

# 雨水收集回用系统的设计与分析

徐 峰

上海江南建筑设计院(集团)有限公司 上海 201800

**摘要:** 海绵城市与节水要求建设小区雨水收集回用设施,对雨水进行调蓄、净化,充分利用雨水资源。介绍设施组成设备及其发挥的功能,分析计算蓄水池容积与材质。提出设施运行管理注意事项,更好发挥其作用。

**关键词:** 雨水收集回用系统组成; 水处理工艺; 蓄水池容积; 过滤设施分析; 蓄水池设施分析; 运行管理

引言: 现代城市建设发展较快,由于硬质下垫面扩大进而地面形成大径流,造成城市道路雨水管道排水的压力,因此各地城市不断出现小区或城市道路积水严重。为了落实生态文明建设,改善城市水环境,推进城市绿色发展的重要举措,通过建设小区内的雨水收集回用系统的设施及绿色生态设施,采取“渗、滞、蓄、净、用、排”多个技术对雨水进行吸纳、调蓄、净化和缓释等作用,实现城市防洪排涝能力提升、径流污染有效削减、雨水资源高效利用。显然雨水收集回用设施起到比较重要作用,另外在节水等水资源利用方面也起到作用。

## 1 设置雨水收集回用系统的目的及其组成

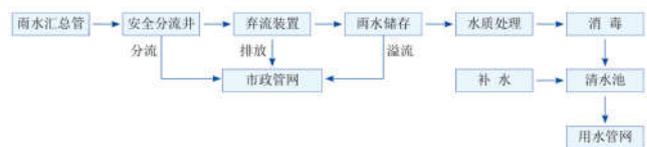
1.1 小区大量建设形成大量的不透水下垫面,此类径流系数一般为0.9,也就是将近90%的降雨量将形成地面径流流失,这不仅是水资源的巨大浪费,同时也加大了城市排水设施的负担,并增加了城市雨水洪涝灾害的风险。据相关数据显示,目前我国600多座城市中有400多座缺水。这样突显一个尖锐性矛盾,也就是一方面城市水资源紧缺,另一方面又是大量雨水流失浪费,还造成水灾。所以合理调配及利用这些雨水就成了解决矛盾的关键。针对以上问题,国家积极推进“海绵城市”建议工作,在适应环境变化和应对自然灾害等方面具有良好的“弹性”,下雨时吸水、蓄水、渗水、净水、需要时将蓄水“释放”并加以利用。上海市地方要求小区用地面积2万m<sup>2</sup>以上,且雨水资源利用率不低于5%,应配套建设雨水收集回用设施。根据《上海市水资料公报》,2012年度上海市平均降水量为1275.2mm,从技术层面讲常年降雨量大于400mm的地区就适用雨水收集回用设施。因此该设施设计合理,平时运行管理到位,真正意义将雨水“变废为宝”,将给我们带来的经济、环境、社会等效益是超出我们预期的。

1.2 雨水收集回用设施一般由安全分流井、初期雨水处理装置、蓄水池、水处理装置、清水池、电控柜等设备组成。安全分流井主要用于收集雨水系统达到超高水

位时,对多余雨水进行分流(直接排放至市政雨水管网或河道)。初期雨水处理装置分为截污挂篮装置及弃流装置,前者主要用于拦截降雨前期污染严重的垃圾,它由过滤网、提篮、外壳等组成,通过组合使用有效拦截污染物,定期检查时可以将篮子提出倾倒入垃圾即可;后者主要用于自动排放降雨前期污染严重的部分雨水,同时对后期收集的雨水进行初步过滤,初期少量雨水直接冲击控制排污管的不锈钢球,在球未关闭之前少量雨水在重力的作用下直接通过排水管排除,雨量增大后不锈钢将自动关闭从而使雨水改变水流方向,流向过滤网再流入雨水蓄水池。蓄水池是收集雨水将其水资源储存在该设施内,以备3~5天的杂用水量,它由池体、进水检查井、取水检查井组成,常用材质分别为PP模块、钢筋混凝土等。水处理装置是将雨水净化处理水质标达后供杂用水需求,它由石英砂过滤器(可再加活性炭过滤)、加药装置、机房主体等组成。清水池可与蓄水池材质相同,它由池体、取水检查井、下部安装回用泵组成,其储水有效容积满足最高日设计用水量的25%~35%。随着雨水水质的不同及处理工艺的不同,还有其它类型的设施,这里不再赘述。

