

城市集雨利用系统研究—以广州某学院为例

邱 弘, 赖冠文

(广东省水利水电科学研究院; 广东省水动力学应用研究重点实验室, 广州, 510610)

摘 要: 为了节能减排, 节约自来水, 在学院范围内拟建一套雨水利用系统, 主要通过雨水管网、弃流井、过滤池和水塘收集储存屋面、绿地及部分运动场的中、后期雨水, 然后用于冲洗卫生间、浇灌绿化及清洗道路及运动场。雨水利用系统主要包括雨水收集系统和雨水供给系统两部分, 通过分析比较, 该系统经济效益很好, 按现行水价计算, 五年可收回投入成本, 而该系统可长期使用, 全社会如果推广运用, 社会经济效益巨大。

关键词: 节水; 初期雨水; 盲管; 弃流井; 水量; 利用系统

1 前言

广州市地处中国大陆南部, 广东省中南部, 珠江三角洲北缘, 广州濒临南海, 属丘陵地带。中国的第三大河——珠江从广州市区穿流而过, 全市面积 7,434.4 平方公里, 全市人口 1035 万人 (2009 年末统计), 广州市地区 2009 年生产总值达到 9112.76 亿元。广州市广东省的政治、经济文化中心。

珠江三角洲地区尽管河网密布, 但由于经济发达、人口众多, 水资源形势其实也十分严峻。即便是在貌似水量丰沛的东江流域, 用水区人均水资源量仅为 1100 立方米/年, 远远低于国际公认的 1700 立方米/年的人均用水警戒线。与此同时, 一些地区水体污染日益严重, 水质每况愈下, 甚至出现守着江河没水喝, 属典型的水质性缺水。据了解, 目前珠江三角洲的多个河段, 水质为劣类, 已出现了严峻的水质性缺水问题。

据介绍, 由于水资源与人口的分布极不协调, 目前全省 21 个地级市有 10 个城市水资源紧张。而水资源相对丰富的地区地处流域上游, 要么是生态敏感区, 要么是生态脆弱区, 其实也不大可能大规模开发利用水资源。广州的水资源家底其实是“紧巴巴”, 厉行节水已是势在必行。目前城市的浇灌绿化、冲洗马路等公益用水及洗车等新兴的用水行业进一步加重了自来水供应的负担。

遭遇过暴雨袭击的广州市民, 普遍认为城市排水能力的不足, 应尽快将雨水排走。不过, 把雨水尽可能快的排出城市, 这是一个最好选择吗? 广州属于严重缺水的城市, 一方面喊“渴”, 想方设法四处调水, 另一方面对于雨水这一重要的水资源, 却充满着恐惧, 花大量的人力和物力将其排走, 这真是一个悖论。雨水是优质水资源, 雨水是自然界水循环系统中的重要环节, 广州有着丰富的雨水资源, 多年平均降雨量约为 1800mm, 如果我们在城市充分利用丰富的雨水, 就可以节约大量的自来水, 水资源紧缺的现象将在一定程度上得到缓解。

2 学院及用水概况

广州某学院占地约为 19 万平方米, 东西宽约为 480m, 南北长约为 570m, 西高东低, 最高处为位于学院西北面的小山, 最低处为学院东面的水塘。田径场位于学院中部, 教学楼及科技工业中心楼位于学院西南面, 图书馆位于学院西面, 学生宿舍与教工宿舍位于学院东南面及东北面。

广州某学院在校师生约为 1 万人。校区面积约为 19 万平方米, 其中绿化面积约为 10.6 万平方米, 道路面积约为 2.4 万平方米, 运动场占地面积约为 1.6 万平方米, 建筑占地面积约为 2.6 万平方米, 水塘面积约为 1.8 万平方米。学院每年用水量约为 50 万 m^3 。

为了节能减排, 在学院范围内拟建一套雨水利用系统, 该系统主要通过雨水管网、弃流井、

过滤池和水塘收集储收集 4~9 月份屋面、绿地及部分运动场中、后期的雨水，用于冲洗厕所、浇灌绿化及清洗道路及运动场，雨水利用系统主要包括雨水收集系统和雨水供水系统两部分。

3 气象特性

广州地处丘陵地带，属北温带与热带过渡区，南亚热带季风气候。

气温：多年平均气温为 21.6℃，平均最高气温为 28.5℃，平均最低气温为 12.1℃。夏季 4~9 月平均气温为 27℃。

降雨：多年平均降雨量为 1800mm，但年内分配不均，4~6 月多季风雨，占全年降雨量的 46.7%，7~9 月多台风雨，占全年雨量的 36.27%，其余 10~3 月降雨量只占全年的 17.03%。

