



湿地土壤中多环芳烃和 重金属的分布特征及 生态风险评价

徐建玲 王汉席 韩哲 盛连喜 刘学军 著

Distribution Characteristics and Ecological Risk
Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and
Heavy Metals in Wetland Soils



科学出版社

湿地土壤中多环芳烃和重金属的 分布特征及生态风险评价

徐建玲 王汉席 韩 哲 盛连喜 刘学军 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

土壤是湿地生态系统生命的载体,不合理地施用化肥和农药、随意处置生活垃圾等人类活动均可能使湿地土壤中多环芳烃、重金属等环境激素含量上升。因此,定期开展湿地土壤多环芳烃、重金属污染与风险评价对保护与合理利用湿地具有重要的科学意义。本书作者以莫莫格自然保护区为研究对象,通过野外采样和室内实验,利用多元统计分析方法和 GIS 技术系统研究了该湿地土壤多环芳烃、重金属的含量特征、来源,并采用多种土壤环境质量和潜在生态风险评价方法评价了湿地土壤多环芳烃、重金属污染现状及其潜在生态风险程度。

本书详细阐述了湿地土壤中重金属和多环芳烃生态风险评价的研究过程,提出湿地土壤中重金属和多环芳烃的生态风险研究基本框架及管理措施,具有很强的学术性和实用价值,可供从事环境风险管理的研究者或湿地管理及环境决策者参考,也可作为环境科学与工程、生态学等专业教师和学生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

湿地土壤中多环芳烃和重金属的分布特征及生态风险评价/徐建玲等著.
—北京:科学出版社,2017.3

ISBN 978-7-03-051613-8

I. ①湿… II. ①徐… III. ①湿地-土壤污染-环境生态评价-研究-吉林 IV. ①X53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 018783 号

责任编辑:张 震 孟莹莹/责任校对:贾伟娟

责任印制:张 伟/封面设计:无极书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京厚诚则铭印刷科技有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 3 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2017 年 3 月第一次印刷 印张:10 1/4 插页:1

字数:200 000

定价:70.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序

当人类走进 21 世纪,生活变得更加丰富多彩时,地球生态系统也正悄无声息地变化着。

湿地,作为地球三大生态系统之一,无私给予人类各种物质与能量,同时受各种地质灾害与人类生活的干预,不断演化,面积萎缩,其内部物质构成及物质成分也在不断地发生变化,这种变化极具危害性,因此,保护湿地、合理开发与应用湿地、科学管理湿地,是研究地球三大生态系统环境质量的重要课题之一。1971 年 2 月 2 日,来自 18 个国家的代表在伊朗的拉姆萨尔共同签署了《湿地公约》,全称为《关于特别是作为水禽栖息地的国际重要湿地公约》,明确界定了湿地的概念,规定了各缔约国必须确认人类同其环境的相互依存关系,希望制止各缔约国现在及将来对湿地的侵蚀,确信具有远见的国家政策与协调一致的国际行动相结合以确保对湿地及其动植物区系的保护。

做好湿地保护,开发与合理利用湿地造福人类,前提是对湿地进行科学评估,评价其污染状态,评价其总体生态环境,了解其生态风险,提出风险管理对策,制定风险管理机制。

《湿地土壤中多环芳烃和重金属的分布特征及生态风险评价》一书,正是在这种背景下出版发行的一部专著。该书基于中国湿地现状,特别是紧紧围绕莫莫格湿地,探究了重金属与多环芳烃的性质及其对湿地的危害,通过深入地采集土壤样品并进行监测,分析了莫莫格湿地重金属与多环芳烃的特征、含量与分布,进行了其污染评价与生态风险评价,进而提出湿地土壤风险管控措施。

湿地生态环境对人类的生存至关重要,科学利用与保护湿地,对人类生活的持续发展更为重要。该书以莫莫格湿地为例,以研究重金属与多环芳烃等湿地污染的特点及评价机制为切入点进行了考察,系统研究了湿地生态风险评价过程及

方法,提出了科学的保护与发展管理对策,具有样本量大、数据丰富、方法多样化、论证严谨、推理严密等特点。

该书立足现实,着眼湿地生态发展前沿。尤其是我国虽积极参与了国际社会的湿地生物多样性保护行动,国内有些地方也制定出了适合本区域的法规规章,但随着实践活动的不断深入,湿地生物多样性保护立法存在的一些问题也就随之显现,对湿地污染与生态风险的评价也缺乏系统深入的研究,该书的出版具有积极的现实意义和研究参考价值。

