

90-96

X52

发达国家禁用(限用)含磷洗衣粉的措施

舒金华 黄文钰 高锡芸 吴延根

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

提 要 在查阅国内外有关文献资料的基础上, 对世界上主要发达国家——美国、加拿大、日本、德国、英国和法国等, 实施禁用(或限用)含磷洗衣粉措施的历史背景状况, 实施后所取得的效果及当前存在的意见分歧作出简要的综述。结果表明, “禁磷”措施在洗衣粉中磷占入湖总磷量比例较大(20% 以上), 且目前难以兴建三级污水处理厂的湖区, 对削减磷的负荷, 减缓湖泊富营养化的进程, 起到一定的积极作用。但解决富营养化问题的根本途径, 还需采用修建三级污水处理厂等多种综合治理技术。

关键词 发达国家 禁(限)磷 洗衣粉
分类号 X78 X52

磷含量 禁用措施
水体污染, 含磷洗衣粉

随着我国现代化建设的不断发展, 近十多年来, 我国洗涤剂用品工业的发展很快。1980 年, 我国洗衣粉产量约 36×10^4 t, 人均用量不足 $0.3 \text{ kg}^{[1]}$ 。到 1996 年, 全国洗衣粉的产量已达 190×10^4 t, 人均用量 1.6 kg 。10 多年的时间内增加了近 6 倍^①。由于洗衣粉的配方中大都含有 17% 左右的三聚磷酸钠(含磷量为 4.0% 左右), 洗涤废水随同生活污水直接排入湖泊、河流等地表水中, 造成了一定的营养(磷)负荷, 成为近 10 多年来, 我国一些湖泊水域的富营养化进程加快的原因之一^[2-11]。因而禁用含磷洗衣粉的问题, 也开始受到人们的广泛关注, 有的地方已颁布了禁用含磷洗衣粉的政策法规^[12](以下简称“禁磷”措施)。但因我国目前的人均用量还较低(仅为发达国家的 20% 左右), 洗衣粉中磷所占入湖总量的比率较小(一般为 10% 左右), “禁磷”措施的实施, 还将对我国现有的磷酸盐工业产生很大影响(约 40×10^4 t/a 的三聚磷酸钠厂需转产)。替代品(4A 沸石)生产工业体系建设的投资费用较大(约 30 亿元), 无磷洗衣粉达到同类含磷洗衣粉的去污效力的成本较高(较含磷洗衣粉高出 20% 左右), 居民的洗涤费用将明显增加, 故对我国是否要实行“禁磷”措施, 目前还存在较多的分歧^[12-16]。

为了有效地借鉴国外有益的经验教训, 本文在查阅有关文献资料的基础上^[19-39], 综述了世界上主要发达国家关于“禁磷”问题的简况, 以期有关部门的科学决策提供参考依据。

1 发达国家“禁磷”措施的简况

1.1 美国、加拿大

本世纪 60 年代初, 北美五大湖区的富营养化问题日益加剧, 当时的美国和加拿大两国政府为推动该地区的富营养化的防治, 于 1964 年成立了联合调查委员会, 对该湖区富营养化产生的原因及其与含磷洗衣粉的关系进行了全面的调查, 结果表明, 该湖区富营养化的限制因子

· 收稿日期: 1997-07-16; 收到修改稿日期: 1997-10-06。舒金华, 男, 1939 年生, 研究员

① 摘自中国洗涤剂用品工业协会计石祥会长 1997 年 6 月在全国“磷酸盐应用技术”学术讨论会上的发言材料。

——磷,主要来源于生活污水和工业污水.生活污水中的磷又主要来自含磷洗衣粉,其中美国生活污水中有 70% 的磷是来自于洗衣粉,加拿大为 50%^[26](当时这些国家洗衣粉中三聚磷酸钠的含量为 40% - 60%,人均用量达 10kg/a 左右),因此两国政府于 1972 年共同签订了将该湖区市售洗衣粉的含磷量限制在 0.5% 以下的防治条例,成为世界上最早实行“禁磷”措施的地区之一,至 1994 年调查资料统计,全美国 50 个洲中,已有 27 个洲,占人口总量 42% 的地区实行了“禁磷”措施,洗衣粉中三聚磷酸钠的用量已由 60 年代的 100×10^4 t/a,下降到目前的 $(50 - 60) \times 10^4$ t/a.

