

流域植被对减缓土壤侵蚀作用的实验研究

乔光建,檀领革,陈峨印

(河北省邢台水文水资源勘测局,河北 邢台 054000)

摘要 根据河北省邢台市西部山区两个小流域实验站的水文泥沙监测资料,对不同流域在不同植被情况下,流域植被对减缓土壤侵蚀的作用进行分析,阐明流域植被对年输沙模数、地表径流含沙量以及次暴雨对输沙模数的影响等,结果表明,较好的流域植被对涵养水源、控制土壤侵蚀起重要作用。

关键词 流域植被 降水量 土壤侵蚀模数 含沙量 小流域实验站

中图分类号 S156 **文献标识码** B **文章编号** 1004-6933(2009)03-0052-05

Experimental study on deceleration of soil erosion by watershed vegetation

QIAO Guang-jian, TAN Ling-ge, CHEN E-yin

(Xingtai Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Hebei Province, Xingtai 054000, China)

Abstract According to hydrological and sediment data collected at two small watershed experimental stations located in the western mountainous area of Xingtai City of Hebei Province, the deceleration of soil erosion by watershed vegetation was studied under different watershed and different vegetation conditions. In this study, the influences of watershed vegetation on the annual sediment transport modulus and sediment concentration of surface runoff were analyzed, and the influence of a single rainstorm event on the sediment transport modulus was also examined. The results show that certain types of watershed vegetation play an important role in water conservation and soil erosion control.

Key words watershed vegetation; precipitation amount; the soil erosion modulus; sediment concentration; small watershed experimental station

流域植被较好的区域,土壤疏松,物理结构好,孔隙度高,具有较强的透水性。植被在汛期可以截留大量的水分,渗入地下补充地下水,同时也减少地表径流对土壤的冲刷力^[1]。

笔者以河北省南部 2 个相邻小面积实验站的观测资料为基础,探讨流域植被对土壤侵蚀的控制作用。

1 基本概况

1.1 实验站地理位置与基本概况

坡底小流域实验站位于邢台县西部山区城计头乡。流域面积 283 km²,流域内设有 11 个雨量观测站,雨量站网密度为 25.7 km²/站^[2]。流域平均比降 3.45%,流域平均宽度 10.6 km。该流域农垦面积较小,山林面积大,连年封山造林基本消灭了荒山,植

被较好。土壤主要以黄土、黑土为主。流域内无大型水利工程,只有几处塘坝等小型水土保持工程。

西台峪小流域实验站位于临城县石城乡。该站上游河网密度大,都是小支沟,源短流急,洪枯期流量悬殊,流量暴涨暴落。流域集水面积 127 km²,流域内设有 8 个雨量观测站,雨量站网密度为 15.9 km²/站。流域平均比降 2.79%,流域平均宽度 5.29 km。由于近年来基本消灭了荒山,水土流失现象大为减少,但植被度不高。土壤主要以红土和沙土为主。

1.2 流域植被与土地利用状况

对不同小流域土壤土质情况的调查^[3]表明,坡底流域内土壤类型以褐土、草甸土为主,土体结构为片状团粒,土壤有机质含量为 2.36%。西台峪流域内土壤类型为褐土,土壤结构为单粒、屑粒,土壤

作者简介 乔光建(1956—),男,河北沙河人,高级工程师,主要从事水文分析计算和水资源保护工作。E-mail jhxtqgj@163.com

中有机质含量为 1.30%。
 流域内生产结构和生产条件等,包括农田面积、林地面积、天然草地、荒坡地、果园面积等所占比例的多少,均对流域的产流、汇流有直接影响,2 个流域土地生产类型与利用情况见表 1。

表 1 实验区植被及土地利用情况调查

种植结构	坡底站		西台峪站	
	面积/hm ²	占总面积的百分数/%	面积/hm ²	占总面积的百分数/%
农田	2 170	7.67	2 936	23.12
林地	6 805	24.04	952	7.50
天然草地	1 670	5.90	661	5.20
荒坡地	14 700	51.94	6 354	50.03
果园	1 247	4.41	743	5.85
其他	1 708	6.04	1 054	8.30
合计	28 300	100	12 700	100

