

中美水资源研究现状与发展展望^①

齐跃明, 杨雅琪, 李鑫, 裴毅峰, 游京, 刘博

中国矿业大学 资源与地球科学学院, 江苏 徐州 221116

摘要:通过中美交流互访、水资源研究现状调查和2007—2017年Web of Science中有关水资源领域的文献统计分析,对比了中美水资源研究在研究机构、经费来源、研究领域、代表性人物等方面在现阶段所存在的差异,归纳总结了中美水资源研究的最新进展:总体上,中国从事水资源研究的人员和机构众多,研究领域更宽泛,中国水资源侧重江河水利规划、水资源的综合高效利用、快速变化条件下人类活动对水资源水环境的影响的研究;相对而言,美国从事水资源研究的人员和机构相对偏少,研究领域相对较新,研究尺度较大,学科交叉性强,相对更成熟,研究程度更高,往往从全球的角度来研究水,更加注重水法水权、水资源的评价、特殊水资源的规划与利用、水资源的保护、水资源的生态补偿、水资源的处理费用、与水有关的工程与环境相协调等综合研究领域。最后,本研究展望了中美双方在水资源研究领域的发展趋势及带给我们的启示。

关键词:水资源;水环境;研究现状;展望;中美

中图分类号:TV213.9

文献标志码:A

文章编号:1000-5471(2019)05-0095-08

水是生命之源。广义的水资源是指地球上一切可利用的水。水资源不仅是一种重要的战略资源,同时也是综合国力的重要组成部分,支撑国民经济的发展。然而,在世界上的许多地区如非洲大陆、中东及中国中西部均面临着水资源不足、水污染严重、水风险水安全压力突出等问题^[1]。在我国,虽然水资源总量较大,居世界第6位,但人均水资源量少,加上时空分布不均匀,水资源配置难度大。随着中国经济社会的发展,中国的水资源面临着水多(洪水灾害多)、水少(洁净淡水少)、水脏(水污染)、水浑等诸多问题,特别是关于水污染的问题,现已成为全球性问题^[2-4];我国北方各流域水资源供需矛盾愈加突出,如黄河流域水资源开发利用量已接近警戒线,水资源短缺危机逐步加大^[5]。随着全球变暖和人类活动的影响,冰川融化问题日益加剧,成为影响水资源安全最严重的问题之一^[6];而另一方面,我国水资源利用率低,缺水与浪费水并存,凸显水资源管理的缺失,国家水安全保障的支撑体系建设与制度创新亟待加强。

由于中国和美国在国土面积、经济体量及水资源总量上均比较接近,同时,美国又是世界上最大的发达国家,与之相比,能有许多可借鉴学习之处。例如在本世纪初期,美国水利的现代化程度已处于世界领先地位,有关水的理论已经非常完整,特别是水资源的管理、开发、利用和保护,优质高效的水源工程、水法水权的建设、一流的水资源管理的现代化水平等方面一直处于国际前列。

因此,本研究在中美交流互访的基础上,拟通过水资源研究现状调查和最新文献分析,得出中美水资源研究的发展现状、发展展望及各自的发展特点,以此为中国国民经济和社会发展提供一些启发,为开展水资源领域的国际合作、制定中国或有关地区的水资源发展战略、编制整体水资源规划、防治水污染等提供指导性服务。

① 收稿日期:2018-06-23

基金项目:国家自然科学基金项目(41741020,41702257)。

作者简介:齐跃明(1977-),男,博士,副教授,主要从事水文水资源、矿山水害防治的教学与研究。

1 研究方法

一方面,通过近年来中美交流互访及中美水资源领域相关学者的报告调查,初步得到美国方面关于水资源研究的最新状况.另一方面,由于水资源研究通常涉及到多学科交叉,为了保证研究的科学性,避免主观性,研究中所提的水资源研究不刻意限制水资源领域研究的范围或边界,而是通过文献分析的方法,即通过一个共同的、权威的、专业的研究平台,来综合对比研究中美水资源各自的研究领域和发展特点.

