

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2011.05.019

塔里木河流域第七次应急输水期间径流情势及其对河流生态的影响

苏宏超¹,高前兆²,王 进³,王顺德³,毛炜峰⁴

(1.新疆水文水资源局,新疆 乌鲁木齐 830000 ;2.中国科学院寒区旱区环境与工程研究所,甘肃 兰州 730000 ;3.阿克苏水文水资源勘测局,新疆 阿克苏 843000 ;4.新疆气候中心,新疆 乌鲁木齐 830002)

摘要 基于 2005 年塔里木河流域 8 个气象台站、4 个探空站及 4 条源流出山口和干流 15 处控制断面 2005 年的水文气象监测资料,对塔河“四源一干”2005 年气象和径流情势进行分析。结果表明 塔河流域山区及平原区的气温和降水量均较常年高,天然来水量较常年增加 21%,干流输水总量为 56.88 亿 m³,输水改善了河道两侧及下游的水生态环境,但其过程中耗水量仍较大。就第 7 次向塔里木河下游输水对水环境和生态环境的效应进行评价。

关键词 塔里木河 第七次应急输水 径流情势 河流生态

中图分类号 P333,TV213.4 **文献标识码** A **文章编号** 1004-6933(2011)05-0083-05

Runoff regime and its effect on river ecology in Tarim River Basin during seventh emergency water supply period

SU Hong-chao¹, GAO Qian-zhao², WANG Jin³, WANG Shun-de³, MAO wei-yi⁴

(1. Xinjiang Hydrology and Water Resources Bureau, Urumqi 830000, China ;2. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China ;3. Aksu Bureau of Hydrology and Water Resources Survey, Aksu 843000, China ;4. Xinjiang Climate Center, Urumqi 830002, China)

Abstract : Based on the observed hydrometeorological data from eight meteorological stations, four sounding stations, outlets of four headstreams, and 15 control sections of the main stream in the Tarim River Basin in 2005, the meteorology and runoff of the four headstreams and a main stream in the Tarim River in 2005 were analyzed. The results show that the temperature and precipitation of mountain and plain areas in the Tarim River Basin were higher than those in a normal year. The natural water inflow was 21 percent higher than that in a normal year. The water conveyance amount of the main stream was 5.688 billion. The effects of the seventh water conveyance to the lower Tarim River on the water ecological environment were evaluated.

Key words : Tarim River ; seventh emergency water supply ; runoff ; river ecology

塔里木河(以下简称塔河)是我国最长的内陆河,流域总面积 102 万 km²,曾涉及环塔里木盆地的阿克苏河、喀什噶尔河、叶尔羌河、和田河、开都河—孔雀河(以下简称开—孔河)、迪那河、渭干河与库车河、克里雅河和车尔臣河等 9 大水系 144 条河流(图 1),主要以冰川融雪补给为主,流域多年平均天然径流量 398.3 亿 m³(国外入境水量 63 亿 m³)。塔河干

流全长 1 321 km,自身不产流,历史上塔河流域的 9 大水系均有水汇入塔河干流。由于人类活动与气候变化等影响,20 世纪 40 年代以前,车尔臣河、克里雅河、迪那河相继与干流失去地表水联系,40 年代以后,喀什噶尔河、开—孔河、渭干河也逐渐脱离干流。目前与塔河干流有地表水联系的只有和田河、叶尔羌河和阿克苏河 3 条源流,孔雀河通过扬水站