通过对 2 个小流域土地利用情况调查可看出,西台峪流域内农田面积占流域总面积的 23.12%,而坡底流域的农田面积占总面积的 7.67%,可见西台峪流域内农业开发程度较高。坡底流域内林地面积占流域总面积的 24.04%,而西台峪流域内林地面积仅占流域总面积的 7.50%。流域植被覆被率按林地面积、天然草场、荒坡地和果园面积统计,则坡底流域植被覆盖率占流域总面积的 86.30%,西台峪的植被覆盖率占流域总面积的 68.58%。

1.3 流域降水特性

利用 1956 ~ 2000 年山区降雨量资料系列分析计算,邢台市西部山区多年平均降水量 594.5 mm。对年降雨量系列进行频率计算,频率曲线采用皮尔逊Ⅲ型曲线,频率计算采用适线法。对于变差系数 C_v 值的确定,在适线中,对系列中出现的特大特小值一般不做处理。由于年降水量相对稳定,偏差系数 C_s 的取值一般用 C_v/C_s 值来反映。邢台市西部山区不同频率年降水量计算成果见表 2。

表 2 邢台市西部山区年降水量频率计算成果

年平均降水量/mm	参数		不同频率年降水量/mm			
	C_v	C_v/C_s	$P=20\%$	$P=50\%$	$P=75\%$	$P=95\%$
594.5	0.45	3.50	778.8	529.1	398.3	297.3

邢台市西部山区降水量年际变化很大,且常有连续几年降水量偏多或连续几年降水量偏少的现象。以历年年降水量最大值与最小值之间的比值 K 来表示年际变化,对西部山区各雨量站监测的年降雨量资料进行分析,各站极值比大多在 4.0 以上,其中,獐獏、侯家庄 2 个雨量站变幅最大,极值比分别为 9.4 和 9.2。

邢台市西部山区降水量具有年内非常集中的特点,全年降水量的 80% 左右集中在汛期(6 ~ 9 月),

而汛期降水又集中在在 7 ~ 8 月份,按多年平均计算,7 ~ 8 月份降水量占全年降水量的 60%,6 ~ 9 月份降水量占全年降水量的 78.3%。特别是一些大水年份,降雨更加集中。非汛期的 8 个月的降水量仅占全年降水量的 21.7%。

1.4 泥沙监测情况

坡底小流域实验站 1973 年设立,西台峪站 1960 年设立。两站均设单样含沙量和悬移质输沙率检测项目。单沙测次的年内分布及要求,应能控制沙量变化的过程。在洪水期,每次较大洪水取样不得小于 3 次,洪峰重叠,水沙峰不一致或含沙量变化剧烈时,应增加测次。汛期的平水期,在水位定时观测时取样 1 次。非汛期含沙量变化平缓时,每 5 ~ 10 d 取样 1 次。年内悬移质输沙率的测次及要求,应主要分布在洪水期,每次较大洪水取样不得小于 3 次,平水期每月测 3 ~ 5 次,以控制年内含沙量的变化过程。本次分析计算采用 1991 ~ 2005 年泥沙监测资料。

2 土壤侵蚀形式分析

根据外营力的种类,可将土壤侵蚀划分为水力侵蚀、风力侵蚀、冻融侵蚀、重力侵蚀、淋溶侵蚀、山洪侵蚀、泥石流侵蚀及土壤塌陷等^[4]。侵蚀的对象也并不限于土壤及其母质,还包括土壤下面的土体、岩屑及松软岩层等。在现在侵蚀条件下,人类活动对土壤侵蚀的影响日益加剧,它对土壤和地表物质的剥离和破坏,已成为十分重要的外营力。

土壤侵蚀以降水和地表径流作为侵蚀的直接动力,即以水力侵蚀为主,其主要侵蚀形态有面蚀和沟蚀。水力侵蚀的强度决定于土壤或土体的特性、地面坡度、植被情况、降水特征及水流冲刷力的大小等,其中降水是最重要的动力因素。暴雨对土壤的分散、破坏作用最大,增强了地面径流的冲刷力和搬运能力,加大土壤侵蚀量,少数几次大暴雨引起的侵蚀量,往往占年侵蚀量的主要部分。植被对地面的覆盖是减少水力侵蚀的关键因素,严重的水力侵蚀一般发生在植被遭到严重破坏的地区。坡度与坡长既影响径流速度,也影响渗透量和径流量。人为不合理的经营活动是引起水力侵蚀的主导因素,滥垦、滥伐、滥牧和不合理的耕作方法均能加剧水力侵蚀。侵蚀因素的不同组合决定着水蚀的形式、强度、时空分布以及潜在危险的大小。

