

安宁河流域(攀枝花市段)主要污染物 特征及水质变化分析

罗小利¹ 杨玖² 张利³¹

- (1. 攀枝花市米易生态环境监测站, 四川 攀枝花 617000;
2. 四川省攀枝花生态环境监测中心站, 四川 攀枝花 617000;
3. 攀枝花市仁和生态环境监测站, 四川 攀枝花 617000)

【摘要】: 为了解近年来安宁河流域攀枝花段水质污染变化趋势及主要污染物的确定, 根据 2016~2020 年监测数据, 利用主成分分析方法, 探讨流域内主要水质参数变化及主要污染因子的确定。结果表明, 各断面监测指标(DO、TP、COD_{Mn}、NH₃-N、BOD₅、COD_{Cr})均低于地表水环境质量Ⅲ类标准, 粪大肠菌群和 TN 均有不同程度的超标;各断面主要污染因子为粪大肠菌群和 TN。境内断面各监测指标呈显著相关, 与入境断面无显著相关性。总体上, 安宁河流域攀枝花段水质主要受攀枝花境内人类生产活动的影响, TN 和粪大肠菌群是河流的重要污染指标。相关管理部门应重点关注 TN 和粪大肠菌群的流入, 强化流域内环境综合整治, 控制农业面源污染, 控制 TN 和粪大肠菌群的流入, 提高水环境质量。

【关键词】: 安宁河 水质 主成分分析 相关性分析

【中图分类号】: X52 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1001-3644(2022)03-0132-08

前言

随着工业化进程不断提高和人类社会快速发展, 污染物排放加剧, 大量污染物不断通过地表径流排入天然河流, 导致河流被污染得十分严重。近些年来, 由于各地都在强调 GDP, 安宁河上游增加不少的工业企业, 很多工业废水、废渣、废料都是直接排入安宁河, 对整个流域的动植物、人类生产生活造成一定的影响, 对生态环境造成一定的程度的破坏。虽然这些企业主要集中在凉山州境内, 攀枝花段作为下游段, 最后汇入雅砻江进而流入金沙江, 对整个流域造成一定的影响, 因此有必要摸清安宁河攀枝花段具体污染情况以及汇入雅砻江之前污染物的情况, 研究安宁河攀枝花段水质污染现状对提出水质综合污染防治对策具有重要的现实意义。

目前, 水质现状评价常用的方法有综合污染指数法^[1]、模糊综合评价法、灰色系统理论法、单因子评价法、Kendall 检验法、内梅罗指数法等^[2]。这些方法均能在一定程度上较好的评价水质情况, 但是由于水体环境比较复杂, 一般由多种污染指标变量组

作者简介: 罗小利(1984-), 女, 四川隆昌人, 毕业于四川农业大学环境工程专业, 高级工程师, 主要从事环境监测、质量管理等工作。杨玖, 154959469@qq.com。

成，且各变量之间具有不同程度的关联度，可能包含着重叠的信息，利用主成分分析方法对河流水质评价具有很好的评价效果^[3]。因此本文根据 2016-2020 年安宁河攀枝花段水质监测现状，采用单因子污染指数和主成分两种分析方法，对安宁河攀枝花段水质开展研究，意义在评价安宁河攀枝花段水环境质量的现状和为水体污染综合防治等提供科学依据，通过对安宁河流域进行水质现状分析，了解沿岸主要生产企业及水污染物排污情况，针对性提出安宁河流域水污染防治措施，为环境保护管理部门提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 攀枝花境内安宁河流域基本概况

安宁河源于横断山脉小岭之阳糯雪山与菩萨岗，分东西两源，在拖乌区汇合后进入大桥水库，后流经复兴镇、泸沽镇、冕宁县、西昌市、德昌县，于乌龟石电站处进入攀枝花市米易县，后于攀枝花市米易县得石桥处汇入雅砻江，安宁河是雅砻江下游左岸的最大支流。

1.2 攀枝花市境内安宁河流域的企业分布概况

安宁河流域攀枝花段有 29 家重点工业企业，集中在米易县，涉及污水排放的企业有 4 家，其他企业不涉及污水排放，污水排放量较大的企业为攀枝花东方钛业有限公司。

攀枝花市境内安宁河沿岸企业分布以丙谷为界，丙谷以北，以球团厂，石材加工厂及洗选厂为主。其中球团厂及长坡花岗石园区废水以生活区生活废水为主；丙谷以南以钒铁钛企业为主。