鉴于 SCI 期刊文献在评价学术研究方面有比较大的权威性和代表性,论文拟主要通过收录 SCI 期刊文献的 Web of Science 研究平台来进行统计研究,该平台是一个基于 Web 而构建的整合的数字研究环境,能基于强大的检索技术和基于内容的连接能力,将高质量的信息资源、独特的信息分析工具和专业的信息管理软件无缝地整合在一起,兼具知识的检索、提取、分析、评价、管理与发表等多项功能,从而大大扩展和加深了信息检索的广度与深度,加速科学发现与创新的进程,这也就提高了研究过程中所需信息的可靠性和权威性.

具体做法是,笔者对 2007—2016 年 Web of Science 数据库核心合集中标题中含有“Water Resources”的文献进行基本统计分析,统计了水资源学文献的整体情况,其中以中国和美国发表核心文献数目最多.之后统计了中国、美国近 10 年来在水资源研究的方向领域、研究机构和核心作者等方面的情况.在索引的过程中,是在标题中检索关键词而不是主题中,这是确保所统计文献是以“水资源”作为研究重点,保证所统计文献样本有较好的代表性、关联性.

2 中美水资源研究现状对比

2.1 高水平研究机构

通过 Web of Science 数据库的文献检索与查询,对从事水资源学研究的相关高水平科研机构及其重点研究方向和合作关系等方面进行统计分析,得出中美代表性的高水平水资源研究机构如表 1 所示.

表 1 中美水资源高水平研究机构统计

中 国				美 国			
机构名称	论文发表数/篇	机构名称	论文发表数/篇	机构名称	论文发表数/篇	机构名称	论文发表数/篇
中国科学院	188	中国地质大学	19	加利福尼亚大学	111	高等教育宾夕法尼亚联邦	19
北京师范大学	84	河北工程大学	17	德克萨斯大学奥斯丁	77		
华北电力大学	83	中国环境科学研究院 河北农业大学 南京水利科学研究院	15	科罗拉多大学	44	美国康乃尔大学	18
河海大学	80			华盛顿大学	33		
中国水利水电科学研究院	74			伊利诺伊大学	32	美国陆军	16
武汉大学	42	大连理工大学	14	佛罗里达州立大学	31	俄勒冈大学	15
中国科学院大学	37	南京大学		麻州大学	29		
中国农业大学	31	山东大学		美国农业部	28	美国陆军工程研究开发中心	14
北京大学	29	中国气象局	12	美国能源部	26	美国杜克大学	
清华大学	28	合肥工业大学		亚利桑那大学	23		
东北农业大学	24	华中科技大学		美国地质调查局	22	美国宾夕法尼亚州立大学	13
天津大学	23	郑州大学		科罗拉多州立大学			
水利部	21	哈尔滨工业大学	11		21	哥伦比亚大学	11
		浙江师范大学		北卡罗来那大学		佛罗里达大学	
		长安大学				俄勒冈州立大学	
西北农林科技大学	20	四川大学	10		20	爱达荷大学	10
		西安理工大学		亚利桑那州立大学美国国防部		犹他州立大学	
		浙江大学				乔治亚大学	
		兰州大学				密歇根州立大学	
						美国环境保护署	

表 1 显示, 在 2007—2016 年期间, 在众多发表较多核心文献的研究机构中, 中国高校及科研院所占有很大的比例, 统计显示, 我国核心论文发表数最多的是中国科学院, 共发表 188 篇论文, 其次是北京师范大学、华北电力大学等. 排名 6—10 的机构论文发表数在 28~42 篇之间.

与中国的情况相似, 美国高等院校对水资源领域的研究也占有很大的比例, 统计显示, 论文发表数最多的是加利福尼亚大学, 共发表 111 篇论文. 其次是德克萨斯大学、科罗拉多大学; 排名 6—10 的机构论文发表数在 31~23 篇之间. 再次, 对水资源研究较多的就是美国的政府部门和科研机构.