蒸发：多年平均蒸发量为 1230mm。

湿度：区域内水汽充沛，湿度较大，平均相对湿度达 84%。

风向风力：夏季多吹东南风和偏南风，冬季多吹北风和偏北风。多年平均风速 2.5m/s。

4 雨水利用系统布置

雨水利用系统主要包括雨水收集系统和雨水供水系统两部分，平面布置详见附图所示。

4.1 雨水利用系统布置原则

4.1.1 雨水收集系统布置原则

- 1) 该系统主要收集 4~9 月份的雨水，用于冲洗厕所、浇灌绿化及清洗道路及运动场。
- 2) 由于道路及室外砼地面的雨水含尘土杂质等有害物质多，而且将原有道路及室外砼地面排水系统改造的费用较高，所以仅将屋面、绿地及部分运动场作为雨水收集区。
- 3) 4~9 月份，屋面、绿地及部分运动场初期降雨通过弃流井排入市政雨水管网，中、后期干净的雨水通过雨水收集系统储蓄到校区东面的水塘。
- 4) 新建雨水收集管网应尽量敷设在绿化带下，减少砼路面的开挖。

4.1.2 雨水供水系统布置原则

- 1) 在校区内新建一雨水供水系统，先将储存在水塘内的雨水经泵房加压后送至山顶 100m³水池，再经雨水供给管网送至各用水点，用于冲洗厕所、浇灌绿化及清洗道路及运动场。
- 2) 新建雨水供给水管网应尽量敷设在绿化带下，减少砼路面的开挖。

4.2 雨水利用系统布置

4.2.1 雨水收集系统布置

雨水收集系统主要由雨水收集管网、弃流井、过滤池、水塘组成。收集雨水管网分为 YA、YB、YC 及 YD 四条干管。

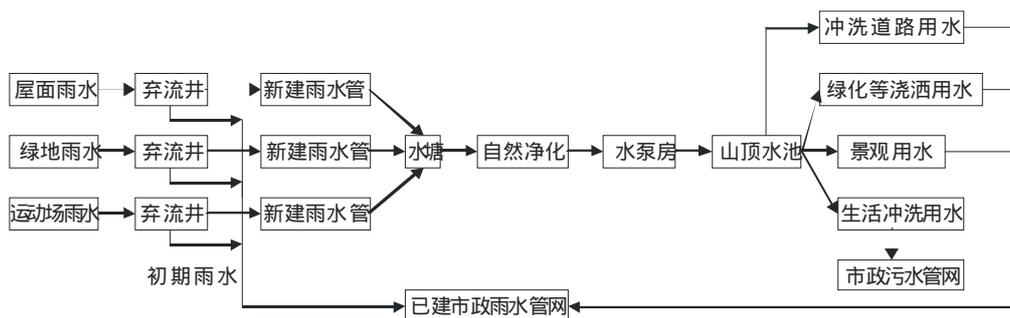
- 1) YA 段敷设于学院南面的绿化带内，主要收集主教学楼、图书馆及周边绿化的雨水。
- 2) YB 段敷设于科技工业中心楼北侧的绿化带，及学院东北面学生宿舍北侧的绿化带内，主要收集山体西侧及南侧、科技工业中心楼、学院东北面 6 层学生宿舍楼及管道沿线绿化带内的雨水。
- 3) YC 段敷设于田径场东北侧，及学院东侧 7 层学生宿舍楼北侧的绿地内，主要收集山体东面、部分田径场、学院东侧 7 层学生宿舍楼及管道沿线绿化带内的雨水。
- 4) YD 段敷设于山体东北面和学院东北面 13 栋、14 栋学生宿舍周边的绿化带，主要收集学院北面后勤用房、山体东北面、教工宿舍、学院东北面 13 栋、14 栋学生宿舍及管道沿线绿化带内的雨水。

4.2.2 雨水供水系统布置

雨水供水系统主要由泵房、供水管网及水池组成。

- 1) 水塘内储存的雨水经泵房加压后送至山顶水池，然后通过雨水供水管网送至各建筑物的卫生间、绿化地、运动场及其它用水点。

2) 雨水供给水管网主要沿学院内建筑物、运动场等周边的绿化带内布置。



雨水利用系统图

5 水量计算

5.1 收集雨水量

雨水收集区总面积 166000m^2

$$4 \sim 9 \text{ 月份收集雨水量 } Q_1 = A \times q \times n\% \times k = 166000 \times 1.8 \times 84\% \times 0.5 = 125496\text{m}^3$$

5.2 用水量

用水量主要计量 4~9 月份卫生间冲洗、绿化用水及运动场所及道路清洗浇洒用水。

$$\text{用水量 } Q_2 = 76265\text{m}^3 < Q_1 - \text{蒸发量} (22176\text{m}^3) = 103320\text{m}^3$$

