

环糊精及其衍生物在环境污染治理中的应用

梅 征, 李 宁*

(重庆工商大学环境与生物工程学院, 重庆 400067)

摘要:环糊精是由不同的 D-吡喃葡萄糖单元环状排列而成的圆锥状中空桶形分子, 其独特的外亲水内疏水结构决定了其特殊的性能。目前环糊精及其衍生物在药剂学中的应用最为广泛, 而在环境污染治理方面的报道较少。本文介绍了环糊精主-客体包合作用影响因素、环糊精衍生物的合成方法, 综述了近年来环糊精及其衍生物在污染水、土壤及大气治理中的研究进展, 表明其在环境污染治理方面有较好的应用前景, 并提出了其在环境污染治理中未来的研究方向。

关键词:环糊精; 环糊精衍生物; 污染治理; 有机污染物; 重金属

环糊精(CD)具有明显不同于非环状结构糖类的化学特性, 能与许多疏水的客体分子形成包合物^[1], 是一类良好的包合材料。如今人类认识环糊精已有 100 多年, 环糊精及其衍生物的合成、结构性能及应用已在过去的几年里得到广泛的研究及报道, 开始在食品、纺织、环境、涂料、机械、智能材料、分子组装、化学检测等领域展示出一定潜力^[2,3]。在医药领域的研究尤为突出, 其目标主要集中在增加药物的稳定性、改善药物的溶解度、控制药物的释放速率、提高药物生物利用度等方面, 重点关注环糊精及其衍生物的合成技术、改性方法及对众多药物小分子的包合及释放规律及特性的研究^[4~6]。但是, 环糊精及其衍生物在环境污染治理方面的研究和应用却很少, 还没能引起人们的广泛关注。在当前环境日益恶化的情况下, 关注环糊精及其衍生物在环境保护方面发挥其作用具有一定的现实意义和潜在价值。

1 环糊精主-客体包合作用影响因素

由于环糊精具有特殊的内疏水外亲水结构, 使得与其接触的污染物之间形成一种主-客体包合物, 通常称环糊精为主体, 进入空腔的化合物称为客体。主-客体包合作用强弱的影响因素主要包括以下几个方面:

(1) 非极性与氢键

因为环糊精空腔极性较低, 所以极性比水低的污染物进入空腔会取代原来空腔内的高能水, 从而形成稳定的包合物。同时有些污染物能与羟基形成氢键, 增强了包合物的稳定性。

(2) 主-客体之间的匹配程度

由于环糊精空腔内侧两圈 H 原子(H-3 和 H-5)及一圈糖苷键的氧原子处于 C—H 键的屏蔽之下而形成的较强的氢键网络, 使得主-客体之间包合的稳定性很大程度上取决于客体分子与空腔的匹配度。客体分子太大无法进入环糊精空腔, 太小又由于疏水作用力和范德华力太小而不稳定^[7]。

(3) pH 和温度

有些客体分子与环糊精形成的包合物其稳定性受 pH 影响很大, 故需在特定的 pH 范围内方能达到最佳包合效果。环糊精主-客体包合物的稳定性还与温度有关, 一般来说温度越低越稳定^[7]。

收稿: 2011-4-28; 修回: 2011-6-8;

基金项目: 国家自然科学基金(20907076); 重庆高校创新团队建设计划(KJTD201020);

作者简介: 梅征(1985—), 男, 硕士研究生, 主要从事环境功能材料研究;

* 通讯作者: E-mail: tdljohn@yahoo. com. cn.

2 环糊精衍生物合成方法

由于天然环糊精疏水区域及催化活性有限,故在实际应用中受到一定限制。为了克服这一缺点需对环糊精进行改性。

改性环糊精是指在保持环糊精大环基本骨架不变情况下引入修饰基团,得到具有不同性质和功能的产物,改性后的环糊精也叫环糊精衍生物^[8]。环糊精衍生物既保持了环糊精包合、释缓和催化的能力^[9],又引入了一些特殊的官能团,所以具有比母体环糊精更优良的性能。

目前对环糊精衍生物的合成方法主要有化学法和酶法两种,其中以化学法为主。化学法是对环糊精分子空腔外表面的羟基进行醚化、酯化、氧化、交联、共聚、接枝、共混等化学反应,使环糊精的分子外表面有新的官能团^[10~12]。反应程度用取代度即平均每个葡萄糖单元中羟基被取代的数量表示。酶法是利用环糊精葡萄糖基转移酶或普鲁蓝酶等将单糖或低聚糖结合到环糊精上,制成支链环糊精的方法^[13]。

