

渤海近岸水域环境污染状况分析

Analysis on Environment Situation of Coastal Areas of Bohai Sea

刘学海

(国家海洋局第一海洋研究所 青岛 266061)

摘要 依据海洋环境质量公报,分析渤海近岸海域的环境现状、变化趋势、超标分布及污染源,说明影响渤海环境质量主要是陆源超标排放和水交换不畅。实施渤海环境治理具有紧迫性。渤海污染治理是个科学问题,应加强科技支撑作用。

关键词 渤海 污染 环境治理

Abstract According to marine environmental quality communique, the environment situation of coastal areas of Bohai sea are analyzed, and the changing trend, pollution distribution and their origin are given. The environment deterioration is related chiefly to overload of pollution from land and weak exchange of water. It is exigent to take synthetic restoration action for the sea, which needs to reinforce scientific research and its capability building.

Key words Bohai Sea Pollution Environment Restoration

主要在参考海洋环境质量公报的基础上,对渤海的污染状况进行分析,给出渤海近岸海域的污染现状、变化趋势及污染成因,说明渤海环境治理的必要性,提出实施整治的看法。

仍然较大,轻度(三类海水水质)、中度(四类水质)和严重污染(劣四类)海域总面积呈上升趋势见表1^[1-7]。如2004年严重污染海域较2001年增加近1000km²、中度污染面积增加2300km²。2006年严重污染和轻度污染海域面积均比2005年增加约1000km²,2007年严重污染和中度污染海域面积均增加约3000km²,远超往年的最大值。

1 环境污染总体状况

渤海的污染近年未得到有效控制,污染面积

表1 渤海未达到清洁海域水质标准面积

km²

年度	较清洁	轻度污染	中度污染	严重污染	合计	占总面积的%
2007	7260	5540	5380	6120	24300	31
2006	8190	7370	1750	2770	20080	26
2005	8990	6240	2910	1750	19890	25.4
2004	15900	5410	3030	2310	26650	34.1
2003	15250	3770	850	1470	21340	27.3
2002	28220	2140	460	1010	31830	41.3
2001	15610	1300	710	1370	18990	24.6

严重污染海域主要集中在渤海三湾和部分城市近岸海域。监测的排污口邻近海域污染严重,渤海湾和莱州湾污染加重,部分海域沉积物受到较大程度的污染。上世纪末渤海主要污染物超标情况见表2^[8]。主要污染物为营养盐、Pb、Hg和石油类等。沉积物受Cd、Cu、石油类、As、DDT和多氯联苯(PCB)污染,PCB污染加重。

2 各海域污染状况

2.1 辽东湾(辽宁海域)

辽东湾是污染严重海域,局部污染程度不断加剧。污染较重的主要是双台子河口到辽河口的北部海区和大、小凌河邻近的锦州湾,主要污染物为营养盐、油类和重金属。北部10m等深线内80%以上水域受金属和N污染,河口附近重金属、N和石油类严重超标。沉积物受As、Cd和DDT污染。

收稿日期:2009-06-28

作者简介:刘学海(1973-),男,博士。研究方向:海洋环境及生态动力学模型研究。

表2 上世纪末渤海污染统计

		渤海	辽东湾	渤海湾	莱州湾
N	平均值/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	0.25	0.26	0.24	0.22
	超标率/%	45	42	50	48
$\text{PO}_4\text{-P}$	平均值/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	0.019	0.027	0.014	0.004
	超标率/%	45	70	38	0
油类	平均值/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	0.015	0.01	0.021	0.011
	超标率/%	1	0	2	0
Hg	平均值/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	0.09	0.1	0.09	0.07
	超标率/%	42	36	63	18
Pb	平均值/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	2.37	3.28	1.10	1.41
	超标率/%	81	89	56	73
Cd	平均值/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	0.42	0.75	0.1	0.12
	超标率/%	11	21	0	0

2000年辽宁省共16500 km^2 海域受到污染,其中二、三类水质区约10500 km^2 ,四类、劣四类水质区均约3000 km^2 ,集中在辽东湾,北部劣于一类水质的区域扩到距岸120 km 处。2001年轻、中度和严重污染区分别为1700、1080、2590 km^2 。2002年轻、中度和严重污染区分别为580、420、1010 km^2 。2003年污染有所减轻,但低盐区10 m 等深线内盐度明显升高,最高为34.3;双台子河口区 $\text{PO}_4\text{-P}$ 污染严重,为20a最高水平,营养盐比例失衡。2004~2006年污染面积为5350 km^2 ,沉积物中DDT污染加重。2007年污染海域面积为8150 km^2 ,轻、中度和严重污染海域比上年增加780、1160和790 km^2 ^[9-16]。

