新疆干旱区水环境主要问题与形成原因分析

张仲伍[1,2,3]，杨德刚[1]，张小雷[1]，张月芹[3]
（1. 中国科学院 新疆生态与地理研究所，新疆 乌鲁木齐 830011；
2. 中国科学院 研究生院，北京 100049；3. 山西师范大学 城市与环境科学学院，山西 临汾 044000）

摘 要：采用 2001—2006 年新疆主要水体检测数据和相关的经济数据，运用序相关系数法等定量和定性研究方法，分析了新疆主要水体存在的问题和发展趋势以及产生问题的主要原因。结果发现，新疆河流水质属于轻度污染，污染程度南疆小于北疆，远离城市河流小于穿城而过河流。河流水质发展趋势稳定；湖库水体属于中度污染，湖泊小于水库污染，湖库水质发展趋势稳定；饮用水源地水体总体良好，水质发展趋势稳定。乌鲁木齐地下水在Ⅳ—Ⅴ间，发展趋势稳定。新疆工业结构重型化，经济快速发展，城市基础设施薄弱，农村面污染严重和水源地保护不力是产生水环境问题的主要原因。

关键词：水环境；水污染；Ridit 相关系数法；新疆
文献标识码：A 文章编号：1000-288X(2010)05-0173-05 中图分类号：X52

Main Problems of Water Environment and Their Causes in Xinjiang Wei Autonomous Region

ZHANG Zhong-wu[1,2,3], YANG De-gang[1], ZHANG Xiao-lei[1], ZHANG Yue-qin[3]
(1. *Xijiang Institute of Ecology and Geography, CAS, Urumqi, Xinjiang* 830011, *China*; 2. *Graduate School of the CAS, Beijing* 100049, *China*;
3. *College of Urban and Environment Science, Shanxi Normal University, Linfen, Shanxi* 044000, *China*)

Abstract: The main problems and changing trends of water environment in Xinjiang Wei Autonomous Region, as well as their causes, are analyzed by Ridit analysis method and other qualitative and quantitative methods based on the water monitoring data and economical data from 2001—2006. Results show that water quality of rivers in Xinjiang is in slight pollution. Water pollution in the north is more serious than that in the south. Water quality of the rivers far from urban areas is better than that through urban construction areas. The changing trends of water quality of rivers are stable. Water qualities of lakes and reservoirs are in medium pollution. Water quality of lakes is better than that of reservoirs. The changing trends of the water qualities of lakes and reservoirs are stable. Water quality of drinking water sources are good basically and its changing trend is stable. Ground water quality in Urumqi is in the degree of Ⅳ—Ⅴ and its changing trend is stable. The main causes leading to the water problems in Xinjiang are the heavy industrial structure, rapid growth economy, weak urban infrastructure, heavy pollution in rural areas, and poor protection of drinking water sources.

Keywords: **water environment; water pollution; Ridit analysis method; Xinjiang Wei Autonomous Region**

近年来，新疆维吾尔自治区水污染日益加剧，严重影响了河流、湖泊、水库水体的水环境质量，引起众多学者的关注。袁峡，杨佃华[1]通过分析博斯腾湖水污染现状、机理，提出进一步适应和改善博斯腾湖水环境的措施。陈建江[2]从自然地理条件及气候水文特征角度讨论了新疆主要的水环境问题，提出了改善措施。杜娟，唐德善[3]以伊犁河为例，分析了城市河流的水污染问题，对保护对策进行了研究。马超[4]分析阐述了影响新疆河流、湖泊、水库、城市饮用水等水质特性的各类因素，提出了相应的对策建议。陈正虎[5]采用模糊模式识别分析法对新疆水资源可持续利用程度进行了评价分析，其他学者也从不同角度对

收稿日期：2009-09-14 修回日期：2010-04-09
资助项目：中国科学院西部计划“塔里木河流域社会经济跨越式发展与生态安全”(KZCX2-XB2-03-03)
作者简介：张仲伍(1969—)，男(汉族)，河南省安阳县人，在读博士，讲师，主要研究方向为区域与城市生态经济。E-mail：zhangzhongwu69@163.com。
通信作者：杨德刚(1962—)，男(汉族)，新疆维吾尔自治区富康县人，博士生导师，研究员，主要研究方向为区域可持续发展与干旱区农业地理学。E-mail：dgyang@msxjb.ac.cn。

