

文章编号 1001-8166(2002)06-0848-07

近 10 年来我国泥炭地学的研究进展

赵红艳,王升忠,白燕,冷雪天

(东北师范大学泥炭沼泽研究所,吉林 长春 130024)

摘要 我国泥炭地学经过 30 余年的初创时期,到 1990 年基本完成了创建阶段。20 世纪 90 年代以来,泥炭地学处于发展时期,在泥炭沼泽生态系统、泥炭特性与物质组成、泥炭形成环境与聚煤作用对比、泥炭地温室气体与全球变化、泥炭沼泽水文与微地貌、泥炭形成机制与成炭期、泥炭地层以及以泥炭为信息载体的环境变迁等方面的研究日益接近世界先进水平,某些研究甚至处于世界领先地位;与国际交往更加频繁,在泥炭应用和研究方法等方面也取得了显著成就。但泥炭地恢复等方面研究较加拿大等先进国家还有一定距离。总结了我国泥炭地学近 10 年的研究历史和现状,并对未来研究做了展望。

关键词 泥炭地,碳循环,煤相;环境演化,恢复与保护

中图分类号 P61 文献标识码 A

泥炭是不同分解程度的松软有机体堆积物,其有机质含量占 30% 以上^[1]。泥炭地是发育、堆积泥炭的地方。泥炭地包括仍在发育着的泥炭沼泽,也包括已经疏干或被埋藏的泥炭地,它是湿地中的一种主要类型^[2]。泥炭地学是在地理学、地质学、土壤学、植物学等多种学科基础上发展起来的边缘学科。具体地说,泥炭地学是研究泥炭地的形成演化规律及泥炭资源的合理利用与保护的科学。

我国对泥炭沼泽认识较早,在《徐霞客游记》中对泥炭的性状、特征就有了描述^[3]。但真正开始研究还是建国以后,受前苏联影响,同时考虑与国际性泥炭学术组织,即国际泥炭学会(IPS)接轨,填补学科空白,1958 年东北师范大学率先在东北地区进行沼泽资源调查,1960 年东北局正式批准成立东北师范大学泥炭沼泽研究室,1978 年经国家教育部批准,成为全国唯一的泥炭沼泽研究所;同时,国家煤炭、地质等一些科研单位和高等院校,也相继成立了研究机构,并设置了相关研究项目与课题,形成了一支专业研究队伍,从此开始了我国泥炭地学的系统

研究。泥炭地学经过 30 年的初创时期,基本完成了理论体系、研究方法的确立和研究队伍的建设,这期间取得了一系列的成就。1990 年《泥炭地学》的出版,标志着泥炭地学已经形成^[4]。20 世纪 90 年代以来,结合湿地保护、全球变化、资源利用、环境演变等热点问题,东北师范大学、中国科学院长春地理研究所、地球化学研究所、长沙大地构造研究所、西安黄土与第四纪研究室等单位从不同角度对泥炭地学进行了研究,其主要成果有以下几个方面。

1 基础理论研究

1.1 泥炭资源研究

20 世纪 80 年代后期,地质矿产部和煤炭工业部联合开展了全国性的泥炭资源勘察工作,90 年代初期出版了全国泥炭资源报告,基本查清了我国泥炭资源类型和储量。按照泥炭层在自然状态下超过 30 cm(埋藏泥炭大于 50 cm)的标准统计,全国泥炭地面积 104 万 hm^2 ,储量为 46.8 亿 t(绝干重量计)。如果按照世界规范,即风干泥炭计算,泥炭总储量为

收稿日期 2002-03-19,修回日期 2002-06-10。

* 基金项目 国家自然科学基金项目“近 13 ka 来陆气系统的物质能量交换与全球变化”(编号:49733130),东北师范大学青年教师基金项目(编号:1111374)资助。

作者简介:赵红艳(1969-),女,吉林省长春市人,博士研究生,主要从事泥炭地学研究。E-mail: hzyzhao@nenu.edu.cn

124.8 亿 t^[5]。对厚层泥炭(泥炭层 >3 m)资源的调查研究表明,我国有厚层泥炭矿 112 处,储量 19.6 亿 t,占总量的 15.7%^[6]。

1.2 泥炭沼泽生态系统研究

在贫营养和富营养森林沼泽生态系统内,植物与泥炭间营养物质交换以及改造后的森林沼泽植物与泥炭间的营养物质交换方面进行了深入系统研究,结果表明:森林沼泽改造后 3~5 年水文条件发生了变化,相应地,土壤微生物、土壤性质与营养元素、微量元素以及植物与泥炭之间的营养物质交换和植物生产量都较未改造沼泽植物群落发生了很大变化,沼泽由弱还原环境发展到弱氧化环境,土壤微生物中好气性种类增加,数量增多,沼泽土壤与植物之间营养物质交换增强,树木生长发育良好,生产力增加^[7,8]。改造前和改造后的沼泽环境功能明显不同,在改造前的泥炭沼泽中,二氧化碳和氮的生物地球化学循环,主要发生在潜水位附近的泥炭层中有机的生物循环带,即植物活根和好气性微生物活动的场所,而改造后的泥炭层孔隙中水分与氧气交换强烈,有机质在微生物作用下不断分解,随之水文、气候、生物功能和地球化学功能也发生改变。