1.3 安宁河攀枝花段监测断面设置

安宁河攀枝花段例行监测断面现为昔街大桥断面、黑湾子断面、湾滩电站断面，其中昔街大桥断面为米易县入境断面。具体详见图 1。2016 年前三个季度数据为县城大桥断面，第四季度监测断面为黑湾子断面。

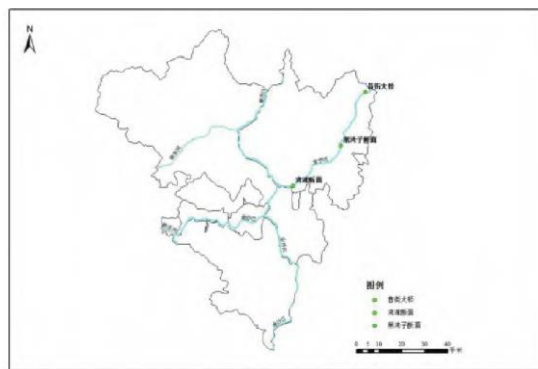


图 1 安宁河攀枝花境内监测断面示意图

1.4 数据来源

各监测断面数据均来自于米易县环境监测站监测报告和攀枝花市环境监测中心站监测报告。监测频次为每季度一次，全年

共监测 4 次，监测方法采用国家标准方法。

1.5 水质评价方法

本文主要选取总氮(TN)、总磷(TP)、高锰酸盐指数(COD_{mn})、氨氮(NH₃-N)、五日生化需氧量(BOD₅)、化学需氧量(COD_{Cr})、水温、pH、溶解氧(DO)、粪大肠菌群等 10 项指标进行评价。

1.5.1 综合污染指数法

依据《地表水环境质量评价办法(试行)》(环办[2011]22 号)进行评价。其中，污染分担率计算公式如下：

$$K_i = P_i / P \times 100\% \quad (1)$$

式中： K_i — i 污染物在诸污染物中的污染分担率； P_i — i 污染物单因子污染指数。P—各项污染指数之和。

单因子污染指数公式如下：

$$P_i = \frac{C_i}{S_i} \quad (2)$$

综合污染指数公式如下：

$$P_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (3)$$

式中： P_j 为综合污染指数； P_i 为单项因子污染指数； C_i 为监测因子 i 监测浓度值，mg/L； S_i 为评价标准值^[4]。选用《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中III类标准值。

1.5.2 主成分分析法

主成分分析主要是通过更加有效地利用数据，用较少的指标来代替原来较多的变量，同时又要求这些较少的指标尽可能多地反映原始数据变量的信息，且这些原始指标之间又互不相关；用较少的变量去解释原始数据中的大部分变异，它的思想是利用降维思想将多个互相关联的数值变量转化为少数几个互不相关的综合指标统计方法^[5]。主要步骤是(1)首先将原有的变量标准化，然后计算各变量之间的相关矩阵、该矩阵的特征根和特征向量，最后将特征根由大到小排列，分别计算出对应的主成分。(2)确定主成分的个数，通过累计贡献率，当前 k 个主成分的累计贡献率达到某一特定值(一般采用 70%以上)时，则保留前 k 个主成分；特征根，一般选取特征根 ≥ 1 的主成分。

在安宁河攀枝花段水质环境质量评价中，监测指标都反映了水质环境质量在不同程度上的一些信息，运用主成分分析可以得到少数几个新的综合因子，并在主成分的因子中保留原始监测指标对水质环境质量的主要影响程度，从而对监测指标进行筛选，避免主观随意性，是一种简单有效的环境质量综合评价方法。