根据后来有关追踪调查报告的资料显示^[28,29],当时的“禁磷”措施的实施,对该地区水质改善的作用主要表现在:

(1) “禁磷”地区城市生活污水中磷浓度明显下降.如 1976 年美国全国富营养化调查资料统计,在全国 809 个城市污水处理厂中,“禁磷”地区城市污水处理厂水中的磷浓度,较非“禁磷”地区下降 35% - 45% 左右(表 1).

(2) 磷负荷主要来自生活污水的湖泊,“禁磷”后水质状况也有明显改善.如美国纽约的 Odondaga 湖,面积为 11.7km²,湖水滞留时间 120d,湖泊磷负荷的 90% 来自城市生活污水,1973 年实行“禁磷”措施后,经过 3 年时间的恢复,1976 年湖泊表层和深层水中总磷浓度分别下降了 47% 和 15%,湖水生物多样性指数增加,藻类的构成也发生了有利于水质改善的变化.

表 1 美国不同地区污水处理磷浓度变化的比较

Tab. 1 The comparisons of phosphorus concentrations after treated in waste water in USA

污水处理厂	不禁磷而又 无除磷设施的	实行禁磷而无除磷设施的		有除磷设施的
		纽约州	印地安那州	
污水处理厂数量(个)	709	42	25	32
相应地区人口数(人)	9260669	274456	101840	277165
磷浓度中值(mg/L)	6.1 ± 0.17	3.4 ± 0.35	2.7 ± 0.41	1.8 ± 0.37
磷浓度平均值(mg/L)	7.0 ± 0.31	3.7 ± 0.67	4.6 ± 0.41	2.7 ± 0.61

1.2 日本

70 年代初,日本在借鉴北美五大湖区富营养化调查与防治工作经验的基础上,对日本国内主要湖泊(琵琶湖、霞浦湖、諏访湖等)和内海(濑户内海)的磷负荷来源及洗涤剂中磷占入湖总量的比例,进行了全面的调查(表 2).洗涤剂中磷占生活污水总磷的比例,琵琶湖为 38.0%,霞浦湖 54.6%,諏访湖 64.0%;洗涤剂中磷占入湖总磷量的比例,琵琶湖为 18.2%,霞浦湖 17.0%,諏访湖 23.9%,濑户内海 14.0%.

调查结果显示,70 年代中期,日本家用洗衣粉带入湖泊等地表水中磷的比例普遍较高(20% 左右),为此,日本各地方政府采用政策法规限制(如日本滋贺县琵琶湖富营养化防止条例等)和宣传教育相结合的方法,逐步削减家用洗衣粉中的含磷量^[27],如 1975 年以前日本洗衣粉中的含磷量(P_2O_5)为 20% 以上,1975 年 1 月要求降至 15% 以下,1976 年 1 月要求降至 12% 以下,1977 年 1 月要求降至 10% 以下,至 1988 年,日本无磷洗衣粉的产量已占到总量的 97%(其中 98% 的无磷洗衣粉是以 4A 沸石为助剂)成为目前世界上洗涤剂行业中无磷化程度最高的国家之一^[14,28].

表 2 日本主要湖泊磷负荷来源的调查结果

Tab 2 The phosphorus loads source in main lakes in Japan

磷负荷来源	琵琶湖(1975)		霞浦湖(1974)		諏访湖(1974)		濑户内海(1979)	
	入湖量(t/d)	占(%)	入湖量(t/d)	占(%)	入湖量(t/d)	占(%)	入湖量(t/d)	占(%)
生活污水	1.117	49.3	0.409	31.0	0.148	48.0	34.0	41.9
工业废水	0.682	29.3	0.349	27.0	0.042	11.0	32.9	40.6
养殖排水	0.532	13.9	0.330	25.0	0.020	5.0	-	-
农田排水			0.218	17.0	0.080	21.0	-	-
其它	0.205	8.8	-	-	0.055	15.0	14.2	17.5

