

## 巢湖流域县河污染物来源特征分析

龚文娟, 李堃, 刘志刚, 韩梓流 (安徽省城建设计研究总院股份有限公司, 安徽合肥 230051)

**摘要** 基于对巢湖流域县河小流域主要污染物来源构成和污染特征的分析, 对污染物入河量进行了计算。结果表明, 县河的 COD<sub>Cr</sub>、氨氮和总磷的入河总量分别为 6 607.3、421.0 和 76.3 t/a, 主要来源于城镇生活污染; 总氮入河总量为 753.6 t/a, 主要来源于城镇生活污染和污水处理厂的尾水排放。同时, 针对流域错综复杂的排水系统, 将中塘河+苏家河片区的雨污分流改造工作纳入区域水环境治理的重点, 为有效改善河流水环境质量提供了依据。

**关键词** 污染物; 来源构成; 污染特征; 入河量; 巢湖流域

中图分类号 X 522 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)08-0073-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.08.019



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Characteristic Analysis of Pollutant Sources of Xian River in Chaohu Lake Basin

GONG Wen-juan, LI Kun, LIU Zhi-gang et al (Anhui Urban Construction Design Institute Co., Ltd., Hefei, Anhui 230051)

**Abstract** Based on analysis of the main pollutant source composition and pollution characteristics of the Xian River in the Chaohu Lake Basin, the total amount of pollutants into the river was calculated. The results showed that the total amount of chemical oxygen demand, ammonia nitrogen and total phosphorus entering the Xian River were 6 607.3, 421.0 and 76.3 t/a respectively, mostly from urban life pollution. The total amount of total nitrogen entering the Xian River was 753.6 t/a, mostly from urban life pollution and effluent of wastewater treatment plants. In view of the complex characteristics of the drainage system in the region, reconstruction project of separation of rain and sewage for Zhongtang River and Sujia River is treated as the key work of water environment treatment. This provides a foundation for effectively improving water environmental quality in the small river basin.

**Key words** Pollutant; Source composition; Pollution characteristics; Amount of pollutants into river; Chaohu Lake Basin

巢湖是全国五大淡水湖之一, 在蓄洪、供水、航运、水产、旅游和维护生物多样性等方面发挥了巨大作用。河流是陆地生态系统和湖泊生态系统之间进行物质交换的通道, 已成为湖泊富营养化最大的驱动力<sup>[1]</sup>。巢湖流域中兆河、十五里河和南淝河等入湖河流进入巢湖的 TN、TP 分别占 TN、TP 输入量的 76.9% 和 68.5%<sup>[2]</sup>, 入湖河流的整治是有效解决巢湖水污染问题的首要任务, 流域水环境质量的影响因素多而复杂<sup>[3-4]</sup>, 准确地掌握入湖河流的污染物来源<sup>[5-7]</sup>、构成及污染物入河量成为开展入湖河流整治的难点<sup>[8]</sup>。在“控制增量、削化存量、扩大容量”的总体策略引导下, 近年来安徽省城建设计研究总院股份有限公司开展了流域内不同污染物排放负荷分布特征的研究, 并利用污染源与水环境目标之间的输入-响应关系, 明确污染源对目标河流控制断面水质的贡献率, 据此对污染源的排放进行监督管理, 削减污染物排放总量, 最终实现流域水环境的根本性改善。笔者拟通过污染源排放量-入河量-目标河流断面水质三位一体的系统分析<sup>[9]</sup>, 确定县河区域内主要污染物的来源及其对目标控制断面水质污染的贡献率, 以期入湖河流污染控制提供依据, 也为打造生态清洁小流域奠定基础。

## 1 研究区域及研究方法

**1.1 研究区概况** 县河位于巢湖西南侧庐江县境内, 庐江县下辖 17 个镇, 县河流域主要涉及行政区域有庐城镇、冶父山镇、泥河镇、万山镇、白湖镇、柯坦镇。其中, 流域大部分区域在庐城镇区域。总流域面积 148.36 km<sup>2</sup>, 流域内水系自西北向东南流入黄陂湖, 后分流兆河及西河(入裕溪河)进入巢湖

