

DOI: 10.3969/j.issn.1004-6933.2014.03.013

# 典型约束型河网规划

周天逸

(河海大学港口海岸与近海工程学院, 江苏 南京 210098)

**摘要:**以常熟市尚湖镇虞西片区的典型约束型河网为研究对象,采用河网水动力模型对约束型河网的结构连通性和河流水资源调配进行了规划研究。结果表明,控制条件下,采用空间结构连通和河网水流计算相结合的方法能充分满足尚湖镇虞西河网水资源分配需求,优化局部河系功能;通过多方案的河网水资源配置,望虞河多口门引水和锡北运河套闸联合调度方案能充分增强河网流动性,保证各水系功能区内水资源需求平衡和潜在的生态环境需水。该方法还能为水系调整提供合理的河道工程规模和设计参数,为保护约束型河网提供技术支持。

**关键词:**约束型河网;水系规划;水利调度;河网水动力模型;引水方案;水系优化

中图分类号:TV212.5 文献标志码:A 文章编号:1004-6933(2014)03-0065-05

## Typical restricted river network planning

ZHOU Tianyi

(College of Harbor, Coastal and Offshore Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

**Abstract:** Taking a typical restricted river network (RRN) located in the Yuxi District of Shanghu Town, in Changshu City, as a case study, we conducted planning research on the structural connectivity of the RRN and the water resources allocation in rivers using the river network hydrodynamic model. The results show that coupling spatial structural connectivity with flow quantification can meet the water resources allocation demands in the Yuxi river network of Shanghu Town under restricted conditions and provide a method for optimizing the functions of local river networks. Of multiple types of schemes for water resources allocation, the optimum scheme, which can fully enhance the water mobility in the river network, was based on the combination of controlling multiple watergates along the Wangyu River and the sleeve gates of the Xibei Canal. In this scheme, the water resources supply and demand balance in each sub-region and potential ecological water demands can be met. This method provides suitable project scale and design parameters for river network planning and provides technical support for the protection of RRNs.

**Key words:** restricted river network; river system planning; hydraulic regulation; river network hydrodynamic model; water diversion scheme; river system optimization

水系是由具有同一归宿的水体所构成的水网系统。流域内大大小小的河流、湖泊、沼泽构成脉络相通的水流系统。水系主要受地形和地质构造的控制<sup>[1]</sup>。平原河网地区地势平坦,河道交错,湖泊池塘纵多,下垫面情况非常复杂<sup>[2]</sup>。约束型水网是指受到城市建设、大型水利工程调控或者新开人工河

道、工农业生产需求等外因限制而改变的河网水系,属于特殊平原河网,其补水条件受控于外围河道和人工干预。在约束型河网地区,河道的属性和功能受到不同程度的改变。太湖流域望虞河西岸地区历史上属于阳澄区的上游地区,其水流向东排入阳澄

基金项目:国家自然科学基金青年项目(51309078,51209071);中央高校基本科研业务费专项(2013/B13020033)

作者简介:周天逸(1993—),男,本科生,港口航道与海岸工程专业。E-mail: may@hhu.edu.cn

地区<sup>[3]</sup>。1958年,根据高、低水分排的治水原则开挖了望虞河,将澄锡虞高片洪涝水改排入望虞河,减轻了东部阳澄淀泖低洼地区的洪涝压力。在20世纪90年代,为解决太湖洪水出路不足的问题,将望虞河改作太湖行洪通道,使望虞河在排太湖洪水期间兼排西岸地区的涝水,而在非汛期和汛期不排太湖洪水期间,澄锡虞高片地区的河网水仍然自西向东经望虞河排入长江<sup>[4]</sup>。2002年开始实施望虞河引江济太调水试验,当望虞河沿线水位抬高输水时,嘉菱荡以北的西岸河道受望虞河高水的顶托,水流主要由望虞河倒灌入西岸地区,由于东排受阻,有时偶然出现倒灌现象,但水流以入望虞河为主<sup>[3]</sup>。目前,望虞河是太湖流域引长江水补充太湖的唯一通道。近年来,望虞河西岸澄锡虞高片等的来水水质为劣V类,使进入望虞河西岸支流的水质缺乏有效控制,进而影响望虞河引江济太的效益和效率。望虞河引江济太的实施,使望虞河西岸地区河网水流东排受阻。为了解决望虞河西岸地区河网水流因“引”致“滞”的问题,实施了走马塘拓浚延伸工程<sup>[5]</sup>。尚湖镇西部的地形由西北向东南倾斜,河网密布,望虞河、走马塘贯穿其中,望虞河西岸控制工程和走马塘排水调控工程加剧了区域水系的约束<sup>[5-6]</sup>。

