广泛的功能性高分子材料,要求其具有良好的生物降解性,发展环境友好型高吸水性树脂是高吸水性树脂发展的必然趋势.

参考文献:

- [1] 钟亚兰. 绿色高吸水性树脂的研究进展[J]. 化工新型材料, 2010,6(38):13-15.
- [2] 李鹿. 淀粉接枝丙烯酸高吸水性树脂性能与应用研究[D]. 长春:东北师范大学材料物理与化学学院, 2009.
- [3] 白国强,李仲谨,李建成. 纤维素接枝高吸水树脂的制备及性能研究[J]. 陕西科技大学学报, 2003,21(6):34-38.
- [4] 丁远蓉,肖长发. 丙烯酸-丙烯酰胺共聚纤维及其吸水性能研究[D]. 天津:天津工业大学纺织材料与纺织品设计学院,2006.
- [5] 张步宁,崔英德,尹国强. 棉籽蛋白-聚丙烯酸高吸水性树脂的合成及吸液性能[J]. 材料导报,2009,23(3):103-106.
- [6] Pourjavadi A, Salimi H. New Protein-Based Hydrogel with Superabsorbing Properties: Effect of MonomerRatio on Swelling Behavior and Kinetics[J]. Ind Eng Chem Res, 2008,47(23), 9206-9213.
- [7] 尹国强,崔英德,陈循军. 羽毛蛋白接枝聚丙烯酸-丙烯酰胺树脂的合成与吸水性能[J]. 化工学报, 2008,59(8):2134-2140.
- [8] Hu Xiao Bin. Synthesis and properties of silk sericin-g-poly(acrylic acid-co-acrylamide) superabsorbent hydrogel [J]. Polymer Bulletin,2011,66(4):447-462.
- [9] Meena R, Prasad K,Siddhanta A K. Preparation of genipin-fixed agarose hydrogel [J]. Journal of Applied Polymer Science, 2007,104:290-296.
- [10] Salam A, Pawlak J J,Venditti A R. Synthesis and characterization of starch citrate-chitosan foam with superior water and saline absorbance properties[J]. Biomacromolecules,2010,11(6):1453-1459.
- [11] Dutkiewicz K J. Superabsorbent materials from shellfish waste—A review[J]. Journal of biomedical materials research,2002,63(3):373-381.
- [12] 陈立贵. 溶液法制备聚丙烯酸(钠)高吸水树脂及其影响因素分析[J]. 安徽农业科学,2008, 36(12): 481-4814,4931.
- [13] 侯新华,蔡建,陈学刚. 聚丙烯酸钠-2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸吸水树脂的制备[J]. 青岛科技大学学报, 2009, 30(6): 517-521.
- [14] 邹新禧. 超强吸水剂[M]. 2 版. 北京:化学工业出版社, 2001.
- [15] 纪忠斌,杨丽杰. 聚丙烯酸盐系高吸水性树脂的生产与发展前景[J]. 化学工业, 2009, 27(6): 34-37.
- [16] 李秀华. 丙烯酸型高吸水性树脂的制备方法[J]. 科技信息,2009 (35):120-121.
- [17] 来水利,韩武军,李斌强. 微波辐射下聚(丙烯酸-丙烯酰胺)高吸水性树脂的制备[J]. 精细石油化工, 2010,27 (3):9-11.
- [18] Scognamillo S, Alzari V, Nuvoli D. Thermoresponsive super water absorbent hydrogels prepared by frontal polymerization[J]. Journal of Polymer Science, 2010, 48:2486-2490.
- [19] 乌兰. 高吸水性树脂的吸水机理及制备方法[J]. 化学与黏合, 2006,28(3):169-172.
- [20] 田义龙,张敬平,付国瑞. 高吸水性树脂[J]. 塑料, 2003,32(6):75-79,84.
- [21] Jeon H S, Jung H T, Lee S W. Morphology of poly(mer)/silicate nanocomposites [J]. Polymer Bulletin, 1998,41:107-113.
- [22] 董乐,刘珊. 高吸水性树脂在环境保护中的应用研究[J]. 西安文理学院学报, 2010,13(2):109-112.
- [23] 吴季怀,林建明,魏月琳. 高吸水保水材料[M]. 北京:化学工业出版社, 2005.
- [24] 龙明策,王鹏,郑彤. 高吸水性树脂的合成及其应用[J]. 高分子材料科学与工程, 2002,18(5):31-35.
- [25] 王鹏. 论土地沙漠化治理[J]. 管理学家, 2010, (2):173.
- [26] 黄宇祥,金忠华,李庆久. 高吸水性树脂在北方春玉米抗旱节水栽培中的应用研究[J]. 辽宁农业科学, 2010,(1):32-34.
- [27] 唐群委,林建明,吴季怀. 国内高吸水性树脂的应用现状[J]. 福建化工, 2005,(4):43-45.
- [28] 朱红,商平,赵鹏. 环境矿物材料复合型高吸水性树脂的研究[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(增刊):729-732.
- [29] Yu Guo Han, Pei Ling Yang, Yuan Pei Luo. Porosity change model for watered super absorbent polymer-treated soil[J]. Environ Earth Sci, 2010, 61:1197-1205.
- [30] 徐回林,叶川,杨林岗. 保水剂对南丰蜜橘园土壤含水量的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(18): 255-258.
- [31] 白文波,宋吉青,李茂松. 保水剂对土壤水分垂直入渗特征的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(2): 18-23.
- [32] Wu L, Liu M. Preparation and characterization of cellulose acetate-coated compound fertilizer with controlled-release and water-retention[J]. Polymers for Advanced Technologies, 2008, 19(7):785-792.
- [33] Ni Bo Li,Liu Ming Zhu,Lu Shao Yu. Multifunctional slow-release organic-inorganic compound fertilizer[J]. J Agric Food Chem,2010,58:12373-12378.
- [34] Liu M, Liang R, Zhan F. Preparation of superabsorbent slow release nitrogen fertilizer by inverse suspension polymerization [J]. Polymer International, 2007,56(6):729-737.
- [35] Zohuriaan-Mehr M J,Kourosh K. Superabsorbent