双台子河口、辽河口海域污染程度严重且加重。河口区N、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 为严重污染,COD、Pb、Zn、Hg和油类为中、轻度污染。污染浓度呈放射型分布,随远离入海口降低。枯水期主要污染物是营养盐、COD和Pb,丰水期主要是营养盐、Zn和Cd^[9-15]。

锦州湾污染没有缓解且局部加重,主要污染物为石油类、重金属和营养盐。2007年锦州湾50%的海域N含量超过二类水质标准。重金属污染明显加重,Pb为严重污染^[16]。沉积物受到严重污染,重金属污染特别严重,总Hg、Cd、Pb、Cu均超一类海洋沉积物质量标准,Hg最高含量大于三类沉积标准值的3倍,部分测站油类含量超过二类沉积标准,硫化物、As含量超过一类沉积标准^[12-14]。排污口附近沉积物污染特别严重,Zn、Cd、Pb和油类含量近年均超过三类沉积标准。

辽东湾虾产卵场N、Pb、Zn和油类污染较重。城市附近污染特别是有机物污染较重。大型企业直排口附近受Cu、Cd、Pb等不同程度的污染。营

口近岸、菊花岛以南海域Cd和总Hg含量均超标。

2.2 河北近岸海域

污染总体上加重。2001年轻度污染区230 km^2 ,中度和严重污染150 km^2 。2002年较清洁海域约1700 km^2 ,较上年减少1320 km^2 ,轻度污染420 km^2 ,中度和严重污染2 km^2 。2004~2005年污染明显增加,2004年受污染海域面积为2620 km^2 ,2005年为3590 km^2 ,其中轻、中度和严重污染海域较上年增加460、360和200 km^2 。2006年受污染海域约4000 km^2 ,较清洁、轻度、中度和严重污染海域分别为1090、2500、300和110 km^2 ^[17-22]。

污染主要分布在秦皇岛和唐山南部近岸及滦河口,排污口附近污染严重,以营养盐、重金属和油类污染为主。2001年,营养盐污染普遍,秦皇岛两河口区属严重污染;秦皇岛河口区油类为中度污染;Pb含量普遍超标,滦河口超标较重;Cu含量沧州海域较高。2002年秦皇岛海域污染加重, $\text{PO}_4\text{-P}$ 污染显著扩大,其中抚宁人造河口污染严重, $\text{PO}_4\text{-P}$ 、COD和油类严重超标,COD超三类水质标准, $\text{PO}_4\text{-P}$ 超四类标准。2004、2005年污染加重,N平均含量为0.16、0.2 mg/L , $\text{PO}_4\text{-P}$ 平均含量为12 $\mu\text{g/L}$ (轻度污染)和36 $\mu\text{g/L}$ (中度污染),油类平均含量为35.60 $\mu\text{g/L}$ (轻度污染)^[17-21]。

秦皇岛港区、沧州近岸、新开河口及汤河口沉积物污染严重,2001~2002年硫化物、石油类最高含量均超三类沉积标准,有机质、总Hg和Cu超一类沉积标准。

养殖区水体呈富营养化。2001~2002年京唐港附近养殖区 $\text{PO}_4\text{-P}$ 偏高,曹妃甸养殖区 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、油类超标;黑沿子养殖区N、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、油类污染较重,营养盐为严重污染^[17,18]。2005年南堡N、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 的平均含量超三类水质标准^[21]。

2.3 天津近岸海域

所辖海域近年污染不断加重。2001年轻度污染区约300 km^2 ,中度和严重污染区共130 km^2 。2002年轻、中度污染分别为948、31 km^2 。2003年轻度污染区占28%,比上年减少3.6%;中度和严重污染区占3%和6%,比上年增加2%和6%。2004年轻度污染区缩小500 km^2 ,较清洁海域增加约1000 km^2 。2005年污染加重,污染面积2910 km^2 ,其中较清洁区880 km^2 ,比上年减少850 km^2 ;轻度、中度和严重污染区分别为700、810和530 km^2 ,比上年增加190、580和300 km^2 。2006年污染区为2870 km^2 ,严重污染区为1100 km^2 ,比上年增加570 km^2 ^[23-28]。严重污染主要集中在塘沽-北塘

