

乌鲁木齐市不同下垫面雨水径流水质特性分析^{*}

伊元荣¹, 海米提·依米提², 赵丽丽³

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046; 2. 干旱半干旱区可持续发展国际重点实验室, 乌鲁木齐 830046; 3. 乌鲁木齐市环境监测站, 乌鲁木齐 830000)

摘 要: 针对乌鲁木齐市面临水资源短缺和水环境污染双重压力的现状, 选取乌鲁木齐市城区 4 个不同下垫面的屋面和路面作为雨水取样点, 分析了径流不同时间段雨水水质的变化趋势。结果表明: 径流初期下垫面的雨水污染均较严重, 污染物浓度较高。随着径流时间的持续, 各污染物浓度呈下降趋势, 且污染物间有一定的相关性。与此同时, 依据乌鲁木齐市不同下垫面的雨水水质提出了针对乌鲁木齐市降雨特点的雨水综合利用的途径和措施, 为缓解乌鲁木齐市水资源短缺问题具有一定的指导作用。

关键词: 雨水径流; 城区下垫面; 水质

中图分类号: X522

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)02-0247-05

Analysis on the Characteristics of Storm Runoff Water Quality of Different Underlying Surfaces in Urumqi

YI Yuan-rong¹, HAI Miti · yimiti², ZHAO Li-li³

(1. Resource and Environmental College of Xingjian University, Urumqi 830046, China; 2. Key Lab of Oasis Ecology and Sustainable Development, Urumqi 830046, China; 3. Urumqi City Environmental Monitoring Station, Urumqi 830000, China)

Abstract: In view of facing the status quo of dual pressures of water shortages and water pollution in Urumqi, we selected rooves and roads of four different underlying surfaces as rainwater sampling points, and analyzed the storm runoff quality trends in different time. The results showed that the rainwater runoff was seriously polluted initially, with high concentration of pollutants. With runoff time continuing, the pollutant concentration presented downward trend, while there was certain relevance within pollutants. This paper also brought up the comprehensive utilization ways and measures on account of characteristics of rainfall which had a guiding role to alleviate the water shortage in Urumqi.

Key words: storm runoff; city underlying surface; water quality

随着社会经济的发展 and 资源的开发利用, 乌鲁木齐城市发展规模、城市集聚能力和辐射力将进一步扩大和加强, 在我国西部大开发战略中起着举足轻重的作用, 将成为我国向西部开放的重要商贸中心城和中亚区域性国际化大都市^[1]。乌鲁木齐城市人口的增长, 城市规模的扩大, 势必带来需水量的增加。然而, 乌鲁木齐市却是全国严重缺水城市之一, 水资源的人均占有量仅 506 m³, 约为全国人均水资源占有量的 1/4, 全疆人均水资源占有量的 1/10, 远远低于国际公认的人均 1 000 m³ 的下限, 属典型资

源型缺水城市^[2]。这就决定了乌鲁木齐必须走建设节水型城市之路。2006 年乌鲁木齐市水资源拥有量为 10.59 亿 m³, 其使用量达 6.37 亿 m³, 约占到水资源总量的 65%^[3]。而国家在对西北地区水资源调查的一项课题中提出, 西北地区水资源利用量不得超过水资源总量的 70%, 否则就会挤占生态用水, 造成严重后果。因此, 从这个角度看, 乌鲁木齐市水资源供需矛盾相当紧张。水资源短缺的同时, 地下水超采严重。因此, 开发利用雨水资源已成

* 收稿日期: 2009-10-06

基金项目: 新疆维吾尔自治区高校科研计划青年教师科研启动基金项目 (060149)

作者简介: 伊元荣 (1974-), 女, 讲师, 主要从事干旱区水资源与环境研究。E-mail: yyrxwx@sina.com

为当前的重要研究课题, 并且是乌鲁木齐解决水资源匮乏的有效手段, 是保护环境、防治水污染和建设节水型城市的最佳选择之一。

城区雨水利用的可行性及可利用程度不仅取决于降雨量及其时空分布, 还取决于不同下垫面上雨水径流的水质状况^[4]。伴随着城市的发展, 屋顶材料渐趋多样化即 SBS 防水卷材屋面、沥青油毡屋面、瓦屋面等^[5], 城市车流量也不断增加, 能够通过汽车尾气排放、轮胎和路面磨损以及油脂的渗漏等^[6-7], 这些都会对雨水径流的水质产生影响。为实现雨水的资源化利用, 迫切需要对不同类型下垫面(屋面和道路)上的雨水径流水质进行系统的监测、分析和评价。