2.2 研究经费来源

根据论文资助项目统计, 中国水资源研究的课题来源主要是国家自然科学基金委(NSFC, 此次统计有 17 988 项)、水利部、科技部、环保部、教育部、国家地调局以及地方政府或企业所设立的各类科技基金课题. 美国则多是来自于美国国家科学基金会(NSF, 5 173 项), 美国航天局(NASA, 968 项), NIEHS NIH HHS(936 项), 环保署(EPA, 446 项), 能源部的实验室(Berkeley, Los Alamos, Livermol, PNNL, Oakridge 等), 美国地质调查局(UGS, 485 项), 农业部及地方政府等. 从上可看出, 中美两国的水资源研究经费均主要来自于政府部门资助.

此外, 同我国一样, 美国一部分水资源研究项目也来自于民间基金会和企业的课题支持, 但美国来自于民间基金会的资助规模和力度远比我国大. 这跟美国的科研体制相关, 美国的科学基金会相对比较强大, 比如, 美国的国家科学院就是属于民间非营利的、科学家的荣誉性自治组织, 而不属政府部门, 各种评奖制度也常常以各种协会奖或协会推荐的获奖人为主.

2.3 代表性人物

代表性人物是指某一研究领域中产出较多、影响较大的研究者, 这里以近 10 年来的核心作者及其论文发表数来表征. 考虑到核心作者数和论文产出规模的差异, 笔者将国内水资源学领域内发表核心论文数量 10 篇以上(含 10 篇)的作者进行统计, 而美国核心作者则选取发表论文数量 4 篇以上(含 4 篇)的作者进行统计, 结果如表 2 所示.

表 2 中美近 10 年来水资源研究最为活跃的学者统计

中 国				美 国			
人名	论文发表 数/篇	人名	论文发表 数/篇	人名	论文发表 数/篇	人名	论文发表 数/篇
HUANG GH	65	WANG Y	13	CAI XM SINGH VP	7	AHMAD S	4
LI YP	43					ARNOLD JR	
CHEN X	22					CHEN X	
GUO P	17					CHIEF K	
LIU J	17	JIANG YZ LI J	12	BROWN C GEORGAKAKOS KP	6	HAIE N	4
FU Q	16	LI Y WANG L				HOSSAIN F	
YANG ZF	16	LIU Y				JEULAND M	
LIU L	15	WANG JH				KELLER AA	
ZHANG XH	15	WANG X	11	MADANI K STRZEPEK K	5	LETTENMAIER DP	4
LIU L	15	XIA J				LEUNG LR	
ZHANG XH	15	ZHANG HW				LOUCKS DP	
LIU L	15	CHEN YN				MAYS LW	
ZHANG XH	15	FENG LH	10	BLOSCHL G GRIGG NS	5	MCKINNEY DC	4
HUANG Y	14	HE L				MIRCHI A	
LI W	14	LI M				MONTANARI A	
ZHANG J	14	LU HW				SANDER G	
ZHANG Y	14	WANG YB				SCANLON BR	
				SANDOVAL-SOLIS S SHAMIR E		SRINIVASAN R	
						VENGOSH A	
						WANG L	

表 2 显示, 中国共有 60 位核心作者论文发表数在 10 篇及以上, 此部分核心作者共发表 477 篇论文, 占总数的 40.5%. 其中, HUANG GH 发表论文数量最多, 多达 65 篇; LI YP 次之, 有 43 篇. 而美国共有 36 位核心作者论文发表数在 4 篇及以上, 此部分核心作者共发表 164 篇论文, 占总数的 23.6%. 其中 CAI XM, SINGH VP 发表论文数量最多, 均发表论文 7 篇. 从核心作者数和论文发表数来看, 美国近 10 年来