新疆水环境质量进行了有意义的探讨[6-10]。上述研究对水环境问题的认识和解决提供了理论依据,对新疆干旱区而言,水是干旱区地理系统稳定性的主要影响因素,但是关于新疆干旱区水环境的研究缺乏整体识别,对水环境问题的产生机理认识片面、模糊,提出的解决途径可行性较差。本文拟采用定量和定性相结合的方法,从整体上研究新疆水环境及其主要问题的产生机理,为干旱区水环境可持续发展提供理论参考。

1 研究区水环境概况

新疆维吾尔自治区是世界上远离海洋最远的内陆地区,年降水约 147 mm,年蒸发量 1 000~4 500 mm,多年平均地表水资源 7.84×10^{10} m^3,地下水天然补给量 8.74×10^{9} m^3,水资源总量 8.72×10^{10} m^3,每 1 km^2 水量 4.8 m^3,是我国最干旱的地区[11]。同时新疆水资源时空分布极不平衡,境内塔里木河、伊犁河、额尔齐斯河、乌伦古河等 360 多条河流,博斯腾湖、布伦托海、艾比湖、赛里木湖和天池等 300 多个湖泊的主要补给来源为高山融雪和山区降水,季节性变化较大,河流径流具有"春旱、夏洪、秋缺、冬枯"的特性。在空间上,水资源分布具有"北富南贫"的特点,南疆国土面积占 73%,地表水资源量仅占 48%[12]。上述时空分布加剧了区域性水资源短缺。其次,水资源与社会经济空间分布不匹配,新疆人均可利用水资源潜力极为缺乏和缺乏的县级行政区共有 69 个(超过总数的 70%),主要分布于新疆经济比较发达,人口集聚度大的天山北坡经济带和天山南坡石油化工产业带。上述水资源特点加剧了可利用水资源的缺乏,不但制约着经济发展以及经济均衡布局和人口均衡分布,也带来了诸多生态问题,因此研究新疆水环境问题及其解决途径具有较强的现实和理论意义。

2 方法与数据

2.1 Daniel 趋势检验

衡量环境污染变化趋势常用的方法是 Daniel 趋势检验,它使用了 spearman 秩相关系数,称为秩相关系数法,适用于单因素小样本的相关检验。该方法一般至少应采用 4 个期间的数据,给出时间周期 Y_1, Y_2, …, Y_n(时间序),并将对应的观察值(本文取监测年均值 x_1, x_2, …, x_n)从小到大排列附上序号(浓度序)X_i。统计检验用的秩相关系数 r:

$$r=1-\left[6\sum_{i=1}^{n}d_i^2/(N^3-N)\right]$$
$$d_i=X_i-Y_i \qquad (1)$$

式中:N——样本值;d_i——变量 X_i 与变量 Y_i 的差值;X_i——周期 1 至周期 N 按浓度值从小到大排列的序号(浓度秩);Y_i——按时间排列的序号(时间秩)。将秩相关系数 r 的绝对值同 spearman 秩相关系数统计表中的临界值 w_p 进行比较,得出变化趋势。

2.2 主要数据

采用 2001—2006 年环保监测系统对新疆 57 条河流 144 个断面,26 座湖库 90 个点位,19 城市 34 个集中式饮用水源地以及乌鲁木齐市 17 个地下水观测点的水质进行的常规监测数据,以及新疆水资源公报(2000—2007 年)相关数据和《新疆维吾尔自治区统计年鉴》(中国统计出版社,2000—2007 年)社会经济数据。

3 主要水环境污染分析

3.1 水环境现状及问题

3.1.1 河流水质 2006 年新疆监测河流总体水质为轻度污染。在 57 条监测河流 144 个断面中,Ⅱ—Ⅲ类水质断面 103 个,占总数的 71.5%;Ⅳ—Ⅴ类水质断面 33 个,为 22.9%;劣Ⅴ类水质断面 8 个,占 5.6%。河流水质达标断面比例南疆为 77.8%,北疆地区为 67.8%,南疆河流整体水质好于北疆河流。

全区 8 条穿城河流:乌鲁木齐河、水磨河、头屯河、克孜河、吐曼河、多浪河、孔雀河、克兰河,总体水质状况较差,处于轻度污染水平。在 27 个监测断面中,Ⅱ—Ⅲ类水质断面占 55.6%,Ⅳ—Ⅴ类占25.9%,劣Ⅴ类占 18.5%。其中克兰河、多浪河、孔雀河水质良好,全河段水质为Ⅱ—Ⅲ类,其余 5 条河流的城市河段水质都存在不同程度的污染,水磨河、吐曼河、克孜河城市河段水质依然以劣Ⅴ类为主。