约束型河网水系规划是在分析人类活动频繁平原河网地区的水资源现状、自然地理特性、城市发展要求等基础上,针对防洪、水资源、水环境、水生态和水景观建设的需要进行必要的水系调整和水利工程布设,同时处理好水系与城市绿化空间体系的关系、水系与环境质量保护与控制的关系、水系网络的连通与衔接等关系,从而做出平原河网地区合适的水系规划,并利用河网水动力模型计算河道在设计条件下的河道过水能力。水系的布局规划和水系的整治包括河道的清淤、河道断面形式及尺寸的设计、河流湿地的设计以及生态型河道的设计等<sup>[7]</sup>。前人做了大量的水系规划研究<sup>[8-10]</sup>,深入探讨了水系规划与城市发展的关系<sup>[2, 11-12]</sup>、水系规划与水资源保护的关系<sup>[13]</sup>、水系规划与水生态的关系<sup>[14]</sup>、水系对水生态文明建设作用<sup>[15]</sup>以及水系支撑水景观、水文化的内涵<sup>[16]</sup>。水系规划逐步从单一专题规划转变为多目标的框架规划、从宏观的定性规划过渡到学科交叉的定量测算,如,珠江广州河段建设<sup>[17]</sup>、苏州市城区水网规划<sup>[2]</sup>、张家港水网规划<sup>[7]</sup>等。近年来,荷兰人提出“还河流以空间”的新理念,研究如何采取措施(包括疏浚河道、挖低漫滩),使河流在流量、泥沙输移、宽深比等方面达到动态平衡。韩国水系规划的主要构思是治理、改善河道环境,重新恢复生态栖息空间,复原城市及河川的自然原貌,通过

河网水系规划继续保持河川的搬运、治水、环境美化三大功能<sup>[1]</sup>。相对于自然的开放河网体系,约束型河网的规划更多依赖于水利调控来维持原有的河网功用,因此不仅要考虑传统的河网规划理念,更要考虑有限条件下使河道功能维持的规划方法<sup>[9]</sup>。本文针对典型的约束型河网进行综合连通规划,在考虑河道功能的前提下设计河道分流机制,制定维持河网功用的水力流动方案,探索人工约束河网的规划与水力调度的结合运用。

## 1 研究区概况

江苏省常熟市尚湖镇位于长江三角洲冲积平原,境内水道纵横,河塘密布,具有典型的江南水乡风貌。全镇大部分地区地面高程在2.5 m到5.5 m之间,地势由西向东微微倾斜。研究区地处北亚热带沿海地区,属海洋性气候,季风盛行,四季分明,气候温和,日照充足,空气湿润,雨热同期。全年平均气温15.4℃,历史最高气温40.1℃,最低气温为-12.7℃。全年平均日照数为2 130.2 h,全年平均降水量为1 052.3 mm,全年平均雨日为127 d。一年中4—9月降水较为集中,这6个月总降水量占全年降水量的71%,其中4—5月为春雨,6—7月为梅雨,9月为台风秋雨。月降水量最多的是6月,暴雨多出现在梅雨和晚台风季节。