该书可作为专业研究湿地生态人员的参考书,也可作为地理科学、环境科学、环境工程等专业的教师和学生的参考书,还可作为热衷于环境保护人士的科学普及书。总之,该书是具有重要学术价值和实用价值的著作。

中国工程院院士

刘兴土

2016年11月于长春

前 言

环境激素污染已成为人们广泛关注的一个全新的全球性环境问题。多环芳烃类化合物、重金属是广泛存在于环境中的重要环境激素。

湿地在流域中处于水陆交错的特殊过渡区域，是地表重要的景观覆盖类型和生态系统，与土地利用、人类活动息息相关。湿地土壤更是湿地系统中污染物沉积的主要部分，应该得到更好的防护和治理。对湿地土壤中多环芳烃和重金属的浓度和分布特征等进行研究，可以确定研究区域湿地土壤多环芳烃和重金属的污染情况，为土壤污染的治理奠定理论基础，为湿地土壤保护提供理论支撑，对保护丹顶鹤等珍稀鸟类、稀有植物的生存和人类的健康更具有深远的意义。

莫莫格自然保护区位于吉林省白城市镇赉县东部，1997年被列为国家级自然保护区，是吉林省最大的湿地，被誉为吉林西部之肾。本书首次定量评价莫莫格湿地土壤中多环芳烃类化合物、重金属的分布和可能来源以及潜在的风险；综合运用污染、生态、健康风险评价相结合的方法进行定量化风险评价，为风险管理提供科学依据。

全书共九章。第一章阐述了湿地概况及土壤中重金属和多环芳烃的研究现状及湿地土壤中重金属和多环芳烃的生态风险评价的理论、现实意义以及本书的研究框架；第二章阐述了生态风险评价基础；第三章探讨了湿地土壤样品的采集与监测分析方法；第四章研究了湿地土壤中重金属与多环芳烃的分布特征，同时通过统计分析、相关分析、主成分分析和聚类分析方法分析了其来源；第五章对湿地土壤中重金属与多环芳烃进行了污染评价；第六章概述了湿地土壤中重金属的潜在生态风险评价的方法并开展了莫莫格湿地土壤中重金属的潜在生态风险评价；第七章对湿地土壤中多环芳烃的潜在生态风险研究现状进行了概述，基于生物毒性评价和有机碳归一化法开展了莫莫格湿地土壤中多环芳烃的生态风险评价，最后基于潜在致癌风险、终身致癌风险开展了健康风险评价研究；第八章探讨了生态风险管理及其与生态风险评价的关系，并提出了莫莫

格湿地土壤污染管理措施；第九章总结了莫莫格湿地土壤中重金属和多环芳烃的分布特征和生态风险，展望了研究前沿和发展趋势。

本书写作分工如下：前言由徐建玲完成；第一章由徐建玲、王汉席、韩哲、盛连喜、刘学军、刘元园、卢月完成；第二章由徐建玲、王汉席、刘学军、郑晓雪、刘元园完成；第三章由徐建玲、王汉席、韩哲、刘元园、郑晓雪、李伟完成；第四章由徐建玲、王汉席、刘元园、郑晓雪、卢月完成；第五章由徐建玲、王汉席、刘元园、郑晓雪、卢月完成；第六章由徐建玲、刘元园、郑晓雪、李伟完成；第七章由徐建玲、郑晓雪、卢月完成；第八章由徐建玲、刘元园、郑晓雪完成；第九章由徐建玲、刘元园、郑晓雪完成。全书由徐建玲、王汉席、韩哲、盛连喜、刘学军统稿。

本书研究成果以国家环境保护湿地生态与植被恢复重点实验室博士后项目“莫莫格湿地土壤中多环芳烃化合物的分布特征及风险评价”和吉林省科技发展计划项目“湿地中重金属类环境激素的生态风险评价及修复技术研究”为依托。本书第一作者从项目申报到项目结题得到了众多专家的建议，最后以优秀博士后成绩出站，并且所主持的上述吉林省科技发展计划项目以国际领先水平的成绩通过验收。