在泥炭沼泽湿地的生态建设及生态旅游等方面也进行了有益的探索^[9],泥炭沼泽的多种功能是实施保护的价值体现,生态旅游是合理利用泥炭沼泽的主要措施之一。另外,在泥炭沼泽等湿地植被类型、结构、分布、演替、生产力以及营养物质循环等方面首次进行了系统研究,出版了我国第一部有关泥炭沼泽等湿地植被的专著。

1.3 泥炭特性、物质组成研究

在了解中国泥炭性质基础上^[10],探讨了草本泥炭形成的生物环境机制^[11]。对于贫营养泥炭性质及形成途径^[12]、中国东北泥炭应用特性及组成也进行了研究,并与白俄罗斯泥炭进行了对比^[13,14]。中国东北地区无论草本泥炭,还是泥炭藓泥炭,灰分明显高于白俄罗斯,而分解度、发热量、全氮低于白俄罗斯,低位草本泥炭腐殖酸含量、酸度均低于白俄罗斯,高位泥炭则相反,中国泥炭有机组分含量低于白俄罗斯,而 Fe₂O₃ 含量高于白俄罗斯。这是由于两地区自然环境具有很大差异。中国东北受季风气候影响,具有经向地带性、新构造运动强烈;而白俄罗斯受西风带控制,呈纬向地带性、构造稳定,从而泥炭堆积更强烈。这种不同造成了泥炭利用方向的不同。东北地区泥炭微量元素含量丰富,但由于泥炭沉积环境、泥炭类型、泥炭层中的物质组成不同,微

量元素含量有明显差别^[15]。对成炭植物残体分解速率研究表明,大多数植物残体在最初的 1~4 周矿化速度较快,其中 3~4 周达到分解高峰,随后明显减慢^[16]。腐殖化速率研究显示因植物不同,腐殖化规律不同,大多数草本和藓类植物在腐殖化实验的第 1 周时,有机质开始变化,第 3 周时含量最低;而木本植物的腐殖化速率迟 1~9 个月^[17]。

1.4 泥炭形成环境与聚煤作用对比

煤岩学者研究表明,泥炭是最年轻、煤化程度最低的沉积物,是由高等植物为主或藻类在特定环境条件下形成的一种可燃性有机岩。煤地质学家在自然界中发现并经模拟试验,业已证明,固体燃料形成的序列是植物—泥炭—埋藏泥炭—褐煤—烟煤—无烟煤。作为煤的前身,泥炭与煤有着发生学上的联系,泥炭的形成,尤其厚层泥炭形成与煤的形成进行对比,欧美在此方面有过研究。近年来我国也有少数学者对此进行了探讨,着重研究厚层泥炭分布规律、聚炭特征、控制因素、聚炭模式以及泥炭岩石学、有机地球化学,强调气候、大地构造和海平面升降对聚炭/聚煤控制作用的同时,水文条件在聚炭/聚煤作用过程中的重要性不容忽视,同时认为泥炭与煤在发生学上确有联系,原用于褐煤的煤岩显微组分分类基本适用于现代泥炭岩石学研究;对泥炭研究可以更系统、完整地揭示聚煤的全过程^[18~22]。

1.5 温室气体与全球变化

CO₂ 是一种“温室”气体,可产生“温室效应”。泥炭地是 CO₂ 的聚集之地,即 CO₂ 的“汇”,在抵消大气中 CO₂ 的增长速度方面起了重要作用^[23,24]。据统计,中国泥炭干物质总量为 240 × 10⁹ ~ 480 × 10⁹ t,如果按碳含量 50%~55% 计算,储藏在泥炭中的碳总量将是 120~260 Pg(1Pg = 10¹⁵ g)。另一方面,泥炭地还是另一种温室气体 CH₄ 的“源”^[25]。泥炭地的使用方式直接影响甚至改变了泥炭地作为温室气体的“源”和“汇”,从而影响全球碳平衡和全球气候变化。

1.6 泥炭沼泽水文与微地貌

常年或季节性积水是泥炭沼泽的特征,泥炭沼泽水文不同于河流、湖泊等明水面,它具有流动微弱、弱氧化—弱还原环境的特点。泥炭沼泽地局部水文条件造就了泥炭沼泽地微地貌景观^[26]。另外,泥炭沼泽对地方气候变干趋势有一定的缓冲作用^[27]。