作者简介 苏宏超(1958—),男,新疆乌鲁木齐人,教授级高级工程师,主要从事水资源管理工作。E-mail :suhongchao123456@126.com

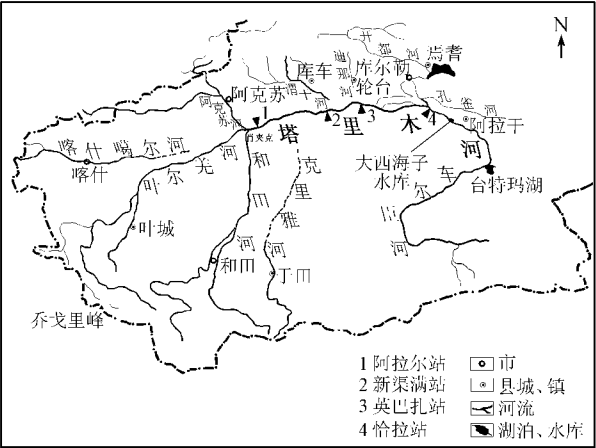


图1 塔里木河流域水系示意图

从博斯腾湖提水经库塔干渠向塔河下游灌区输水,形成‘四源一干’的水系格局,多年平均径流量占总径流量的 64.4%。50 年来,4 源流的径流变化过程经历了 20 世纪 50—80 年代的平水年,进入 90 年代以来,受我国西北部增温增湿的影响,径流有明显的增加。其中阿克苏河呈快速增加趋势,叶尔羌河呈平稳增加趋势,开都河总体上呈增加趋势,但波动起伏较大,和田河总体上仍呈减少趋势,2000 年以来转呈增加趋势。

在过去的半个世纪里,由于源流区和塔河中上游大规模引水和截流,造成河流下游约 350 km 的河段断流长达 30 年,下游原有河岸植被生态系统几近消失,区域环境严重退化,台特马湖和罗布泊干涸。为抢救濒临毁灭的塔河下游生态环境,2000—2006 年,利用前期开都河天然来水连续偏丰、博斯腾湖持续高水位和后期源流节水与阿克苏河来水增多的有利时机,共完成了 7 次向塔河下游的应急输水,自博斯腾湖至台特马湖,输水线路总长 927.59 km,共计从大西海子水库泄洪闸向塔河下游河道输水 20.44 亿 m³,5 次输水到达台特马湖,加上南部车尔臣河洪水汇流,形成下游地区台特马湖的湖泊群,在 2003—2005 年期间,湖水覆盖面积达到 200 km² 以上,使区域生态环境得到明显改善,但罗布泊仍为干涸状态。

1 2005 年塔里木河气候与径流情势

笔者利用流域内 8 个气象台站、4 个探空站及 4 条源流出山口和干流 15 处水文站 2005 年的水文气象监测资料,对塔河‘四源一干’2005 年气候和水文变化情势进行了分析。

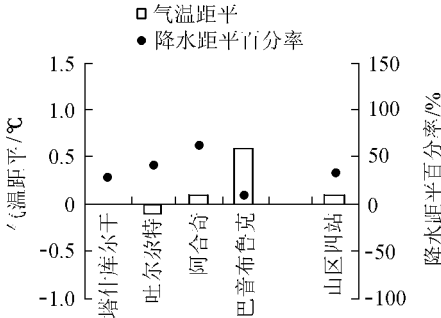
1.1 气候情势

2005 年塔河全流域年平均气温 6.5℃,较常年偏高 0.4℃,年降水量 172.8 mm,较常年偏多 36%。

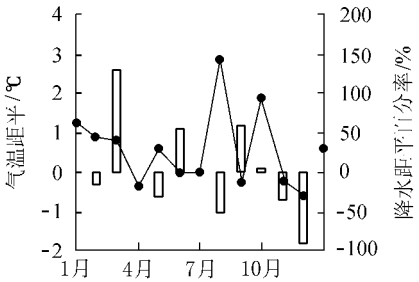
其中,山区年平均气温 0.6℃,与常年持平,年降水量 257.2 mm,较常年偏多 31.2%;平原区年平均气温 12.4℃,较常年偏高 0.8℃,年降水量 88.5 mm,较常年偏多 52.1%,平原区气温和降水偏高(多)的幅度均大于山区(表 1、图 2、图 3)。

表 1 2005 年主要来水季节(5—9 月)气象条件

时段	气温距平/℃			降水距平百分率/%		
	山区	平原	全流域	山区	平原	全流域
5—9 月	0.1	0.7	0.4	33.9	55.7	38.5
全年	0	0.8	0.4	31.2	52.1	36.0

