

DOI:10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2015.03.27

江苏连云港示范区水土地质环境监测体系研究

曹 峰¹, 李瑞敏¹, 仝晓霞¹, 廖启林²

(1. 中国地质环境监测院, 北京 100081; 2. 江苏省地质调查研究院, 江苏 南京 210018)

摘要: 本文从“区域监测、重点监测和问题监测”三个层次构建了水土地质环境监测网络, 针对各层次特点构建了不同介质的监测指标。在此基础上, 探讨了以土壤和地下水为主、地表水为辅的水土地质环境监测体系。

关键词: 水土地质环境; 监测网络; 监测指标; 连云港示范区

中图分类号: X83

文献标识码: A

文章编号: 1003-8035(2015)03-0150-06

The investigation on soil-water geo-environmental monitoring system in demonstration plot of Lianyungang, Jiang su

CAO Feng¹, LI Ruimin¹, TONG Xiaoxia¹, LIAO Qilin²

(1. China Institute for Geo-Environmental Monitoring, Beijing 100081, China;

2. Geological Survey of Jiangsu Province, Nanjing, Jiangsu 210018, China)

Abstract: In this paper, based on constructing network and screening index, a soil-water environmental monitoring system was developed, which monitors primarily in soil and groundwater, supplemented by surface water.

Keywords: soil-water environment; monitoring network; monitoring index; demonstration plot of Lianyungang

0 引言

水土地质环境问题因为其破坏面广、危害隐蔽、难以有效治理等特点日益引起广泛重视。与此同时, 科学治理该类问题也不断得到工程实践, 例如, 通过土壤改良和“降氟改水”工程的实施, 盐渍化、地氟病已经呈减轻态势^[1]。然而, 已有的地质环境开发不合理格局已经形成, 地下水天然流场受人为开采影响已经发生较大变化。与此同时, 水土地质环境原生异常仍将长期存在。在未来一定时期内, 水土地质环境污染、地下水资源衰减、水质恶化等问题仍将持续存在。

为此, 研究根据全国 1:25 万区域地球化学调查结果, 结合地形地貌成因特点, 选取连云港市为研究区域, 通过构建监测网络、筛选监测指标, 探索建立以土

壤和地下水为主、地表水为辅的水土地质环境监测体系。希望通过该地区的示范研究, 尽可能准确地掌握土壤、地下水及其相关的地质环境问题动态变化情况, 对以后开展更大范围的研究提供依据和参考。同时, 为政府决策、地区经济社会发展与人民生命健康提供科学依据。

1 研究区概况与数据说明

1.1 研究区概况

本文的连云港示范区覆盖了连云港市全部区域。连云港市位于鲁中南丘陵与淮北平原的结合部, 地势自西北向东南倾斜, 东濒黄海, 土地总面积 7499.9 km²。全市地貌大致分为西部丘陵区、中部平原区和东部滨海区三部分。西部丘陵海拔 100 ~ 200 m, 中东

收稿日期: 2015-08-10; 修订日期: 2015-08-23

基金项目: 中国地质调查局“黄淮海平原水土地球化学环境监测预警示范”项目(1212010911020)

第一作者: 曹 峰(1984-), 男, 工程师, 主要从事环境地质研究与地质环境监测。E-mail: caof@mail.cigem.gov.cn

部平原海拔 3 ~ 5 m, 主要为山前倾斜平原、洪冲积平原及滨海平原三类。处于暖温带与亚热带过渡地带, 常年平均气温 14℃, 年降水量为 910 ~ 980 mm。属于淮河流域沂沭泗水系, 有新沭河、新沂河等大小干支河道 53 条, 水资源总量 $56 \times 10^8 \text{ m}^3$, 利用率达 40%^[2], 人均水资源占有量 1600 m³。

连云港市在西北部低山丘陵区土壤类型主要有棕壤、砂姜黑土等; 在中部冲积平原则以潮土为主, 部分地区有水稻土; 而在滨海平原沿着海岸线分布

着大量的滨海盐土。该市地处我国南北分界带, 特殊的南北过渡气候条件和地貌类型使得该区兼有多种粮食作物, 主要有水稻、小麦、玉米、棉花、大豆、花生等。

1.2 数据说明

本研究利用江苏省 1:25 万多目标地球化学调查数据, 采用统计分析的方法, 对比分析了连云港示范区表层、深层土壤元素的分布状况以及两层土壤的联系与差异, 统计结果(表 1)。

