

上海市雨水资源利用浅谈

孟明群, 吴耀民, 桂 轶

(上海市供水管理处, 上海 200081)

摘要 该文通过介绍上海市降雨情况, 简要概括了雨水利用技术、条件、成本核算及投资回收期等, 分析了雨水利用的社会效益和经济效益, 通过实例应用说明和问题探讨, 建议进一步加强雨水利用在上海市非传统水资源利用中的应用。

关键词 雨水资源 利用 成本 效益 节水型社会建设

中图分类号: TU991.5 文献标识码: A 文章编号: 1009-0177(2011)05-0043-05

Utilization of Rainwater Source in Shanghai

Meng Mingqun, Wu Yaomin, Gui Yi

(Shanghai Water Supply Administration, Shanghai 200081, China)

Abstract Utilized technique, condition, cost and pay-back period of rainwater were summarized according to introducing rainfall condition in Shanghai. Social benefits and economic benefits of rainwater utilization were also introduced. The paper made an example of rainwater utilization, discussed and suggested that rainwater utilization should play an important role in nontraditional water resource utilization in Shanghai.

Keywords rainwater source utilization cost benefits water-saving society construction

1 概述

上海市位于长江三角洲东缘, 太湖流域下游, 东濒东海, 南临杭州湾, 北依长江口, 西接江苏、浙江两省。2010年上海市平均降水量为 1 171.7 mm, 比多年平均值增长 7.6%, 比上年减少 11.4%, 属平水年。汛期的 6月1日~9月30日, 全市平均降水量为 554.9 mm, 与多年平均值基本持平, 比上年减少 20.5%。年降水量时空分布见图 1 和图 2。

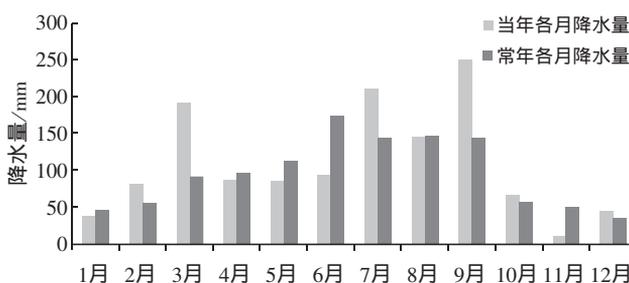


图1 2010年上海市各月降水量与多年平均值比较

Fig.1 Monthly Comparison of Rainfall between 2010 and Monthly Average Value of Past Years in Shanghai

2010年上海市于6月17日入梅, 7月17日出

[作者简介] 孟明群(1965-) 男 教授级高工, 从事供水管理工作。
电话 021-65079958。

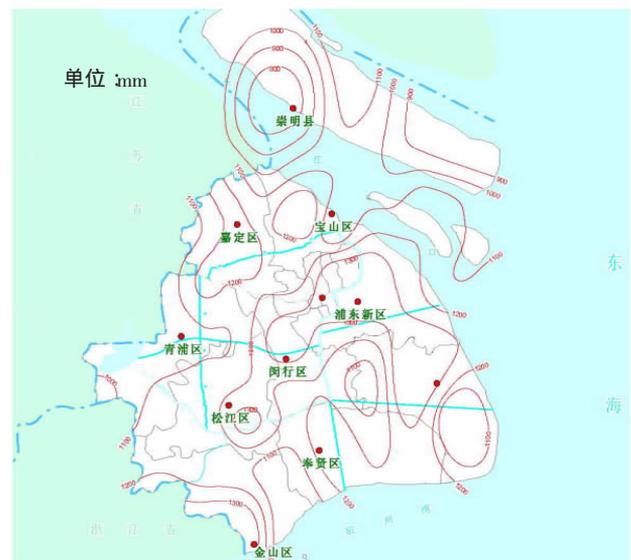


图2 2010年上海市年降水量等值线图

Fig.2 Isoline of 2010 Rainfall in Shanghai

梅 梅雨期历时 31 d, 其中雨日为 19 d。梅雨期间, 中心城降水量为 275.3 mm, 比多年平均值增加约一成, 郊区奉贤区降水量最大, 达 339.9 mm, 崇明县降水量最少, 为 171.8 mm。2010年上海市中心城和各区(县)梅雨量见图 3。

