水 利 学 报

2021年2月 SHUILI XUEBAO 第52卷 第2期

文章编号:0559-9350(2021)02-0150-08

脏盆理论——一种基于河湖水质影响的地表水资源评价新方法

黄本胜[1,2,3,4], 李深林[1,2,3,5], 邱 静[1,2,3,4], 胡 培[1,2,3,4], 刘 达[1,2,3,4]

(1. 广东省水利水电科学研究院，广东 广州 510635；2. 河口水利技术国家地方联合工程实验室，广东 广州 510635；3. 广东省水安全科技协同创新中心，广东 广州 510635；4. 南方海洋科学与工程广东省实验室(珠海)，广东 珠海 519000；5. 广东工业大学环境生态工程研究院，广东 广州 510006)

摘要：粗放且剧烈的人类活动造成了严重的水环境污染，进一步恶化了水资源使用条件，靠水而居却无水可用的窘境成为制约人类社会可持续发展的重大瓶颈。粤港澳大湾区的珠三角九市正是处于该发展阶段的典型区域之一。结合珠三角九市发展现状和水资源水环境问题，提出一种基于河湖水质影响的地表水资源评价新方法，评估水环境污染对地区水资源开发利用产生的危害，探究水污染防治策略。研究结果表明：(1)现状由于污染物大量排放，导致大湾区珠三角九市损失13.8%的地表水资源，广州和深圳等经济相对发达的网河区六市的地表水资源损失比例高达34.1%；(2)要显著降低地表水资源损失量，污水收集处理率至少要提高到90%以上；(3)采用一级A标准将所有生活污水处理后排放，仍存在地表水资源损失量，提高污水处理的出水标准十分必要。研究成果有利于促使社会群众和决策者形成对水环境污染危害的直观印象，提高社会水环境保护意识，为水资源保障和水环境治理战略决策提供技术支撑。

关键词：脏盆理论；水资源；水环境；污水处理；粤港澳大湾区；珠三角九市

中图分类号：X37 **文献标识码：**A **doi：**10.13243/j.cnki.slxb.20200503

1 研究背景

由于水的复杂特性，不同行业、不同部门对于水资源的理解不尽相同，而随着人类认识的改变和生产生活的需要，对水资源的评价理论也不断更新发展[1-3]。

国外开始使用“水资源”一词较早，《大不列颠大百科全书》解释水资源为“全部自然界任意形态的水”，而1963年英国的水资源法中，定义水资源为(地球上)具有足够数量的可用水源，突出了“可使用性”。1977年联合国世界水会议建议，水资源应指“可资利用或可能被利用的水源，这个水源应具有足够的数量和可用的质量”[4-6]。

国内从1980年代初对“水资源”一词正式使用，大量科研技术人员对其进行了深入研究，取得了丰富的研究成果。王浩等[7]提出了水资源的评价准则及其计算口径，建立了广义水资源、狭义水资源、生态耗用水量和国民经济可利用量计算方法；贾仰文等[8-9]提出了基于流域水循环模型的广义水资源评价方法和具体计算公式；陈显维[10]综述了国内外有关水资源和水资源可利用量的概念和定义；王忠静等[11]提出基于物理参数的分布式水文模型用于变化环境下水资源评价方法的原理；李佩成等[12]从水的社会属性出发，讨论景观水资源的概念内涵；张蕾等[13]将水功能区目标水质与实际水质对比，在估算各水功能区水资源可利用量基础上，将不满足水功能区功能要求的水资源数量进行

收稿日期：2020-07-14；网络首发时间：2021-01-09

网络首发地址：http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1882.TV.20210106.1722.001.html

基金项目：国家重点研发计划项目(2016YFC0402603)；中国工程院重大咨询研究项目(2019-ZD-34-01)；广东省软科学研究计划项目(2018B020207004)；广东省水利科技创新项目(2015-08，2017-13)

作者简介：黄本胜(1965-)，教授级高级工程师，博士生导师，主要从事水文学与水资源、水力学及河流动力学研究。E-mail：1024701585@qq.com

通讯作者：李深林(1991-)，博士，主要从事水文水资源研究。E-mail：403973199@qq.com

剔除，提出有效水资源可利用量概念并给出计算方法。

从水文学角度，水资源量是指一定区域内由降雨产生的，河川径流量与地下水补给量之和扣除重复计算量。该定义从科学宏观情况来说是完整的适应的，但是对于人类活动密集的城镇区域来讲，适用性不足。水资源短缺问题已成为城市化进程加快和社会经济持续发展的重要制约因素[14-17]，而城市粗放型发展造成的水环境污染进一步加剧了水资源短缺问题[18-21]。在评价城市区域水资源时，如不考虑城市人口和产业集聚排污造成河湖水质污染、进而导致汇入径流无法被充分利用的普遍现象，不仅给水资源的计算和评价带来误解，更可能造成水资源规划、合理开发利用及环境保护的问题和损失。本文提出“脏盆理论”，以珠三角九市为例，讨论基于河湖水质影响的水资源评价新方法，量化评估人类活动对水资源水环境造成的客观影响，以促进区域水资源保障和生态文明建设。