表 1 连云港示范区土壤统计参数

Table 1 Statistical parameters of soil demonstration zone in Lianyungang

元素	土壤环境	平均值 $\bar{X}$	标准离差 S	变异系数 C_v	统计样品数 n	全国土壤背景(魏复盛 1991)	元素	土壤环境	平均值 $\bar{X}$	标准离差 S	变异系数 C_v	统计样品数 n	全国土壤背景(魏复盛 1991)
As	表层土壤	11.70	5.18	0.44	1847	11.2	Ni	表层土壤	38.82	14.48	0.37	1840	26.9
	深层土壤	12.68	3.78	0.30	452			深层土壤	45.05	6.02	0.13	365	
B	表层土壤	41.92	6.66	0.16	1535	47.8	P	表层土壤	621.47	131.04	0.21	1621	
	深层土壤	42.09	11.62	0.28	442			深层土壤	463.86	155.13	0.33	476	
Be	表层土壤	2.42	0.40	0.17	1762	1.95	Pb	表层土壤	30.12	3.87	0.13	1683	26
	深层土壤	2.60	0.25	0.10	411			深层土壤	29.16	2.98	0.10	388	
Bi	表层土壤	0.38	0.15	0.38	1848	0.37	S	表层土壤	218.89	43.08	0.20	1409	
	深层土壤	0.38	0.14	0.36	480			深层土壤	68.51	12.25	0.18	229	
Br	表层土壤	3.30	0.82	0.25	899	5.4	Sb	表层土壤	1.01	0.35	0.35	1830	1.21
	深层土壤	2.45	1.09	0.44	312			深层土壤	0.98	0.24	0.24	427	
Cd	表层土壤	0.13	0.05	0.43	1642	0.097	Se	表层土壤	0.19	0.03	0.14	1604	0.29
	深层土壤	0.10	0.04	0.37	465			深层土壤	0.12	0.04	0.30	468	
Cl	表层土壤	73.75	13.71	0.19	1125		Sr	表层土壤	155.08	22.58	0.15	1582	167
	深层土壤	60.80	11.20	0.18	210			深层土壤	153.93	26.87	0.17	436	
Co	表层土壤	19.87	0.85	0.04	750	12.7	Zn	表层土壤	75.58	30.69	0.41	1849	74.2
	深层土壤	19.55	1.88	0.10	295			深层土壤	80.11	22.94	0.29	477	
Cr	表层土壤	78.85	20.59	0.26	1802	61	Si	表层土壤	28.35	3.70	0.13	1856	
	深层土壤	86.16	15.95	0.19	432			深层土壤	27.65	2.61	0.09	482	
Cu	表层土壤	27.30	10.41	0.38	1843	22.6	Fe	表层土壤	3.83	1.24	0.32	1852	2.94
	深层土壤	29.05	6.50	0.22	452			深层土壤	4.43	0.64	0.14	415	
F	表层土壤	583.75	221.91	0.38	1852	478	Al	表层土壤	7.39	0.62	0.08	1701	6.62
	深层土壤	642.32	164.98	0.26	478			深层土壤	7.93	0.38	0.05	384	
Hg	表层土壤	0.03	0.01	0.20	1436	0.065	K	表层土壤	2.37	0.23	0.10	1390	1.86
	深层土壤	0.02	0.01	0.33	426			深层土壤	2.67	0.17	0.06	283	
I	表层土壤	2.01	0.52	0.26	968	3.76	Na	表层土壤	0.62	0.09	0.15	864	1.02
	深层土壤	2.18	0.64	0.29	247			深层土壤	0.80	0.07	0.09	243	
Mn	表层土壤	919.92	201.10	0.22	1625	583	Ca	表层土壤	2.59	2.09	0.81	1850	1.54
	深层土壤	967.84	88.10	0.09	220			深层土壤	0.78	0.11	0.15	151	
Mo	表层土壤	0.62	0.13	0.21	1665	2	Mg	表层土壤	1.13	0.56	0.50	1835	0.78
	深层土壤	0.69	0.14	0.21	400			深层土壤	1.28	0.46	0.36	483	
N	表层土壤	1073.08	325.68	0.30	1732		pH	表层土壤	8.16	0.10	0.01	645	6.7
	深层土壤	469.25	96.63	0.21	403			深层土壤	8.37	0.13	0.02	288	