作者在本书内容研究、写作和出版过程中得到了国家环境保护湿地生态与植被恢复重点实验室、吉林省科学技术厅和莫莫格自然保护区有关人员的大力支持，得到了吉林大学汤洁教授、吉林农业大学窦森教授、东北师范大学尚金城教授的悉心指导；刘兴土院士在百忙之中为本书作序，科学出版社的编辑们为本书出版付出了辛勤的劳动，在此一并表示衷心感谢。

本书即将完稿之时，正值10月收获的季节，在人们欣赏大自然的金秋美景之际，我身在陋室内完成人生的第一部学术专著。一路走来，有鲜花，有荆棘，正可谓酸、甜、苦、辣都是歌，这一切都深藏在记忆中。感恩一路为我指导、为我带来温暖和关爱的老师、朋友及我的家人们。

由于作者水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请批评指正。

徐建玲

2016年秋于长春

目 录

序

前言

第一章 绪论	1
第一节 研究背景	1
第二节 中国湿地概况	3
一、湿地类型	4
二、湿地分布	5
三、研究现状	7
第三节 重金属与多环芳烃的性质与危害	8
一、重金属的性质与危害	8
二、多环芳烃的性质与危害	9
第四节 莫莫格湿地概况	11
一、自然条件	11
二、社会经济条件	14
三、研究现状	18
第五节 研究框架	20
参考文献	21
第二章 生态风险评价基础	24
第一节 基本概念	24
一、风险	24
二、风险评价	24
三、生态风险评价	25

四、湿地生态风险评价	26
第二节 生态风险评价的目标与主要内容	26
第三节 生态风险的评价程序	27
一、评价问题的形成	27
二、暴露分析	28
三、生态效应分析	29
四、风险表征	30
第四节 生态风险评价方法	31
一、熵值法	31
二、概率法	31
三、外来物种生态风险评价方法	32
四、生物工程生态风险评价方法	32
五、综合生态风险评价方法	33
第五节 研究的热点和难点问题	33
参考文献	34
第三章 湿地土壤样品的采集与监测分析方法	36
第一节 土壤样品的采集与保存	36
一、土壤样品的采集	36
二、土壤样品的处理与储存	39
三、莫莫格湿地土壤样品的采集与保存	41
第二节 土壤样品中重金属含量的分析方法	43
一、土壤样品的预处理	43
二、重金属元素的测定方法	43
三、莫莫格湿地土壤样品中重金属含量的分析	45
第三节 土壤样品中多环芳烃含量的分析方法	46
一、多环芳烃的前处理方法	47
二、多环芳烃的测定方法	50

三、莫莫格湿地土壤样品中多环芳烃含量的分析方法	51
第四节 质量控制/保证体系	52
参考文献	54
第四章 湿地土壤中重金属与多环芳烃的分布特征	56
第一节 研究概述	56
一、湿地重金属分布特征研究	56
二、湿地 PAHs 分布特征研究	58
第二节 莫莫格湿地土壤中重金属与多环芳烃的含量	60
一、莫莫格湿地土壤中重金属的含量	60
二、莫莫格湿地土壤中多环芳烃的含量与组成	63
第三节 莫莫格湿地土壤中重金属与多环芳烃的分布	66
第四节 莫莫格湿地土壤中重金属与多环芳烃的相关性分析	70
第五节 莫莫格湿地土壤中重金属与多环芳烃的来源分析	73
一、概述	73
二、莫莫格湿地土壤中重金属的来源分析	74
三、莫莫格湿地土壤中多环芳烃的来源分析	79
第六节 小结	84
参考文献	85
第五章 湿地土壤中重金属与多环芳烃的污染评价	88
第一节 研究概述	88
一、湿地土壤重金属的污染特征研究	88
二、土壤与湿地土壤多环芳烃的污染特征研究	90
三、重金属与多环芳烃的污染评价方法	92
第二节 莫莫格湿地土壤中重金属的污染评价	95
一、基于土壤背景值的单因子指数评价	95
二、基于土壤环境质量标准的单因子指数评价	97
三、内梅罗指数评价	98