尚湖镇虞西水系隶属于澄锡虞水系,由外围河道、区域骨干河道、镇级河道、村级河道和生产性河道组成。望虞河、走马塘为主要外围约束人工河道,锡北运河为穿过区域的骨干河道,界内的面杖塘、金坝河、王庄塘、陈塘河、南干河为镇级骨干河网,其中横向河道包括面杖塘(4号桥以西)、锡北运河、陈塘河、南干河(邓家湾以东);纵向河道包括望虞河、走马塘、南干河(邓家湾以北)、金坝河、面杖塘(4号桥以南)。这些密布的河网加上望虞河以西的官塘等水面积较大的湖荡,组成了一个可供引、排、调、蓄、航的典型约束型河网水系。

## 2 两种规划思路

### 2.1 水系连通规划

约束型河道的连通规划方法是,综合考虑防洪排涝、水景观、水资源保护等方面的需求,从保证河流健康的角度对水系布局进行规划。连通规划首先要考虑水系结构的连通性,根据自然地理特性、社会需求等要素进行综合设计,保证各级河网输水的可达性。

a. 满足防洪、排涝要求,保障水安全。一方面,考虑规划区城市化水平的不断加快,未来规划区内

下垫面条件将会发生大规模的变化,不透水面增加,产流量增大,调蓄能力减弱;另一方面,兼顾望虞河西控工程对望虞河西线及官塘周边骨干水系的控制是通过闸门实施的。

**b.** 因地制宜,维持合理河系结构。考虑地形地貌的差异及水利工程现状布局,以及各用地功能对水系的限制,充分利用原有河湖水系,尽可能在现有水利工程建筑物基础上,适当新开、拓浚、恢复整治河道。

**c.** 保证水系的通畅性,满足水体流动的结构需求。一般采取沟通、拓浚等畅流工程措施整治规划区域内水系,连通外围水系与湖泊,以保证水系畅通。

## 2.2 水利调度规划

约束型河网的水利调度是保证河网功能的重要保障,利用水动力学模型确定河网调度方案,可以保证水系规划的有效性。本文采用了六点中心隐式差分格式离散圣维南方程组,并运用传统的追赶法(即双扫算法)推求数值解。计算网格由水位点和流量点交叉组成。圣维南方程组为

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + g \frac{Q |Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (1)$$

式中: $A$ 为过水断面面积, $m^2$ ;  $Q$ 为流量, $m^3/s$ ;  $x$ 为距离坐标, $m$ ;  $t$ 为时间坐标, $s$ ;  $q$ 为旁侧入流量, $m^3/s$ ;  $g$ 为重力加速度, $m/s^2$ ;  $h$ 为水位, $m$ ;  $R$ 为水力半径, $m$ ;  $C$ 为谢才系数。

本研究将整个河网的镇级以上规划河道及骨干中心河道列入概化河网体系,并保持辖区内的水面率,将河段、节点、断面相结合来控制河道特征值,以便进行下一步的优化调度方案研究。

根据2008—2012年尚湖镇水域(望虞河大桥、甘露桥、大义桥、王庄北新桥等)不同时期的水位监测数据,综合考虑水系布局流动性验证的需要,设置望虞河调水期间控制水位条件,并以此计算河网引水口补水的平均流量边界。走马塘排水边界按照设计常水位来设置。各设计边界尽可能满足约束河网的实际控制条件。

设定初始条件的目的是让模型平稳启动,所以,原则上设定的初始水位和初始流量尽可能与模拟开始时刻的实际条件一致。河网洪水计算开始时刻,必须要给出概化河网每个断面的水位和流量等水力条件。本文采用初始调查法确定河道常水位。无水量交换条件下,各水利分区内部的各河道断面初始流量近似认为等于0。河道糙率主要反映水流、泥沙、河道特性等多种因素对水流运动影响的综合阻