注:单位为 10^{-6}

与全国土壤背景(魏复盛,1991)相比,连云港市表层土壤环境与深层土壤环境均具有高 Al-Fe-Mn-K-Mg-Co-F、高 Cr-Cu-Ni-Pb、pH 值高,低 Br-Na、低 Se-Mo-I、低 Hg 的特点。同时,土壤环境中 Cl-Br-Cd-Hg-Ca-N-P-S 等元素表层含量明显高于深层含量也是显著特点。

2 水土地质环境监测网络构建

2.1 监测网络构建思路与原则

连云港示范区水土地质环境监测网络总体上考虑土壤和地下水环境区域演化特征、城镇等基础设施和主要水土地质环境问题三个方面,按照“区域监测、重点监测和问题监测”三级构建。土壤和地下水区域监测点主要按地貌单元布设,其中地下水区域监测点还

考虑了地下水流系统和现有地下水监测孔的分布情况;重点监测点主要针对重要基础设施、主要河流、国家级交通干线以及县市级城镇布设;问题监测点按存在的主要水土地质环境问题的发育分布特点布设。另外,考虑到地表水与土壤、地下水之间的密切联系,对重要地表水体进行水质监测。

总体上,监测网络的构建应以研究区水土地质环境评价结果为基础,根据地区经济社会发展和地质环境管理的需求,兼顾已有相关监测点,充分考虑在现有经济技术条件下的可操作性和示范推广。

2.2 监测介质与监测点布设

基于以上构建原则,在连云港示范区共部署土壤和潜水监测点 104 个,其中土壤监测点 44 个、地下水监测点 50 个,地表水监测点 10 个(表 2、图 1)。

表 2 连云港示范区水土地质环境监测点统计表

Table 2 The soil-water environment monitoring sites in demonstration plot of Lianyungang

分类	部署依据	土壤监测点/个		地下水监测点/个		地表水采样点/个
		监测点	采样点	监测点	采样点	
区域监测	残坡积洪冲积扇缓斜地	3	15(3×5)	11	11	
	泛滥坡平地及冲积平地	3	15(3×5)	9	9	
	滨海洼地低平地	3	15(3×5)	5	5	
	小计	9	45	25	25	
重点监测	城镇区	12	12			
	交通干线沿线	4	8(4×2)			10
	主要河流、湖泊	4	4	4	4	
	小计	20	24	4	4	
问题监测	水土地球化学异常	10	10	16	16	
	土壤盐渍化及海水入侵	5	5	5	5	
	小计	15	15	21	21	
合计		44	84	50	50	10

(1) 区域监测网

连云港示范区有西部丘陵区、中部平原区和东部滨海区三个地貌单元;北部丘岗、沂沭河平原两类地下水系统^[3]。

区域土壤监测点部署在基本农田区内,共建立土壤监测点 9 个,其中西部丘陵区布设 3 个点、中部平原区布设 3 个点、东部滨海区布设 3 个点^[4]。区域潜水监测点共建立 25 个。其中北部丘岗地下水系统 14 个点,沂沭河平原地下水系统 11 个点。土壤采样时每处监测点以 1 km 为半径、按照“梅花状”采集 5 件样品,每件样品以 1 m 为半径、也按照“梅花状”组合采样。因此每一期区域监测共取得土壤样品 45 件,潜水样品 25 件。

(2) 重点监测网

重点监测点主要针对城镇区、铁路干线、高速公路

和重要河流。共建立土壤或河道底泥监测点 20 个,其中城镇区共建立土壤(主要采取城区绿地、公园和未开发土地)监测点 12 个,包括连云港市区 4 个,4 个县城区各 2 个;沿陇海铁路与连霍高速公路布设土壤监测点 4 个,每处监测点在交通线两侧对应采集 2 件样品,共取得 8 件样品进行测试分析;在新沂河、新沭河共布设底泥采样点 4 个。土壤采样时,每件样品以 1 m 为半径、均按照“梅花状”组合采样。为了查明河道底泥与附近地下水之间水土组分的迁移转化,在河道底泥土壤监测点附近共建立潜水重点监测点 4 个。

(3) 问题监测网

针对主要水土地质环境问题发育分布特点,布设问题监测点。共建立土壤监测点 15 个。水土地球化学异常主要分布在赣榆区沙河、墩尚、东海县房山、安峰、曲阳与灌云、灌南以东新沂河两岸,布设土壤采样