《中华人民共和国水法》第二十四条明确规定: 在水资源短缺的地区, 国家鼓励对雨水和微咸水的

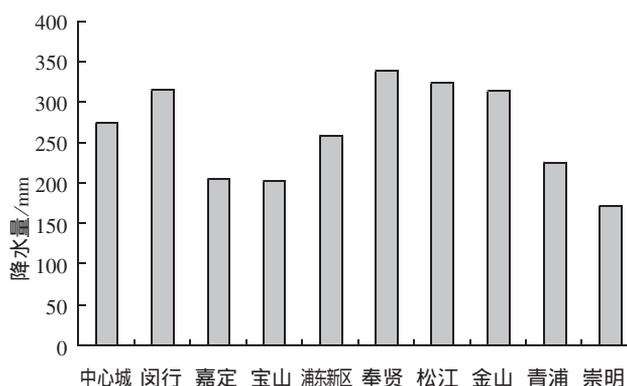


图3 2010年上海市中心城区与各区县梅雨量

Fig.3 Meiyu Rainfall of 2010 in Shanghai Central Towns and Countries

收集、开发、利用。2006年,上海市人民政府批转市发展改革委等五部门《关于本市巩固节水型城市创建成果加强节水型社会(城市)建设实施意见》的通知,规范并指导因地制宜,鼓励把河水、雨水和城市再生水作为市政、绿化、景观等用水。根据《上海市“十二五”节水型社会(城市)建设规划》以及水质型缺水城市的特点,大力发展雨水利用技术、建立雨水示范基地是当务之急。

2 雨水资源利用技术

雨水利用技术^[1-2],又叫做“雨水收集与利用技术”,是指收集、利用建筑物屋顶及道路、广场等硬化地表汇集的降雨径流,经收集——输水——净水——储存等方法,利用雨水,为绿化、景观水体、冲洗甚至是农业灌溉等提供补给,以达到综合利用雨水资源和节约用水的目的。

雨水利用技术应遵循以下原则:

(1) 根据水量大小和水质高低要求,宜按如下顺序进行回用:景观水体补水、绿化用水、路面和车辆冲洗用水、循环冷却系统补水、冲厕用水以及其它用水。

(2) 处理后的雨水回用于景观水补水时,应达到《城市污水再生利用 景观环境用水水质》(GB/T 18921—2002)标准;用于绿化、车辆冲洗、消防等用途时,水质应达《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920—2002)标准;多种用途时,按最高水质标准确定。

(3) 回用雨水供给管道应与生活饮用水供给管道分开设置,回用雨水供给管道和取水处应设明显的“雨水”标识和专门开关,防止误接、误饮、误用。

(4) 雨水供给系统应设补水系统,以满足不同用水量;当采用生活饮用水作为补水水源时,必须

采取防止生活饮用水被污染的措施。

(5) 雨水供给管网的服务范围应根据经济和技术可行性,覆盖合理的设计用水用户;应尽量选择重力流输送,特殊情况可采用压力流,尽量减少提升次数。

其中,建筑物屋面雨水收集系统可收集雨量可由下式测算:

$$Q = A \times (H - B) \times S$$

式中: Q 为屋面可收集雨量(m^3);

A 为收集系统效率,考虑初期湿润屋面及蒸发损失,取 0.8~0.9;

H 为多年平均降雨量(mm);

B 为初期弃流量(mm),每场雨通常取 2~3 mm;

S 为面积(m^2)。

雨水调蓄池(罐)容积不应小于汇水面在重现期为 1~2 年的日降雨净产量。其有效容积可以根据逐日降雨量和日用水量规模拟定。当资料不足时可简化计算,如下式:

$$V = D \times 0.06$$

式中: V 为调蓄池(罐)有效容积(m^3);

D 为小区年均杂用水量或年最小雨水产水量(m^3);