1 材料和方法

1.1 雨水水样采集

(1) 采样时间。乌鲁木齐市降雨多集中于 4 月、5 月、9 月和 10 月, 因此, 采样时间选定在这 4 个月, 形成径流的初始时刻记为 0 min, 在形成径流的 0, 10, 20, 30, 40 min 取水样。

(2) 采样地点。雨水取样点选定在乌鲁木齐市新疆大学两个校区的路面和屋面。根据乌鲁木齐市屋面材料^[4]的主要类型以及所处的地理位置, 选取了两大类屋面作为研究对象: 一类是运用比较广泛的 SBS 防水卷材铺面的屋面, 即新疆大学北校区住宅楼 9 号; 另一类屋面是以沥青油毡铺面的屋面, 即新疆大学本部学生宿舍 10 号。屋面径流的收集方法是: 在楼顶雨水管道出水口处放置收集瓶, 收集楼顶流出的雨水。路面径流设 4 个采样点, 即新疆大学的两个校内的主干道路和校外机动车主干道路上, 路面材料为沥青柏油路面, 路面径流的收集方法为: 在路面上的雨水下水井内装有容器, 当路面产生径流时汇聚进入该容器中。每场降雨各个采样点同时取样, 样品采集后立即转入实验室进行化验分析。

1.2 分析项目、方法与仪器

雨水径流指标包括: pH、SS、COD、矿化度、氨氮和电导率, 分析方法与仪器见表(1)。

表 1 分析仪器及分析方法

分析项目	分析仪器	分析方法
物理指标	矿化度	精量分析天平
	电导率	电导率仪
	总残渣	精量天平
	pH 值	智能酸度计
化学指标	COD 值	蒸馏
	氨氮	紫外分光光度计

2 结果与分析

2.1 天然雨水水质特性分析

2007 年 4—5 月降雨期间, 对天然雨水和形成径流的不同时段不同下垫面所取水样的 pH、矿化度、COD、SS、氨氮、电导率和重金属(Pb、Cu) 等进行检测分析。通过不同下垫面雨水径流的 pH 测定结果来分析, pH 值都在 5.7~ 6.2 之间, 呈弱酸性。重金属的含量较低, 甚至未检出。

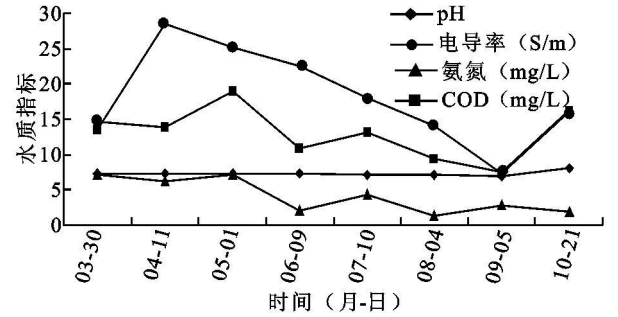


图 1 天然雨水水质指标变化

从图 1 可看出, 所研究区域内的天然降雨的水质指标变化幅度比较大是电导率和氨氮。总体而言, 经过淋洗大气后的雨水水质化学指标的数量值都在三类水质的范围内, 是一种污染较轻的水资源。

2.2 不同下垫面雨水径流水质特性分析

2.2.1 下垫面性质对雨水径流水质的影响 通过以上雨水径流水质指标的分析, 雨水及不同下垫面径流水质的优劣次序为: 天然降水 > 屋面径流 > 机动车道径流; SBS 屋面 > 沥青油毡屋面; 北校区校外路面 > 本部校外路面 > 本部校内路面 > 北校区校内路面。舍弃初期径流雨水进行综合评价, 天然降水及屋面径流的水质较好, 基本能达到地表水Ⅱ类水质标准; 而机动车路面径流的污染较为严重, 超过了地表水Ⅴ类水质标准, 因为沥青混凝土路面材质释出污染物多, 且路面车辆、行人等交通量大, 废气、扬尘等污染物多, 积尘量大, 导致其径流水质污染严重。沥青混凝土路面材质及性质决定其径流水质污染最重。因此, 路面、屋面环保材料的使用, 可减轻径流污染, 改善水环境。

