

## 双紫园小区雨水利用工程

项目位置：双紫园小区位于海淀区北洼路西侧

项目规模：小区占地面积2.3hm<sup>2</sup>

竣工时间：2002年

### 21.1 现状基本情况

双紫园小区雨洪利用工程位于海淀区北洼路西侧，小区占地面积2.3hm<sup>2</sup>。小区主要由3栋18层塔楼和1栋7层多层楼组成，建筑屋顶面积为0.6hm<sup>2</sup>，绿地面积0.7hm<sup>2</sup>，道路面积为0.7hm<sup>2</sup>，具体情况见表1。

小区内表层土质主要为壤土，土壤容重约为1.5g/m<sup>3</sup>，园区多年平均降雨量约585mm，平均气温12.3℃，平均日照时数为2630.4h，平均相对湿度56.8%，无霜期约为180d，最大冻土层60cm，风向冬季多为西北风，春秋多东南风。

### 21.2 海绵城市设计目标

双紫园小区雨洪利用示范工程由雨水收集系统工程、沉淀池、蓄水池工程、雨水回用工程组成，其中包括小区的道路和绿地的改造，以增加雨水的入渗量。根据小区内雨水汇水面积的划分（就近排放的原则），结合小区的实际情况，在停车场西部建设一套雨水处理与贮存系统，将小区内的雨水通过收集与输送系统汇流后，经处理贮存到地下蓄水池。该工程设计暴雨重现期为5年。

表1 示范区土地利用类型及面积统计表

土地利用类型	面积(m <sup>2</sup> )	占总面积的百分数(%)
主要建筑物屋顶	3370	14.3
配套建筑物屋顶	2587	11.0
庭院、道路、停车场	10380	44.0
绿地	7253	30.7
总面积	23590	100.0

从下垫面种类来看，雨水收集利用主要包括屋顶雨水收集、绿地雨水收集、透水地面雨水收集以及不透水铺装地面雨水收集，相关工艺流程见图1。具体流程是：对于屋顶雨水，一部分直接通过管道收集、传输，经沉淀后，进入蓄水池备用；而另外一部分屋顶雨水，先排入周边绿地，通过下凹式绿地，入渗地下。示范区铺装地面可以分为两种，一种是透水性铺装；另一种为不透水铺装。透水性铺装地面主要表现为铺砌透水砖，它的雨水收集利用为恢复自然雨水渗透通道，雨水入渗地下，超渗产流通过弧形边沟，进入不透水性铺装地面收集系统；而不透水性铺装地面雨水通过地面铺设的雨水口，经管道收集传