2 研究方法

2.1 “脏盆理论”基本思路 区域降雨经过产汇流过程形成本地地表水资源。然而由于密集粗放的人类活动，大量污染物随意排放，对本地河湖水环境造成严重污染，“死水河”、“黑臭水体”频繁出现，形成一个个地表“脏盆”。位于城乡结合部的乡镇工业区域，治污体系不完善的工业和城市区域等等都是典型的“脏盆”区域(图1)。当降雨落入这些“脏盆”，“清水”也变为“脏水”，不仅无法被有效利用，还因为混合了大量污染物而成为污染源。对本地来讲，这类水源的“资源”属性已经不复存在，不应该算入本地水资源量。基于以上普遍事实，本研究提出“脏盆理论”，构建基于河湖水质影响的本地地表水资源评价新方法，对本地地表水资源的定义和计算方法进行重新思考。这对于水环境污染地区真实理解本地水资源状态，科学开展水资源管理决策，以及提升社会对水环境保护和节约用水的意识都具有重要意义。

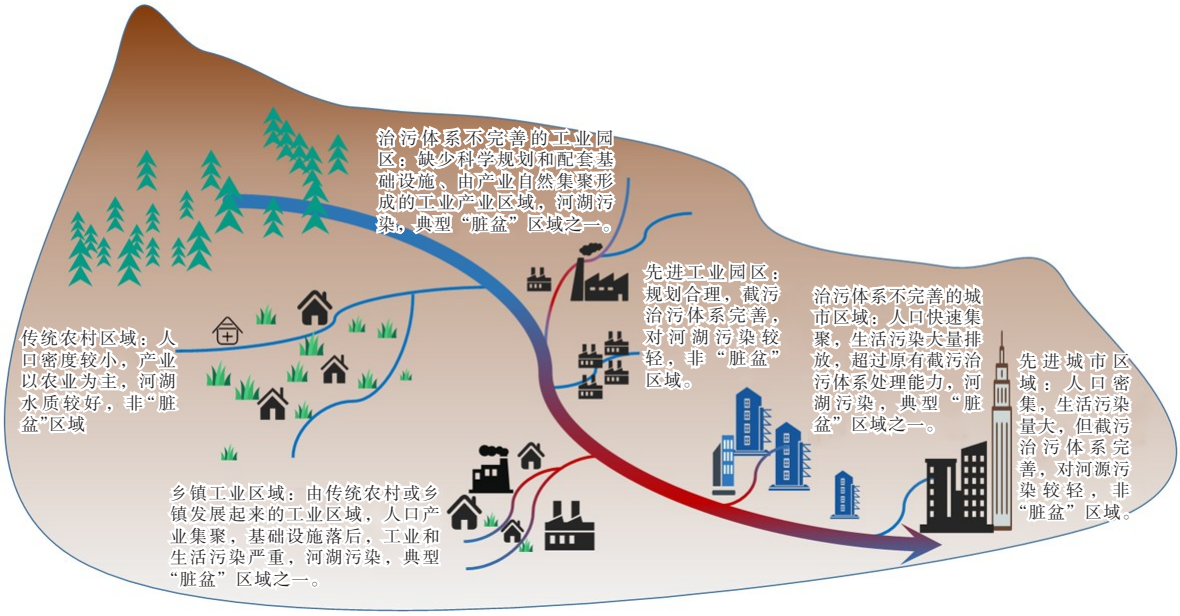

图1 典型“脏盆”区域

“脏盆理论”的核心，是当区域内河湖水质较差，降雨产生的地表径流汇入后即受到污染，无法达到可使用的水质要求时，视该部分径流量为“地表水资源损失量”，将其从传统评估方法计算得到的地表水资源量中扣除，以此对区域地表水资源进行重新评估。