从事水资源研究的人数相对较少，研究规模不及中国。

2.4 研究领域与方向

研究方向主要是指文献研究侧重点所在的学科领域，由于多数文献的研究方向有所交叉，因此所有研究方向所占比例相加大于 1。两国情况的综合对比如图 1 所示。

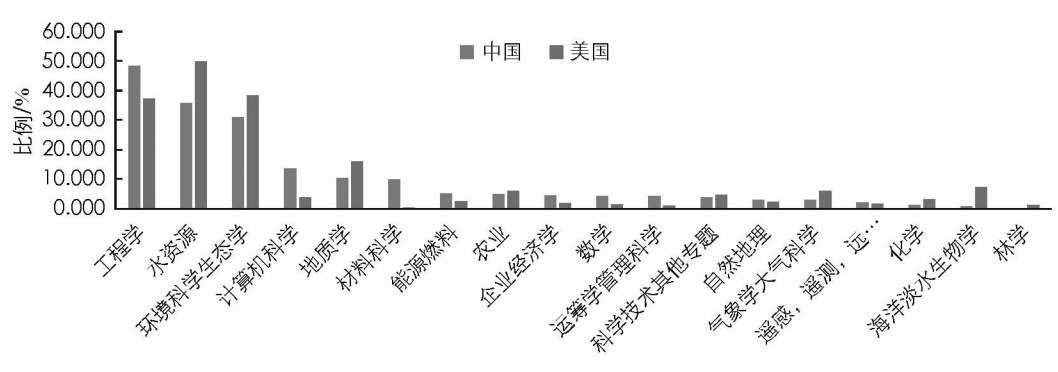


图 1 中美研究领域与方向统计对比图

图 1 显示，中国的水资源研究最主要的领域依次分布在工程学(48.4%)、水资源(35.7%)、环境科学与生态学(31.0%)、计算机科学(13.5%)、地质学(10.2%)等领域。这是跟我们的国情和经济社会发展紧密相连的。中国自改革开放以来，完成了全国水资源的评价工作。随着经济的发展，水资源的合理利用与合理配置逐渐受到重视。由于中国水资源在空间和时间上分布的不均衡，洪涝、灾害发生频繁等问题，在水资源开发利用的过程中逐渐加大了水资源高效开发利用、典型脆弱生态修复与保护研究、快速变化条件下人类活动对水资源水环境的影响、城市雨洪灾害防治及节水利用技术方面的开发研究^[7]，愈加重视水资源和生态环境保护的问题，研究开发新的水处理技术^[8]；在应用基础方面则研究了城市水循环与城市水文学^[9-10]，在研究流域防洪问题时，开发了新安江流域水文模型。这些流域水文学模型将会逐渐完善，使之可以被用来解决广泛的环境、气候和水资源等问题^[11]。此外，中国科学家也对水资源的可持续利用^[12]、海水淡化^[13]、供需平衡及合理配置^[14]和保护等问题进行了研究。近年来，中国水资源的研究逐渐从自然科学领域向工程学领域发展，更加注重水利水电工程设施的研究，比如：三峡水利水电工程、南水北调工程项目、雅鲁藏布江、澜沧江等水电工程项目，有的甚至扩展到国外水利工程的建设中，并且研究的范围越来越广，与水利、矿业、环境等工程的结合越来越紧密，具有较好的新生性，从传统的水资源科学研究逐渐转向多学科多领域的研究。

