



国内外河流治理汇编

(第一辑)



深圳市治水提质指挥部办公室

2018年4月

目 录

一、泰晤士河治理	1
二、莱茵河治理	6
三、塞纳河治理	12
四、韩国首尔清溪川治理	15
五、新加坡加冷河碧山公园段生态修复	21
六、德国伊萨河慕尼黑河段生态治理	25
七、美国圣安东尼奥河生态治理	29
八、苏州河治理	33
九、贵阳南明河治理工程	38

泰晤士河治理

一、简介

泰晤士河是英国著名的“母亲”河，全长 402 公里，横贯英国首都伦敦与沿河 10 多座城市，流域面积 13000 平方公里。18 世纪的泰晤士河是著名的鲑鱼产区，河水清澈见底，水产丰富。

从伦敦西部的 Teddington 至 Southend 东部的 Shoebury 为泰晤士河感潮段及河口地区，长约 100 公里，河宽从较上游的 100 米逐渐增加到 7 公里，平均深度从 2 米到 10 米不等。Teddington 堰是官方确定的潮汐界限，其上为淡水河段，其下为感潮河段，受潮汐影响。从 Teddington 堰溢流的水量一般保持在 800 万吨 / 天，干旱期则减少至 20 万吨 / 天。与上、中、下游相比，泰晤士河感潮段及河口地区曾经受到的污染最严重，治理成效最显著。

到了 19 世纪，随着英国资本主义工业的发展，泰晤士河的水质同趋恶化。由于水质的严重污染，1832—1886 年的 50 多年里，伦敦共爆发了 4 次流行性霍乱，仅 1849 年一次就有 1-4 万人死亡。20 世纪 20 年代后，英国各大河沿岸工业更加集中，工业废水连同生活污水一起排入泰晤士河，造成河流严重缺氧。特别是 1953 年，河流下游的溶解氧降至历史最低水平，许多河段在夏季出现了严重的黑臭现象。

二、治理方案

泰晤士河感潮段周边大型污水处理厂出水对其水质影响非常大，污水处理厂处理设施、处理能力及处理深度的提高将有效改善感潮段水质。雨污混合水溢流问题一直比较严

重，是造成暴雨期间水质恶化的主要原因。为了改变这种状况，英国政府投入了大量资金，采取如下方式治理。

（一）成立机构加强流域管理

20 世纪 60 年代英国政府成立了泰晤士河水务局，隶属环境部，是泰晤士河流域进行统一规划与管理的权力性机构。尤其值得注意的是，泰晤士河水务局雇员中有 20% 的人员从事研究工作。水务局设有专门研究部门，能随时处置和研究各种急迫问题。

1974 年，包括泰晤士水务局在内的 10 个流域水务局建立。1989 年，水务局全部实现了私有化改革。在英国的水务局私有化的同时，英政府加强了环境署对流域水质污染情况的监督管理，并设立水务署，负责用户投诉，监控水务公司的财务运作及执行服务标准情况。

（二）治理措施

1. **改扩建污水厂，提高处理深度。**在 20 世纪 60 年代和 70 年代期间，对伦敦东南部的 Crossness 和伦敦东部的 Beckton 的两个主要污水处理厂进行了改造，除此之外，还将 1936 年以后在泰晤士河流域兴建的 190 多个小型污水处理厂合并成 15 个较大的处理厂，并进行了大规模的改建、扩建和重建。

Beckton 污水厂是目前欧洲最大的污水处理厂，主要承担泰晤士河北岸 300 平方公里范围内的工业污水和伦敦市 240 万人口的生活污水处理。从 1889 年开始用简单的沉淀法处理污水，逐步改建、扩大、完善，到今天实现了现代化可进行三级处理，经历了整整 100 年，处理能力达 240 万吨/天。Crossness 污水厂建于 20 世纪 60 年代初，早期设计处

理量为 32 万吨/天，出水 BOD 20 毫克/升，ss 30 毫克 / 升，但不去除氨氮。改扩建后处理水量提高到 45 万吨 / 天，同时增加了硝化反应池，具备脱氮能力。1935 年，为了使污水处理厂的分布更趋于合理，新建了 Mogden 污水厂，代替泰晤士河感潮段上游 27 座小型污水厂，当时设计处理水量为 30 万吨 / 天，处理后的污水直接排入泰晤士河。经过多年不断改进，目前 Mogden 污水厂已成为伦敦第二大污水处理厂，日处理污水量 50 万吨，服务人口 180 万，出水水质也比过去有了很大提高，特别是枯水季节，氨氮浓度一般都控制在 1 毫克 / 升以下。

1980 年间由于 Beckton、Crossness、Mogden 等污水厂的扩建和更新，排入泰晤士河感潮段及河口地区的污染负荷减少了 90%。可以说，污水处理厂出水水质的提高是泰晤士河水水质明显改善的直接原因之一。

2. 曝气复氧减轻暴雨污水排放影响。通过综合比较，英国政府最终使用曝气复氧船对河水进行人工曝气复氧来提高暴雨期间水体溶解氧的浓度，减轻暴雨对水质造成的不利影响。这种方法投资运行费用低，充氧效果比较好，降低了污染负荷，恢复水体生态修复功能。

1989 年，泰晤士河上第一艘曝气复氧船“Thames Bubbler”下水运行。该船船体长 50.5 米，水线面船宽 10 米。水质自动监测站每 15 分钟测定一次 DO 值，试验船根据他们的数据第一时间到达溶解氧下降最大的区域进行充氧。该船充氧能力为 30 吨/天，建造费用 350 万英镑，年运行费用 25 万英镑。1989 年，Bubbler 工作了 34 天；1993 年夏季由于较干旱和凉爽，只使用了一次；1994 年到 1997 年平均

每年使用 6 天。自从 1989 年 Bubbler 投入使用后泰晤士河感潮段及河 13 地区就没有再出现鱼类大面积死亡现象。

1997 年，另一艘与“Thames Bubbler”充氧能力相同的曝气复氧船“Thames Vitality—F”水试运行。这两艘曝气复氧船构成了泰晤士河上的一道风景线，有效提高了暴雨期间河口水体溶解氧浓度，避免了鱼类的大面积死亡。