2.2 “脏盆理论”计算方法 根据研究区域实际情况，可以选择流域单元计算法和网格单元计算法。

(1)流域单元计算法。在一定区域内，以子流域为计算单元，根据设定的水质要求，以子流域出口断面水质判断区域产生的地表径流是否满足水质要求，对不满足要求的予以扣除，从而评估全区

域地表水资源。该方法要求区域内各个子流域边界清晰，节点断面的径流量和水质数据完整。

(2)网格单元计算法。在一定区域内，以人工网格为计算单元，估算各网格一定时期内降雨产生的地表径流量和污染物入河总量，将其比值(可近似理解为稀释浓度)与设定的水质要求对比，如果劣于水质要求，扣除相应网格的地表水资源量，从而评估全区域地表水资源。在流域边界不清晰，河涌短小交错，水动力条件较差的河网地区，可以利用网格单元计算法近似估算地表水资源损失量。

网格大小的选择对评估结果的科学性至关重要。过大的网格可能同时覆盖了脏盆区域和非脏盆区域，导致评价结果失真。较小的网格可以保证网格内水污染特征保持统一，但是对网格内污染物排放数据的精度要求更高。为兼顾科学性和可操作性，网格可利用土地利用类型数据套县区等行政区边界进行划分。

具体计算步骤为：(1)将研究区域划分为合适的若干子区域，编号为j(j=1，2，…，N)；(2)对子区域j，计算一定时期内(例如一年)i类别污染物质的入河量M_{ji}，以及同周期内区域降雨产生的地表水资源量q_j，将其比值视为编号j的子区域内，i类别污染物质的稀释浓度，计做C_{ji}(如式1所示)。M_{ji}按照网格单元内的污染源类别，产污系数和入河系数进行估算，q_j可按径流系数法进行估算，也可参考区域水资源公报数据，利用面积比进行估算；(3)将C_{ji}与i类别污染物质达标浓度$C0_i$进行比较，如果$C_{ji}<C0_i$，j区域的地表水资源q_{j0}等于传统评估方法计算得到的地表水资源量q_j，反之，地表水资源q_{j0}为0(如式2所示)；(4)各子区域q_{j0}之和为研究区域应用“脏盆理论”计算得到的地表水资源Q_0(如式3所示)；(5)传统评估方法和基于“脏盆理论”评估方法计算结果的差值($Q-Q_0$)，即为研究区域地表水资源损失量Q_s(如式4所示)。

$$C_{ji}=\frac{M_{ji}}{q_j} \tag{1}$$

$$q_{j0}=\begin{cases} q_j & C_{ji}<C0_i \\ 0 & C_{ji}>C0_i \end{cases} \tag{2}$$

$$Q_0=\sum_{j=1}^{N} q_{j0} \quad j=1，2，\cdots，N \tag{3}$$

$$Q_s=Q-Q_0 \tag{4}$$

3 研究区域

以位于粤港澳大湾区的珠三角九市(广东省广州市、深圳市、珠海市、佛山市、惠州市、东莞市、中山市、江门市、肇庆市)作为研究区域。珠三角九市面积5.48万km^2，2018年常住人口6300万，经济总量8.1万亿元，约占全国经济总量的9%，是我国开放程度最高、经济活力最强的区域之一，是粤港澳大湾区发展战略的重要载体，在国家发展大局中具有重要战略地位。

然而，大湾区珠三角九市面临相当凸出的水资源和水环境问题。珠三角九市用水总量高达221.1亿m^3，占广东省用水总量的52.5%，给当地水资源供给保障形成了巨大压力。部分城市本地水资源量严重偏少，尤其是深圳市和东莞市，人均水资源量分别只有229和289 m^3，属于严重缺水城市。为保障城市用水需求，耗费了巨大的财力和物力修建大型水资源输送工程，如东深供水工程、广州西江引水工程和珠江三角洲水资源配置工程等。水环境污染是威胁区域水资源安全保障的另一重要因素，人口集聚产生的大量污染物质严重污染了区域水环境，内河涌水质状况很不乐观，在枯水年和枯水季常面临有水不能喝的困境。

珠三角九市作为水资源紧缺与水环境污染问题均十分突出的典型区域，研究其水环境污染对本地水资源的损害关系，有助于多角度评价本地水资源和水环境状况，为解决水资源紧缺和水环境污染问题的战略决策提供理论依据。