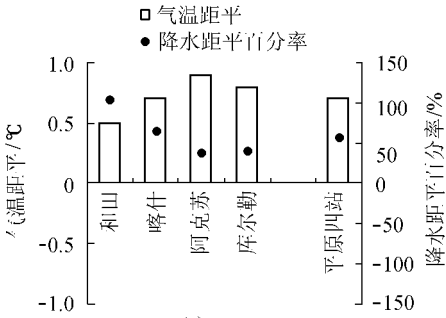


(a) 年平均

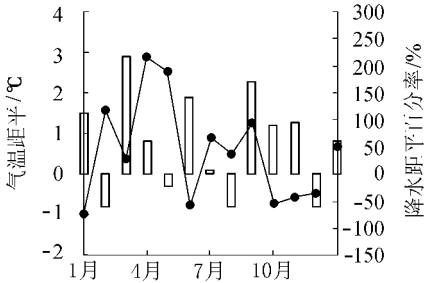


(b) 年内分布

图 2 2005 年山区 4 站气温距平、降水距平百分率



(a) 年平均



(b) 年内分布

图 3 2005 年平原 4 站气温距平、降水距平百分率

在主要来水季节 5—9 月,全流域平均气温 17.1℃,较常年同期偏高 0.4℃,降水量 136.0 mm,较常年同期偏多 38.5%。流域内山区气温较常年同期偏高 0.1℃,其中天山南麓偏高,帕米尔高原略偏低,西昆仑山北坡正常;降水较常年同期偏多 33.9%,其中昆仑山西段、帕米尔高原、西天山南麓偏多幅度明显大于天山南麓的中东部。流域内平原区平均气温较常年同期偏高 0.7℃,降水较常年同期偏多 55.7%,其中和田河流域下游偏多 1 倍以上。

作为反映高空气温的零度层高度,2005 年 3—10 月平均值为 3 978 gpm,较常年偏低 30 gpm,其中和田河流域偏低 76 gpm,叶尔羌河流域偏低 52 gpm,阿克苏河流域偏低 1 gpm,而开—孔河流域偏高 12 gpm。

1.2 径流情势

2005 年 4 条源流出山口径流总量 272.1 亿 m³,较常年偏多 21.0%。此 20 世纪 90 年代偏多 12.8%,在 1957—2006 年 50 a 径流系列中排名第 5 位。其中阿克苏河、叶尔羌河、和田河 3 条源流合计为 236.3 亿 m³,增幅为 23.5%,为偏丰水年;开—孔河水量增加较少,仅为 6.9%,为平水略偏丰年份。相对来说源于昆仑山河流水量偏丰程度要大于源于天山的河流,而以冰川补给为主的阿克苏河又比开都河偏丰(表 2)。

表 2 塔河流域 4 条源流 2005 年出山口天然径流量

源流	年径流量/ 亿 m ³	多年平均径流量/ 亿 m ³	与多年均比较		各河水量情况	年景
			增减量/ 亿 m ³	增减百分率/%		
阿克苏河	98.62	80.60	+ 18.02	+ 22.4	水量已减少	丰水年
叶尔羌河	82.28	65.79	+ 16.49	+ 25.1	自 1994 年来次大	丰水年
和田河	55.39	45.04	+ 10.35	+ 23.0	4 源流中泄水最多	丰水年
开都河—孔雀河	35.81	33.50	+ 2.31	+ 6.9	山区来水量减少	平偏丰年
合 计	272.10	224.90	+ 47.20	+ 21.0	1994 年来第 4 大水年	丰水年

1.3 2005 年 4 源流入塔里木河干流水量

2005 年 4 条源流入塔河干流总水量为 56.88 亿 m³,占 4 条源流出山口天然径流总量的 25.3%,按近期综合治理目标的要求,比计划年输水量 51.0 亿 m³多 5.88 亿 m³,完成输水量计划的 111.0%。其中:阿克苏河入塔河水量 32.06 亿 m³,比规定的年输水量减少 6.3%。叶尔羌河入塔河水量为 2.538 亿 m³,比规定的年输水量减少 23.1%。和田河入塔河水量为 19.37 亿 m³,比规定的年输水量增加 1.15 倍;开—孔河入塔河水量为 2.910 亿 m³,比规定的年输水量减少 35.3%(表 3)。

表 3 塔里木河流域 2005 年 4 条源流入塔里木河水量

源流	出山口天然径流量/ 亿 m ³	区间耗水量/ 亿 m ³	入塔里木河水量/ 亿 m ³	规定年输水量/ 亿 m ³	与规定量比较/ 亿 m ³	完成百分率/%
阿克苏河	98.62	66.56	32.06	34.2	- 2.14	93.7
叶尔羌河	82.28	79.74	2.54	3.3	- 0.76	76.9
和田河	55.39	36.02	19.37	9.0	+ 10.37	215.0
开都—孔雀河	35.81	34.31	2.910	4.5	- 1.59	64.7
合 计	272.10	216.60	56.88	51.0	+ 5.88	111.0