三、小结

泰晤士河的治理仅仅运用了截流排污、生物氧化、曝气充氧等常规措施就取得了明显效果，而治理成功的关键在于管理上进行了大胆的体制改革及科学的管理方法，被欧洲称为“水工业管理体制上的一次重大革命”。即将全流域 200 多个管水单位合并建成泰晤士河水务管理局，统一管理各种业务，这保证了水资源按自然规律进行合理、有效保护和开发利用，杜绝用水浪费和水环境遭到破坏。对泰晤士河流域分区实行不同的环境质量目标，以伦敦桥和 Canvey 岛为分界点，对水体中 DO 质量浓度提出不同的要求，泰晤士河的治理目标是为了保护生物的生存，并以 DO 为主要控制目标。

经过约 150 年的治理，英国政府共投入 300 多亿英镑，1955-1980 年总污染负荷减少了 90%，枯水季节 DO 最低点依然保持在饱和状态的 40% 左右。上世纪 80 年代，河流水质已恢复到 17 世纪的原貌，达到饮用水水源水质标准，已有 100 多种鱼和 350 多种无脊椎动物重新回到这里繁衍生息。

目前，伦敦的下水道同时承载未处理的污水和雨水，由于它的流量有限，加之伦敦降雨量又大，排污系统无法及时排掉雨水，经常造成携带生活垃圾的雨水流入泰晤士河，严重威胁泰晤士河生态系统。为此，英国政府宣布将耗资 20 亿

英镑，于 2020 年前在伦敦地下 80m 处修建一条长达 32km 的污水水道，这将改变泰晤士河水污染现状，进一步改善泰晤士河水质。



莱茵河治理

一、简介

莱茵河是欧洲最重要和最著名的河流之一，莱茵河发源于阿尔卑斯山北麓，流经瑞、奥、法、德、荷等国，是西欧一条主要的国际航道。莱茵河在 Basel 和 Mainz 之间河段，有大量来自瑞士、法国、德国的城市和工业区的污水排入该区，水体污染开始加重。从 Bonn 至位于荷兰边境的 Lobith 河段，来自 Bonn、K6ln、DUsseldorf 等大城市以及高度发展的鲁尔工业区 (Ruhrgebiet) 的大量污水排入河道，水体受到严重污染。莱茵河进入荷兰境内后，分成三条支流：waal、Lek、Ijssel，由于流速降低，大量含有毒有害物质的沉积物在此沉积。莱茵河自 50 年代起，随着流域人口密集、工业发展、航运频繁等，水质开始恶化。进入 60 年代，上游的无脊椎动物濒于绝迹。在其污染最严重的 20 世纪 70 年代，河水闻上去甚至有一股“苯酚”的味道，被冠之以“欧洲下水道”、“欧洲之厕所”等恶名。为制止上述严重后果的蔓延和发展，恢复和保护自然生态环境，80 年代以来，沿岸各国协同一致，把莱茵河环境保护列为国家的基本国策。

二、污染过程

早期的莱茵河水质很好，自 1850 年以后，由于莱茵河沿岸人口增长和工业化加速，越来越多的有机和无机物排入河道，导致氯负荷增加。但是，当时的河水恶化并不明显。

(一) 工农业污染使莱茵河变成“欧洲下水道”

二战以后，莱茵河流域工业化再度加速，污染开始迅速加重。这些威胁来自于工业、农业、市政和家庭的废水排放，

造成本地物种消失、水质和沉积物污染恶化。到 60 年代末，莱茵河已经是名副其实的“欧洲下水道”。60 年代以后，水质进一步恶化，所有水生生物均从被污染的德荷边界附近河段绝迹。1971 年河道污染的严重状况使沿岸各国政府和公众舆论震惊。

(二) 河道改线、修建水坝酿成恶果

在 19 世纪和 20 世纪，为了改善航行条件，并使河床地区更利于农业耕作，莱茵河的河道被彻底改变。

原本蜿蜒的河床和冲积平原被切断，引起水生态系统发生巨大变化。而河水流速的增加，使得河床被进一步侵蚀，地下水位进一步下降。

同时，人们在莱茵河及其支流中建造了许多用于水力发电的水坝和围坝。这些设施导致莱茵河中的鲑鱼和其他迁徙物种无法到达产卵场。莱茵河水生鱼类的捕捞量从 1870 年的 280000 吨显著下降到 1950 年的 0 吨。

(三) 拐点事件

1. Sandoz 事件

1986 年 11 月 1 日，位于瑞士巴塞尔附近的 Sandoz 股份公司仓库发生火灾。在救火过程中，约有 1 万 m³ 被有毒物料污染的消防水流入莱茵河。这些污水顺河而下，11 月 1 日清晨抵达法国边界，11 月 9 日抵达荷兰边界。本次污染严重破坏了莱茵河生态系统，数以吨计的死鱼和其他动物尸体被从河中捞出，沿河 40 座水利工程被迫停止从河中取水。

2. 鲑鱼的消逝

莱茵河渔业兴旺，尤其鲑鱼 (Salmon) 供应充足，1885 年年捕捞量曾达 25 万条。但在 18 世纪与 19 世纪之交，由于

水力发电、航运发展和河道渠化，鱼类大量减少。荷兰三角洲工程的建设更阻止了鱼类回游，至 1940 年鲑鱼几乎从全莱茵河流域绝迹。

三、治理方案和措施

(一) 国际协调与管理

1. 莱茵河保护国际委员会

莱茵河流域的管理开始于 19 世纪中叶，当时主要针对航运而设立航运管理机构。1950 年 7 月由荷兰提议，瑞士、法国、卢森堡和德国等参与，在瑞士巴塞尔成立了“莱茵河保护国际委员会”—— The International Commission for the Protection of the Rhine (ICPR)，旨在全面处理莱茵河流域保护问题并寻求解决方案。

1963 年，在瑞士首都伯尔尼签署了 ICPR 的框架性协议，即伯尔尼公约，该公约奠定了莱茵河流域管理国际协调和发展的基础。1976 年，欧洲共同体委员会作为缔约方加入该委员会。

2. 各国的跨州协调委员会

莱茵河流域的管理除了成立 ICPR 之外，还在德国科布伦茨设立了对莱茵河水环境综合监测和洪水预报的德国水文研究所(BFG，相当于流域管理机构)，在各国内部还有跨州的协调委员会。如德国境内莱茵河流经 4 个州，流域管理协调工作则由莱茵河上游的巴登符腾堡州主持，各州相关部门配合。

(二) 治理计划

ICPR 成立之后，制定了联合监测方案，但是真正的保护河流免受有机污染影响的第一个措施直到 1970 年之后才正

式实施。在 1970 年至 1985 年期间，委员会制定了一系列方案，减少城市和工业废水的直接排放。在这一时期，主要治污措施都集中在“管末端”，即废水处理。在此期间，委员会商定了三项公约作为具有法律约束力的文书。