1.7 泥炭形成机制与成炭期、泥炭地层

从全球规模看,气候带从全局上控制了泥炭沼

泽的纬度地带性规律,而在海陆过渡带上起决定作用的因素是水文条件。水文因素直接控制泥炭成矿,新构造运动和海面变化对于成炭作用的影响也是通过水文条件的变化来实现的。通过对渤海、北黄海泥炭成矿机制研究表明,冰期低海面时,仅在出露的大陆架滨海平原低洼处有局部薄层泥炭发育;间冰期海面上升,在海面上升速度缓慢或有相对停顿的条件下,自海向陆先后依次有基底泥炭发育,全新世高海面期,在滨海—海缘带和古海缘带,由于海面上升和溯源堆积的不稳定水文环境,除个别地段外,一般不利于泥炭发育,而在古海缘带外侧的支流源头、沟谷及扇缘洼地,因水文条件优越,泥炭发育比较普遍,晚全新世海面下降期,在滨海—海缘带和古海缘带,泥炭发育旺盛,分布比较普遍,而在古海缘带外侧的山前扇缘洼地和沟谷,泥炭发育进入衰退阶段^[28]。

常规¹⁴C年代学和AMS年代学研究表明,我国大部分泥炭自晚更新世晚期开始沉积,主要形成于全新世,特别是中全新世,晚全新世以来继续发育^[29]。泥炭地层和层系记录了泥炭地周围环境的演化,是研究环境演变理想的信息载体。

1.8 环境演变研究

90年代,随着全球环境的剧烈变化,人口—资源—环境—发展的主题越来越突出,对过去全球变化也愈加重视,90年代末,以泥炭为信息载体的古环境、古气候、古地理研究又一次成为热点,这一点从近年来国家自然科学基金立项以及相关刊物发表的论文中可以看出^[30]。这些研究多集中在中国东北和东部地区,特别是北纬40°~50°作为研究环境变化的敏感带,一些研究者利用孢粉、泥炭分布与组成、同位素、地层等环境指标研究了区域环境变迁,如中国科学院植物研究所袁绍敏等^[31]利用孢粉分析恢复了全新世长白山西麓的古植被和古气候,吉林省地质矿产局乔石英^[32]利用孢粉、地层特征重现了哈尼泥炭剖面演化过程,中国科学院地球化学研究所的洪业汤等^[33]通过系统剖面内泥炭纤维素的C、H、O同位素含量分析,建立了金川典型泥炭剖面,使得以泥炭为信息载体的古环境演变研究由定性、半定量进入定量阶段,这些研究进一步证实泥炭以其精度高、信息量大且连续时间长,因而在全新世环境演变研究中占有一席之地。

2 泥炭资源利用与保护

2.1 泥炭资源的利用

近年来泥炭资源开发利用热潮日益高涨,在工

业、农业、环保、园艺等方面,陆续开展了泥炭燃料^[34]、型煤^[35]、泥炭制沼气^[36]、净化污水、污水材料^[37,38]、水煤浆添加剂^[39]、泥炭土路基建设^[40]以及植物生长素^[41]、肥料^[42]、发酵饲料^[43]、改良沙漠土^[44]、盐渍土^[45]和生产草坪^[46]、营养钵、营养土、营养液^[47]等研究,鉴定了一系列的泥炭应用研究项目,并有部分成果开始转化成生产力。泥炭利用研究表明,泥炭作为纯天然的松软的物质,且富含有机质,有着广泛的应用前景^[48]。

2.2 泥炭沼泽的保护与泥炭地的恢复

在泥炭保护方面也取得了长足的进展,完成或正在进行长白山地区黄泥河、小兴安岭地区的乌伊岭、三江平原地区的三江、七星河等有关泥炭沼泽湿地的保护区工作。在保护区考察,建立保护区工作方法以及泥炭沼泽保护的宣传教育等方面也取得了很大进展。

泥炭地的恢复研究在我国起步较晚,但发展趋势很好,已开始探讨泥炭地恢复的基本理论、基本技术和基本方法。

3 新方法、新技术的应用

10年来,泥炭地学在研究方法和手段上,取得了突破性进展。采用RS、GIS和GPS技术进行勘测、定位或区划^[49]、常规¹⁴C^[50]、孢粉学^[31]等手段在定年和环境演变研究中精度更高,分辨率更好,先进的C、H、O同位素^[51]和AMS手段也已经被引进,使环境演变研究进入新阶段,还有一些岩石学^[52]和有机地球化学^[53]测试技术也运用到泥炭地学研究之中,普遍使用卫片、航片、遥感影像和数据库、地理信息系统等综合手段,获取多种信息来进行保护区的区划与制图。

4 国际交流与合作

近年来我国学者与国际上泥炭专家往来频繁,先后与白俄罗斯、日本、马来西亚、加拿大、美国、瑞典、爱尔兰等国泥炭专家进行互访和交流。1989—1992年四川省自然资源研究所等单位与瑞典国进行了有关泥炭资源的热能利用前景等问题研究^[54];1994年中国科学院长春地理研究所与国际泥炭学会第一专业委员会以及中国科学院测量与地球物理研究所联合举办国际性“湿地环境与泥炭利用”专题讨论会^[55]。1992年第9届、1996年第10届、2000年第11届国际泥炭会议我国都有代表参加^[56]。1994—1997年东北师范大学泥炭沼泽研究

