三亚：
应对气候变化风险——台风及暴雨

中国气候风险和适应合作项目
Climate Risk and Resilience in China (CRR)

德国国际合作机构与瑞士再保险
公私合作伙伴关系项目

由“中国气候风险和适应合作项目”出版

德国国际合作机构与瑞士再保险公私合作伙伴关系项目

德国国际合作机构
中国北京市朝阳区麦子店街 37 号盛福大厦 1100 室，100125

作者：
田永英，住房和城乡建设部科技与产业化发展中心
王尧，住房和城乡建设部科技与产业化发展中心

编辑：
祁岚，GIZ
任映映，GIZ

排版：
朱正康

图片：
GIZ

联系我们：
祁岚，lan.qi@giz.de
http://climatecooperation.cn/climate-risk-and-resilience/

免责声明：
GIZ 及其作者在出版时，认为其表达的信息和此文中的内容是完善和正确的。但 GIZ 及其作者并不保证本文件中内容的准确性或完整性，对差错、疏忽概不负责。制图仅供信息参考，不代表对国界和区域边界的国际认可。 GIZ 对所提供地图的时事性、正确性或完整性不承担任何责任。对直接或间接因使用此文造成的损害不承担任何责任。对此文中提到的外部网站的内容，由相应的提供方负责。GIZ 本项目代表德国联邦经济合作与发展部（BMZ）© 北京，2020 年 6 月

目录

案例介绍 2

1. 气候变化带来的城市水问题 4

1.1 降水增多，降雨强度大 4

1.2 雨洪导致的城市问题 5

2. 主要应对措施 7

2.1 规划原则 7

2.2 总体应对策略 8

2.3 水安全保障方案 9

2.4 典型工程案例 10

2.4.1 问题、需求分析 11

2.4.2 改造原则 11

2.4.3 总体方案设计 12

3. 投融资机制和运作方式 18

3.1 政府与社会资本合作 18

3.2 收益机制建设 19

4. 取得的成效 21

5. 本案例的亮点与启示 24

5.1 三亚海绵城市建设亮点 24

5.2 本案例对城市气候变化适应性应对的启示 26

主要参考文献（资料） 27

三亚：应对气候变化风险——台风及暴雨

案例介绍

三亚市地处热带海洋性季风气候区，降雨充沛，年均降雨量 1392.2 毫米，整体渗透性良好。随着城市快速发展扩张和相对粗放的管理，三亚的城市生态本底一度遭到严重破坏，城市排水不畅、台风季节内涝、水环境恶化等诸多问题逐渐显现，影响了三亚作为优秀旅游城市的形象。三亚市以生态环境提升为目标导向，以黑臭水体和易涝点治理为问题导向，将城市双修与海绵城市建设相结合，经过三年多海绵试点建设，水环境质量大大提升，城市应对台风强降雨能力显著增强。

1 气候变化带来的城市水问题

1. 气候变化带来的城市水问题

1.1 降水增多，降雨强度大

三亚属于热带海洋性季风气候区，长夏无冬，全年阳光充足，年平均蒸发量为 2360.7mm，年平均降雨量 1392.2mm，年均降雨天数为 109 日，90%分布在 5 月-10 月，且降雨多为台风雨，过程降雨量多在 50mm 以上，呈现雨急风大的特点。三亚市台风频繁，台风季节历史最大 24 小时降雨量可达 278.3mm，且大雨和风暴潮往往伴随台风而至，三者同时出现的几率较高，存在极大的洪涝风险。据资料显示，三亚市近 30 年降雨量呈逐渐上升趋势。

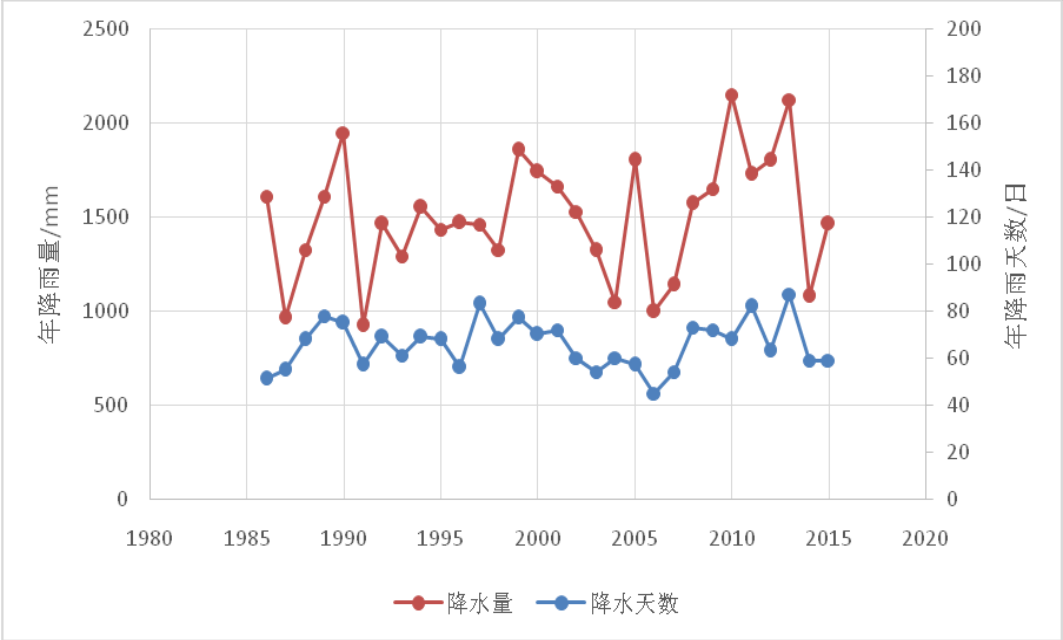

图 1： 三亚市 30 年降雨情况统计[1]