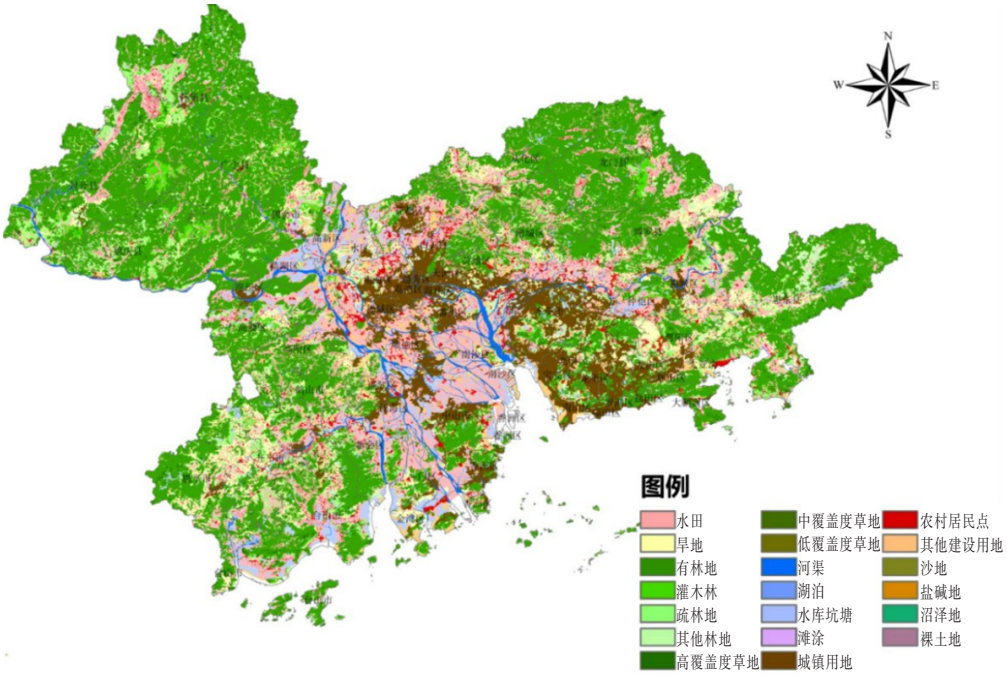

图2　珠三角九市土地利用分布

鉴于珠三角河网区水系众多，流域边界模糊，河涌流量和水质数据掌握不足等因素，研究选择网格单元计算法进行计算：按照珠三角九市各县区级(或镇级)行政单位边界划分109个子区域，选择氨氮作为评价污染物质，以2018年为典型年，按子区域计算氨氮年入河量和年地表径流量。需要特别说明的是：(1)根据利用目的不同，对水体中不同污染物指标及其浓度要求各异。本研究中选择不同水资源利用目的中普遍考虑的氨氮作为评价污染物质开展示例研究，达标浓度选择2.0 mg/L。2.0 mg/L为Ⅴ类水质和劣Ⅴ类水质的临界值，也是区域水环境管理中重点关注的水质指示浓度之一。选择2.0 mg/L的氨氮浓度作为达标浓度具有一定的代表性；(2)根据经验，水环境污染一般出现在人口集聚的城镇区域，因此本文在计算时，利用2015年土地利用数据成果[22]，重点计算了各子区域的城镇和其他建设用地的地表水资源和居民生活排污量，设定其他土地类型(如水田或林草地)内污染物稀释浓度满足达标浓度要求。

4　结果与讨论

4.1　现状地表水资源损失量　水资源公报发布的地表水资源量和“脏盆理论”计算得到的地表水资源结果如表1和图3所示。根据水资源公报，珠三角九市2018年地表水资源量共计637.92亿m^3，而根据“脏盆理论”计算，则为549.67亿m^3，地表水资源损失量为88.25亿m^3，损失比(地表水资源损失量占水资源公报中地表水资源量的比重)为13.83%。该损失量体量巨大，相当于珠三角九市2018年用水总量(221.1亿m^3)的40%，是深圳市年用水总量(20.33亿m^3)的4.3倍，是珠江三角洲水资源优化配置工程设计年调水量(17.06亿m^3)的5.2倍。其危害影响，不仅是计为损失量的这部分水资源无法使

表1　珠三角九市2018年本地地表水资源量和损失量

	网河区六市							非网河区三市				珠三角九市
	广州	深圳	东莞	珠海	佛山	中山	小计	惠州	江门	肇庆	小计	
水资源公报/亿m^3	73.75	29.08	23.65	19.73	35.69	22.5	204.4	125.39	159.23	148.9	433.52	637.92
“脏盆理论”/亿m^3	57.69	16.01	9.38	13.85	22.05	15.80	134.78	116.90	156.34	141.66	414.9	549.67
损失量/亿m^3	16.06	13.07	14.27	5.88	13.64	6.70	69.62	8.49	2.89	7.24	18.62	88.25
损失比/%	21.78	44.96	60.34	29.81	38.23	29.76	34.06	6.77	1.81	4.86	4.30	13.83