所与白俄罗斯自然资源利用与生态问题研究所对两国泥炭沼泽特性进行了合作对比研究,出版了一系列成果^[57]。

5 今后重点开展的工作

泥炭地学还是一门年轻的科学,其理论体系还很不完善,在研究方法上应更多地借鉴相邻学科的方法和手段,使之逐步成熟。结合当前国际泥炭地学研究的热点以及全球变化、湿地研究进展,近期泥炭地学应加强以下工作:

(1) 加强区域性短尺度、高分辨率环境演化研究。在手段上除了采用孢粉、AMS技术以及C、H、O稳定同位素手段以外,应加强泥炭物质组成、性质、沉积特征与环境的关系研究。

(2) 人类对泥炭地的威胁越来越大,如何合理利用和保护泥炭地已是摆在人们面前急需解决的问题。因此提倡泥炭资源的高效环保型利用,同时应建立一些泥炭沼泽保护区。

(3) 泥炭沉积学、地层学研究。探讨泥炭沉积的特征及其动力机制,探索有机界和无机界之间的联系,为泥炭地的恢复提供理论依据。

(4) 加强泥炭地的C循环以及N、P等其它营养元素的地球化学循环研究,为维护区域性生态环境奠定理论基础。

(5) 泥炭地的恢复研究。在泥炭地的恢复研究方面,目前国际上以加拿大为主的一些欧美国家已取得了一些成绩,在我国则刚刚起步,是今后发展的主要方向。

参考文献(References):

- [1] Chai Xiu. Peatland[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1990. 1-7. [柴岫主编·泥炭地学[M].北京:地质出版社,1990.1-7.]
- [2] Lang Huiqing. Chinese Wetland Vegetation[M]. Beijing: Science Press, 1999. [郎慧卿主编·中国湿地植被[M].北京:科学出版社,1999.]
- [3] Zhao Dexiang. Terms, classification and description of mire in Chinese history[A]. In: Huang Xichou, et al. eds. Study on the Chinese Mire[C]. Beijing: Science Press, 1988. [赵德祥·我国历史上沼泽的名称、分类及描述[A].见:黄锡畴,等编·中国沼泽研究[C].北京:科学出版社,1988.]
- [4] Sun Guangyou. Development and prospect of wetland science in China[J]. Advance in Earth Sciences, 2000, 15(6): 666-669. [孙广友·中国湿地科学的进展与展望[J].地球科学进展,2000,15(6):666-669.]
- [5] Yin Shanchun. Peat Resources and their Utilization in China[M]. Beijing: Geological Press, 1991. [尹善春主编·中国泥炭资源及其开发利用[M].北京:地质出版社,1991.]
- [6] Zhang Zeyou, Peng Gelin, Wu Damao, et al. Thick-bedded peat resources and their exploitation and utilization in China[J]. Natural Resources Science, 1995, (1): 8-11. [张则有,彭格林,伍大茂,等·中国厚层泥炭资源及其开发利用[J].自然资源,1995,(1):8-11.]
- [7] Zhang Guirong, Lang Huiqing, Chang ping, et al. Study on main trace element of plant and soil in transformed forest mire of Xiaoxiangn mountains[J]. Journal of Northeast Normal University, 1998, (3): 89-94. [张桂荣,郎惠卿,常平等·小兴安岭改造后森林沼泽土壤与植物中主要微量元素的研究[J].东北师大学报(自然科学版),1998,(3):89-94.]
- [8] Lang Huiqing, Bai Yan, Li Bo, et al. On edaphon of Larix-Carex swamp in the Xiaoxiangn Mountains[J]. Journal of Northeast Normal University, 1994, (4): 77-83. [郎惠卿,白艳,李波,等·小兴安岭落叶松草沼泽土壤微生物[J].东北师大学报(自然科学版),1994,(4):77-83.]
- [9] Zhao Hongyan. Inquiry into development of wetland ecotourism[A]. In: Lang Huiqing, et al. eds. Conservation & Research of Wetlands in China[C]. Shanghai: East China Normal University Press, 1998. 354-357. [赵红艳·开展湿地生态旅游的探讨[A].见:郎惠卿,等编·中国湿地研究与保护[C].上海:华东师范大学出版社,1998.354-357.]
- [10] Ma Xuehui, Cai Shengyuan, Wang Rongfen. District division of basic characteristics in Chinese peat[J]. Scientia Geographica Sinica, 1991, 11(2): 30-41. [马学慧,蔡省垣,王荣芬·我国泥炭基本性质的区域分异[J].地理科学,1991,11(2):30-41.]
- [11] Bai Guangrun, Wang Shengzhong, Leng Xuetian, et al. Bio-environmental mechanism of herbaceous peat forming[J]. Acta Geographica Sinica, 1999, 54(3): 247-254. [白光润,王升忠,冷雪天,等·草本泥炭形成的生物环境机制[J].地理学报,1999,54(3):247-254.]
- [12] Chen Shuyun, Lang Huiqing, Wang Shengzhong, et al. The formation process and properties of oligotrophic peat in the mountainous region of Northeast China[J]. Journal of Northeast Normal University, 1994, (4): 100-104. [陈淑云,郎惠卿,王升忠,等·东北山地贫营养泥炭的性质与泥炭的发育过程[J].东北师大学报(自然科学版),1994,(4):100-104.]
- [13] Zhang Zeyou, Chen Yangle, Bai Yan, et al. Comparative study on peat character and its development and utilization between Chinese Northeast and Byelorusia[J]. Journal of Northeast Normal University, 1997, (1): 100-109. [张则有,陈扬乐,白燕,等·中国东北地区与白俄罗斯泥炭特性及开发利用的对比研究[J].东北师大学报(自然科学版),1997,(1):100-109.]
- [14] Bai Yan, Zhao Hongyan, Zu Wenchen, et al. Comparative study of properties of sphagnum peat in the Northeast China with those in Byelorusia[J]. Journal of Northeast Normal University, 1997, (2): 98-103. [白燕,赵红艳,祖文辰,等·中国东北与白俄罗斯泥炭藓泥炭特性的对比研究[J].东北师大学报(自然科学版),1997,(2):98-103.]