2.1 面蚀情况

面蚀分布面积广泛,危害较大。面蚀主要发生在坡耕地以及植被稀疏的荒坡上,可分为耕地面蚀和非耕地面蚀。根据邢台市水土保持规划调查情

况,上述 2 个小流域在次暴雨面雨量小于 50 mm 时,土壤侵蚀以面蚀为主。在西台峪流域的土石山区,由于土层浅薄,土壤含沙砾较多,在面蚀过程中,细土粒被地表径流带走,使土壤表层的细土粒不断减少,沙砾逐渐增多,最后导致弃耕,这种沙砾化面蚀是造成该流域水土流失的一个重要因素。

2.2 沟蚀情况

根据沟蚀发生的形态和演变过程,可分为浅沟侵蚀、切沟侵蚀、冲沟侵蚀、干沟侵蚀、河沟侵蚀等。沟蚀所形成的各种沟道,从上至下互相连接,形成自然排水系统的组成部分。浅沟侵蚀是沟蚀的开始阶段,进一步发展则形成切沟侵蚀和冲沟侵蚀。沟蚀上部与面蚀地段呈犬牙状交错连接,其下部与河道相通。河道是地表径流的自然通路,主要由凹地、旱溪和河川 3 个环节组成。当地面径流集中于相对狭长的河道后,水流逐渐变大,对土壤的侵蚀作用以下切河道底部和冲淘河道边岸为主。面雨量在 50 ~ 150 mm 时,面蚀、沟蚀均对土壤产生侵蚀作用,以沟蚀侵蚀为主。

2.3 山洪侵蚀

在山区、丘陵区富含泥沙的地表径流,经过侵蚀沟网的集中,形成突发洪水,冲出沟道向河道汇集,山区河流洪水对沟道堤岸的冲淘、对河床的冲刷或淤积过程称之为山洪侵蚀。如 1996 年 8 月份的一场暴雨,坡底流域次暴雨面雨量为 326.1 mm,土壤侵蚀模数为 5 830 t/km²,该次降水过程对土壤侵蚀量为 165 万 t,西台峪流域次暴雨面雨量为 468.9 mm,土壤侵蚀模数为 5 140 t/km²,对土壤侵蚀量为 65.3 万 t。该研究区分别在 1996 年、2000 年发生特大暴雨洪水,流域内均发生山洪侵蚀,对农田、河流、道路等损毁严重,给当地生产生活造成很大损失。

3 流域植被对土壤侵蚀作用的实验分析

当降水强度大、雨滴大时,多层次、高密度的植被可以保护土壤免遭大雨滴直接击溅,并削弱其降雨动能。同时,可以使大雨滴经过枝叶撞击而变小,然后再落到地面,其强度也大为减弱。如果是郁闭度高的天然混交林,林下灌木、草类丛生,枯枝落叶层遍布地表层,其减少地表径流量减缓和流速以及径流强度的作用显著,很少造成水土流失。另外,良好的天然草坡和茎叶交织如密网的多年生人工草地可非常严密地遮盖坡面,几乎看不到裸土,这样就能防止雨滴直击地面,同时增强拦阻坡面径流和增加土壤入渗能力,极大地降低径流的冲刷强度。

植被的根系可以固结土壤,改善土壤结构,增强团粒的黏结性,可以增加土壤孔隙度,增强土壤渗透力。根系发达的木本植物,具有强大的主根和支根

体系,其作用更强;主根型的草本植物,对于雨水向下移动有良好的作用;须根系的草本植物可以牢固地固结土壤,死亡后为土壤增加有机质。

枯枝落叶层对于拦截坡面径流,减缓径流速度和径流强度,增加土壤入渗的作用显著。良好而深厚的枯枝落叶层,在植物保护土壤免遭侵蚀中可起到 60% ~ 70% 的作用^[5]。没有枯枝落叶层和灌丛的林地,尽管郁闭度高,仍然产生强烈的坡面径流,并导致严重的沟蚀。如坡底流域内有 24.04% 森林植被,坡面的枯枝落叶和灌草的覆盖层很厚,它们具有很大的容水量,能吸收比自身干重 2 ~ 5 倍的水分,对减少地表径流量和径流强度起重要作用。

3.1 流域植被对土壤年侵蚀模数的影响

土壤侵蚀量是指土壤侵蚀作用的数量结果。通常把土壤、母质及地表散松物质在外营力的破坏、剥蚀作用下产生分离和位移的物质质量,称为土壤侵蚀量。单位时间、单位面积内产生的土壤侵蚀量,称为土壤侵蚀模数。