(图 1)。流域内水系丰富, 主要有中塘河、东大河、苏家河、马店河、舒庐干渠及其他相关支流, 主要水库有余月水库、移湖水水库、石板塘水库。根据县河小流域汇流特征, 将区域划分为 4 个片区: 苏家河+中塘河片区 61.6 km<sup>2</sup>、县河下游片区 39.6 km<sup>2</sup>、东大河片区 36.14 km<sup>2</sup>、马店河片区 11.02 km<sup>2</sup> (图 2)。根据合肥市环保局提供的县河与兆河交汇处断面水质监测数据, 2016 年县河水质基本处于地表水环境质量标准 (GB 3838—2002) 中的劣 V 类标准, 氨氮、总氮为主要超标因子, 而 2020 年县河的水质管理目标为 V 类。

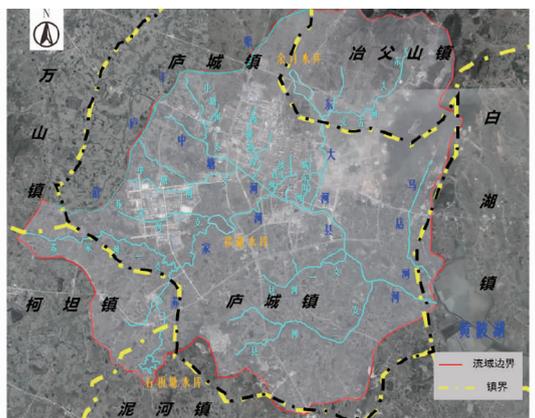


图 1 县河流域水系

Fig.1 Water system of Xian River Basin

## 1.2 研究方法

**1.2.1 污染源调查与统计。** 调查范围和主要内容主要为牵涉到县河流域范围内的点源和面源<sup>[10]</sup>, 并将污染源类型按属地分为城镇和农村污染源两类。根据 2016 年环境统计<sup>[11]</sup>、排污申报和环境保护部门等资料, 初步确定重点排污点和主要污染物排放量。对不同来源且数据差异较大或者缺少主要

**作者简介** 龚文娟(1988—), 女, 湖北襄阳人, 工程师, 硕士, 从事环境工程研究。

**收稿日期** 2018-07-01

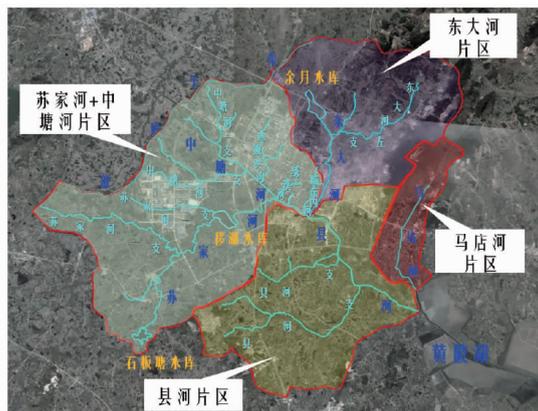


图2 县河流域水系分区

Fig.2 Water system division of Xian River Basin

污染物(COD<sub>Cr</sub>、氨氮、总氮、总磷)排放数据的排污点进行现场调查和监测。

针对城镇污染源,对地块进行网格化,精确调查每个地块中的排污单位<sup>[12]</sup>,如小区、企事业单位、学校、餐饮等,统计各排污单位的排放点、排污量、主要排放污染物、处置情况及排放情况等。在管网排查过程中,通过监视器观察管道内部状况并进行实时录像,以确定管道内部情况;针对农村污染源,调查包括村庄居住区面积及人口情况、生活垃圾种类、数量和处置方式、农村生活污水处置方式<sup>[13]</sup>、村庄范围内工业污染及防治情况、畜禽水产养殖情况、农业与土地利用情况等等的调查。