输、拦污栅栏截后，进入沉淀池沉淀处理后，进入蓄水池备用。

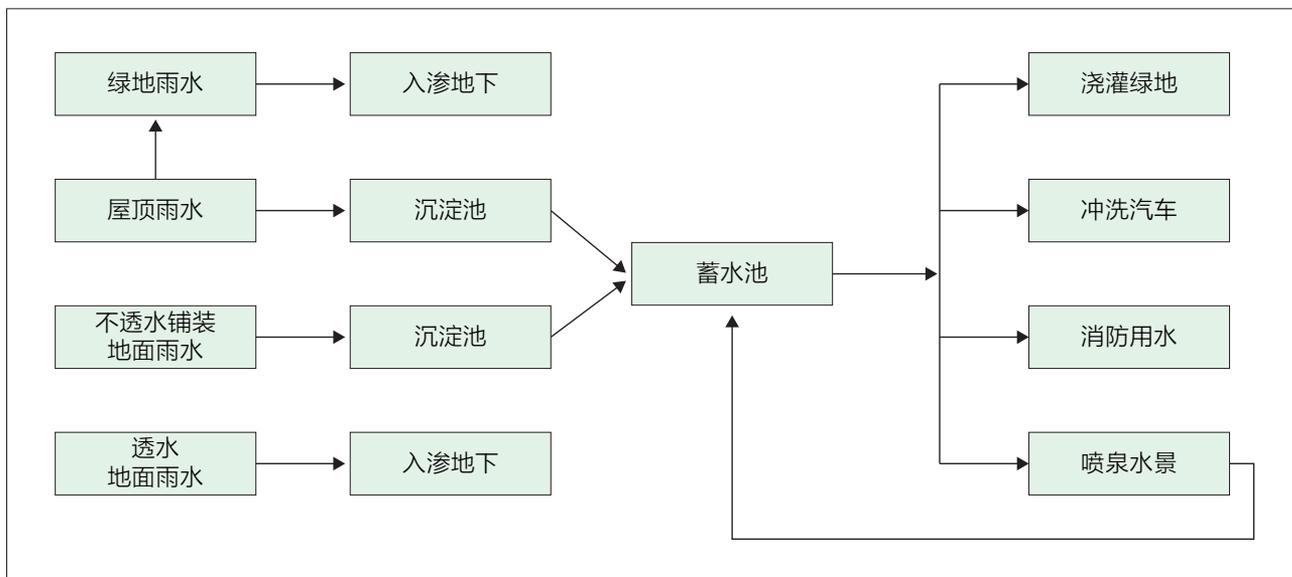


图1 小区雨水利用工艺流程

工程建成后的平面图如图2-2:

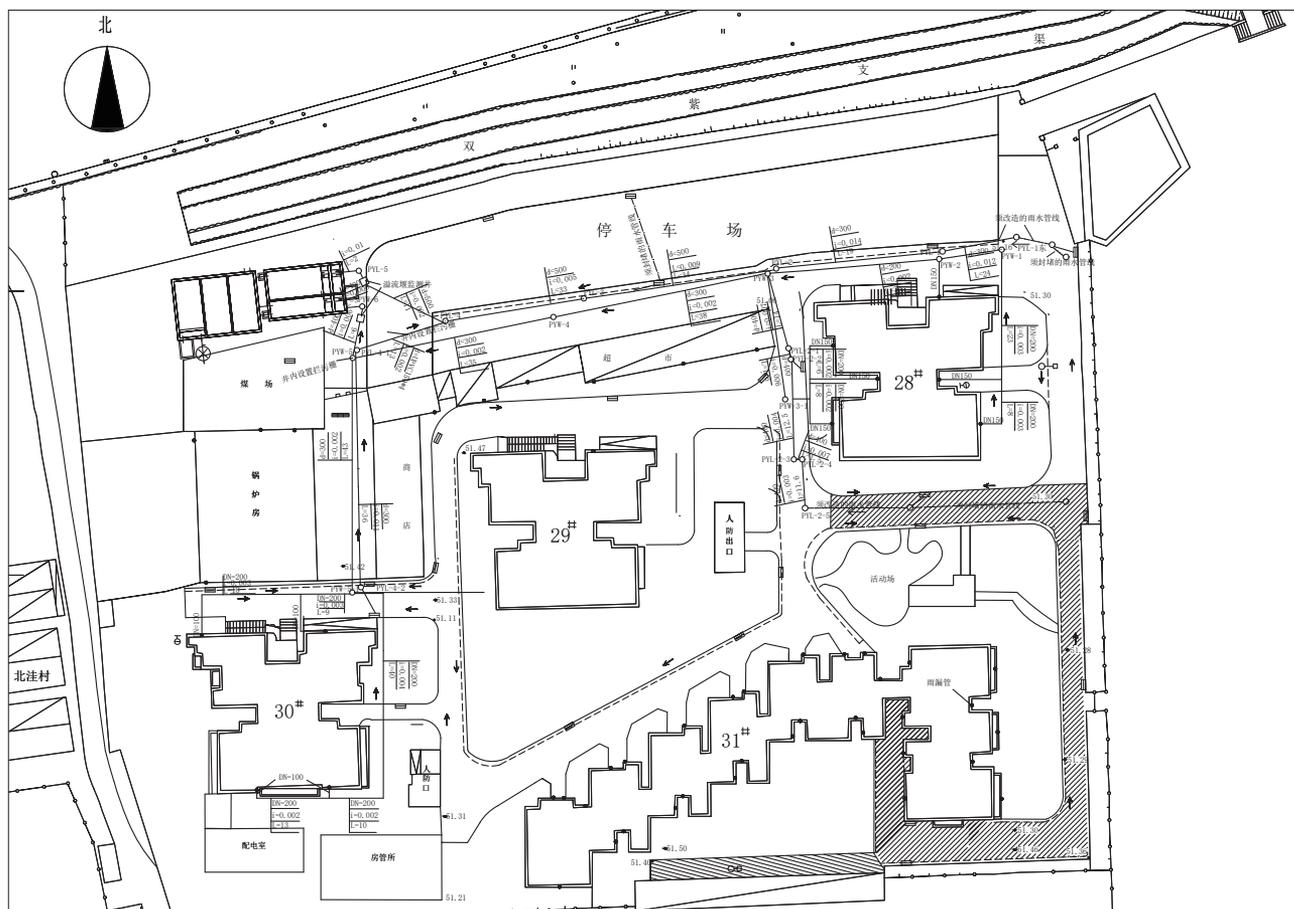


图2 双紫园小区雨洪利用示范工程平面布置图

### 21.3 工程建成效果

工程建成于2002年，是北京市最早建成的小区雨洪利用示范工程之一，分析双紫园小区工程2001~2008年的监测数据，工程的建成效果如下：

#### (1) 降雨量与径流深关系分析

双紫园小区雨洪利用示范区监测主要是屋顶雨水系统和道路雨水系统，屋顶与道路产生的径流经收集后进入蓄水池，回用于绿地浇灌、洗车等市政杂用。

通过2001~2008年56场有监测记录降雨产流过程的分析，得到屋顶系统和道路系统降雨与产流之间的关系，如图3所示。

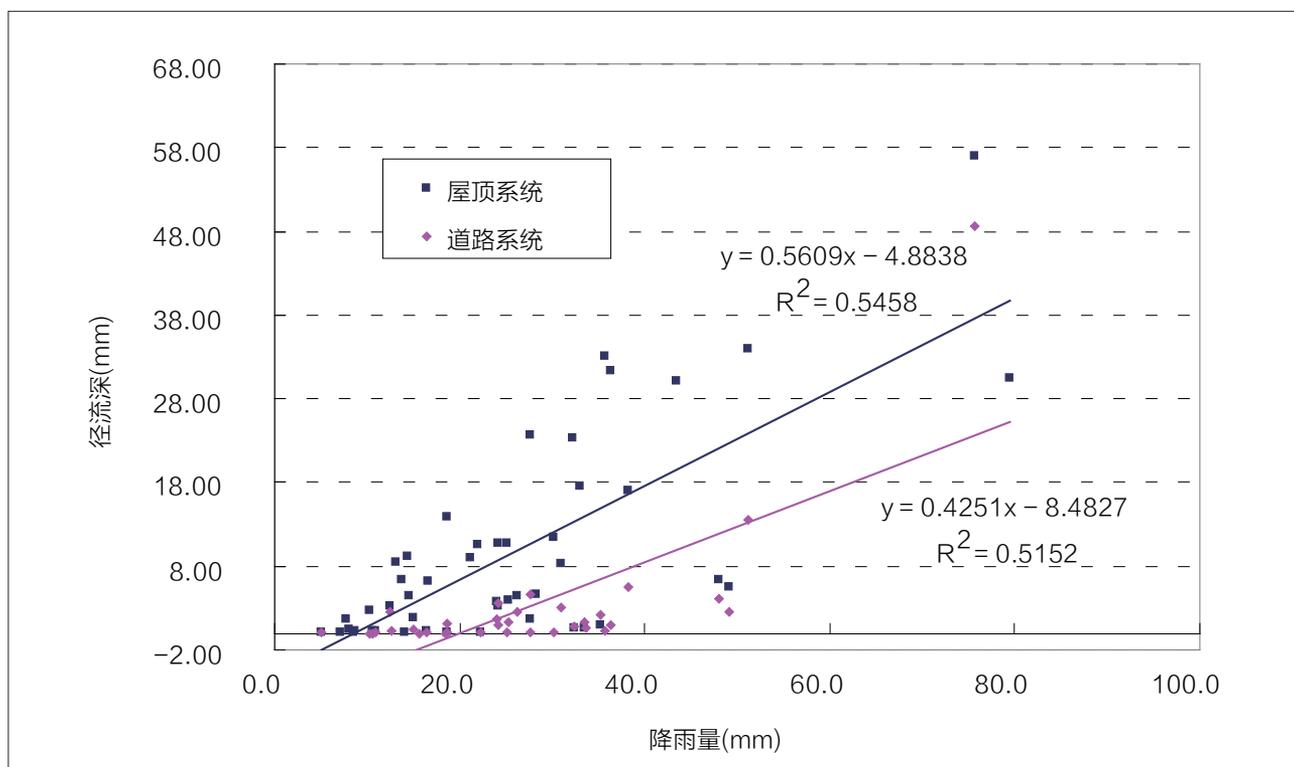


图3 双紫园小区雨洪利用示范工程降雨与径流深关系

从图中可以看出：

① 因截留、填洼等初期损失以及降水过程的蒸发等原因导致降雨产流过程中出现初损现象，图中横坐标截距反映了这一初损值，屋顶系统平均损失量8.7mm，道路雨水平均损失量19.9mm。多场降雨统计的初损值偏大，一是由于道路系统采用了透水铺装，有较强的雨水下渗截留能力，二是由于图中未扣除构筑物前三角堰测流装置前截留的雨量。

② 径流深随着雨量的增大而增大，直线斜率反映了各