- [15] Zhu Yanming, Huo Wenyi, Chen Dingui. Trace element dispersion characteristics of peat in the Daxingan mountains and environmental significance [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 1997, 17(2): 158-162. [朱颜明, 霍文毅, 陈定贵. 大兴安岭泥炭微量元素分布特征及其环境意义 [J]. *地理科学*, 1997, 17(2): 158-162.]
- [16] Bai Yan, Zhang Xiaoping, Bambalov H H. On the decomposition speed of plant residue of peat [J]. *Journal of Northeast Normal University*, 1997, 3(3): 112-117. [白燕, 张晓萍, H H 班巴洛夫. 泥炭植物残体分解速率的研究 [J]. *东北师大学报(自然科学版)*, 1997, 3(3): 112-117.]
- [17] Bai Yan, Wang Shengzhong. On humification rate of peat forming plants [J]. *Journal of Northeast Normal University*, 1997, 4(4): 94-98. [白燕, 王升忠. 成炭植物腐殖化速率的研究 [J]. *东北师大学报(自然科学版)*, 1997, 4(4): 94-98.]
- [18] Zhang Zeyou, Peng Gelin, Wu Damao. The characteristics and controlling factors of thick-bedded peat accumulation [A]. In: Peng Gelin, et al eds. *The Peat Formation of Thick-Bedded Peat and Modern Coal-Accumulating Processes* [C]. Changsha: Central South University of Technology Press, 1994. 1-11. [张则有, 彭格林, 伍大茂. 厚层泥炭聚积特征及其控制因素 [A]. 见: 彭格林, 等编. 厚层泥炭的形成与现代聚煤作用 [C]. 长沙: 中南工业大学出版社, 1994. 1-11.]
- [19] Qin Yong, Jin Kulli, Han Dexin. Accumulation of thick-bedded peat in the sedimentary basin dammed by lava: A case with the tengchong basin [A]. In: Peng Gelin, et al eds. *The Peat Formation of Thick-Bedded Peat and Modern Coal-Accumulating Processes* [C]. Changsha: Central South University of Technology Press, 1994. 28-33. [秦勇, 金奎勒, 韩德馨. 火山堰塞湖沉积盆地厚层泥炭的聚积作用——对腾冲盆地的设例研究 [A]. 见: 彭格林, 等编. 厚层泥炭的形成与现代聚煤作用 [C]. 长沙: 中南工业大学出版社, 1994. 28-33.]
- [20] Yang Yongxi. Distributional regularity and controlling factors of thick-bedded climate in sanjiang plain region [A]. In: Peng Gelin, et al eds. *The Peat Formation of Thick-Bedded Peat and Modern Coal-Accumulating Processes* [C]. Changsha: Central South University of Technology Press, 1994. 57-61. [杨永兴. 三江平原地区厚层泥炭分布规律及控制因素 [A]. 见: 彭格林, 等编. 厚层泥炭的形成与现代聚煤作用 [C]. 长沙: 中南工业大学出版社, 1994. 57-61.]
- [21] Wu Chaodong. Organic geochemical characteristics of peat in changbaimountain, China [A]. In: Peng Gelin, et al eds. *The Peat Formation of Thick-Bedded Peat and Modern Coal-Accumulating Processes* [C]. Changsha: Central South University of Technology Press, 1994. 90-96. [吴朝东. 长白山区泥炭的有机地球化学特征 [A]. 见: 彭格林, 等编. 厚层泥炭的形成与现代聚煤作用 [C]. 长沙: 中南工业大学出版社, 1994. 90-96.]
- [22] Peng Gelin, Zhang Zeyou, Wu Damao. The study status of correlation of peat with coal-forming environment [J]. *Advance in Earth Sciences*, 1999, 14(3): 247-255. [彭格林, 张则有, 伍大茂. 泥炭与煤形成环境对比研究现状 [J]. *地球科学进展*, 1999, 14(3): 247-255.]
- [23] Ma Xuehui, Lu Xianguo. Carbon cycle of marsh in the Sanjiang Plain [J]. *Chinese Geographical Sciences*, 1997, 7(2): 175-179.
- [24] Yan Minhua, Ma Xuehui, Lu Xianguo, et al. CO₂ concentration and flux near ground in marsh of the Sanjiang Plain of Northeast China [J]. *Chinese Geographical Sciences*, 1997, 7(1): 79-87.
- [25] Cui Baoshan, Ma Xuehui, Zhang Mingxiang. Regularity and estimation of methane emission from marshland in the Sanjiang plain [J]. *Chinese Geographical Sciences*, 1998, 8(1): 74-84.
- [26] Wang Shengzhong, Wang Shusheng, Wei Min. On features and hydrodynamic mechanism of forming of microlandform on peat mires [J]. *Journal of Northeast Normal University*, 1997, 4(2): 83-89. [王升忠, 王树生, 魏民. 泥炭沼泽微地貌特征及其形成的水动力机制 [J]. *东北师大学报*, 1997, 4(2): 83-89.]
- [27] Wang Shengzhong. Climatic feedback of zoige wetland cluster and an analysis of environmental effects on exploitation [A]. In: Lang huiqing, et al eds. *Conservation & Research of Wetlands in China* [C]. Shanghai: East China Normal University Press, 1998. 331-336. [王升忠. 若尔盖高原湿地群的气候反馈及其开发环境效应分析 [A]. 见: 郎慧卿, 等编. 中国湿地研究与保护 [C]. 上海: 华东师范大学出版社, 1998. 331-336.]
- [28] Li Handing, Wang Shengzhong, Leng Xuetian, et al. Formation mechanism and time-space distribution of coastal peat moor of the Bohai Bay [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 1995, 15(2): 11-16. [李汉鼎, 王升忠, 冷雪天, 等. 渤海湾沿岸泥炭沼泽形成机制与时空分布 [J]. *海洋地质与第四纪地质*, 1995, 15(2): 11-16.]
- [29] Leng Xuetian, Li Yiyin, Belenge S G. Comparison of peatification periods of Holocene in the Northeast of China and Byelorussia and analyses of its formation cause [J]. *Journal of Northeast Normal University*, 1997, 4(1): 116-122. [冷雪天, 李宜银, 别林格 S G. 中国东北地区与白俄罗斯全新世成炭期对比及成因分析 [J]. *东北师大学报(自然科学版)*, 1997, 4(1): 116-122.]
- [30] Wen Xiaosheng, Peng Zicheng, Zhao Huaning. Advance in study on the Holocene climate evolution in China [J]. *Advance in Earth Sciences*, 1999, 14(3): 292-296. [温孝胜, 彭子成, 赵焕庭. 中国全新世气候演变研究的进展 [J]. *地球科学进展*, 1999, 14(3): 292-296.]
- [31] Yuan Shaomin, Sun Xiangjun. The vegetation and environmental history at the west of Changbaishan Mountain, Northeast China during the Last 10 000 Years [J]. *Acta Botanica Sinica*, 1990, 32(7): 558-567. [袁绍敏, 孙香君. 据花粉分析推论东北长白山西麓一万年来植被与环境 [J]. *植物学报*, 1990, 32(7): 558-567.]
- [32] Qiao Shiyong. Discuss on peat mire in the west of Changbaishan Mountains [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 1993, 13(3): 279-287. [乔石英. 长白山西麓哈尼泥炭沼泽初探 [J]. *地理科学*, 1993, 13(3): 279-287.]
- [33] Tao Faxiang, Hong Yetang, Li Handing, et al. A model for quantitative reconstruction of climatic change recorded in peat archives [J]. *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry*, 1997, 16(2): 93-97. [陶发祥, 洪业汤, 李汉鼎, 等. 泥炭档案