2 塔里木河干流输水运行及区间耗水

塔河 4 条源流下游山前平原区都发展有绿洲灌溉,消耗水量直接影响流入塔河干流的水量。2005 年 4 条源流出山口年径流量为 272.1 亿 m³,属偏丰水年份,区间耗水达 215.2 亿 m³,占年径流量的 79%,较常年区间耗水量增加 21%(图 4)。

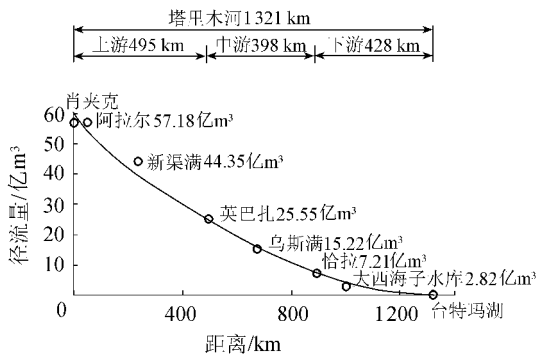


图 4 塔里木河干流 2005 年径流量沿流程递减图

2.1 上游区间(肖夹克—英巴扎)

干流上游区间河长 495 km,2005 年区间耗水量 31.63 亿 m³,占塔河干流入流控制站阿拉尔水文站年径流量 57.18 亿 m³ 的 55%,单位耗水量 639.0 万 m³/km,是塔河干流最大的耗水区,2005 年在上游区间耗水量较常年增加 87.3%。

2.2 中游区间(英巴扎—哈拉)

中段河长 398 km,2005 年区间耗水量 18.34 亿 m³,占阿拉尔站年径流量的 32%,平均单位耗水量 460.8 万 m³/km,是塔里木河干流第 2 大耗水区,但 2005 年中游区间耗水量较常年减少 17.1%。

2.3 下游区间(哈拉—台特玛湖)

下游河长 428 km,2005 年区间耗水量 7.21 亿 m³,占阿拉尔站年径流量的 13%,平均单位耗水量 168.4 亿 m³/km,是塔里木河干流最少耗水区,但 2005 年较常年耗水量仍有所增加,增幅约为 13.8%。

3 第 7 次向塔河输水及输水成效

3.1 输水情况

第 7 次向塔河下游绿色走廊输水分 2 个阶段,

第1阶段 2005年4月18日—6月7日,第2阶段 2005年8月30日—11月2日,总输水历时 116 d。从博斯腾湖调水 1.10 亿 m³;在大西海子水库向塔河的最下游泄水 2.82 亿 m³,其中:在大西海子水库,由博斯腾湖来水向下游泄水 0.520 亿 m³,由塔河干流上游来水向下游输水 2.30 亿 m³,水头第5次到达台特玛湖(表4)。

表4 2005年第7次向塔里木河下游绿色走廊输水统计

输水 次号	输水时间		历时/ d	博湖 调水量/ 亿 m ³	大西海子水库向下游 下泄水量/亿 m ³		
	阶段	月 日			孔雀河	塔里 木河	总量
第7次	第1 阶段	4 18 6 7	116	1.10	0.52	2.30	2.82
	第2 阶段	8 30 11 2					

3.2 输水成效

2000—2005 年向塔里木河下游绿色走廊应急输水共 7 次,历时 6 a,累计输水时间 900 d,前期主要利用开都河天然来水持续偏丰,博斯腾湖持续高水位的有利时机,后期充分利用塔里木河流域综合治理上游 3 源流的节水量和阿克苏河水量增加的机遇。总计从博斯腾湖和干流调水 23.91 亿 m³,自大西海子水库泄洪闸向塔里木河最下游河道输水量达 20.44 亿 m³。其中:在大西海子水库由博斯腾湖来水下泄 12.8 亿 m³,由塔里木河干流来水下泄 7.62 亿 m³,7 次输水除少部分消耗于河湖水面蒸发外,绝大部分补给了河道两侧的地下水。从沿程主要河段区间水量消耗的分布情况看,大西海子—阿拉干耗水量共计 15.5 亿 m³,占总水量的 75.6%。阿拉干—台特玛湖消耗水量为 4.43 亿 m³,占 21.6%。水头 5 次到达塔里木河尾间—台特玛湖,进入台特玛湖水量为 0.49 亿 m³,占 2.8%。时遇南部车尔臣河洪水多发,汇流形成下游地区台特玛湖湖泊群,在 2003—2005 年期间,湖水面积达到 200 km² 以上,明显改善了下流生态环境。