系统的径流系数，屋顶系统径流系数0.561，而道路系统径流系数0.425。径流深 $R$  (mm) 与降雨 $P$  (mm) 关系可以用下列表达式描述：

屋顶系统为：

$$R = \begin{cases} 0 & P \leq 8.71\text{mm} \\ 0.5609P - 4.8838 & P > 8.71\text{mm} \end{cases} \quad (21)$$

道路系统为：

$$R = \begin{cases} 0 & P \leq 19.95\text{mm} \\ 0.4251P - 8.4827 & P > 19.95\text{mm} \end{cases} \quad (22)$$

③径流系数是动态变化的，随着降雨的不同而不同，从监测数据得出屋顶系统径流系数变化在0~0.926之间；而道路系统径流系数变化在0~0.644之间。

双紫园小区雨洪利用示范工程采用了绿地入渗、透水铺装、雨水收集等措施，屋顶、路面等下垫面产生的综合径流系数较小，且收集的雨水存储于雨水池中，因而基本没有外排，在一般降雨条件下示范区外排径流系数接近于0。

### (3) 典型场次降雨产汇流过程分析

#### ① 屋顶降雨产汇流过程

屋顶径流进入收集管道汇流后，由末端复式量水堰进入蓄水池，产汇流时间受降雨雨强、管道形式等影响。降雨开始，系统经过初损后便产生径流，通常每个降雨强度峰值对应一个流量峰值。