相对而言，美国近 10 年来水资源研究最主要的领域依次分布在水资源(49.9%)、环境科学生态学(38.4%)、工程学(37.3%)及地质学(16.0%)，其次为海洋淡水生物学(7.3%)、农业(5.9%)、气象学大气科学(5.9%)等。这可以看出，美国在水利工程领域的水资源研究没有中国发达，但在石油、页岩气开发等工业生产中研究对水资源的潜在破坏影响等方面较深入^[15-16]，更加注重水资源的评价，特殊水资源的规划与利用^[17-18]，水资源的保护，水资源的生态补偿^[19]，水资源的处理费用以及工程、环境相协调等综合领域^[20]。由于美国东临大西洋，西依太平洋，南临墨西哥湾，北依北冰洋，独特的自然地理位置，使得美国水资源研究尺度大，学科交叉性强，研究领域相对较新，往往从全球的角度来研究水^[21-23]，从生物、生态水文^[24-25]、化学、气候^[26]、海洋、冰川等多学科角度考虑对水资源的影响。比如：从全球的角度研究流域上游的各种因素对下游水资源的影响，综合考虑人类活动和生物多样性，确定政策和管理措施，从源头上减少对下游水安全的影响^[27]；再如气候变化、冰雪融化对海洋的水循环、海平面的影响，冰川对区域水文、地质的影响^[28]，海水淡化的技术^[29]、沿海生态系统，以及废物垃圾进入海洋后对海洋的短期及长期影响等；此外，美国也考虑了不确定因素对全球水资源产生的影响，如对喜马拉雅冰川的现状 & 发展的研究，认为这些因素不仅影响着灌溉和发电，同时也会产生洪水灾害，改变地区径流系列^[30]。

3 中美水资源研究特点比较

由于地缘、历史背景、综合国力、社会经济发展水平及水资源分布特点的不同,中美水资源研究既具有学科发展的某些共性,又具有各自不同的特点。

从论文发表的总数来看,2007—2016 年间,中国、美国在 Web of Science 分居全世界前二位,从数量上看,中国科研工作者在水资源方面的研究范围超过了美国。然而,从引用次数等方面看,中国高影响力的论文数方面则弱于美国;另外,从国际知名期刊(如 Nature, Science 等)的论文发表数来看,中国论文发表数相比美国而言,不论在研究的层次,还是研究的数量方面都具有较大的差距。

从研究机构方面来看,中国与美国情况非常类似,高水平研究机构多为本国的高等院校,其次是政府研究机构。美国除高等院校外,还有美国地质调查局、美国农业部等具有权威性的水资源研究机构,在推动美国水资源的研究和发展做出了很大的贡献。在代表人物方面,中国水资源研究学者相对集中,并且核心论文发表数较多;而美国研究水资源的代表人物相对不太集中,但是研究的层次更高。

从研究经费来看,中美两国均主要是以政府资助为主,民间基金会和企业资助为辅。但美国后者所占的比例和规模较大些。

从研究领域和方向上来看,我国水资源相关的研究依次分布在工程学、水资源、环境科学与生态学、计算机科学、地质学等领域。而美国则依次分布在水资源、环境科学与生态学、工程学、地质学、农业、气象大气学等学科领域。

4 展望与启示

从水资源的发展背景来看,美国水资源非常丰富,相关水资源研究的进展非常有序和迅速,并且关于干旱的研究也很深入。近 10 余年来,美国更多是保护和储存水资源^[31],将水资源作为重要的战略资源,非常注重水在地球系统中的作用,关注全球水资源问题,所以美国水资源、环境生态学的研究放在了非常重要的地位。目前,正引领着全世界朝着水安全 4.0 时代^[32]迈进。

统计分析发现,中国水资源研究在自然地理学、气象学、大气科学的研究占比甚少,而美国加州水管理机构将气候变化研究纳入其规划和管理工具的资源^[33]。预计出气温上升可能导致降水模式、径流时间和数量、海平面上升以及灌溉水量的变化。科学技术决定了发展层次,自然和气象与人们的生活息息相关,中国应加大对以上 3 个方面的投资与发展力度,对它们的研究水平在很大程度上影响着中国水资源的利用效率、水污染情况以及对洪涝灾害问题的应对等多方面难题的解决与否。

此外,从现代水资源管理模型、先进的水资源管理与制度的建设、水资源水环境的保护现状来看,中国与美国还有不小的差距,仍存在很多的问题,比如:相关机构制度、法律法规的不完善,很多流域的水权存在争议。在经济发展的同时,中国很多地方依然在走过去西方资本主义“先污染,后治理”的老路。同时,我国社会还面临严峻的水资源危机,地区、行业之间用水争端问题突出,水资源短缺、枯竭及浪费现象严重,急需创设、完善法律制度予以应对。