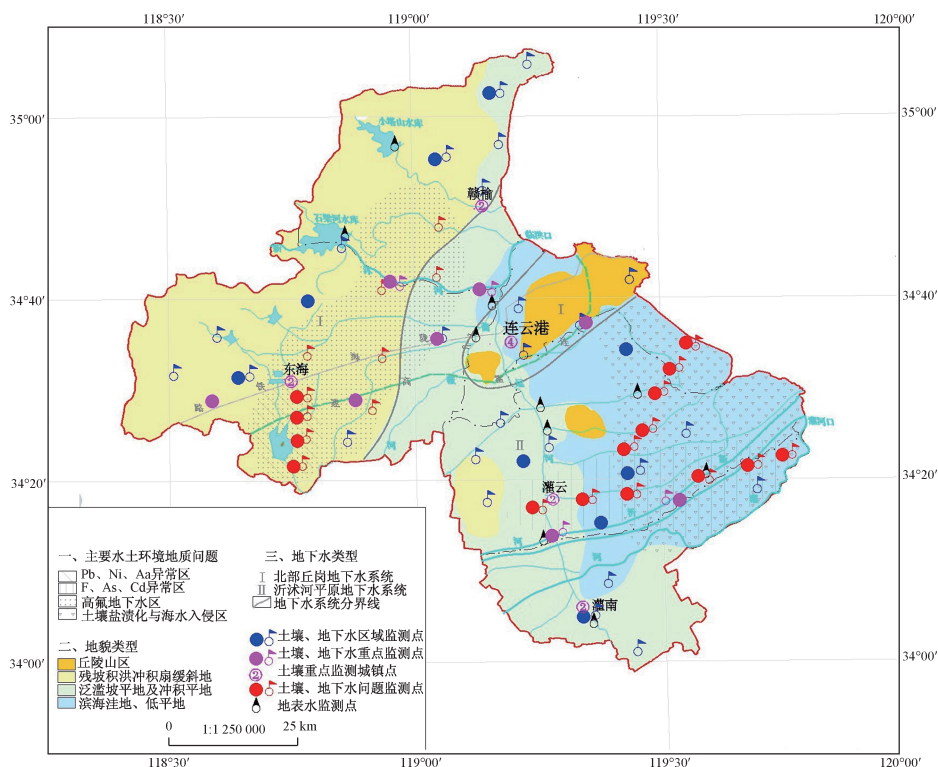


图1 连云港示范区水土地质环境监测点分布图

Fig.1 Distribution map of the soil-water environment monitoring sites in demonstration plot of Lianyungang

点10个;土地盐渍化与海水入侵主要分布灌云、灌南以东滨海地带,考虑到盐渍化与海水入侵的发育特点^[5-6],共布设采样点5个。土壤采样时,每件样品以1 m为半径、均按照“梅花状”组合采样。建立潜水监测点21个,在土壤采样点附近对应布设地下水采样点15个,另外,对于赣榆、东海两地部分地区存在的高氟水分布区域,建立6个地下水监测点。

(4) 地表水监测点

在新沂河、新沭河、蔷薇河、灌河、运河沿河建立地表水监测点10个。

3 监测指标筛选

3.1 监测指标筛选思路与原则

(1) 研究构建监测指标体系

从监测目的出发,根据水土地质环境评价结果,研究连云港示范区的水土地质环境特征、存在的主要水土地质环境问题、影响水土地质环境变化的主要因素,研究构建以“区域监测-重点监测-问题监测”为框架的监测指标体系^[7]。

(2) 明确监测对象与监测介质

水土地质环境监测的对象是“潜水-包气带”系统,反映系统结构和性质的指标众多,涉及许多领域和

方面。主要监测介质为潜水(包括潜水位、水质)和包气带(主要为土壤和土壤水)。另外还要监测地表水(主要是水质)^[8]。

(3) 区域监测指标研究

要求选定的水土地质环境监测指标能够反映研究区水土地质环境的区域规律,如浅层地下水的基本特征和演化规律,土壤元素空间分布模式与聚集特征等。

(4) 重点监测指标研究

针对城镇区、高速公路和铁路等受人类活动影响较大的区段,重点进行有关有毒有害指标的研究。

(5) 问题监测指标研究

根据地区存在的主要水土地质环境问题:水土地球化学异常与污染、地方病、土地盐渍化和海水入侵,依据“压力-状态-响应”模型为理论框架,建立不同水土地质环境问题的“压力-状态-响应”模型,并以此为指导建立监测指标体系^[9-10]。