力作用。本文根据实测流量资料、比重资料通过曼宁公式计算河道糙率。

## 3 分析与讨论

### 3.1 水系沟通规划

水系的结构连通规划是水利调控的基础,水系只有达到一定的结构连通性水平,才能借助水利工程的合理调度来改善河网的水力连通性,进而满足水资源综合规划目标。同时,水系连通性水平的高低也最终决定了水系规划的实现程度。研究区水系格局可分为3个功能区划,将各区内土地利用规划、水系拓扑结构状况、水资源需求等进行结构连通设计。

**a.** 面杖塘以东片区的规划以“官塘北引”为主,沟通官塘以北水系进行水资源调配。北庄桥塘作为沟通面杖塘和望虞河的通道,本规划将其拓浚。范巷河作为片区骨干村级河道,将其北延沟通北庄桥塘,以增加村级骨干河道排水能力。同时,疏通官塘周边水系,增加官塘北排出路。本规划形成的引排线路为:官塘—新开村级河道—面杖塘,以及官塘—塘头街河—范巷河—北庄桥塘—面杖塘。

**b.** 对走马塘以东、面杖塘以西的总体规划思路是“西进、北走、南排”。

**c.** 对锡北运河以南的规划总体思路是“南进、东控、西推、北排”。

对各功能区干支河系的配置,为后续水资源的配置与优化奠定了基础。

### 3.2 引水方案分析

约束型河网的典型特征就河流自然流通能力受到影响。研究区河网受控于走马塘和望虞河,无论是引水、排水均依赖于边界闸口的启闭和外围河道的水位,水利调度决定了河网的排洪、引水效率,也成为约束型河网水系规划的核心内容。笔者着重考虑补水期尚湖镇河网水动力补水情况,因为此时河网受工程约束,与规划背景设计条件一致。引水方案设置的边界条件由望虞河引水水位的计算结果确定。针对规划水系的闸门控制条件,笔者制定了6个方案。相关方案见表1,水动力模型结果见表2。

表1 尚湖虞西河网引水调配方案

编号	官塘配水	南干河闸	陈塘河闸	锡北运河套闸	北庄桥塘闸	望虞河西控支河	走马塘沿线排水闸
方案1	✓	×	×	✓	×	×	✓
方案2	✓	✓	×	✓	×	×	✓
方案3	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓
方案4	✓	×	×	×	×	×	✓
方案5	✓	✓	×	×	×	×	✓
方案6	✓	✓	✓	×	✓	×	✓

注:✓表示闸门开启;×表示闸门关闭。

表2 不同引水调度方案中的河网水资源分流比 %

断面号	代表河段	河网水资源分流比						
		现状	方案1	方案2	方案3	方案4	方案5	方案6
1	金坝河	4.1	7.5	7.2	7.1	7.5	5.2	5.5
2	新深泾河	0.5	4.0	3.6	3.5	2.5	2.4	2.6
3	北庄桥塘	8.9	8.5	8.0	8.7	15.0	10.4	11.9
4	南干河	23	22.5	22.4	22.6	24.0	13.2	15.5
5	河道1	0.2	6.0	4.8	5.5	6.0	4.8	4.8
6	陈塘河	1.5	5.0	3.2	3.5	6.0	7.2	7.4
7	冲基河	0.3	7.5	4.4	0.6	14.0	17.2	17.1
8	冲基河	0.5	4.5	8.0	6.5	7.0	10.4	10.0
9	锡北运河	56.2	60.0	50.0	48.4	25.0	18.0	19.4
10	面杖塘	3.0	1.0	0.8	2.6	25.0	18.4	19.4
11	河道2	5.6	7.5	6.0	4.8	17.5	14.4	12.9
12	塘下浜	3.6	8.0	4.0	3.2	14.5	12.4	10.6
13	河道3	3.1	3.0	1.2	2.9	13.5	9.6	6.8
14	冶塘河	1.7	13.0	6.4	1.9	22.5	20.4	15.2
15	河道4	4.2	9.5	7.2	4.5	20.0	14.4	11.6
16	南干河	16.3	15.0	16.0	15.8	17.5	8.0	10.0
17	陈塘河	8.5	8.5	9.6	9.7	13.5	10.0	11.0
18	南干河	16.1	0.0	20.0	16.1	0.0	20.0	16.1
19	罗清河	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	查村河	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	陈塘河	9.7	0.0	0.0	9.7	0.0	0.0	9.7
22	河道5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	锡北运河	64.5	100	80.0	64.5	100	80.0	64.5
24	北庄桥塘	9.7	0.0	0.0	9.7	0.0	0.0	9.7
25	金坝河	11.8	11.5	11.6	11.3	11.0	6.8	7.4
26	河道6	9.0	10.0	10.0	9.0	10.0	6.8	7.4
27	牌坊底河	4.3	5.0	4.8	3.9	3.5	1.2	1.6
28	黄草塘	0.7	4.0	6.8	6.5	7.5	3.2	4.5
29	顾巷泾	0.3	0.5	2.4	1.3	0.5	2.4	1.9