土壤侵蚀物质以一定的方式搬运,并被输移出特定地段,这些被输移出的泥沙量称为流域产沙量。相应的,单位时间内通过河川某断面的泥沙总量称为流域输沙量。在本研究区内土壤组成多以褐土、草甸土为主,且粒径组成范围较小,可以近似地将输沙量看作流域的产沙量,因而常用流域的输沙量和流域土壤侵蚀面积来计算平均侵蚀模数。

水流挟沙力应该包括推移质和悬移质的全部沙量。由于推移质运动要比悬移质运动复杂得多,当前的测验工作仅限于悬移质方面,对于推移质测验还有不少困难,并且在天然河流中,悬移质一般成了全部运动泥沙的主体,因此,对于一般河流来说,常以悬移质输沙率代替水流的全部挟沙力。根据 1991 ~ 2005 年泥沙监测资料,分析比较坡底、西台峪 2 个流域输沙模数等情况。流域输沙模数、平均输沙率统计结果见表 3。

通过对坡底、西台峪 2 个小流域实验站年输沙模数与年平均输沙率进行分析计算,坡底站流域输沙模数为 504.4 t/(km²·a),西台峪站为 850 t/(km²·a)。西台峪站输沙模数比坡地站多 345.6 t/(km²·a)。通过计算还可以看出,流域植被对土壤侵蚀的影响主要与植被有关,但也和降雨强度和降雨历时及降水量有关。如 1996 年,发生较大洪水,两站输沙模数相差很小,坡底站年输沙模数为 5 870 t/(km²·a),西台峪年输沙模数为 5 250 t/(km²·a),而且坡底流域大于西台峪,说明流域植被对土壤侵蚀的影响也是有一定限度的。一旦发生山洪侵蚀,侵蚀模数是正常年份的几百倍,甚至上千倍。

表 3 实验站输沙模数、平均输沙率统计(1991~2005 年)

年份	坡底站			西台峪站		
	输沙模数/ (t·km ⁻² · a ⁻¹)	最大日平 均输沙率/ (kg·s ⁻¹)	平均 输沙率/ (kg·s ⁻¹)	输沙模数/ (t·km ⁻² · a ⁻¹)	最大日平 均输沙率/ (kg·s ⁻¹)	平均 输沙率/ (kg·s ⁻¹)
1991	25.7	79.6	0.23	178	22	0.72
1992	0.5	0.9	0.004	87	47	0.35
1993	7.0	14.5	0.06	371	209	1.49
1994	3.9	4.24	0.04	157	43	0.63
1995	88.7	66.8	0.80	2460	1090	9.92
1996	5870.0	16800	52.60	5250	6840	21.10
1997	30.4	59.0	0.27	389	470	1.56
1998	0.8	4.47	0.06	0	0	0
1999	2.1	4.64	0.02	175	139	0.70
2000	1260.0	2030	11.30	2830	3230	11.40
2001	22.8	43.4	0.21	519	192	2.09
2002	18.0	13.8	0.16	0	0	0
2003	19.8	20.0	0.17	64	24	0.26
2004	91.2	98.7	0.82	245	160	1.71
2005	125.0	204	1.12	23	17	0.09
平均	504.4		4.52	850		3.468

3.2 流域植被对径流含沙量影响分析

在上述 2 个小流域的植被覆盖率中,坡底流域森林面积比例明显高于西台峪流域。当降暴雨时,坡面径流量随之增大,但是,坡面径流经过植物的层层拦截,极大地削弱了冲刷动能,分散的坡面径流不再具有大的破坏力。

土壤既是侵蚀的对象又是影响径流的因素,因此土壤的各种性质都会对面蚀产生影响。影响土壤性质的因素有土壤质地、土壤结构、土壤孔隙、剖面构造、土层厚度、土壤湿度以及土地利用方式等^[6]。在上述因素基本相似的情况下,流域植被因素对径流含沙量的影响十分重要。表 4 为 1991~2005 年 2 个不同流域径流含沙量监测结果。