- 汉沽近岸海域,从北向南呈递减趋势,汉沽、塘沽附近为严重或中度污染,轻度污染在其它近岸海域。

主要污染物为营养盐、Pb、Cu、COD 和石油类。2003 年 N 含量 70~410 $\mu\text{g/L}$,平均为 230 $\mu\text{g/L}$,超标率 39%,超标区为北塘和汉沽海域;Pb 含量 1.7~8.5 $\mu\text{g/L}$,平均 4.3 $\mu\text{g/L}$,超标率 61%,超标区为北塘和大港海域;Cu 含量 3.2~12.1 $\mu\text{g/L}$,平均 6.1 $\mu\text{g/L}$,超标率 1/3,超标区为北塘和汉沽海域。2004 年 Pb、营养盐和 COD 污染加重,N 污染加剧明显,平均含量 430 $\mu\text{g/L}$,超标率 86%; $\text{PO}_4\text{-P}$ 平均含量 24 $\mu\text{g/L}$,大沽锚地和岐口河河口附近超标较重;7 个测站 Pb 全部超标。2005 年,N 平均含量 0.7 mg/L ,汉沽和塘沽附近超标最严重,两域所有站位均超四类水质,最高为 2.1 mg/L ,超四类标准 3.2 倍; $\text{PO}_4\text{-P}$ 平均含量 27 $\mu\text{g/L}$,超标率 57%。2006 年污染总体上有上升趋势,汉沽和塘沽附近污染严重,两域所有站位 N 含量均超四类水质标准, $\text{PO}_4\text{-P}$ 超标率为 43%。2007 年全年监测 N 均超二类水质标准,部分站超四类标准, $\text{PO}_4\text{-P}$ 超标主要在塘沽附近,10 月污染较重^[23-29]。

排污口附近污染严重。2001 年重点排污口 N 污染超标率 71%。2004 年各排污口海域 N 超标严重,属严重污染。2005 年监测 15 个排污口 100% 存在超标排放,临近海域严重污染,所有排污口 COD 超标,1/2 排污口悬浮物超标,海河口、大港电厂排污口和独流减河口 N 超标,个别排污口 $\text{PO}_4\text{-P}$ 超标。2005~2007 年北塘和大沽两重点排污口外 115 km^2 海域均为劣四类水质,主要污染物为 N、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 和 COD,北塘口污染重于大沽排污口海域。2006 年 87% 排污口存在超标排放,11 个排污口 COD 超标,8 个排污口悬浮物超标(超标率 53%),40% 排污口 $\text{PO}_4\text{-P}$ 超标,N 超标主要在海河口,全年 6 次监测有 5 次超标。2007 年,大部分排污口 COD 超标,5 月污染较重,最大值在子牙新河入海口,为 4712 mg/L ,超标 46 倍,8 个排污口悬浮物超标,3 个排污口 $\text{PO}_4\text{-P}$ 超标^[23-29]。

永定新河、海河口两生态监控区污染严重,以前者为甚,N、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 和硫化物污染为主。2003 年永定新河外硫化物、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 超标率分别为 1、2/3;海河外硫化物、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 超标率为 1/2、1/3。2004 年两河口附近为重度污染,永定新河口附近 N、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 的最大值分别超四类水质标准的 1.9、12.8 倍。2005 年 5 月 53% 水域 N 含量劣于三类水质标准,8 月 3/5 海域 N 含量和 2/5 海域 $\text{PO}_4\text{-P}$ 含量

劣于四类水质,富营养化严重,营养盐比例失衡。2006 年永定新河海域 COD 污染加重(5、8 月最高),营养盐含量 10 月最高,COD、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 和油类的最大含量分别为 375.1、0.82 和 10.0 mg/L ,入海口处 COD 含量最大为 1385 mg/L ^[25-28]。