用，而且会扩散污染其他过境水资源，进一步加重了水环境治理的成本。

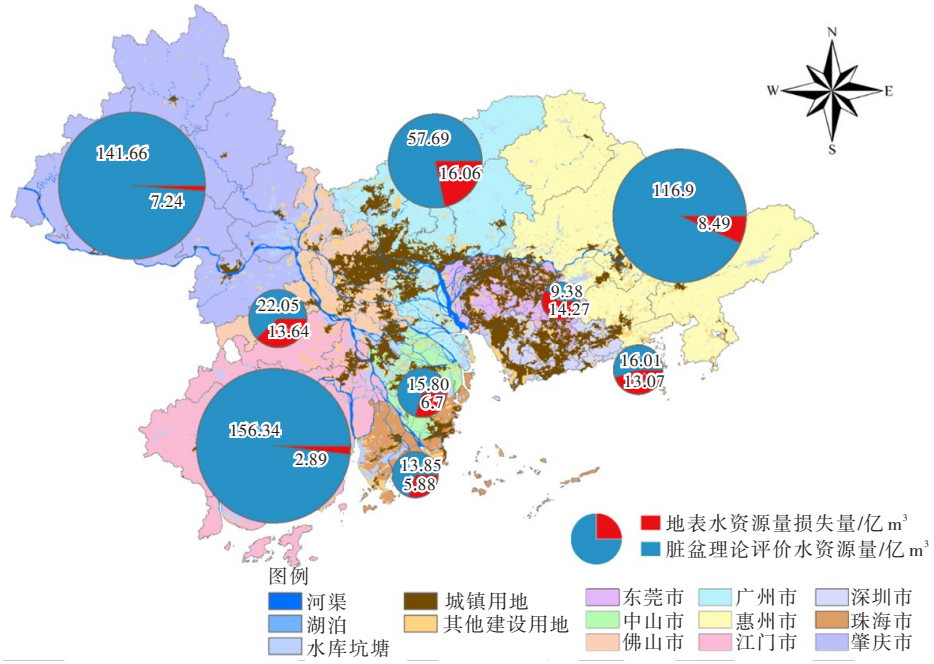

图3　珠三角九市地表水资源损失量分布

从图3可知，不同地市地表水资源损失量也存在较大差异。地表水资源损失量最大的是广州市，为16.06亿 m^3，相当于广州市2018年用水总量(64.39亿 m^3)的24.9%，人均地表水资源从495 m^3降为387 m^3；其次为东莞市、佛山市、深圳市，分别损失14.27亿 m^3、13.64亿 m^3和13.07亿 m^3；最小的是江门市，为2.89亿 m^3。从损失比来看，损失比最高的是东莞市，达到了60.34%；其次是深圳市，为44.96%；佛山市、珠海市、中山市和广州市的比重也较高，分别达到38.23%、29.81%、29.76%和21.78%。占比较小的是惠州、江门和肇庆市，只占本地地表水资源量的1%～7%。总体而言，水资源损失量评价结果与各地市实际水污染情况基本相符，位于珠三角网河区的广州、东莞、深圳、佛山等地人口和产业密集，排污量大，内河涌污染较普遍，相应的地表水资源损失量较大，占本地水资源量比重较高，网河区六市地表水资源损失量达到69.62亿 m^3，损失比达到34.04%。非网河区地市，包括肇庆、江门和惠州，人口和产业排污总量相对较少，密集排污的区域也较少，相应的地表水资源损失量小，占本地地表水资源量的比重也较小，非网河区三市地表水资源损失量18.62亿 m^3，损失比为4.3%。广州、东莞、深圳、佛山等地的本地地表水资源量本就偏少，根据“脏盆”分析，河湖水质污染又导致其地表水资源遭受大比例损失，同时污染了过境水资源，进一步加剧了当地水资源紧张局势。

4.2　应用“脏盆理论”评价污水处理效果　“脏盆理论”不仅可以有效评估河湖水质影响下的水资源量，还可应用于评价城市不同污水处理规模和标准对改善水环境、降低区域地表水资源损失的影响。选择污水收集处理率和出水标准作为变量，计算不同水平的收集处理率和出水水平条件下，区域地表水资源损失量的变化情况。污水收集处理率取值范围为0～100%，出水水质选择准Ⅳ类，准Ⅴ类，一级A，一级B和二级等5种标准。结果如图4所示。