3.1.2 湖库水质 2006 年,新疆监测湖库总体水质为中度污染。在 8 座湖泊、18 座水库 90 个监测点位中,Ⅱ—Ⅲ类水质点位 32 个,占 35.6%;Ⅳ—Ⅴ类水质点位 32 个,占 35.6%;劣Ⅴ类水质点位 26 个,占 28.8%。总体上,湖泊水质好于水库水质,山区湖库水质好于平原湖库水质,南疆地区湖库水质好于北疆地区湖库水质。

3.1.3 城市集中式饮用水源地 新疆监测城市集中式饮用水源地总体水质良好,水质达标率为 88.2%。在全区 19 个建制城市的 34 个集中式饮用水源地中,Ⅱ—Ⅲ类优良水质的水源地有 30 个,占 88.2%;Ⅳ—Ⅴ类水质有 4 个,占 11.8%。全区监测城市集中式饮用水源地年总供水量为 4.2×10^{8} m^3,其中水质不达标水源地的年供水量为 7.6×10^{7} m^3,占总供水量的 18.6%。

3.1.4　城市地下水　2006 年乌鲁木齐市环境监测站对乌鲁木齐周边 17 个地下水观测点的水质进行了监测, 达标水质点的比例仅为 29.4%, 大部分观测点地下水硫酸盐、总硬度、硝酸盐氮等超标。

3.2　新疆水环境质量总体变化趋势

3.2.1　河流水质变化趋势　根据公式(1), 计算出各河流序相关系数(表 1)。

(1) 2001—2006 年, 新疆连续监测河流水质总体稳定, 综合污染指数总体均值的秩相关系数为 0.200 0。

(2) 在连续监测河流中, 克兰河、孔雀河水质具有显著好转的趋势, 6 a 平均综合污染指数的秩相关系数均小于临界值－0.829。克孜河、吐曼河水质具有显著下降的趋势, 6 a 平均综合污染指数的秩相关系数均大于临界值－0.829。

(3) 其它检测河流水质总体保持稳定。

(4) 在穿城河流中, 水磨河 10 a 水质持续较差, 中下游断面水质类别保持在 Ⅴ—劣 Ⅴ类之间; 克孜河、吐曼河水质自 2002 年起持续恶化, 穿城断面污染程度不断加大; 克兰河、孔雀河断面水质由 2001 年的 Ⅲ—Ⅳ类逐步变为 2006 年的Ⅱ－Ⅲ类, 持续好转。

3.2.2　湖库水质变化趋势　根据公式(1), 计算出湖库水质序相关系数(表 2)。2001—2006 年, 全区连续监测湖库水质总体稳定, 总体水质较差, 综合污染指数总体均值的秩相关系数为－0.714。在连续监测湖库中, 大泉沟水库水质具有显著好转的趋势, 6 a 平均综合污染指数的秩相关系数小于临界值－0.829; 其它湖库水质总体保持稳定。

表 1　**2001—2006** 年监测河流水质变化趋势评价结果

河流名称	平均综合污染指数						秩相关系数	趋势评价
	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年		
克孜河	0.240	0.209	0.263	0.301	0.370	0.493	0.943	显著下降
吐曼河	0.307	0.267	0.380	0.353	0.498	0.635	0.886	
克兰河	0.341	0.304	0.335	0.287	0.290	0.264	－0.886	显著好转
孔雀河	0.330	0.374	0.322	0.272	0.265	0.271	－0.886	
乌鲁木齐河	0.236	0.276	0.300	0.229	0.525	0.266	0.200	稳定
叶尔羌河	0.254	0.214	0.183	0.257	0.290	0.392	0.771	
奎屯河	0.200	0.203	0.173	0.180	0.212	0.242	0.543	
白杨河	0.186	0.140	0.143	0.154	0.155	0.135	－0.429	
三屯河	0.343	0.255	0.294	0.261	0.322	0.288	－0.143	
阿克苏河	0.146	0.180	0.153	0.155	0.158	0.124	－0.200	
多浪河	0.163	0.182	0.177	0.234	0.163	0.147	－0.257	
喀拉喀什河	0.167	0.162	0.220	0.141	0.195	0.146	－0.257	
玉龙喀什河	0.183	0.169	0.239	0.164	0.170	0.134	－0.600	
伊犁河	0.231	0.248	0.243	0.194	0.213	0.267	0.086	
水磨河	1.168	2.639	1.578	1.439	1.532	1.584	0.257	
额尔齐斯河	0.364	0.424	0.383	0.334	0.305	0.273	－0.829	
开都河	0.233	0.521	0.195	0.152	0.161	0.236	－0.257	
塔里木河	0.276	0.228	0.225	0.272	0.202	0.193	－0.829	
头屯河	0.454	1.676	0.402	0.284	0.364	0.345	－0.771	
穿城河流均值	0.405	0.741	0.470	0.425	0.501	0.501	0.371	稳定
总体均值	0.306	0.456	0.327	0.298	0.336	0.339	0.200	稳定