- 气候变化重建的定量模型[J]. 矿物岩石地球化学通报, 1997, 16(2): 93-97.]
- [34] Zhao Hongyan. Developing Chinese Peat as Fuel, Supplying Country Energy[J]. Chinese Energy Resources, 1993, 10(10): 74-79. [赵红艳·开发我国泥炭燃料, 补充和发展农村能源[J]. 中国能源, 1993, 10(10): 74-79.]
- [35] Chen Shuyun, Wang Shusheng, Hou Baojun. Peat shaped-coals development and its applied results[J]. Journal of Northeast Normal University, 1994, 4(4): 129-134. [陈淑云, 王树生, 侯宝军·泥炭型煤的研制及其应用效果[J]. 东北师大学报(自然科学版), 1994, 4(4): 129-134.]
- [36] Zhang Xuecai, Gao Fengcai. Study on the peat producing fire-damp[J]. Coal Gas and Heat, 2000, 20(1): 3-5. [张学才, 高凤彩·泥炭制沼气的研究[J]. 煤气与热力, 2000, 20(1): 3-5.]
- [37] Chen Shuyun, Bai Yan, Wang Haijun. A research on treating waste water containing chromium by peat[J]. Journal of Northeast Normal University, 1994, 4(4): 123-128. [陈淑云, 白燕, 王海军·泥炭处理含铬废水的研究[J]. 东北师大学报(自然科学版), 1994, 4(4): 123-128.]
- [38] Bai Yan, Zhao Xia, Zhao Hongyan. Study on purification of oil-bearing polluted water with peat[J]. Environmental Sciences and Technology, 1996, 3(3): 36-38. [白燕, 赵霞, 赵红艳·泥炭净化含油污水的研究[J]. 环境科学与技术, 1996, 3(3): 36-38.]
- [39] Bai Yan, Zhao Xia. The additive of coal-water mixture made from the humic acid of peat and its effect of utilization[A]. In: Zang Guangxin, et al. eds. Sciences Annual Papers on the Sciences and Technology in Jilin Province () [C]. Changchun: Jilin University Press, 2000. 465-467. [白燕, 赵霞·泥炭腐植酸水煤浆添加剂及其应用研究[A]. 见: 臧广信, 等主编·吉林省首届科学技术学术年会论文集[C]. 长春: 吉林大学出版社, 2000. 465-467.]
- [40] Fang Mingshan. Paving up technology of roadbed on the Qidian peatland in Nanning-Kunming[J]. Roadbed Engineering, 2000, 88(1): 33-36. [方明山·南昆线七甸泥炭土路基加固技术[J]. 路基工程, 2000, 88(1): 33-36.]
- [41] Xie Dawei, Li Zhongshi. Report on the use effect of plant stimulator made from brown humic acid of peat[J]. Humic Acid, 1999, 3(3): 38-39. [谢大伟, 李忠实·泥炭黄腐酸植物生长素(施必得)试验应用效果初报[J]. 腐植酸, 1999, 3(3): 38-39.]
- [42] Du Zhengjun, Wang Ziyang. The field contrast test of the peat biochemical complex fertilizer[J]. Resource Development & Market, 1999, 15(1): 21-22. [杜正俊, 王梓英·泥炭生化复合肥料田间对比试验[J]. 资源开发与市场, 1999, 15(1): 21-22.]
- [43] Chen Shuyun, Xue Hongji, Lang Huiqing et al. A study on solid fermentative stock feeds of neurospora sitophila peat[J]. Journal of Northeast Normal University, 1994, 4(4): 114-122. [陈淑云, 薛宏基, 郎惠卿, 等·泥炭好食性链孢霉固体发酵饲料的研究[J]. 东北师大学报(自然科学版), 1994, 4(4): 114-122.]
- [44] Ji Fenghe, Yin Huaining, Bai Hongxiang, et al. Research on the feasibility test of using peat to improve desert soil (junior)[J]. Journal of Liaoning Normal University (Natural Science), 1995, 18(1): 66-70. [金凤鹤, 尹怀宁, 白鸿祥, 等·利用泥炭改良沙漠土的可行性试验研究(初报)[J]. 辽师大学学报(自然科学版), 1995, 18(1): 66-70.]
- [45] Yin Huaining, Bai Hongxiang, Zheng Yingshun, et al. Effect of applying peat to soda salinized soil on soil salinity in north plain of Liaohe river[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1998, 9(5): 491-496. [尹怀宁, 白鸿祥, 郑应顺, 等·辽北平原苏打盐渍土增施泥炭对土壤盐分的影响[J]. 应用生态学报, 1998, 9(5): 491-496.]
- [46] Tang Guobin, Bai Hongxiang, Zhu Jikai. Study on the comprehensive role of the peat in lawn growth[J]. Journal of Liaoning Normal University (Natural Science), 1998, 21(1): 73-76. [唐国斌, 白鸿祥, 朱基恺·泥炭对草坪生长综合作用的研究[J]. 辽师大学学报(自然科学版), 1998, 21(1): 73-76.]
- [47] Meng Xianlin. Developing the pressed nutritive bowl made from peat, promoting the progress of technology on the seeding[A]. In: Zang Guangxin, et al. eds. Sciences Annual Papers on the Sciences and Technology in Jilin Province () [C]. Changchun: Jilin University Press, 2000. 651-653. [孟宪民·发展压缩泥炭营养钵新产品推动种苗产业技术进步[A]. 见: 臧广信主编·吉林省首届科学技术学术年会论文集[C]. 长春: 吉林大学出版社, 2000. 651-653.]
- [48] Chen Shuyun. Chinese Peat[M]. Changchun: Jilin Sciences and Technology Press, 2000. [陈淑云·中国泥炭[M]. 长春: 吉林科技出版社, 2000.]
- [49] Liu Yang, Liu Shubin, Zhang Xiuyin, et al. Using remote sensing to analyse the state of using and destroying of morass resource in heihe district[J]. Remote Sensing for Land & Resources, 1999, 39(1): 29-35. [刘洋, 刘述彬, 张秀茵, 等·黑河地区泥炭资源利用及破坏状况遥感分析[J]. 国土资源遥感, 1999, 39(1): 29-35.]
- [50] Yin Jinhui, Peng Gui, Jiao Wenqiang, et al. A preliminary study on the radiocarbon dating of different organic fraction separated from peat[J]. Seismal Geology, 1997, 19(3): 277-280. [尹金辉, 彭贵, 焦文强, 等·泥炭样品不同有机组分的¹⁴C测年的初步研究[J]. 地震地质, 1997, 19(3): 277-280.]
- [51] Lin Qinghua, Hong Yetang, Zhu Yongxuan, et al. The carbon and oxygen isotope composition of modern plants from typical peat bogs in China and its significance on the palaeoclimatic study[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2001, 20(2): 93-97. [林庆华, 洪业汤, 朱咏煊, 等·中国典型泥炭区现代植物的碳、氧同位素组成及在古环境研究中的意义[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2001, 20(2): 93-97.]
- [52] Wu Chaocang, Cao Yiran, Liu Xiaowen, et al. The study on micropetrology of peat in Changbai Mountains, China[A]. In: Peng Gelin, et al. eds. The Peat Formation of Thick-Bedded Peat and Modern Coal-Accumulating Processes[C]. Changsha: Central South University of Technology Press, 1994. 80-89. [吴朝东, 曹毅然, 刘小文, 等·长白山泥炭岩石学研究[A]. 见: 彭格林, 等编·厚层泥炭的形成与现代聚煤作用[C]. 长沙: 中南工业大学出版社, 1994. 80-89.]
- [53] Zhong Jianhua. Influence of extraction on fluorescence of the sub-