通过以上污染源的调查,弄清流域内污染源的类型及分布,然后根据汇-源关系进行污染源梳理和统计,使调查结果与流域范围相统一。

表1 不同污染源的污染物入河系数

Table 1 Contaminant into the river coefficient of different pollution sources

污染源 Pollution source	入河系数 Into the river coefficient	备注 Remark
点源 Point source		
工业废水	0.10~0.90	直排入河取 0.90;离河距离未知或 $L < 1$ km 取 0.30;离河 $L \geq 1$ km 取 0.10
城镇生活污染	1.00	纯生活污水排口
	0.85	城镇雨污混流的排口或沟渠
面源 Surface source		
规模化畜禽养殖	0.10~0.90	规模化养猪/牛场;直排入河取 0.90;离河距离未知或 $L < 1$ km 取 0.30;离河 $L \geq 1$ km 取 0.10
	0.10	规模化养鸡/鸭场
畜禽散养	0.06	—
水产养殖	0.10	—
农村生活污染	0.15	面源形式
农业种植	0.10	—
城镇地表径流	0.70	—
垃圾渗滤液	0.10~0.90	直排入河取 0.90;离河距离未知或 $L < 1$ km 取 0.30;离河 $L \geq 1$ km 取 0.10

## 2 结果与分析

### 2.1 流域污染物排放量

**2.1.1 区域污染源构成。**污染物排放的种类、数量、方式及途径决定其危害的范围和程度。污染源调查结果表明(表2),县河小流域 COD<sub>Cr</sub> 主要来源于城镇和农村生活污染源,二者分别占总负荷量的 50%和 20%;氨氮主要来源于城镇和农村生活污染源,二者分别占总负荷量的 53%和 20%;总氮主要来源于城镇生活污染源和农业种植,分别占总负荷量的

### 1.2.2 污染物排放量计算。

**1.2.2.1 城镇生活污染排放量。**根据各污水未纳管地块人口数量,参照相关计算手册<sup>[14]</sup>,计算排放量<sup>[15]</sup>,并通过排口水质各污染指标进行取样实测加以修正。

**1.2.2.2 工业污染排放量。**根据排污申报和环境保护管理部门监管资料,并经走访调查和取样监测复核,因流域工业废水已基本达标排放,初步计算发现,工业污染排放量占县河小流域总排放量比例不到 2%,故此计算暂不计入。

**1.2.2.3 污水厂尾水排放量。**按照环保局对安徽省白湖监狱管理分局、安徽省白湖阀门厂有限责任公司、庐江县益民污水处理有限公司的监测数据,各排放指标取年平均值得计算排放量。

**1.2.2.4 农业种植污染流失量。**按照农田占地面积调查计算结果,参照相关计算手册<sup>[16]</sup>,根据地形、作物轮作方式、种植种类,选取流失量<sup>[17]</sup>,并通过当地施肥量修正来测算污染量。

**1.2.2.5 农村生活污染排放量。**按照当地实际常住人口数量及单位人口污染物排放量计算<sup>[15,18]</sup>。

**1.2.2.6 畜禽水产养殖污染排放量。**根据流域内畜禽养殖方式、粪便清理方式等统计养殖数量并计算排污量<sup>[19]</sup>。

**1.2.2.7 地表径流污染排放量。**根据城镇实际占地面积及建成区的实际地表径流浓度检测值计算污染量。

**1.2.2.8 垃圾渗滤液污染排放量。**根据垃圾渗滤液实际产生量及其浓度检测值计算污染量。

**1.2.3 污染源入河系数的确定。**根据对现有资料的汇总<sup>[20]</sup>,初步确定不同污染源入河系数的变化范围,综合考虑控制单元、污染源类型、排放方式、排放口距河道长度等来确定污染源入河系数(表1)。

32%和 28%;城镇生活污染源对总磷的贡献量为 48%,其次为农村生活污染源,占 22%。

**2.1.2 污染源分布特征。**从图 3 可看出,中塘河+苏家河片区对县河总流域污染物排放量贡献最大,每年排放 COD<sub>Cr</sub> 4 715.3 t、氨氮 284.1 t、总氮 565.3 t、总磷 54.8 t,占县河小流域总排放量的 46%以上,主要污染源来自城镇生活污染;其次是县河下游片区和东大河片区,二者每年对县河小流域污染的贡献量分别在 COD<sub>Cr</sub> 22%和 23%,其氨氮、总氮和总磷