1. 商定三大公约

控制化学污染公约，该公约于 1976 年签署。公约要求各成员国建立监测系统，制定监测计划，建立水质预警系统。

控制氯化物污染公约，该公约于 1976 年签署。公约确定的治理目标是减少德国与荷兰跨国边界的水体盐含量，使河水盐浓度不超过 200mg/L。

防治热污染公约。该公约虽未签署，但已执行。20 世纪七八十年代，莱茵河沿岸的电站和工厂必须修建冷却塔，确保进入莱茵河的水温低于规定值。

2. 莱茵河 2000 年行动计划(RAP)

1986 年 11 月 12 日(Sandoz 事件发生 10 天后)，沿岸各国有关部长紧急开会讨论。会议制订了莱茵河 2000 行动计划(RAP)，明确提出了治理莱茵河的长期目标。RAP 计划内容包括：

(1) 在 2000 年底之前，高等物种鱼类(例如鲑鱼)应在莱茵河重现(因此又称“Salmon 2000”计划)。

(2) 改善水质，使莱茵河重新成为饮用水水源。

(3) 减少对河流沉积物的污染，使淤泥达到能够用于造地或填海的程度。

(4) 改善北海及沿岸湿地动植物的生存环境。

RAP 计划分三个阶段实施。第一阶段首先确定“优先治理的污染物质的清单”，分析这些污染物的来源、排放量。第

二阶段是决定性阶段,即所有措施必须在 1995 年以前实施,所有污染物质必须在 1995 年达到 50%的消减率。第三阶段是强化阶段(1995~2000 年),采取必要的补充措施,全面实现莱茵河流域生态系统管理目标。

3. Rhine 2020——莱茵河流域可持续发展计划

2001 年 1 月在法国斯特拉斯堡举行的莱茵河流域国家部长会议上,批准实施以莱茵河未来环境保护政策为核心的“Rhine 2020——莱茵河流域可持续发展计划”。这项计划将进一步改善莱茵河流域生态系统,改善洪水防护系统,改善地表水质和保护地下水。

(三) 具体治理措施

上世纪 60 年代以来,德国在莱茵河沿岸城市和工矿企业陆续修建了 100 多个污水处理厂,排入莱茵河的工业废水和生活污水的 60%以上得到处理。此外,德国政府还成立了一个“黄金舰队”,负责处理压舱水等含油污水。在污染较为严重的河段直接采取人工充氧的措施;对水量较小、河水温度较高且接纳大量污水的河段,则在水中安装增氧机。

在 RAP 计划实施过程中,莱茵河保护国际委员会发起了一系列行动,包括拆除不合理的通航、灌溉及防洪工程,用草木绿化河岸,在部分改弯取直的人工河段恢复其自然河道等。与此同时,各国还制定相关司法措施,限期和分期推行清洁生产工艺,安装废污水生物净化装置,提高生活污水处理率,加强对工业、农业和居民废水、污水的管理,征收排污费等。

四、小结

莱茵河的治理非常成功。经过多年治理,莱茵河的水质

已有很大幅度改善，生物多样性基本恢复到了二战前的水平。在 1994 年，ICPR 的报告就指出大多数减排目标已经达到。在工业资源领域，几乎已经实现 50%的减排目标。特别是市政和工业对有害物质的排放已明显下降，其中，70~100%的污染物种类已经检测不到。1985~2000 年间，莱茵河中的有毒物质减少了 90%，生态功能得到恢复，水体微生物种群上升到正常水平，鱼类品种不断增加，其中包括鲑鱼等名贵鱼种，流域的社会经济得到健康和持续的发展。在 2000 年，在执行进程结束时，几乎所有减排目标都已实现。已有 200 条成年鲑鱼洄游到莱茵河中，实现了“莱茵河 2000 年行动计划”确立的生态建设目标。



塞纳河治理

一、简介

塞纳河发源于法国东部的郎格勒高原，全长 776 公里，可通航段 534 公里，是法国第四大河。它从巴黎的东南方向流入巴黎市中心区，由西南方向出海，途经巴黎地区河段 280 公里。

塞纳河早在 1830 年就开始整治，主要以通航和水资源利用为目的，整治项目包括清疏河床、修筑堤坝、修建桥梁、整治两岸的绿化带和建筑、配置截污及水面清捞垃圾设施等。经过整治，塞纳河巴黎段河深平稳，不再受潮汐和洪涝干旱影响，为以后的河道治理奠定了基础。进入 20 世纪，塞纳河沿岸水环境污染进一步加重，到 60 年代，巴黎下游 100 公里范围内水体厌氧或近似厌氧。特别是 Achères 污水厂排水口附近由于水体缺氧，水生生物灭绝。

二、塞纳河水污染成因分析

塞纳河水质受到多种因素的影响，概括起来主要有农业污染、生活污染、工业污染以及雨污水溢流等。整个塞纳河流域 60% 的地区发展农业，尤其是巴黎上游段主要为高产农作物的农业用地，小麦、甜菜、大麦产量分别占法国总产量的 50%、67%、35%，肥料和杀虫剂的使用量非常大。塞纳河及其支流流域内地下水有近 25% 采样点的硝酸盐浓度超过 40 毫克 / 升。塞纳河沿岸有 9 座城市，容纳了法国人口的 30%，人口相当密集，同时拥有大量重要的工业企业，法国 40% 的工业活动都聚集于此。因此，产生大量生活和工业污水，水体内含有的有机污染物、重金属、氨氮等浓度都非

常高。流域内大部分地区都有污水收集系统，由于该地区多为合流制下水道系统，也存在雨污水溢流问题。特别是 Clichy 和 La Briche 两大污水收集口，暴雨时排入塞纳河的雨污混合水流量有时高达 50 吨 / 秒，对河流水体造成的冲击负荷非常大。

三、塞纳河水污染治理措施

20 世纪 60 年代初，塞纳河由于严重污染生态系统全面崩溃，河中曾有的 32 种鱼类只有两三种鱼勉强存活下来。

1964 年，塞纳河诺曼底水务局 (the Seine-Normandy Water Agency) 开始治理塞纳河。具体治理方案如下：

(一) 完善污水处理设施

1991-2001 年，投资 56 亿欧元新建污水处理设施，污水处理率提高了 30%。塞纳河水质的改善主要归功于沿岸污水处理厂的建造。从 60 年代末到 70 年代初污水处理率显著提高，从不到 30% 提高到 70% 左右，并一直保持高于该值的处理率，到 2000 年污水处理率已达到 80%。同时处理深度也不断提高，以 1998 年建成并运行的 Colombes 污水厂为例，各种污染物的去除率除 TKN 和 $\text{NH}_4 \cdot \text{N}$ 外都已超过 90%。