[1] 三亚海绵城市建设系统化方案

1.2 雨洪导致的城市问题

随着三亚市暴雨频率和强度的增加，其引发的城市洪涝对城市交通、居民生活和生产活动都会造成影响甚至灾害。暴雨内涝使地下商场、停车场等地下设施积水倒灌浸泡的隐患空前增大，积水还会造成房屋损坏、物品浸泡，造成财产损失，甚至会威胁生命安全。暴雨造成的洪涝灾害严重影响城市正常的生活秩序，给政府带来重大压力。其中近年来较为严重的降雨事件如下：

（1）2010 年 10 月国庆暴雨

从《海南省志（水利志）》记载资料来看， 2010 年 10 月国庆期间，三亚市遭遇 49 年以来最大暴雨，城区降雨量达 248mm，最大的赤田监测站为 464mm。城区沥青路面由于雨水长时间的浸泡，受到严重损害，局部雨水管道堵塞，路灯短路。据初步统计，市政设施遭受直接经济损失约 560 万元。

（2）2009 年 10 月遭受“芭玛”台风暴雨

2009 年 10 月受“芭玛”台风影响，半岭水库流域普降特大暴雨，在荔枝沟污水处理厂处洪水位高程为 8.9m，淹没水深达 1.5m，三亚市受灾人口达 8 万人，直接经济损失 0.5 亿元。经过对暴雨 72 小时降雨过程分析，确定 1 小时最大降雨量为 60.6mm；2 小时最大降雨量为 86.5mm，在 82.9-99.5mm 之间，约相当于 20 年一遇短历时降雨。

2 主要应对措施

2. 主要应对措施

在新的历史机遇期和新的发展阶段下，三亚逐渐改变粗放发展、重地上轻地下的老路，把城市建设做优做厚，结合海南自贸港建设，努力打造生态文明示范区。从 2016 年开始，海绵城市建设成为三亚打造气候适应城市的有力抓手。特别是，三亚在前期城市双修对山、河、湖开展修复，进行棚户区改造的基础上，通过构建“双修+海绵”推进模式，在流域和区域中，扩展和统筹项目的功能和效益，将双修构建的城市绿色基础设施骨架，在面上向流域和区域延伸。通过推进海绵城市建设，提升了三亚市的基础设施水平和弹性，展现了南方沿海地区先进的雨水管理经验，使城市防灾减灾能力大大增强，取得了良好效果。

2.1 规划原则

为开展海绵城市建设工作，三亚市在全市层面编制了海绵城市建设专项规划，并在重点试点区编制了控制性详细规划，逐步将海绵城市建设目标纳入法定规划，确保海绵城市建设的法定性和可实施性。以问题和目标为导向，按汇水分区落实项目，并按照“源头减排、过程控制、系统治理”的要求实施。整体规划原则如下：

（1）生态为本：充分保护原有“山、水、林、田、湖”生态基底，发挥自然生态系统的雨水下渗、调蓄、净化作用，构建自然生态空间格局。恢复原有自然水系，进行水系连通，实现水体自然循环，打造自然和谐的人水关系。

（2）因地制宜：结合三亚气候、土壤条件、地下水分布、下垫面条件等因素，识别在水安全、水生态、水资源、水环境等方面存在的主要问题，合理确定规划建设目标、适用技术、具体措施。

（3）统筹规划：统筹水安全、水环境、水生态、水资源等多个涉水因素，在三亚市海绵城市建设总体规划中进行综合考虑，与排水规划、中水规划、防洪规划、绿地系统规划等专项规划充分衔接。

（4）合理分区：根据汇水流域和管控单元等因素对规划区进行科学分区，同时根据不同片区的特点和需求，合理确定各片区海绵城市的建设指标和管控措施。

2.2 总体应对策略

三亚市以保护原有的河流、湖泊、湿地、坑塘、沟渠等水生态敏感区，维持城市开发前的自然水文特征为出发点，恢复和修复受到破坏的水体和其他自然环境；以构建完整的山水林田湖体系为基本措施，在城市中保留足够的生态用地，控制城市不透水面积比例，进行径流总量控制，最大限度的减少建设开发对城市原有生态环境的破坏。完善防洪工程体系的同时，加强绿色与灰色基础设施的建设衔接，缓解城市排水压力的同时，提高灰色基础设施建设标准，改善应对超标降雨的能力，缓解城市内涝问题。

（1）系统建设，海绵城市与城市双修结合，双轮驱动

以抱坡溪流域水环境综合治理、三亚河水环境提升、内涝点综合整治等为重点、亮点，充分考虑棚户区、城中村改造问题，生态修复、城市修补、治黑除涝，有机结合、多轮驱动，制定海绵城市总体规划、试点区域控制性详细规划，编制完成海绵城市建设系统化方案，明确海绵城市建设思路与重点。分区分类实施各类项目，构建了以控源截污、内源治理、生态补水、生态修复为核心的 4 个汇水分区水环境系统改善方案，形成了以“上截-中蓄-下排”为核心的水安全系统保障方案。