研究结果展示的第一个特征是，当污水收集处理率较低时，对降低地表水资源损失量几乎没有影响。如图4所示，当污水集中收集处理率低于90%，地表水资源的损失量仍然较大，说明剩余未经处理的排污量仍然超出本地地表水资源量的稀释能力。当污水集中处理率达到90%以上时，损失量才显著减少，说明只有当城镇截污比例达到较高水平时，才能达到显著改善地表水环境的效果。

结果展现的第二个特征是，如果采用一级A或者更低的出水标准，即使污水处理率达到100%，

仍然无法避免地表水资源存在损失。如图4所示，当污水处理率为100%时，采用一级A出水标准，珠三角九市的地表水资源损失量为6.19亿m^3，当采用一级B或者二级出水标准时，损失量还更高，分别达到48.13亿m^3和85.82亿m^3。只有当出水标准达到准Ⅴ类或者准Ⅳ类时，地表水资源损失量才有可能降为0。这也解释了有些地区全面截污处理后，由于出水标准过低，仍然无法根治水污染问题的现象。据调查，珠三角九市现状污水处理能力为2246.1万m^3/d，其中达到一级A和一级B出水标准的分别为919.8万m^3/d和671.7万m^3/d，合计占比达到了70.9%，准Ⅳ类和准Ⅴ类的分别为423.5万m^3/d和84万m^3/d，合计占比只有22.6%，且基本都集中在深圳。可见，现状珠三角九市的污水处理标准普遍偏低，为进一步改善水环境，降低地表水资源损失，污水处理提标改造尤为必要。

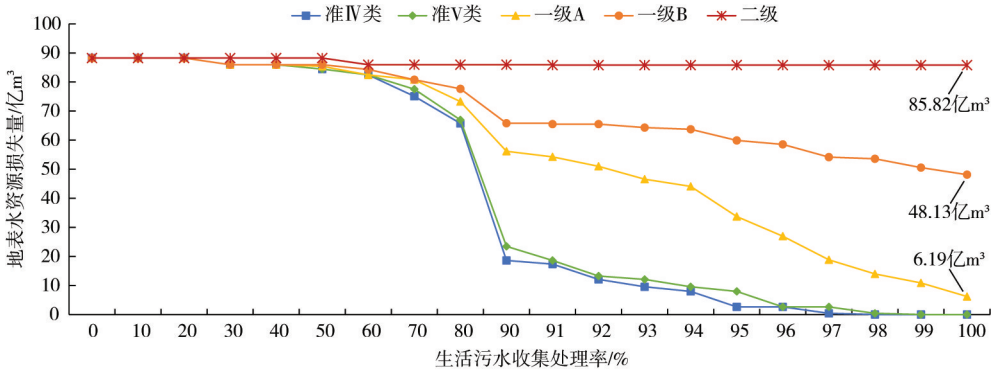

图4　不同污水处理率和出水标准条件下的地表水资源损失量变化

4.3　“脏盆理论”的现实意义　由以上结果可知，“脏盆理论”：(1)量化了水环境污染对水资源的影响。基于对降雨产流受到地表环境污染影响而无法被有效利用的普遍事实，本研究分析提出了“脏盆理论”。对“脏盆”影响下地表水资源损失量的量化表达，有利于深化对水环境污染的危害以及本地水资源紧张局势的认识。研究结果显示，广州市地表水资源从73.75亿m^3降为57.69亿m^3，减少了21.78%，东莞市从23.65亿m^3降为9.38亿m^3，减少了60.34%。巨大的损失量或者损失比直观地说明了水环境污染加剧了本地水资源紧张局势。同时，通过评估“脏盆”影响下的本地地表水资源，决策者和规划者可多角度审视地区水资源条件，更加合理地制定地区水资源开发和保护策略；(2)拓宽了水资源安全保障战略思路。当下缓解区域水资源短缺问题的常用手段是修建跨流域调水、远距离输水等水利工程，如粤港澳大湾区境内的东深供水工程，广州西江引水工程和珠江三角洲水资源配置工程等。而通过“脏盆理论”计算，珠三角九市本地水资源存在巨大的“损失量”。如果采取有效的防污治污手段，对本地水环境进行整治，不仅可以改善人居环境，提升城市发展质量，同时可以有效涵养本地水资源，降低“损失量”，提高可利用性，为本地水资源安全保障提供新的战略思路。