2.2.2 初期径流水质特性 初期径流污染严重, 其有机污染及悬浮固体污染严重, 它是水环境面源污染的主要污染源, 随着降雨历时的延长, 污染物浓度呈波浪型锯齿状下降趋势, 并最终趋于稳定。初始浓度和达到稳定值的浓度取决于汇水面积性质、降雨量、降雨强度、大气污染状况、地表清扫状况、降雨间隔时间等多种因素。一般来说, 相邻两场降

雨的间隔时间越长,则累积的污染物量越大;降雨强度增大,则雨水对地面的冲刷能力增强;地表污染程度也与乌鲁木齐市道路路面的雨水设施不完善,使得地下管网中的污水涌入地面造成路面上的 COD 和 SS 值很高。因此,可通过加强路面环境卫生管理和清扫以及对雨水径流进行截流、沉淀和过

滤来有效控制污染物总量。末期的路面径流水质和屋面径流的相差不多,但路面径流的电导率、氨氮浓度有时却随降雨的进行而增加,这是由于降水不均匀等因素所致。雨天时交通活动并未停止,随时都有污染物输入,尤其是当降雨强度较小时,污染物的累积现象将更加明显。

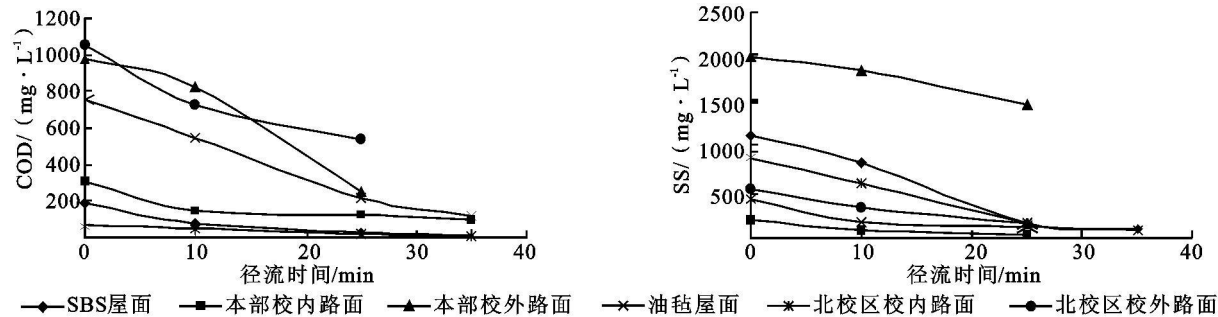


图 2 不同下垫面径流 COD 和 SS 随时间变化曲线

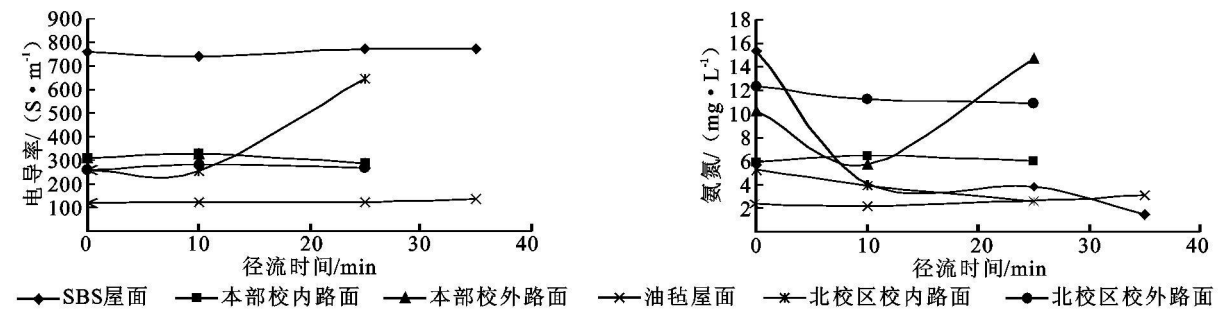


图 3 不同下垫面径流电导率和氨氮随时间变化

2.2.3 地理位置因素对径流水质的影响 上述监测结果可知,其它条件相同时位于人口密集和机动车流量大的市中心即新疆大学北校区校外路面水质最差,而相对而言机动车流量少的校内路面水质污染较轻。这表明地理位置及地区的气候条件、空气质量、环境卫生条件等也是很重要的径流水质影响因素。