四、地累积指数评价	99
五、评价结果对比分析	100
第三节 莫莫格湿地土壤中多环芳烃的污染评价	102
一、标准对比法	102
二、污染区间值法	104
第四节 小结	105
参考文献	106
第六章 湿地土壤中重金属的生态风险评价	109
第一节 研究概述	109
第二节 莫莫格湿地土壤中重金属的潜在生态风险评价	113
一、土壤中重金属潜在生态风险评价方法概述	114
二、莫莫格湿地土壤中重金属的潜在风险评价	115
第三节 莫莫格湿地土壤重金属的潜在生态风险的空间分析	117
第四节 小结	119
参考文献	119
第七章 湿地土壤中多环芳烃的生态风险评价	121
第一节 研究概述	121
第二节 莫莫格湿地土壤中多环芳烃的生态风险评价	124
一、生物毒性评价	124
二、有机碳归一化法	126
第三节 莫莫格湿地土壤中多环芳烃的健康风险评价	127
一、潜在致癌风险评价	128
二、终身致癌风险评价	129
第四节 小结	130
参考文献	130
第八章 生态风险管理措施	133
第一节 生态风险管理概述	133

一、生态风险管理及其与生态风险评价的关系	133
二、国内外有关生态风险管理的研究	134
三、生态风险管理措施	136
第二节 莫莫格湿地土壤污染管控措施	137
一、减少固体废弃物污染	137
二、减少农药、化肥污染	138
三、改变农业、养殖业的生产方式	138
四、限制和监控区域内的社会生产活动	139
第三节 莫莫格湿地土壤环境的修复措施	139
一、莫莫格湿地土壤中的重金属修复对策	139
二、莫莫格湿地土壤中的多环芳烃修复对策	142
第四节 小结	145
参考文献	145
第九章 结论与展望	149
第一节 结论	149
一、湿地土壤中重金属与多环芳烃的分布与污染特征	149
二、湿地土壤中重金属、多环芳烃的生态风险评价与管理对策	150
第二节 展望	150
参考文献	151

彩图

第一章 绪 论

第一节 研究背景

环境质量是一个备受关注的问题，尤其是在人类干预日益明显和频繁的现代 society。2005 年《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020 年）》就已经指出“我国环境污染严重；生态系统退化加剧；污染物无害化处理能力低；全球环境问题已成为国际社会关注的焦点”，并且提出“改善生态与环境是事关经济社会可持续发展和人民生活质量提高的重大问题”。由此可见，环境对于生活在其中的人类及其他生物体意义重大，但由于人类的活动，生态环境面临着许多风险。例如，来自工业、农业、日常生活或交通运输等方面的各类污染物引起环境污染；不合理的采伐、捕鱼、狩猎导致生态平衡被打破，造成生态破坏。

湿地是自然界生物多样性最丰富的生态景观之一，在水土保持、净化水质、稳定环境、保护物种基因及资源利用等方面有着其他生态系统难以替代的作用(吴沿友等, 2005)。国家林业局于 2009~2013 年组织完成了第二次全国湿地资源调查，结果显示，我国 96%的可利用淡水资源存储于湿地中。湿地净化水质的作用十分突出，1hm²湿地可去除大约 1000kg 氮和 130kg 磷。近几十年来，随着我国城市化、工业化和全球化的快速和深入发展，污水排放、石油开采、农业灌溉、金属冶炼等人类活动越来越频繁，导致湿地面积减少，湿地土壤、水体和沉积物中污染物种类和数量增多，污染程度加重。湿地一般发育在地势低洼的环境，由环境变迁及人类活动所产生的大量污染物汇集于湿地内，使其成为重金属、有机污染物等难降解污染物的最终归宿场所之一（刘庆等, 2013；Xu et al., 2017）。

重金属可随着湿地水体的流动进行迁移转化，直接影响湿地水体环境质量，也可与底泥（沉积物）结合，在某种条件下释放出来，转移到地下水或地表水中，

给水体中的生物和植物带来威胁，如 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 和 Pb^{2+} 3 种金属离子浓度的增加，会导致七带石斑鱼胚胎产生畸形，以及初孵仔鱼死亡（孔祥迪等，2014）。此外，重金属污染物通过灌溉、水体补给等方式进入湿地土壤中，可能被土壤吸收、累积，影响土壤中动物的活动和繁殖，影响植物的生长。现实中，湿地常成为建筑垃圾、工业废水、生活污水的汇集库，使湿地面临重金属污染的风险。部分粮食作物（如水稻、玉米）和蔬菜（如菠菜、莴笋、花菜）对湿地土壤中的重金属有不同程度的吸收作用，重金属便通过食物链方式给人类、鸟类、畜类带来健康风险。