3 环糊精及其衍生物在环境污染治理中的应用

目前,环境污染问题日益严重,已成为各国关注的焦点。随着人们对环糊精研究的深入,近年来环糊精及其衍生物已开始应用到环境污染处理的很多领域,取得了较好的效果。

3.1 环糊精及其衍生物在水污染治理中的应用

水处理的传统方法有生物法、絮凝法、氧化法等,这些方法不但处理效率低,且存在二次污染。随着废水类型及每类废水所含污染物种类的增多,需要发展更新的水处理技术。环糊精衍生物的研究和应用为此提供了一种全新的水处理技术和方法,具有灵活、高效、方便的特点^[14]。

地下水中非离子低极性有机物污染,由于在水中溶解性很小,用常规方法很难除去,因此越来越受到人们的关注。环糊精衍生物能增强非离子低极性有机物在水中的溶解度,从而进一步实现对污染物的去除。甲基- β -CD(MCD)和无毒易降解的羟丙基- β -CD(HPCD)能增加2,4,6-三氯苯酚的溶解性,使疏散介质中的三氯乙烯和四氯乙烯溶解度分别提高9.5和36倍^[15~17]。黄磊等^[18]研究发现在适宜条件下,甘氨酸- β -CD对菲的增溶效果显著,在质量浓度30g/L时对菲的增溶倍数可以达到近30倍。以 β -CD为原料,环氧氯丙烷为交联剂合成环糊精聚合物的应用比较广泛,其已被用于水中氯苯^[19]、对-硝基苯酚^[20]、2,4-二硝基酚^[21]和浊度^[22]等的去除。用阳离子化的 β -CD改性天然沸石,改性后的沸石对对-硝基苯酚的吸附能力大大提高^[23,24]。环糊精衍生物在促进农药残留物降解方面也显示出巨大潜力。曾清如等研究表明由于环糊精空腔的包合作用,羟乙基- β -CD、HPCD和其它一些环糊精衍生物能明显增加甲基对硫磷、呋喃丹、五氯酚三种疏水性有机农药在水中的溶解度^[25~28],由于包合作用减小了有机农药对微生物的毒害,从而有利于微生物对有机农药的降解。Kamiya等发现在含有腐殖酸的水溶液中,由于 β -CD衍生物的包合作用,促进了有机磷农药和光诱导自由基的相互作用,从而明显提高了有机磷农药光降解速率常数^[29]。Liu等^[30]实验表明多种环糊精聚合物对农药都有吸附作用,并对其吸附机理进行了探讨。

由于环糊精本身大量的羟基对金属离子有螯合作用,改性之后又引入了新的官能团,所以环糊精衍生物在去除污染水中的重金属方面具有一定优势。李仲谨等^[31,32]用环氧氯丙烷改性 β -CD得到的环糊精聚合物微球对 Pb^{2+} 和 Zn^{2+} 进行吸附实验,表明对 Pb^{2+} 吸附平衡时间为12h,在最佳吸附温度60℃下的饱和吸附量为103.1mg/g,对 Zn^{2+} 的吸附量也较好。石启英等^[33]同样以环氧氯丙烷为交联剂,用 $Na_3P_3O_9$ 进行阴离子化得到阴离子 β -环糊精聚合物微球,发现其对 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 和 Pb^{2+} 都有较强的吸附能力,顺序为 $Zn^{2+} > Pb^{2+} > Cu^{2+}$ 。Cathum等^[34]改性 α -CD制得一种环糊精聚合物固体材料,对一些金属离子(如钙、铅、铬、铁等)去除率达到70%。Kozłowski等研究发现环糊精衍生物对几种重金属都有吸附作用,其选择性吸附顺序为: $Pb^{2+} > Cu^{2+} > Co^{2+} > Ni^{2+} > Zn^{2+}$ ^[35,36]。环糊精衍生物除了可以吸附重金属离子外,还可以作为感光剂探测废水中重金属离子的种类如 Pb^{+} ^[37]、 Pb^{2+} ^[38,39]、 Zn^{2+} ^[40]。