- renite in the peat[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 1997, 17(3): 119-122. [钟建华. 有机抽提对泥炭中的木质体荧光光谱特性的影响[J]. 光谱学与光谱分析, 1997, 17(3): 119-122.]
- [54] Wang Yangsheng, Shang Cheng, Ai Duging, et al. Study on the possibility of development and utilization of peat resources in the Ruorogai plateau in Sichuan Province[J]. Development & Protection of Resources, 1992, 8(1): 87-91. [王阳生, 尚成, 艾笃卿, 等. 四川若尔盖高原泥炭资源开发利用可行性研究[J]. 资源开发与保护, 1992, 8(1): 87-91.]
- [55] Changchun Geographical Institute, Chinese Sciences Academy. Wetland Environment & Utilization of Peat[M]. Changchun: Jilin People Press, 1994. [中国科学院长春地理研究所. 湿地环境与泥炭利用[M]. 长春: 吉林人民出版社, 1994.]
- [56] Zhang Zeyou, Zhao Hongyan. Strategy on utilization and protection of Chinese peat resources(abstract)[A]. In: Sustaining Our Peatlands-Proceedings of the 11th International Peat Congress [C]. Finland: International Peat Society, 2000.
- [57] Zhang Zeyou, Li Yiyin, Dolydovich, et al. Peat and sapropel utilization on medicine[J]. Journal of Northeast Normal University, 1997, (4): 109-114. [张则有, 李宜垠, 多里多维奇, 等. 泥炭和腐泥在医学上的应用[J]. 东北师大学报(自然科学版), 1997, (4): 109-114.]