- polymer materials: A review [J]. Iranian Polymer journal, 2008, 17(6): 451-477.
- [36] 宫丽丹,殷振华. 保水剂在农业生产上的应用研究[J]. 中国农学通报, 2009, 25(22):174-177.
- [37] 陈玉玲. 高吸水性树脂在农林业上应用的研究进展[J]. 甘肃科技纵横, 2010, 39(3):60-62.
- [38] 符嵩涛,李振宇. 高吸水性树脂研究进展[J]. 塑料科技, 2010, 38(10):106-113.
- [39] Babel S, Kurniawan T A. Low-cost adsorbents for heavy metals uptake from contaminated water: a review[J]. Hazard Mater, 2003, 98(28):219-243.
- [40] Marcasuzaa P, Reynaud S, Ehrenfeld F. Chitosan-graft-polyaniline-based hydrogels: elaboration and properties[J]. Biomacromolecules, 2010, 11(6): 1684-1691.
- [41] Guo Bin Cai, Gui Xia Zhao, Xiang Ke Wang. Synthesis of polyacrylic acid stabilized amorphous calcium Carbonate Nanoparticles and their Application for Removal of Toxic Heavy Metal Ions in Water[J]. Phys Chem C, 2010, 114(30):12948-12954.
- [42] 邹照华,何素芳,韩彩芸. 重金属废水处理技术研究进展[J]. 水处理技术, 2010, 36(6):17-21.
- [43] Marcal L, Faria E H D, Saltarelli M. Amine-functionalized titanasilicates prepared by the sol-gel process as adsorbents of the azo-dye orange II [J]. Ind Eng Chem Res, 2011, 50(1): 239-246.
- [44] Gomez V, Larrechi M S, Callao M P. Kinetic and adsorption study of acid dye removal using activated carbon[J]. Chemosphere, 2007, 69:1151.
- [45] Kyzas Z G, Kostoglou M, Lazaridis N K. Relating interactions of dye molecules with chitosan to adsorption kinetic data [J]. Langmuir, 2010, 26(12):9617-9626.
- [46] Dhodapkar R, Rao N N, Pande S P. Adsorption of cationic dyes on Jalshakti, super absorbent polymer and photocatalytic regeneration of the adsorbent[J]. Reactive&Functional Polymers, 2007, 67:540-548.
- [47] Sancey B, Charles J, Trunfio G. Effect of additional sorption treatment by cross-Linked starch of wastewater from a surface finishing plant[J]. Ind Eng Chem Res, 2011, 50(3):1749-1756.
- [48] 王海宁,邱贵钟. 露天矿汽车运输路面抑尘剂研究[J]. 南方冶金学院学报, 2003, 24(5):99-102.
- [49] 高学伟,李秋荣,段雅丽. 膨润土接枝丙烯酸高吸水性树脂的抑尘性能研究[J]. 环境污染与防治, 2010, 32(2):74-78.
- [50] 李翔,李长有. 淀粉接枝共聚聚丙烯酸—丙烯酰胺煤尘抑尘剂的合成及应用[J]. 化学研究, 2010, 21(1):56-58.
- [51] Zohuriaan M M J, Omidian, Doroudiani S. Advances in non-hygienic applications of superabsorbent hydrogel materials[J]. J Mater Sci, 2010, 45: 5711-5735.
- [52] Song X F, Wei J F, He T S H. A method to repair concrete leakage through cracks by synthesizing super-absorbent resin in situ[J]. Construction and Building Materials, 2009, 23:386-391.
- [53] 张立颖,梁兴唐,黎洪. 高吸水性树脂的研究进展及应用[J]. 化工技术与开发, 2009, 38(10):34-39.
- [54] 毛颖,蔺建武,王晓莉. 超强吸水树脂深部调剖技术在中渗极复杂油藏的应用[J]. 内蒙古石油化工, 2007(8):92-95.
- [55] 赵明宸,彭绪勇,孔金. 长效缓蚀剂 DX-1 的研制[J]. 油田化学, 2003, 20(2):133-135.
- [56] 秦玉芳,李利,周宁琳. 利用聚乙烯废塑料合成高吸水树脂[J]. 南京师大学报, 2005, 28(2):71-74.
- [57] Liu Z X, Miao Y G, Wang Z Y. Synthesis and characterization of a novel super-absorbent based on chemically modified pulverized wheat straw and acrylic acid[J]. Carbohydrate Polymers, 2009(77): 131-135.

Application of super-absorbent resin in environmental improvement

CHENG Dong-bing, YU Xiang-lin, YU Xun-min

(Key Laboratory for Green Chemical Process of Ministry of Education, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: The classification, synthesis and properties of the superabsorbent resin were introduced and polymer in the applications of environmental improvement were preliminarily discussed. The prospect of environment friendly superabsorbent polymer in the applications of environmental improvement was also involved in this paper.

Key words: environmental improvement; superabsorbent polymer; application

本文编辑:张瑞