2 结果与分析

2.1 攀枝花市境内安宁河流域水质近五年变化趋势

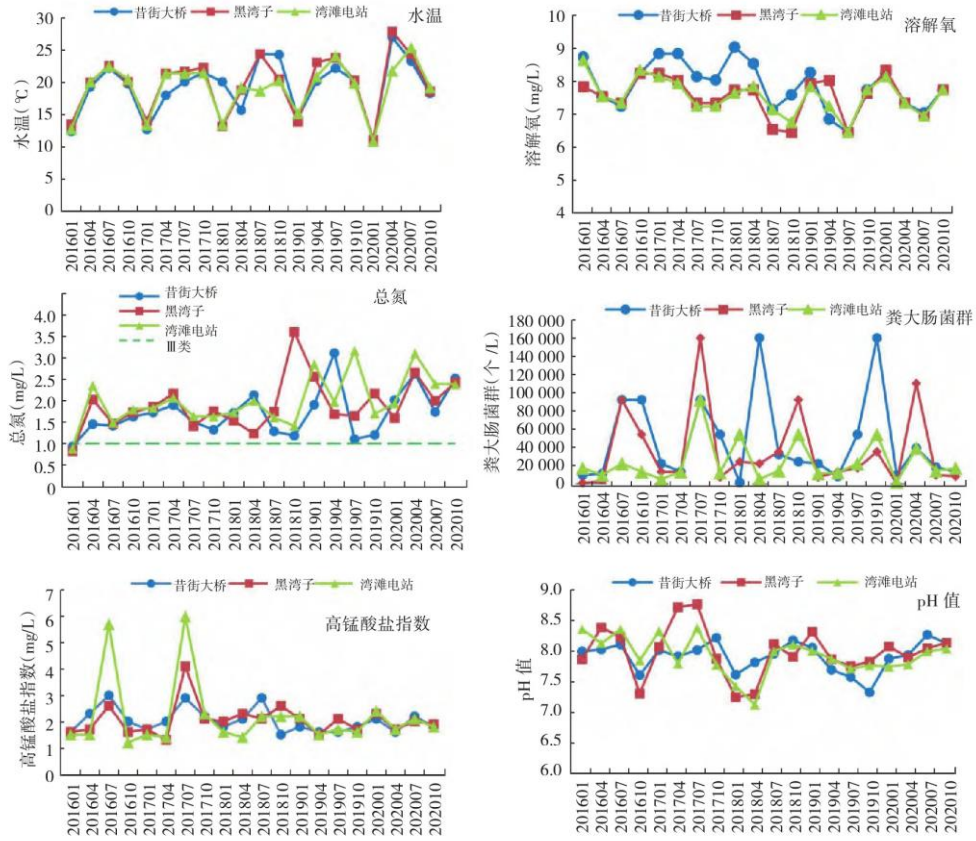


图 2 攀枝花境内安宁河监测断面各监测指标 2016~2020 年水质变化

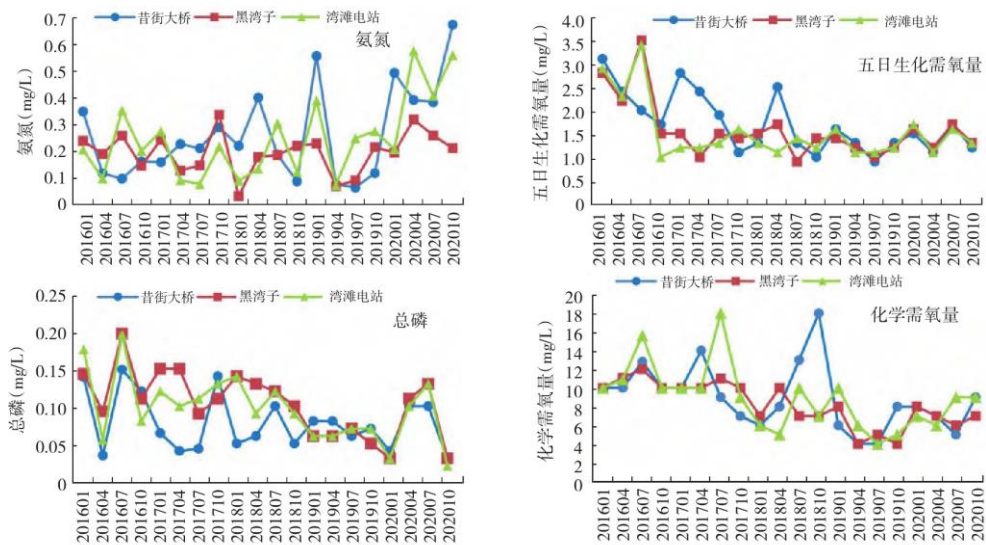


图 2 攀枝花境内安宁河监测断面各监测指标 2016~2020 年水质变化

从图 2 可知,各断面溶解氧随着时间呈季节性变化,夏季各断面溶解氧低于其他时期,可能跟水温和污染物排放量有关。空间上看,昔街大桥断面(入境断面)溶解氧均高于与其他断面变化,黑湾子断面与湾滩电站断面变化趋势一致,这表明湾滩电站受上游断面的影响较大同时受到河流两岸污染物的影响。三个断面总氮浓度总体趋势随着时间的增加而增加,且均在三类水质标准值以上。从空间上分析,昔街大桥断面(入境断面)总氮浓度总体上低于其他两个断面,控制断面黑湾子断面总氮浓度最大值为 3.59mg/L,下游湾滩电站总氮浓度与昔街大桥断面总氮浓度均低于黑湾子断面,这表明总氮浓度受攀枝花境内两岸工业或者农业面源污染,且在下游随着河流的自净和稀释作用,水体总氮浓度降低。影响总氮的因素很多,如水库富营养化、农业面源氮肥和有机肥施放不合理和生活污水影响等因素均会造成总氮的升高。该指标仅作为参考指标而不参与水质评价。粪大肠菌群个数各断面均呈现出周期性变化,且可以看出,各断面粪大肠菌群个数在 1 月份较低,而在 4、7、10 月份明显较高。高锰酸盐指数近五年变化不大,在 2016 年和 2017 年 7 月份高锰酸盐指数高于其他时间,湾滩电站高锰酸盐指数接近三类水质标准值,后期随着时间无显著性变化,且各断面变化趋势一致。安宁河整个流域水温随着季节变化而变化,各断面变化趋势一致;各断面 pH 值在 2016~2017 年波动较大,随后变化不大,均呈弱碱性。