表 4 不同流域径流含沙量监测结果

年份	坡底			西台峪		
	平均流量/ (m ³ ·s ⁻¹)	平均含沙量/ (kg·m ⁻³)	最大含沙量/ (kg·m ⁻³)	平均流量/ (m ³ ·s ⁻¹)	平均含沙量/ (kg·m ⁻³)	最大含沙量/ (kg·m ⁻³)
1991	1.00	0.23	3.56	0.52	1.38	14.50
1992	0.32	0.01	0.58	0.29	1.21	21.50
1993	0.89	0.07	2.98	0.39	3.82	40.20
1994	0.42	0.08	2.02	0.16	3.94	41.50
1995	2.71	0.30	31.40	2.19	4.53	162.00
1996	4.61	11.40	49.70	2.57	8.21	70.10
1997	0.73	0.37	13.50	0.42	3.71	41.40
1998	0.52	0.12	2.97	0.03	0	0
1999	0.30	0.06	1.29	0.11	6.36	62.60
2000	2.72	4.15	11.00	1.13	11.40	83.80
2001	0.53	0.39	9.74	0.27	7.77	97.00
2002	0.54	0.30	9.28	0.28	0	0
2003	0.76	0.23	4.06	0.21	1.20	7.35
2004	1.16	0.70	7.40	1.22	1.40	9.58
2005	1.87	0.60	6.60	0.26	0.36	5.77
平均	1.27	1.27		0.67	3.69	

由表 4 可知,坡底实验站径流平均含沙量为 1.27 kg/m³,而西台峪站平均含沙量为 3.69 kg/m³,后者是前者的 2.9 倍。在流域内,作物植被和森林植被保土的作用是不同的。在坡底小流域内,农田面积占 7.67%,林地面积占 24.04%;而西台峪小流域,农田面积占 23.12%,林地面积占 7.5%。在发生土壤侵蚀的地区,坡地上种植各类农作物,形成一定的植被覆盖,能保护土壤,抵抗侵蚀。在其他因素基本相似的情况下,流域植被是影响径流含沙量的重要因素。

3.3 降水量对土壤侵蚀量的影响

坡面水流形成初期,水层很薄,速度较慢,但水质点由于地表凸起物的阻挡,形成绕流,流线相互不平行,在缓坡地上,薄层水流的速度通常不会超过 0.5 m/s。因此,能量不大,冲刷力微弱,只能较均匀地带走土壤表层中细小的呈悬浮状态的物质和一些松散物质,即形成层状侵蚀。但当地表径流沿坡面漫流时,径流汇集的面积不断增大,同时又继续接纳沿途降雨,因而流量和流速不断增加。到一定距离后,坡面水流的冲刷能力便大大增加,产生强烈的坡面冲刷,引起地面凹陷,随之径流相对集中,侵蚀力变强,在地表上会逐渐形成细小而密集的沟,称细沟侵蚀。最初出现的是斑状侵蚀或不连续的侵蚀点,以后互相串通成为连续细沟。细沟的出现,标志着面蚀的结束和沟道水流侵蚀的开始。因此,降水量和降水强度是影响土壤侵蚀的主要因素之一。根据 1991~2005 年泥沙监测资料,选择有代表性的降水过程和泥沙过程资料,对面雨量在不同范围的次降水产沙资料进行分析,分析结果见表 5。

表 5 不同流域次暴雨产沙调查

站名	降雨 次数/次	流域面 雨量/mm	平均径流 系数/%	平均产沙模数/ (t·km ⁻²)
坡底	5	10~50	9.8	4.39
	9	50~100	15.7	6.19
	6	100~150	16.8	28.92
西台峪	6	10~50	14.9	44.30
	8	50~100	20.8	76.98
	5	100~150	25.4	406.76

由表 5 可以看出,在流域面雨量为 10~50 mm 范围时,西台峪比坡底平均产沙模数增大了 10 倍;在流域面雨量为 50~100 mm 范围时,西台峪比坡底平均产沙模数增大了 12 倍;在流域面雨量为 100~150 mm 范围时,西台峪比坡底平均产沙模数增大了 14 倍,侵蚀模数随降水量和雨强的增加而增加。

流域植被较好的坡底站,在降水量和降水强度基本相同的情况下,产沙模数比植被较差的西台峪站相差 10 倍以上。随着流域面雨量的增大,产沙模

数也逐渐增大,而且两流域产沙模数的倍数也逐渐增大。分析结果说明,流域植被对控制土壤侵蚀影响比较明显。植被较好的坡底站土壤侵蚀量明显低于西台峪站。

4 结 语

通过对坡底、西台峪 2 个小面积实验站年输沙模数进行分析计算,得出坡底站流域输沙模数为 504.4 t/(km²·a),西台峪站为 850 t/(km²·a)。流域植被覆盖率高的流域,土壤侵蚀量就少。根据实验站 15 a 监测资料分析,流域植被覆盖率高 17.72%,植被对土壤侵蚀量控制减少 345.6 t/(km²·a)。