（2）推动“全市域共建，全流程共管，全社会共享”模式

行政规范+立法管控双管齐下，出台《三亚市海绵城市规划建设管理暂行办法》。实现全流程监管，即形成“方案预审—施工图预审—施工过程督导—专项验收”的工作制度，且长期有效。动员全社会参与，制定宣传方案，充分利用新旧媒体，发挥学校教育，组织志愿者宣讲等方式，加强海绵城市建设宣传，共享海绵建设成果。

（3）突出海岛特色，实现经济发展与生态文明双赢

三亚综合分析了水环境污染和洪涝频发等问题，提出“去存量”、“补短板”、“控增量”、“创模式”的应对思路。“去存量”，通过老旧小区、道路等海绵改造，尽可能多的完成源头低影响改造，实现“能做尽做”。“补短板”，结合城市棚户区改造和城市有机更新，大力推进市政基础设施建设，完善区域雨污管网，大幅度提升污水处理质量和效能。“控增量”，在新建区域和项目中严格落实海绵管控指标，优化用地结构，调整部分棚户居住用地为公园绿地，增加土地附加值。“创模式”，系统性拓展海绵城市建设的功能效益，形成片区模式，起到示范引领作用。

2.3 水安全保障方案

三亚在水安全保障方面，构建“上截、中蓄、下排”的内涝防治体系，总体系统布局如图 2 所示。

上截：区域内主要截流措施为金鸡岭截洪沟，将金鸡岭山体雨水截流至东岸湿地和三亚西河，不进入城市建设区。

中蓄：区域内利用湿地山塘等水体调蓄，包括：东岸湿地、抱坡溪湿地、新岸湿地、鸭仔塘、腊尾山塘、山水国际山塘、白鹭公园等有效削减部分河道卡口、排洪渠的峰值流量。

下排：对部分地势低，难以靠自流排出、且竖向标高改造困难的区域点采用雨水泵站强排。

此外，针对局部积水点通过源头小区海绵改造控制外排径流、雨水管道提标、局部调蓄设施建设等措施综合解决具体积水问题。

最后，通过构建全区域的管控系统，合理调度，进一步提高了系统的安全性。

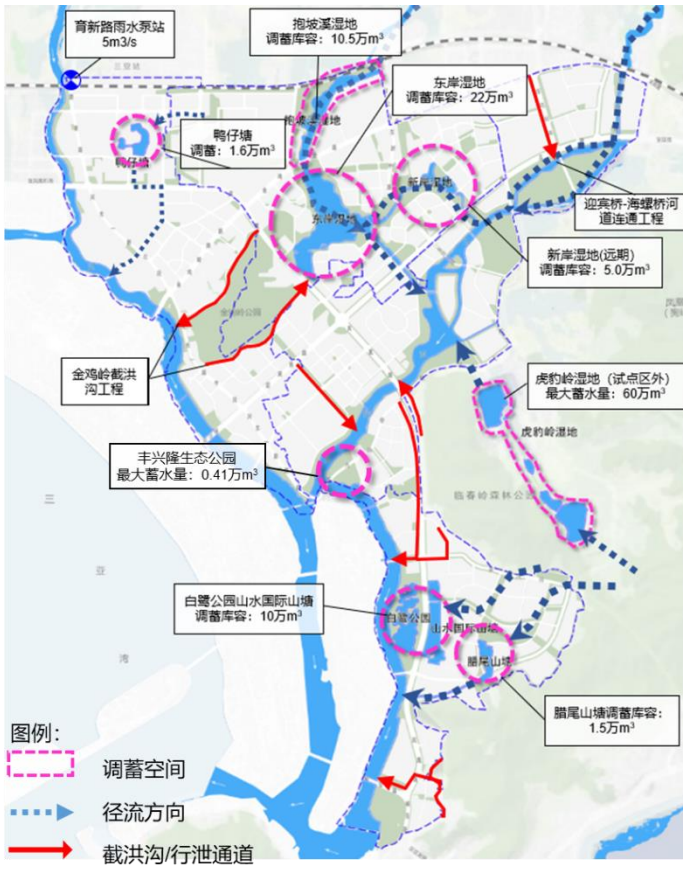

图 2：三亚市内涝防治体系

2.4 典型工程案例[2]

三亚在规划层面就落实了海绵城市建设的重点指标要求，通过合理的系统分解，给不同地块确定不同的控制目标。如新建小区-晋润园，在规划阶段就划定了不小于 63%的年径流总量控制率要求，后续相关设计必须达到此要求。晋润园项目位于月川片区，为三亚东河、西河交汇的扇形地带，具体范围是北至东线高铁，西至妙林田洋，南至三亚东河、西河，东至金鸡岭路和迎宾大道。项目总用地面积约 34446m^2，总建筑面积约 86981 m^2，总体规划由住宅、配套商业及社区服务中心三部分组成。