养殖区受营养盐的严重污染, $\text{PO}_4\text{-P}$ 污染较重。2004 年养殖区 7~9 月呈富营养化,9 月 $\text{PO}_4\text{-P}$ 超标率为 1,为劣四类水质;N 污染相对较轻,超标主要在 7~8 月。2006~2007 年养殖区主要受 N 污染,监测的 N 含量大多超过二类水质标准,全年 N 超标率 77%,5、7、8 月所有测站超过四类水质标准,7 月平均营养指数达 4.81。养殖生物受 Hg、Cd、Pb、As 和石油烃的污染较重^[26-29]。

沉积物质量近年多为二类标准,Cu 和油类污染为主。2006~2007 年沉积物质量总体下降,DDT、As 和 PCB 污染增加,各海区 DDT 均存在超标,汉沽、塘沽部分海域超过三类沉积标准,汉沽和大港附近沉积物 PCB 含量较高。

2.4 山东近岸海域

渤海湾南部和莱州湾污染较重,主要集中在小清河、黄河和漳卫新河等河口区及企业直排口附近。主要污染物为营养盐、油类、Pb、Hg 等。

2002 年,潍坊、东营海域 COD 含量超标严重,超标率为 44%、22%;滨州、潍坊海域及莱州湾 N 含量均超一类水质标准,局部为三类水质;滨州、东营海域 $\text{PO}_4\text{-P}$ 污染较重,接近二类水质标准;石油类:潍坊海域、莱州湾超标率为 1,分别有 8%、11% 测站超三类标准,潍坊海域平均含量 185 $\mu\text{g/L}$,滨州和东营海域平均含量也超标;Pb:滨州、东营海域和莱州湾超标率均为 1,平均含量为 10.5、7.8、4.3 $\mu\text{g/L}$,分别超三类、二类、一类水质;Hg:潍坊、东营、滨州海域及莱州湾平均含量超标。2003 年污染加重,N:滨州海域超一类标准,东营海域平均为 470 $\mu\text{g/L}$,超三类水质,局部为劣四类水质;石油类:滨州海域平均浓度超一类标准,局部海域浓度 470 $\mu\text{g/L}$,超三类标准;滨州海域、莱州湾 COD 含量超标,局部超标严重。2006~2007 年,绝大部分排污口邻近海域污染较重,石油污染加重。滨州部分海域石油类、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 和 N 超标。烟台和潍坊海域 N、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 和石油类含量超二类标准,局部海域 N 的最高浓度超四类水质标准。潍坊海化排污口及弥河、虞河、沙头河等河口区 COD、营养盐、石油类和悬浮物超标。2007 年污染加重,严重和中度污染区大幅增加,滨州的沙头河、套尔河、漳卫新河和潮河附近海域严重污染,N 和 $\text{PO}_4\text{-P}$ 均超三类或四类水质标准,COD 和石油类大都超

标^[27-31]。

养殖区营养盐污染较重。如2005年山东海化滩涂和潍坊羊角沟 N、PO₄-P 的年平均含量超三类水质标准。

3 污染源和水交换能力

上世纪末,进入中国近海的各类污染物约15000kt/a,渤海受纳约1/3,其中COD、营养盐和油类合计占总量的95%以上,其它有硫化物、氰化物、Zn及重金属等^[8]。主要污染源:径流携带的污染物;工业、生活污水和农药化肥等陆源排污;船舶、石油开发、海水养殖等海上排污。

3.1 陆源排污

陆源排放是污染的主要原因。1990年以来排污逐年增多。1999年直排渤海工业废水1.2×106kt,占全国排海的20.2%^[8]。2003年有105个

排污口共2.8×106kt污水排入渤海,占全国排海污水量的32%,污染物700kt,占全国的47.7%^[3]。主要河流的排污情况见表3。以河北为例,2000年10月~2001年3月3×10⁵kt高浓度污水由漳卫新河排入海,COD浓度达202mg/L,是四类水质标准的40倍。2001年秦皇岛、唐山、沧州陆源排污61490.47945、8892kt^[16]。2004年大沽排污入海的污染物:COD443.7kt、NH₄-N10.6kt、石油类134t、PO₄-P684t、悬浮物35kt。2005年天津主要排污:北塘口1515kt、大沽排污河561kt、海河408kt、子牙新河368kt,其中COD2645kt、PO₄-P821t、油类421t、悬浮物75.6kt。2005年天津、山东和河北入海排污口超标数分别为93.3%、96.2%和96.9%。2007年渤海沿岸超标排污口比例达90.4%,辽宁、河北、天津、山东分别为75.3%、87.1%、92.3%、93.4%。

