**构建海绵城市——ASA雨洪调蓄系统的构建研究**

摘要：我国许多城市洪涝灾害频发与水资源短缺的矛盾不断加深，融合“海绵城市”与国内外最新的雨洪管理理念,建设地下吸水层、蓄水池；下凹式绿地、屋顶绿化。实现防治内涝、水资源利用、景观美化等多重效益。

关键字: 雨洪资源 地下吸水层 蓄水池 下凹式绿地 屋顶绿化 海绵城市

**引言**

随着城市化进程的加快，城市土地利用方式显著改变，相当比例的透水性下垫面被不透水表面（屋面和硬化地面）所覆盖，导致大量的雨水通过城市排水系统流出，造成雨水资源的浪费。有关研究表明，自然生态系统中 80%的雨水渗透到地下，20%产生径流流走。然而随着城市硬化地面的增多，只有20% 的水能回渗到地下，80%全部流走。通过海绵城市—ASA模型建设，可以实现雨洪资源的有效利用，在一定程度上缓解城市水资源短缺问题。

根据有关统计，目前全国 642 座有防洪任务的城市中仍有 340 座没有达到国家规定的防洪标准， 特别是非农业人口 150 万人以上的 34 座特大城市中仅有 7 座达到防洪标准，一些新兴的经济开发区和新城市的防洪工程建设严重滞后。2012 年， 全国有 184 座城市进水受淹或发生内涝， 其中北京、重庆、天津等特大城市内涝严重。通过海绵城市—ASA模型建设，将防、排、渗、蓄、滞、 处理等措施有机结合,将极大地减轻城市防洪排涝的压力,有效减少城市洪涝灾 害发生频率和损失



**图1 2007年济南泉城广场夏季遭遇暴雨侵袭**



**图2 暴雨灾害后场景 图3 淄博市张店区暴雨后**

从国外典型雨水系统的发展历程来看，分散式的源头减排与生态处置措施是城市雨水系统不可或缺的重要组成部分。许多发达国家都结合各自不同的特点提出了相应的雨水管理体系，如英国的“可持续城市排水系统（Sustainable Urban Discharge System，SUDS）”，澳大利亚的“水敏感性城市设计（Water Sensitive Urban Design，WSUD）”，美国的“最佳管理实践（Best Management Practices，BMP）、低影响开发（Low Impact Development，LID）、可持续基础设施（Sustainable Infrastructure ,SI）”,新西兰的“低影响设计（Low Impact Design，LID）”等。这些体系为 构建现代城市多目标雨水控制模式提出了很好的方向。美国雨水收集利用的发展可分为以下4个阶段：市政卫生工程、水量调控、水质管理、可持续发展。加拿大采用“绿水管理”的创新雨洪管理模式，通过渗透、截留，减少地表径流量以及外排水量，减轻排水系统压力；雨水原位利用，减轻供水压力；补给地下水，维持当地的水资源平衡；减少城市面源水体的污染。这些经验对我国会有一定的借鉴和参考。

