

# 海绵城市理念在福州牛岗山公园建设中的应用

高小平

(福州市规划设计研究院, 福建 福州 350108)

**摘要:** 为解决区域存在的水安全、水生态和水环境问题,福州市牛岗山公园采用海绵城市理念进行建设。通过实际状况分析,根据《福州市海绵城市建设专项规划》要求,提出“设置生态缓坡、增加河道过水及蓄洪断面;依托山体地势,利用植被布设水土涵养带;利用公园下凹式绿地、水系空间,控制周边地块面源污染;设置初期雨水调蓄池,消除雨水集中排放带来的点源污染;建立雨水回用系统,解决公园用水需求”的技术路线。该项目营造了优美的景观和自然生态环境,达到了海绵城市建设的效果。

**关键词:** 海绵城市; 初期雨水调蓄; 雨水回用; 生态公园; 下凹式绿地; 生态缓坡; 雨水径流; 面源污染控制

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2018)06-0006-06

## Application of Sponge City Conception in the Construction of Niugangshan Park in Fuzhou

GAO Xiao-ping

(Fuzhou Planning Design and Research Institute, Fuzhou 350108, China)

**Abstract:** To solve the existing questions relating to water security, water ecology and water environment, the sponge city construction of Fuzhou Niugangshan Park was conducted. Through the analysis of actual conditions, the technical routes were put forward in some aspects. Firstly, ecological gentle slope was designed, and the section areas of river and detention structure were increased. Secondly, the soil and water conservation belt was set up based on the mountain terrain. Thirdly, the non-point source pollution was controlled by the low elevation greenbelt and the water space. Fourthly, the initial rainwater storage tank was built to eliminate the rainfall pollution. Finally, the rainwater reuse system was established to solve the park water demand. The project could achieve the effect of sponge city with a beautiful landscape and natural ecological environment.

**Key words:** sponge city; initial rainwater detention; rainwater reuse; ecological park; low elevation greenbelt; ecological gentle slope; rainfall runoff; non-point source pollution control

### 1 工程概况

牛岗山公园位于福州晋安区的鹤林片区,北至牛岗山路,南至化工路,西至潭桥路,东靠板桥路,塔头路从公园中部横穿。该公园包括牛岗山山地公园及中央绿轴公园两大部分,选址面积为 51.6 hm<sup>2</sup>,凤坂一支河从园区中心由北往南穿过。项目所在区域存在较为严重的水安全(内涝)、水环境(水体黑

臭)和水生态问题。

牛岗山公园兼有山地、滨水和绿地公园特色,有较好的海绵城市改造条件,因此,该项目需要在提供优美景色和传统休闲娱乐功能的同时,兼顾城市基础设施功能和生态环境效益,充分发挥海绵城市建设的作用,提高片区居民居住环境质量。牛岗山公园建设项目区位见图 1。

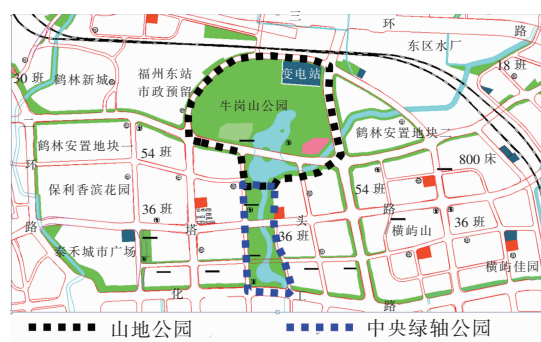


图1 项目区位

Fig. 1 Schematic diagram of the project location

### 1.1 地形地貌

公园北部为牛岗山山体,罗零高程约11~45 m;南部绿轴在现状凤坂一支河基础上设有规划河道,建成后总体较两侧地块低。公园整体地势较为平坦,沿线主要分布有菜地、仓库、变电站、池(鱼)塘、河道、道路等,大部分地块已平整。

### 1.2 土壤地质

根据现场钻探揭示及已有地质资料,结合土工试验结果,本场地主要由杂填土、淤泥、粉质粘土、淤泥质土、残积粘土及全风化花岗岩组成。杂填土的渗透系数为 $(0.015 \sim 2.5) \times 10^{-2} \text{ cm/s}$ ,淤泥为 $(0.018 \sim 3.8) \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ ,粉质粘土为 $(0.35 \sim 1.0) \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ ,淤泥质土夹砂为 $(0.023 \sim 3.5) \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ ,残积土为 $(0.3 \sim 1.8) \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ 。