4.4　“脏盆理论”的完善方向　作为新提出的概念和方法，“脏盆理论”仍存在进一步改进的空间，比如：(1)水污染评价物质和达标浓度的确定。水资源使用的目的不同，对水质的要求就存在差异，对地表水资源损失量的评价结果也不尽相同。因此，应用“脏盆理论”评价地表水资源损失量需要根据地区实际用水要求，清晰地定义要满足的水质目标要求；(2)雨污分流等工程对降低地表水资源损失量的贡献。“脏盆理论”提出的事实基础是，自然状态下，降雨产流与地表受污染水体混合后受到污染，无法被有效利用。然而，人工措施(例如雨污分流、初雨水收集处理等)可以改变自然汇流条件，避免清水、污水混合变成脏水。本文现阶段只讨论了截污治污对降低地表水资源损失量的影响，雨污分流等工程对降低地表水资源损失量的贡献也值得进一步深入研究。(3)水体自净过程的影响。河湖水体都具有一定流动性，流动水体的自净能力与其流动速度有密切关系[23]。由于水体自净能力，“脏水”流动一定距离之后可能变为“净水”。然而，由于珠三角网河区感潮河段受潮汐影响存在往复流现象，以及“脏盆”区域由于内源污染造成长期的“脏盆”效应，等等，水体自净过程在地表水资源损失量的评估中，影响作用十分复杂，需要深入研究，以进一步完善“脏盆”理论体系和计算方法。

5 结论

本研究基于城市群普遍存在的水污染问题，提出了“脏盆理论”——一种基于河湖水质影响的地表水资源评价新方法。对粤港澳大湾区珠三角九市因河湖污染造成的地表水资源损失量展开评价。结果表明，由于污染物大量排放，2018年珠三角九市的地表水资源损失了13.8%；损失量主要分布在广州、深圳、东莞等珠三角网河区城市，其损失比例高达34.1%；提高区域污水收集处理率和污水处理标准，对于减少地表水资源损失十分关键。本研究成果丰富了水资源量评估理论，为地区科学判断本地水资源形势，解决日益严重的水资源紧缺和水环境污染问题，合理规划水资源开发和水环境保护战略布局提供了有力的理论支撑。