排放量所占的比例也均在 23% 左右,主要污染源来自城镇生活污染和农村生活污染;马店河片区对县河小流域的污染贡献

量较小,COD<sub>Cr</sub>、氨氮、总氮和总磷排放量分别占 4%、5%、6% 和 7%,主要污染源来自农村生活污染和填埋场垃圾渗滤液。

表 2 县河小流域主要污染源构成

Table 2 Composition of major pollution sources in Xian River basin

序号 No.	污染源 Pollutant source	COD <sub>Cr</sub>		氨氮 Ammonia nitrogen		总氮 TN		总磷 TP	
		排放量 Discharge t/a	占比 Proportion %	排放量 Discharge t/a	占比 Proportion %	排放量 Discharge t/a	占比 Proportion %	排放量 Discharge t/a	占比 Proportion %
1	城镇生活污染	4 629.8	50	310.8	53	394.7	32	57.0	48
2	污水厂尾水	730.0	8	73.0	13	219.0	17	7.3	6
3	农业种植	945.0	10	54.0	9	351.0	28	21.6	18
4	农村生活污染	1 861.5	20	119.1	20	242.0	19	26.1	22
5	规模化养殖	101.8	1	3.2	1	7.9	1	1.0	1
6	城镇地表径流	910.5	10	9.8	2	18.2	1	2.4	2
7	垃圾渗滤液	125.6	1	13.2	2	19.7	2	3.3	3
	合计 Total	9 304.2		583.1		1 252.5		118.7	

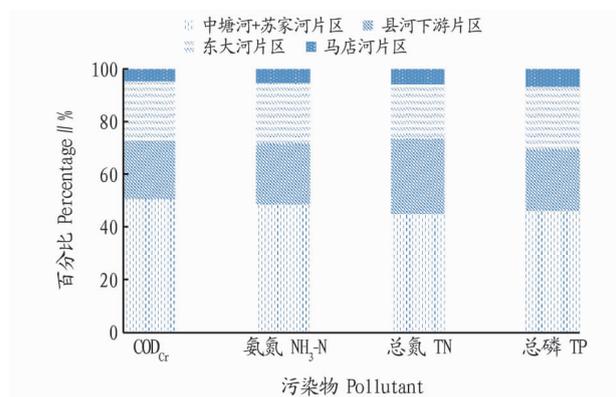


图 3 县河小流域各片区污染物总量对比

Fig.3 Comparison of total pollutants in each area of the county river basin

## 2.2 区域污染源特征

**2.2.1 生活污染特征。**生活污染源包括城镇生活和农村生活污染源。目前县河小流域范围内的集镇片区已基本覆盖污水收集管网,且庐江县城西污水处理厂和庐江县益民污水处理厂实际总运营规模约 4.2 万 t/d,排放标准分别执行地方标准中的准 IV 类标准和地表水一级 A 标准。部分集镇污水处理厂处于试运行、待建或规划阶段。区域农村生活污水基本未处理。

生活污水主要通过排放口直排、不完全分流制(混接分流制)管道雨季溢流、分流制雨水管道旱流等方式污染受纳水体。据探测结果和不完全统计,县河小流域范围内入明渠河道旱季污水排口共计 36 个,其中污水直接排口 12 个,雨污合流排口 24 个,现状雨污合流排口及截留井上游存在的污水错接点高达 570 个。城区雨污混接情况严重是导致污水排入河道,县河水体长期处于劣 V 类标准的主要原因,此外错综复杂的地下管线成为流域水环境治理的重点和难点。

**2.2.2 农业面源污染特征。**目前,种植业污染缺少有效控制措施,县河小流域共有耕地面积约 3 000 hm<sup>2</sup>,约占区域总面积的 20%。种植业污染源分散,空间差异大,且受到气象等随机条件影响,治理难度大,种植业总氮排放量占农业面源

排放总量的 97%,占县河小流域总污染排放量的 28%。现场调研发现,在柯坦镇小墩村 5 个养殖户存栏量共约 1 000 头猪,区域养殖业总体规模不大,畜禽粪便综合利用和处置率低。

**2.2.3 城镇地表径流污染特征。**城镇地表径流污染主要是由降雨径流的淋浴和冲刷作用产生的,其中初期雨水污染物浓度较高,根据对区域多次降雨的实测值,并取平均得到流域地表径流污染物浓度 COD<sub>Cr</sub> 71.7 mg/L、氨氮 1.1 mg/L、总氮 3.28 mg/L、总磷 0.21 mg/L,其中 COD<sub>Cr</sub> 超出地表水环境质量标准 V 类标准的 79%。