## 2 雨水收集回用系统的设计

2.1 雨水处理工艺应根据收集雨水的量、水质、以及雨水回用水质要求等因素,经技术经济比较后确定。一般利用屋面雨水用于绿地和道路浇洒时,采用下列处理工艺:雨水→初期径流弃流→雨水蓄水池沉淀→管道过滤器→浇洒;利用屋面雨水与路面混合的雨水用于绿地和道路浇洒时,采用雨水→初期径流弃流→沉沙→雨水蓄水池沉淀→过滤→消毒→浇洒。实际项目设计中常采用如下工艺:



雨水处理后水质如下:

|     |           |      |                   |                         |                       |                     |                      |                       |                           |                     |
|-----|-----------|------|-------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------|
| pH  | 色度 $\leq$ | 嗅    | 浊度(NTU)<br>$\leq$ | 溶解性总固体<br>(mg/L) $\leq$ | BOD5<br>(mg/L) $\leq$ | 氨氮<br>(mg/L) $\leq$ | 溶解氧<br>(mg/L) $\geq$ | 大肠埃希氏菌<br>(CFU/100mL) | 阴离子表面活性剂<br>(mg/L) $\leq$ | SS<br>(mg/L) $\leq$ |
| 6~9 | 30        | 无不快感 | 10                | 1000                    | 10                    | 8                   | 2.0                  | 无                     | 0.5                       | 10                  |

以上水质满足绿地和道路浇洒。

2.2 雨水蓄水池是雨水收集回用系统的重要设施,其合理、经济的容积大小是保证该系统发挥作用的关键。蓄水池容积 $V_h = W - W_i$ ,  $W$ :需控制及利用的雨水径流总量,  $W = 10(\Psi_c - \Psi_o)h_d F$ ,  $\Psi_c$ :硬化面雨量径流系数;  $\Psi_o$ :控制径流峰值所对应的径流系数;  $h_d$ :设计日降雨量;  $F$ :硬化面面积。  $W_i$ :设计初期径流弃流量,  $W_i = 10^* \delta * F$ ,  $\delta$ :初期径流厚度(屋面弃流可用2~3mm,地面弃流可用3~4mm)。通常还需用3~5天的最高日杂用水量进行校核其容积。

绿色建筑评价需要计算非传统水源占杂用水总用水

量的比例来获得分数,即雨水利用率 $R_y$ 。  $R_y = W_{ya} / \sum Q_a$ ,  $W_{ya}$ :年用雨水量,  $\sum Q_a$ :杂用水年总用水量(如绿地和道路浇洒的年总用水量),  $W_{ya} = (0.6 \sim 0.7) * 10 \Psi_c h_d F$ ,  $\Psi_c$ :雨量综合径流系数,  $h_d$ :常年降雨厚度,这里的计算汇水面积 $F$ 按下列公式进行计算,并与雨水蓄池汇水面积比较后取三者中最小值。

$F = V / (10 \Psi_c h_d)$   $F = 3Q_{hd} / (10 \Psi_c h_d)$   $Q_{hd}$ :雨水回用系统的平均日用水量

$h_d$ :常年最大日降雨厚度。

上海地区项目可参考下表为杂用水各用途的平均日、最高日用水定额,其中年用水量见备注。

|       | 平均日用水定额(L/m <sup>2</sup> .d) | 最高日用水定额(L/m <sup>2</sup> .d) | 备注  |
|-------|------------------------------|------------------------------|---|
| 绿地    | 2                            | 2                            | 年用水量0.28m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .a |
| 道路    | 1                            | 2                            | 早晚各一次,15天/年                               |
| 停车库地坪 | 1                            | 2                            | 12天/年                                     |