相对而言,美国水资源研究与管理更注重法制建设,笔者在美国访学时发现,在与水资源相关的大学学科专业中,水法基本上是一门必修课,要求从事水资源行业的工程技术人员都必须熟悉。这也使得近 30 年来,美国水资源的研究开发非常有序,既刺激了水消费,避免了水浪费,又保护了生态环境。

综上所述,中国要学习美国成功的水资源管理经验^[34],加强水法的普及与执行力度,加大水环境保护,编制好科学的水资源发展战略规划,依靠科技和制度优势,多管齐下,实现习近平总书记“绿水青山就是金山银山”的号召,使中国的水资源与水生态环境更加和美。

5 结论与建议

通过对中美交流互访及 Web of Science 库中水资源相关文献分析,得出了近 10 余年来中美水资源研

究领域在高水平研究机构、研究人数、研究领域、研究经费等方面存在的异同,其中主要差异是在研究的领域与方向,中国依然在快速发展,大规模的水利建设较多,倾向于水资源的优化配置、合理利用水资源;而美国发展水平相对较高,倾向于水安全、水资源、水环境、水生态的综合交叉研究与保护等方面。

在中国西北地区多为干旱半干旱地区,干旱地区的水资源对于社会和生态系统来说是关键;干旱盆地水文循环和水量平衡的共同特征是蒸散发较强,用水部门消耗大量的水,导致原生植被的退化。应多从生态水文学的角度,综合研究生态水文。干旱地区的水资源问题的解决,需要考虑生态过程和生态响应的影响。

应加强全球尺度的水资源研究,考虑气候变化对水文水资源、生态环境的影响,气候变化多是大尺度的,虽然气候变化较为缓慢,但是从事长期的研究,将会发现气候变化对全球的水资源也会产生巨大的影响,研究气候的变化会帮助我们制定正确的方案来应对水资源变化形势,将使水资源的利用更加合理。

山区水资源一直以来被人们所忽视,而中国的大江、大河水量有限,并且也面临被污染的难题,所以合理地优化利用山区水资源,把洪涝、灾害发生频繁等问题,转化为可供使用的水资源,但山区水资源的有效管理迫切需要更详细的区域研究和更可靠的情景预测,以及加强同其他学科之间的交叉融合。

水污染问题是中国乃至世界所面临的最严重的问题,并且在科学技术的快速发展下,许多持久性有机(PAHs)和无机污染物(重金属等)处理逐渐成为了水污染的难题,应更深层次研究和创新水化学、水处理方面的技术。同时,中国水资源、水环境、水生态的安全风险还较大,水污染的相关法律还需要健全,在环境执法方面还需更加严格,扩大水资源在自然地理学、气象学、大气科学方面的研究,应针对各自区域的特点构建水资源短缺风险评估模型,在发展经济的同时更好地注重水资源的合理利用与保护。

参考文献:

- [1] 齐跃明, 宁立波, 刘丽红. 水资源规划与管理 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2017.
- [2] BRACK W, ALTENBURGER R, SCHÜÜRMAN G, et al. The SOLUTIONS Project: Challenges and Responses for Present and Future Emerging Pollutants in Land and Water Resources Management [J]. *The Science of the Total Environment*, 2015, 503-504: 22-31.
- [3] 于晓霞, 赵学强, 孙滨峰, 等. 济南市小清河流域表层沉积物中重金属的空间分布、生态风险及源解析 [J]. *西南师范大学学报(自然科学版)*, 2017, 42(2): 78-84.
- [4] 刘 肖, 杨 琰, 孙 喆, 等. 河南鸡冠洞岩溶地下河地球化学特征及控制因素研究 [J]. *西南大学学报(自然科学版)*, 2016, 38(6): 104-110.
- [5] ZHANG Q, XU C Y, YANG T. Variability of Water Resource in the Yellow River Basin of Past 50 Years, China [J]. *Water Resources Management*, 2009, 23(6): 1157-1170.
- [6] BOLCH T, KULKARNI A, KAAB A, et al. The State and Fate of Himalayan Glaciers [J]. *Science*, 2012, 336(6079): 310-314.
- [7] KANG G D, CAO Y M. Development of Antifouling Reverse Osmosis Membranes for Water Treatment: A Review [J]. *Water Research*, 2012, 46(3): 584-600.
- [8] KHAN M, LO I M C. A Holistic Review of Hydrogel Applications in the Adsorptive Removal of Aqueous Pollutants: Recent Progress, Challenges, and Perspectives [J]. *Water Research*, 2016, 106: 259-271.
- [9] BAO C, FANG C L. Water Resources Flows Related to Urbanization in China: Challenges and Perspectives for Water Management and Urban Development [J]. *Water Resources Management*, 2012, 26(2): 531-552.
- [10] SUN F, YANG Z S, HUANG Z F. Challenges and Solutions of Urban Hydrology in Beijing [J]. *Water Resources Management*, 2014, 28(11): 3377-3389.
- [11] YUAN X, WOOD E F, MA Z G. A Review on Climate-Model-Based Seasonal Hydrologic Forecasting: Physical Understanding and System Development [J]. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 2015, 2(5): 523-536.
- [12] CURRELL M J, HAN D M, CHEN Z Y, et al. Sustainability of Groundwater Usage in Northern China: Dependence on