表3 主要河流排污量

年度	COD	PO ₄ -P	NH ₄ -N	重金属	As	石油	总量	
黄河	2003	872140	220	18410	200	60	1610	892640
	2004	630105	1670	102530	932	44	-	735281
	2005	579349	580	75146	810	35	-	655920
	200	670315	57370	(营养盐)	1199	52	-	728936
	2007	626765	56950	(营养盐)	1040	28	-	684783
永定新河	2004	202474	362	4404	8	4	199	207451
	2005	21100	0	46	2	-	1	21155
双台子河	2002	1048	20	418	15	0.2	10	1511.2
	2004	5794	148	375	318	8	171	6814
	2005	11400	214	354	138	16	136	12258
	2006	151273	13635	(营养盐)	121	1	31	165062
小清河	2005	1281	24	88	-	-	-	1393
漳卫新河	2004	2058	21	(营养盐)	26	7	113	132253
	2006	131472	635	(营养盐)	26	7	113	132253
辽河	2002	49802	495	10046	390	-	227	60960
滦河	2003	5780	50	230	120	10	220	6410
	2004	1204	5	20	10	1	18	1258
	2005	9269	32	155	19	1	72	9548
	2006	164703	393	(营养盐)	25	2	72	165195

3.2 海上溢油排污

石油平台向海中排出大量油污,见表4,溢油时常发生,溢油事件如^[35-38];1998年胜利CB6A5井溢油历时0.5a,严重污染中心区达250km²。2001年初绥中F31井约30t原油泄漏。2002年:2月黄骅海岸发现长6~7km、宽1~2km油带;11月15日油轮撞上东营防波堤,大量原油溢出;11月23日大沽口以东油轮泄漏,出现4.6km×2.6km油带;11月绥中36-1平台溢油2.6t。2003年:6月东营近海有持续4h约15t的溢油,成灾面积

80hm²;7月25~29日,绥中沿岸有长58km、宽3~4km油带,北戴河发现0.5km×10km油带;9月胜利油田106段持续26h溢油150t,成灾面积147hm²。

表4 油气田排污状况

年度	油气田数	污水排量/kt	排油量/t
2002	9	3350	54
2001	7	1740	33
2000	8	2460	54
1999	8	2044	42.3

3.3 水交换能力

渤海是近乎封闭的浅海,水交换不畅。魏皓等^[39]提出:渤海各域的水交换能力相差较大,莱州湾的半交换期为0.5a;渤海湾半交换期为300d;中央海域半交换期约1.5a;辽东湾水半交换期为3a,历时3a后,锦州湾附近仍为初始浓度的0.5以上。该结果没考虑外源输入、海底界面过程、生化自解,这些因素无疑对交换时间有一定影响。水交换周期用以评价特定海域的平均交换情况,可能经过这种时长后,局部海域污染物浓度仍很高。

4 结束语

渤海的污染状况近年没有得到明显好转,局部甚至出现恶化。针对渤海的污染状况,进行综合的环境治理十分必要。渤海环境治理是个把握和利用自然规律的科学问题,应加强科技支撑能力建设。

研究水动力、水质和生态系统等方面的机理是环境有效治理的前提。迄今已对渤海进行一些水文、化学和生物等方面的调查,建立了环境监测站。除加强监测外,还需研究生物-化学-物理过程间的关系,建立完整物理过程下的高分辨率精细化水质及生态模型,建立物质输运模型,建设水动力物理模型,以研究污染物扩散规律,确定渤海各域的纳污量和合理排污位置。进行环境评估和预报研究,评价污染对生态和渔业的影响。

参考文献

1. 2001年中国海洋环境质量公报[R].北京:国家海洋局,2002.
2. 2002年中国海洋环境质量公报[R].北京:国家海洋局,2003.

