

桂林市住宅小区雨水利用方案设计与技术经济分析

Design and Cost-Effectiveness Analysis of Rainwater Utilization in a Residential Section of Guilin

曾鸿鹄,王洪涛

Zeng Honghu, Wang Hongtao

(桂林工学院资源与环境工程系,广西桂林 541004)

(Department of Resources & Environmental Engineering, Guilin Institute of Technology, Guilin, Guangxi, 541004, China)

摘要: 为桂林市某住宅小区设计一套雨水利用系统,以满足小区内浇洒道路、绿化、洗车之用。住宅小区占地 404404 m²,总建筑面积 111610 m²,绿化覆盖率为 62%,道路占总用地面积的 10%。水处理工艺流程为:雨水→沉淀池→石英砂过滤池→蓄水池。调节池 2 座,单池容积为 7×10³ m³。方案的技术经济分析表明,全年可节省自来水 1.696×10⁵ m³,静态投资回收期为 8.05 a。

关键词: 雨水利用 方案设计 技术经济分析 住宅小区

中图法分类号: TU991.14

Abstract: A rainwater utilization project is designed for a residential section of Guilin to use rainwater to meet the requirement of road cleaning, car washing and plant irrigation. The residential section is 404404 m², with 111610 m² of total area of buildings, 62% of area with plants and grasses, 10% of road area. The process flow is as follows: rainwater→sedimentation tank→quartz sands filter→cistern. Two cistern, which cubage was 7×10³ m³. The cost-effective analysis indicates that the static capital pay-off time is 8.05a. The 1.696×10⁵ m³ of tap water can be saved in a year.

Key words: rainwater utilization, schematic design, cost-effective analysis, residential quarter

西南地区雨水资源丰富,以桂林市为例,年平均降雨量为 1900 mm,但由于该地区降雨的季节性很强,雨量年内分布极不均匀,所以形成夏季常涝、春季多旱的特点^[1]。每年 3 月~8 月为雨季,降雨量最集中,占全年的 70%^[2]。由于近年来桂林市城市化进程不断加快,不透水面积增加,大量的雨水资源被弃流排放。如果能将流失的雨水进行利用,实现城市雨水资源化,不但能够节约有限的水资源,缓解暴雨期间漓江的负荷,还能改善城市水环境和水循环,收到良好的经济效益和社会效益。

城市雨水资源化是指通过工程技术措施收集、储存并利用雨水,同时通过雨水的渗透、回灌、补充地下水及地面水源,维持并改善城市的水循环系统。就目前桂林市的实际情况而言,实现城市雨水资源化的一条直接可行的途径是对小区雨水进行回用,经处理后的雨水可用于浇灌、洗车等。尤其对新建住

宅小区,设计雨水回用设施是一条节约水资源的有效途径。本文在桂林市某一新建小区设计了 1 个雨水利用方案,并对该方案进行了技术经济分析。

1 小区基本情况

某新建小区位于漓江西岸,占地 404404 m²,总建筑面积 111610 m²,主要由别墅、高级公寓及旅游休闲设施构成,容积率为 0.28,绿化覆盖率为 62%,道路占总用地面积的 10%,设计总人口为 2500 人,汽车 1250 辆。

设计雨水回用主要用于冲洗道路、绿化、洗车等 3 个方面。

2 雨水利用方案设计

2.1 雨水水质分析

小区拟采用地面雨水径流作为水源,由于径流的形成包括降水过程、蓄渗过程、坡地漫流和集流 4 个基本过程^[3,4],在形成径流的过程中,雨水径流将

冲刷屋面、路面、草地以及其他裸露的地面等,因此形成地面径流的水质要受到降水水质、屋面水质、植物叶面沉积物、地面污染物等影响。根据文献[5],地面雨水径流的水质变化范围比较大,COD_{cr}为280~1250 mg/L,BOD₅为50~210 mg/L,SS为1045~2288 mg/L。为此,在进行小区雨水管线设计时,每隔50 m均设置了沉砂井,雨水经过沉砂井初期沉淀之后,雨水径流的水质比较稳定,从该小区附近已建的住宅小区沉砂池的雨水管下游进行取样分析,结果表明污染物质含量很低(见表1)。参考同类型的工程经验可知^[4],该雨水经适当处理后,完全可以达到中水回用的水质标准。