### 1.3 气候水文

园区所在区域每年5月—6月为雨季,台风季在7月—10月,月最高降雨日为18 d,年平均雨天为149 d,多年平均降雨量为1 359.6 mm。园区北部山地公园场地内地表水主要为位于谷底的水塘,水深约1.30~2.70 m,其水源主要为泉水和径流雨水。现状水体除总氮超标外,其他指标均能满足地表水Ⅳ类水水质标准。地下水混合水位的年变化幅度一般为2.50 m,场地近3~5年最高地下水位埋深为0.80~25.50 m,历年地下水最高水位埋深为0.50~23.00 m。综合评价为场地地下水大部分地段较贫乏,局部较丰富。南部绿轴公园场地地下水稳定水位埋深在0.8~2.6 m之间(沿线地势起伏较大,稳定水位罗零高程为3.00~22.90 m),为各含水层的混合水位,近3~5年变化幅度约4.0 m。

## 2 项目现状问题

① 现状河道旱季流量小,河道断面窄、长度较

短。现状凤坂一支河河道断面窄(4~10 m)、长度短,干季流量估测仅为 $1.2 \sim 1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ,雨季流量峰值可达 $55.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ,暴雨期流量增量较大,易形成旱季枯水、雨季涝水的局面,且不利于包含河道在内的公园生态系统平衡发展。

② 市政雨水管集中排放带来点源污染。集中排入凤坂一支河的几个雨水排放口,其收集的片区地表径流汇水时间长、面积广,因混接和初期雨水的影响,河道水质恶化,形成黑臭河道。

③ 强降雨给北部山体带来水土流失与冲刷。牛岗山北部山地水塘周边地势较陡,强降雨时山地径流流速快,山体在短历时强降雨时形成的径流也会给下游河道防洪带来一定负担。

④ 面源污染对水体水质冲击大。由于园区周边土地规划开发利用程度较高,初期雨水经地表冲刷直接进入河道,城市散排点源污染隐患较大,导致河水黑臭。

## 3 海绵城市建设指标要求

① 水安全指标:控制山洪解决内涝积水,通过流域综合调控达到50年一遇山洪控制要求。区域雨水管渠设计重现期为3~5年,河道排涝标准为20年一遇,内涝防治设计重现期为50年一遇。

② 水生态指标:项目年径流总量控制率综合达到84%,对应设计降雨量为33.8 mm;其中山体径流总量控制率综合达到66%,对应设计降雨量为17.6 mm。

③ 水环境指标:北部山地公园年SS总量去除率不低于44%,南部绿轴公园年SS总量去除率不低于56%。

## 4 技术路线

① 设置生态缓坡,增加河道过水及蓄洪断面。构建滨河植草生态式岸边带,采用缓坡处理,并在岸边设置洪水期水位警戒线,具体见图2。

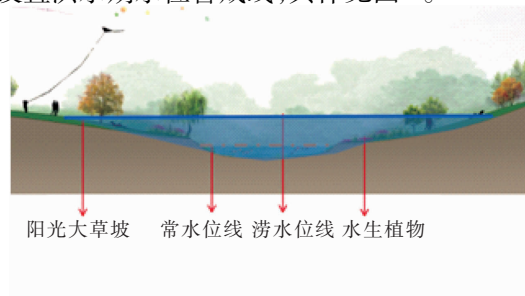


图2 生态草坡

Fig. 2 Schematic diagram of ecological grass revetment

枯水期岸边绿坡可作为居民休闲嬉戏的场所,雨期利用缓坡可作为行洪通道,最大限度地起到滞洪、蓄洪作用。同时在河道下游设置小型人工湖面,作为旱季上游水体的蓄水补水来源,同时增大水系整体蓄洪面积。

② 依托山体地势,利用植被布设水土涵养带。山地雨水峰值流量大,含砂量高,消能/沉砂必不可少。可结合山体地势,因地制宜地设置植被拦水带或鱼鳞坝。同时利用自然冲沟,模拟建设生态的径流通道,如植草旱溪等,目的是降雨时在产流过程中自然地消能、撇砂、渗滤及滞存。