总磷浓度近五年波动较大,整体变化趋势降低,入境断面昔街大桥总磷浓度大部分时间低于其他两个断面,且黑湾子断面与湾滩断面变化趋势较一致,这表明下游各断面受上游断面影响较小,湾滩断面受黑湾子断面影响较大。随着时间的推移,三个断面总磷浓度变化趋势较一致,这可能是采取一定的环保措施后和水体的自净作用导致的。

各断面监测指标溶解氧、总磷、高锰酸盐指数、氨氮、五日生化需氧量、化学需氧量均在 III 类标准以下,根据地表水环境质量标准^[6],粪大肠菌群和总氮均有不同程度的超标。

2.2 综合污染指数

从污染因子的污染分担率来分析:即表达单项污染因子指数对综合水质污染的贡献大小,污染分担率高的因子即为水体的主要污染物。由图 3 可见,安宁河(三个断面)主要污染因子排序从大到小均为粪大肠菌群、总氮、溶解氧。其中粪大肠菌群均能达到 25%以上。

综合污染指数均能反映河流水质污染状态,根据图 4 结果显示,2016~2019 年昔街大桥断面综合污染指数均大于其他两个断面,这表明昔街断面主要是受上游凉山段的影响,其他两个断面综合污染指数较低,表明水体的自净和稀释作用大于所受周边污染物的影响;2020 年昔街断面综合污染指数低于其他两个断面,由此安宁河攀枝花境内水质污染主要受攀枝花境内污染物的影响。

2.3 监测断面之间及主要污染物相关性分析

2.3.1 监测断面之间的相关性分析

湾滩断面主要污染因子 pH 值、溶解氧、化学需氧量、高锰酸盐指数、氨氮、总氮、总磷、粪大肠菌群个数均与上游黑湾子断面呈显著性正相关;与昔街大桥断面(入境断面)只有 pH 值、溶解氧呈显著正相关,其他污染因子不显著,这表明湾滩电站断面主要受上游黑湾子断面的影响。黑湾子断面主要污染物因子除了 pH 值与溶解氧,均未出现显著相关性,表明受上游污染较小。