**2.2.4 垃圾渗滤液污染特征。**庐江县填埋场垃圾渗滤液是马店河片区的重要污染源,根据相关规范计算<sup>[21]</sup>,得到填埋场渗滤液日产生量约 200 t,且污染物浓度较高,是马店河片区污染治理的重点。

**2.3 污染物入河量计算** 由表 3 可知,城镇生活污水中 COD<sub>Cr</sub> 仍是目前重要的污染物来源,入河量占县河小流域总量的 63%,各类面源 COD<sub>Cr</sub> 入河量之和占县河小流域总量的 24%;氨氮和总磷的入河量污染物也主要来自城镇生活污染,分别高达 66% 和 67%;城镇生活污染和污水处理厂的尾水排放是总氮入河的主要污染源,分别占 47% 和 29%。

## 3 结论

(1) 城镇生活污染排放量较大,分别为 COD<sub>Cr</sub> 4 629.8 t/a、氨氮 310.8 t/a、总氮 394.7 t/a 和总磷 57.0 t/a,分别占县河小流域总排放量的 50%、53%、32% 和 48%,是县河小流域的主要污染源,其次是农村生活污染,最后是污水处理厂的尾水和农业种植污染。

(2) 中塘河+苏家河片区对县河流域的污染贡献量最大,每年排放 COD<sub>Cr</sub> 4 715.3 t、氨氮 284.1 t、总氮 565.3 t、总磷 54.8 t,占县河小流域总排放量的 46% 以上,其次是县河下游片区和东大河片区,马店河片区对县河小流域的污染贡献量较小。

(3) 县河小流域范围内入明渠河道旱季污水排口和污水错接点众多,城区雨污混接情况严重,是流域水环境治理的重点和难点,农村生活污水、农业面源、城镇地表径流及填埋

场垃圾渗滤液等的治理是解决流域水污染问题不可忽略的部分。

表3 县河小流域各片区主要污染源排放量及入河量

Table 3 Discharges of major pollution sources and river inflows in each district of Xian River basin

分区 Partition	污染源类型 Source type	污染源排放量 Pollution source discharge/(t/a)				入河量 Into the river discharge//t/a			
		COD <sub>Cr</sub>	氨氮 Ammonia nitrogen	总氮 TN	总磷 TP	COD <sub>Cr</sub>	氨氮 Ammonia nitrogen	总氮 TN	总磷 TP
中塘河+苏家河片区 Zhongtang River + Sujiahe Area	城镇生活污染	2 730.2	178.5	234.6	32.3	2 457.2	160.7	211.1	29.1
	污水厂尾水	365.0	36.5	109.5	3.7	365.0	36.5	109.5	3.7
	农业种植	315.0	18.0	117.0	7.2	63.0	3.6	23.4	1.4
	农村生活污染	657.0	42.1	85.4	9.2	197.1	12.6	25.6	2.8
	规模化养殖	101.8	3.2	7.9	1.0	30.5	1.0	2.4	0.3
	城镇地表径流	546.3	5.9	10.9	1.4	491.7	5.3	9.8	1.3
县河下游片区 Downstream of Xian River	城镇生活污染	675.0	43.0	54.0	8.5	607.5	38.7	48.6	7.7
	污水厂尾水	365.0	36.5	109.5	3.7	365.0	36.5	109.5	3.7
	农业种植	315.0	18.0	117.0	7.2	63.0	3.6	23.4	1.4
	农村生活污染	547.5	35.0	71.2	7.7	164.3	10.5	21.4	2.3
	城镇地表径流	182.1	2.0	3.6	0.5	163.9	1.8	3.3	0.4
	东大河片区 Dongdahe District	城镇生活污染	1 224.6	89.3	106.1	16.2	1 102.1	80.4	95.5
农业种植	252.0	14.4	93.6	5.8	50.4	2.9	18.7	1.2	
农村生活污染	438.0	28.0	56.9	6.1	131.4	8.4	17.1	1.8	
城镇地表径流	182.1	2.0	3.6	0.5	163.9	1.8	3.3	0.4	
马店河片区 Madianhe District	垃圾渗滤液	125.6	13.2	19.7	3.3	113.0	11.8	17.8	3.0
	农业种植	63.0	3.6	23.4	1.4	12.6	0.7	4.7	0.3
	农村生活污染	219.0	14.0	28.5	3.1	65.7	4.2	8.5	0.9
合计 Total		9 304.2	583.2	1 252.4	118.8	6 607.3	421.0	753.6	76.3