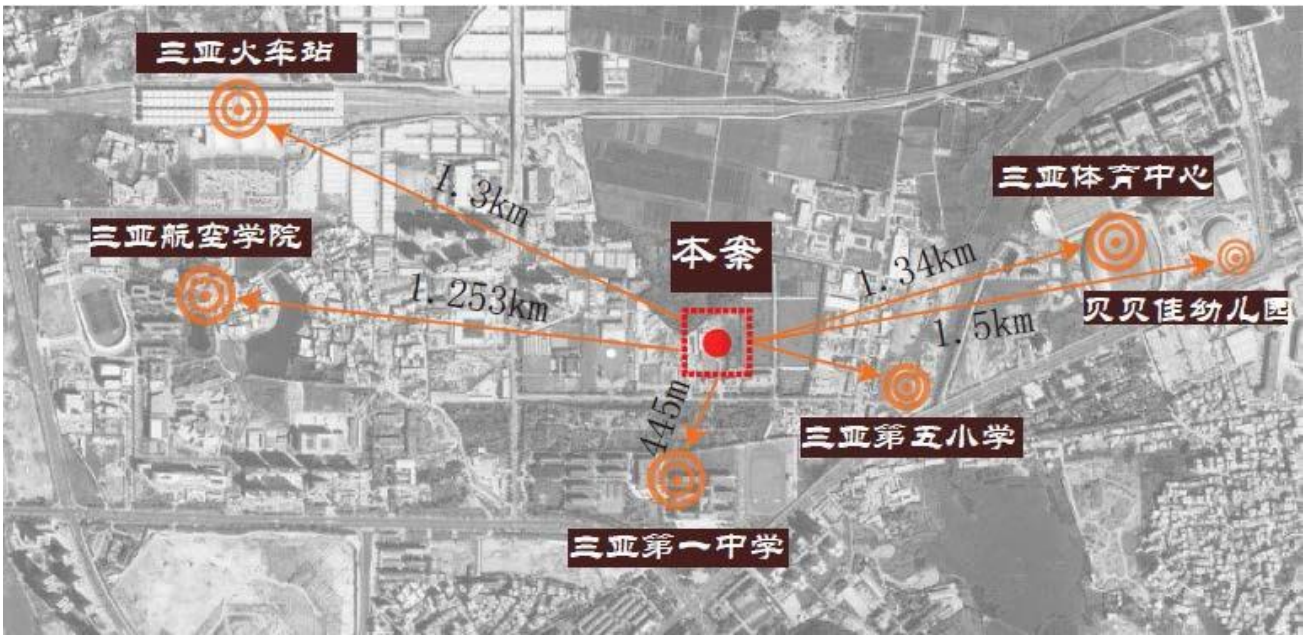

图 3：项目位置图[3]

[2] 三亚海绵城市试点建设工作典型案例汇编

[3] 三亚海绵城市试点建设工作典型案例汇编

2.4.1 问题、需求分析

项目常规场地开发后，下垫面的截留、下渗、洼地填充和涵养水源的能力下降，对雨水的缓冲能力减弱，加上道路和其他硬化地面的增加，径流量会有所增长。雨水被屋面、地面收集后排入市政雨水管网。当出现 24 小时降雨频率较小的暴雨时，市政的雨水管网若无法在短时间内收纳雨水，增加管网排水压力。根据总平面布置图设计，小区就容易出现如下情况：

（1）径流污染。道路地表径流面源污染的主要来源，交通量的快速增长导致轮胎磨损、沥青 路面、汽油润滑油泄露等带来雨水径流污染的大幅增长，污染物随雨水径流进入水体，对城市水环境构成严重威胁。

（2）道路积水。道路通常位于汇水的低处，除收集道路上的雨水外，还汇集周边的客水，汇水面积大，强降雨条件下短时可汇集大量雨水，极易出现局部内涝积水问题。

2.4.2 改造原则

（1）因地制宜：以现有的自然生态系统作为场地开发规划的综合框架，根据场地现状及规划设计条件，合理设计低影响开发雨水系统，选择合适的低影响开发设施，在竖向设计应尊重原有的地形地貌，尽量不改变原有的排水方向。

（2）集中与分散相结合：建筑与小区内的低影响开发设施设置采用集中与分散相结合的方式，以透水铺装、生物滞留设施等小型、分散的设施为主，并衔接整体场地竖向与排水设计。将建筑屋面的雨水通过雨水管导入周围绿地或生物滞留设施内进行消纳处理。

（3）竖向设计优先：合理组织地表径流，开展竖向设计，保证建筑、道路、绿地等竖向设计应有利于径流汇入低影响开发设施。

2.4.3 总体方案设计

（1）总体布局

根据竖向标高设计及海绵设置控制雨水径流要求，项目一共分为 19 个汇水分区，根据设置类型布局及场地标高，主要采用低影响开发设施包括生物滞留设施、生态停车场、下沉绿地、透水铺装。每个滞蓄设施内至少需布置一个溢流口，最终雨水通过小区内雨水管道排入市政雨水管道。