③ 利用下凹式绿地、水系空间,控制周边地块面源污染。在园区与周边道路交界处的绿化带间构建滨河植草渗滤带和生态植被缓冲带;在有条件的情况下建设滨河湿地,湿地与河道之间采用石笼坝隔离,湿地内种植兼有景观与净化效果的植物。

对于园区的共建排水,由于绿地空间充足,可通过前置塘、雨水花园、湿地等生态技术控制雨水径流。对于周边地块小口径的雨水口,可调整雨水管网排水方向,使雨水径流通过重力流方式进入公园,并在雨水管网出口处设置沉砂井和初期雨水弃流装置,对入园雨水径流进行净化处理。随后,雨水经公园绿地、旱溪及雨水花园进一步净化,最后汇入河道。

④ 设置初期雨水调蓄池,消除雨水集中排放带来的点源污染。将四个大口径雨水排放口分别合并处理,通过设置埋地式初期雨水调蓄池对初期雨水进行处理,同时对后期雨水起到一部分调蓄作用。

⑤ 建立雨水回用系统,解决园区用水需求。牛岗山公园内的用水需求主要为绿化浇灌、道路浇洒、厕所未水,可以充分利用蓄滞雨水,建立雨水回用系统,提高雨水回收利用率。

## 5 海绵城市建设方案

### 5.1 河道蓄洪容量设计校核

凤坂一支河的汇水面积共  $6.8 \text{ km}^2$ ,全线按规划河道蓝线  $32 \text{ m}$  进行校核。根据计算,50 年一遇降雨量为  $272 \text{ mm}$ ,50 年一遇  $24 \text{ h}$  洪峰量为  $161 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。暴雨来临时,利用泵站抽排将凤坂一支河下游的晋安湖腾空。常水位时,晋安湖湖面积约为  $20 \text{ hm}^2$ ,湖底标高为  $-1 \text{ m}$ ;最高蓄水位为  $7.0 \text{ m}$ ,对应水面面积约  $36.6 \text{ hm}^2$ ;蓄洪空间共计约  $165 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,可保证凤坂一支河汇水范围内 50 年一遇洪水

不外排至凤坂河。园区内绿轴公园水体最高蓄水位为  $6.23 \text{ m}$ ,按照该设计涝水位调蓄库容可达  $15 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。暴雨前,通过下游晋安湖泵站抽排可将绿轴公园预排空,即公园有效库容可达  $15 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,通过对现状河道的拓宽及生态改造,有效地满足了绿轴公园内河道的蓄洪要求,削减了径流峰值,极大地减轻了下游河湖的排洪压力。

### 5.2 山地公园改造

#### ① 山洪流量校核

山地公园总面积为  $35.38 \text{ hm}^2$ ,植被覆盖率达  $85\%$  以上,为丘陵地貌,地形起伏较大,公园北侧、东侧、西侧均为山体,南部山坳有一处水塘,水深约  $1.30 \sim 2.70 \text{ m}$ ,池底高程约为  $8.45 \sim 9.32 \text{ m}$ ,水面标高约  $9.80 \text{ m}$ ,根据汇水面积划分,仅山体南面山坳地块降雨汇集至水塘,汇水面积为  $8.74 \text{ hm}^2$ 。根据小流域洪水计算公式对水塘山地洪峰流量进行校核,得到 15、25、50、100 年重现期对应的洪峰流量分别为  $3.8$ 、 $4.7$ 、 $6.4$ 、 $9.4 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

可见受汇水面积限制,山体水塘的洪峰流量不大;相比较于凤坂一支河  $6.8 \text{ km}^2$  的流域汇水面积及河道约  $15 \times 10^4 \text{ m}^3$  的蓄洪空间,对园区内的河道行洪及洪峰叠加产生的影响相对较小。因此本次海绵设计主要针对强降雨给山地带来的水土流失与冲刷污染问题。

#### ② 生态海绵措施布置

结合现场地貌,本次设计依托山体地形在坡头处设置植被拦水带,在山地中部设置阶梯式流水草阶,并在坡底设置鱼鳞坝,对山体地表径流起到最大限度的消能及沉砂作用,具体见图 3。