3.2 监测指标体系

根据以上指标筛选原则,列举连云港示范区水土地质环境监测指标如下(表3)。监测的目的是研究地区水土地质环境区域演化规律,保障重要基础设施与人居环境的安全,及时跟踪各类水土地质环境问题的发育变化,为经济社会的可持续发展提供保障。

表 3 连云港示范区水土地质环境监测指标体系

Table 3 The soil-water environment monitoring indexes in demonstration plot of Lianyungang

分类	监测内容	监测介质	监测指标
区域监测	残坡积洪冲积扇缓斜地 泛滥坡平地及冲积平地	土壤	粒度、pH 值、Si、Al、Fe、Mn、F、Hg、总 N、总 C、Cl
	滨海洼地低平地	潜水	水位、 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、pH 值
重点监测	城镇区 交通干线沿线	土壤	Cd、Hg、Pb
	主要河流、湖泊	土壤	总 N
		潜水	NH_4^+ 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、COD、pH 值
问题监测	水土地球化学异常	地表水	NH_4^+ 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、COD、pH 值
		土壤	As、Cr、 F^-
	土壤盐渍化及海水入侵	潜水	F^- 、 NH_4^+ 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、pH 值
		土壤	易溶盐、粒度
		潜水	水位、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、pH 值

4 实证研究

水土地质环境监测是一项长期的工作,由于其变化缓慢,网络优化需要较长的周期。2009 年开始搭建连云港示范区水土地质环境监测网络,经过一年实际运行,重点监测网、问题监测网达到了预期的目标。为了进一步降低监测成本,提高监测效率与精度,2010 年着重优化了区域土壤监测网络,改进了土壤采样样方代表性。通过 2009 年的分析数据与 2006 年的多目标地球化学调查数据(本底数据)对比发现:2009 年的数据值普遍偏高。通过分析认为,一种原因可能是经过三年土壤本身在人类影响下已经发生变化;另一种原因可能是采样点仅采用了 3 点混合样,样方代表性不足。为了进一步规范监测技术要求,2010 年区域监测点运用“五点”混合样方采样(图 2)。

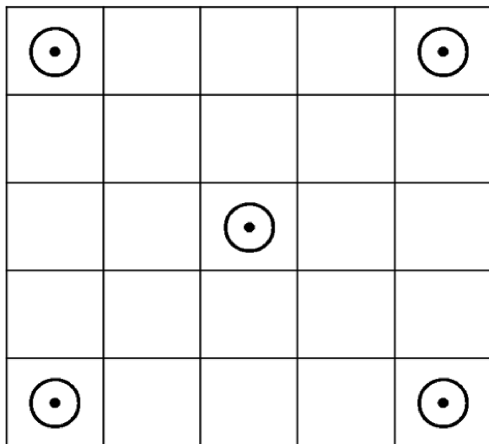


图 2 区域土壤监测点组合方案(1km × 1km)

Fig. 2 Combination of regional soil monitoring points(1km × 1km)

2010 年共取得区域土壤监测样品 45 件。(图 3)是连云港示范区 2010 年区域监测土壤硅元素、氟离子实测含量分布图,对比(表 1)土壤特征来看,优化后的区域监测点虽然监测密度变小,但由于采取了科学合理的建点原则并优化了采样样方,优化后的区域土壤监测点仍然能很好地反映地区特征。

通过监测网络 2010 年的实际运行与 2009 年相比,区域监测点的优化方案在减少监测点降低成本的同时,也很好地反映了地区水土地质环境区域特征^[11]。

5 结论与讨论

本研究按照“区域监测、重点监测和问题监测”三个层次的监测框架,以潜水和土壤为主、辅以地表水为监测对象,在连云港示范区构建了由 44 个土壤监测点、50 个潜水监测点和 10 个地表水监测点组成的水土地质环境监测网络。根据监测层次、监测介质和监测目标的不同,结合示范区水土地质环境特征,建立了连云港示范区水土地质环境监测指标体系。并在 2010 年对区域监测点进行实证研究,进行了优化,降低了监测成本。

然而,水土地质环境监测是一项长期性的工作,随着水土地质环境的不断演化,经济社会发展与人类生命健康需求的变化,监测指标体系需要根据监测工作的深入不断优化调整。监测网络密度、监测指标指示作用、监测频率等一系列关键技术环节还需作广泛深入的研究。同时,大气降水、降尘对于水土地质环境的影响同样不容忽视,希望在今后工作中进一步展开研究。

