



GUOWAI YOUXIU ANLI
DIYINGXIANGKAIFA

国外优秀案例： 低影响开发

文字统筹_梁春柳（本刊特约记者）

德国屋顶绿化

德国的雨水利用技术经过多年发展已日臻成熟，目前主要的城市雨水利用方式有3种：

一是屋面雨水集蓄系统。收集的雨水经简单处理后，可用于家庭、公共场所和企业的非饮用水；

二是雨水截污与渗透系统。道路雨洪通过下水道排入沿途大型蓄水池或通过渗透补充地下水。德国城市街道雨洪管道口均设有截污挂篮，以拦截雨洪径流携带的污染物。城市地面使用可渗透地砖，以减小径流；

三是生态小区雨水利用系统。小区沿着排水道修建可渗透浅沟，表面植有草皮，供雨水径流时下渗。超过渗透能力的雨水则进入雨洪池或人工湿地，作为水景或继续下渗。

德国的绿色屋顶，是“海绵城市”建设中屋面雨水集蓄的重要场地。可以说德国是最早涉足屋顶绿化研究的国家。1867年，建筑师拉比兹•卡尔在巴黎的世界博览会上，展出了由他创作的“屋顶花园”模型。此后，德国开展了关于“建筑物大面积植被化”的研究探讨。柏林从1920年开始，完成了大约2000个屋顶的植被化工程。1927年，在柏林的卡斯达特超市连锁百货公司4000平方米的屋顶上，建起了当时世界上最大的屋顶花园。

德国屋顶绿化快速发展50多年以来，由于制定了屋顶绿化发展原则、指南与规范，加上政府政策的强制与鼓励，德国的研究和推广工作走在了最前列，成为屋顶绿化最先进的国家。在目前世界上有关“建筑物大面积植被化”的科研开发和技术成果中，大约有90%都是属于德国的专利。





德国屋顶花园，多采用色彩丰富的草本植物和小灌木，体现出很好的景观效果。

在德国，根据种植基质和植物材料的不同，种植屋面一般分为屋顶草坪（简单式）、空中花园（花园式）、草坪与花园混合的种植屋面（混合型）三种类型。通常不采用自然原土作种植基质，而是使用轻质的人工基质加入颗粒物，利于渗水并减轻荷载。

根据德国2003年的统计数据，30~40%的新平屋面都是种植屋面。尤其是屋顶草坪，占种植屋面的90%以上。一般说来，屋顶草坪土层很薄（土壤深度3到15厘米），所选择的是比较耐旱、耐贫瘠的植物，并常常采用多种植物混植的方法，以确保屋顶覆盖率，保持良好的生长状态。通常种植苔藓、草本、景天属地被植物或其他肉质植物。这些植物不需要坚实的屋顶结构，也不需要频繁地养护和额外的浇水，就可以保持整年色彩丰富的外观，同时可以防止屋顶骤热和杂草的蔓延，也利于多种昆虫、鸟类的生存，对生态平衡起到了很大的作用，是一种最经济的方法。屋顶花园可种植大量不同种类的植物，如乔木、灌木、草本和草坪植物，甚至还可以安装拥有泉水的小型池塘。这种花园的建造需要较坚固的屋顶，以承受排水装置、土壤、植物及可能的花坛的重量。通常这种花园需要土壤厚度达到20到50厘米，每平方米至少承载重量200到300千克，现在已经开发出轻的基质材料。混合型屋顶花园则要根据植物材料，选择基质厚度。

目前德国屋顶绿化发展迅速，屋顶、墙体、电线杆、立交桥甚至大树的树干都在进行全方位的绿化。德国的屋顶绿化技术，绿化后可以使用寿命40年以上不坏，浇灌水量也比普通土地节省3/4以上。

韩国首尔清溪川

清溪川是韩国首尔市中心的一条河流，位于首尔市中区太平路1街 31，全长10.84千米，总流域面积59.83平方千米，汇入中浪川后流往汉江。

这是一条印证朝鲜王国500年间发展历史的河流；一条因河床被污泥和垃圾所覆盖，沿着河边胡乱支起肮脏的木棚所排放的污水严重污染了的河流；一条大量的污水流淌于市中心，发出的恶臭令周边居民痛苦不堪，城市的整体形象也受到了损害的河流；在被整体覆盖后建成柏油路，两侧商铺林立成为商业中心后消失的河流；在2003年又被重新开挖，历经数年整治，恢复了它原有生命的河流。它就是韩国首尔的清溪川。