2.3 污染物浓度相关性分析

对屋面、路面径流污染物浓度进行相关分析发现:2 种下垫面径流水质指标之间进行了相关关系分析,得出 COD 与其它各指标之间有一定的相关性,特别是 COD 与 SS 间的相关性较高。相关系数都达到了 0.98 以上。

3 雨水资源化利用途径探讨

现代城市雨水利用是一种新型的多目标综合性技术,并将雨水利用与城市环境和生态建设紧密结合起来。可实现节水、水资源涵养与保护、控制城市水土流失和水涝、减轻城市排水和处理系统的负荷、减少水污染和改善城市生态环境等目标。

根据用途不同,雨水利用可以分为直接利用、间接利用和综合利用等几类。根据乌鲁木齐市降雨量

全年分布不均,多以中到大雨形式集中在 6—9 月,蒸发和径流量大、地下水长期过量开采的区域特点,雨水利用应首先考虑补充地下水、涵养地表水、绿化、冲洗道路、停车场、洗车、景观用水和建筑工地等杂用水;有条件时还可作为洗衣、冷却循环、冲厕和消防的补充水源。由于整个系统的设备在一年中的大部分时间里闲置,故直接利用往往不能作为唯一的水源满足要求,一般可以与其它水源结合起来互为备用。

3.1 雨水集蓄利用

3.1.1 屋面雨水集蓄利用系统 利用屋顶做集雨面的雨水集蓄利用系统主要用于家庭、公共和工业等方面,如浇灌、冲厕、洗衣、冷却循环等中水系统。可产生节约饮用水,减轻城市排水和处理系统的负荷,减少污染物排放量和改善生态环境等多种效益。该系统又可分为单体建筑物分散式系统和建筑群集中式系统。由雨水汇集区、输水管系、截污装置、储存、净化和配水等几部分组成。有时还设渗透设施与贮水池溢流管相连,使超过储存容量的部分溢流雨水渗透。