- Palaeowaters and Effects on Water Quality, Quantity and Ecosystem Health [J]. *Hydrological Processes*, 2012, 26(26): 4050-4066.
- [13] MA Q F, LU H. Wind Energy Technologies Integrated with Desalination Systems: Review and State-Of-The-Art [J]. *Desalination*, 2011, 277(1-3): 274-280.
- [14] GONG L, JIN C L. Fuzzy Comprehensive Evaluation for Carrying Capacity of Regional Water Resources [J]. *Water Resources Management*, 2009, 23(12): 2505-2513.
- [15] VENGOSH A, JACKSON R B, WARNER N, et al. A Critical Review of the Risks to Water Resources from Unconventional Shale Gas Development and Hydraulic Fracturing in the United States [J]. *Environmental Science & Technology*, 2014, 48(15): 8334-8348.
- [16] JACKSON R E, GORODY A W, MAYER B, et al. Groundwater Protection and Unconventional Gas Extraction: The Critical Need for Field-Based Hydrogeological Research [J]. *Groundwater*, 2013, 51(4): 488-510.
- [17] QADIR M, SHARMA B R, BRUGGEMAN A, et al. Non-Conventional Water Resources and Opportunities for Water Augmentation to Achieve Food Security in Water Scarce Countries [J]. *Agricultural Water Management*, 2007, 87(1): 2-22.
- [18] LETEY J, HOFFMAN G J, HOPMANS J W, et al. Evaluation of Soil Salinity Leaching Requirement Guidelines [J]. *Agricultural Water Management*, 2011, 98(4): 502-506.
- [19] SHEN Y J, CHEN Y N. Global Perspective on Hydrology, Water Balance, and Water Resources Management in Arid Basins [J]. *Hydrological Processes*, 2010, 24(2): 129-135.
- [20] RAHMAN R O A, IBRAHIUM H A, HUNG Y T. Liquid Radioactive Wastes Treatment: A Review [J]. *Water*, 2011, 3(2): 551-565.
- [21] GREEN T R, TANIGUCHI M, KOOI H, et al. Beneath the Surface of Global Change: Impacts of Climate Change on Groundwater [J]. *Journal of Hydrology*, 2011, 405(3/4): 532-560.
- [22] SCANLON B R, JOLLY I, SOPHOCLEOUS M, et al. Global Impacts of Conversions from Natural to Agricultural Ecosystems on Water Resources: Quantity Versus Quality [J]. *Water Resources Research*, 2007, 43(3).
- [23] KIM J H, JACKSON R B. A Global Analysis of Groundwater Recharge for Vegetation, Climate, and Soils [J]. *Vadose Zone Journal*, 2012, 11(1).
- [24] OLDEN J D, KENNARD M J, PUSEY B J. A Framework for Hydrologic Classification with a Review of Methodologies and Applications in Ecohydrology [J]. *Ecohydrology*, 2012, 5(4): 503-518.
- [25] VOSE J M, SUN G, FORD C R, et al. Forest Ecohydrological Research in the 21st Century: What are the Critical Needs? [J]. *Ecohydrology*, 2011, 4(2): 146-158.
- [26] MCVICAR T R, RODERICK M L, DONOHUE R J, et al. Global Review and Synthesis of Trends in Observed Terrestrial Near-Surface Wind Speeds: Implications for Evaporation [J]. *Journal of Hydrology*, 2012, 416-417: 182-205.
- [27] VÖRÖSMARTY C J, MCINTYRE P B, GESSNER M O, et al. Global Threats to Human Water Security and River Biodiversity [J]. *Nature*, 2010, 467(7315): 555-561.
- [28] MOORE R D, FLEMING S W, MENOUNOS B, et al. Glacier Change in Western North America: Influences on Hydrology, Geomorphic Hazards and Water Quality [J]. *Hydrological Processes*, 2009, 23(1): 42-61.
- [29] GUDE V G. Desalination and Sustainability-An Appraisal and Current Perspective [J]. *Water Research*, 2016, 89: 87-106.
- [30] STEWART I T. Changes in Snowpack and Snowmelt Runoff for Key Mountain Regions [J]. *Hydrological Processes*, 2009, 23(1): 78-94.
- [31] ANDERSON J, CHUNG F, ANDERSON M, et al. Progress on Incorporating Climate Change into Management of California's Water Resources [J]. *Climatic Change*, 2008, 87(S1): 91-108.
- [32] (美)戴维·塞德拉克. 人类用水简史: 城市供水的过去、现在和未来 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2018.
- [33] CURRELL M J, HAN D M, CHEN Z Y, et al. Sustainability of Groundwater Usage in Northern China: Dependence on Palaeowaters and Effects on Water Quality, Quantity and Ecosystem Health [J]. *Hydrological Processes*, 2012,

26(26): 4050-4066.

[34] DAVIS M D. Integrated Water Resource Management and Water Sharing [J]. Journal of Water Resources Planning and Management, 2007, 133(5): 427-445.

On Status and Future Prospects
of Water Resources Researches in China and U. S.

QI Yue-ming, YANG Ya-qi, LI Xin,
PEI Yi-feng, YOU Jing, LIU Bo

School of Resources and Geosciences, China University of Mining and Technology, Xuzhou Jiangsu 221116, China

Abstract: Through Sino-U. S. academic exchange, the current status of water resources research, and 2007—2016 literature analysis in the field of water resources in the Web of Science, the Sino-U. S. water resources researches have been compared in several aspects: research institutions, funding sources, and research fields, representative figures and so on. And the latest developments have been summarized in water research between China and the United States; In general, there are a large number of people and institutions engaged in water resources researches in China, and more broad research fields included water resources planning for rivers and human activities on water resources, comprehensive and efficient use of water resources and water environment under rapidly changing conditions; Relatively speaking, there are relatively few people and institutions in the United States, but their researches are relatively new or complete and have higher level. More attention of American scholars were paid to the evaluation of water resources, the planning and use of special water resources, and the protection of water resources, Ecological compensation for water resources, treatment costs for water resources, and coordination between engineering and the environment. Finally, the future development trends and the implications for us were revealed in the field of water resources researches.

Key words: water resources; water environment; research status; future prospects; China and the United States

责任编辑 包 颖