多环芳烃（PAHs）类化合物是一类广泛存在于环境中的持久性有机污染物，也是环境激素之一。1979 年，美国环境保护署（United States Environmental Protection Agency, USEPA）把 16 种多环芳烃列为优先控制的有毒有机污染物。PAHs 具有特殊的环状结构，化学性质相对稳定，很少受到光化学和生物氧化作用的影响，低溶解性和憎水性的特点使其容易被颗粒状物质吸附，从而使其在沉积物、土壤等介质中持续时间长，浓度累积较高，而多环芳烃中的苯并[a]芘、芘等具有很强的致癌性和诱变性。在湿地土壤或沉积物中的多环芳烃可以通过动植物的呼吸、吸收、摄食等途径进入生物圈，并在生物体内富集，对生物造成危害，最终经食物链进入人体，危及人类的健康（Xu et al., 2017）。

环境系统的可持续性在很大程度上取决于一个可持续发展的土壤生态系统，土壤被污染，生态系统也随之发生变化。重金属及多环芳烃可在环境中保持多年，在重金属及多环芳烃的污染源被移除后，仍可能会给生命体造成长期的风险。由于重金属及多环芳烃潜在的风险和对土壤生态系统的不利影响，土壤重金属及多环芳烃的积累受到越来越多的关注，土壤污染成为环境科学的一个重要研究领域（Xu et al., 2017）。本书具有以下三方面的意义。

（1）对湿地土壤中重金属及多环芳烃的污染状况进行研究，可以确定研究区域湿地土壤的污染情况，从而更详细地了解自然因素与人类活动对湿地造成的综合影响，为开展土壤污染的治理与修复奠定理论基础，也为湿地土壤保护提供理论支撑，对保护丹顶鹤等珍稀鸟类、稀有植物的生存以及人体的健康意

义更为深远。

(2) 对湿地土壤中重金属及多环芳烃的来源进行分析研究, 可以更加清楚地确定研究区域的污染来源, 为控制污染提供导向作用, 使污染的控制更有方向性和针对性, 可为湿地污染的治理工作提供基础数据, 为修复、控制湿地土壤中环境激素的污染提供科学依据和对策。

(3) 开展湿地土壤中的重金属及多环芳烃风险评价, 可以充分了解区域的环境污染程度, 解析土壤中重金属及多环芳烃对人体和生态的危害程度, 建立从污染物到效应体之间的关系, 希望能够引起相关部门的重视, 并在一定程度上起到警示作用, 这对于保护湿地生物与人类健康具有重要的理论与现实意义。

第二节 中国湿地概况

湿地指天然或人工形成的沼泽地等带有静止或流动水体的成片浅水区, 还包括在低潮时水深不超过 6m 的水域, 与森林、海洋并称全球三大生态系统, 在世界各地分布广泛。中国是世界上湿地类型齐全、数量较多的国家之一, 拥有湿地面积 5360.26 万 hm^2 (国家林业局湿地保护管理中心, 2013), 约占世界湿地面积的 10%, 居亚洲第一位, 世界第四位。类型多、绝对数量大、分布广、区域差异显著和生物多样性丰富是中国湿地的主要特点。

我国自 1992 年加入《关于特别是作为水禽栖息地的国际重要湿地公约》(简称《湿地公约》), 到 2015 年, 青海湖的鸟岛、湖南洞庭湖、香港米埔-后海湾、黑龙江兴凯湖、吉林莫莫格国家级自然保护区等 41 个湿地被列入《国际重要湿地名录》, 总面积 400 万 hm^2 。1992 年, 我国加入《湿地公约》时第一批列入 6 个; 1997 年, 香港回归祖国, 香港米埔-后海湾成为我国第 7 个国际重要湿地; 2002 年、2005 年和 2008 年第二批 14 个、第三批 9 个、第四批 6 个湿地分别获得《湿地公约》认可; 2009 年, 1 个湿地被列入该名录; 2015 年, 4 个湿地被新列入。列入《国际重要湿地名录》是一种荣誉。一个国家列入该名录的湿地越多, 说明