通过计算,雨水资源利用占杂用水总用水量的40%以上可得4分,60%以上可得8分,80%以上可得12分。

海绵城市建设需要控制小区年径流总量控制率及年径流污染控制率,通过雨水调蓄池可以控制径流总量,

是一种海绵灰色设施。一般布置在小区雨水管网的下游,通过划分汇水分区并且计算将控制径流量不足的雨量,存入下游的调蓄池内。上海地区年径流总量控制率与设计降雨量对照表如下:

| 年径流总量控制率(%) | 60   | 70   | 75   | 80   | 85   |
|-------------|------|------|------|------|------|
| 设计降雨量(mm)   | 13.4 | 18.7 | 22.2 | 26.7 | 33.0 |

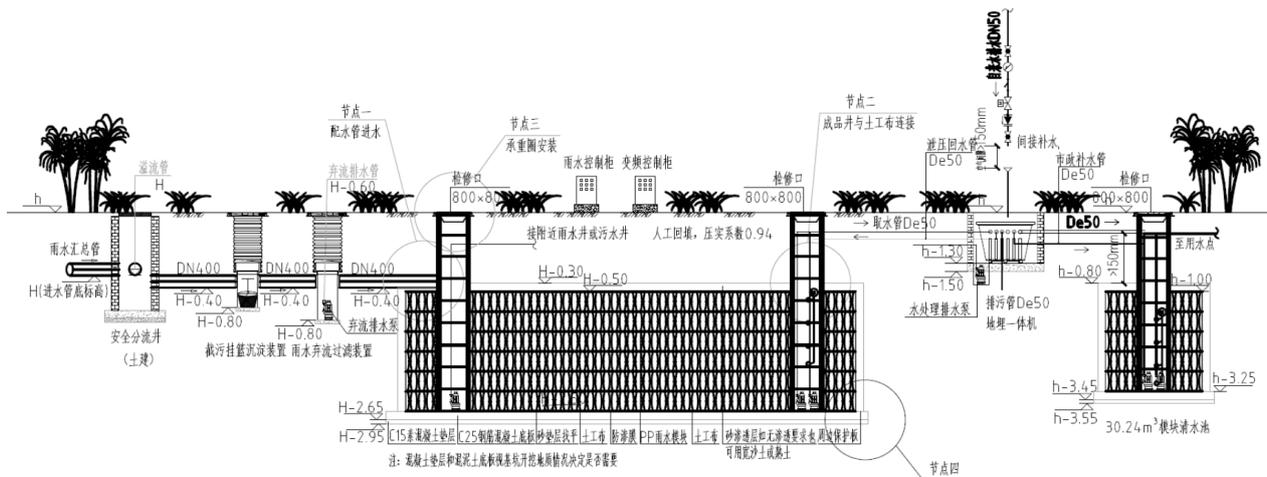
可按当地海绵办指标确定年径流总量控制率,不同要求的控制率有不同的设计降雨量取值。

2.3 雨水收集回用设施的设计过程需要注意一些问题。雨水总排水管接至河道或市政雨水预留井标高可能较低,这样会造成雨水倒灌进入蓄水池,为了避免这种情况我们可以将安全分流井出水管标高抬高以溢流方式排出。初期雨水处理装置弃流水可以通过提升泵就近接至污水窰井,去除降低海绵城市SS值来满足年径流污染控制率,如果留出弃流管仅靠重力流排水往往造成无法接入污水井(一般情况弃流管埋深低,周边污水井埋深浅)。蓄水池尽量布置于绿化带且防止机动车误入池顶上方行驶如堆高土,采用模块式池考虑防倒塌与抗浮的措施,由于现场条件只能布置于车道下方一般常用钢