6 雨水利用工程

6.1 雨水收集工程

雨水收集系统主要由雨水收集管网、弃流井、过滤池、水塘组成。

6.1.1 雨水收集管网

雨水收集管网主要包括混凝土雨水干管、盲管、连接管、雨水井及弃流井。

1) 雨水干管管径：

$$\text{暴雨强度公式: } q = 2424.17 (1 + 0.533 \text{Lg}P) / (t + 11.0)^{0.668}$$

雨水设计流量应按下列公式计算： $Q = q \cdot A$

通过计算雨水干管管径为 400~700

2) 盲管、连接管：绿化带内后期的雨水主要通过 100 塑料盲管收集，110 的 PVC 连接管将雨水立管收集的屋面雨水。

3) 弃流井：弃流井作用是将初期雨水排入原市政管网，中、后期雨水收入雨水收集系统，其内部结构科学，设计新颖，安装后，只需定期清理维护。

4) 雨水井：本工程雨水检查井采用砖砌雨水检查井。

6.1.2 过滤池

本工程采用砖砌过滤池，内填砂。

6.1.3 水塘

水塘主要起着储存 4~9 月份降雨及净化雨水的作用。

水塘的最大容积 Q_3 为：

$$Q_3 = A_1 \times h_1 = 1.8 \times 10000 \times 2.5 = 45000 \text{m}^3$$

在满足水塘安全及景观要求的前提下，有效容积 Q_4 为：

$$Q_4 = A_1 \times (h_1 - h_2) = 1.8 \times 10000 \times (2.5 - 1.0) = 27000\text{m}^3$$

6.2 雨水供水系统

雨水供水系统主要由泵房、供水管网及水池组成。

6.2.1 泵站

泵站内的水泵采用一用一备制(FLGR80-200B,7.5kw/台),以提高雨水供水系统的可靠性。

6.2.2 PVC 雨水供水管

供水管网主要布置在学院内教学楼、运动场、宿舍等周边的绿化带内。供水管在各用水点与原给水管连接,并在原给水管连接点的前段设置倒流防止器。

6.2.3 水池

本工程在学院山顶新建一座 100m³ 砼水池。

7 雨水利用系统造价

7.1 编制原则及依据

- 1) 本造价依据设计图纸及计算的工程量以及相关文件进行编制,工程按广州市一类地区。
- 2) 本造价根据《广东省市政工程综合定额》(2010)、《广东省安装工程综合定额》(2010)及配套取费文件进行编制。
- 3) 材料价格执行 2010 年《广州地区建设工程材料指导价》(第三季度)并参考有关市场价格编制。人工工资 86 元/工日(综合工日),一至四类人工 65 元/工日。

7.2 工程造价

工程造价(含税)为 98.7 万元。

8 经济和社会效益分析

8.1 节约用水和费用

雨季(4~9月)收集雨水量为 125496 立方米,水塘年蒸发量约为 22176 立方米,可利用 103320 立方米雨水。4~9 月份卫生间冲洗、绿化用水及运动场所及道路清洗浇洒用水量为 76265 立方米,如改用雨水,按 2.81 元每吨计算,每年可节约 214305 元自来水费用。该雨水利用系统可收回投资成本的年限为 $N = 98.7 \div 21.4 = 4.6 \approx 5$ 年。

该学院雨水利用工程实施以后,每年可减少自来水使用量 7.6 万 m³,全社会如果推广运用,全市可节约自来水几十亿立方米,经济效益巨大。

8.2 减少城市排水设施压力

该学院雨水利用工程实施后,每年雨季减少向市政管网排放雨水约 7.6 万 m³。这样会减轻雨季市政管网的压力,也减少市政管网的建设维护费用。

8.3 节水可增加的国家财政收入

据有关资料统计在我国每年因缺水损失的工业产值上千亿元,水已成为制约我国社会和经济发展的主要因素之一,每缺水 1 立方米,要损失 5.48 元,即节约 1 立方米水意味着创造了 5.48 元的收益。

9 结语

南方城市雨水利用是将每年通过径流流失掉的雨水收集、贮存、利用,可节约大量的自来水,减少城市洪涝灾害,避免对城市交通、居民出行等生活的干扰,减少城市下水系统的建设和运营管理负担,对区域来说具有相当的环境效益和社会效益;除了减少洪涝灾害等方面的作用外,从雨水利用角度讲,由于雨水相对清洁,与污水净化回用以及海水淡化等解决水源的形式相比,具备更明显的经济效益。

综上所述,城市雨水利用是一种新型的多目标综合性技术,具有节水、水资源涵养与保护、控制城市水土流失和水涝、减少水污染和改善城市生态环境等综合效益。适应现代化城市对水质