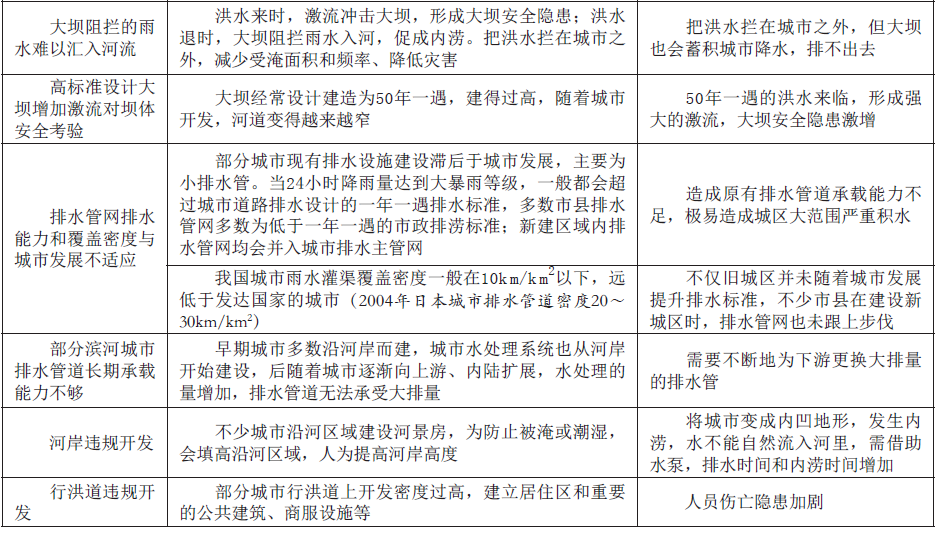
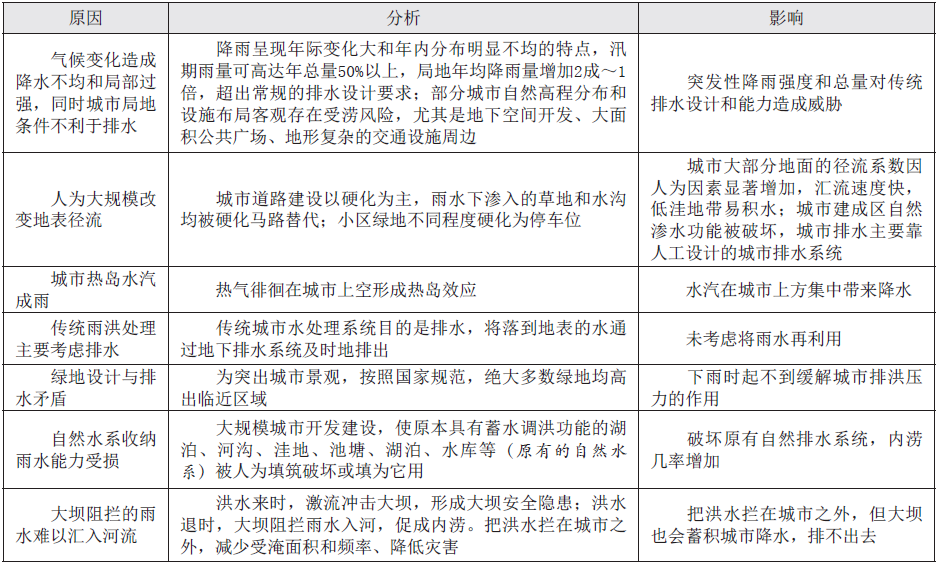
据此，我们拟建ASA模型，提出雨水蓄排结合的构想，借鉴大板、芝加哥等国外大城市做法，充分挖掘城市深层次的地下、地上空间。通过建立地下吸水层，和蓄水池，使其畅通连接各排涝泵站的通道，缓解局地气象暴雨集中地的溢洪排水压力，提高雨水渗透率。结合城市绿化建设和城市布局调整，辟建下凹式绿地、屋顶绿化等有蓄排功能的空间。引进和扩大路边下水道入口孔径，在城市空间硬地中增加使用透水性强的材料，千方百计分流瞬时降水，通过合理布局和优化控制，促进雨水综合利用，保障城市排水安全。

**1 ASA模型概述**

ASA模型是针对城市雨洪资源利用建立的模型，ASA(Absorb、Storage 、Afforest)模型是一种通过吸水、蓄水、绿化三种主要途径防止雨洪灾害的雨洪调蓄系统。通过构建地下吸水层、蓄水池、下凹式绿地和屋顶绿化四项设施，将雨水的渗透、滞留、集蓄、净化、循环使用和排水密切结合，统筹考虑内涝防止、径流污染控制、雨水资源化利用和水生态修复等多个目标，是雨洪利用理论的创新和发展。

**2构建ASA模型的必要性**

我国多个城市在夏季遭遇特大暴雨袭击，导致了严重的内涝。造成此类现象的原因有多方面，其中气候变化是城市出现内涝的主要诱因，城市建设大规模改变地表径流是主因，还有诸多原因造成了城市排水系统的缺陷，以下对我国城市内涝和排水问题的主要成因做出的总结:



**表1我国城市内涝和排水问题的主要成因**

由表可知：排水能力多年建设不足、热岛效应、地表径流系数增加、对雨水利用不足、绿地设计与排水矛盾是造成灾害的关键。ASA模型针对以上成因，提出四项解决措施。旨在解决我国城市水资源短缺、内涝频繁发生、水生态恶化等突出问题，改善城市人居环境，促进城镇化健康发展。

**3 ASA模型构建方法**

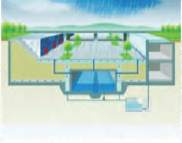
**3.1蓄水池的拟建**

3.1.1蓄水池拟建依据

逐步采用模型辅助工具进行雨水系统规划设计。通过模拟分析，对现状雨水管道系统诊断分析，对规划雨水管道系统进行验证，同时还可以利用超标准降雨的模拟分析，计算不同降雨量强度地面积水的时间、范围和深度，为制定蓄水池 提供依据。