日本在实施上述“禁磷”措施的同时,各地方政府还采用城市生活污水处理,农田和禽畜养殖污染的控制及湖内生态恢复等多种防治措施,收到了较好的效果,例如日本第一大湖泊——琵琶湖的北湖近 20 年来,总磷浓度一直控制在规定的标准以下(即 0.01mg/L 以下),琵琶湖南湖总磷浓度虽高于水质标准,但实施“禁磷”措施的初期(1978-1980 年),湖水总磷浓度亦有明显程度的下降,以后一直稳定地维持在略高于水质标准的水平(0.021-0.024mg/L)^[29](图 1)。

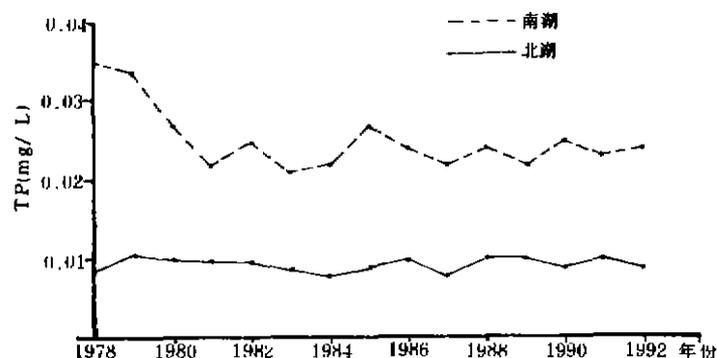


图 1 日本琵琶湖总磷历年变化

Fig. 1 The total phosphorus concentrations in Lake Biwa, Japan

1.3 西欧国家

自本世纪 70 年代以来,西欧地区一些国家,根据各自国度的富营养化污染的程度和经济发展水平,分别采用了不同的控制含磷洗衣粉的生产与销售政策.其中瑞士、挪威、德国、意大利等国家制订了“禁磷”的法规条例来逐步限制含磷洗衣粉的生产与销售^[32-35],如德国自 1975 年开始实行限磷措施以来,1988 年无磷洗衣粉的产量已占洗衣粉总量的 80%,1990 年已上升到 95%.瑞典、法国、英国、丹麦、西班牙等国则没有颁布有关的“禁磷”条例,而是采用宣传教育的方法,鼓励工厂生产和居民购买无磷洗衣粉,目前无磷洗衣粉的销售在这些国家也占到一定的份额(最低在 10% 以上).

调查资料表明,该地区的“禁磷”措施对降低生活污水中的含磷量取得了一定的成效,如前欧共体 1993 年调查资料显示^[31](表 3),实行“禁磷”措施的国家中,洗衣粉带入地表水中磷所占的比率(一般为 2% - 3%),明显低于非“禁磷”国家(14% - 19%),这些国家在禁磷的同时,大力提高了生活污水的处理率,使地表水中总磷浓度也有了明显程度下降^[32,33],如德国莱茵河流域 140 个测点的水质资料显示,1987 年河水总磷浓度较“禁磷”前的 1979 年下降了 64%。

表 3 西欧各国地表水中磷负荷来源的调查结果

Tab. 4 The phosphorus loads source in surface water bodies in Europe

国家	人体排出 (%)	洗衣粉 (%)	牲畜养殖 (%)	农田肥料 (%)	企业 (%)	自然本底 (%)	总磷量 (10 ³ t)
德国 ¹⁾	28	3	44	12	6	7	97
挪威 ¹⁾	23	2	9	12	5	49	7
瑞士 ¹⁾	28	3	38	15	6	10	8
意大利 ¹⁾	35	2	26	18	8	11	56
英国	24	19	29	14	8	6	82
法国	18	15	31	19	6	11	106
葡萄牙	24	14	27	16		12	15
西班牙	19	16	18	26	7	14	82
瑞典	21	10	15	14	7	33	14
比利时	26	11	43	7	8	5	13
丹麦	12	11	55	11	5	6	15
荷兰 ¹⁾	23	3	57	9	5	3	24
奥地利	20	10	36	16	6	12	13