(二) 完善城市下水道

巴黎下水道总长 2400 公里，地下还有 6000 座蓄水池，每年从污水中回收的固体垃圾达 1.5 万立方米。巴黎下水道共有 1300 多名维护工，负责清扫坑道、修理管道、监管污水处理设施等工作，配备了清砂船及卡车、虹吸管、高压水枪等专业设备，并使用地理信息系统等现代技术进行管理维护。

(三) 削减农业面源及点源污染

河流 66% 的营养物质来源于化肥施用，主要通过地下水

渗透入河。巴黎一方面从源头加强化肥农药等面源控制，另一方面对 50%以上的污水处理厂实施脱氮除磷改造，污水不得直排入河，要求搬迁废水直排的工厂，难以搬迁要严格治理。

（四）河道蓄水补水

为调节河道水量，建设了 4 座大型蓄水湖，蓄水总量达 8 亿立方米；同时修建了 19 个水闸船闸，使河道水位从不足 1 米升至 3.4-5.7 米，改善了航运条件与河岸带景观。此外还进行了河岸河堤整治，采用石砌河岸，避免冲刷造成泥沙流入；建设二级河堤，高层河堤抵御洪涝，低层河堤改造为景观车道。

三、小结

自 1964 年起，塞纳河诺曼底水务局(theSeine-Normandy Water Agency)开始对塞纳河开展以水质改善为目的的治理，投入大量资金用于污水截流和污水处理设施的建造。通过整治，水体溶解氧在过去几十年里不断提高，2003 年 3 月测得淡水河段溶解氧浓度提高到 7-9 毫克 / 升，同时，水生生态系统逐步恢复，到目前为止，在河中共发现过 46 种鱼类，其中有 23 种已在巴黎市区河段栖身。其中包括鳟鱼、鲈鱼、白斑狗鱼和河鳗等，还有红眼鱼、冬穴鱼等较为稀有的鱼种，1980 年引进了六须鲈等外来品种。经过综合治理，塞纳河水生态状况大幅改善，生物种类显著增加。

韩国首尔清溪川治理

一、背景

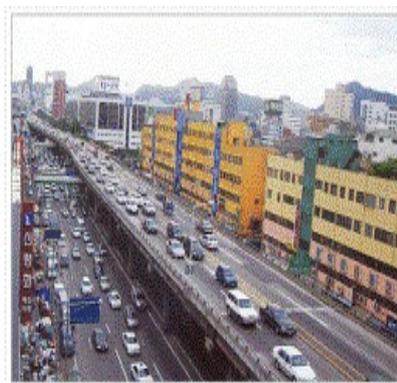
清溪川是韩国首尔市中心的一条河流，全长 10.84 公里，总流域面积 59.83 平方公里。

在上世纪五六十年代，由于城市经济快速增长及规模急剧扩张，清溪川曾被混凝土路面覆盖，成为城市主干道之下的暗渠，因工业和生活废水排放其中，其水质变得十分恶劣，与之相伴的是交通拥堵、噪声污染等十分严重的“城市病”。

据统计，清溪川上面是混凝土路面以及高架桥，通过该地区的日交通流量为 16.9 万辆，周边建有各类建筑物 6026 座。



20 世纪 50 年代覆盖清溪川



改造前的清溪川高架桥

二、改造历程

2003 年 7 月起，在时任首尔市长李明博推动下进行重新修复工程。工程总耗资 9000 亿韩圆，在 2005 年 9 月完成。

通过拆除高架路，将被覆盖的清溪川挖开，把地下水道重新建成一条崭新的城市河道。为河流重新美化、灌

水，及种植各种植物，征集兴建多条各种特色桥梁横跨河道。

修筑河床以使清溪川水不易流失，在旱季时引汉江水灌清溪川，以使清溪川长年不断流，分清水及污水两条管道分流，以使水质保持清洁。

重塑河道为三个区段：

上游以清溪广场为中心，喷泉瀑布和高档写字楼相配，着重体现首尔现代都市特征；

中游以植物群落、小型休息区为主，为市民和旅游者提供舒适的休闲空间；

下游则主要是大规模的湿地，着重体现自然风光。



整治后的清溪川景观

三、治理方案

（一）疏浚清淤

2005年，总投资3900亿韩元的“清溪川复原工程”竣工，拆除了河道上的高架桥、清除了水泥封盖、清理了河床淤泥、还原了自然面貌。

（二）全面截污

两岸铺设截污管道，将污水送入处理厂统一处理，并截流初期雨水。

（三）保持水量

从汉江日均取水9.8万吨，通过泵站注入河道，加上净化处理的2.2万吨城市地下水，总注水量达12万吨，让河流保持40厘米水深。

四、亮点

（一）多元主体参与

清溪川修复工程全程注重多元主体参与，改造与建设充分尊重专家意见与公众意志。

在修复工程开始之初，首尔市政府就专门成立了清溪川复原项目中心，建立了由专家和普通市民组成的专门委员会，负责收集市民意见，召开公众听证会，并提供咨询服务。

在开工前，政府就积极倾听商家意见，召开工程说明会、对策协议会及面谈会等，共计4000多次会议，充分收集意见。

对经营困难的小工商业者给予低息贷款，对希望迁走的商人开发专门商街给予安置，并给出有助商圈发展的对策。

因改造和建设建立在尊重和参与的基础上，清溪川修

复工程整体进展顺利，并未因各方利益矛盾冲突影响建设和发展。

（二）文化传承

清溪川横穿首尔中心城区，历史上是连接首尔城市南北两岸的重要河道，是记录朝鲜王朝时代百姓生活的代表性都市文化遗迹。



清溪川文化墙

在清溪川上复原了广通古桥和水标桥，新建了 16 座行车桥、4 座步行专用桥，又以长通桥、永渡桥等古桥名字命名这些新建的桥，并重现了水标桥踏跷、花灯展示等传统文化活动。

在拆除旧高架桥后，在下游河段有意留了三个“残留”高架桥墩，保持了首尔城市记忆的连贯性。



故意保留的高架残骸

五、成效小结

（一）整建前清溪高架道路四周温度高于首尔全市平均气温 5°C 以上；现在则低于全市平均气温 3.6°C ，有效调节了都市热岛效应；平均风速比往年同期快了50%左右，空气洁净度明显提升；