清溪川复原工程是首尔建设“生态城市”的重要步骤，其景观设计在直观上给人以生态和谐的感受。河道设计为复式断面，一般设两到三个台阶，人行道贴近水面，以达到亲水的目的。高程是河道设计最高水位，中间台阶一般为河岸，最上面一个台阶即永久车道路面。隧道喷泉从断面直接跃入水中，行走在堤底，如同置身水帘洞中，头上霓虹幻影，脚下水声淙淙，清澈见底的溪水触手可及。

清溪川上的景观沿着河道形成了空间序列。河道虽长，但处处有景，让人在欣赏的过程中忘记了途中的寂寞。上下游高程差约15米，由多道跌水衔接起来。在较缓的下游河段，每两座桥之间设一道或二道跌水，在靠近上游较陡的河段处，两座桥之间采用多道跌水，形成既有涓涓流水，又有小小激流的自然河道景观。跌水全部都大块石修筑，间隔布置。作跌水的大石块表面平整，垂直木桩将大石块加固在河道内。踏着横在河中的大石块，可跃过溪水，跳到对岸。





改造后的清溪川水质达到了韩国二级标准，水深一般只有30到40厘米，所以夏天时，全家老小都可以来溪中玩耍，儿童也不会有溺水的危险。

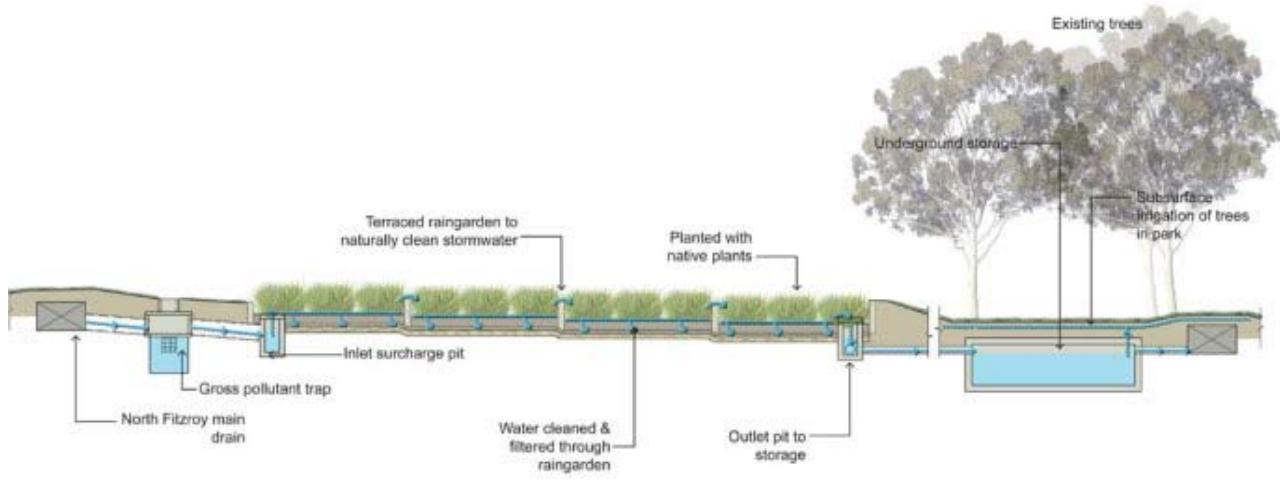
无论从哪个角度讲，首尔清溪川的整治复原都堪称水环境治理的典范。一是工程大，项目全长8.12千米，拆除原有被高架桥覆盖的部分长5.84千米，还恢复和整修了22座桥梁，修建了10个喷泉、1座广场、1座文化会馆，总投入达3900亿韩元（约合31.2亿人民币）。二是用时短，从2003年7月1日动工，到2005年10月1日完工对外开放，仅花了两年零三个月的时间。三是市民认同，清溪川复原开放后的两年多时间里，接待游客6200万人次，平均每天7.7万人次。