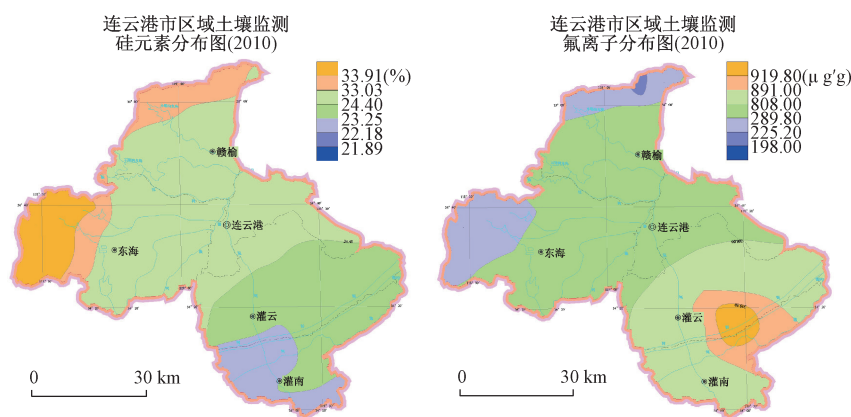


图3 连云港示范区区域土壤监测元素分布图

Fig.3 Distribution map of soil monitoring elements in Lianyungang release area

参考文献:

- [1] 徐玉琳,等. 江苏省1:50万区域环境地质调查报告[R],2001.
XU yuling, et al. The regional environmental geological survey report Jiangsu 1:500000, 2001.
- [2] 连云港统计年鉴, 2010.
Lianyungang Statistical Yearbook, 2010.
- [3] 张宗祜,李烈荣. 中国地下水资源(综合卷)[M]. 北京:中国地图出版社,2004.
ZHONG Zhonghu, LI Lierong. Groundwater resources China (comprehensive volume) [M]. Beijing: China Map Publishing House, 2004.
- [4] 邵时雄,王明德. 中国黄淮海平原第四纪地质图(1:1000000)、中国黄淮海平原地貌图(1:1000000)[M]. 北京:地质出版社,1989.
SHAO Shixiong, WANG Mingde. Hydrogeologic map China (1:1000000)、China Huanghuaihai Plain landform map (1:1000000) [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1989.
- [5] 穆如发,等. 连云港市水土流失加剧的成因及其防治对策初探[J]. 水土保持研究,1997(1):32-34.
MU Rufa, et al. The cause and prevention of water and soil erosion in Lianyungang city [J]. Study on Water and Soil Conservation, 1997(1):32-34.
- [6] 蒋春祥,等. 连云港市丘陵山区水土保持生态环境建设规划的研究[J]. 水土保持研究,2003,10(3):78-81.
JIANG chunxiang, et al. Study on the ecological environment construction planning of soil and water conservation in hilly area of Lianyungang city [J]. Study on Water and Soil Conservation, 2003, 10(3):78-81.
- [7] 高之栋,李德勤. 江苏省水土保持地面监测体系的构建[J]. 中国水土保持,2010,10(4):100-104.
GAO Zhidong, LI Deqin. Construction of ground monitoring system for soil and water conservation in Jiangsu province [J]. Soil and Water Conservation in China, 2010, 10(4):100-104.
- [8] 李璐,何玉琴,等. 江苏省水土流失定量监测动态研究[C]//发挥资源科技优势 保障西部创新发展——中国自然资源学会2011年学术年会论文集(上册). 2011.
LI Lu, HE Yuqin. Dynamic study on quantitative monitoring of soil erosion in Jiangsu Province [C]. Exert the advantages of resources and technology to ensure the innovation and development of the West—Proceedings of 2011 academic annual meeting of Chinese Institute of natural resources (Volume 1). 2011.
- [9] 李德勤,等. 浅议江苏省水土保持地面监测体系的构建[J]. 江苏水利,2009,12:18-22.
LIDeqin, et al. Discussion on the construction of soil and water conservation monitoring system in Jiangsu Province [J]. Jiangsu Water Conservancy, 2009, 12:18-22.
- [10] 李瑞敏,鞠建华. 生态环境地质指标研究[M]. 地质出版社,2009.
LI Ruimin, JU Jianhua. Study on the ecological environment geological index [M]. Geological Publishing House, 2009.
- [11] 李瑞敏,王瑛,曹峰,等. 黄淮海平原水土地球化学环境监测预警示范项目成果报告[R]. 2011.
LI Ruimin, WANG Yi, CAO Feng, et al. The soil in Huanghuaihai Plain geochemical environment monitoring and early warning demonstration project report [R]. 2011.