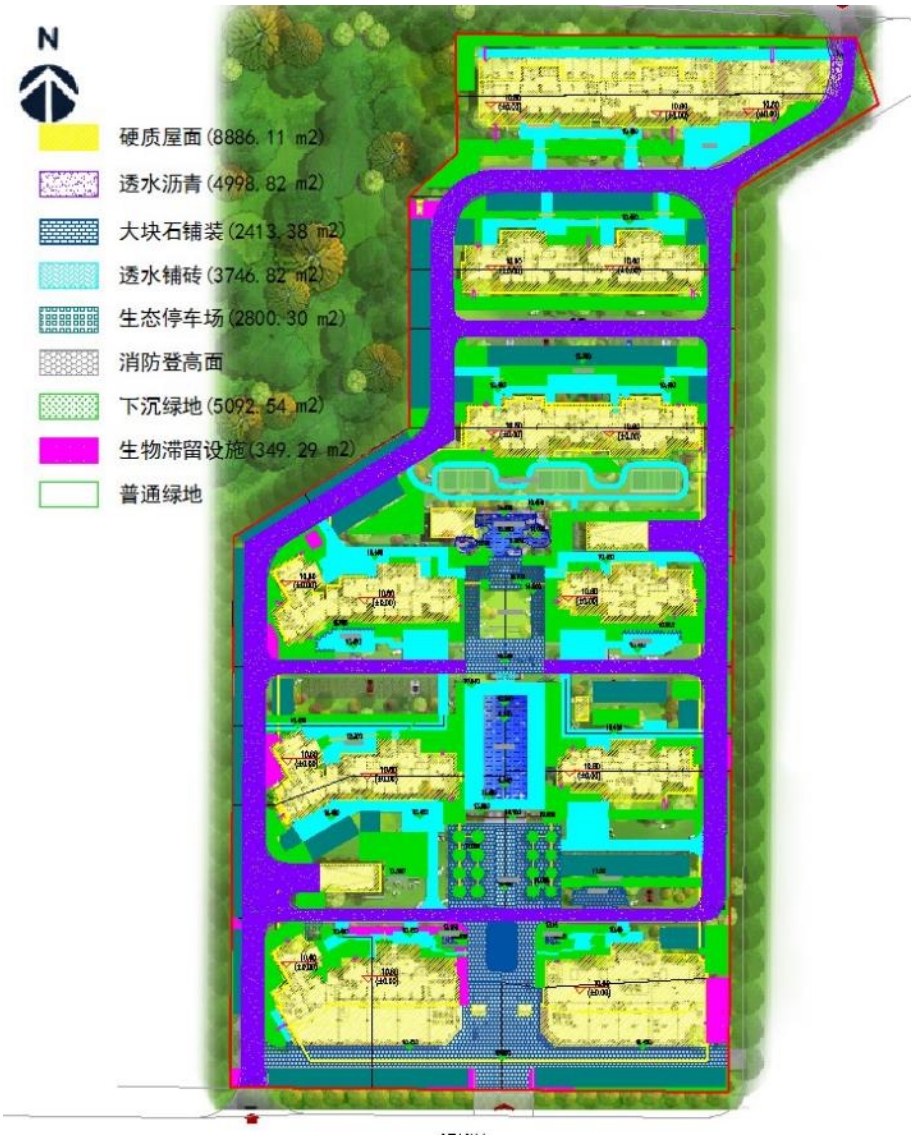

图 4：海绵设施总体布置图[4]

[4] 三亚海绵城市试点建设工作典型案例汇编

屋面雨水：屋面雨水断流入渗。屋面雨水由自立管收集后采取雨水断接方式，经隐蔽式散水沟消能后排入就近的下凹式绿地，超标雨水部分经溢流式雨水口排入市政雨水管网。

地面雨水：

- 在地上停车位设置生态停车场，就地入渗。

- 人行道、轻荷载路面可采取透水铺装，超标雨水沿地面坡度排入周边下凹式绿地。道路截面横坡坡向周边绿地的竖向关系，便于径流雨水汇入低影响开发设施。

地下车库雨水：

- 本项目地下车库出入口地面标高拟高于室外地平面，于最高处为第一截水明沟，在出入口坡道与室内地面的交接处再设第二截水明沟，明渠上设钢质或铸铁篦子，沟内雨水 排入地下室雨水集水坑。车库坡道上设置雨水截流沟沟内雨水应接入地下室的雨水集水坑，地下坡 道入口上方周围地面的雨水应进行拦截，不得进入地下室。

- 根据《全国民用建筑工程设计技术措施-规划建筑景观（2009）》，地下车库内每 40m 左右设置一个集水坑，每个集水坑配置 2 台潜水泵（一用一备），并做好日常维护工作，做好地下车库的应急预案。

室外雨水管网布置：

雨水主管沿小区主路布置，支管沿支路布置。雨水管道的布置应根据场地内竖向设计及汇水量大小，以最短管线、汇集最大面积的雨水为原则。小区室外雨水管网内雨水排至南侧市政两处雨水管井，雨水口结合 LID 设施，为 LID 设施溢流雨水口。

地块北侧机动车道路面高程 10.65 m，南侧车行入口路面高程 9.79 m，场地内标高根据低影响开发设施位置及分区。汇水分区内，低影响开发设施处标高为最低点，周边基本坡向低影响开发设施，主要道路坡向道路内侧的下沉绿地，车行道上的雨水由道路坡向通过路牙石缺口进入下沉式绿地，路牙石缺口位置应结合景观布置设置，下一阶段进行深化。

（2）竖向设计与汇水分区

竖向设计：满足规范要求下，综合考虑以下六个因素：①项目区建筑总体布局；②建筑一层地坪标高；③项目地面内园林布局；④避免雨水进入地下车库入口；⑤LID 设施的布局；⑥保证地面交通与市政道路顺接。本项目场地竖向标高范围为 9.79m-10.45m，小区内道路坡度基本大于 0.3%。具体详见竖向分析图：