表 2　**2001—2006** 年监测湖库水质变化趋势评价结果

湖库名称	平均综合污染指数						秩相关系数	趋势评价
	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年		
大泉沟水库	0.694	0.464	0.525	0.518	0.394	0.530	－1.171	显著好转
博斯腾湖	0.319	0.286	0.261	0.272	0.327	0.512	－0.314	稳定
柴窝堡湖	0.743	1.119	1.089	1.181	0.782	1.019	－0.629	
乌拉泊水库	0.395	0.482	0.352	0.84	0.385	1.097	－0.229	
红雁池水库	0.481	0.501	0.329	0.309	0.444	0.801	－0.800	
猛进水库	0.448	1.165	0.617	0.967	0.673	3.502	－0.457	
蘑菇湖水库	2.248	0.795	1.014	1.023	1.754	3.096	－0.571	
泉沟水库	0.443	0.283	0.347	0.489	0.442	0.551	－0.457	
总体均值	0.721	0.637	0.567	0.700	0.650	1.389	－0.714	稳定

3.2.3 城市集中饮水源地水质变化趋势 2001—2006 年，全区连续监测城市集中式饮用水源地水质总体保持稳定，污染指数总体均值的秩相关系数为－0.257。在连续监测的水源地中，喀什市水厂水源水质具有显著好转的趋势，6 a 平均综合污染指数的秩相关系数小于临界值－0.829；其它水源地水质总体保持稳定。

3.2.4 城市地下水水质变化趋势 2001—2006 年，乌鲁木齐市连续监测城市地下水水质总体保持稳定，平均综合污染指数的秩相关系数为－0.257，大于临界值－0.829。6 a 间，乌鲁木齐市城市地下水中下游水质保持在Ⅳ—Ⅴ类之间，趋势稳定。

4 水环境问题成因分析

4.1 工业因素

2006 年新疆工业产值占全区总产值的 79.3%，但是新疆产业结构重型化突出，新疆石油、天然气、煤炭等能源资源工业，黑色金属重开采和加工工业产值占工业总产值的 67.8%，农副产品加工和纺织业分别占总产值的 3.4%，2.7%（图 1），重型化产业结构产生废水量大，以煤炭、石油开采加工、炼焦和核燃料加工为例，其废水，COD，NH_3 排放量分别占自治区总排放量的 11.13%，0.92%，9.64%，另外新疆造纸业产值虽然只占全区工业值的 0.53%，但是远高于全国平均水平 0.15%，造纸业消耗了大量水资源，同时也产生了大量的废水，对水体环境污染较大，新疆工业具有污染性特征（图 2）

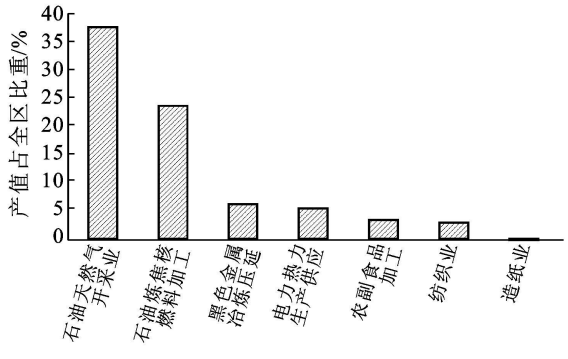


图 1 2006 年新疆主要工业行业产值占全区产值的比例

由于新疆产业处在低级发展阶段，产业多数为粗放型，单位工业产值污染排放强度较大，以 2005 年为例，废水 20.84 t/万元，COD 16.28 kg/万元，氨氮 0.54 kg/万元。同时新疆工业污染治理投入不足，工业废水治理达标率较低，2000—2006 年工业废水排放量逐年升高，2006 年新疆全区工业废水排放量 1.81×10^8 t，约占全疆废水排放总量的 31.62%。而 2001—2006 年工业废水达标率基本在 60%左右，同期全国工业废水排放达标率为 92.1%。