3.2.1 河道两侧地下水位恢复情况

在输水期间,由于河水位远高于地下水位,河道两侧局部范围内的水力坡度迅速增大,地下水由河中心向两侧及下游方向的径流排泄运动增强,河道两侧 300 m 范围内的地下水位回升较快,而在离河道较远处的区域则表现出了一定的滞后性。

输水后,河道附近地下水水质得到了较大改善,矿化度从输水初期的 4~5g/L 降低为 2~3g/L,淡化带的影响范围约 1.0 km;地下水的化学类型从 Cl—SO₄²⁻—Na⁺ (Na⁺、Mg²⁺) 型四元水逐渐演化为 Cl⁻—Na⁺ 型二元水。

3.2.2 河道两侧植被恢复情况

至 2005 年 7 次输水后,NDVI(表征地表生物量多少的主要指标,NDVI 值越高则表示地表植被覆盖度越高,反之则越低)平均值达到了 0.093,较 2000 年增加了 32.2%,相对恢复程度为 25.23%,其中,2001 年恢复 2.8%,2002 年恢复到 6.8%,2003 年恢复到 13.6%,2004 年恢复到 18.45%,2005 年恢复到 22.18%,2006 年累计恢复到 25.23%。从上述恢复程度变化来看,应急输水后,地表植被得到了一定的恢复,但从整体上看,恢复程度十分有限,坚持长期持续输水,促进塔河下游地表植被的恢复仍很有必要。

4 结论和建议

4.1 结论

a. 2005 年塔河流域气温较常年偏高 0.4℃,降水较常年偏多 36%,其中山区气温与多年均值持平,降水偏多 31.2%;平原区气温偏高 0.8℃,降水偏多 52.1%。零度层高度平均值 3 978 gpm,较多年均值偏低 30 gpm。

b. 2005 年塔河流域 4 条源流天然来水量较常年增加 21.0%,较 20 世纪 90 年代增加 12.8%,其中阿克苏河、叶尔羌河、和田河年径流总量较常年增加 23.5%,属偏丰水年;开—孔河年径流量增幅为 6.9%,属平水略偏丰年。

c. 2005 年 4 条源流向塔河干流输水总量 56.88 亿 m³,比计划输水量多 5.88 亿 m³。其中阿拉尔水文站以上 3 条源流输水量为 53.97 亿 m³,比计划输水量多 7.47 亿 m³。

d. 2005 年塔里木河干流上游段区间耗水量占阿拉尔站年径流量的 55.3%;中游段区间耗水量 18.93 亿 m³,占阿拉尔站年径流量的 33.1%;下游段区间耗水量 6.621 亿 m³,占阿拉尔站年径流量的 11.6%。从单位长度耗水量来看,上游段最大,中游段次之,下游段最小。

e. 2005 年第 7 次向塔河下游绿色走廊输水总量 2.82 亿 m³,水头第 5 次到达台特玛湖。目前通过 7 次输水,加上车尔臣河洪水汇流,在下游地区形成台特玛湖湖泊群,在 2003—2005 年呈现超过 200 km² 的水面,下游河道两侧地下水位有所回升,水质得到较大改善,植被逐年得以恢复,到 2005 年 NDVI 指数已恢复了 22.2%。

f. 丰水期 4 条源流区间耗水量增加的原因:①源流下游河道未进行系统疏浚工程,水道断面小过水能力差,丰水年洪水漫溢严重,造成区间耗水量增加,即将开工建设的和田河与叶尔羌河下游河道疏浚工程,会解决这一问题。②灌区用水定额高,达