图 5：竖向分析图[5]

[5] 三亚海绵城市试点建设工作典型案例汇编

汇水分区：因为本项目地块面积大，且房屋及绿地分布分散，根据竖向标高设计及海绵设置控制雨水径流要求，项目一共分为 19 个汇水分区，具体详见汇水分区图：

图 6：汇水分区图

（3）低影响设施的选择

本方案主要针对场地内的绿地、人行道、广场进行改造设计。将部分人行道、广场、停车场设计透水铺装；广场、房屋周边部分绿地设置为下沉绿地或生物滞留设施。海绵设计措施主要为下沉绿地、生物滞留设施、透水铺装。

根据模型模拟分析，对比低影响开发前后项目管道过流量图可得，在海绵城市设计后，在年径流控制率 70%对应降雨条件下，仅有少量地表径流进入管网，满足年径流控制率的控制要求。

（4）效益分析

生态效益：海绵城市的建设可极大改善项目范围的生态坏境，最直观的局部小气候的调节、环境的净化美化和水生态的良性循环。调节局部小气候，可以有效缓解城市的热岛效应，配合灌木、乔木可以提高空气湿度；土壤的生物代谢过程和物理化学过程，可以将初期雨水中的部分有机和无机溶解物、悬浮物截留下来，达到净化环境、美化环境的多重效果。

社会效益：“海绵城市”的本质是改变传统城市建设理念。传统城市习惯于战胜自然、改造自然的城市建设模式，结果造成严重的城市病和生态危机；“海绵城市”则是顺应自然、尊重自然的低影响发展模式，可满足了城市公众欣赏自然、感受自然、依赖自然的多重精神需求，有助于公众的身心健康，同时改善将树立城市新形象。

经济效益：海绵城市的建设注重依靠自然力量渗水、蓄水、排水，源头雨水净流量的减少，可以缓解市政排水设施的压力，适当降低市政排水设施规模。此外，通过海绵城市建设改善生态环境，给周边地块带来土地附加值的提升，实现经济环境效益的双赢。

3 投融资机制和运作方式

3. 投融资机制和运作方式

3.1 政府与社会资本合作

三亚市通过海绵试点推动全域海绵城市建设。海绵试点区域位于中心城区的核心区域，总面积20.3km^2，老区居多，新区零星分布，老区中合流、管网不完善、管网未覆盖面积约 5.91 km^2，要对其管网进行全面改造，涉及投资较大，为降低政府短期债务、转换政府职能、减轻政府财政负担、促进投资主体的多元化，对于此类项目打包采用政府与社会资本合作模式（PPP 模式）进行投资、建设，运营（BOT 模式），通过引入社会资本成立项目公司，由项目公司负责设计、融资、建设、运营维护工作，政府主要负责项目前期识别、建设监管、征地拆迁相关和用地支持、验收、运营期绩效考核等工作。

试点区域内海绵 PPP 项目涵盖雨污水管网整治改造、河道修复、水厂建设等多种类型，并制定了清晰的绩效考核和按效付费方案，通过可用性服务费绩效考核和运营维护绩效考核指标对海绵城市建设 PPP 项目全生命周期进行量化考核，由政府方项目监管单位或其聘请的第三方机构开展的评估结果，在运营维护期间，政府通过绩效考核向社会资本支付。

三亚市海绵城市建设试点区域内 PPP 项目总投资约 16.78 亿元，采用 BOT 模式实施，即“融资、设计、建设、运营、移交”，主要包括三亚市海绵城市建设试点区域内合流、错接及无管网大片区污水管网改造、河道综合整治、水质净化厂建设等，并提供满足绩效要求的运维服务。政府授权实施机构为三亚市住房和城乡建设局、三亚市水务局；政府授权出资代表企业为三亚美亚天涯投开发有限公司；采用公开招标方式选定社会资本方，社会资本与美亚天涯成立项目公司。项目融资由项目公司负责，政府方无融资责任。PPP 合作期共 23 年（3 年建设期、20 年运营期）。

3.2 收益机制建设

试点建设项目中，除管网改造、水厂建设项目外，其他老旧小区改造、河道治理、公园建设、道路建设均为政府投资项目，不进行收费。污水处理收费根据《海南省物价局关于调整三亚市污水处理费标准问题的批复》，居民生活用水 0.45 元/吨，其他行业用水 0.60 元/吨。

为加快推广海绵城市建设，市政府印发了《三亚市海绵城市建设试点激励机制和补贴标准的实施意见》，建立补贴、奖励机制。

（1）政府投资项目：纳入政府部门绩效考核体系，将实现海绵城市建设目标并有所提升的列为示范项目，给予荣誉奖励。

（2）社会投资项目：已建项目进行海绵化改造的，在设施竣工验收，达到海绵城市建设目标要求的，可按海绵城市工程性建设投资的 3%或按用地面积 3-10 元/平方米给予资金奖励。新建项目强制要求需开展海绵城市建设，对于超过海绵城市建设目标的优质项目，给予容积率或资金奖励，其中容积率奖励按照不同用地类型采用标准不一（如下表所示），最高不超过 300 平方米建设面积；资金奖励按照不超过单个项目海绵投资总额的 10%，最高不超过 30 万元进行。