ADVANCE IN CHINESE PEAT GEOSCIENCE IN RECENT TEN YEARS

ZHAO Hong-yan, WANG Sheng-zhong, BAI Yan, LENG Xue-tian

(Peat Mine Institute, Northeast Normal University, Changchun 130024, China)

Abstract: Peat geoscience is a discipline to study the rules of formation and evolution of peatlands, wise use and protection of peat resource. It has had a history of more than 40 years since it is initiated in 1960, and has finished its formation stage as a discipline in 1990, and is in the progress period since 1990 in China. The area of peatland is 1 040 000 hm^2 and the reserves of peat are $124.8 \times 10^9 \text{t}$ according to the standard that the water content of peat is 40% in wind dry weight. The peat is mainly distributed in the Northeast and Southwest of China. The systematical research on exchange of nutrients between the plant and peat in the oligotrophic swamp, eutrophic swamp has been made. The reclaimed oligotrophic swamp in the Northeast of China has showed the swamp reclaimed for 5 years have the more productivity than that reclaimed for 3 years and over 10 years. The properties and components of peat in the Northeast of China are also researched and made a contrast with that in Belarus, and the results indicate the differences of properties and components of peat are caused by the different geographical environment. The forming environment comparison between peat and coal, the greenhouse gas in the peatland, hydrology and microtopography in the peatland, the mechanism and periods of forming peat, peat stratum and research on the environmental changes taking peat as carrier of information have also been studied in the recent 10 years. A lot of work on the peatland protection has been developed. The exchange and cooperation on the peat and peatland have made with Belarus, Japan, Malaysia, Canada, USA, Sweden, Ireland and some other countries. The study on peatland restoration is just now made and has bright prospect. The peat has been utilized on the industry, agriculture, environmental protection, horticulture and so on. RS, GIS and GPS are used to reconnaissance, oriente peat resources. Routine ^{14}C , AMS ^{14}C , pollen analysis, C, H, O isotope analysis are applied to the research of environmental evolution. The methods in the lithology, organic geochemistry are also used to peat geoscience. At last the prospective studies in the future are put forward in this paper.

Key words: Peatland; Carbon recycle; Coal facies; Environmental evolution; Restoration and protection.