（二）清溪川与中浪川交汇处的杨柳湿地现被指定为白鹭、野鸭、翠鸟等鸟类保护区，水中生物有鱼类、两栖类多样性生物，水生植物有溪柳、荆三棱、菖蒲等，沿岸可见狼尾草、紫芒等植物。

（三）清溪川从起点到下游，形成了一条从都市印象到自然风光的城市内河生态水系。这一工程塑造出人水和谐、自然环保的城市内涵，极大减少了污染，改善了环境。可以说，过去的清溪川覆盖主要是强调经济与效率的结果，而清溪川复原工程则创新了城市内河改造与修复的方式与方法，实现了城市发展理念从建设到恢复、从单纯追求经济增长到人与自然和谐共生的全面创新与变革。



新加坡加冷河碧山公园段生态修复

一、背景

20 世纪 60 年代，新加坡建国初期，经济高速发展，人口急剧增加，带来水污染、洪涝、干旱等若干环境问题，因此将天然河流系统大规模转变为混凝土河道和排水渠系统以缓解洪涝灾害。加冷河位于新加坡中心区域，曾通过工程技术进行硬质处理，被改为混凝土河道；碧山宏茂桥公园建于 60 年代末，园内生物种类单调。河道整改后，洪涝灾害在当时得以缓解，但笔直的运河随着时代发展出现许多问题，包括与周边景观相容性差、生态系统服务功能弱等，因此需要进行生态修复。



修复前的混凝土河道

二、项目简介

新加坡于 2006 年发起“活跃、美丽和干净的水计划”（Active Beautiful Clean, 简称 ABC），动态、全面地进行水资源管理，同时整合周边土地创造滨水空间，使现有

的功能单一的排水沟渠、河道、蓄水池充满生机，更加美观。加冷河碧山公园修复项目是 ABC 计划下的主要计划下的主要项目之一。修复项目包括两大部分，一是公园修复改造，二是对公园旁边的加冷河混凝土渠道进行升级改造，以满足由于城市化发展而增加的雨水径流排放。加冷河碧山公园修复项目是第一个在热带地区利用“土壤生物工程技术”（植被、天然材料和土木工程技术的组合）来巩固河岸和防止土壤侵蚀的工程。

三、措施与效果

（一）将笔直的混凝土排水渠改造为蜿蜒的天然河流，河道长度由 2.7km 变为 3km。



加冷河河道蜿蜒化改造

（二）将公园和河流进行动态整合，对硬质护岸进行改造，减少了河流与人之间的障碍与距离，人们能够更加近距离地接触水体、河流。

（三）大量使用生态工法，将植物、天然材料（如岩石）和工程技术相结合，以稳定河岸，防止水土流失。生态工法结构能够适应环境变化，且能通过日益增加的坚固性和稳定性进行自身的修复，比僵硬的混凝土河道更具有

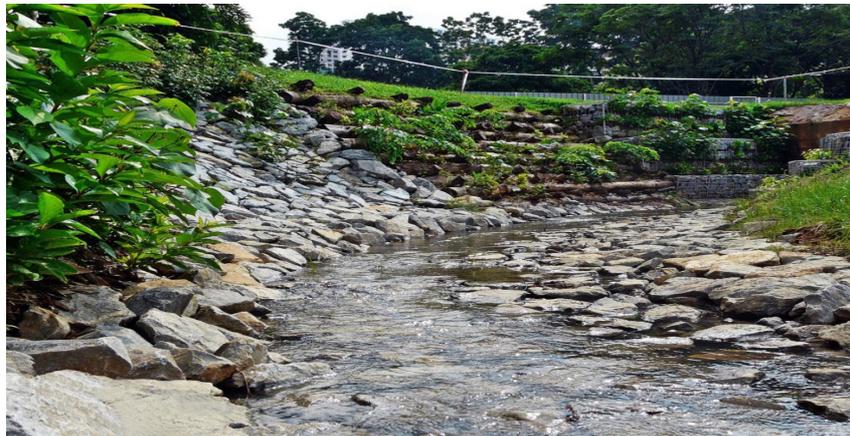
可持续性和长期经济效益。



河道与护岸整改效果



人们能够更加近距离地接触河流



形式多样的生态护岸

（四）为了汛期游人的安全，安装了水位传感器预警系统、警告灯、警笛和语音通告设备，以提供出现大雨或水位升高的预警。

（五）洪水发生时，公园将成为泄洪通道。但即使在遭遇特大暴雨是，河道的水也是慢慢填充，给人们足够的时间从河边转移至更高的地方。

（六）河道的改造为动植物创造了栖息地，公园的生物多样性增加约 30%。

四、小结

城市公园作为生态基础设施，与水资源保护和利用巧妙融合在一起，起到洪水管理、增加生物多样性和提供娱乐空间等多重功用。

德国伊萨河慕尼黑河段生态治理

一、背景

伊萨河位于奥地利蒂罗尔州和德国巴伐利亚州境内，全长 295km，发源于卡尔文德尔山脉，由南向北流经慕尼黑等重要城市，最终注入多瑙河。伊萨河是一条典型的阿尔卑斯山脉河流，有大面积的砂砾石滩和不断变化位置的河流主槽。

19 世纪中叶，因常年洪水灾害，慕尼黑河段被裁弯取直，形成了由堤坝、蓄滞洪区、防洪墙、挡水建筑物组成的防洪系统。但过度开发使得伊萨河水位持续下降，直接导致慕尼黑地区航运业务的衰败。

到了 20 世纪，慕尼黑市内的河段完全蜕变成为一条河堤不断增高、两岸水泥提防陡峭的硬质化水渠，完全失去了原有的面貌。

二、项目简介

1995 年，巴伐利亚州水务局起草了“伊萨河计划”(Isar Plan)，与来自建设局、城市规划和建筑规范部门以及健康和环境部门的代表组成了设计团队。

团队对沿河防洪状况，滨水游憩空间以及动植物资源、生物栖息地的情况进行了详细调查，将项目区段确定为从慕尼黑市区南段 Grobhesslohe 至博物馆岛长 8km 的流域。