表1 沉砂井后雨水水质

序号	污染物指标	浓度(mg/L)
1	生化需氧量(BOD ₅)	140
2	化学需氧量(COD _{cr})	310
3	悬浮物	200

2.2 处理流程选择

由于雨水BOD/COD值仅为0.17左右^[5],说明其可生化性差,所以一般不适于用生物处理。参考国内外的工程实例,同时结合本小区的实际情况,选择雨水→沉淀池→石英砂过滤池→蓄水池的雨水处理工艺流程(见图1),所有的构筑物均采用地埋式,池顶盖钢筋混凝土板并设检修孔,板上覆土0.5 m,并种植花草。

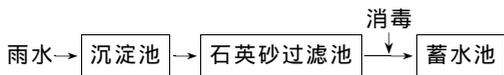


图1 雨水处理工艺流程

药剂的选择:选择聚合氯化铝、硫酸铝、三氯化铁3种混凝剂进行初步试验,确定其最佳投药量分别为5 mg/L、6 mg/L、6 mg/L,而且投加聚合氯化铝时出水效果最好,所以确定聚合氯化铝作为雨水处理的混凝剂。

处理效果:小试结果表明,经过上述处理,COD去除率为70%,SS去除92%,色度去除55%,说明出水能达到生活杂用水水质要求。

表2 主要设备及构筑物型号尺寸及造价

项目名称	单位	数量	型号尺寸(净尺寸)	结构形式	造价(万元)
沉淀池及附属设施	座	2	L60×B30×H4.0(矩形)	钢筋混凝土	27.0
石英砂滤池及附属设施	座	2	D40H4.5(圆形)	钢筋混凝土	30.0
蓄水池及附属设施	座	1	L70×B40×H5.0(矩形)	钢筋混凝土	45.0
水泵,CIO ₂ 消毒机及设备房	座	1	水泵3台,消毒机2台	砖混结构	10.0
雨水回用管道	米	2500		钢管	20.0
合计					132.0

2.3 雨水水量计算

年降雨量按1900 mm计,汇水面积包括道路、绿地、屋面面积,则全年可用雨水资源总量为 $1.9 \times 404404 = 7.684 \times 10^5 \text{ m}^3$,为安全计,雨季水量设为全年降雨量的80%,即为 $76.84 \times 80\% = 6.15 \times 10^5 \text{ m}^3$ 。

2.4 需水量计算

根据浇洒道路、绿化、洗车用水定额及相应面积计算用水量^[6]。浇洒道路用水定额1.5 L/(m²·d),绿化用水定额2 L/(m²·d),洗车用水定额300升/(辆·天),则全年总需水量为 $2.18 + 18.06 + 13.68 = 3.392 \times 10^5 \text{ m}^3$,旱季(9月~次年2月)需水量为 $1.696 \times 10^5 \text{ m}^3$ 。

可见雨季水量完全可以满足总需水量的要求;旱季水量为 $76.84 \times 20\% = 1.534 \times 10^5 \text{ m}^3$,故所需调节池的容积为 $16.96 - 15.34 = 1.62 \times 10^4 \text{ m}^3$,全年水量足以保证浇洒道路、绿化、洗车三项用水量。

3 工程措施和技术经济分析

3.1 工程措施

调节水量为 $1.62 \times 10^4 \text{ t}$,结合小区的道路、绿化及建筑物分布情况布置,调节池设计2座,则单池容积为 $7 \times 10^3 \text{ m}^3$,可保证该小区全年浇洒道路、绿化、洗车三项用水量。集水池可布置在绿地下。集水池设进水管、溢流管和补水管,进水管连接雨水落水管、雨水篦等集水的设施,溢流管连接雨排管线。遇枯水年份时通过和市政给水管线连接的补水管给集水池补水。

3.2 技术经济分析

根据工程措施分析,该住宅小区的雨水利用系统主要设备及构筑物型号尺寸及造价如表2所示。

运行管理费25000元/年,其中(1)管理人工工资:人工工资8000元/年;(2)运行电费:5800元/年;(3)维护费及其它:11200元/年。

鉴于利用雨水可节省自来水的费用,文中用自来水用水的节余资金作为收入。由于雨水回用工程

的实施,全年可节余自来水 $1.696 \times 10^5 \text{m}^3$,按自来水市场价 1.00 元计,可节约 $1.696 \times 10^5 \times 1.00 = 16.96$ (万元/年)。

3.3 静态投资回收期

(1)年总费用 = 设备及机械投资 \times 费用折旧率 + 运行费用

$$= 132 \times 0.05 + 2.5 = 9.1 \text{ (万元)};$$

(2)年总收益 = 16.96 万元;