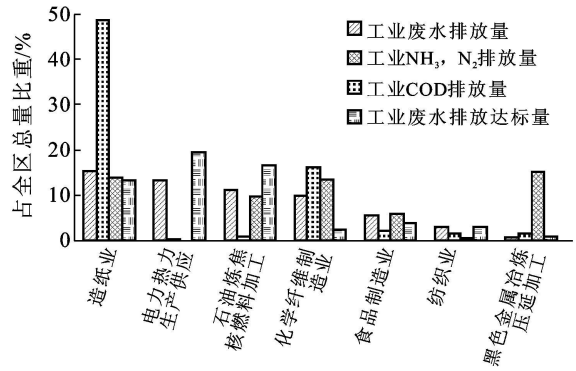


图 2 主要产业排放水污染物和废水达标量占全区比例

新疆部分传统生产行业季节性很强，如甜菜制糖、淀粉加工、亚麻原料生产、乳品加工、果品加工、油脂生产、旅游业运营等，污水及污染物季节性集中排放对水环境影响较大。

由于新疆工业主要集中在以天山北坡经济带为主的北疆地区，2006 年天山北坡经济带总量已达到了 1 900多亿元，占全疆总量的 50%以上，工业产值占全疆 68.79%。新疆大中型企业、中央在疆企业和兵团企业，70%都集中在这里，成以石油和石化、轻纺和食品、煤炭和电力为主导的工业体系。其产业主要建立在资源开发利用的基础上，经济增长方式是大量消耗资源和粗放经营为特征的传统模式，具有典型的“高投入，高消耗，低产出，低效益”的特点，造成比较严重的资源浪费与环境污染，水资源尤甚。加以环境保护和智力的投入严重不足，力度不够，阻碍了水环境的治理与恢复，因此北疆地区水环境总体质量较差。

新疆城市工业产值占全区工业产值的 80.93%，城市工业产生的废水总量大，对水体污染较大，因此穿城而过的河流水环境总体较差。

综上所述，新疆工业结构重型化、工业废水治理达标率低以及部分传统行业季节性集中排污是新疆水环境问题产生的重要原因。新疆工业空间布局的差异是水环境质量空间差异的重要原因。

4.2 社会发展因素

由于新疆万元 GDP 用水量为 2 338 m^3，远远高于全国平均水平（399 m^3）；农业灌溉均用水量 11 175 m^3/hm^2，灌溉定额高于全国平均水平（450 m^3）。随着经济的发展，人口的增长，社会经济系统需水量剧增，迫使加大对水资源的开采强度，致使水资源开发率严重超过干旱区生态系统阈值，致使水环境质量持续下降。以乌鲁木齐为例，1995—2006 年，乌鲁木齐经济增长约

4.5 倍, 人口增长约 1.79 倍, 城市水资源供给量增加 2.1倍, 生活用水增加 1.45 倍, 乌鲁木齐社会经济水资源利用率均在 50%以上, 2006 年, 社会经济水资源利用率达 91.2%, 耗水率约为 63.32%, 只有 42.02%用于生态系统。严重阻碍了生态—社会—经济协调发展。根据方创琳, 鲍超[13] 水资源开发利用标准, 2000—2006 年, 乌鲁木齐用于生态系统的水资源在 42.04%~60.40%之间, 由于大量水资源用于社会经济, 社会经济占用了生态环境用水, 水环境不断恶化。

地下水过度开采造成部分地区地下水水位持续性下降, 工业、农业、生活排污致使乌鲁木齐市、库尔勒市、石河子市和喀什市的地下水水质污染明显加重, 南疆地区英吉沙、莎车 2 县 70%的地下水受到了农药的不同程度污染。

新疆进入快速城市化阶段, 到 2006 年, 新疆已有城市 22 座, 镇 229 座, 城镇人口总数达到 777.77 万人, 占全区总人口的 39.15%。城镇人口增加, 城镇生活污水排放量呈逐年增加趋势, 2006 年达到 1.78 $\times 10^8$ t, 污水处理率仅为 41.03%。城镇污水处理率低, 污水处理设施建设严重滞后, 除少数城市外, 多数城市污水处理效果不好, 各县、镇及部分城市基本无符合排放要求的正规污水处理厂, 大量未经处理的城镇污水直接排入河流, 成为水污染的重要来源。