项目总体目标包括：(1) 提高防洪能力；(2) 构建自然化的河流景观；(3) 提供优质的游憩空间。

2000 年市议会正式通过该项目草案，并于同年 2 月正式开始施工。

三、措施与效果

项目全程 8km 河段中超过 6km 的河段被完全渠化。为还原伊萨河自然形态，将原有水泥加固的堤防进行拆除，改造为生态堤防。



改造之前



改造之后

河道硬质化改造前后对比

将原有的溢流堰改造为形态更为自然的跌水缓坡，形成的急流与缓流的交替区域成为鱼类的栖息场所和产卵场所，并起到鱼道的作用，使鱼类洄游成为可能。



改造之前



改造之后

溢流堰改造前后对比

为塑造新型自然化岸线，将原来单调一致的滨水岸线改造为多样化的自然岸线形态。多样化的岸线增加了河流滨河空间的异质性，为物种多样化提供了环境基础。

通过营造人工岛来塑造多样化的河流形态，改变原有的渠化河流。在河流岸线改造的同时，局部保留原有砂砾石滩地筑成岛屿，以丰富河流的自然形态，为生物提供栖息地。



改造之前



改造之后

岸线改造前后对比

四、小结

伊萨河的改造获得了巨大的社会效益，完全改变了毫无生机的河流状态。河流在发挥生态功能的同时，也会人来提供了休闲娱乐的场所，是人水和谐的范例。

美国圣安东尼奥河生态治理

一、背景

圣安东尼奥河位于美国德克萨斯州圣安东尼奥市，发源于圣安东尼奥市圣道大学里的蓝眼泉。由西北向东南汇入瓜达卢佩圣母河后注入圣安东尼奥海湾。圣安东尼奥市由圣安东尼奥河而兴起。

1890 年，由于大量建设承压井影响到了河流源头的泉水，河流流量逐年下降。

由于 1914 年~1921 年的 6 次大洪水影响，政府逐渐把河流硬化，使之成为城市排水通道。1921 年 9 月 10 日圣安东尼奥河遭遇百年一遇大洪水，共有 50 多人丧生，圣安东尼奥市受到洪水重创。

这次洪水之后，政府开始将原来弯曲的河流裁弯取直，让洪水快速的通过市区，以减少洪水对市区的危害。

二、改造历程

上世纪 20 年代，建筑师 Robert Hugman 提出通过 A、B 点修建防洪闸控制水位，可以使得原有河流弯曲段完全不受洪水的影响，进而可以对这段河流两侧的土地进行商业开发。

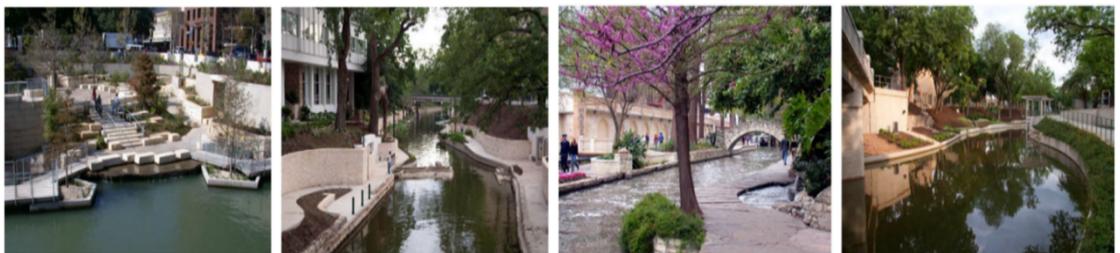
1939 年~1941 年，该河段建设了防洪闸、地下排水系统，沿河步行道和桥梁，还建设滨河剧场、商业街、河滨公园等设施。

随着城市不断发展，流域内城市地下垫面硬质化逐渐增多，河流渠化和顺直化更加严重，原有的防洪闸无法保证洪水不再威胁安东尼奥步行街。因此当地政府和美国陆军工程兵团合作，开始河道防洪整治计划，目的是通过河道整治能够使洪水快速的通过城市。该计划包括了河道砌护、断面整治和洪水深邃。

三、生态修复

本世纪初，当地政府开始对老旧的安东尼奥河步行街进行修整，并投资 3.84 亿美元对圣安东尼奥河的 21km 河道进行生态修复。2002 年，市区段的滨河公园在修整后重新开放。

修整后的圣安东尼奥河采用更加多样化的岸线形式，在注重河流形态的自然塑造的同时考虑河流两侧的景观功能的发挥。同时更加注重河流的亲水功能，让人更能安全的近距离接触自然主要利用河流地貌学的原理对河流生境进行修复。



修整后的河滨公园

在原先顺直的河流中，不影响防洪的前提下，增加河流的弯曲程度，重新塑造水生植物和动物的生态环境。

构造多样化的河流形态，由深潭- 浅滩以及连接着二者的通道所组成的河流形态。

在河流形态修复的同时对河流的滨水带进行修复。河流滨水带是水路交错的能量和物质的传输通道，对生物多样性有着至关重要的意义。

四、小结与启示

遵循一切水域（包括海洋、湖泊、河流等）的自然规律，确保其新陈代谢功能的正常进行，维护流域内生态系统的完整，是一切河流开发的根本；切不可盲目开发，需结合与水流相关的科学原理制定开发计划。

如果条件允许，可以采用更为自然和温和的手段代替大规模防洪工程（如大坝、河堤）来控制水流。在圣安东尼奥河的生态修复中，通过石灰岩石堰对水流进行的分级控制，既遵循了自然规律，又恢复了自然景观。

人类天生具有对水体的亲近欲望，在进行滨水区开发时，应尽可能多地考虑人们的心理感受因素，塑造更具亲和力的滨水空间。植物是替代各种人工材料、并在有限的城市滨水空间中创造更多生态环境的最佳手段。



(a) 急流



(b) 通道



(c) 浅滩

河道形态多样化

苏州河治理

一、简介

苏州河发源于东太湖的瓜泾口，自青浦区赵屯入境，至外白渡桥入黄浦江，全长 125 公里，在上海境内有 53.1 公里，流经青浦、嘉定、闵行、长宁、普陀、静安、黄浦、虹口等 8 个区，是横贯上海中心城区的骨干河道，也是上海的“母亲河”，最后经黄浦江流至长江汇入东海。苏州河的平均宽度是 70 米至 80 米，在上海境内，宽度只有 40 米至 50 米。以北新泾为界，北新泾以西叫吴淞江，北新泾以东就叫苏州河。