1) 为禁(限)磷国家

2 “禁磷”措施有效性的反思

近期以来,随着富营养化问题研究的深入和城市三级污水处理厂建设的逐年普及,人们对“禁磷”措施的有效性和科学性开始提出了质疑,有的甚至持完全否定的观点,例如:英国绿色和平运动委员会主席拜恩·琼斯教授,近年来通过生命周期分析法,对含磷洗衣粉和无磷洗衣粉的环境影响问题进行了综合评估研究(即对无磷和含磷洗衣粉两种产品的矿石开采、化学加工过程到成品使用和环境处理各个阶段所造成环境的负面影响进行评分),认为含磷洗衣粉与无磷洗衣粉对环境的负面影响大体相当,甚至是前者还稍好于后者,从而得出了“禁磷”措施是无效的结论^①。

荷兰 TNO 环境科学研究院生态研究部主任肖顿博士的研究成果认为:富营养化现象的发生,不能单纯地归结为营养负荷增加的原因所致,其中水体中某些污染物造成了水生食物链中浮游动物数量减少或者捕食藻类能力降低等,亦是导致浮游植物过量繁殖的原因之一;并通过实验证明,在良性的生态结构水域中,加入无磷洗衣粉后,水体中藻类的生长较加入了含磷洗衣粉的水域中的藻类的生长更加旺盛,表明含磷洗衣粉对浮游动物捕食藻类能力的抑制作用较无磷洗衣粉小,“禁磷”的措施不能起到防治富营养化的作用^②。

① 拜恩·琼斯教授 1997 年 6 月在全国“磷酸盐应用技术”学术讨论会上的发言材料。

② 摘自肖顿博士 1997 年 6 月在全国“磷酸盐应用技术”学术讨论会上的发言材料。

近期(1992年)联合国关于“洗涤剂中磷酸盐及其代用品”的研究报告^[39]指出,降低水体中磷负荷的主要措施是:(1)禁(限)用含磷洗衣粉;(2)将污水引排到对富营养化不敏感的水域中;(3)加强生活污水的三级处理.其中第一种措施的费用可由生产厂家和消费者承担,易于被各国政府选用,但仅能削减磷负荷的一小部分(10%~20%),收效甚微;第二种措施难以找到合适的接纳水体,局限性较大;唯有生活污水的三级处理,可削减磷负荷的90%以上(其中初级处理磷的去除率15%;二级处理磷的去除率30%;三级处理磷的去除率55%),是消除水域富营养化最有效的途径^[39].

3 结语

综上所述,湖泊富营养化现象的发生,是一个十分复杂的过程,富营养化污染的控制,更是一项极为艰巨的任务,有关“禁磷”措施的实施,应在全面查明富营养化产生原因和洗衣粉中磷所占入湖总量的比率的基础上,根据各地湖区的实际情况,因地制宜地慎重选用.

(1)在以磷为限制因子,洗衣粉中磷所占入湖总量的比比较大,且目前难以建成三级污水处理设施的湖区,“禁磷”措施对削减湖泊的营养负荷,减缓富营养化的进程将会起到一定的积极作用.

(2)营养负荷量大(需削减现有磷负荷80%以上),营养物来源途径较多的湖泊,仅靠单一的“禁磷”措施(一般只能削减磷负荷的10%~20%)将难以奏效,只有采用兴建三级污水处理厂和实施湖区生态恢复工程等多种综合治理措施,才是解决问题的根本途径.

(3)在已建有(或即将完成)三级污水处理设施的湖区,因所有生活污水中的磷都将在污水处理厂得到有效的去除,且增加去除洗衣粉中部分磷的花费甚少(每人每年为1英镑左右),因而可以免除“禁磷”措施的实施.

(4)因水生食物链发生障碍(如浮游动物受到抑制)而引起富营养化的湖泊,应采用恢复良性水生生态系统的办法来减缓富营养化的进程.

参 考 文 献

- 1 舒金华.湖泊富营养化及其防治.环境污染与防治(专集)1982:8-28
- 2 孙顺才,黄漪平.太湖.北京:海洋出版社,1993 196-218
- 3 黄文钰等.溧湖氮、磷平衡研究.湖泊科学,1996,8(4):330-336
- 4 诸 敏.太湖水质变化趋势及防治对策.湖泊科学,1996,8(2):133-138
- 5 王国祥等.南京玄武湖鱼类暴发性死亡原因分析.湖泊科学,1997,9(1):41-48
- 6 裴洪平等.杭州西湖总磷动态变化预测.湖泊科学,1996,8(2):139-143
- 7 刘建康.东湖生态学研究.北京:科学出版社,1990.379-387
- 8 顾丁锡,舒金华.湖泊污染预测与防治规划方法.北京:中国环境科学出版社,1988 32-36
- 9 吕兰军.鄱阳湖富营养化调查与评价.湖泊科学,1996,8(3):241-247
- 10 屠清瑛,顾丁锡等.巢湖——富营养化研究.合肥:中国科学技术大学出版社,1990,33-55
- 11 舒金华等.中国湖泊营养类型的分类研究.湖泊科学,1996,8(3):193-200
- 12 江苏省人大常委会.江苏省太湖水污染防治条例.新华日报,1996-06-15
- 13 陆用海.洗衣粉对太湖水域磷过肥化的影响.日用化学品科学,1997,(1)
- 14 中国洗涤用品工业协会.洗涤剂磷对水质过肥化影响的分析和对策.中国洗涤用品工业,1997,(1)

- 15 房秀敏. 浅谈三聚磷酸钠. 日用化学工业, 1996, (3)
- 16 陆用海. 洗衣粉中三聚磷酸代用问题浅见. 日用化学工业, 1994, (2)
- 17 周德藻. 浅谈我国洗涤剂低(无)磷化. 日用化学工业, 1994, (5)
- 18 华章熙. 合成洗涤剂工业的热点问题—助剂(1-2). 日用化学品科学, 1995, (5)
- 19 冯正诗. 洗涤用品市场和技术的最新趋势. 中国洗涤用品工业, 1994, (2)
- 20 日本环境厅水保局水质课. OECD 关于防止淡水湖泊富营养化研究报告 (I, II). 公害与对策, 1980, 8(16)
- 21 日本机械工业联合会著. 水域富营养化及其防治对策. 杨楨金译. 北京: 中国环境科学出版社, 1987, 159-163
- 22 Sven-olof and Ryding 著. 湖泊与水库富营养化控制. 朱壹等译. 北京: 中国环境科学出版社, 1992, 165-176
- 23 彭近新, 陈慧君. 水质富营养化与防治. 北京: 中国环境科学出版社, 1988, 46-58
- 24 台田健. 水环境指标. 思考社, 1979, 132-145
- 25 日本环境厅. 日本湖泊第三次调查报告. 大藏省印刷局, 1988, 78-92
- 26 桑原昌宏. 合成洗涤剂的控制与五大湖污染的防治. 公害研究, 1980, 10(2)
- 27 岡田光正等. 磷与湖泊的富营养化. 公害与对策, 1980, 9(16)
- 28 松村隆. 水质污染与富营养化问题. 公害与对策, 1980, 9(16)
- 29 滋贺县生活环境部环境室. 平成 5 年版(环境白皮书). 1993, 42-43
- 30 Renolds C S. Eutrophication and the management of planktonic algae: What Wollenweider couldn't tell us. Proceedings of a conference: Eutrophication: Research and Application to Water Supply (London, 1991). The Freshwater Biological Association, 1991
- 31 Lund J W G, Moss B. Eutrophication in the United Kingdom: Trends in the 1980s. Soap and Detergent Industries Association, 1990
- 32 Morse G. The economic and environmental impact of phosphorus removal from wastewater in the European Community. London Environmental and Water Resource Engineering Section, Department of Civil Engineering, Imperial College of Science, Technology and Medicine, 1993
- 33 Cullen P, Forsberg C. Experiences with reducing point sources of phosphorus to lakes. *Hydrobiol*, 170: 321-336
- 34 Klein A W O, Van Bauren J F. Eutrophication of the North Sea in the Dutch coastal zone - 1976 - 1990. Report WS - 92. 003. Ministry of Transport and Public Works, The Hague, 1992
- 35 Chiaudani G, Premazzi G. Appraisal of the possible methods of combating the threat of eutrophication in community water. Commission of the European Communities, 1988
- 36 N T de Oude. Detergents. Berlin: Springer - Verlag, 1992
- 37 Landbank Environmental Research and Consulting. The phosphate report. Land Bank, 1994
- 38 Landbank Environmental Research and Consulting. The Swedish phosphate report. Land Bank, 1995
- 39 United Nations. Substitutes for tripolyphosphate in detergents. New York: United Nations Publication, 1992

The Practices of Restricting or Banning Phosphates in Detergents in Industrialized Countries

Shu Jinhua Huang Wenyu Gao Xiyun Wu Yangen

(Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

Abstract

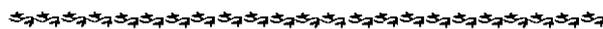
Use of phosphate-containing detergents results in the presence of phosphorus in sewage, and the phosphorus contributes to high phosphorus levels in surface waters which can contribute to the

eutrophication process. In the late 1960s, the Great Lakes were heavily polluted, the United States and Canada looked for measures to clean them up. The American action set the pattern for the world that was to ban detergent phosphates. From then on, a number of industrialized countries, such as Japan, Western European countries, have reduced or banned phosphates in detergents. Up to now, there has been no convincing evidence to support the view that the removal of phosphates from detergents can result in the change in the eutrophication state of a body of water. To prevent eutrophication, more than 90% of the phosphorus from all sources in wastewaters must be removed. But in most cases, the reduction which can be achieved by restricted or banned phosphates in detergents is approximately 20% of the total input phosphorus. Therefore, only advanced wastewater treatment, such as biological phosphorus uptake and chemical precipitation and absorption of phosphorus by the addition of iron and aluminium compounds or lime, is the most generally applicable approach in preventing eutrophication.

A summary of the historical background, effects and arguments on restricting or banning phosphates in detergents in industrialized countries are provided. It is expected that this study will lead to the basis for the regulations in China of water resource protection.

Key Words Industrialized countries, restricting or banning phosphates, detergent

南京玄武湖生态治理工程全面开工



由中国科学院南京地理与湖泊研究所承担的南京玄武湖生态治理工程在 1998 年春节期间开工。该所部分科技人员为了抢季节,放弃了节假日并冒着严寒栽种了近百亩的沉水植物。玄武湖和紫金山齐名,都是古都南京的著名风景游览区。玄武湖自形成至今 1000 多年以来,除了供游人憩息赏景外,还素以产鱼、虾、菱、藕著称。但近 30 年来,随着社会经济的发展 and 游人的增多,大量的工业废水和生活污水排入湖内,使湖水富营养化加剧,水质变坏。昔日“荷叶万顷,一叶渔舟”的景象已不复存在。近年来,虽对该湖进行过多次工程治理,但收效不大,湖泊富营养化的状况未能根本改变。为了改变“窗口”形象,南京市人民政府下决心治理玄武湖并拟定了包括环湖截污、清淤、引水、湖内环境整治和生态工程等在内的玄武湖综合整治方案。该方案的总目标是恢复和重建湖泊良好的生态系统,使湖水长期保持清澈,水质良好。将工程措施与生物措施相结合来治理污染湖泊在国内并不多见,像玄武湖生态治理工程这样大规模尚属首例。玄武湖生态治理工程的主要内容包括在入湖河口处建立生态净化区、沿湖岸建立水生植物(挺水植物)净化带、湖心区建立沉水植物净化区和“水上花园”净化区。此外,还适时调整水生生物的种群结构,减少草食性鱼类放养量和控制养鱼总量,使鱼类和沉水植物达到生态平衡。该项目工程共分为三期。三期工程完成后,水生植物净化区将覆盖湖面的 15%,沉水植物区覆盖 30%,鱼类和沉水植物达到动态平衡,全湖湖水透明将超过 0.8m。届时,玄武湖的富营养化将得到控制和逆转,湖泊的良性生态系统亦将得到恢复。

(苏宇德)