印染废水的排放给环境带来了严重的污染,因为其成分复杂,水质变化大,色度深,浓度高,难于处理。环糊精衍生物可以通过物理吸附、氢键作用和 β -CD空腔的包合作用去除各种染料,为染料废水的处

理提供了一种新思路和新方法。Elif 等^[41]研究了亚甲基二苯二异氰酸酯接枝的 β -CD 聚合物,发现其在 210min 后对刚果红的吸附率达到了 98%。李海丰等^[42]通过实验发现 β -CD 接枝壳聚糖对酸性红 R 的吸附量大于 120mg/g,比壳聚糖大 20.2mg/g。利用柠檬酸改性 β -CD 制得一种吸附材料,发现其对亚甲基蓝有良好的吸附效果,最大吸附量达到 105mg/g,作用后水中的亚甲基蓝浓度能降到 0.11mg/L^[43]。Gregorio^[44]研究了羧基- β -CD 聚合物对阳离子染料碱性蓝 3、碱性紫罗兰 3 和碱性紫罗兰 10 的吸附过程,发现染料分子先是大量扩散到聚合物表面,接着扩散到颗粒内部,形成主-客体包合物,聚合物上的羧基有利于与染料分子形成静电作用,这种聚合物对上述三种染料的吸附量分别是 42.4、35.8、53.2mg/g。

本课题组曾以环氧氯丙烷为交联剂,制得不溶于水且溶胀性较好的 β 和 γ 环糊精聚合物,将其用于吸附水中的苯胺、对甲酚、二甲酚橙、亚甲基蓝、对氯苯酚、2,4-二氯酚等有机污染物,取得了较好的效果^[45~48]。目前,本课题组正致力于用环糊精与树状高分子合成交联聚合物的研究,合成的聚合物既保持了环糊精独特的结构及包含性能,解决了其因水溶性引起的不易与水分离的缺点,又兼具有高分子较好的机械强度、稳定性和化学可调性等特点,预计在水处理方面有较好的应用前景。

3.2 环糊精及其衍生物在土壤污染治理中的应用

随着现代工业的发展,对土壤造成的重金属和有机物污染也越来越严重。由于环糊精及其衍生物能与重金属离子和有机污染物形成包合物,并且能与重金属离子发生络合反应,所以有不少研究者开始将环糊精及其衍生物用于土壤中重金属及有机污染物的治理。羧甲基- β -CD(CMCD) 水溶液对矿渣土壤中砷、铜、铁有明显的去除作用^[49]。Wang 等^[50]用羧甲基化取代度大于 3 的 CMCD 能将土壤中 90% 的 Cd^{2+} 络合,其络合能力与富烯酸和阳离子表面活性剂对重金属的络合能力相当。Ehsan 等^[51]研究表明, β -CD 与乙二胺四乙酸二钠联合作用可以去除土壤中的镉、铬、铜、锰等多种重金属离子。Maturi 等^[52]通过动电修复的方法,利用不同浓度的 HPCD 水溶液去除土壤中的镍离子,得出了高的电渗流,并且高的 HPCD 浓度和低的 pH,可以提高镍的去除效果。甘氨酸- β -CD 改善了 β -CD 与金属的配位能力,从而增加了土壤中重金属的溶解性,在一定条件下有利于沉积在土壤中的 Pb^{2+} 的解析,为 Pb^{2+} 污染土壤的修复提供了基础^[53]。

在活性污泥中添加 MCD 不但能大大降低甲基对硫磷的毒性,而且能提高活性污泥的活性。由于 MCD 易于被土壤吸收并能被土壤中的微生物加以利用,所以不会造成二次污染^[27]。Brusseau 等^[54]研究了 HPCD 对弱极性有机污染物在土壤中传输行为的影响,结果表明 HPCD 的存在对三氯乙烯、萘、联苯、2-氯联苯、3-氯联苯、蒽^[55]、芘等有机污染物在土壤中的传输有明显的促进作用,且这种促进作用随 HPCD 浓度的增加而增强,从而加快了土壤中有机污染物的去除。Ko 等^[56]研究了用 HPCD 去除土壤中的菲,在未加入 HPCD 之前,菲的平均去除率只有 25%,而加入 6.85mM 的 HPCD 后去除率达到 56%,其原因在于加入 HPCD 后提高了渗透电流,对污染物的去除起主要作用。