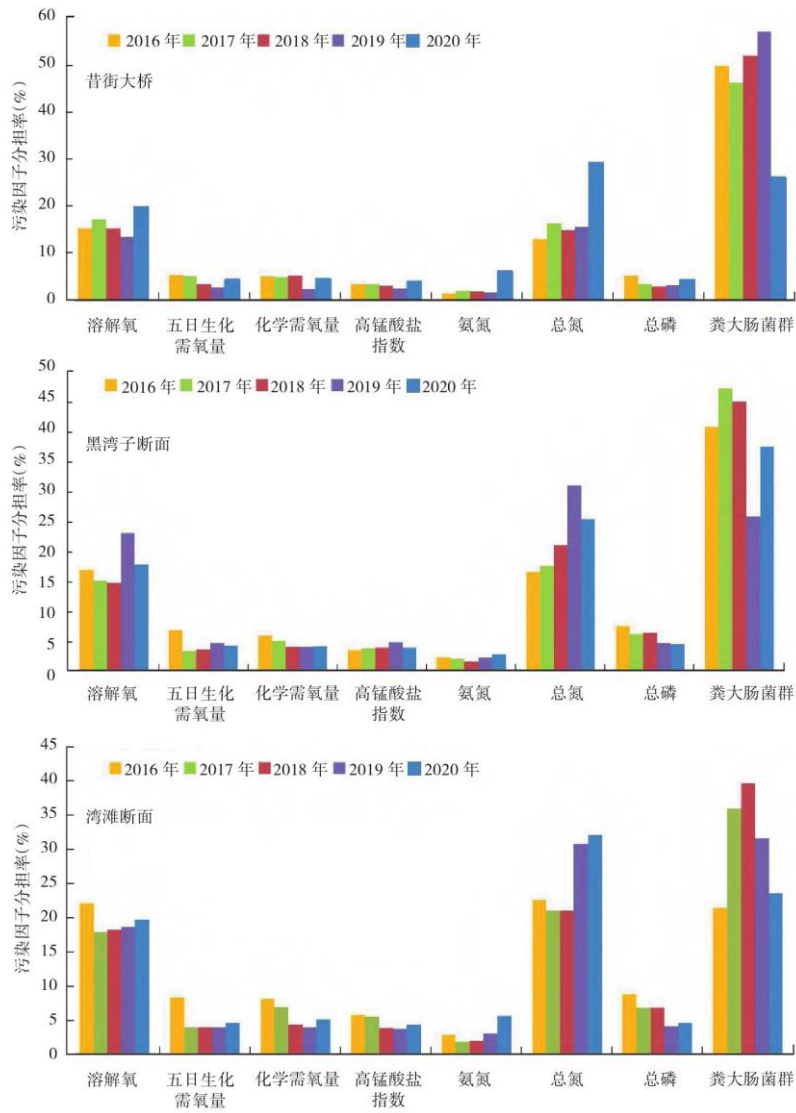


图 3 各断面污染因子分担率(2016~2020年)



图 4 各断面综合污染指数变化 (2016~2020 年)

黑湾子断面主要污染因子氨氮与上游昔街大桥变化趋势相关性不明显;湾滩断面与上游黑湾子断面基本相符。安宁河黑湾子断面水体中高锰酸盐指数、化学需氧量及生化需氧量与上游入境断面—昔街断面变化趋势相符,说明水体中还原性污染物受上游来水影响很大;氨氮与上游变化趋势相关性不明显,说明受上游来水影响较小,可能是受周边农业面源和生活污水影响。安宁河湾滩断面水体中高锰酸盐指数、化学需氧量及生化需氧量主要受上游黑湾子来水影响以及受周边农业面源和生活污水影响;氨氮受上游来水、周边农业面源和生活污水影响。

2.3.2 各污染物之间的相关性分析

通过 Spearman 相关性分析可以看出,水温与溶解氧、生化需氧量呈显著负相关,与粪大肠菌群呈显著正相关,这说明各断面粪大肠菌群个数变化呈周期性变化,前后相互印证,粪大肠菌群个数变化主要是受水温变化的影响。pH 值、溶解氧与化学需氧量呈显著正相关,溶解氧与高锰酸盐指数、粪大肠菌群个数呈显著负相关;生化需氧量与化学需氧量、高锰酸盐指数呈显著正相关;高锰酸盐指数与生化需氧量、粪大肠菌群呈显著正相关;总磷与总氮呈显著负相关;总氮与氨氮呈显著正相关,与生化需氧量、化学需氧量呈显著负相关。