3.1.2蓄水池拟建方法

构建地下蓄水系统模型——在集中降雨地区地下建立地下蓄水系统，将地下蓄水系统与城市的排水系统相连，使降水可以全部导入地下蓄水系统.。同时配合地下蓄水区，确立污水净化厂的位置与个数,改变下游高度集中处理的做法.在新建和扩建污水处理厂时,要选择经济实用的污水深度处理系统,发展污水再生回用事业并合理利用污水处理厂的污泥。



**图4 地下雨水存储池**

3.1.3蓄水池发挥的作用

地下蓄水系统是巨大的储水容器，它与城市排水系统组成城市排渍防涝、防洪的骨干工程。收集的污水通过一定净化装置，回用于公用设施和住宅冲厕所，浇灌绿地，景观用水、浇洒道路等。实现水资源循环利用。

**3.2地下吸水层模型拟建**

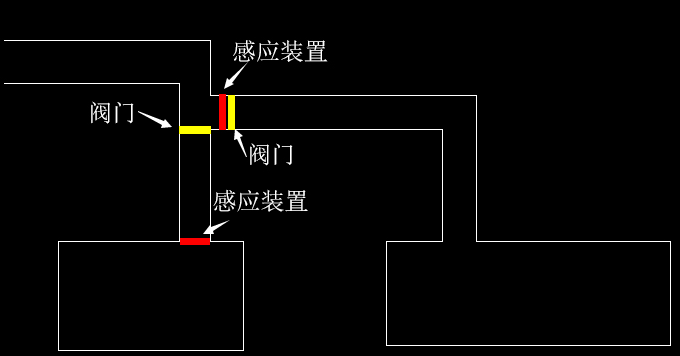
3.2.1地下吸水层建立依据

调查城市历年夏季最大降水量、城市主干路面积及路面承载力。根据调查结果，确定 适 宜的排水速率，从而确定管道的尺寸及埋放间距。根据最大降水量，通过计算，确定吸水层的容量及深度。根据路面承载力，设计合理的地梁，支撑地基。

3.2.2地下吸水层建立方法

在城市道路地基下设置吸水层及其吸水管道，吸收降水。吸水层相当于“海绵体”，雨水通过“海绵体”下渗、滞蓄、净化，吸水管道连接城市排水管道与地下吸水层。为了保证道路强度，吸水层用钢筋混凝土柱支撑。同时，为了达到及时吸水的效果，吸水层用颗粒较大的石子以及沙子填充。吸水管道同时与蓄水管道相连，相连处的阀门，和吸水层设置由计算机控制的感应装置。

降雨初期，管道处阀门关闭，此时将较为浑浊的雨水通过蓄水管道导入蓄水池，一定时间后，阀门打开，进入吸水层。当地下吸水层感应到吸水层的蓄水量达到饱和状态时，管道处阀门关闭，雨水又由蓄水管道导入蓄水池。



**图5 地下吸水层模拟示意图**

3.2.3地下吸水层的作用

地下吸水层有利于弥补给排水设施的欠账和减少极端天气带来的影响。有效吸纳雨污水，缓解城市内涝，提高硬化路面对径流雨水的渗透能力，促进雨水的积存、渗透和净化。达到“排得出、留得住、用得上”的目的。可以提高水资源利用率，通过雨水收集利用等措施，节约水资源，涵养水源，保护和改善城市水环境，恢复水生态。该模型注重雨水的自然积存、自然渗透和自然净化，是一种绿色可持续的雨水排放模式。

**3.3下凹式绿地**

3.3.1下凹式绿地的构建方法

其典型结构为绿地高程低于周围硬化地面高程5~25cm左右，雨水溢流口设在绿地中或绿地和硬化地面交界处，雨水口高程高于绿地高程且低于硬化地面高程；其作为一种形式最简单的雨水蓄渗设施，应用范围较广，可以在道路、广场、停车场等周围设置。下沉式绿地可汇集周围硬化地表产生的降雨径流，利用植被、土壤、微生物的作用，截留和净化小流量雨水径流，超过绿地蓄渗容量的雨水经雨水口排入雨水管网。