现状条件下,望虞河补水口没有建设闸门,可自由补水。区域内水系存在多处断头浜,且河道局部规模较小,淤积严重,致使水系流通不畅。水资源分配过程中,56.2%的引水流量经由锡北运河排出。除官塘、北庄桥塘、南干河、陈塘河局部引水区域水流较为顺畅外,其他区域水流多为停滞或缓慢流动状态,现状河网引水效果不佳。其中主要河道如新深泾河(断面2)分流比仅为0.5%,陈塘河(断面6)为1.5%,冲基河(断面7)为0.3%,面杖塘(断面10)为3.0%,塘下浜(断面12)为3.6%,罗清河(断面19)和查村河(断面20)等河道水体近于停滞状态。不同水利调度方案中的河网水资源分流比见表2。现状河网条件下,水流流动条件差,局部河网的换水率低,补水效果很难达到预期目标。现状模拟为水系连通规划提供了依据,后续的优选方案及工程均在此基础上进行河网规划。

根据水系连通规划和现状水动力模拟结果,分析以下6个边界引水约束方案。方案1~3为望虞河西控闸门调度情况(表1)。方案1仅依赖官塘补水,60%的引水流量经由锡北运河排入走马塘,南、

北河网补水量分别占引水总流量的27.5%和12.5%。主要河道如面杖塘(断面10)分流比仅为1.0%,新深泾河(断面2)为4.0%,冲基河(断面8)为4.5%,南干河(断面18)、罗清河(断面19)、查村河(断面20)、陈塘河(断面21)和北庄桥塘(断面24)水体近于停滞状态。方案2和3均开启官塘、南干河闸、陈塘河闸、锡北运河套闸(表2),该方案条件下,南、北河网的补水比率和总量都得到提高,北庄桥塘沿线的水动力条件位明显改善,但整个河网引水流量中锡北运河所占分流比仍较大。南干河补水调动了南部水系的流动性,沿线的流量分配也显著提高,但陈塘河沿线受到水流挤压,流动性趋缓。方案4~6为锡北运河套闸与望虞河各口门闸联合调度方案(表1)。方案4中,在锡北运河与官塘西侧建闸控制,北部河网区占引水总流量的33.5%,南部河网区占引水总流量的66.5%。但河网内水量的分配不均匀(表2)。方案5是在方案4基础上打开南干河闸,较好地改善了南片水网补水条件,但北部水网水量分配较少。方案6中,将望虞河所有口门打开,并关闭官塘西侧套闸,整个河网水流较为通畅,死水区明显减少,区域分流比较为均匀,北庄桥塘(断面3)分流比为11.9%,南干河(断面18)为15.5%,冲基河(断面7)为17.1%,塘下浜(断面12)为10.6%,北庄桥塘(断面24)为9.7%,金坝河(断面26)为7.4%。可见大部分主要河道的分流比在10%以上,整个河网的水量分配比较均匀。