0.06 为储存三周杂用水量相应的系数,参照德国标准。

雨水处理后,应设置清水池或储水罐,其有效容积根据用水量情况而定。在缺少用水资料时,可按平均日设计用水量的 35%~50% 计算。

3 雨水资源利用要求

目前上海市雨水利用主要在住宅小区、公共建筑、公共绿地上和企事业单位内部使用。

3.1 住宅小区

(1) 住宅小区雨水利用是指将住宅小区内的降雨或降雨径流通过收集、储存、处理后,作为景观水补充、绿化浇灌及路面清洁等用水的供水水源。

(2) 根据汇水面性质,主要包括屋面雨水、路面雨水和绿地雨水 3 大类。考虑到地表径流污染及经济等问题,雨水收集应以屋面雨水为主。

(3) 住宅小区内若存在生活饮用水给水、中水回用等系统时,应做好雨水利用系统与其它系统的协调与合作。严禁雨水利用系统与自来水和小区生活饮用水给水系统相连通,雨水和中水宜共用储存设施,以节地节材及早季中水替代雨水作为杂用

水源。

3.2 公共建筑

(1) 公共建筑雨水利用是指将公共建筑屋顶或周边区域的降雨或降雨径流通过收集、储存、处理后,作为景观水补充、绿化浇灌及路面清洁等用水的供水水源。

(2) 根据汇水面性质,主要包括建筑屋面雨水、周边路面雨水和周边绿地雨水 3 大类。考虑到地表径流污染及经济等问题,雨水收集应以屋面雨水为主。

(3) 公共建筑内若存在生活饮用水给水、中水回用等系统时,应做好雨水利用系统与其它系统的协调与合作。严禁雨水利用系统与自来水和建筑生活饮用水给水系统相连通,雨水和中水宜共用储存设施,以节地节材及早季中水替代雨水作为杂用水源。

3.3 公共绿地

(1) 公共绿地雨水利用方式,包括完全渗透、渗透与收集利用二者组合、渗透与收集排放二者组合、渗透与收集利用及排放三者组合,具体方式应根据绿地特征,并经技术经济比较后确定。

(2) 公共绿地所利用的雨水,包括绿地范围内的降雨或降雨径流、经管道或其他设施输送的客地雨水。

(3) 公共绿地雨水利用必须采取相应措施,保障游客和行人安全,确保周边建筑物的稳定性,并维持绿地原有的景观生态功能。

3.4 企事业单位

企事业单位雨水利用可参照上述三类情况实施。有条件的企事业单位最好将雨水作为景观水体进行储存收集,经处理后用于绿化、灌溉、间接冷却水补水、冲厕用水和其他用水等。

当然,雨水利用工程的设计、施工、管理与维护,还应符合国家和上海现行的相关标准、规范的规定。

4 投资估算

雨水利用工程的项目费用包括固定资产投资和年总成本。

4.1 固定资产投资

固定资产投资应计算达到设计效益和规模所需的全部工程建设费用,包括土建工程费(含构筑物 and 管道等)、设备及其安装工程费和其他工程费

等等费用。即:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

I 为固定资产投资;

I_1 为土建工程费;

I_2 为设备及其安装工程费(含电气工程);

I_3 为其他工程费,包括勘查设计费、前期工作费、工程监理和质检费等。

固定资产投资费用的估算的编制方法应根据不同阶段的条件来确定。一般采用①投资估算指标、概算指标、技术经济指标、②类似工程概预算、③近似工程量估算法、④市场询价加系数等方法编制。

4.2 年总成本

雨水利用工程的年总成本一般为以下各项成本之和:

(1) 动力费(C_1 , 元/a)

$$C_1 = N \times T \times d$$

式中 N 为全部电机实际功率和其他耗电量之和 kW,

T 为全年电机工作时间 h;

d 为电费单价,元/kWh。

(2) 药剂消耗费(C_2 , 元/a)

$$C_2 = Q(a_1 b_1 + a_2 b_2) \times 10^{-6}$$

式中 Q 为处理雨水量 m^3/a

a_1 a_2 为化学药剂(如絮凝剂、消毒剂等)的平均加注量, mg/L;

b_1 b_2 为化学药剂(如絮凝剂、消毒剂等)的单价,元/t。

(3) 维护管理费及其他(C_3 , 元/a)

包括日常养护、定期修护费用以及管理费等,缺乏资料时可按投资的 2%~3% 估算。

(4) 折旧费(C_4 , 元/a)

折旧费可采用平均年限法计算。折旧年限应根据不同雨水利用设施和工程经验确定。雨水利用工程可以参照有关规定进行。为简化计算,实际使用时,可按照雨水利用工程各部分的投资比例,测算出平均综合基本折旧率。然后按下式计算:

$$r = (1 - e) / n \times 100\%$$

$$C_4 = I \times r$$

式中 r 为年折旧率;

e 为寿命期终了时残余价值率, %;

n 为折旧年限, a;