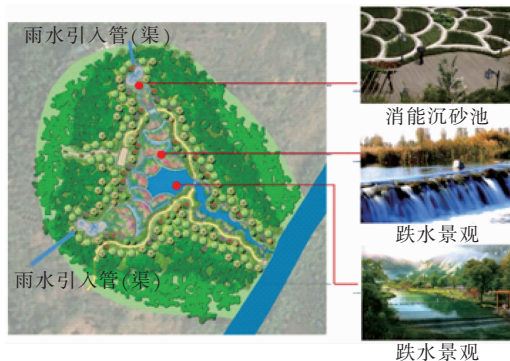


图3 山体生态海绵措施布置

Fig.3 Layout of ecological sponge measures in mountain area

#### ③ 其他海绵措施布置

在沿山步道一侧连续布设渗透式集水沟(见图



4), 将向山一侧雨水集中收集后再点式排放至背山一侧的生态绿带, 沟面敷设卵石, 实现对上游来水的沉砂、消能及渗滤; 集水沟连接管采用开孔率为 5% 的穿孔 PE 管, 可实现自然补给周边绿地用水。

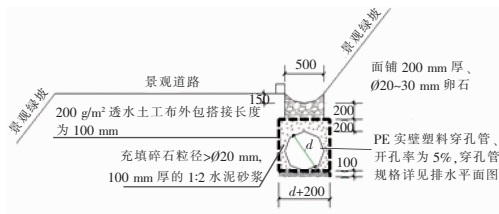


图4 渗透式集水沟

Fig.4 Schematic diagram of permeable drainage ditch

#### ④ 径流总量控制率复核

通过以上布置, 在对山地公园海绵设施进行选型及平面布置后, 计算校核其径流总量控制率, 结果见表 1。

表1 山地公园径流总量控制指标

Tab.1 Capture ratio of annual rainfall runoff volume in Mountain Park

下垫面类型	面积/ $\text{m}^2$	雨量径流系数	比例/%
绿地	319 558.8	0.15	84.9
道路	10 693	0.40	4.4
广场	11 279	0.55	7.1
水体	3 724	1.00	1.1
建筑	3 226	0.80	1.0
安置宗祠	5 330	0.80	1.5
合计	353 810.8	0.19	100

经计算, 山地公园的径流总量控制率综合达到 81%, 满足本项目水生态指标中山体径流总量控制率综合达到 66% 的要求。

### 5.3 绿轴公园设计

该项目的海绵城市建设既要考虑公园本身的海绵设施布设, 也要考虑公园与周边地块的联动, 利用公园接纳、消化超过地块调控能力的雨水, 并将引入的雨水进行充分净化和调蓄, 满足项目雨水径流总量控制的要求。

#### ① 河道沿线散排面源污染控制

绿轴公园的地表径流需进行净化的有两部分: 一是周边片区的客水, 主要为与公园绿地沿线接壤的地块及道路地表径流; 二是公园内产生的雨水径流。

客水为周边小区地面和屋顶收集的雨水以及道路路面冲刷雨水, 降雨初期水质较差, 可在沿河道路

与河道岸线的绿化带间, 构建滨河植草滤带和生态植被缓冲带的方式[见图 5(a)], 进行梯级生物处理, 处理后的清洁雨水再排入河道。并可利用石笼[见图 5(b)]构建拦水坝和人造湖心岛, 将上游来水部分引入湿地处理, 出水引入下游河道, 洪水期通过大面积溢流满足行洪要求。河畔湿地可采用水平流人工湿地, 水力负荷为  $0.4 \sim 0.8 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ , 水力停留时间为 1~3 d, 处理水量为  $0.02 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