3.1.2 园区雨水集蓄利用系统 在新建生活小区、

公园或环境条件较好的城市园区, 可将区内屋面、绿地和路面的雨水径流收集、净化并利用, 达到显著削

减城市暴雨径流量和非点源污染物排放量、优化小区水系统、减少水涝和改善环境等效果。

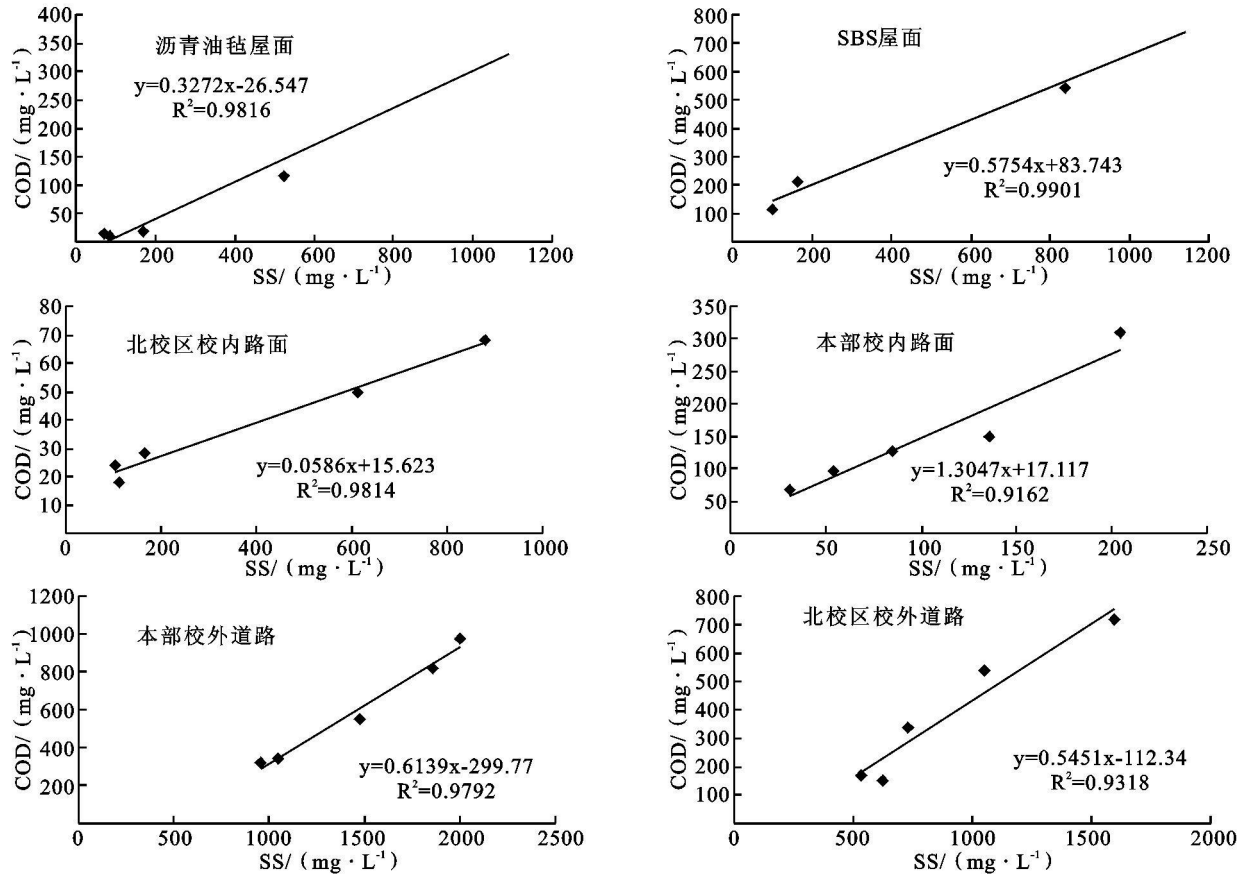


图 4 COD 与 SS 的关系

3.2 雨水渗透

采用各种雨水渗透设施, 集中式和分散式, 如绿地渗透、透水地面、渗透井、渗透沟、渗透池(坑)、或深井回灌, 补充涵养地下水资源、减小地下水漏斗面积、缓解地面沉降、减少水涝等。这是一种间接的雨水利用技术。分散式渗透可应用于生活小区、公园、道路和厂区等, 规模大小因地制宜, 设施简单, 充分利用表层植被和土壤的净化功能减少径流带入水体的污染物。集中式可直接向地下深层回灌雨水, 但对地下水位、雨水水质有更高的要求。渗透地面可分为天然和人工渗透地面两大类, 前者以绿地这种天然的渗透设施为主, 关键是提高城市绿化率, 2006年乌鲁木齐市建成区绿地覆盖率已达到 21.21%。人造透水地面是指在城区停车场、步行道、广场等铺设的各种人工透水性地面, 如多孔的嵌草砖、碎石地面、透水性混凝土路面等。渗透管沟是埋设于地下的多孔管材, 管材四周填充粒径 20~ 30 mm 的碎石或其它多孔材料, 雨水通过管材向四周土壤层渗透。渗透井有深井和浅井两类, 深井适用水量大而集中, 水质好的情况。城区一般宜采用后者。其井壁做成透水的, 在井底和四周铺设碎石, 雨水通过井壁、井

底向四周渗透, 适用于拥挤的城区或地面和地下可利用空间小、表层土壤渗透性差而下层土壤渗透性好等场合。渗透池(塘)面积大, 能提供较大的渗水和储水容量, 净化能力强, 对水质和预处理要求低, 管理方便。具有渗透、调节、净化、改善景观等多重功能, 适合在新建生态小区里应用。也可根据具体条件将各种渗透装置组合为一个综合渗透系统。

3.3 生态住宅小区雨水综合利用系统

目前, 乌鲁木齐市在建设生态住宅小区时, 可综合利用雨水, 根据生态学、工程学、经济学原理, 通过人工净化和自然净化的结合, 雨水集蓄利用、渗透与园艺水景观相结合, 实现建筑、园林、景观和水系的协调统一, 实现经济效益和环境效益的统一, 人与自然和谐共存。生态住宅小区雨水综合利用系统一般包括屋顶绿化、水景、渗透、雨水回用、收集与排放系统等。建筑物的屋顶建雨水收集系统; 溢流雨水、绿地和步行道汇集的雨水进入一个用砂和碎石铺设的、种有多种植物的自然水道, 之后进入有多种水生植物的水塘, 同时利用太阳能和风能使雨水在水道和水塘间循环, 连续净化, 形成植物鱼类等生物共存的生态系统, 整个小区基本实现雨水零排放。