二、污染过程

苏州河古时水质非常清澈，是一条风光秀丽的水道。1911 年，与法国的塞纳河、英国的泰晤士河不相上下。苏州河的污染始于 20 世纪初。1920 年，苏州河部分河段第一次出现“黑臭”现象。第一次世界大战期间，因地理位置非常好，苏州河两岸迅速建起了大量的工厂。工厂的建立，吸引了一大批难民苏州河两岸，搭起危棚简屋生活。工业污水、生活污水和农业污水、畜禽污水等随意排放，超出了河流本身的自净能力。河道自净能力不断减退、严重的有机污染、底泥对水质的污染、支流对干流的污染、不利的水动力条件加剧了对苏州河水质的污染和水上航运的影响。

新中国成立后，上海工业进入一个高速发展期，苏州河两岸建起了更多的工厂，也容纳了更多的居民。污水被大量地排放到苏州河里，到了 1956 年，苏州河黑臭到北新泾；1964 年，黑臭延伸到闵行区的华漕；到了 1978 年，苏州河

全线黑臭，当时老百姓用六个字来形容它——“黑如墨、臭如粪”。污染负荷重、感潮河段、地处繁华地段是苏州河治理难度极大的主要原因。

三、治理历程及方案

从 1998 年到 2011 年，苏州河先后实施了三期以水污染治理为核心的环境综合整治工程，投入了 140 亿元。通过实施完善污水收集处理、闸门调度综合调水、底泥疏浚等措施，经过 10 多年治理，苏州河干流全部消除黑臭。但苏州河干流水质尚未达到国家要求的 V 类水标准，干流(上、中段)还存在防汛安全隐患，两岸仍存在脏乱差现象。目前进入到了第四期环境综合治理阶段。《苏州河环境综合整治四期工程总体方案》如下：

(一) 整治范围和目标

1. 整治范围

西自江苏省界，东至黄浦江，北起蕴藻浜，南到淀浦河，共 855 平方公里，涉及苏州河水系内 12 个区。

2. 整治目标

到 2020 年，苏州河干流消除劣 V 类水体，支流基本消除劣 V 类水体，水功能区水质达标率不低于 78%；到 2021 年，支流全面消除劣 V 类水体。干流堤防工程全面达标、航运功能得到优化、生态景观廊道基本建成。形成大都市的滨水空间示范区，水文化和海派文化的开放展示区，人文休闲的自由活动区，为最终实现“安全之河、生态之河、景观之河、人文之河”的愿景奠定基础。

(二) 主要措施

以“市区联动、水岸联动、上下游联动、干支流联动、

水安全水环境水生态联动”为原则，通过点源和面源污染综合治理、防汛设施提标改造、水资源优化调度，以及生态、景观、游览、慢行的多功能公共空间集成策划和建设等综合措施，满足水功能区划要求，留足滨水空间，促进城市可持续发展。

1. 点面结合，标本兼治，提升河道水质

以水质达标为重点，以污染控制为抓手，坚持“水岸联动、点面结合，标本兼治、综合施策”。结合“五违四必”区域环境综合整治，采取支流专项整治、污水处理厂提标改造、初期雨水拦蓄处理、雨污混接改造等措施，同步实施支流及周边环境整治，实现区域污染全面治理。

(1) 支流专项整治。对苏州河两翼 2012 条(段)中小河道(含 36 条主要支流)进行专项整治，在各区“一河一策”支流整治方案基础上，形成苏州河水系内 12 个区“一区一本”“全市一本”的支流整治方案，做到整治全覆盖。具体措施为环境整治、截污纳管、排污口治理、农村生活污水处理、水系沟通及生态修复。

(2) 提升污水处理水平。加快推进虹桥污水处理厂新建工程；加快完成尾水排入苏州河支流的安亭、华新、白鹤和青浦第二污水厂的升级改造及扩建工程，提高污水处理厂尾水排放标准。

(3) 治理初期雨水污染。通过截流、调蓄、输送、处理等措施，减少泵站放江量，进一步降低初期雨水污染对苏州河水质影响。实施苏州河段深层排水调蓄管道系统工程、市政泵站污水截流设施建设与技术改造，推进天山、桃浦、曲阳、龙华、长桥和泗塘等六座污水处理厂功能调整，转变为

初期雨水调蓄设施。启动竹园初期雨水处理厂的建设。

(4) 雨污混接改造。在全面完成调查的基础上，完成混接改造方案的编制，同步推进改造工作并建立完善长效监管机制。一是完成市政排水管道混接整治；二是基本完成企事业单位及沿街商户混接整治；三是有序推进住宅小区雨污混接整治；四是进一步加大市政雨水排水口整治力度。

2. 蓄排结合，统筹兼顾，提升防汛能力

(1) 健全防洪体系。依托吴淞江工程，疏拓苏州河蕴藻浜以西段河道，建设两岸堤防；完成苏州河蕴藻浜-真北路段的堤防达标建设及底泥疏浚，使苏州河全线形成完整的防洪体系，有效降低苏州河两侧区域的涝灾风险。

(2) 提升排水能力。实施苏州河段深层排水调蓄管道系统工程，提高苏州河沿线 25 个排水系统的排水能力，将设计暴雨标准提高到 5 年一遇，并有效应对 100 年一遇强降雨。

3. 注重生态，水岸联动，提升综合功能

贯彻“绿色、开放、共享”的整治理念，多部门联合，积极推进苏州河两岸城市更新及用地转型，建设生态廊道，打通滨水通道、增加滨水空间、营造水陆景观、提升生态质量，打造世界级滨水区。

(1) 建设生态景观。制定苏州河两岸功能性规划，结合吴淞江生态廊道工程，基本完成苏州河青浦段 101 公顷、嘉定段 86 公顷、闵行段 84 公顷生态景观廊道，基本完成长宁段 10 公里慢行步道(江苏路桥桥墩东侧-外环线)、普陀段 1.39 公里贯通工程(真北路-千阳路)、静安段 4.7 公里两岸贯通改造工程。因地制宜对苏州河堤防进行生态改造，修复生态岸线。水绿结合，改善环境品质，提升景观质量，促进

生态廊道与生活功能的有机融合。

(2) 开放公共空间。制定苏州河贯通方案，推进绿化、生态、景观、游览、慢行等多功能公共空间集成，形成连续畅通的公共岸线和功能复合的滨水空间，促进苏州河两岸开发有效联动，营造自然景观与历史人文景观新亮点，提升滨河区域的公共服务功能，打造苏州河两岸“生态、休闲、运动、文化”品牌，满足市民的健康生活和精神文化需求。