环糊精是一种能溶于水的生物可降解材料,在自然的污水及土壤中,它的降解速度加快,并且由于很多环糊精衍生物也溶于水,所以为了解决它们因水溶性而引起的不易与水分离的缺点,很有必要合成不溶于水的环糊精高分子衍生物,并将其用于污水中不同染料和有机物的去除,结果发现可以达到较好的处理效果,且易于与水分离,吸附有机污染物的衍生物以甲醇、乙醇等溶液为洗脱剂,经振荡、索氏提取等方式后可实现对污染物的有效脱附和材料的再生^[41,45,57~60]。对于重金属离子溶液,一般在吸附平衡后,用强酸强碱溶液洗涤 2~3 次即可实现完全脱附,再生后的衍生物材料吸附效果仍然很好,且可以多次循环使用^[61]。脱附液经处理后可以对脱附质进行回收利用,从而实现无害化。

3.3 环糊精及其衍生物在大气污染治理中的应用

环糊精及其衍生物在大气污染治理中的应用主要是由于其富电性的疏水空腔能包含吸收空气中的有害成分。多环芳烃(PAHs)类有机污染物广泛分布于环境中,具有强烈的致癌性、致畸性和致突变性。这些物质在大气中的浓度通常很低,不易去除。由于晶体环糊精呈笼型或管道结构,除空腔外晶格间的空隙也能结合气体有机分子,因此固体状态的环糊精具有从气相中捕获 PAHs 的能力^[62]。Butterfield 等^[63]研究了用固体环糊精来富集大气中的有机污染物。通过对其作用机理的研究表明,气相有机污染

物与环糊精的作用是一种包合作用,而不是一种吸附或者缔合作用。研究人员在此基础上,提出了一种采用固体环糊精改进的空气样品采样系统。孙梦君等^[64]用 β -CD修饰Ce/TiO₂催化剂,考察了该催化剂对空气中甲苯污染物的光催化活性,发现 β -CD修饰的催化剂单位面积比活性比未修饰的Ce/TiO₂催化剂提高0.59倍,甲苯的去除率提高35%。Isabelle等^[65]用环氧氯丙烷交联MCD得到的新型环糊精聚合物,通过实验表明其对气相甲苯有较好的吸附作用。

4 结论与展望

环糊精作为一种环境友好型材料,因其独特的结构已开始引起一些环保工作者强烈的兴趣。如今环糊精及其衍生物在环境中的研究取得了初步成效,显示出了一定的优越性和应用价值。但是还存在一些不足,如对环糊精一些基础理论的研究不够,还需进一步完善;对多功能环糊精衍生物的研究及合成工艺的优化,降低环糊精衍生物成本;对环糊精衍生物与污染物的作用、作用后的分离及其再利用的研究等。

综上所述,我们不难发现环糊精及其衍生物在环境污染治理中前景广阔,今后的研究方向将集中在几个方面:(1)合成固载环糊精衍生物,使其作为微生物的载体实现固定化微生物包埋,从而实现对污染水中BOD、COD及氨氮的去除;(2)将环糊精衍生物用于成分复杂的垃圾渗滤液的处理;(3)环糊精衍生物在大气污染治理方面的应用较少,对这一领域的研究还需更加深入;(4)将环糊精及其衍生物用于设计合成分子高敏感选择性传感器,用于环境中新型污染物的快速检测。随着对环糊精及其衍生物这种环境友好型材料研究的不断深入,必将在环境治理中发挥越来越大的作用。

参考文献:

- [1] 李效红,王延平,郝学奎. 兰州工业高等专科学校学报, 2010, 17(6): 52~58.
- [2] 余志军,范敏敏,孟宪伟,张晟. 高分子通报, 2009, 4: 31~37.
- [3] 康燕,闫强,王焱尧,袁金颖. 高分子通报, 2010, 10: 27~37.
- [4] Ren L X, He L H, Sun T C, Dong X, Chen Y M, Huang J, Wang C. Macromol Biosci, 2009, 9(9): 902~910.
- [5] Chen J, Rong L, Lin H, Xiao R J, Wu H F. Mater Chem Phys, 2009, 116(1): 148~152.
- [6] Ni X P, Cheng A, Li J. J Biomed Mater Res, 2009, 88(4): 1031~1036.
- [7] 陈秋实. 化工时刊, 2007, 28(8): 49~52.
- [8] 袁超,金征宇,王晨光. 粮食与油脂, 2006, (5): 38~40.
- [9] 李宁,张韵慧,熊晓莉. 高分子通报, 2005, 6: 1~6.
- [10] Shan T, Chen J, Yang L M, Jie S W, Qian Q. J Radioanal Nucl Chem, 2009, 279(1): 75~82.
- [11] Mathews A S, Cho W J, Kim I, Ha C S. J Appl Polym Sci, 2009, 113(3): 1680~1689.
- [12] Volet G, Amiel C. Euro Polym J, 2009, 45(3): 852~862.
- [13] 张远超,黄立新,徐正康. 现代食品科技, 2008, 24(9): 947~951.
- [14] 郑少杰,陈文思,张秀菊,林志丹. 纤维素科学与技术, 2008, 16(4): 53~60.
- [15] Hanna K, Brauer C D, Germain P. J Hazard Mater, 2003, 100(1~3): 109~116.
- [16] Bizzigotti G O, Reynolds D A, Kueper B H. Environ Sci Technol, 1997, 31(2): 472~478.
- [17] Boving T B, Wang X J, Brusseau M L. Environ Sci Technol, 1999, 33(5): 764~770.
- [18] 黄磊,王光辉,于荣,邓南圣. 环境污染与防治, 2010, 32(3): 23~27.
- [19] 凡冬艳,齐笑言,李萌等,邹东雷. 环境科学与技术, 2010, 33(12F): 258~260.
- [20] 石启英,李仲谨,杨威,苗宗成,刘艳. 水处理技术, 2011, 37(2): 14~17.
- [21] 葛亚芳,李明春,辛梅华,谢峰. 化工进展, 2010, 29(2): 233~237.
- [22] 郝学奎,马守才,王焱奇. 兰州工业高等专科学校学报, 2010, 17(5): 1~4.
- [23] Li X H, Zhu K, Hao X K. Water Sci Technol, 2009, 60(2): 329~337.
- [24] 李效红,朱琨,郝学奎. 环境工程学报, 2008, 2(7): 922~926.
- [25] 曾清如,罗跃初,杨仁斌,廖柏寒. 环境化学, 2002, 21(5): 471~475.
- [26] 罗跃初,曾清如,廖柏寒,杨仁斌. 环境科学学报, 2001, 21: 101~105.
- [27] 刘嫦娥,曾清如,周细红,郭正元,廖柏寒. 农业环境科学学报, 2003, 22(1): 109~112.
- [28] 陈云飞,曾清如,马云龙,姚作芳,刘小燕,杨成建. 环境科学与技术, 2008, 31(4): 37~40.
- [29] Kamiya M, Kameyama K, Ishiwata S. Chemosphere, 2001, 42(3): 251~255.