4.3　农村污染严重

新疆的农业是非点源污染重要污染源。污染主要来自大量施用农药, 化肥, 农田退水, 草场放牧及家禽、家畜的排泄物, 生活垃圾, 水土流失等。新疆农业属于绿洲灌溉农业, 灌溉技术落后, 大水漫灌、重灌轻排、上灌下排将农田化肥、农药、有机物质及土壤中的大量盐分随灌溉排水回归河道。其次, 在新疆渗透性很强的砂砾质地层上修建的渠系, 平原水库渗漏大, 渗漏而引起地下水位抬升, 使较深层土中盐分上泛进入河道。再次, 农田排水是目前最重要的农业非点源污染源, 是造成境内重要水体塔里木河干流及博斯腾湖水质恶化的重要原因之一。

随着社会经济的发展, 新疆化肥施用量, 农药的施用量, 畜禽粪便排放量, 农村生活污水排放量, 农田排水排放量, 城市及矿山径流将会增加, 如果不采取相应措施, 面源水环境影响将加剧。

4.4　饮用水源地

乌鲁木齐、石河子、库尔勒等人口较多、工业相对集中的城市中, 水源保护区仍存在一些工业污染源, 通过对全疆 19 个县级城市集中饮用水源地工业污染源排查, 全疆有 6 市饮用水源地保护区内存有工业污染源。其次, 水源保护区内养殖业、种植业、小型加工业等产生的污染以及农牧民生活污水或生活垃圾是大多数水源地的主要污染源, 第三, 许多水源保护区内或水源地周围或多或少都有一些旅游景区, 环境保护措施又不很完善, 随着旅游业的发展, 势必会对饮用水环境造成影响。

5　结 论

(1) 新疆河流水质总体属于轻度污染, 主要污染指标有化学需氧量、石油类、生化需氧量、氟化物, 污染贡献率分别为 16.47%, 15.03%, 12.95%和12.28%。污染程度北疆大于南疆。

(2) 河流水质变化趋势总体稳定, 克孜河、吐曼河显著下降变差; 湖库水质总体稳定; 城市集中式饮用水源地水质总体保持稳定。

(3) 工业结构重型化, 经济处在快速发展阶段, 城市人口增长较快, 城市污水处理设施薄弱与处理率低, 农村面源污染严重以及饮水源地保护不利是新疆水环境问题的主要原因。

[参 考 文 献]

[1] 袁峡, 杨佃华. 新疆博斯腾湖水环境问题研究[J]. 干旱区研究, 2008, 25(5): 735-741.

[2] 陈建江. 新疆干旱区的水环境问题分析及对策[J]. 干旱环境监测, 2002, 16(4): 224-227.

[3] 杜娟, 唐德善. 新疆水环境现状及保护对策研究[J]. 西北水电, 2005(4): 10-12.

[4] 陈正虎, 唐德善. 新疆水资源可持续利用水平模糊综合分析[J]. 水资源研究, 2005, 26(2): 17-20.

[5] Petri Ekholm, Eila Turtola, Juha Grtinroos, et al. Phosphorus loss from different farming systems estimated from soil surface phosphorus balance[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2005, 110: 266-278.

[6] 马超, 杨春, 李万刚. 新疆水环境质量影响因素浅析[J]. 干旱环境监测, 2007, 21(4): 215-220.

[7] 加尔肯, 博拉提, 阿曼拜. 伊犁河(中国段)水质模糊综合分析[J]. 中国环境监测, 2001, 17(4): 60-62.

[8] 王雪冬, 邢建. 新疆河流水质调查及评价[J]. 新疆环境保护, 2003, 25(2): 37-39.

[9] 德娜, 库兰丹, 陈敬锋, 等. 额尔齐斯河(新疆段)水质评价[J]. 新疆大学: 理工版, 2001, 18(2): 169-172.

[10] 柴仲平, 雪梅, 陈波浪, 等. 新疆典型小流域土壤水稳性团聚体分布特征研究[J]. 水土保持通报, 2009, 29(3): 94-96, 102.

[11] 胡汝骥. 中国天山自然地理[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2004: 15-30.

[12] 樊自立. 新疆土地开发对生态与环境的影响及对策研究[M]. 气象出版社, 1996: 90-108.

[13] 鲍超, 方创琳. 干旱区水资源对城市规模约束强度的时空变化分析[J]. 地理学报, 2008, 68(11): 1140-1150.