筋混凝土池。蓄水池为了保证水质,需要设置两根有高差的通气管让水面上方空气流通,另外蓄水池的进水检查井与出水检查井尽量各靠两端布置,来保证比较好的水质出水。清水池容积按回用系统最高日设计用水量的25%~35%计算,为安全起见取35%为宜,水处理设备运行时间可按15h~20h取值,其水处理能力 $Q$ (m<sup>3</sup>/h) = 回用系统最高日用水量/运行时间。清水池的自来水补水为了解决污染问题可以通过断接补水至喇叭口,再将喇叭口安装标高提高至室外地坪250mm以上,重力流管接到清水池内<sup>[2]</sup>。

### 3 雨水收集回用系统的分析

雨水收集回用设施的一般工艺流程见下图:



3.1 本图过滤设施采用一体机，完成雨水的深度过滤，对雨水进行紫外线消毒。由碳钢外壳、砂缸过滤器、紫外线消毒器、阀门等组成。现场安装直埋草坪下方，不影响整体效果，是比较常用一种形式。如果要考虑检修方便且业主比较接受的形式，可采用地上雨水处理机房或地下室雨水处理机房，由不锈钢机房、石英砂及活性炭过滤器、加药装置、供水设备等组成。后者水质处理效果明显，但价格是一体机的2~3倍。机房占地面积大，尤其在地下室占有3辆车位的面积，而一体机尺寸小可直接埋在绿化带里，但要注意一体机要适当考虑防水，最好将绿地控制标高堆高以防表面水进并且内部设置排水泵。

3.2 本图雨水蓄水池采用PP模块，它由若干个模块组合成一个水池，水池的形状可根据需求任意组合不受场地限制。模块在施工现场组装成箱，安全快捷，大大缩短工期。模块由再生环保材料制作，绿化环保，深埋地下不破坏整个生态环境，维护简单且可回收再利用<sup>[1]</sup>。模块组合蓄水池具有90%以上储水率，外围四周需用不透水土工膜包裹，模块池内构造应便于清除沉积泥沙，水池底设混凝土底板，在上海地区地下水位高，水池应有抗浮计算与措施。有时蓄水池埋设于道路下方，考虑承重安全问题会采用钢筋混凝土水池。相比模块式，其成本较高施工周期较长的特点。钢筋混凝土水池底设集泥坑和吸水坑，池底应设有不小于5%的坡度坡向集泥坑。蓄水池排空时间控制在不大于12h,可保障为即将到来的暴雨清空蓄水容积，减小外排流量<sup>[3]</sup>。

3.3 保障雨水收集回用设施有效地发挥作用及取得使用者的支持，应挂牌说明该设施的使用功能及注意事项，建立相应的设施维护、运行管理体制，管理人员需专门上岗培训。雨季定期对设施运行状态进行观测检查，雨季来临前应对该设施进行清洁和保养。雨水处理后的水质应进行定期检测，对补水自动控制、水量、水位，PH值、浊度等常用指标实现现场监控。雨水回用系统应防止误接、误用、误饮的措施，应保持其明显和完整。如雨水供水管道不得装设取水龙头，当设有取水口时，应设锁具或专门开启工具，供水管道外壁应按规定涂色或标识，还有阀门、水表、给水栓、取水口等均应有明显的“雨水”标识。

#### 4 结语

项目建设一般配置雨水收集回用设施，既满足海绵调蓄又可以节水水资源利用。根据项目建设条件，进一步与建设方沟通确定合理的设计，设施安装调试阶段要参与、改进。建议列为专项进行技术交底与验收，设施运行阶段进行回访，目的是使该设施长期发挥有效功能。

#### 参考文献

[1]赵明华,叶长青. 模块化雨水收集回用系统施工技术问题解析[J]. 工程与建设,2022,36(4):1082-1085,1213.  
 [2]黄宏林,刘根荣,肖光耀,等. PP模块化雨水收集回用系统的关键施工技术及控制要点研究[J]. 工程建设与设计,2023(23):192-194.  
 [3]张锋. 海绵城市措施在雨水回收利用系统工程中应用研究[J]. 中国建筑金属结构,2024,23(11):90-92.