表 1：各类用地容积率奖励标准

类别	容积率奖励标准	
	比海绵城市建设目标高 5%	比海绵城市建设目标高 10%
公共类	0.5%	1%
工业类	0.2%	0.5%
居住类	0.2%	0.3%

（3）政府和社会资本合作项目（PPP）：管网项目可通过可用性服务费方式回报，水质净化厂投资通过污水处理服务费方式回报，同时财政为水质净化厂提供建设资金补贴，以降低运营维护费单价，降低运营维护费支付压力。

4 取得的成效

4. 取得的成效

（1）易涝点全面消除，防灾减灾能力明显提升

针对排水系统标准低下、防涝体系缺失、内涝频发等问题，在评估现状排水防涝能力和内涝风险的基础上，构建了源头减排、排水管渠、排涝除险、应急管理的综合排水防涝体系，并与城市防洪系统有序衔接，增强了城市防灾减灾能力。试点区 13 处易涝点整治全部完成，城区防涝能力大大提升，经受住了台风“山神”“贝碧嘉”“利恩”等强降雨的考验。海绵城市建设前，凤凰路、迎宾路交叉口暴雨内涝严重，通过东岸湿地公园、防洪渠建设，截、蓄、排相结合，内涝问题得到根本解决。

（2）水环境质量稳步改善

通过实施污水管网建设、雨污混接错接及分流改造、截污工程建设、合流制溢流污染控制、水体清淤、河道生态修复、利用再生水和雨水补充基流等措施，基本消除了试点区内黑臭水体，水环境质量较试点建设前有明显改善。试点区年径流总量控制率超过 60%，降雨径流污染控制率超过 40%。试点区 4 段黑臭水体全面消除，三亚东、西河 65%监测断面达到Ⅳ类水标准。海绵城市建设前，丰兴隆片区雨污混接严重，污水直排造成三亚河污染严重，抱坡溪湿地曾经是躲之不及的黑臭水体；通过海绵城市建设，丰兴隆片区 30 多公顷的范围内全面实现了雨污分流，雨水在丰兴隆公园内得到充分的调蓄、净化和回用。

（3）优质生态产品供给明显增加

海绵试点过程中，形成了完善的绿色基础设施体系，极大的拓展了城市“蓝”“绿”空间，有效提高了城市生态品质。建设的一批海绵项目成为群众休闲游憩的好去处，也发挥了涵养水源、净化水质、降低城市热岛效应、调节城市小气候等生态功能。建设完成的抱坡溪生态公园、东岸湿地公园、月川生态绿道、红树林公园、金鸡岭桥头公园、丰兴隆公园、鹿回头滨河公园等一批优质的生态公园，试点区新增绿地面积约 1.3km^2，新增生态岸线长约 13km，新增水域面积约 40 公顷。

（4）群众获得感、幸福感明显增强

试点期间采取“海绵+”“+海绵” 推进模式，将海绵城市建设与城市基础设施建设相结合，统筹海绵城市建设、棚户区改造、老旧小区改造、黑臭水体治理、建筑节能改造、城市管廊建设、城市绿色基础设施建设，综合回应市民迫切需求。