(4) 城镇生活污染中 COD<sub>Cr</sub> 入河量占县河小流域总入河量的 63%, 各类面源 COD<sub>Cr</sub> 入河量之和占县河小流域总量的 24%; 氨氮和总磷的入河量污染物也主要来自城镇生活污染, 分别高达 66% 和 67%; 城镇生活污染和污水处理厂的尾水排放是总氮入河的主要污染源, 分别占 47% 和 29%。以城镇生活污染治理为重点的源头截污工程是县河流域污染治理的核心<sup>[22]</sup>。

#### 参考文献

[1] 谢平. 翻阅巢湖的历史[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 62-63.  
 [2] 安徽省规划编制领导小组. 巢湖流域综合防治规划(2001-2015)[R]. 2001.  
 [3] 孟伟, 张楠, 张远, 等. 流域水质目标管理技术研究(I)——控制单元的总量控制技术[J]. 环境科学研究, 2007, 20(4): 1-8.  
 [4] 奚姗姗. 巢湖水体氨、磷结构特征、环境效应与防控对策研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2016.  
 [5] 王书航, 姜霞, 金相如. 巢湖入湖河流分类及污染特征分析[J]. 环境科学, 2011, 32(10): 2834-2839.  
 [6] 张利民, 刘伟京, 尤本胜, 等. 太湖流域漕桥河污染物来源特征[J]. 环境科学研究, 2009, 22(10): 1150-1155.  
 [7] 彭军, 司友斌, 张震. 巢湖流域规模化畜禽养殖场污染现状与环境管理对策[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(1): 314-316, 417.  
 [8] 刘改妮, 王鹏腾, 季海波, 等. 巢湖流域面源污染现状分析及对策[C]// 2014 中国环境科学学会学术年会(第三章). 北京: 中国环境科学学会, 2014: 1-4.

[9] 宋国君, 傅德黔, 姜岩. 论水污染物排放统计指标体系[J]. 中国环境监测, 2006, 22(4): 37-42.  
 [10] 国务院. 国务院关于印发《水污染防治行动计划》的通知: 国发[2015] 17号[A]. 2015.  
 [11] 合肥市统计局. 2016 合肥市统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2016.  
 [12] 中华人民共和国环境保护部办公厅. 关于印发《水体达标方案编制技术指南(试行)》的函: 环办函[2015] 1711号[A]. 2015.  
 [13] 侯京卫, 范彬, 曲波, 等. 农村生活污水排放特征研究述评[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(2): 964-967.  
 [14] 国务院第一次全国污染源普查领导小组办公室. 第一次全国污染源普查城镇生活源产排污系数手册[Z]. 2008.  
 [15] 环境保护部. 农村环境连片整治技术指南: HJ 2031—2013[S]. 环境保护部, 2013.  
 [16] 国务院第一次全国污染源普查领导小组办公室. 第一次全国污染源普查农业污染源肥料流失系数手册[Z]. 2009.  
 [17] 王桂苓, 马友华, 孙兴旺, 等. 巢湖流域麦稻轮作农田径流氮磷流失研究[J]. 水土保持学报, 2010, 24(2): 6-10, 29.  
 [18] 孙兴旺. 巢湖流域农村生活污水源产排污特征与规律研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2010.  
 [19] 国务院第一次全国污染源普查领导小组办公室. 第一次全国污染源普查畜禽养殖业产排污系数与排污系数手册[Z]. 2009.  
 [20] 孟伟. 流域水污染物总量控制技术示范[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2008: 50-56.  
 [21] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 生活垃圾卫生填埋场岩土工程技术规范: CJJ 176-2012[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.  
 [22] 吴蕾, 朱慧雯. 巢湖流域城市型重污染河流综合治理技术研究: 以合肥市十五里河为例[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(30): 206-209.