根据 15 a 泥沙系列资料计算,坡底站径流平均含沙量 1.27 kg/m³,西台峪则为 3.69 kg/m³,坡底站多年径流平均含沙量低于西台峪站,流域植被对径流含沙量的控制作用比较明显。在流域植被高 17.72% 的情况下,含沙量减少了 2.42 kg/m³。

通过对不同降水范围情况调查分析,在不同流域内,随着次降水的流域面雨量增加,流域植被对水

土流失的控制作用愈加明显。通过对不同时段降水量分析,2 个流域次暴雨产沙模数相差很大,西台峪流域比坡底高 10 倍以上。说明流域植被不仅在减少洪峰流量、延缓洪峰时间、增大对地下水的入渗量和入渗时间方面起重要作用,而且在减少地表径流对土壤的侵蚀方面也发挥重要作用。

参考文献：

[1] 王万忠,焦菊英.黄土高原降雨侵蚀产沙与黄河输沙[M].北京:科学出版社,1996.
[2] 乔光建,张均玲,刘春广.流域植被对水质的影响分析[J].水资源保护,2004,20(4):28-30.
[3] 乔光建.区域水资源保护探索与实践[M].北京:中国水利水电出版社,2007.
[4] 王礼先.中国水利百科全书·水土保持分册[M].北京:中国水利水电出版社,2004.
[5] 郭廷辅,段巧甫.水土保持径流调控理论与实践[M].北京:中国水利水电出版社,2004.
[6] 符素华,段淑怀,李永贵,等.北京山区土地利用对土壤侵蚀的影响[J].自然科学进展,2002,12(1):108-112.

(收稿日期:2008-02-26 编辑:高渭文)

· 简讯 ·

第二届中国环境社会学学术研讨会在河海大学举行

由河海大学社会学系、河海大学中国移民研究中心、中国人民大学社会学理论与方法研究中心、中央民族大学社会学系和中国社会学学会人口与环境社会学专业委员会联合主办的第二届中国环境社会学研讨会于 2009 年 4 月 25 ~ 26 日在河海大学举行。本届研讨会上,来自中国社科院、中国人民大学、中央民族大学和中国海洋大学等科研机构和高校的 70 多位学者,围绕“水·环境与和谐社会建设”的主题,对涉水等环境问题进行了探讨。

中国人民大学洪大用教授、河海大学施国庆教授、南京大学张玉林教授和河海大学陈阿江教授分别以“中国水污染的社会学分析:若干议题与研究进展”、“环境移民研究”、“‘天地异变’与中国农村研究”、“论人水和谐”为题作了主题报告。

洪大用总结了当前中国水污染的基本特点,概括了水污染分析的三种社会学视角——功能论、建构论和冲突论。不过,这些分析视角中的任何一个不可能单独用于解释中国的环境问题,水污染社会学分析必须要考虑到中国的社会情境。施国庆提出“环境移民”概念并对其进行了详细阐述,对环境移民的产生、安置方式进行了探讨,且从跨学科视角提出了环境移民应该进行研究的若干问题。张玉林指出了传统中国乡村研究中“环境”视角的缺位,学界对当代中国的“大转变”中的“环境”——维远远没有足够、充分的理解。他建议,环境社会学研究者当以文明史的眼光、求真的精神、超然的态度和匠人的气质,实现对环境问题的全面、系统、深入、细致的刻画和分析。陈阿江从两种理想类型——“人水不谐”型和“人水和谐”型入手探讨人水关系。他构建了从“人水不谐”的“D”点到“人水和谐”的“E”点之转变的理想型机制,并论证其可能性。他认为,人类可以通过技术进步、制度创新和重塑理念来实现这种转变,但该理想型拐点的实现受制于非常复杂的因素,人水和谐状态的实现道路是复杂多样的。

各分论坛上的讨论同样精彩。其中,环境社会学理论与经验研究的关系、环境正义、文化分析、环境行动、项目社会评价等议题对环境社会学研究的扩展和深化具有启发意义。

(王毅杰 刘海健 供稿)