清溪川河道改造设计标准为200年一遇的洪水。为防止水的渗漏损失，河底防渗层采用黏土与砾石混合，贴近河岸处修建一道40厘米厚的垂直防渗墙。

如果没有水源，清溪川将常年处于干涸状态，而如果全面恢复历史上的天然水系，事涉区域过大、造价过高，实施的可能性不大，所以最后采用动力补给方式。清溪川的水源补给渠道主要是抽取经过处理的汉江水，输送至上游；其次是取地下水和收集雨水；下游中浪污水处理厂提供的中水只作为应急条件下的供水方式。

改造后的清溪川水质达到了韩国二级标准，水深一般只有30到40厘米，所以夏天时，全家老小都可以来溪中玩耍，儿童也不会有溺水的危险。在改造后的清溪川周边气温比全市平均气温低2℃~3℃，为市民纳凉游玩、旅游观光提供了理想的场所。





爱丁堡雨水花园。

澳大利亚水敏性城市设计

在城市发展中，澳大利亚的很多城市都面临城市防洪、水资源短缺和水环境保护等方面的挑战。作为城市水环境管理尤其现代雨洪管理领域的新锐，以墨尔本为代表，其倡导的WSUD水敏性城市设计（Water Sensitive Urban Design）和相关持续的前沿研究，使其逐渐成为城市雨洪管理领域的世界领军城市。

以墨尔本为首所倡导的WSUD，于20世纪90年代在澳大利亚兴起。当时城市的雨洪分流体系基本完善，通过建设污水处理设施，城市点源污染的排放基本得到完全控制。但人们期待的生态城市河道并未如期呈现，城市雨水径流的面源污染成为改善河道生态健康所不能回避的问题。WSUD的一个重要原则是源头控制，水量水质问题就地解决，不把问题带入周边，避免增加流域下游的防洪和环保压力，降低或省去防洪排水设施建设或升级的投资。其雨洪水质管理措施，如屋顶花园、生态滞蓄系统、人工湿地和湖塘，也能在不同程度上滞蓄雨洪，进而减少排水设施的需要。绿色滨水缓冲带在保证行洪的同时，能有效降低河道侵蚀，保持河道稳定性。雨水的收集和回用提供替代水源，减少了自来水在非饮用用途上的使用性。与景观融合的雨洪管理设施设计，可营造富有魅力的公共空间，提升城市宜居性。





围绕其城市雨洪管理的技术核心，澳大利亚持续进行了大量前沿研究和跨学科讨论，墨尔本提出的水敏性城市理念中，还首次引入了雨水、地下水、饮用水、污水及再生的全水环节管理体系。工程实践中采用的水量控制措施，主要包括透水铺装、下凹绿地、地下储水池及雨洪滞蓄水库（人工湖、雨洪公园）等；水质处理措施主要包括道路雨水口截污装置、植被缓冲带、排水草沟、生态排水草沟，泥沙过滤装置、泥沙沉蓄池、雨水花园、人工湖及人工湿地等。

爱丁堡雨水花园位于爱丁堡公园内，能为周围的树木等植被和运动场提供经过处理的灌溉雨水，既为美丽的公园增加了一道独特的景观，又提高了游客兴趣，还具有非凡的深刻意义。雨水公园的建设解决了当地

饮用水和灌溉水的双重危机。公园里有各种水景景观和相应的设施，能收集储藏雨水，进行水体净化并通过分流管分流给需要的区域。水源经过过滤介质和各种植被的自然作用实现净化，公园里的4个平台方便游客欣赏景色，进行户外活动。

爱丁堡雨水花园是为了给公园中的树木提供水分而建立的，同时也为整个公园提供装饰性的作用，给人一个放松休闲的场所。墨尔本已经历了多年的干旱，这个雨水花园有效地解决了这个干旱难题。

经过设计，整个雨水花园每年将吸收16000千克的固体悬浮颗粒，并通过植物生长吸收160千克的营养盐、氮等元素，减少垃圾产量。同时地下存水的过滤水将达200千升，提供每年公园所需灌溉水的60%。🏠