- [30] Liu H H, Cai X Y, Wang Y, Chen J W. *Water Res*, 2011, 45(11): 3499~3511.
- [31] 李仲谨, 韩春鹏, 杨威, 丁金皓, 苗宗成, 赵燕. *食品科技*, 2010, 35(10): 244~247.
- [32] 李仲谨, 杨威, 刘艳, 赵燕, 李健基. *食品科学*, 2011, 32(01): 35~38.
- [33] 石启英, 杨威, 李仲谨, 王帆, 安毅坤. *化工新型材料*, 2011, 39(2): 50~52.
- [34] Cathum S J, Boudreau A, Obenauf A, Dumouchel A, Brown C, Punt M. *Remediation*, 2006, 16(4): 43~56.
- [35] Kozłowski C A, Girek T, Walkowiak W, Koziol J J. *Sep Purif Technol*, 2005, 46(3): 136~144.
- [36] Kozłowski C A, Walkowiak W, Girek T. *J Membr Sci*, 2008, 310(1~2): 312~320.
- [37] Charalampopoulos V G, Papaioannou J C, Kakali G, Karayianni H S. *Carbohydr Res*, 2008, 343(3): 489~500.
- [38] Bouzitoun M, Mlika R, Gam H, Ouada H B, Majdoub M, Sfihi H. *Mater Sci Eng C*, 2006, 26(2~3): 481~485.
- [39] Tan W, Zhang D Q, Wen G Y, Zhou Y C, Zhu D B. *J Photochem Photobiol A*, 2008, 200(1): 83~89.
- [40] Chen Y, Han K Y, Liu Y. *Bioorg Med Chem*, 2007, 15(13): 4537~4542.
- [41] Elif Y O, Mustafa Y. *J Hazard Mater*, 2007, 148(1~2): 303~310.
- [42] 李海丰, 王光辉, 王学刚, 于荣, 汪玉庭, 邓南圣. *环境科学与技术*, 2009, 32(10): 1~4.
- [43] Zhao D, Zhao L, Zhu S C, Huang W Q, Hu J L. *J Inclusion Phenom Macrocycl Chem*, 2009, 63(3~4): 195~201.
- [44] Gregorio C. *Dyes Pigm*, 2008, 77(2): 415~426.
- [45] 李宁, 熊晓莉, 赵文哲. *环境工程学报*, 2009, 3(12): 2215~2218.
- [46] Li N, Mei Z, Chen S M. *Fresenius Environ Bull* 2009, 18(11): 2249~2253.
- [47] Li N, Mei Z, Ding S G. *J Incl Phenom Macrocycl Chem*, 2010, (68): 123~129.
- [48] Li N, Xiong X L, Li R B. *Environ Sci Inf Appl Technol*, 2009, 701~704.
- [49] Chatain V, Hanna K, Brauer C D, Bayard R, Germain P. *Chemosphere*, 2004, 57(3): 197~206.
- [50] Wang X J, Brusseau M L. *Environ Sci Technol*, 1995, 29(10): 2346~2351.
- [51] Ehsan S, Prasher S O, Marshall W D. *Chemosphere*, 2007, 68(1): 150~158.
- [52] Maturi K, Reddy K R. *Chemosphere*, 2006, 63(6): 1022~1031.
- [53] 罗娇, 王光辉, 于荣. *农业环境科学学报*, 2011, 30(4): 684~689.
- [54] Brusseau M L, Wang X J, Huang Q G. *Environ Sci Technol*, 1994, 28(5): 952~956.
- [55] 黄磊, 王光辉, 于荣, 邓南圣. *土壤*, 2011, 43(2): 258~263.
- [56] Ko S O, Schlautman M A, Carraway E R. *Environ Sci Technol*, 2000, 34(8): 1535~1541.
- [57] Murai S, Imajo S, Inumaru H, Takahashi K, Hattori K. *J Colloid Interface Sci*, 1997, 190(2): 488~490.
- [58] Yu J C, Jiang Z T, Liu H Y, Yu J G, Zhang L Z. *Anal Chim Acta*, 2003, 477(1): 93~101.
- [59] Ozmen E Y, Sezgin M, Yilmaz A, Yilmaz M. *Bioresour Technol*, 2008, 99(3): 526~531.
- [60] Crini G. *Bioresour Technol*, 2003, 90(2): 193~198.
- [61] Li F Y, Sun X M, Zhang H Z, Li B H, Gan F X. *J Appl Polym Sci*, 2007, 105(6): 3418~3425.
- [62] 杨自明, 顾娟, 赵焱. *云南化工*, 2007, 34(1): 65~68.
- [63] Butterfield T, Agbaria R A, Warner I M. *Anal Chem*, 1996, 68(7): 1187~1192.
- [64] 孙梦君, 柳丽芬, 杨凤林. *中国环境科学*, 2008, 28(7): 593~598.
- [65] Isabelle M F, Davy B, Sophie F. *J Incl Phenom Macrocycl Chem*, 2011, 69(3~4): 433~437.

Application of Cyclodextrins and theirs Derivatives in Environmental Control

MEI Zheng, LI Ning

*(College of Environmental and Biological Engineering, Chongqing Technology
and Business University, Chongqing 400067, China)*

Abstract: Cyclodextrins, composed of various D-glucopyranose structural units, are conically shaped molecule with tubular configuration derived from cyclic arrangement of the D-glucopyranose units. Theirs unique structures of exo-hydrophilicity and endo-hydrophobicity determine particular performances. Currently cyclodextrins and theirs derivatives are the most widely used in pharmacy, while less report occurs in treatment of environmental pollutants. The paper refers to the influence factors of cyclodextrins inclusion between theirs frameworks and pollutants, the methods to prepare cyclodextrin derivatives, reviews of their up-to-date researches on the treatment of polluted water, soil and atmosphere. It is proposed that they have a better application prospects in environmental treatment aspects, and the future research direction on environmental treatments is put forward.

Key words: Cyclodextrin; Cyclodextrin derivatives; Pollution treatment; Organic contaminants; Heavy metals