3. 2003年中国海洋环境质量公报[R].北京:国家海洋局,2004.
4. 2004年中国海洋环境质量公报[R].北京:国家海洋局,2005.
5. 2005年中国海洋环境质量公报[R].北京:国家海洋局,2006.
6. 2006年中国海洋环境质量公报[R].北京:国家海洋局,2007.
7. 2007年中国海洋环境质量公报[R].北京:国家海洋局,2008.
8. 中国20世纪末海洋环境质量公报[R].北京:国家海洋局,2000.
9. 2000年辽宁海洋环境质量公报[R].沈阳:辽宁海洋和渔业厅,2001.
10. 2001年辽宁海洋环境质量公报[R].沈阳:辽宁海洋和渔业厅,2002.
11. 2002年辽宁海洋环境质量公报[R].沈阳:辽宁海洋和渔业厅,2003.
12. 2003年辽宁海洋环境质量公报[R].沈阳:辽宁海洋和渔业厅,2004.
13. 2004年辽宁海洋环境质量公报[R].沈阳:辽宁海洋和渔业厅,2005.
14. 2005年辽宁海洋环境质量公报[R].沈阳:辽宁海洋和渔业厅,2006.
15. 2006年辽宁海洋环境质量公报[R].沈阳:辽宁海洋和渔业厅,2007.
16. 2007年辽宁海洋环境质量公报[R].沈阳:辽宁海洋和渔业厅,2008.
17. 2001年河北省海洋环境质量公报[R].石家庄:河北省海洋局,2002.
18. 2002年河北省海洋环境质量公报[R].石家庄:河北省海洋局,2003.
19. 2003年河北省海洋环境质量公报[R].石家庄:河北省海洋局,2004.
20. 2004年河北省海洋环境质量公报[R].石家庄:河北省海洋局,2005.
21. 2005年河北省海洋环境质量公报[R].石家庄:河北省海洋局,2006.
22. 2006年河北省海洋环境质量公报[R].石家庄:河北省海洋局,2007.
23. 2001年天津市海洋环境质量公报[R].天津:天津市海洋局,2002.
24. 2002年天津市海洋环境质量公报[R].天津:天津市海洋局,2003.
25. 2003年天津市海洋环境质量公报[R].天津:天津市海洋局,2004.
26. 2004年天津市海洋环境质量公报[R].天津:天津市海洋局,2005.
27. 2005年天津市海洋环境质量公报[R].天津:天津市海洋局,2006.
28. 2006年天津市海洋环境质量公报[R].天津:天津市海洋局,2007.
29. 2007年天津市海洋环境质量公报[R].天津:天津市海洋局,2008.
30. 2002年山东海洋环境质量公报[R].济南:山东海洋与渔业厅,2003.
31. 2003年山东海洋环境质量公报[R].济南:山东海洋与渔业厅,2004.
32. 2005年山东海洋环境质量公报[R].济南:山东海洋与渔业厅,2006.
33. 2006年山东海洋环境质量公报[R].济南:山东海洋与渔业厅,2007.
34. 2007年山东海洋环境质量公报[R].济南:山东海洋与渔业厅,2008.
35. 1998年中国海洋灾害公报[R].北京:国家海洋局,1999.
36. 2001年中国海洋灾害公报[R].北京:国家海洋局,2002.
37. 2002年中国海洋灾害公报[R].北京:国家海洋局,2003.
38. 2003年中国海洋灾害公报[R].北京:国家海洋局,2004.
39. 魏皓,田恬,周锋等.渤海水交换周期的数值研究-水质模型对半交换时间的模拟[J].青岛海洋大学学报,2002,32(4):519-525.

(上接第6页)

建议扩建污水处理厂,加强对昆明城区污水的处理,实现达标排放,尤其是在雨季要避免直排现象的发生。在整个滇池流域,要逐步迁出污染型企业,切断主要污染源;在湖周边地区,杜绝不达标排放。同时,在化肥使用方面,要科学施肥、实现平衡配套施肥。

参考文献

1. 张林生.水的深度处理与回用技术[M].北京:化学工业出版社,

- 2004, 14-15.
2. 朱智,吴江明,周俊杰.滇池污染治理若干问题的思考[J].中国给水排水,1999(12):27-30.
3. 奚旦立,孙裕生,刘秀英.环境监测(第三版)[M].北京:高等教育出版社,2004.
4. 国家环保总局.水和废水监测分析方法(第四版)[M].北京:中国环境科学出版社,2002.
5. 张俊秀,张青,龚盛昭.环境监测[M].北京:中国轻工业出版社,2003.
6. 段焕丰,俞国平,俞海宁.湖泊富营养化评价方法的探讨[J].苏州科技学院学报(工程技术版),2005,18(2):53-57.