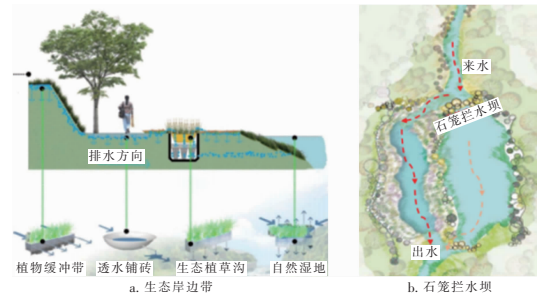


图5 生态岸边带及石笼拦水坝示意

Fig.5 Schematic diagram of ecological bank and stone cage dams

园区内部降雨通过绿地渗滤、滞存后, 形成的地表径流经由沿园区内道路敷设的植草边沟及斜向设置的旱溪收集, 先就近排入雨水花园、湿地等, 经过生态自然处理后进入河道, 具体如图 6 所示。



图6 园区内径流系统

Fig.6 Rainfall runoff system in the park

#### ② 市政管道排放点源污染控制

根据相关规划, 鹤林片区市政雨水系统由两侧往中央的凤坂一支河排放, 其中西侧地块汇水面积为  $81 \text{ hm}^2$ , 东侧地块汇水面积为  $33 \text{ hm}^2$ , 雨水排出口主要集中在塔头路跨河道两端。考虑到雨水管汇集的初期雨水污染及地块雨污混接、错接带来的生活污水污染, 在公园内新增两座初期雨水调蓄池, 目的是截留污水同时起到调蓄部分洪峰流量的作用。河道单侧雨水出口合并后集中排入调蓄池。调蓄池为埋地式一体化自动控制, 有效池容分别为 4 500

$\text{m}^3$  和  $2\,000\text{ m}^3$ 。

晴天时调蓄池不进水,降雨时初期雨水进入调蓄池内蓄积,调蓄池收集满后的后期雨水则直接排入河道。降雨停止后,污水处理厂有富余的处理能力时,蓄水池中的潜污泵将调蓄池中的水抽到附近污水管网。同时在调蓄池排河出口处设置开口式跌水景观小品,使其与整体环境相协调。

### ③ 园区生态排水通道构建

园区内绿地系统雨水收集排放路径流程如图7所示。

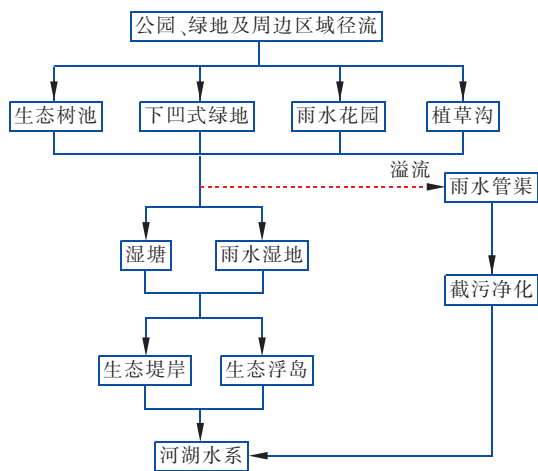


图7 绿地系统雨水收集排放路径

Fig.7 Collection and drainage of rainfall runoff in green system

#### a. 植草沟

针对园区地貌进行微地形设计,调整道路坡度,消除道路积水点;沿道路两侧布置植草沟<sup>[1]</sup>,下凹深度为200 mm,蓄水深度为150 mm,边坡坡度取1:4、纵坡为0.3%~1%。植草沟具体形式如图8所示。



图8 公园内在建道路植草边沟

Fig.8 Schematic diagram of grass ditch in the park

#### b. 雨水花园

园区内绿地结合堆土呈丘陵造型,在排水分区

的低点设置雨水花园、下凹绿地等设施滞蓄小范围的雨水径流,中途转输单元设置植被浅沟、渗透沟等地表排水系统,在场地的低点设置雨水塘进行净化和调蓄,通过源头、中途和末端的管控使整个地块满足海绵城市建设要求。

园区内雨水花园(见图9)总面积为 $2\,070\text{ m}^2$ 。蓄水深度设计为100 mm,设置100 mm砂层防止砂质壤土流失,设置300 mm砾石层便于排水和调蓄,采用穿孔管引导溢流雨水下渗至下游管道。其总调蓄容积为 $V_{\text{雨}}=2\,070\times 0.1=207\text{ m}^3$ 。



图9 雨水花园径流示意

Fig.9 Schematic diagram of runoff in rainwater garden

#### c. 透水铺装

园区内主路采用彩色透水沥青路面,步道采用面层石板预留透水缝、下铺无砂混凝土垫层透水,具体见图10。



a. 沥青路面

b. 步道

图10 园区内透水铺装

Fig.10 Schematic diagram of permeable pavement in the park

#### d. 生态停车场

将停车场建设为植草格停车位及透水沥青,雨水通过植草砖与透水路面下渗,达到蓄存、净化的目的。并将停车场绿化带改造为生物滞留设施,雨水通过路面、停车位进入滞留设施进行滞留净化,多余的雨水则通过穿孔管就近排至市政管网。生态停车场平面示意如图11所示。



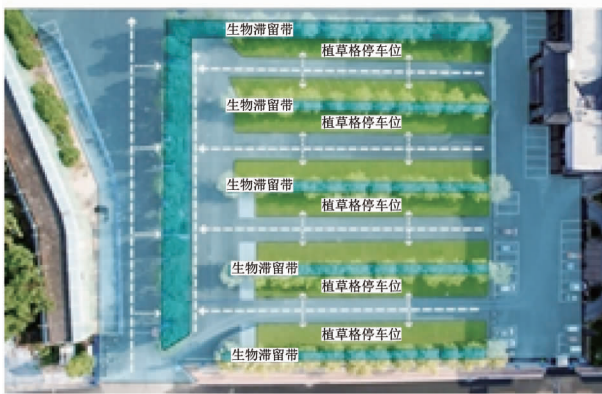


图11 生态停车场平面示意

Fig. 11 Schematic diagram of ecological park

## ④ 径流总量控制率复核

通过以上布置,对绿轴公园海绵设施进行选型及平面布置后,计算校核其径流总量控制率,结果见表2。

表2 绿轴公园径流总量控制指标

Tab. 2 Capture ratio of annual rainfall runoff volume in

Green Axis Park

下垫面类型	面积/m <sup>2</sup>	雨量径流系数	比例/%
绿地	122 388.7	0.15	73.1
道路	14 801.5	0.40	8.8
广场	8 820	0.55	5.3
水体	12 623	1.00	7.5
建筑	2 910.8	0.80	1.7
停车场	5 812	0.40	3.5
合计	167 356	0.27	100

经计算,绿轴公园的径流总量控制率综合达到73%。结合山地公园与绿轴公园的综合雨量径流系数,用加权平均法计算整个牛岗山公园的雨量径流系数: $\beta = (\beta_{\text{山地}} F_{\text{山地}} + \beta_{\text{绿轴}} F_{\text{绿轴}}) / (F_{\text{山地}} + F_{\text{绿轴}}) = 0.22$ 。

根据水生态指标中年径流总量控制率综合达到84%,对应设计降雨量为33.8 mm的要求,本公园应具有的调蓄容积,即控制容积  $V = 10H\Psi F_{\text{总}} = 3\,875.39 \text{ m}^3$ 。

结合预留的河道调蓄容积及沿线雨水花园、植

草沟,公园海绵设施总调蓄容积可以满足要求。

## 6 结语

该项目利用自然地形竖向条件,合理组织和引导雨水径流,在山体、公园、河道内雨水径流路径上的不同节点根据建设条件设置绿地、旱溪、雨水花园、雨水湿地等生态净化设施,并辅以埋地式初期雨水调蓄池等灰色海绵设施,削减雨水径流污染,保障景观水体水质指标。利用河道的自然积存功能,建立公园内的雨水行洪系统与生态系统,提高径流峰值削减率与雨水综合利用率。通过对园区绿地系统的生态廊道改造、使局部积水问题得以解决;利用公园原有的良好生态本底,营造优美的景观和自然生态环境,达到了海绵城市建设的效果。

## 参考文献:

- [1] 苏义敬,王思思,车伍,等. 基于“海绵城市”理念的下沉式绿地优化设计[J]. 南方建筑,2014,(3):39-43.  
Su Yijing, Wang Sisi, Che Wu, et al. Optimization design of sunken greenbelt based on the concept of “sponge city”[J]. South Architecture, 2014, (3): 39-43 (in Chinese).



作者简介:高小平(1979-),女,湖北荆州人,硕士,高级工程师,从事水污染治理科研与工程设计工作。

E-mail:40743407@qq.com

收稿日期:2017-10-12