I 为雨水利用工程固定资产原值,元。

5 成本分析

5.1 单位水量投资和成本

在分析出雨水利用的固定资产投资和年总成本后, 可以计算出雨水利用工程的单位水量投资、单位水量总成本等指标, 来评价城市雨水利用工程的优劣和可行性。

(1) 年均单位水量投资

一般采用静态法计算, 计算公式为:

$$I_v = I/V$$

式中 I_v 为雨水利用工程单位水量投资, 元/ (m^3/a) ;

V 为年均利用雨水总量 m^3/a 。

(2) 单位水量总成本

可以采用静态法或动态法两种方法, 多用动态法。动态计算可参考下式计算:

$$AC_{\text{动态}} = \left[I(1-e) \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} + C' \right] / V$$

式中 AC 为雨水利用工程单位水量总成本, 元/ m^3 ;

i 为折现率。

5.2 投资回收期

投资回收期是以项目的净收益抵偿全部投资需要的时间, 它是反映项目财务清偿能力的重要指标。在特别强调项目清偿能力的情况下它可作为判定方案可行与否和方案选择的评价指标。投资回收期有静态和动态之分。

在项目规模较小、投资额度较小或进行项目粗略评价时, 可以选用静态投资回收期。静态投资回收期 P_i 可用下式计算:

$$P_i = \frac{I}{B - C}$$

式中 P_i 为雨水利用工程的静态投资回收期, a;

B 为雨水利用工程的年均效益, 元/a;

C 为总成本, 元($C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$)

雨水利用工程往往因降雨量、规模、利用方式等的不同具有很大差异性, 方案设计时应进行细致的经济评价。

6 效益分析

雨水利用效益包括直接效益和间接效益。主要包括下列方面:

6.1 直接效益

(1) 节约用水带来的费用

雨水利用工程实施以后, 每年增加渗透水量,

回用水量, 从而减少了自来水的使用量, 可节约相应的自来水电费。

若考虑污水处理回用和用水超计划加价收费, 此项节省费用会更高。

(2) 消除污染排放而减少的社会损失

采用了雨水集蓄利用与渗透时, 对初期雨水径流污染的控制或处理, 一方面减少雨水径流对外界环境的污染, 另一方面减少了进入市政雨水管道的水量, 从而减少了排入接纳水体等外界环境的污染量。

6.2 间接效益

(1) 节省城市排水设施的运行费用

对上海市雨水径流的污染控制、利用或渗透处理, 每年可减少向市政管网排放雨水, 减轻了市政管网的压力, 也减少市政管网和城市排水设施的建

(2) 提高防汛排涝能力而减少的经济损失

上海市的住宅、商业楼宇等的开发使不透水面积大幅度增加, 使雨水在较短时间内迅速形成, 排水不畅, 水涝灾害损失增加。雨水回用等措施可缓解这一矛盾, 延缓雨峰径流形成的时间, 削减雨峰流量, 从而减小雨水管道系统的防汛压力, 减少汛期造成的损失。

(3) 改善城市生态环境带来的收益

如果雨水集蓄利用工程能在整个上海市推广, 有利于改善城市水环境和生态环境, 能增加亲水环境, 会使城市河湖周边地价增值等。

(4) 减少地面沉降带来的灾害

上海市对地下水取水总量严格控制, 基本达到采灌平衡。若全面实施雨水渗透方案后, 也可在一定程度上缓解地下水位下降和地面沉降的问题。

7 应用实例

上海在雨水利用方面已经作了初步的探索和应用, 为建立系统的示范基地打下了扎实的基础。

7.1 世博阳光谷

阳光谷不仅是世博轴最具标志性的特征之一, 还承担了环保节能的作用, 它将阳光、空气、雨水引入地下空间, 经初步净化后的雨水可作立面、厕所冲洗。据统计, 阳光谷收集的雨水可负责整个世博轴几十个厕所的用水, 而且还有盈余可用在周边的绿化灌溉上。