选择典型场次降雨展示屋顶系统降雨产汇流过程，以2008年6月23日降雨为例，降雨、水位及流量过程如图4所示。

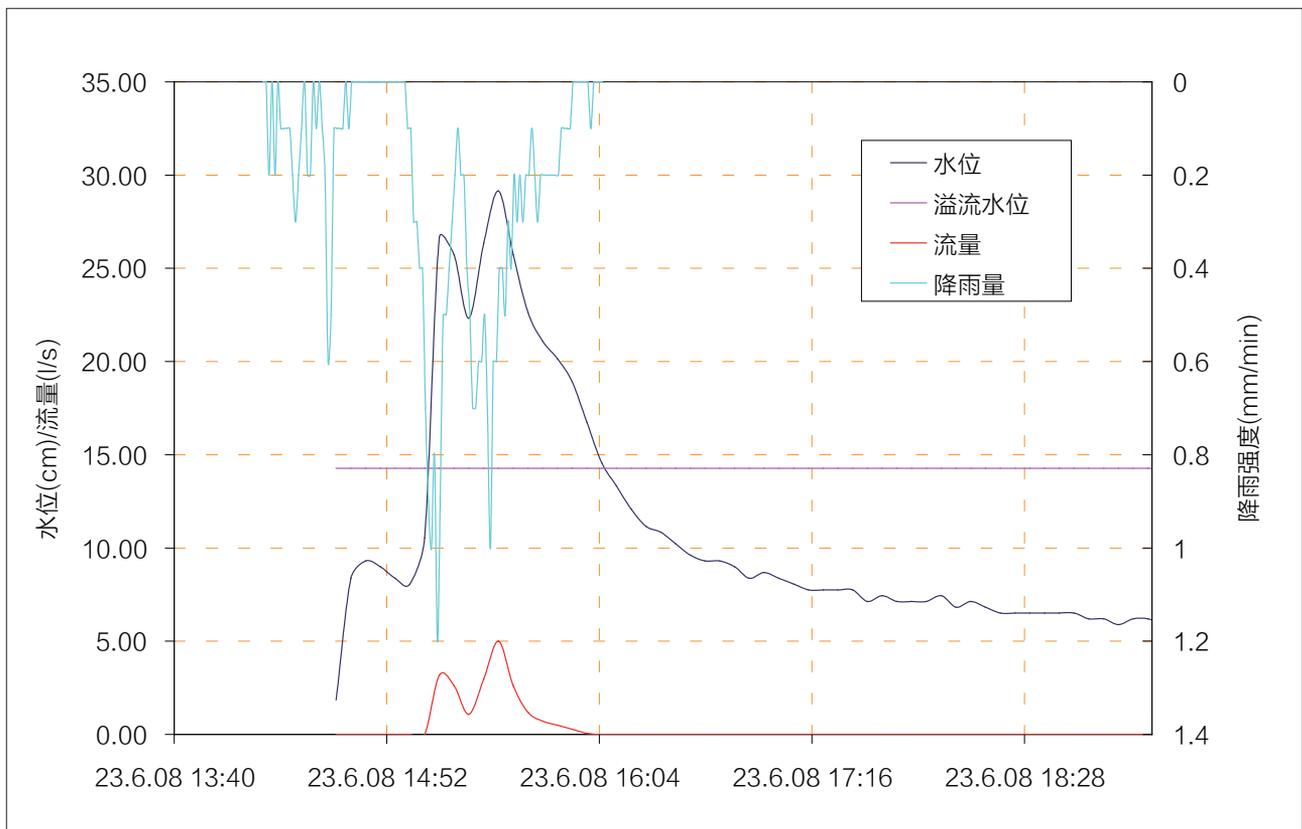


图4 双紫园小区某典型降雨下屋顶系统降雨产流过程

从上图可以看出，降雨开始后约15min屋顶径流汇集到达系统末端，量水堰前水位开始上涨，随着降雨强度峰值的到来，滞后10min后堰前水位也达到峰值，随着降雨量增大，堰前水位持续上涨后达到堰口高度，溢流跃过水量堰，进入蓄水池。系统产汇流时间随着降雨强度、历时和屋顶前期湿润程度、收集管道及堰前存水量的不同而变化，流量峰值滞后于降雨峰值的时间也会有所差异，但降雨、产汇流过程曲线形式及变化趋势基本一致。

#### ② 道路系统降雨产汇流过程

道路系统由透水路面、不透水铺装路面、绿地等综合下垫面组成，受蒸发、填洼、入渗等因素的影响，系统首先经过初损，道路系统产生径流，经道路雨水口进入管道系统，经复式量水堰监测后进入蓄水池。