(3) 提升综合功能。研究苏州河对于城市功能的整体作用；合理布局沿河码头等设施，打造绿色航运；提升苏州河防汛、航运、景观、人文、公务等综合功能。

贵阳南明河治理工程

一、简介

南明河为长江流域乌江的支流，发源于贵州省安顺市平坝县，全长 118 公里，在贵阳市境内约 100 公里，城区段 36.4 公里，分别接纳麻堤河、小车河等 9 条支流后汇入乌江，是流经贵阳市区最大的一条河流，也是贵阳市人民的母亲河。上世纪 90 年代，南明河水质开始急剧恶化，沿岸大量生活和工业污水向河中倾泻，水体发黑发臭，水环境遭到严重破坏。2001 年，贵阳市委、市政府提出了“南明河三年变清”的目标，到 2004 年 4 月南明河整治工程初见成效。然而，随着贵阳工业化、城市化快速推进，沿河流域人口急剧增加，污水处理能力、基础设施等已不能满足新增污染物的处理，南明河又呈现出污染加重趋势，多段河道成为劣 V 类水体，严重影响了贵阳市的城市环境和经济发展。贵阳市委市政府高度重视南明河的水环境健康状况，在 2012 年启动新一轮“南明河水环境综合整治工程”

二、工程概况

贵阳南明河综合整治项目涵盖 1 条干流，5 条支流，流域面积覆盖整个贵阳市主城区，其中 51% 的地表水为劣 V 类水。项目体系庞大、流域情况复杂、实施周期紧迫，国内尚无类似的成功案例。贵阳市委市政府对项目实施高度重视，采取了“政府主导、企业实施”的创新性模式，专门成立南

明河水环境综合整治项目指挥部，对项目的实施管理统筹组织，由国内水务行业的旗舰企业一控水务集团完成投资、系统性技术服务、建设、运营等环节的一体化融合。总体思路与原则：南明河水环境综合整治坚持“政府主导、机制创新、依法治理、科技支撑、全民参与、长治久清”的整治宗旨，按照“系统性、科学性、持久性、美观性、高效性”的思路开展工作。针对南明河水环境现状，基于深入充分的污染源调研与分析，以纵深推进生态文明城市建设为指导，按照创建国家环境保护模范城市的具体要求，通过截污、清污、治污等基本手段控制南明河水环境污染，并将生态元素、景观元素、文化元素、经济元素巧妙地融入南明河带区域，打造清浄的、生态的、开放的、文化的、繁荣的南明河。

三、主要治理措施

(一) 污水收集与污水处理系统建设

贵阳市中心城区内的南明河及其支流两侧建有截污沟，由于建设年代久远，截污沟“跑、冒、滴、漏”问题严重，当支沟及支管来水量大时，造成污水外泄，污染南明河。截污改造的主要范围为南明河核心段全长 16km 范围内的河道截污沟及各排出口的截污改造。第一阶段工作对沿 31.74km 截污沟进行防渗改造、干流及支流排水大沟的 255 处出口进行密封改造，以达到污水截流的目的。目前南明河流域城区段建有 4 座污水处理厂，总设计处理能力为 49 万 m³/d，已

不能满足现有污水量的处理要求，并且从设施布局上看，污水厂主要集中在城市下游，造成下游截污沟负荷过大污水外溢，同时处理后的污水不能有效利用。结合贵阳市现状及远期发展，按照污水“适度集中，就地处理，就近回用”的原则，在南明河及支流两岸启动建设 2 座下沉式污水处理系统，总处理规模为 8 万 m³/d，地面建成生态景观公园，该系统不仅大幅度降低了管网收集系统和水资源回用系统的投资，且长期运营费用低、占地少，同时高标准的出水为南明河提供了生态和景观补水，有效的实现了水资源的综合利用

(二) 河道清淤与翻板坝改造

第一阶段清淤包括南明河干流核心段，以及 5 条支流河道。清淤在河道枯水期实施，在上游河道截流后，清淤河段内排除明水，修建施工围堰，使河道上游来水从围堰外侧排走，主河道清淤总量 55.42 万 m³，5 条支流合计 15.8 万 m³。南明河市区河段共有 7 座建于上世纪 90 年代的水力自控翻板坝，其门叶、支壁存在老化、漏水、锈蚀变形等诸多问题，闸门已不能按原设计要求水力自控翻转，会对中心城区防洪带来不利影响。翻板坝改造遵照“平时蓄水组织水面，汛期行洪下泄淤沙”的原则进行，对南明河主干线上 5 座翻板坝进行改造，在实现有效冲砂放淤，确保干流河道汛期畅通的同时，可以灵活控制河道水深和停留时间，解决了河道防淤、防汛与景观、生态不同需求的矛盾问题。

(三) 河道生态修复

在控制外源及内源污染的基础上，按照“截污、治污、补水、生态修复、景观提升”的治理思路，通过生态水力格局区划，在南明河有限的空间实施多样生态技术措施，主要包括：生态砾石床、砾石透水坝、河滩湿地、河底沉水植物和河岸挺水植物种植等，进一步降解污染物，提高河道的自净能力，实现河道植被恢复、底栖生物恢复和鱼类栖息地恢复，最终实现可持续的河道生态健康体系。

(四) 景观与文化体系打造

景观与文化设计遵循生态走廊、景观走廊、文化旅游走廊、健身走廊、商业走廊的五条走廊设计原则，共分为星河湾畔、锦绣韵河、密境游廊、多彩黔城、观风望水五个景观主题段。绿化本着四季有花、四季有景的原则设计，分别嵌入 50 个重要景观节点，每个景点都将体现南明河流域的文化及特色，总体体现、重点突出贵阳市建设生态文明市的核心思想与重要目标。

四、效果

通过河道治理，水变清了，南明河水域环境质量；岸变绿了，沿岸绿化总面积 45 万平方米，沿线景观绿地率达 86.5%，比 2000 年提高了 60%，形成了沿南明河滨河绿色环带；景变美了，沿河两岸景观建设贯穿以人为本的宗旨，打造了滨河帆影绿地、冠洲桥绿地、人民广场、甲秀广场等绿化地带，

形成了风格各异的溪水园、南明砚、民俗廊、斜阳谷、景石园、清心园、映月湾、民族广场等“八景连珠”景观，两岸完成了民族风情、秀丽山川等5组大型城市浮雕。母亲河重新焕发风采，“失去生命的河流”再度恢复生机。昔日植被稀疏的沿河两岸如今处处花红柳绿，景色宜人；当年发臭发黑的河水，如今清流悠悠，鱼虾重现；过去两岸低矮破旧的棚户区变成整洁美观的居民社区；滨河步道、沿河景观交相辉映，市民重新回到河边休闲漫步，锻炼健身，泛舟垂钓。