该国家的生态保护意识越强。

一、湿地类型

湿地的分类方法众多，可从不同的角度进行分类。湿地成因有 3 种，即水体湿地化、陆地湿地化和海岸带演化。Cowardin 等据此将湿地和深水系统分为海成、海湾成因、河成、湖泊成因和沼生湿地系统，并在其之下按照地貌部位、基底物质组成的不同，将湿地在 4 个特征等级上进行分类 (Wilén et al., 1993)。Brinson 则依照湿地的功能，以地貌、水文和水动力特征作为湿地的 3 个基本特征，将湿地、湿地水源补给的方式、湿地水流的强度和流向进行分类 (Brinson, 1993)。这是目前比较有代表性的两种湿地分类方法。在此基础上，结合二者优点又诞生了更有效的综合分类方法 (殷康前和倪晋仁, 1998)。

根据我国的湿地现状以及《湿地公约》分类系统，相关部门初步确定了全国湿地分类框架。我国的湿地可分为天然湿地和人工湿地两大类。1999 年，国家林业局参照《湿地公约》的分类，将我国的湿地划分为近海与海岸湿地、河流湿地、湖泊湿地、沼泽湿地、库塘 (人工湿地) 5 大类 28 种类型。

国家林业局于 2009~2013 年组织完成了第二次全国湿地资源调查，各类型湿地面积所占比例如图 1-1 所示 (国家林业局湿地保护管理中心, 2013)。

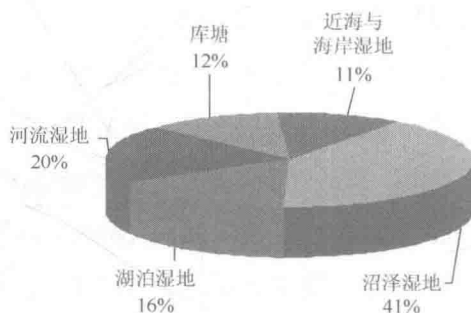


图 1-1 我国各类型湿地面积所占比例

我国现有近海与海岸湿地 579.59 万 hm^2 ，发育在陆地与海洋之间，是海洋和

大陆相互作用最强烈的地带。近海与海岸湿地主要有 4 种类型：分布在潮间带的红树林沼泽、位于海洋低潮线以下潮下水生层的海草湿地、有盐生植物生长的潮间盐沼、底质以淤泥为主的潮间淤泥质海滩。

我国河流的特点：河流众多、水量丰沛、水系类型多样、水利资源丰富和经济地位显著。我国现有河流湿地 1055.21 万 hm^2 ，分为永久性河流、季节性或间歇性河流、洪泛平原湿地 3 种类型。

湖泊既可以分布在地球表面任何一个地理或气候区域，如热带、温带和寒带，又可以在低海拔的滨海平原，或在高海拔的高原、盆地。由于湖泊的分布没有地带性规律可循，也不受海拔的限制，湖泊作为地表水的重要类型，其岸边或浅湖发生沼泽化形成的湖泊湿地，在地球上广泛分布。我国现有湖泊湿地 859.38 万 hm^2 ，长期占有大陆封闭洼地的水体，并积极参与自然界的水循环。

沼泽湿地包括沼泽和沼泽化草甸，是最主要的湿地类型。从其植被类型划分则又可分为藓类沼泽、草本沼泽、灌木沼泽、森林沼泽、沼泽化草甸和内陆盐沼几个种类。

库塘属于人工湿地，是指为灌溉、水电、防洪等目的而建造的人工蓄水设施。人工湿地的出现缓解了近年来湿地面积减少的问题（国家林业局湿地保护管理中心，2013）。

以发生学原则为基础，按照营养等级，又可将我国湿地分为富营养型沼泽、中营养型沼泽和贫营养型沼泽 3 种类型。其中，富营养型沼泽又可主要分为浮生型苔草沼泽组、丛生型苔草沼泽组、蘆草沼泽组、芦苇沼泽组等，是沼泽发育的最初阶段；中营养型沼泽则主要包括浮生苔草和藓类沼泽、丛生苔草和藓类沼泽、落叶松和藓类沼泽；贫营养型沼泽往往是沼泽发育的最后阶段，分为泥炭藓沼泽、刺子莞和泥炭藓沼泽两种类型（郎惠卿，1983）。

二、湿地分布

全球湿地分布具有一定的规律性，北纬 $45^{\circ}\sim 75^{\circ}$ 主要分布着草本沼泽和酸沼；