2.4 主成分分析

由分析可知,得到特征值及解释方差和得分系数。根据累积贡献率达到特定值(一般采用 70%以上)保留相应的主成分,特征根 ≥ 1 ,可提取 3 个主成分。湾滩断面主成份累积贡献率达到 74.5%,结合各污染物指标矩阵,第一主成份包含原变量 COD_{Cr} 、 COD_{Mn} 和 TP;第二主成份包含 DO 和粪大肠菌群;第三主成份包含 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 BOD_5 量,可推断为流域段以生活污染源和水生植物的生理作用。黑湾子断面主成份累计贡献率达到 71.8%,提取三个因子特征根均大于 1,第一主成份包含原变量 COD_{Cr} 和 BOD_5 ;第二主成份包含粪大肠菌群;第三主成份包含 $\text{NH}_3\text{-N}$,受周边农业面源和生活污水影响;昔街大桥断面主成份累计贡献率达到 75.2%,第一主成份包含 TN 和 $\text{NH}_3\text{-N}$,第二主成份包含 DO,第三主成份包含粪大肠菌群主要受周边农业面源和生活污水影响。

主成份分析结果显示,昔街断面水质主要受粪大肠菌群、溶解氧和总氮等的影响,这与污染因子分担率计算分析结果相同;黑湾子断面水质主要受化学需氧量、五日生化需氧量、粪大肠菌群和氨氮等污染因子的影响;湾滩断面水质主要受化学需氧量、溶解氧和氨氮等污染因子的影响。黑湾子断面与湾滩断面水质均受化学需氧量和氨氮的影响,两个断面相关性较大,这与监测断面相关性分析结果一致。

2.5 安宁河流域废水污染排放现状及建议

安宁河接纳了所在流域工业废水、城镇生活污水,加上畜禽养殖以及农业面源污染,水环境压力较大。根据 2016~2019 年环境统计数据,流域内年均废水排放量在 1766 万 t,其中工业源约占 60%以上,生活污染源占 37%,其中化学需氧量、总氮和氨氮的年均排放量分别为 3416t、421t、337t。因此应主要以工业废水治理为主,主要提出以下建议:一是强化工业废水处理,加大工业节水改造力度;二是加强生产废水由企业自行处理,循环再利用。

3 结论

3.1 各断面监测指标 DO、TP、 COD_{Mn} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 BOD_5 、 COD_{Cr} 均在 III 类标准值以下,各断面粪大肠菌群和总氮均有不同程度的超标。

3.2 从污染因子的污染分担率分析的结果来看,粪大肠菌群、TN、DO 为安宁河三个断面的主要污染物;从主成分分析法结果

显示,河流水质变化的主要污染因子为 COD_{Cr} 、 DO 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 TN 和粪大肠菌群。

3.3 总体上,河流大部分水质指标均呈现逐年好转的趋势,特别是 TP 、 COD_{Mn} 、 COD_{Cr} 和 BOD_5 ,但 TN 和粪大肠菌群仍是河流的重要污染指标。安宁河流域攀枝花段水质主要受攀枝花境内人类生产活动的影响,相关管理部门应重点关注 TN 和粪大肠菌群的流入,应进一步强化流域内环境综合整治,加强工业废水的处理,控制农业面源污染,加快推进污水处理能力建设,控制 TN 和粪大肠菌群的输入,防止流域水质恶化,提高水环境质量,促进经济高质量发展。

参考文献:

- [1]孙涛,张妙仙,李苗苗,等.基于对应分析法和综合污染指数法的水质评价[J].环境科学与技术,2014,37(4):185-190.
- [2]杨玖,代佼.金沙江流域攀枝花段主要污染物特征分析[J].环境科学导刊,2016,35(2):61-66.
- [3]杨玖,白羽,张利,等.二滩水库近5年水质演变趋势及相关性分析[J].四川环境,2018,37(6):88-94.
- [4]李慧明,侯林丽,徐鹏.不同水质指数法在峡江水库水质评价中的应用[J].人民长江,2020,51(S2):32-36.
- [5]刘慧芬,关鹏,王志超.主成分分析法在水质评价中的应用[J].内蒙古水利,2013,(4):74-75.
- [6]GB3838-2002,地表水环境质量标准[S].