1.2 万 ~ 1.5 万 m³/hm²。

4.2 建议

a. 保障塔河生态用水比例。目前 4 条源流的水资源开发利用比例已接近 80%，输入塔河干流的水量仅占天然来水量的 22.3%。有关专家建议，需留出 50% 的水保障生态需求，以维系沙漠地区的河流生态系统和生物多样性保护。

b. 明晰水权，加强水权管理。加强水资源管理的相关法律、法规体系的建设，核算水资源使用价格，通过合理配水和完善的水费制度，加快节水型社会建设步伐，逐步建立起水资源利用的激励制度——水市场，并在水资源的管理中注重加强水资源利用的环境效益。

c. 从政策上采取措施，改善流域生态环境。明确塔里木河干流是一条生态河流的理念，以生态建设为根本，农业开发和经济开发必须服从生态安全，加强流域水资源统一管理，实行严格的用水监督管理。压缩平原水库减少蒸发，兴建山区控制性水库，提高流域水资源合理配置的调控能力，在源流区以农业节水为重点，新增各级防渗渠道，完成田间配套工程面积，减少无效耗水，提高水资源利用效率和效益，干流区以河道疏浚整治为重点，保证塔里木河干

流的输水通道畅通，长流不息。

d. 加强科技手段，不断完善水文水资源、生态环境监测体系，加快信息化建设，提高监测和信息处理现代化水平，增加投入和经费支持，建立长效机制，加强生态演变规律分析研究和环境效应评估，为塔河的生命健康和实现治理目标提供科学依据。

参考文献：

[1] 新疆维吾尔自治区人民政府，中华人民共和国水利部. 塔里木河流域近期综合治理规划报告[M]. 北京：中国水利水电出版社，2002.

[2] 邓铭江. 塔里木河下游应急输水的水生态环境响应[J]. 水科学进展，2005，16(4)：586-591.

[3] 邓铭江. 塔里木河下游环境监测与生态修复研究[J]. 水利规划与设计，2005(2)：31-35.

[4] 王顺德，李红德，许泽锐，等. 塔里木河中游滞洪区的形成及其对生态环境的影响[J]. 冰川冻土，2003，25(6)：712-718.

[5] 王彦国，王顺德. 50 a 来塔里木河流域环境变化评估 [C]//李冀东. 第二届西部开发与可持续发展国际学术研讨会论文集. 乌鲁木齐：新疆人民出版社，2005：178-184.

(收稿日期 2011-04-16 编辑 徐娟)

(上接第 82 页)

入湖水量仅为 5.13 亿 m³，说明经济社会用水量与 2000 年相比存在 3.88 亿 m³ 的增量，若扣除不可利用量，尚有 2.9 亿 m³ 引水增量。由此可以推算每增加 1 m³ 用水量，造成的生态环境恶化就会给经济社会产生 1.99 元的经济损失，同时造成 21.89 元的生态价值损失。因此，笔者建议将 2000 年以后增加的不在流域规划范围内的灌溉面积，全部退出，将其引水量退还艾比湖，或者对其引水量收取 1.99 元/m³ 经济损失补偿、0.05 元的现行水费与 21.89 元生态补偿费之和 23.93 元的水价，为现行水价的 478.6 倍。目前的土地开行为，不属于农民集体行为，或由农民受益，多属于个体行为，属少数人受益，其收入无益于农民增收也无益于国家、社会，仅属于纯粹个体侵占公共资源而破坏社会公众共有生态环境的有害经济行为，应当征收高额税收或者生态补偿费与经济损失补偿费予以限制，或者采取行政措施予以禁止。

参考文献：

[1] 李遐龄. 艾比湖生态演变趋势和综合治理对策研究[R]. 乌鲁木齐：新疆维吾尔自治区专家顾问团，2001：1-54.

[2] 苏颖君，张振海，包安明. 艾比湖生态环境恶化及防治对策[J]. 干旱区地理，2002，25(2)：143-148.

[3] 苏颖君，陈平. 新疆艾比湖流域水资源合理配置战略思考[C]//林祚顶. 中国水利学会 2006 年会论文集. 水文水资源新技术应用. 济南：山东省地图出版社，2006：343-348.

[4] 李克国. 中国的生态补偿政策[C]//国际研讨会论文集：生态补偿机制与政策设计. 北京：中国环境科学出版社，2006：25-31.

[5] 杜群. 我国生态补偿法律政策现状和问题[C]//国际研讨会论文集：生态补偿机制与政策设计. 北京：中国环境科学出版社，2006：61-70.

(收稿日期 2010-10-25 编辑 高渭文)

更正

由于作者校对原因，本刊 2011 年第 4 期第 61 页右栏的主要结论中的第 1 句话“通过分析，可明显看出在 TN、TN 未参评时……”，应为“通过分析，可明显看出在 TN、TN 参评时……”，特此更正。