参 考 文 献：

[1] 王浩，王建华，秦大庸，等．基于二元水循环模式的水资源评价理论方法[J]．水利学报，2006，37(12)：99-105．

[2] 《水科学进展》编辑部．笔谈：水资源的定义和内涵[J]．水科学进展，1991，2(3)：206-215．

[3] 王建华，江东，姚治君，等．现代水资源评价及水资源学学科体系研究[J]．地球科学进展，2002，17(1)：12-17．

[4] 杨志峰，曾勇．跨边界区域水资源冲突与协调模型与应用(Ⅰ)模型体系[J]．环境科学学报，2004，24(1)：71-76．

[5] 刘昌明，王红瑞．浅析水资源与人口、经济和社会环境的关系[J]．自然资源学报，2003，18(5)：635-644．

[6] 薛惠锋，岳亮．可持续发展与水资源的定义和内涵[J]．经济地理，1995(2)：39-43．

[7] 王浩，秦大庸，陈晓军，等．水资源评价准则及其计算口径[J]．水利水电技术，2004，35(2)：1-4．

[8] 贾仰文，王浩，仇亚琴，等．基于流域水循环模型的广义水资源评价(Ⅰ)——评价方法[J]．水利学报，2006，37(9)：1051-1055．

[9] 贾仰文，王浩，仇亚琴，等．基于流域水循环模型的广义水资源评价(Ⅱ)——黄河流域应用[J]．水利学报，2006，37(10)：1181-1187．

[10] 陈显维．国内外水资源可利用量概念和计算方法研究现状[J]．水利水电快报，2007，28(2)：7-10．

[11] 王忠静，杨芬，赵建世，等．基于分布式水文模型的水资源评价新方法[J]．水利学报，2008，39(12)：1279-1285．

[12] 李佩成，薛惠锋．论景观水资源[J]．水科学进展，1995，6(4)：336-340．

[13] 张蕾，赖国友，刘伟成，等．有效水资源可利用量探讨[J]．水资源保护，2006，22(1)：36-38．

[14] 夏军，张永勇，王中根，等．城市化地区水资源承载力研究[J]．水利学报，2006，37(12)：1482-1488．

[15] 张永勇，夏军，王中根．区域水资源承载力理论与方法探讨[J]．地理科学进展，2007，26(2)：126-132．

[16] 刘晶，鲍振鑫，刘翠善，等．近20年中国水资源及用水量变化规律与成因分析[J]．水利水运工程学报，2019(4)：31-41．

[17] 刘佳骏，董锁成，李泽红．中国水资源承载力综合评价研究[J]．自然资源学报，2011，26(2)：258-269．

[18] 张利平，夏军，胡志芳．中国水资源状况与水资源安全问题分析[J]．长江流域资源与环境，2009，18(2)：116-120．

[19] 邱国玉，张晓楠．21世纪中国的城市化特点及其生态环境挑战[J]．地球科学进展，2019，34(6)：640-649．

[20] 宋先松，石培基，金蓉．中国水资源空间分布不均引发的供需矛盾分析[J]．干旱区研究，2005，22(2)：162-166．

[21] 杨小宁．水污染对城市水资源存量的影响[J]．中国化工贸易，2016，8(3)：268-269．

[22] LIU X P，HUANG Y H，XU X C，et al．High-spatiotemporal-resolution mapping of global urban change from 1985 to 2015[J]．Nature Sustainability，2020(3)：564-570．

[23] HUANG B S，HONG C H，DU H H，et al．Quantitative study of degradation coefficient of pollutant against the flow velocity[J]．Journal of Hydrodynamics A，2017，29(1)：118-123．

Dirty basin theory: a new method of water resources evaluation considering influence of river and lake water quality

HUANG Bensheng[1, 2, 3, 4], LI Shenlin[1, 2, 3, 5], QIU Jing[1, 2, 3, 4], HU Pei[1, 2, 3, 4], LIU Da[1, 2, 3, 4]

(1. *Guangdong Research Institute of Water Resources and Hydropower*, *Guangzhou* 510635, *China*;
2. *National and local Joint Engineering Laboratory of Estuarine Water technology*, *Guangzhou* 510635, *China*;
3. *Guangdong Water Security Collaborative Innovation Center*, *Guangzhou* 510635, *China*;
4. *Southern Marine Science and Engineering Guangdong Laboratory(Zhuhai)*, *Zhuhai* 519000, *China*;
5. *Institute of Environmental & Ecological Engineering*, *Guangdong University of Technology*, *Guangzhou* 510006, *China*)

Abstract: Extensive and intense human activities have caused serious water environment pollution, which is adverse to exploitation of water resources. The predicament of living by water but having no water available has become a major bottleneck restricting the sustainable development of human society. The nine cities in Pearl River Delta in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area is one of the typical areas in such predicament. In this paper, a dirty basin theory was proposed to evaluate the harm of water environment pollution to exploitation of water resources, and to explore strategies addressing water resources and environment problems. The results show that: (1) Excessive human pollution emissions can cause a 13.8% loss of water resources in the nine cities, and a 34.1% loss in six developed cities (Guangzhou, Shenzhen, et al.); (2) To significantly reduce the loss of water resources, at least increase the sewage collection and treatment rate to more than 90%; (3) When all domestic sewage is treated following class A standard, the loss of water resources still exists, so it is necessary to upgrade the sewage treatment standard. The research results can help the public and decision makers to get an intuitive impression of the harm of water environment pollution, improve the social awareness of water environment protection, and provide technical support for the strategic decision of water resources security and water environment governance.

Keywords: dirty basin theory; water resources; water environment; sewage treatment; Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area; the nine cities in Pearl River Delta

(责任编辑：杨　虹)

《水利学报》征订启事

《水利学报》创刊于1956年，是中国水利学会、中国水利水电科学研究院、中国大坝工程学会主办的综合性学术刊物，是水利行业创刊最早、国内外最具影响的学术期刊，在水利工程类核心期刊中排第一位，被国内外多家检索系统收录。《水利学报》刊登反映水利、水电、水运领域较高水平的学术论文、专题综述和工程技术总结，开展学术论文的讨论和评论，介绍国内外科技动态和消息。主要专业范围包括：水文及水资源、防洪、灌溉及排水、水力学、泥沙、河港及水运、岩土工程、水工结构及材料、水利水电施工及监理、水力机电、水利经济、水环境、水利史研究等。本刊邮局发行，邮发代号2—183。每册30元，全年订价360元。

主编：程晓陶　国内统一刊号：CN11-1882/TV　国外代号：M216
地址：北京海淀区玉渊潭南路3号中国水利水电科学研究院D座303室　　邮政编码：100038
投稿网址：http://jhe.ches.org.cn
联系电话：010-68785877；68786221；68785164；68786262；68781825
传真：010-68786649；E-mail: slxb@iwhr.com

《水利学报》编辑部