测算分析以上模拟方案,可知方案6为最佳引水方案。该方案中,多条河道的引水效果较好,同时能够更好控制河网引配水及分配效率。推荐方案中,面杖塘需要直接或者间接充分利用官塘的补水,因此建议将该处的西控规划闸门西移至面杖塘与锡北运河交接的西侧,保证面杖塘与官塘之间有引排水通道。另外,水动力模拟也为局部修正河道拓浚工程量提供了定量依据。

#### 4 结 语

约束型河网水系规划是水资源有效利用的基础和前提。本文以典型的约束型河网为研究对象,针对河网水资源空间的可达性规划和约束型河网水利调配的可行性分析,运用河网水动力学模型对规划条件下各水利控制工程和河道连通工程的有效性进行了论述。定量约束型河网水资源配置方案能在一定范围内优化水系规划布局。约束型河网水流分配不仅依赖于河网连通规划的合理性,还依赖于边界引水调度方案的合理性。虞西河网水动力条件的改善取决于多闸口联合优化调度。

## 参考文献:

- [ 1 ] 马秀梅. 平原河网地区的水系规划研究[ D]. 南京: 河海大学, 2006.
- [ 2 ] 田莹, 王腊春, 焦士兴. 城市化地区河网水系建设探析: 以吴江市汾湖中心城区及产业园区为例[ J]. 水资源保护, 2009, 25 ( 6 ): 36-39, 44. ( TIAN Ying, WANG Lachun, JIAO Shixing. Discussion and analysis on water-network system for urbanizing region: a case study of downtown Fenhu and the industrial zone of Wujiang[ J]. Water Resources Protection, 2009, 25 ( 6 ): 36-39, 44. ( in Chinese ) )
- [ 3 ] 沈爱春. 望虞河引江对太湖的影响研究[ J]. 水资源保护, 2002, 18 ( 1 ): 29-32, 38. ( SHEN Aichun. Research on the impact which drainage Yangtze River to Wangyu River of Taihu Lake [ J ]. Water Resources Protection, 2002, 18 ( 1 ): 29-32, 38. ( in Chinese ) )
- [ 4 ] 毛新伟, 陆铭锋, 贾小网, 等. 太湖流域望虞河以西地区沿长江引水格局变化及其影响分析[ J]. 水利发展研究, 2010 ( 9 ): 31-34. ( MAO Xinwei, LU Mingfeng, JIA Xiaowang, et al. Analysis on changes in the Taihu Lake Basin area west along the Yangtze River diversion Wangyu River [ J ]. Water Resources Development Research, 2010 ( 9 ): 31-34. ( in Chinese ) )
- [ 5 ] 杜德军, 夏云峰, 时闵惠, 等. 走马塘排水对望虞河引水水质影响试验研究[ C]. //中国海洋工程学会. 第十六届中国海洋(岸)工程学术讨论会论文集. 大连: 中国海洋工程学会, 2013.
- [ 6 ] 李大勇, 王济干, 董增川. 引江调水改善太湖贡湖湾的水环境效应[ J]. 水力发电学报, 2011 ( 5 ): 132-138. ( LI Dayong, WANG Jigan, DONG Zengchuan. Study on water-environmental effects of Gonghu Bay water transfer from Yangtze River [ J ]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2011 ( 05 ), 132-138. ( in Chinese ) )
- [ 7 ] 阎玮. 苏南圩区城市化排水标准与最优水面率研究[ D]. 扬州: 扬州大学, 2006.
- [ 8 ] 王敏锋, 黄幼朴, 施伟伟. 从水系规划到用地规划: 浙江省瑞安市经济开发区阁巷新区的水系规划构思[ J]. 给水排水, 2012 ( 增刊 1 ): 194-197. ( WANG Minfeng, HUANG Youpu, SHI Weiwei. From water system planning to land use planning: water system planning ideas about Gexiang Industrial Zone, Economic Development District, Ruian City, Zhejiang Province. [ J ]. Water & Wastewater Engineering, 2012 ( S1 ): 194-197. ( in Chinese ) )