(3)效益/费用 = $16.96/9.1 = 1.86$ 。

1.86 大于 1,说明该系统可行。

(4)静态投资回收期 P 为

$$P = (\text{设备及机械投资} + \text{运行费用}) / \text{年总收益} \\ = (132 + 2.5) / 16.96 = 8.05 \text{ (a)}。$$

3.4 环境效益

雨水不仅可用于城市道路浇洒和绿化,还可用于冲厕、洗衣和工业用水等方面;雨水集蓄工程建设可降低城市雨洪压力和排水管网负荷,可降低雨水管道投资;通过雨水集蓄利用工程,可节约大量的自

来水,通过资源替代和调整用水结构,可为城市居民生活和工业用水等提供水源。雨水利用减少了排污,节约了有限的水资源,具有显著的环境效益。

参考文献:

- 1 卢耀如. 岩溶-奇峰异洞的世界. 北京:清华大学出版社, 2001. 78~79.
- 2 蒋亚萍,陈余道,阎志为. 桂林市水资源利用与存在的问题. 桂林工学院学报, 2003, 23(1): 50~54.
- 3 车武,刘红,欧岚. 屋面雨水污染及土壤层渗透净化研究. 给水排水, 2001, 27(9): 38~41.
- 4 李俊奇. 城市雨水利用方案设计与技术经济分析. 给水排水, 2001, 27(12): 25~28.
- 5 汪慧贞,车武. 雨水渗透设施的计算及关键参数. 给水排水, 2001, 27(11): 18~24.
- 6 崔玉川. 城市与工业节约用水手册. 北京:化学工业出版社, 2002. 332~347.

(责任编辑:黎贞崇)

(上接第 115 页)

2.3 霜冻

霜冻是指春秋季节,地面或植物表面的温度降低至 0°C 左右,给农作物带来严重危害的低温冷害天气^[7]。楚雄市区霜冻日数和郊区南华霜冻日数对比分析如表 6 所示。

表 6 楚雄和南华霜冻日数 5 a 累计值对比

年份	暴雨日数 5 a 累计值(d)		
	楚雄	南华	差值
1983~1987 年	411	395	16
1988~1992 年	334	387	-53
1993~1997 年	310	395	-85

从表 6 得知,楚雄市霜冻日数从 1983 年到 1997 年呈逐渐减少的趋势,楚雄市与郊区南华霜冻日数 5 a 累计值随着时间的变化由正值变为负值,说明市区的霜冻日数比郊区要少。造成这种现象的原因主要原因是由于楚雄市的城市发展使城市热岛效应增强所致。

3 结论

(1)由于城市热岛效应的影响,使楚雄市城市气温总的呈上升趋势,市区气温比郊区南华高。

(2)楚雄市的相对湿度明显小于郊区南华,城市形成“干岛”。而且伴随着城市的发展,城市“干岛”效

应越来越明显。

(3)随着城市的发展,楚雄市年平均风速有明显减小的趋势,市区风速比郊区小。

(4)楚雄市的云量和降水都比郊区南华多,城市有使市区及其下风方向降水增多的作用。

(5)楚雄市城市发展对主要灾害性天气的影响表现为,城市的暴雨日数呈增多的趋势;大风发生次数逐渐减小,霜冻日数楚雄市区比郊区南华少,且随着城市的发展呈递减趋势。

参考文献:

- 1 周淑贞,束炯编著. 城市气候学. 北京:气象出版社, 1994. 8.
- 2 张广智,徐祥德,王继志,等. 北京及周边地区城市尺度热岛特征及其演变. 应用气象, 2002, 13(1): 43~49.
- 3 赵宗慈. 近 39 年中国的气温变化与城市化影响. 气象, 1991, 17(4): 14~17.
- 4 陈沈斌. 城市化对北京平均气温的影响. 地理学报, 1997, 52(1): 27~34.
- 5 施晓晖,顾本文. 昆明城市气候特征. 气象, 2001, 27(3): 38~41.
- 6 刘文杰,李红梅. 景洪市城市热岛效应对城市高温的影响及其防御对策. 热带地理, 1998, 18(2): 143~146.
- 7 秦剑,解明恩,刘瑜,等编著. 云南气象灾害总论. 北京:气象出版社, 2000. 3.
- 8 何萍,李宏波,束炯,等. 楚雄市城市气候特征分析. 地理学报, 2003, 58(5): 712~720.

(责任编辑:邓大玉)