以2001年7月24日降雨为例，降雨、水位、流量变化过程如图5所示。

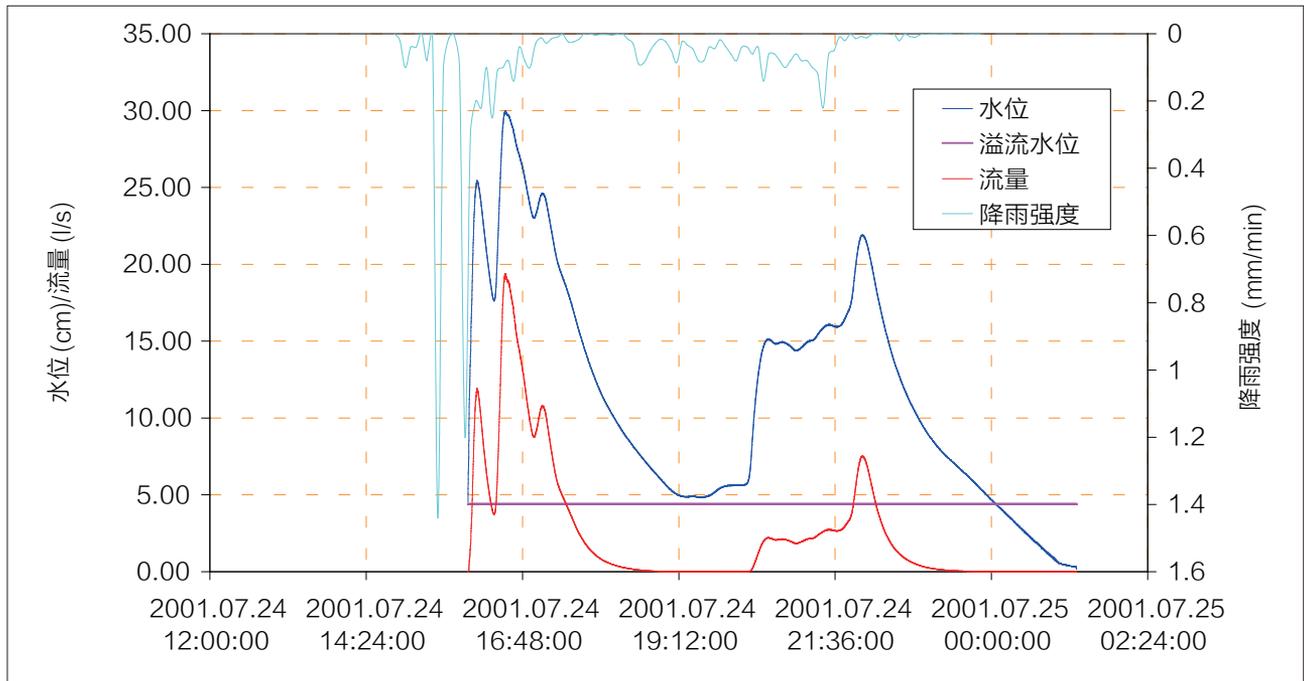


图5 双紫园小区某典型降雨下道路系统降雨产流过程

从上图中可以看出，前期降雨强度很小，对产流基本没有贡献，随着雨强增大，降雨开始30min后，道路管道系统末端水位变化，即形成产汇流，这是由于透水路面及绿地对降雨的入渗滞蓄作用，减缓了系统产流时间。随着降雨持续，堰前水位逐渐上涨，当到达堰口高度时溢流跃过量水堰，进入沉淀池，经沉淀处理后进入蓄水池。根据堰上水位和量水堰公式即可计算过流流量。每个降雨峰值都有水位峰值、流量峰值相对应，水位与流量变化过程一致。在该场降雨过程中，水位、流量第一个峰值滞后于降雨峰值约20min，第二个峰值滞后约15min。



图6 雨水洗车

### (3) 示范区透水铺装对小区径流系数影响

工程运行期间透水铺装改造后，道路系统下垫面状况发生变化，道路系统总控制面积15088m<sup>2</sup>，透水铺装面积由880m<sup>2</sup>增加到4528m<sup>2</sup>后，即控制范围内总透水面积增长了24.2%。透水道路面积的增加导致雨水下渗量增大，道路综合系统的初损在透水铺装增加前小于面积增加后的值，径流形成较慢，产流滞后时间略有延长。场次平均径流系数则由0.120降低到0.045，降低幅度达到62%，表明透水面积的增加对系统产流影响很大，降雨径流消减效果明显。2011年6月23日暴雨，当地1小时雨量高达73.6毫米，小区路面无积水，外排水量不到20%。