- [ 9 ] 何文学, 邹冰, 陈冬云, 等. 平原河网区调水配水改善水环境方案设计[ J]. 中国给水排水, 2012 ( 17 ), 63-67. ( HE Wenxue, ZOU Bing, CHEN Dongyun, et al. Design of water transfer and distribution schemes of river network in plain areas for improving water environment [ J ]. China Water & Wastewater, 2012 ( 17 ): 63-67. ( in Chinese ) )
- [ 10 ] 马溪平, 吕晓飞, 张利红, 等. 辽河流域水质现状评价及其污染源解析[ J]. 水资源保护, 2011, 27 ( 4 ): 1-4, 73. ( MA Xiping, LV Xiaofei, ZHANG Lihong, et al. Assessment of water quality and source apportionment of pollution in Liao River Basin [ J ]. Water Resources Protection, 2011, 27 ( 4 ): 1-4, 73. ( in Chinese ) )
- [ 11 ] 展永兴, 吴小靖. 无锡市新区水系规划研究[ J]. 江苏水利, 2010 ( 3 ): 19-20. ( ZHAN Yongxing, WU Xiaojing. Planning of river system in Wuxi newly-developed area [ J ]. Jiangsu Water Resources, 2010 ( 3 ): 19-20. ( in Chinese ) )
- [ 12 ] 向龙, 韦翠娥, 余钟波, 等. 城市化地区多尺度水景观系统设计方法[ J]. 水资源保护, 2009, 25 ( 1 ): 59-62. ( XIANG Long, WEI Cuie, YU Zhongbo, et al. Systemic design of multi-scale waterscape in urbanized region [ J ]. Water Resources Protection, 2009, 25 ( 1 ): 59-62. ( in Chinese ) )
- [ 13 ] 谭显英, 陈祖军. 区域水资源保护中景观水系功能的研究: 以上海市景观水系的发展为例[ J]. 水资源保护, 2004, 20 ( 6 ): 35-36, 45. ( TAN Xianying, CHEN Zujun. Landscape planning of regional water-system functions: a case study on the development of Shanghai landscape water system [ J ]. Water Resources Protection, 2004, 20 ( 6 ): 35-36, 45. ( in Chinese ) )
- [ 14 ] 胡嘉东, 秦华鹏. 深圳河湾水系生态需水的污水资源化[ J]. 水资源保护, 2008, 24 ( 3 ): 20-23. ( HU Jiadong, QIN Huapeng. Wastewater recycling for ecological water demand of Shenzhen River-Bay system [ J ]. Water Resources Protection, 2008, 24 ( 3 ): 20-23. ( in Chinese ) )
- [ 15 ] 王建华, 胡鹏. 水生态文明评价体系研究[ J]. 中国水利, 2013 ( 15 ): 39-42. ( WANG Jianhua, HU Peng. Research on assessment system of aquatic ecological civilization [ J ]. China Water Resources, 2013 ( 15 ): 39-42. ( in Chinese ) )
- [ 16 ] 徐慧. 城市景观水系规划模式研究: 以江苏省太仓市为例[ J]. 水资源保护, 2007, 23 ( 5 ): 25-27, 30. ( XU Hui. Landscape planning of urban water system: A case study on Taicang City [ J ]. Water Resources Protection, 2007, 23 ( 5 ): 25-27, 30. ( in Chinese ) )
- [ 17 ] 李学灵. 珠江广州河段水环境质量 2000 年预测[ J]. 水资源保护, 1989 ( 2 ): 40-46, 100. ( LI Xueling. Forecast of the Pearl River water quality in 2000 [ J ]. Water Resources Protection, 1989 ( 2 ): 40-46, 100. ( in Chinese ) )

( 收稿日期: 2013 - 10 - 11 编辑: 彭桃英 )