图 7：三亚东西河改造前后对比

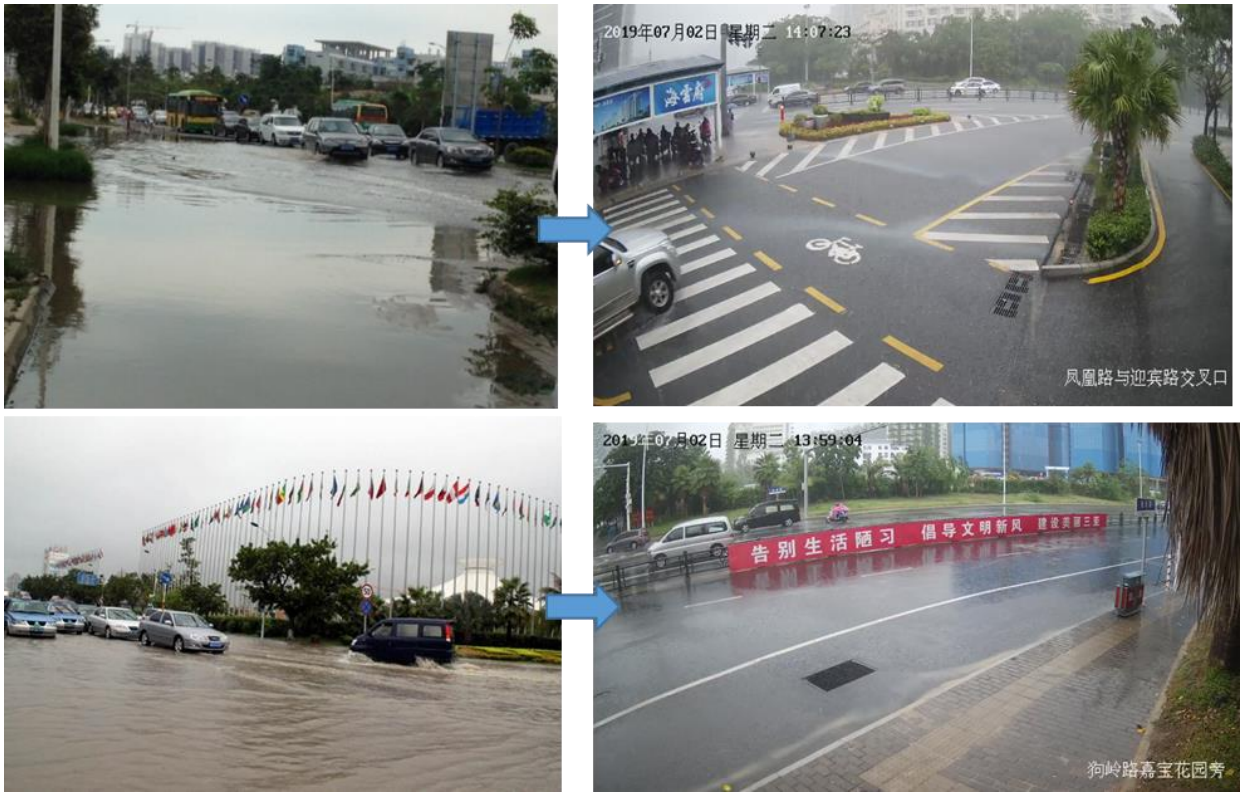

图 8：内涝积水点改造前后对比

5 本案例的亮点与启示

5. 本案例的亮点与启示

5.1 三亚海绵城市建设亮点

（1）在海绵城市系统谋划方面，三亚市在城市有机更新中将海绵建设与城市双修有效结合，统筹推动。按各个汇水分区的特点，分解海绵城市建设目标，以问题导向和目标导向确定项目库，形成系统化的方案。

（2）在精准管控方面，一是通过行政规范+立法管控双管齐下，出台管理办法，将海绵城市建设要求纳入“两证一书”、施工图审查、竣工验收管理中，并在实践基础上，总结经验，启动海绵城市建设相关立法工作。二是加强规划管控，落实规划指标，形成总体规划、控制性详细规划、系统化方案、重点片区整体设计的四级管控体系，推动规划指标落地。三是强化审批管控，形成管控路线图。四是智慧管控，构建了三亚智慧城市海绵城市子系统平台，具有项目管理、应急指挥、联合调度、辅助管理养护等功能，促进城市治理体系和治理能力提升。

（3）在可持续建设方面，三亚将内河湖保护、水系（行泻通道）贯通与滨水文化建设有机结合。加强内河湖水体保护，开发旅游资源，增加旅游收入，反哺海绵城市建设。如三亚选择红树林公园作为试验田，探索红树林和三亚河生态保护模式，公园建立了台地海绵系统自由吸纳城市雨洪，营造良好生态环境。借此开发滨水文化旅游项目，利用收入所得，反哺海绵城市建设，破解后期海绵运营维护费用难题。

图 9 (a)：东岸湿地公园建设前

图 9 (b)：东岸湿地公园建设后

5.2 本案例对城市气候变化适应性应对的启示

（1）注重顶层设计，将适应气候变化与其他工作相结合

气候适应型城市建设是一项综合度非常高的工作，需要城市各个运行领域相互配合，形成一套完整、健康、韧性的城市系统。海绵城市在建设过程中，充分统筹自身城市建设计划，采取“海绵+”、“+海绵”的推进模式，将海绵城市建设与城市基础设施建设相结合，统筹海绵城市建设、棚户区改造、老旧小区改造、黑臭水体治理、建筑节能改造、城市管廊建设，做到“建设一盘棋”。同样，气候适应型城市也应统筹规划，与相关工作协同发展。

（2）创新运作方式，探索以效果为导向的实施模式

三亚试点过程中，探索以效果为导向的 PPP 模式，将海绵城市项目按照汇水分区或流域进行整体打包运作，将可经营、准经营和非经营不同类型的项目进行搭配，实行绩效考核、按效付费，变“花钱买工程”为“花钱买效果”。PPP 模式实施既节约城市开发建设成本，又促进城市品质和价值提升，鼓励社会资本参与，实现了资金平衡，值得进一步借鉴。

（3）打造气候适应型城市建设与经济发展双赢局面

三亚立足地域特点与市情特征，在大尺度上全域系统谋划，通过海绵城市建设，充分盘活山、海、河等生态资源，疏山厘水，造水营城，全面提升区域生态价值，促进区域环境与社会经济的协调发展。如东岸片区将被打造为自贸区（港）总部经济及中央商务区的核心中央商圈，带动周边产业链升级发展，提升片区综合效益，形成了海绵城市建设与经济社会发展双赢的局面。气候适应型城市建设也可以通过对城市基础设施、生态系统的升级改造，增加土地经济价值，促进产业转型升级，从而拉动经济发展，形成良性循环。

主要参考文献（资料）

[1] 三亚海绵城市试点建设总结报告

[2] 三亚海绵城市试点建设工作典型案例汇编

[3] 三亚海绵城市试点建设系统化方案

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Sitz der Gesellschaft
Bonn und Eschborn

Friedrich-Ebert-Allee 36 + 40
53113 Bonn, Deutschland
T +49 228 44 60-0
F +49 228 44 60-17 66

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn, Deutschland
T +49 61 96 79-0
F +49 61 96 79-11 15

E info@giz.de
I www.giz.de

关注我们: