

近30年来中国西部河谷型城市水体污染变化趋势与机制

杨永春^{1,2}, 刘治国³

(1. 兰州大学资源环境学院, 甘肃 兰州 730000; 2. 西部环境教育部重点实验室, 甘肃 兰州 730000

3. 沈阳市规划设计研究院, 辽宁 沈阳 110015)

摘要: 主要利用统计资料研究了中国西部河谷型城市近20~30年来水环境污染的变化趋势和水环境污染的发展阶段。在此基础上,从单位工业增加值排放强度、污染物的排放与治理、治理能力等角度总结了我国西部河谷型城市水环境污染的机制。

关键词: 中国西部; 河谷型城市; 水环境污染; 变化趋势; 机制

中图分类号: F119.9

文献标识码: A

水环境污染是指天然洁净水由于人类活动而被玷污的现象,水体因某种物质的介入而导致其物理、化学、生物或者放射性等方面特性的改变,从而影响水的有效利用,危害人类健康或生态环境,造成水质恶化的现象^[1]。水污染主要污染源分为生活污水和工业污水两种,一般用COD、石油类、大肠菌群、 Cr^{+6} 、Hg、Pb、非离子氨、挥发酚、pH等指标评价。近10多年来,选择中国西部河谷型城市为案例进行水环境污染现状、评价、发展趋势、机制、治理研究的文章与著作日益增多,仅初步搜索的文章在国内就超过了100篇。但是,将中国西部河谷型城市作为一个类型对城市水体污染进行研究的文章并不多见。然而,由于我国西部河谷型城市特殊的地貌环境和发展背景,有必要对该类城市^[1]水体污染的发展趋势与机制进行较为深入的研究。

1 水体污染趋势分析

1.1 西南地区河谷型城市水体质量

1.1.1 1995~2003年水体质量变化

1995~2003年,长江流域各支流的水体质量总体上有好转(表1、表2),如长江干流各段的水质均由重污染、中污染转变为轻污染。2001~2003年的长江干流水质相对保持稳定,石油类、挥发酚、汞、铅是主要污染物。因此,流经各河谷型城市的长江等大小河流的水质全面恶化的局面基本得到控制^[2]。

1.1.2 重庆市长江段及其支流的水体质量变化

1974年对重庆长江段水质检测发现,酚检率在枯水和丰水期超标率分别为373%和704%,氰化物、汞、砷、铬等污染物质也明显超标。1980年枯水期检测结果与1954~1961年比较,生化需氧量上升了3.6倍,超标率从0升至4.6%;砷含量上升了5.5倍;1980年与1972年比较,酚含量上升了1.01倍,超标率从0升至22.2%;氰化物上升了2.4倍;汞上升了6.2倍。因此,水体主要污染物都呈现上升的趋势。1981~1985年期间,重庆地面水质污染日益加重,每年全市废水排放在 8×10^8 t以上,一般直接排入水域,而且城市废弃物产生量大、处理利用率低,对废渣垃圾的处理缺乏防渗漏措施,大量的粪便未经处理直接排入水体,对重庆市水体造成了严重污染。嘉陵

收稿日期(Received date): 2005-11-04; 改回日期(Accepted): 2005-12-10.

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金项目(编号40201016)和兰州大学引进人才基金项目的阶段性成果。[National Nature Science Fund 40201016, and importing talents plan of Lanzhou University]

作者简介(Biography): 杨永春(1969-),男(汉族),陕西白水人,博士、教授,主要从事城市发展与城市规划领域的研究工作,已发表文章40多篇,出版专著2部。[Yang Yongchun (1969-), male born in Shaanxi Province, Doctor, Professor research interests include urban geography, urban planning and other urban studies. He has published more than 40 articles and 2 monographs in related fields.]

1) 本文研究的客体是狭义河谷型城市,该类城市指城市主体发育受到河谷地形较为强烈的直接限制,城市本身被迫沿地形及河流走向发展。

表 1 1995~ 2003 年中国西部河谷型城市长江水体质量^[2-27]

Table 1 Water quality of Changjiang river of the valley- city in the west of China during 1995~ 2003^[2-27]

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
自贡釜溪河	5	6	4						
湘江遵义段	5	5	5	5	5	5	5	5	
六盘水市长江流域	3	3	3	3					
六盘水汉河	4								
沱江泸州段	3			3					
金沙江宜宾段	3								
六盘水三岔河			4						
长江宜宾段						4	4	3	3
岷江宜宾段				6					
金沙江攀枝花段				4	3	3			
长江宜宾段					5	5	3		
长江泸州段					4	4	3	3	3
沱江自贡段				4	4				

注:数字 1、2 分别代表 一二类水质; 3 代表轻污染; 4 代表中度污染; 5 代表重污染, 为五类水质; 6 代表严重污染, 为劣五类水质。
Note the number“1” represents the water quality of the first kind and the number“2” represents the water quality of the second kind the number“3” represents the light pollution the number“4” represents them iddle pollution the number“5” represents the heavy pollution they are the five kinds of water quality. The number“6” represents the serious pollution and is the inferior five kinds of water quality

表 2 长江干流水质类别^[2]

Table 2 Catabg of water quality in main stream of Changjiang river^[2]

地区名称	断面名称	年	溶解氧	高锰酸盐指数	五日生化需氧量	氨氮	石油类	挥发酚	汞	铅	年度(综合评价)
楚雄	大湾子	2002				2	4				4
		2003				2	4				4
昭通	安边大桥	2002							3		3
		2003							3		3
攀枝花	龙洞	2002									1
		2003									1
	倮果	2002									1
		2003									1
	金江	2002									1
		2003									1
宜宾	挂弓山	2001	/	2						3	3
		2002		2						3	3
		2003		2						3	3
泸州	手爬岩	2001	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		2002		2		2					2
		2003		2		2					2
	沙溪口	2001	/	2		2		3			3
		2002		2							2
		2003	1	2							2
重庆	朱沱	2001	1	2		2					2
		2002		2		2					2
		2003		2		2					2
	寸滩	2001	/	2		2					2
		2002		2		2					2
		2003		2		2					2
	清溪场	2001	/	2		2				3	3
		2002	2	2		2					2
		2003	2	2		2					2
	晒网坝	2001	/	2		2		3		3	3
		2002		2		2					2
		2003		2		2					2
宜昌	南津关	2001	/			2					2
		2002		2		2					2
		2003		2		2					2
		2000									2
		2001	/	2		2	4				4

注:表中数字 1、2 分别代表 一、二类水质; 3 代表轻污染; 4 代表中度污染; 5 代表重污染, 为五类水质; 6 代表严重污染, 为劣五类水质。
Note the number“1” represents the water quality of the first kind and the number“2” represents the water quality of the second kind the number“3” represents the light pollution the number“4” represents them iddle pollution the number“5” represents the heavy pollution they are the five kinds of water quality. The number“6” represents the serious pollution and is the inferior five kinds of water quality
©1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

江的污染比长江严重。长江、嘉陵江在城市境内受到中度污染。次级河流普遍受到了有机污染物的污染, 局部地区还受到了酚、氰等有害物质的污染, 具有面广、阵发性强、污染危害大的特点。^[15]

1990~1995年期间, 长江、嘉陵江重庆段平均水质总体上稳定在Ⅲ类水质, 每年有 8~11 项水质指标出现超标现象, 城区江岸边水域劣于江段平均水质, 次级河流污染严重, 且呈逐年加重趋势。在考虑细菌学指标(大肠菌群)的前提下, 1995年度, 长江城区段属重污染水质, 出境江段水质呈中污染, 对照江段水质属于轻污染, 城区江段水质属重污染或严重污染, 而无明显变化趋势。嘉陵江城区江段水质属重污染和严重污染, 对照断面水质属轻污染。整个“八五”期间, 城区江段期末水质比期初略轻, 对照断面水质属较好与轻污染, 无明显变化趋势。两江重庆段平均水质在考虑大肠菌群的前提下, 城区江段污染程度明显重于其他江段。长江城区江段的污染指数高于对照和出境江段 2~5 倍, 嘉陵江高于对照面 4~8 倍。^[25]

1996年长江、嘉陵江重庆段 27 项水质检测指标中, 有 10 项出现不同程度超标, 其中大肠菌群超标最严重, 非离子氨、石油类、化学耗氧量、总磷超标较普遍。1997年长江、嘉陵江重庆段总体水质属于Ⅱ类或Ⅲ类, 大肠菌群、非离子氨、石油类、化学耗氧量等 8 项水质指标出现不同程度的超标, 主要次级河流中, 77.8% 的断面受到不同程度的污染。与 1996 年相比, Ⅲ类和Ⅳ类水域污染有所控制。1998 年长江干流和嘉陵江、乌江重庆段水质总体稳定。长江入境和出境断面水质均属于Ⅲ类; 嘉陵江入境断面水质属于Ⅱ类, 但从北碚、磁器口到大溪沟断面水质污染呈加重趋势, 水质类别分别为Ⅲ类和Ⅳ类; 乌江水质总体良好, 属于Ⅱ类水质。三江共有大肠菌群、非离子氨、石油类、化学耗氧量、总磷等 11 项水质检测超标。次级河流污染严重, 有 40.2% 的断面已丧失水域功能。

1999 年三江(长江、嘉陵江、乌江)重庆段共有 10 个水质检测项目出现不同程度超标, 其中大肠菌群是城区江段的首要污染物, 100% 检测断面出现超标; 非离子氨、石油类、化学耗氧量、总磷污染也比较严重。与 1998 年相比, 三江水质达到Ⅱ类的断面在减少, 出现Ⅳ类的断面在增加。2000 年三江水质总体稳定在Ⅱ类和Ⅲ类水平, 水质较好, 次级河流污染较重, 水质较差。与 1999 年相比, 长江水质有所改善, 水质为Ⅱ类的断面比例上升了 17.6 个百分点, 为Ⅲ类的水质上升了 29.5 个百分点, 嘉陵江和乌江水质也有

所好转。全市 68 条次级河流 160 个检测断面中, 63.1% 的断面不能满足水域功能要求, 比 1999 年上升了 4.3 个百分点。2001 年, 三江水质总体稳定在Ⅱ类和Ⅲ类水平, 水质较好, 次级河流仍然污染较重, 水质较差。与 2000 年相比, 长江和嘉陵江水质有所好转, 乌江继续保持良好状态。长江水质类别为Ⅱ类的断面比例上升了 41.2 个百分点, 为Ⅳ类水质的比例下降了 5.9 个百分点。1996 年以来, 长江、嘉陵江水质总体趋于改善, 水质出现超标的项目有所减少, 挥发酚、生化需氧量、亚硝酸盐氮等项目达标。但乌江出现超标的项目略有增加。三江检测断面水质为Ⅱ类和Ⅲ类的比例比 1996 年上升了 16 个百分点。次级河流水质较差。在全市 66 条主要次级河流 170 个检测断面中, 属于Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类水质断面分别占 1.8%、29.4%、22.3%, Ⅳ类、Ⅴ类和劣Ⅴ类水质断面分别占 22.9%、11.8% 和 11.8%。其中, 优于水域功能要求的占 25.9%, 达到水域功能要求的占 27.1%, 不满足水域功能要求的占 47%, 与 2000 年相比, 不满足水域功能要求的比例下降了 16.1 个百分点。

2002 年, 三江重庆段 25 个检测断面水质总体稳定在 2~3 类水平, 水质较好; 次级河流污染仍较重, 水质较差。与 2001 年相比, 长江、嘉陵江水质有所好转, 次级河流水质略有下降, 未满足水域功能要求的占 53%, 比 2001 年上升了 8 个百分点^[2, 4, 6, 25]。

1.1.3 贵阳市水体质量变化

南明河是贵阳市的主要地表水体。1991~1996 年的检测结果表明, 水质污染呈明显加重趋势。1991 年溶解氧平均值为 mg/l 达到Ⅱ类标准。1996 年仅为 333 mg/l 降为Ⅳ类; 化学需氧量和五日生化需氧量(COD₅)也分别由 1992 年的 6.34 mg/L 和 2.54 mg/L (Ⅰ类)增至 1996 年的 9.32 mg/L (Ⅴ类)和 5.64 mg/L (Ⅳ类), 污染物浓度明显升高, 水质恶化非常严重^[25]。因此, 城市地表水体严重污染。

1950 年代曾为饮用水源的南明河, 1990 年代中期接纳了全市 72% 的工业废水及 70% 的生活污水, 使穿城河段水体受到严重污染, 如水口寺断面的 TP、COD₅、非离子氨、大肠菌群严重超标, 水质在Ⅳ类标准以下, 南明河中鱼虾绝迹, 地下水水质恶化, 并已随贵阳城市地域拓展而形成三个含污带: 贵阳城中心喀斯特盆地综合污染带(位于地下水排泄区的富水盆地, 受工业废水和生活污水的巨量排放, 造成这一封闭区域地表和地体的强烈污染, 污染类型以有机物污染为主)、白云岩溶丘原氟污染带(位于宽缓分水岭附近,

是喀斯特漏斗、洼地比较发育的地下水补给区,因受炼铝工业影响,使这一带水体受氟污染严重,成为贵州省氟骨病流行区之一)、以及侵蚀剥蚀采矿污染带(分布在贵阳目前主要饮用水源——阿哈水库上游,受采煤及矿坑废水排放的影响。水体中的 Mn 、 Fe 、 Pb 有毒氰化物含量逐年增高, COD 和氨态氮也都超标)。而且,因城市发展过量抽取地下水而使地下水位下降。据统计,全市开凿机井 184 眼,日采地下水 7×10^4 t 以上(城区 63 744 t/d),在城西北部的主桥片区,因开采过量,近年来地下水位已普遍下降 3~27 m,直接导致城市可利用水资源的短缺。人口和各种城市职能在城市内的聚集使城市用水量日增,而贵阳地处长江和珠江两大流域分水岭地带,境内河流短细,过境客水不多,人年均水资源不足 $800 m^3$,加上相当部分地表和地下水受污染,致使水资源有效供给不足,目前日均缺水在 $10 \times 10^4 \sim 15 \times 10^4$ t 供需缺口达 20% 以上。^[21-23]

2000 年,贵阳市地表水质已有了较大改善,在一定程度上增加了城市潜在的可利用水量,地表水达标率为 94.44%。其中,南明河城区段水质基本达到国家规定的功能区标准,但其主要支流(除小车河上游水质较好)水质污染严重,均超过国家规定五类水体标准,属于严重污染水体。2001 年贵阳市城市地表水达标率基本上与 2000 年持平。2002 年贵阳市地表水质达标率为 94.44%,南明河水质好于上年,其中花溪河段水质综合污染指数下降 1.3%,水口寺和普渡桥水质综合污染指数分别下降了 24.4% 和 24%,均达到国家规定的功能区标准。贵阳市 2002 年的废水排放总量 $16\,566.8 \times 10^4$ t 较上年增加 1.43%,其中工业废水 $6\,131.2 \times 10^4$ t 占排放总量的 37.01%,生活污水排放量占总排放量的 62.99%。城市地表水质量总体恶化。南明河水质标准由二三类下降到现在的四类以下,水体污染严重。^[24-6]

1.2 西北地区水体质量变化

1.2.1 1995~2003 年水体质量变化

流经玛曲大草原的黄河清澈见底。流经刘家峡、盐锅峡、八盘峡后,该地域的水文监测站长期监测的结果表明,黄河水质一直保持在二类以上,沿河居民的饮用和灌溉都是直接取用于黄河,黄河也是人们休闲纳凉的好去处^[26]。但是,自此以后,黄河的污染就开始加重。

1995~2003 年间,黄河水系水体污染略有加重的趋势,水体总体状况不容乐观,特别在一些资源型及工业型的河谷型城市,水体污染更加严重。如宝鸡市的渭河水域,1995~2002 年间一般都处于重污染水平;石嘴山市的黄河水体也大都处在重污染和中污染水平之间。2002 年泾河为四类和劣五类水质,平镇桥和拦洪坝化学需氧量污染严重。污染综合指数由 2001 年的 1.36 上升为 2002 年的 1.57,水质有所下降^[23,10]。

2002 年的评价结果表明,我国西北地区河谷型城市中渭河(宝鸡段、天水段)、延河(延安段)、湟水(西宁段)水质较差,黄河次之(兰州段)。例如,西宁市地表水污染指数新宁桥为 0.925,报社桥为 6.88,朝阳桥为 4.34,沙塘川桥为 0.71[地表水污染指数等于各项(污染物含量-国家三级标准)/三级标准的累加值]^[27]。天水市 2000 年渭河水质监测结果统计表明:渭河天水段超标项目占监测项目的 52%。总磷污染在 5 a 中跃居首位,桦林、北道桥、伯阳、葡萄园四个断面年平均值全部超标。全河段达标率仅占 19%,反映了总磷的污染非常严重。有机类污染也较为普遍。除石油类在各断面无超标外,全河段化学需氧量、高锰酸盐指数、生化需氧量、挥发酚、非离子氨超标率分别为 49%、53%、3%、23%、15%。粪大肠菌的污染也不容忽视,全河段超标率占 22%,北道桥断面超标率占 50%。受上游陇西县工业废水的影响,桦林断面氯化物超标率 92%。金属类的污染相对较轻,无超标项目出现,表明金属类的污染得到有效控制。由于总磷达标率低的影响,水质均为劣五类。天水市 2000 年共排放废水 $2\,035.9 \times 10^4$ t 其中工业废水 779.9×10^4 t 城镇生活污水 $1\,256 \times 10^4$ t 工业废水排放量占全市废水排放总量的 38.3%,生活污水占 61.7%^[28]。

2003 年,黄河水系总体水质较差,支流污染普遍严重。按照综合污染指数比较,2003 年 7 大水系污染程度由重到轻为:海河、辽河、黄河、淮河、松花江、长江、珠江。与 2002 年比,黄河支流污染加重。2003 年,黄河水系总体水质属中度污染,44 个国控监测断面中,劣五类水体占 38.7%。干流 22 个断面中二三类水质占 31.8%,四五类占 54.6%,劣五类占 13.6%,干流水质好于支流^[2](表 3 表 4 表 5)。

表 3 1995~ 2003 年中国西部河谷型城市黄河水体质量^[2- 25]

Table 3 Water quality of Yellow River of the valley-city in the west of China during 1995~ 2003^[2- 25]

河流	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
渭河宝鸡段	5	5	5		5	6	6	6	4
黄河石嘴山段	4	4	4	5	4	4	4	4	5
渭河天水段	3	3	3	3	4		3	6	6
黄河白银段				5	5	3	4	4	6
乌鲁木齐市乌鲁木齐河	3	4	4						4
泾河平凉段								5	5

注: 数字 1、2 分别代表一二类水质; 3 代表轻度污染; 4 代表中度污染; 5 代表重污染, 为五类水质; 6 代表严重污染, 为劣五类水质。

Note: the number “1” represents the water quality of the first kind, and the number “2” represents the water quality of the second kind, the number “3” represents the light pollution, the number “4” represents the middle pollution, the number “5” represents the heavy pollution, they are the five kinds of water quality. The number “6” represents the serious pollution, and is the inferior five kinds of water quality.

表 4 黄河水系水质类别^[2]

Table 4 Catalog of water quality in Yellow River^[2]

地区名称	断面名称	年	溶解氧	高锰酸盐指数	五日生化需氧量	氨氮	石油类	挥发酚	汞	铅	年度(综合评价)
黄河	兰州	扶河桥	2001	2			6			3	6
			2002	2		2					2
			2003	2		2					2
		什川桥	2001	2		2	6	4		3	6
			2002	2		3		3			3
			2003	2		3		3			3
	白银	青城桥	2001	2		2	6			3	6
			2002	2		3				6	6
			2003	2		3				6	6
		五佛寺	2001	2		2					2
			2002	2		3				3	3
			2003	2		3				3	3
	白银	中卫下河沿	2002	2		2	4	3			4
			2003	2		2	4	3			4
	石嘴山	陶乐渡口	2001	3	3	4	4	4		3	4
			2002	2	3	4	4	5		3	5
			2003	2	3	4	4	5		3	5
		宁钢浮桥	2002	2	3	4	4	4		3	4
			2003	2	3	4	4	4		3	4
渭河	宝鸡	卧龙寺桥	2001	/	4	6	4				6
			2002	2	4	4	3	3			4
			2003	2	4	4	3	3			4
	天水	桦林	2002	2	2	2					2
			2003	2	2	2					2
		葡萄园	2001	3	3	4	6				6
			2002	2		3					3
			2003	2		3					3
湟水	西宁	扎马隆	2001	3		2					3
			2002	3	4	2					4
			2003	3	4	2					4
		小峡口	2001	4	4	6		3			6
			2002	2	3	6		3	4		6
			2003	2	3	6		3	4		6

注: 数字 1、2 分别代表一二类水质; 3 代表轻度污染; 4 代表中度污染; 5 代表重污染, 为五类水质; 6 代表严重污染, 为劣五类水质。

Note: the number “1” represents the water quality of the first kind, and the number “2” represents the water quality of the second kind, the number “3” represents the light pollution, the number “4” represents the middle pollution, the number “5” represents the heavy pollution, they are the five kinds of water quality. The number “6” represents the serious pollution, and is the inferior five kinds of water quality.

表 5 乌鲁木齐河和拉萨河水质^[2]
Table 5 Water quality of Urumchi River and Lhasa River^[2]

地区名称	断面名称	年	溶解氧	高锰酸盐指数	五日生化需氧量	氨氮	石油类	挥发酚	汞	铅	年度(综合评价)
乌鲁木齐	跃进桥	2002									1
		2003	2								2
	英雄桥	2002									2
		2003									1
	高家户桥	2002									4
		2003		2	3	3	4				4
拉萨	达孜	2002									2
		2003				2					2
	卡林	2002									2
		2003				2					2

注: 数字 1、2 分别代表一二类水质; 3 代表轻污染; 4 代表中度污染; 5 代表重污染; 为五类水质; 6 代表严重污染, 为劣五类水质。

Note the number “1” represents the water quality of the first kind and the number “2” represents the water quality of the second kind the number “3” represents the light pollution the number “4” represents the middle pollution the number “5” represents the heavy pollution they are the five kinds of water quality. The number “6” represents the serious pollution and is the inferior five kinds of water quality.

1.2.2 兰州黄河段水体质量变化

兰州市地表水质指黄河兰州段的水质状况。兰州市随着兰州炼油厂、兰化公司化肥厂、橡胶厂等企业的建立, 工业废水开始增多。兰州市的工业企业大部分分布在黄河流域的干支流两岸, 导致黄河水污染十分严重, 加上近年来生活污水排放量的不断增加, 水污染十分严重。

1960年代末, 兰州市企业日排入黄河的废水约有 53×10^4 t; 其中有害物质达 10 多种。1971 年第一次对黄河兰州段的水体检测发现: 酚在河口、中山桥分别超标 2 倍和 50~141 倍, 氰化物在中山桥段面超标 6 倍, 总铬在包兰桥和排子湾段面超标 4 倍, 油超标几十到几百倍, 受到了十分严重的污染, 污染源主要是来自工业生产排放的废水。1972~1980 年, 对黄河兰州段水质检测发现, 各种污染物的含量都严重超标^[16]。兰州市每年工业废水排放量总体来说呈上升的趋势, 且一般都排入黄河, 这就直接导致了黄河水体的污染。对兰州市 1981~1992 年黄河水体主要污染物检测表明, 其污染物质大都处于超标状态, 如 1985 年的大肠菌群的年平均值为 417 400 个/L, 超标 40.7 倍, 以及化学耗氧量年平均值为 6.30 mg/L 超标 0.57 倍。1981~1985 年黄河水质污染综合指数逐年下降。1981~1983 年的 3α 中为中度污染, 1984 年和 1985 年为轻污染。在 1986~1990 年期间, 黄河水质恶化现象又有所回升, 特别在 1998 年丰水期间, 黄河水质呈现重污染状态。^[16]

“九五”期间检测结果表明, 24 项检测指标污染

负荷系数比较, 其主要污染物有大肠菌群、挥发酚、化学需氧量、pH、石油类等。表明此期间黄河兰州段地表水总体污染水平呈明显下降趋势, 而“八五”期间变化趋势不明显。在黄河 10 项主要污染物中, “九五”期间有 3 项指标平均值比“八五”期间有所下降, 两项指标略有上升, 其余基本保持稳定。废水中主要污染物是酚、COD、石油类。2001 年兰州市工业废水排放量为 $6\,365.46 \times 10^4$ t 比 2000 年 $8\,734 \times 10^4$ t 减少了 27.12%, 废水达标率逐年增加, 直接导致了工业废水排放总量的连年减少, 2001 年废水达标率已经达到了 84.83%^[10]。但是地下水已受到不同程度的污染^[31]。黄河兰州段主要污染物有逐年降低的趋势, 其中大肠菌是影响黄河兰州段的主要污染物, 也从 1998 年的 57.13 万个/L 下降到 2001 年的 34.18 万个/L, 下降了 60%, 但是其超标量仍然很高。2002 年黄河兰州段水域功能区水质达标率为 100%, 主要指标 pH 值、氨氮、化学需氧量、石油类均达到国家相应的地表水质量标准, 地表水体质量明显好转^[29, 30]。而且, 通过对比兰州市“八五”和“九五”地下水质发现, 期末污染水质上升了 14.4 个百分点, 重污染水质下降了 8.2 个百分点, 地下水质有较大提高^[31]。但是, 根据环保部门统计, 黄河兰州沿岸共有直径 1 m 的污水管 25 根, 每天将上万吨的污水排进黄河, 黄河甘肃段共有 74 个排污口, 80% 以上的污水仍然超标。

1.2.3 黄河白银段水体质量

大肠杆菌以黄河白银段为最高, 1987 年和 1988 年, 都在 170×10^4 个/L 以上^[32]。根据兰州晨报(记

者张其文) 2004- 07- 14 的报道, 自 1990 年代中期开始, 黄河白银段污染严重, 绝大部分年属于劣五类水质, 如在 2001~ 2003 年期间, 全部是严重污染^[2]。黄河白银段主要有东大沟、西大沟、月河和三滩沙河等 4 个大的排污口。东大沟主要是白银公司有色金属冶炼和小有色金属冶炼和小硫酸厂含重金属的酸性废水的排污口, 年排放废水 $2\,000 \times 10^4$ t; 排放废水污染物 $> 2\,900$ t 是白银黄河段最大的排污口。西大沟主要排放的是白银市西城区的生活废水, 从此流进黄河的污水呈现浑浊的深黄色, 并散发出难闻的味道。据环保人员介绍, 由于此口是白银公司冶炼厂、动力厂和一些小硫酸厂的废水排放口, 沟内水体颜色四季多变, 甚至黑色。在白银公司冶炼厂的酸性总排水口, 排出的废水刺鼻难闻, 几乎让人窒息。仅 2003 年, 流进黄河白银段的各种废水排放量达 $> 3\,100 \times 10^4$ t; 其中工业废水排放量 $> 1\,800 \times 10^4$ t; 生活污水排放量 $> 1\,300 \times 10^4$ t; 排放污染物 $> 1\,200 \times 10^4$ t。而且, 在大峡水电厂大坝前可看到, 坝前漂浮着大片腐臭动物尸体, 河水中弥漫出浓浓的腥臭味。更让人触目惊心的是每年从上游漂下来的尸体竟然达到百余具, 尸体的腐臭让人几乎无法靠

近河岸。而且, 每天从坝前打捞上来的各种垃圾多达 10 t; 河面污染触目惊心。2005- 03- 26 根据黄河上游水资源环境监测中心对东大沟流淌的白银公司排放污水的检测结果是: pH 值呈强酸性, 氨氮超过排放标准的 2.55 倍。重金属总铜超过最高排放浓度的 7.44 倍, 总铅超过排放标准的 0.32 倍, 剧毒的砷化物超标 14.8 倍^[26]。白银公司是我国“一五”期间建设的 156 个重点企业之一, 同时也是黄河白银段的污染大户, 每年向黄河排放 120×10^4 t 污水^[26]。

1.2.4 西宁市湟水河水体质量变化

西宁 1996~ 2000 年湟水水体污有染物检测结果 (表 6) 表明: 湟水水体比“八五”期间所好转, 但还有一些主要污染物不同程度的超标。从检测的 11 个断面来看, 七一桥综合污染指数为 3.75 属于重污染, 报社桥、三其桥、沙塘川、朝阳桥和小峡口属于中污染, 扎马隆属于微污染, 其余断面属于轻污染, 地表水体质量总体仍不容乐观。2001~ 2003 年, 流出西宁的湟水水质属于劣五类水质, 受到了严重的污染^[9]。

表 6 西宁市 1996~ 2000 年湟河水质主要污染物浓度表^[9]

括数	五日生化需氧量	挥发酚	石油类	氨氮	高锰酸盐指数
5 a 均值 (mg/L)	8.0	0.007	0.062	1.678	6.4
超标倍数	1	0.4	0.2	0.68	0.1
样品超标率 (%)	51.7	35.1	27.5	36.5	33.0

1.2.5 宝鸡市水体质量变化

宝鸡市区 1971~ 1979 年的废水每年约排放 $4\,300 \times 10^4$ t; 基本上都是未经处理直接外排。1971~ 1979 年, 在渭河、清姜河、金陵河沿岸 36 处污水排放口检测发现, 渭河宝鸡段已受到酚、氰、砷、汞的中度污染, 其中酚的含量卧龙寺断面比宝鸡峡断面高 582 倍, 氰化物含量十里铺断面比宝鸡峡断面高 13 倍, 铬含量高 21 倍。1979 年检测卧龙寺断面, 耗氧量最高超标 10 倍, 酚超标 11.4 倍, 砷超标 1.2 倍。枯水期污染更重, 3 条河中的水生物自 1970 年以来不断减少, 至 1980 年市区段已绝迹。污染使河水颜色变黑变臭, 尤其是金陵河的底泥也变成深色。1973~ 1978 年对宝鸡市地下水检测发现, 自来水末梢水中氟化物各点平均浓度全部超标, 酚、汞、六价铬、镉、铁也超标, 细菌总数最高检出超标 19.8 倍, 大肠杆菌指数最高超标 75 倍。^[17]以后, 城市废水随

着工业的发展, 逐年增加。工业及生活产生的废水一般直接排入渭河, 少部分排入其支流清姜河和金陵河, 对河水造成了很大的污染。根据 1985 年的统计, 宝鸡市渭河水系、嘉陵江水系和汉江水系共接纳 304 个工业企业排放的废水, 其等表污染负荷比为 85.41%, 其中渭河干流和嘉陵江干流共接纳 16 家企业的废水, 等表污染负荷比为 89.94%。^[17]据 1986~ 1990 年对渭河各断面检测发现, 悬浮物超标率达 82.3%, 有机物超标 19%, 各污染物按污染次序由大到小的顺序依次是: 高锰酸盐 > 氨氮 > 亚硝酸盐 > 五日生化需氧量 > 挥发酚。金陵河综合污染指数均超过国家二三级地面水标准^[17]。1995~ 2003 年, 宝鸡渭河水质基本属于中度污染及其以上水平, 情况依然不容乐观^[25, 17]。

1.2.6 内陆河水体质量

乌鲁木齐河、头屯河水质较好, 只有轻度污染,

有些河段经过恢复后已经变为一级清洁水。三屯河、玛纳斯河水质有下降迹象。其中玛纳斯河已属三级污染。奎屯河上游主要受到牧业活动的影响,水质基本上接近三级污染水。水磨河则是新疆污染最重的一条河流,沿岸有纺织、机械、造纸、发电、化工、制革等 20 多家工矿企业单位,每年向河中排放 817.63×10^4 t 废水,其中含 $\text{COD}_{\text{Cr}} 3808.14$ t, $\text{BOD} 51172.71$ t, 氨氮 22.2 t 和一定数量挥发酚、氰化物、六价铬等有毒物质,该河径流量小,自净能力差,以泉水补给为主,现已成为一条浑浊、发臭的污水河。1986 年以后 4 a 竟为五级重污染水。一些县城污染较轻。乌鲁木齐在地下水超量开采的同时,又有大量工业废水和生活污水下渗,地下水已经受到污染,水质属三级轻污染水^[32]。2001~2003 年(见表 4 表 5),大致与 1995~1997 的水质相同,乌鲁木齐河水水质受到了中度污染,仍然需要大力整治^[2]。

2 水体污染的发展阶段

2.1 人均 GDP 与污染物排放量关系分析

图 1 显示,中国西部河谷型城市 2002 年的工业废水排放量、城镇生活污水排放量分别随着不同城市的人均 GDP 的增加基本呈现缓慢上升的态势,而

人均生活用水量、单位 GDP 工业废水排放量却分别随着不同城市 2002 年人均 GDP 的增加基本呈现先上升、后下降的倒“U”型趋势。但是,各指标却没有显著的正相关或者负相关。

2.2 GDP 与污染物排放量关系分析

图 2 显示,中国西部河谷型城市 2002 年的 GDP 与城镇生活污水氮氮排放量、工业总产值与工业废水排放量都呈现先上升、后下降的倒“U”型规律。而随着人均 GDP 的增加,城市工业用水量的呈现缓慢上升态势。同时,随着 GDP 的增加,城镇生活污水排放量增加较为迅速。但是,各指标却没有显著的正相关或者负相关。

2.3 兰州市水污染发展阶段分析

近 15 年来的资料表明,随着兰州市人均 GDP 的变化,兰州市工业废水排放量呈先上升后下降趋势,呈现比较明显的“倒 U”字型规律(图 3)。兰州市在人均 GDP 低于 4 000 元人民币时,工业废水排放量处于上升状态;在人均 GDP 处于 4 000~8 000 元人民币之间时,工业废水排放量比较稳定,处于波峰值;当人均 GDP 高于 8 000 元时,工业废水排放量开始逐渐下降。而国外工业用水与工业废水排放量随人均 GDP 变化下降拐点较兰州市靠后,这与兰州市加强工业污水治理,工业工艺和工业用水重复率的逐年提高等因素有关。

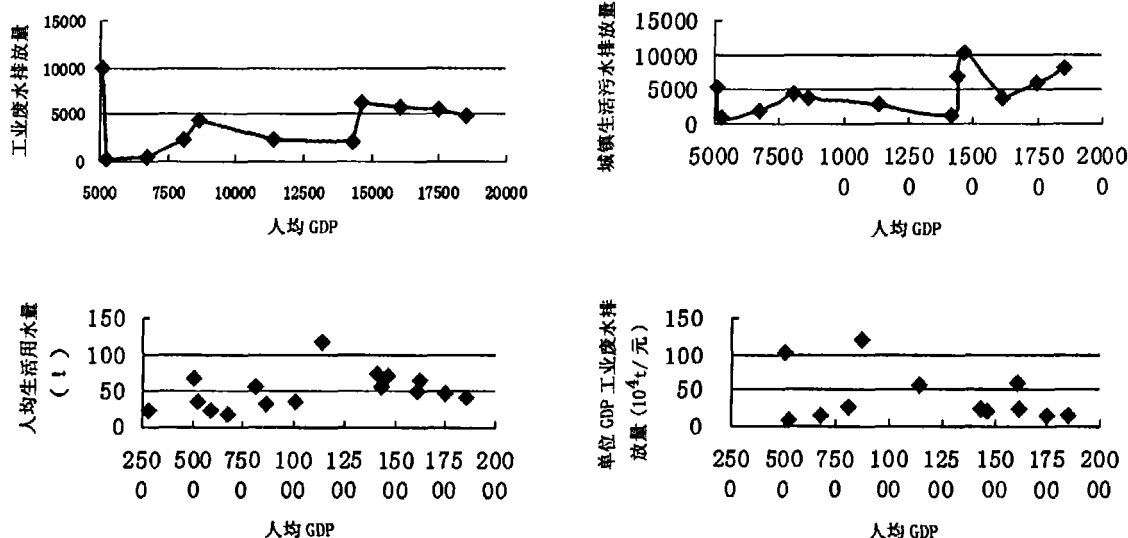
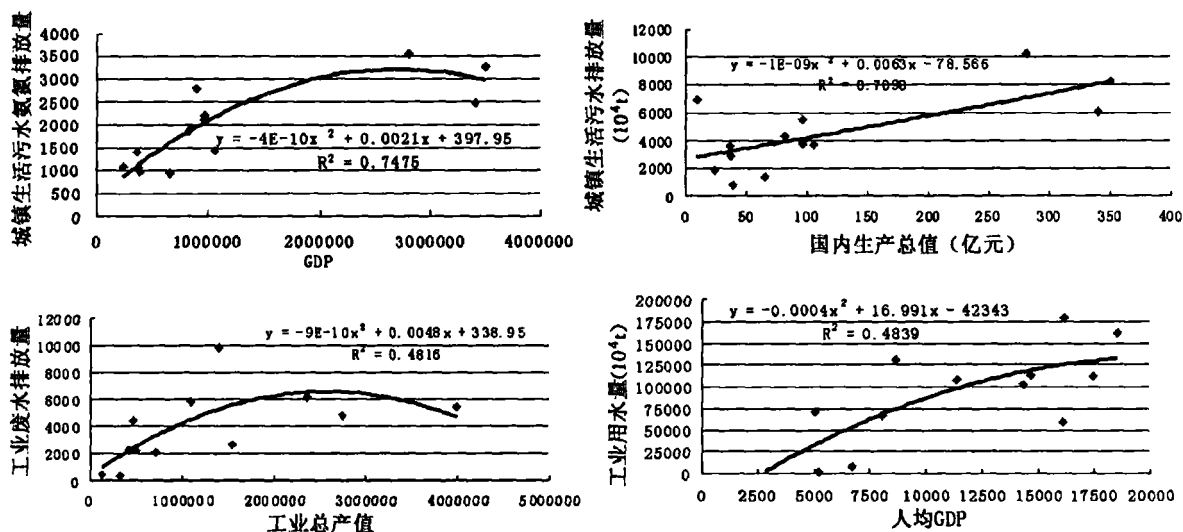
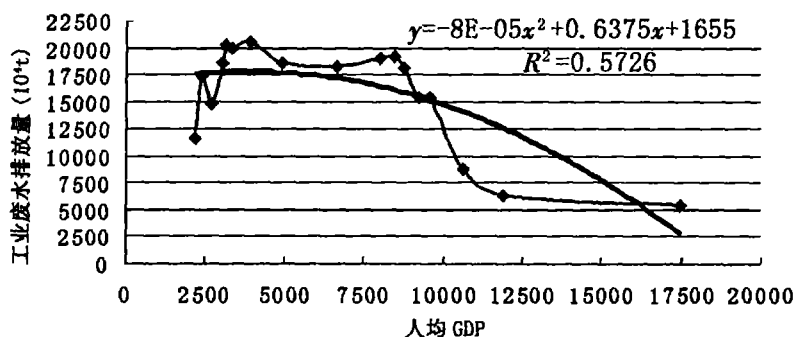


图 1 中国西部部分河谷型城市人均 GDP 与各用水指标关系图^[2 33]

Fig 1 Relationship between GDP per capita and index of water use of the part valley- cities in the west of China^[2 33]

图 2 中国西部部分河谷型城市各指标关系图^[2 33]Fig 2 Relationship to indexes of the part valley-cities in the west of China^[2 33]图 3 兰州市历年人均 GDP 与工业废水排放量关系图^[2 10 16 24 33-35]Fig 3 Relationship between GDP per capita and the drain quantity of industrial discharge water in Lanzhou city during the past years^[2 10 16 24 33-35]

3 水体污染机制分析

3.1 一般原理

河谷型城市的水体污染水平可用下式表达:

城市水环境污染水平 = [(本地水污染物产生量 - 本地水污染物治理量) + (上游滞留量 - 下游携带量)] / 城市水环境容量

由于城市所处地域河流常年平均的水体的环境容量相对稳定。因此, 中国西部河谷型城市水体污染水平实际上不但与本地污染物的产生量与治理量有关, 而且与上游水污染物滞留量、向下游的携带能力有关, 这涉及到流域统一治理、协调管理的问题。水污染物产生量与产业结构、产业的技术水平、生产

总量、能源结构、生活消费总量等因素有关, 而水污染物处理量与是否拥有治理的技术、经济能力、治理的意愿、管理的水平等因素有关^[36]。

3.2 污染较为严重的产业链

图 4 显示, 中国西部河谷型城市工业污染物工业增加值废水排放强度 2003 年与 2002 年相比, 各城市有较大幅度降低, 大致在 30% ~ 50%, 石嘴山降低了 3/4 左右。重庆、泸州、宜宾、宝鸡等城市的工业增加值废水排放强度高于国控城市 (国家重点环境监控城市, 共 151 个, 下文同) 平均值, 其余城市 (部分城市是 2003 年指标) 均低于国控城市平均值。其中, 泸州工业增加值废水排放强度是国控城市平均值的 4 倍多。

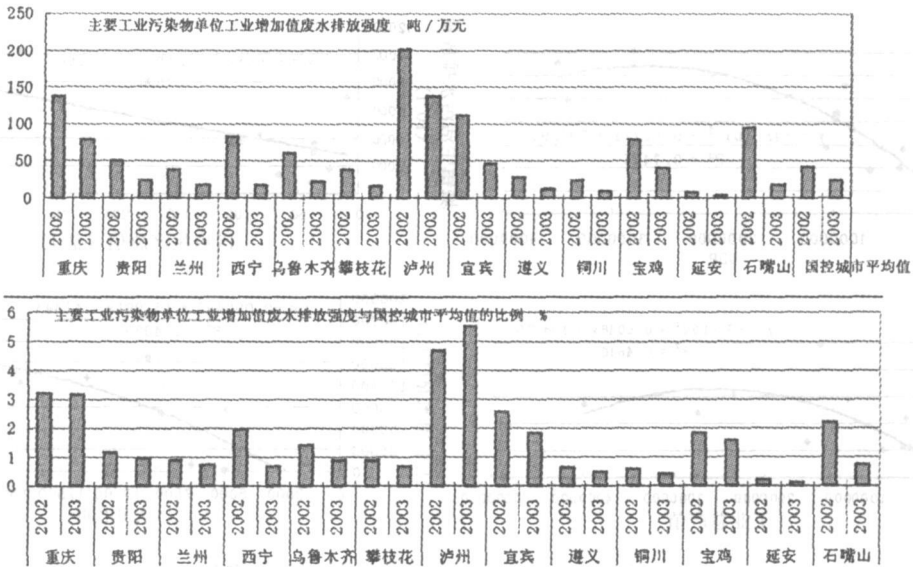


图 4 中国西部河谷型城市主要工业污染物单位工业增加值废水排放强度及其与国控城市平均值比例^[2]

Fig 4 Drain intensity of discharge water per industrial gain of main industry contaminations and the proportion of the national control average of city and the drain intensity in valley- cities of the west of China^[2]

图 5表明, 中国西部河谷型城市工业增加值化学需氧量排放强度 2003 年与 2002 年相比有较大幅度降低, 大致在 40% ~ 200%。其中, 石嘴山降低了 500% 左右。除重庆、泸州、宜宾、宝鸡、石嘴山等城市的工业增加值化学需氧量排放强度高于国控城市平均值外 (大约是 2~ 7 倍), 其余城市 (部分城市是 2003 年指标) 均低于国控城市平均值。其中, 宜宾市的工业增加值化学需氧量排放强度是国控城市平均值的 4 倍以上。

图 6表明, 中国西部河谷型城市工业增加值氨氮排放强度 2003 年与 2002 年相比, 各城市有不同幅度的降低, 大致在 20% ~ 30%。除重庆、泸州、宜宾、遵义、石嘴山、乌鲁木齐、攀枝花等城市的工业增加值氨氮排放强度高于国控城市平均值外 (大约是 1~ 16 倍), 其余城市 (部分城市是 2003 年指标) 均低于国控城市平均值。其中, 石嘴山工业增加值氨氮排放强度是国控城市平均值的 11 倍以上。

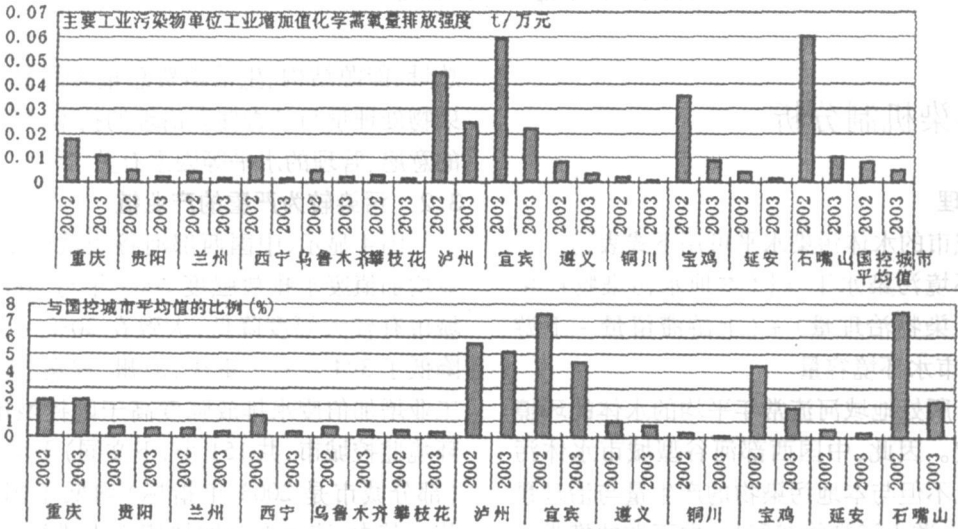


图 5 中国西部河谷型城市主要工业污染物单位工业增加值化学需氧量排放强度及其与国控城市平均值比例^[2]

Fig 5 Drain intensity of needed chemistry oxygen per industrial gain of main industry contaminations and the proportion of the national control average of city and the drain intensity in valley- cities of the west of China^[2]

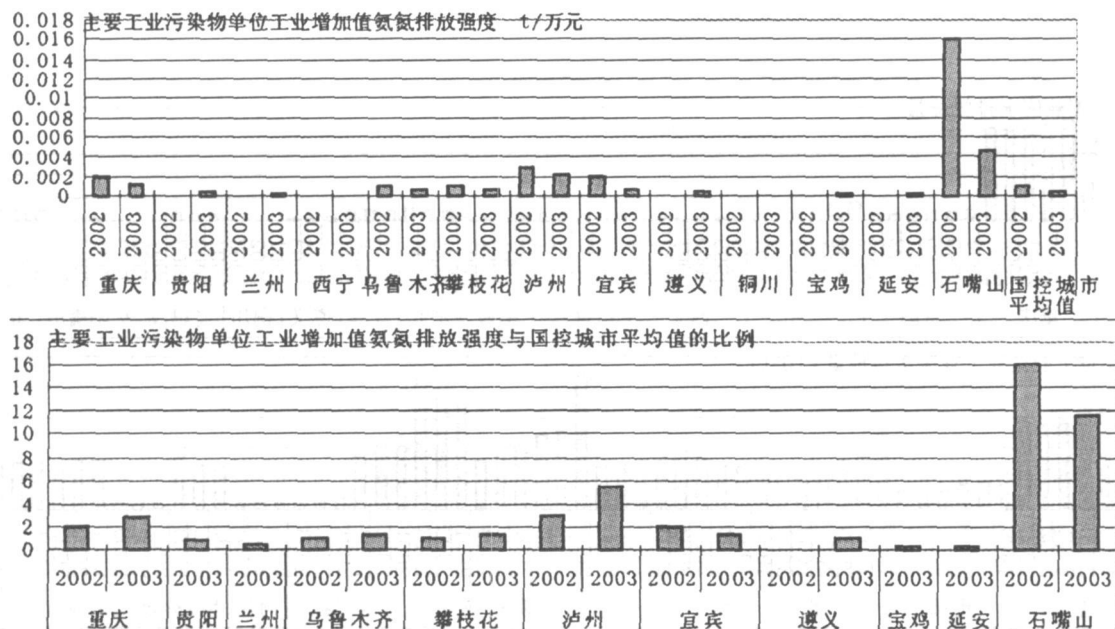


图 6 中国西部河谷型城市主要工业污染物单位工业增加值氨氮排放强度及其与国控城市平均值比例^[2]

Fig 6 Drain intensity of ammonia and nitrogen per industrial gain of main industry contaminations and the proportion of the national control average of city and the drain intensity in valley-cities of the west of China^[2]

3.3 水污染物的治理与排放

3.3.1 废水排放与治理

图 7 显示, 1992~2002 年期间, 除重庆市工业废水排放量最大和自 1998 年开始增长幅度较大外, 其它中国西部河谷型城市工业废水排放量总体上呈缓慢下降趋势。

图 8 显示, 1985~2001 年期间, 兰州市的废水排放达到峰值后逐渐减少, 即从 1999 年最高的 $15\,354 \times 10^4$ t 减少到 2001 年的 $6\,365 \times 10^4$ t, 在 113 个国控城市中排第 65 位。随着经济的发展和人口的增长, 生活废水排放量也在逐渐增大。2000 年生活污水排放量为 $5\,694 \times 10^4$ t 而 2001 年生活污水排放量增加到 $5\,831 \times 10^4$ t 已接近工业废水的排放量了。不久的将来, 生活污水排放量将可能超过工业废水的排放量。

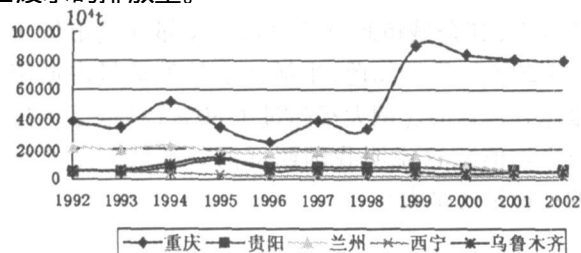


图 7 中国西部部分河谷型城市工业废水排放量^[2]

Fig 7 The drain quantity of industrial discharge water

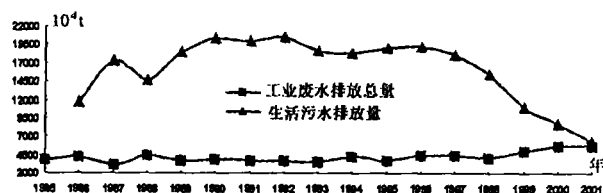


图 8 兰州市工业、生活污水排放量变化^[1, 2, 10, 16]

Fig 8 Change of the drain quantity of industrial and living discharge water in Lanzhou city^[1, 2, 10, 16]

图 9 显示, 2001~2003 年期间, 中国西部河谷型城市工业废水排放量除重庆市大约是国控城市平均值的 8 倍左右, 贵阳、兰州、泸州、宜宾、宝鸡等与国控城市平均值大致相当外, 西宁、乌鲁木齐、遵义、铜川、延安、石嘴山等城市的工业废水排放量均显著小于国控城市平均值。达标排放量也大致遵循上述规律。从废水处理达标率角度分析, 重庆、兰州、西宁、攀枝花、铜川、宝鸡等城市与国控城市平均值相当, 其余城市大致低于国控城市平均值 10~50 个百分点。而且, 重庆、乌鲁木齐、兰州、攀枝花、泸州、宜宾等城市的单位工业企业的废水排放量均不同程度高于国控城市平均值。

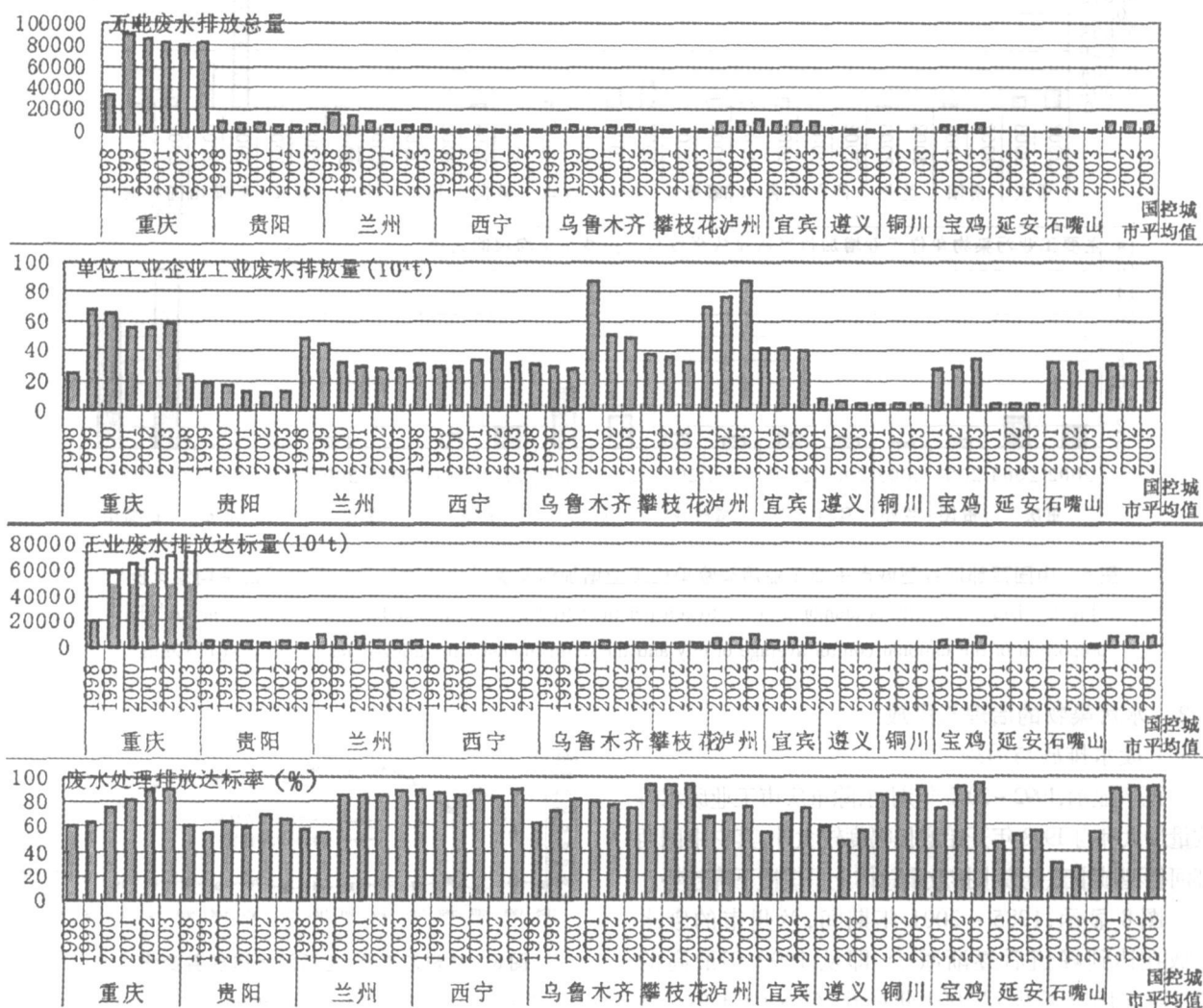


图 9 中国西部河谷型城市工业废水排放与治理情况^[2]

Fig 9 Drain and settlement of industrial discharge water of the valley-city in the west of China^[2]

图 10 显示, 随着城市规模的增大, 2001~2003 年的城市生活污水排放量也相应扩大。在分析的 12 个河谷型城市中, 只有重庆、泸州、宜宾、宝鸡和六盘水等城市的工业废水排放量超过生活污水排放量, 其余城市生活污水排放量都高于工业废水排放量, 生活污水已成为城市水体污染的主要污染源。重庆的城市生活污水排放量大约是国控城市平均值 5 倍左右。贵阳、兰州、乌鲁木齐大致与国控城市平

均值相当, 其余城市则小于国控城市平均值。

城市生活污水的处理率仅乌鲁木齐达到了 60% 以上, 其余城市均低于 30%, 大部分城市低于 10%~20%。尽管如此, 生活污水的处理量占城市污水总处理量的比例大都超过了 80% (稍低于国控城市平均值), 这说明我国西部河谷型城市工业污水的处理量还是太小。

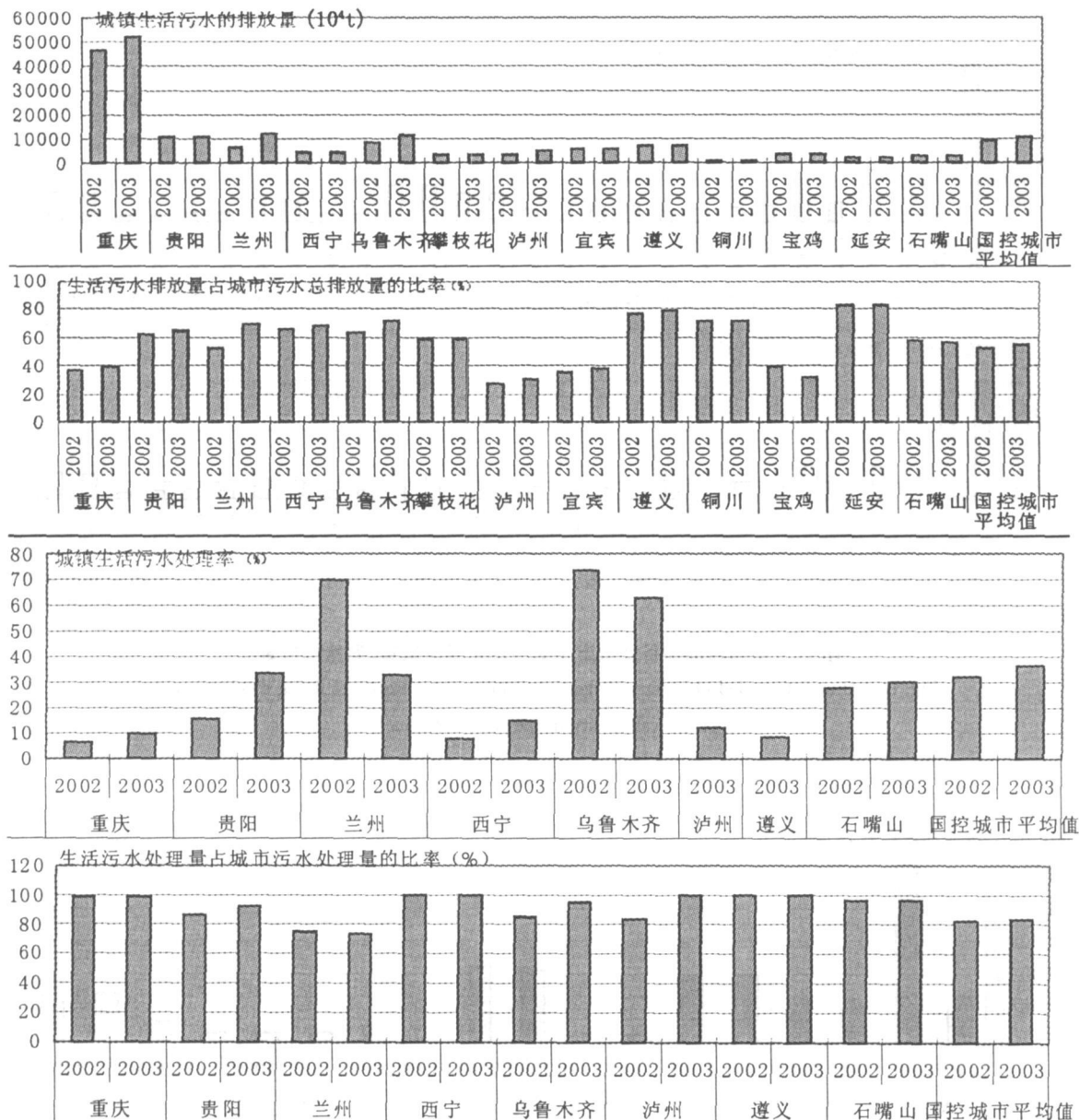
图 10 中国西部河谷型城市生活污水排放^[2]Fig 10 Drain of living discharge water of the valley-city in the west of China^[2]

图 11 显示, 贵阳、遵义等西部河谷型城市生活污水的化学需氧量排放量超过了国控城市平均值, 其余城市则低于国控城市平均值。重庆、贵阳、兰州、乌鲁木齐、遵义等城市生活污水的氨氮排放量超过了国控城市平均值, 其余城市低于国控城市平均值。

从污水处理能力的角度分析 (图 12), 只有重庆

(2003 年)、兰州、乌鲁木齐等特大城市的污水处理能力大于国控城市平均值, 其余城市则显著低于国控城市平均值, 处理能力严重不足。尽管如此, 污水处理量占处理能力的比例低于 35% (国控城市平均值大约是 35%), 出现了有处理设备不使用的值得注意的现象。

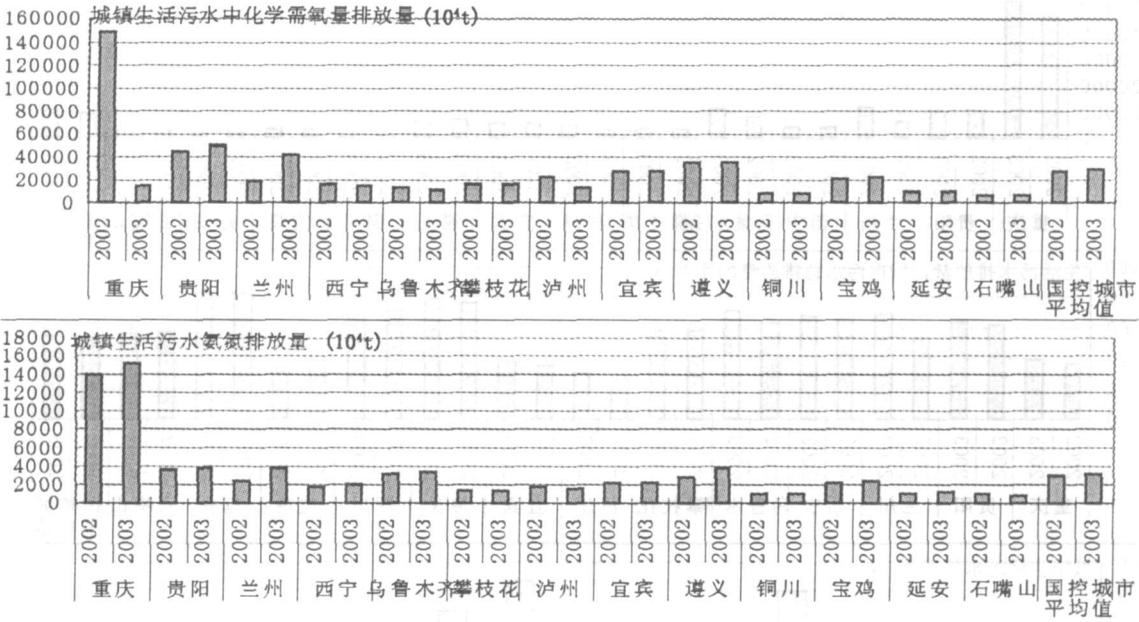


图 11 中国西部河谷型城市生活污水化学需氧量、氨氮排放量^[2]

Fig 11 Drain of needed chemistry oxygen ammonia and nitrogen of living discharge water of the valley-city in the west of China^[2]

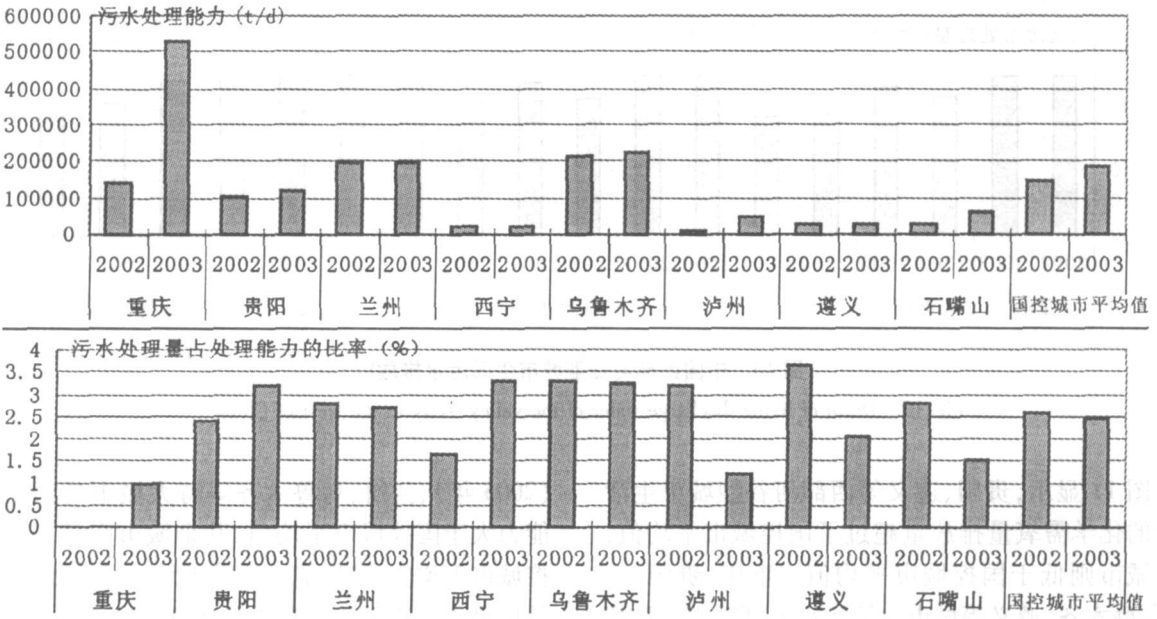


图 12 中国西部河谷型城市污水处理能力^[2]

Fig 12 Settlement ability of discharge water of the valley-city in the west of China^[2]

3.3.2 各污染物的排放与治理

图 13 显示, 重庆、乌鲁木齐 (2003) 汞的排放量超过了国控城市平均值的 2~6 倍, 西宁、乌鲁木齐 (2001~2002 年) 镉的排放量超过了国控城市平均值的 3.5~6 倍, 重庆 6 价格的排放量超过了国控城市

平均值的 6~8 倍左右, 西宁 (2003 年)、宝鸡 (铅) 的排放量超过了国控城市平均值的 0.2~6 倍, 重庆、乌鲁木齐、宝鸡、石嘴山砷的排放量超过了国控城市平均值的 0.1~8 倍。其余西部河谷型城市各指标的排放量均接近或小于国控城市相应指标的平均值。

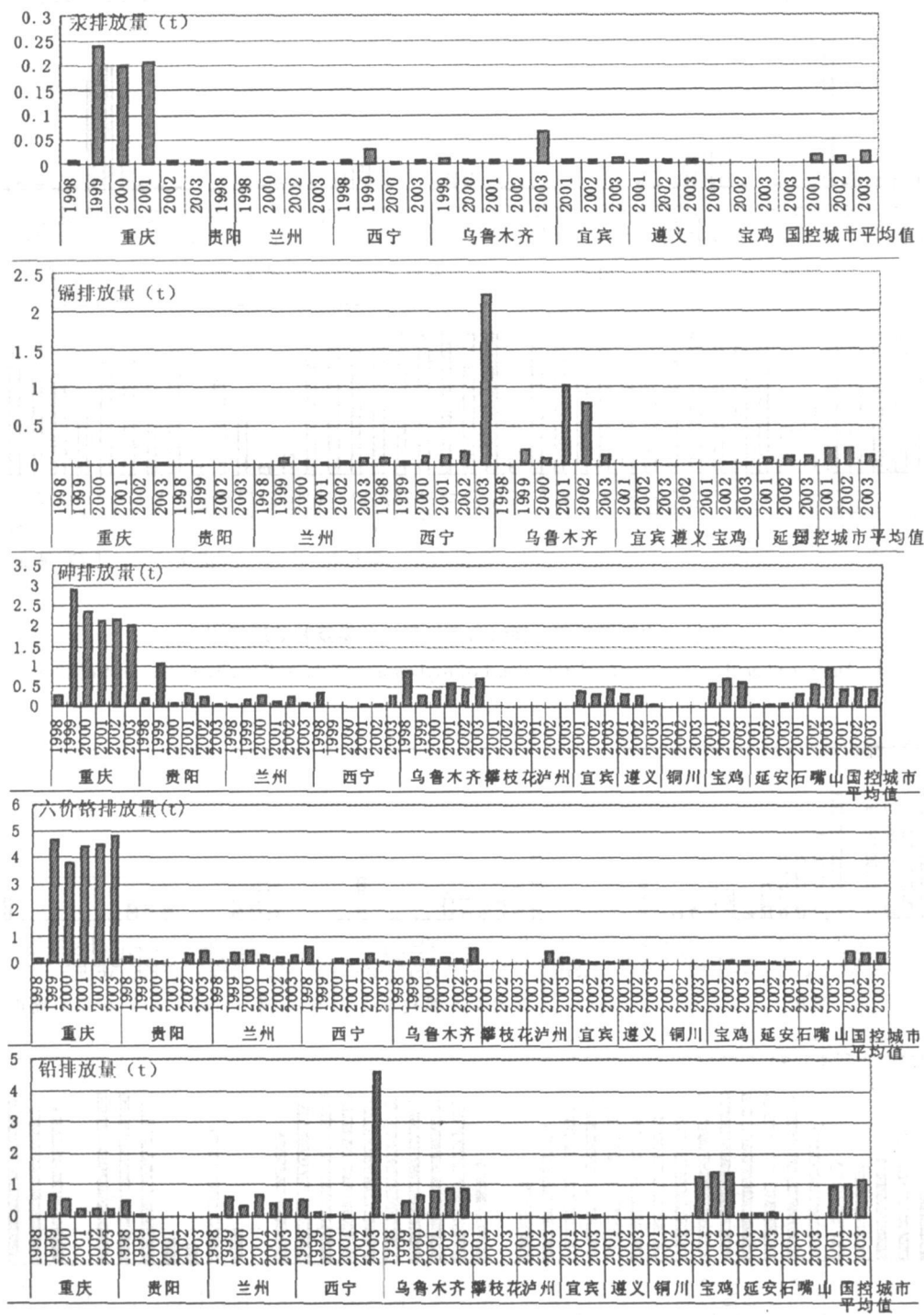


图 13 中国西部河谷型城市汞、镉、六价铬、铅、砷排放量^[2]
Fig 13 Drain of Hg Cd Cr+6 Pb arsenic of the valley-city in the west of China^[2]

图 14 显示, 由于挥发酚的处理率除延安、遵义、泸州等城市较低外, 其余城市挥发酚的处理率大都基本接近 100%, 因此, 泸州、延安 2002~2003 年的排放量高于国控城市平均值的 3~10 倍以上。

图 15 显示, 氰化物处理率除重庆、西宁、遵义、宜宾等城市较低外, 其余城市挥发酚的处理率大都基本接近 100%。重庆、贵阳、乌鲁木齐、遵义等城市的排放量高于国控城市平均值的 0.1~5 倍左右。

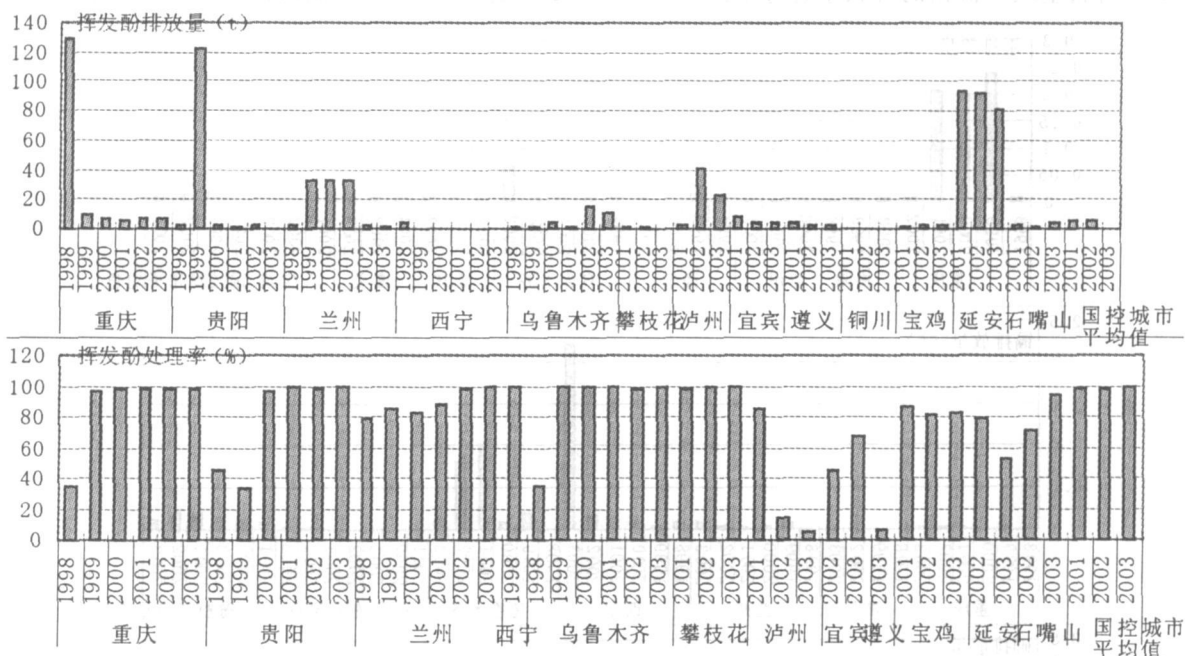


图 14 中国西部河谷型城市挥发酚排放量及其处理率^[2]

Fig 14 Drain and settlement rate of volatilization hydroxybenzene of the valley-city in the west of China^[2]

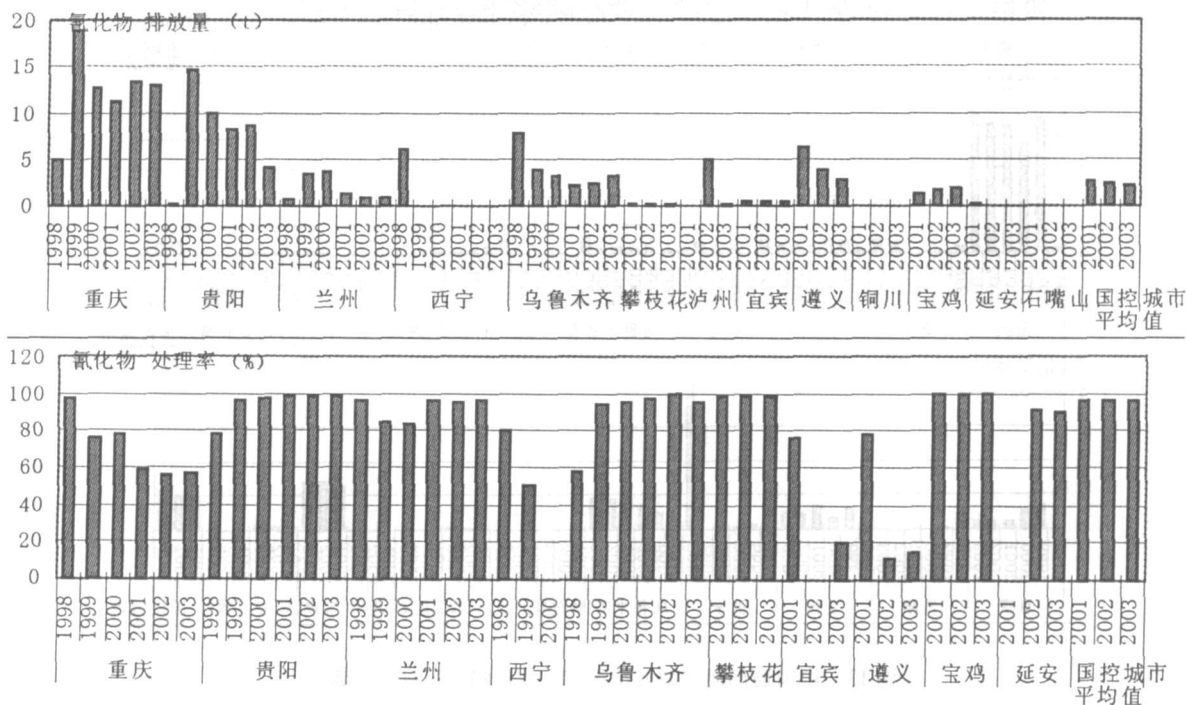


图 15 中国西部河谷型城市氰化物排放量及其处理率^[2]

Fig 15 Drain and settlement rate of cyanide of the valley-city in the west of China^[2]

图 16 显示, 化学需氧量处理率除兰州、乌鲁木齐、攀枝花、铜川等城市高于国控城市平均值外, 其余城市均低于国控城市平均值。而且, 除重庆、西宁、遵义、宜宾等城市挥发酚的处理率较低外, 其余城市挥发酚的处理率大都接近 100%。因此, 重庆、宜宾等城市挥发酚的排放量高于国控城市平均值的

0.1~6 倍。
图 17 显示, 石油类处理率除贵阳、兰州、乌鲁木齐、攀枝花等城市高于国控城市平均值外, 其余城市均低于国控城市平均值。重庆、贵阳、兰州、乌鲁木齐、宝鸡、延安等城市石油类的排放量高于国控城市平均值的 0.1~8 倍。

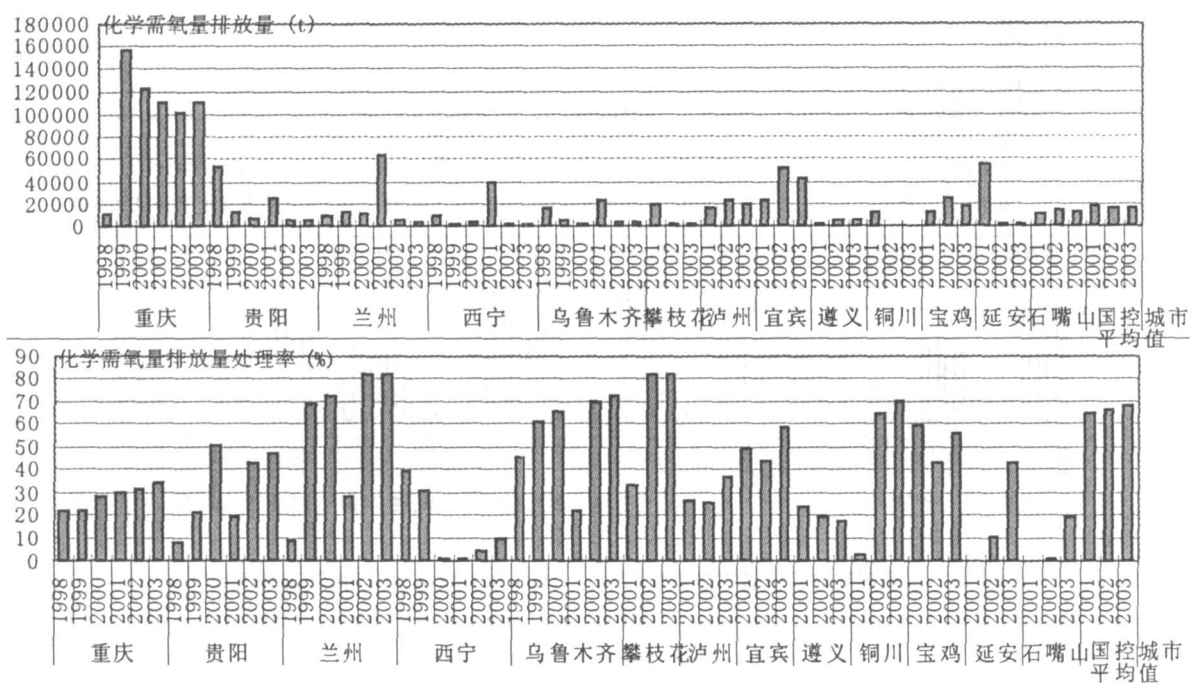


图 16 中国西部河谷型城市化学需氧量排放量及其处理率^[2]

Fig 16 Drain and settlement rate of needed chemistry oxygen of the valley-city in the west of China^[2]

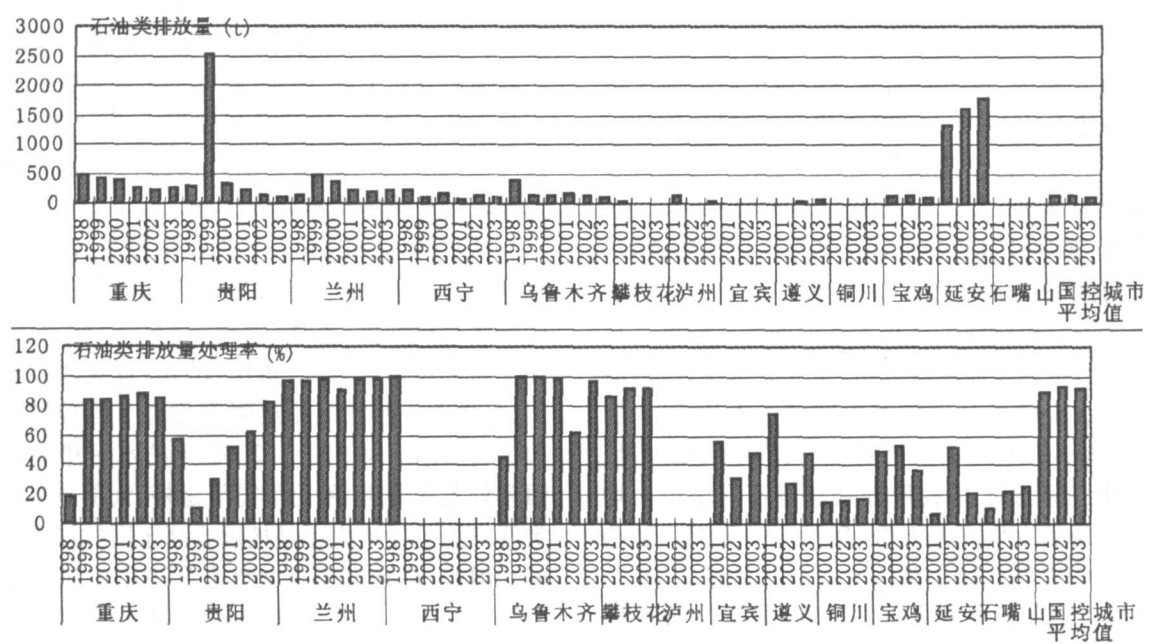


图 17 中国西部河谷型城市石油类排放量及其处理率^[2]

Fig 17 Drain and settlement rate of oil of the valley-city in the west of China^[2]

图 18显示, 悬浮物 (2001~ 2003年为氨氮) 处理率除兰州、遵义、宝鸡等城市高于国控城市平均值外, 其余城市均低于国控城市平均值。重庆、石嘴山等城市的悬浮物 (2001~ 2003年为氨氮) 排放量高

于国控城市平均值的 1~ 3 倍左右。兰州、贵阳、乌鲁木齐、重庆等特大城市悬浮物 (2001~ 2003 年为氨氮) 排放量 1998~ 2003 年均有显著下降。

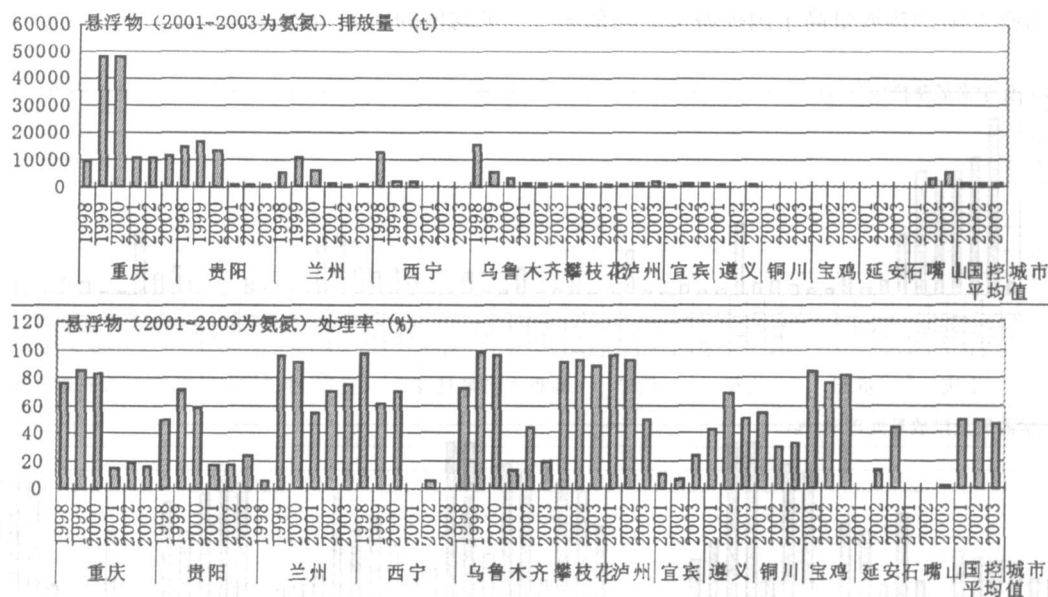


图 18 中国西部河谷型城市悬浮物 (2001~ 2003年为氨氮) 排放量及其处理率^[2]

Fig 18 D main and settlement rate of suspended particle (ammonia and nitrogen during 2001~ 2003)
of the valley- city in the west of China^[2]

4 结语

1990年至今, 我国西部河谷型城市所处河流污染虽然总体上比 1970~ 1980年代有所减轻, 例如河谷型城市所处长江干流及其支流的地表水污染减轻的趋势较为显著, 大部分河流为轻污染和一、二水质。然而, 黄河及其支流的污染却没有明显的改观, 大部分河段都在中度污染以上, 很多河段为重污染和严重污染。拉萨河和乌鲁木齐河的水质较好。从城市水体污染的发展阶段分析, 工业废水排放量、城镇生活污水排放量分别随着不同城市人均 GDP 的增加基本呈现缓慢上升的态势, 而人均生活用水量、单位 GDP 工业废水排放量分别随着不同城市人均 GDP 的增加基本呈现先上升、后下降的倒“U”型趋势。城市 GDP 与城镇生活污水氨氮排放量、工业总产值与工业废水排放量都呈现先上升, 后下降的倒“U”型规律。而随着人均 GDP 的增加, 城市工业用水量的呈现缓慢上升态势。而且, 随着 GDP 的增加, 城镇生活污水排放量增加较为迅速。同时, 随着

兰州市人均 GDP 变化, 兰州市工业废水排放量有先上升后下降趋势, 呈现比较明显的“倒 U”型曲线。因此, 虽然西部河谷型城市的部分水体污染指标处于峰值后开始下降, 但是, 整体上水污染物的排放量正处于相对稳定, 甚至非常缓慢上升时期 (正在接近峰值的阶段), 这也是所处河流污染略有减轻但始终较为严重的根本原因。

从水体污染的成因与机制来分析, 2001~ 2003 年重庆、泸州、宜宾、宝鸡等城市的单位工业增加值的废水排放强度, 重庆、泸州、宜宾、宝鸡、石嘴山的化学需氧量排放强度, 重庆、泸州、宜宾、宝鸡、石嘴山、乌鲁木齐的氨氮排放强度均高于国控城市平均值的若干倍。从 2001~ 2003 年的水污染物的处置量和处置率分析, 除化学需氧量外, 大部分城市的各类污染物的处置率还是接近或高于国控城市平均值的。但是, 总有少部分城市水污染物的排放量远高于国控城市平均值的若干倍, 主要是这些城市水污染物的排放总量太大所致。鉴于我国 151 个国控城市污染物排放量平均值远高于西方国家的标准, 而西部很多河谷型城市还远高于国控城市平均值。因

此, 单位工业增加值水污染物排放强度较高, 以及水污染物处置率较高但部分城市污染物排放量仍然较高, 以及污染物从河流上游到下游的转递性是西部河谷型城市水体污染较为严重的主要成因。

参考文献 (References)

- [1] Qian Yi Tang Xiaoyan. Environmental Protection and Sustainable Development [M]. Beijing: Higher Education Press, 2002. [钱易, 唐孝炎. 环境保护与可持续发展 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.]
- [2] China Environment Yearbook Compiling Committee. China Environment Yearbook (1990~2003) [Z]. Beijing: China Environment Press [中国环境年鉴编辑委员会. 中国环境年鉴 (1990~2003 年) [Z]. 北京: 中国环境出版社.]
- [3] Gansu Environmental Protection Bureau. 1997~2003 Report on the State of Environment in Gansu, China. 1998~2004 [R]. [甘肃省环境保护局. 甘肃省环境状况公报 (1997~2003) [R]. 1998~2004.]
- [4] Chongqing Environmental Protection Bureau. 1997~2003 Report on the State of Environment in Chongqing, China [R]. 1998~2004 [重庆市环境保护局. 重庆市环境状况公报 [R] (1997~2003). 1998~2004.]
- [5] Shanxi Environmental Protection Bureau. The Environmental Quality Report of Shanxi Province (1996~2002) [R]. 1997~2003. [陕西省环境保护局. 陕西省环境质量报告书 (1996~2002 年). 1997~2003.]
- [6] Chongqing Environmental Protection Bureau. The Environmental Quality Report of Chongqing City (2002) [R]. 2003. [重庆市环境保护局. 重庆市环境质量报告书 (2002 年) [R]. 2003.]
- [7] Guiyang Environmental Protection Bureau. The Environmental Quality Report of Guiyang City (2002) [R]. 2003. [贵阳市环境保护局. 贵阳市环境质量报告书 (2002 年) [R]. 2003.]
- [8] Zunyi Environmental Protection Bureau. The Publicizing Booklet of 6.5 World Environment Day of Zunyi City [Z]. 2003. [遵义市环境保护局. 遵义市“六·五”世界环境日宣传册 [Z]. 2003.]
- [9] Xining Environmental Protection Bureau. Xining Environmental Inspection Station. The Environmental Quality Report of Xining City (1996~2000) [R]. 1997~2001. [西宁市环境保护局, 西宁市环境监测站. 西宁市环境质量报告书 (1996~2000 年) [R]. 1997~2001.]
- [10] Lanzhou Environmental Protection Bureau. The Environmental Quality Report of Lanzhou City (1996~2003) [R]. 1997~2004. [兰州市环境保护局. 兰州市城市环境质量报告书 (1996~2003) [R]. 1997~2004.]
- [11] Shanxi Environmental Protection Bureau. The Environmental Quality Report of Shanxi Province (2003) [R]. 2004. [陕西省环境保护局. 陕西省环境状况公报 (2003) [R]. 2004.]
- [12] Gansu Environmental Protection Bureau. 2003 Report on the State of Environment in Gansu, China [R]. 2004. [甘肃省环境保护局. 甘肃省环境状况公报 (2003 年) [R]. 2004.]
- [13] Guizhou Environmental Protection Bureau. Guizhou Environmental Statistical Summary (2000~2003) [R]. 2001~2004. [贵州省环境保护局. 贵州省环境统计提要 (2000~2003) [R]. 2001~2004.]
- [14] Zunyi Environmental Protection Bureau. 2001~2003 Report on the State of Environment in Zunyi, China [R]. 2002~2004. [遵义市环境保护局. 遵义市环境状况公报 (2001~2003 年) [R]. 2002~2004.]
- [15] Chongqing Chorography Compiling Committee. Chongqing Chorography (the seventh volume) [M]. Chongqing: Chongqing Press, 1998. [重庆市地方志编纂委员会. 重庆市志 (第七卷) [M]. 重庆: 重庆出版社, 1998.]
- [16] Lanzhou Chorography Compiling Committee. Lanzhou: Lanzhou Chorography [M]. Lanzhou: Lanzhou University Press, 1997. [兰州市地方志编纂委员会. 兰州市志 [M]. 兰州: 兰州大学出版社, 1997.]
- [17] Baoji Chorography Compiling Committee. Baoji: Baoji Chorography (the fifth volume) [M]. Sankin Press, 1997. [宝鸡市地方志编纂委员会. 宝鸡市志 (上) [M]. 三秦出版社, 1997.]
- [18] Baiyin Chorography Compiling Committee. Baiyin Chorography [M]. Beijing: China Press, 1998. [白银市地方志编纂委员会. 白银市志 [M]. 中华书局出版, 1998.]
- [19] Pan Zhihua Chorography Compiling Committee of Sichuan Province. Pan Zhihua Chorography [M]. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press, 1994. [四川省攀枝花市志编纂委员会. 攀枝花市志 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1994.]
- [20] Zunyi Chorography Compiling Committee. Zunyi Chorography [M]. Beijing: China Press, 1998. [遵义市地方志编纂委员会. 遵义市志 [M]. 北京: 中华书局出版, 1998.]
- [21] Su Weici. Problems of Urban Area Structure and Their Optimization in Karst Mountain Region—Taking Guiyang City for an Example [J]. *Human Geography*. 2000 (4). [苏维词. 喀斯特山区城市地域结构问题及其优化对策——以贵阳市为例 [J]. 人文地理, 2000(4).]
- [22] Su Weici. The Evolutions of Urban Area Structure in Guiyang and Their Environmental Effects [J]. *Areal Research and Development*. 2000(2): 54~58. [苏维词. 贵阳城市地域结构演变及其环境效应 [J]. 地域研究与开发, 2000(2): 54~58.]
- [23] Su Weici. Environmental Problems in the Sustainable Development of Guiyang City and its Countermeasures [J]. *Urban Environment & Urban Ecology*. 1998, 11(2): 45~48. [苏维词. 贵阳市可持续发展面临的环境问题及对策 [J]. 城市环境与城市生态, 1998, 11(2): 45~48.]
- [24] Fan Zhenjun. The Research on the control policy and Interaction Mechanism between Urbanization and Ecological Environment in big Valley-City—A Case Study of Lanzhou City [D]. Lanzhou University Master Thesis, 2003. [范振军. 河谷型大城市城市化与生态环境互动作用机理及调控对策研究——以兰州市为例 [D]. 兰州大学硕士论文, 2003.]
- [25] Jiang Lingwei, Zhang Dayuan. Present Situation and Forecasting of Environmental Quality in Chongqing [J]. *Chongqing Environment Science*. 1996, 18(6): 33~37. [蒋良维, 张大元. 重庆市环境质量状况与预测 [J]. 重庆环境科学, 1996, 18(6): 33~37.]
- [26] Reporter of Economy Half an Hour of CCTV. Who did contaminate

- our mother river? Lanzhou Evening Paper (the second page), Main News June 5th 2005 [央视《经济半小时》记者. 谁弄脏了我们的母亲河? 兰州晚报 (2版), 主页新闻, 2005-06-05]
- [27] Liu Zhiguo, Yang Yongchun. The Urban Environmental Quality Assessment of the Valley-Cities in the Western China [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*. 2005. 19(3): 10~16 [刘治国, 杨永春. 中国西部河谷型城市环境质量评价 [J]. 干旱区资源与环境. 2005. 19(3): 10~16]
- [28] Zhang Jiagang. The Development of Environmental Quality Evaluation [J]. *Shantou Science and Technology*. 2000. 36~37 [张家刚. 环境质量评价的发展概况 [J]. 汕头科技. 2000. 36~37]
- [29] Wang Qingmei. Environmental Quality Assessment of Lanzhou City during Ninth Five Year Plan [J]. *Yunnan Environmental Science*. 2002. 21(2): 34~37 [王庆梅. “九五”期间兰州市环境质量状况及成因分析 [J]. 云南科学. 2002. 21(2): 34~37]
- [30] Ma Hamei. The Changing Rule and Character of Water Contamination of Yellow River through Lanzhou [J]. *Gansu Environment Research and Detection*. 2002. 15(2): 101~103 [马和梅. 黄河兰州段水体污染物变化规律与特征 [J]. 甘肃环境研究与监测. 2002. 15(2): 101~103]
- [31] Guo Tongzhang, Wei Xiaoke, Xiong Hui. A Study of the Causes for the Deterioration of Lanzhou's Underground Water Conditions [J]. *Journal of Lanzhou Railway Institute*. 1997. 16(4): 32~36 [郭同章, 魏肖克, 熊辉. 兰州市地下水环境恶化的原因探析 [J]. 兰州铁道学院学报. 1997. 16(4): 32~36]
- [32] Pan Shuang. Research on the Relationship between Natural Environment and Urban Development in the Long Hai——Lan Xin Zone. Lanzhou University Master Thesis [D], 1993 [潘爽. 陇海——兰新地带西段自然环境与城市发展关系研究 [D]. 兰州大学硕士论文, 1993]
- [33] The General Team of Investigation of Urban Society and Economy of National Bureau of Statistics of China. Urban Statistical Yearbook of China (2003) [M]. Beijing: China Statistics Press. 2004 [国家统计局城市社会经济调查总队编. 中国城市统计年鉴 (2003) [M]. 北京: 中国统计出版社. 2004]
- [34] Lanzhou Bureau of Statistics. Lanzhou Statistical Yearbook (2002) [M]. Beijing: China Statistics Press. 2003 [兰州市统计局. 兰州市统计年鉴 (2002) [M]. 北京: 中国统计出版社. 2003]
- [35] Lanzhou Bureau of Statistics. The Collection of Statistical Data of Society and Economy of Lanzhou (1949~1998) [Z]. 1999 [兰州市统计局. 兰州市社会经济统计资料汇编 (1949~1998) [Z]. 1999]
- [36] Yang Yongchun. The development and environmental problems of valley-city in the western China [J]. *Journal of Mountain Science*. 2004. 22(1): 40~47 [杨永春. 中国西部河谷型城市的发展及其环境问题 [J]. 山地学报. 2004. 22(1): 40~47]

The Changing Trend and Mechanism of Water Pollution of Valley-city in the West of China during Recent 30 Years

YANG Yongchun^{1,2}, LIU Zhiguo³

(1. College of Resource and Environment, Lanzhou University, Lanzhou, Gansu, 730000, China;

2 Key Laboratory of West Environment of Ministry of Education, Lanzhou, Gansu, 730000, China;

3 Shenyang Municipal Institute of Planning Designing, Shenyang, Liaoning, 110015, China)

Abstract Natural water is contaminated by human activity. This phenomenon is the water environment pollution. Because of the entrance of certain substance, some attributes of water which contain the physical, chemical, biologic or radioactive aspect are changed. As a result, the effective use of water is influenced and the human health or the zoology environment is in danger. Water environment pollution is formed by the living discharge water and industrial discharge water. It can be evaluated by some indexes, such as COD, oil, coliform, Cr^{+6} , Hg, Pb, non-ionic ammonia, volatilization hydroxybenzene and pH. By analyzing the statistic data mostly, the paper researches the changing trend and developing phases of the pollution of water environment of the valley-cities in the west of China during recent 20~30 years. Then it summarizes the mechanism of the pollution of water environment of the valley-cities in the west of China from the points of the drain intensity per industrial gain, the drain and settlement of contamination and the ability of management. By analysing the pollution of river of the valley-city in the west of China is less than the one during 1970~1980 since 1990. For example, the main streams and branches of surface water of Changjiang River of the valley-city in the west of China become less contaminated apparently, and most of them are the light pollution, and the first or second water quality. However, the pollution of Yellow River doesn't become less apparently. Most parts of reaches are more than the middle pollution, and a great many of them

are the heavy pollution and the serious pollution. The water quality of Lhasa River and U nun chi River is preferable. Analyzed the development passages of the water pollution of city, the drain of industrial discharge water and living discharge water separately is increasing along with the increase of GDP per capita on the whole. However, the use of living water per capita and the drain of industrial discharge water per GDP separately are increasing early, and declining late. The shape of the trend looks like "U". In the terms of mechanism of water pollution, the drain intensity of discharge water per industrial gain and the settlement rate of contamination of water are higher. In parts of cities, the drain of contamination is still higher. In addition, Transition of contamination from upriver to downriver is also the reason which causes the serious pollution of water of the valley-city in the west of China mainly.

Key words: the west of China, valley-city, the pollution of water, changing trend, mechanism

封面图片说明

西岭雪山, 位于四川省成都市大邑县西北部, 地处横断山东部的邛崃山脉中段, 属青藏高原东部边缘和成都平原的过渡地带, 在地质构造上属龙门山褶皱带。其最高处为苗基岭(又称大雪塘), 海拔 5 364 m, 为成都第一高峰; 这一区域, 在直线距离 20~ 30 km 范围内, 地貌由山脚的平原, 急剧过渡到丘陵、中山、高山和极高山; 由于海拔高差悬殊, 气候类型与景观类型多样, 自然资源丰富, 植物种类繁多, 包括大熊猫、金丝猴等动物在内的异兽珍禽众多, 具有浓郁的南方高山原始森林特色。

(山 水)