7.2 上海化学工业区

园区建设雨水收集系统和排放系统, 各企业设

置初期雨水收集池及相应的自动切换设施,以便于初期雨水和后期雨水分离。清浄雨水排放进入化工区清浄雨水系统,进入化工区独立的河道水系,用于园区的绿化浇灌和道路保洁。

7.3 普惠飞机发动机维修有限公司

厂房屋面雨水采用重力排水形式,雨水收集后排至厂区水景储存,经过处理后作为消防系统补水,厂区绿化用水及冲厕用水,洗车用水和空调机、空压机冷却水塔补水等;厂区所有屋面雨水、硬质路面雨水全部收集至景观水池,屋面雨水量按重现期10年设置收集系统,在员工活动中心地下室设置雨水处理系统,经处理后的雨水由变频供水设备恒压变流量供至厂区中水管,提供全场绿化用水及卫生间冲厕用水。

7.4 上海西门子开关有限公司

公司现有约17 400 m²绿地,投资10万元修建雨水蓄水池,用于绿化浇灌,年节约用水量约3 600 m³,并在池塘内放养景观金鱼,不仅达到了美化环境的目的,还节约了绿化用水,促进了循环经济的发展。

7.5 孙桥现代农业园区

园区内建有14 000 m³和8 000 m³的露天人工雨水蓄水池,在雨天通过温室棚顶的雨水管汇集及每座大棚的排水侧沟,将雨水汇集流入蓄水池,经过处理作为温室内作物的浇灌源,年节约用水量为90 000 m³。

还有其他如金山现代农业园区、南汇鲜花港、上海夏普电器有限公司、上海通用汽车有限公司和部分街道等单位也在积极推进雨水利用。

8 主要问题及建议

8.1 主要问题

(1) 针对性文件有待完善出台

由于雨水利用涉及规划、设计、城市建设、市政管理、节水、道路园林等众多部门,受到技术、制度、人为因素等的影响,目前还没有把雨水利用放在优先考虑的地位。虽然上海市于2009年出台了《关于本市加强新建住宅节约用水管理的意见》,但尚无专门针对雨水利用的专门法律法规和标准。

(2) 资金支持有待加大落实

虽然《上海市节水减排项目专项资金使用和管理的实施细则(送审稿)》明确部分资金用于建设雨水利用设施,但毕竟杯水车薪。对于雨水的使用、设施

管理和维护没有具体的资金支持,造成部分雨水设施只是“形象工程”。

(3) 示范基地有待建立推广

虽然在部分单位建设了雨水利用设施,虽然在各种场合开展了雨水利用的宣传,但是上海还未建立起系统的示范基地以供各行各业参观学习、比较分析,以便于真正能够在非传统水资源利用方面形成规模效应。

8.2 建议

针对以上存在的主要问题,建议如下:

(1) 加大政策支持力度

按照2011中央1号文件和《中共上海市委、上海市人民政府关于贯彻【中共中央、国务院关于加快水利改革发展的决定】的实施意见》要求,尽快制订如“雨水管理规定及实施细则”等专门性文件,包括如何从政策上大力扶持雨水综合利用产业。

(2) 完善经济保障制度

能够解除雨水利用的后顾之忧,关键要对使用方从实际操作上给予积极支持,建议从优惠综合费用的角度上长期进行经济倾斜。

(3) 减少公众负面印象

雨水相对于污水回用和中水利用在公众心理更能让人接受,但最好能避免与人体直接接触,毕竟它的处理方式与饮用水不同,尤其在使用时要加以重点考虑。

9 结论

随着上海加快“四个中心”和现代化国际大都市的建设,积极贯彻落实2011年中央一号文件、中央水利工作会议和胡锦涛总书记讲话精神,努力搞好水资源利用、水环境保护和水安全防范成为上海市今后几年水务工作的重点方向,按照“民生优先、城乡一体、节约用水、建管并举”这四个原则,通过完善制度建设、健全保障机制和有针对性地宣传,雨水利用必将成为上海市利用非传统水资源的一个主要途径,这也是上海市深入开展节水型社会建设的一大亮点。

参考文献

- [1] 张克峰,姜海英,王永磊.几种适应我国国情的城市雨水利用技术[J]. 净水技术,2006,25(1):58-80.
- [2] 杜玉柱,宋松柏.我国城市雨水利用存在的问题及对策探讨[J]. 山西水科技,2007,(4):68-69,77.