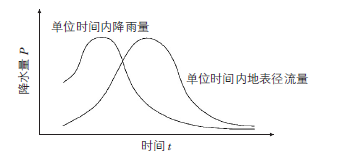
**图6 下凹式绿地**



**图7下凹式绿地与植草沟 图8下凹式绿地广场**

3.3.2下凹式绿地的作用

在经历暴雨侵袭时,流入绿化带的雨水不会马上汇集,先经过下渗,在土壤水分饱和后才形成地表径流,这样就将降雨量达到最大值的时段与地表径流形成的时间错开(见图 9),从而缓解或避免市区内出现大面积内涝。 这种与城市道路网重叠以渠式绿化带为基础的绿色排水网络,构成“SAS”系统中的排水系统。



**图 9 最大降雨量与地表径流时间关系图**

下沉式绿地不仅可以起到削减径流量、减轻城市洪涝灾害的作用，而且下渗的雨水可以起到增加土壤水分含量以减少绿地浇灌用水量，以及补充地下水资源量的作用。同时，径流携带的氮、磷等污染物可以转变为植被所需的营养物质，促进植物的生长。

**3.4 屋顶绿化**

3.4.1屋顶绿化的构建方法

屋顶滞蓄排放，即在具有足够承载和防渗能力的屋面，将降落的雨水临时滞留在屋面上，通过限流措施以较小流量排入雨水管道。这种方式适合于我国南北方的很多城市。第二是雨养型屋顶绿化，即不需其它水源灌溉，完全靠自产或其它屋面雨水维持植物生长的绿化屋顶。10cm厚的绿化屋顶，能够截留15~30mm的降雨，源头减控效果相当明显。第三是铺装树阵雨水就地渗蓄自灌措施。

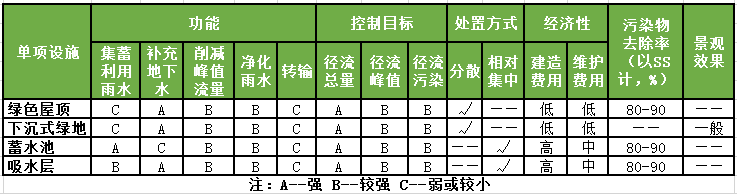


**图10 屋顶绿化**

3.4.2屋顶绿化的作用

通过绿色屋顶收集到的雨水，经过净化既可以作为生活杂用水，也可以作为消防用水和应急用水，可大幅提高建筑用水节约和循环利用，为同步实现屋顶雨水收集利用和灰色水循环的综合利用，可将整个建筑水系统设计成双管线，抽水马桶供水采用雨水和灰水双水源。该措施具有免人工灌溉、节水、省绿化养护费、减流、控污、削峰等特点，适用于很多城市内具有行道树的人行道。

**4 ASA模型四项设施及其指标**



**表2 四项设施及其指标**

**5 结语**

ASA模型可以与国家正在开展的智慧城市建设试点工作相结合，实现海绵城市的智慧化，重点放在社会效益和生态效益显著的领域，以及灾害应对领域。智慧化的海绵城市建设，能够结合物联网、云计算、大数据等信息技术手段，使原来非常困难的监控参量，变得容易实现。实施海绵城市战略是我国当前城市建设和更新的重要内涵。借助ASA模型，“海绵城市”应当能够很好地应对重现期从小到大的各种降雨，使其不发生灾害同时又能变害为利,实现充分利用。而城市雨洪资源综合利用是应对重现期从小到大降雨径流的一系列措施，因此，构建ASA模型综合利用城市雨洪资源是构建“海绵城市”的必然举措，应当深刻认识和理解城市雨洪资源综合利用的重要性。通过海绵城市的规划、建设和管理，将更有助于智慧型城市的建设。



**图11 海绵城市**

参考文献：

［1］ 中国水利水电科学研究院 . 城市防洪工作现状、问题及其对  
策( 2011 年水利重大课题) ［ Ｒ］ . 北京: 2012.  
［2］ 国家防汛抗旱总指挥部， 中华人民共和国水利部 . 2012 年中  
国水旱灾害公报［ Ｒ］ . 北京: 中国水利水电出版社， 2013.

［3］中国特色海绵城市的政策沿革与地方实践  
DOI:10.3969/j.issn.1674-7739.2015.01.011  
文 \ 徐振强 \ Xu Zhenqiang \ 中国城市科学研究会资源环境研究所所长，理学博士

[4] 程江，徐启新，杨凯，等．下沉式绿地雨水蓄渗效应及其影响因素[J]. 给水排水.2007，33（5）：45-49.

[5] 程江，徐启新，杨凯，等．下沉式绿地雨水蓄渗效应及其影

响因素[J]. 给水排水.2007，33（5）：45-49.