3.4 雨污分流

雨污分流重点是雨水的利用,由于乌鲁木齐市城市的迅速发展,地面硬化率大大提高,使得雨水对地下水的补充被阻隔;雨水在地面汇集,大量集中在机动车道和人行道上,引起交通堵塞;雨水从地面流失或被蒸发,使城市扬尘污染加重。因此提出道路雨水利用改进措施是很有必要的。合流后的排水系统将其和污水一同排放,使较清洁的雨水白白浪费和流失。分流后的雨水经排水道排至需要景观用水的集中用水点,如人工湖、贮水池等,补充生态用水,用于维持和改善城市的水环境。如果我们利用雨水冲洗厕所、地面,浇灌花草、树木,既能节约水资源又能使暴雨被分散利用,雨洪天气行路难,水进居室民屋、雨水污染城市水体的问题可以基本解决,这是造福子孙的福利工程。

3.5 引雨济湿工程

在乌鲁木齐市一带有不少老河道(河床)、输水干渠,如:头屯河、水磨河、和平渠、硫磺沟、碱泉沟等,可将这些河道(沟)、渠道周边地段的雨水(雨洪)有意识、有目的地引进河道(沟)、渠道中去,然后向下游排放,至下游湿地,恢复原有的生态环境。如青格达湖、猛进水库一带。

3.6 利用经济手段推广雨水技术

城区雨水利用既有直接的经济效益又有间接广泛的环境与社会效益。公共设施或场所的雨水利用工程属公用事业,需要政府投资,需要研究资金的来源与使用问题以及如何适应市场经济规律,逐步纳入合理的总体收费与管理计划。但对一些小范围、小规模雨水利用设施,如宾馆饭店的中水系统,工厂企业、居民的雨水利用设施和房地产开发商的小区内的雨水利用设施等,都属于企业、商业行为或私有投入问题,企业微观经济与社会的宏观经济矛盾难以避免。除了严格的法规与行政手段外,应通过适当的经济杠杆作用来调和这种矛盾,它直接关系到雨水利用技术的推广和效益。比如通过业主适当的收费、减税或国家的补助金等手段来鼓励这类有利于社会的项目。

4 结 论

近年来随着生产生活水平的提高,煤、油、燃气等能源消耗激增,废气、粉尘等排放的增加造成了严重的大气污染。雨水在降落过程中对大气起到淋洗的作用,空气中的粉尘颗粒物、可溶性的有害气体就随着雨水降落至地面,对本来水质较好的雨水造成污染。雨水径流水质受汇水面性质影响而呈现出不同的变化。屋面污染物主要为大气干沉降物和屋面材料的分解产物,沥青油毡屋面是一种主要的污染源。路面污染状况是道路雨水污染的决定性因素,水质比屋面雨水更复杂,随机性更大,因此各汇水面上的污染物的产生具有不确定性。

(1) 屋面、道路径流污染较为严重,主要污染物为 COD、SS、氨氮等,平均含量均超过地表水环境质量 V 级标准,路面 COD、SS 污染最严重。

(2) 屋面、道路两种下垫面径流 SS 含量与 COD、氨氮、电导率之间有较好的相关性,特别是 COD 与 SS 间的相关性较高。相关系数达到了 0.98 以上,因此可以通过城市下垫面的清洁除去大部分的污染物质。

总而言之,乌鲁木齐市城区雨水资源化利用对改善城市环境,保持良好的水循环系统及生态平衡,将具有重要意义。

参考文献:

- [1] 张杰,刘雪玲,任朝霞,等.乌鲁木齐市大气污染成因分析及防治对策[J].新疆环境保护,2000,22(2):65-70.
- [2] 庞伟.乌鲁木齐市水资源可持续发展及人的行为引导[D].乌鲁木齐:新疆大学,2006.
- [3] 乌鲁木齐市统计局.乌鲁木齐 2007 统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2007.
- [4] 谢卫民,张芳,张敬东,等.城市雨水径流污染物变化规律及处理方法研究[J].环境科学与技术,2005,28(6):34-32.
- [5] 车武,汪慧珍,任超,等.北京城区屋面雨水污染及利用研究[J].中国给水排水,2001,17(6):57-61.
- [6] 甘华阳,卓慕宁,李定强,等.广州城市道路雨水径流的水质特征[J].生态环境,2006,15(5):969-973.
- [7] 李英琦.软土地区排水管道铺设工程技术研究[J].城市道路与防洪,2004(4):65-68.