

某水乡城市文化体育休闲公园海绵设计研究

王红涛, 张洪波, 伏培仟

(扬州市建筑设计研究院有限公司, 江苏 扬州 225000)

摘 要: 针对某水乡城市的城市特色、水文气候及土壤地质等情况进行分析,并结合文化体育休闲公园的场地设计和排水系统设计,提出海绵设计方案。围绕年径流总量控制率 80%、设计降雨 32 mm 的目标,将区域分为 6 个排水分区。对每个排水分区进行海绵设施布局,并通过容积法进行计算,最终确认设施规模,核算后年径流总量控制率达 87%。根据暴雨洪水管理模型(SWMM 模型)模拟结果,经过海绵设施建设,32 mm 降雨条件下,管道雨水仅有少量出流,SS 去除率达 55%。

关键词: 水乡城市;海绵城市;径流总量控制率;模型验证

中图分类号: TU992

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2020)12-0107-05

0 引 言

在城镇化快速发展的进程中,城市原始下垫面随着城市建设发生变化,径流系数从 0.10~0.20 增大为 0.85~0.95,外排雨量大大增加。但是,由于城市河网排涝能力不足,特别是水乡圩区,往往会导致雨水排放受水位顶托,极易产生内涝。一些发达国家从 20 世纪 80 年代开始,建立了雨洪控制管理体系,规定开发后的雨水径流总量、峰值流量不得超过开发前的雨水径流总量和峰值流量,同时也对径流污染物提出了具体量化的控制要求^[1]。我国城市雨洪管理从 20 世纪 90 年代开始起步,在一些大城市的试点工程中应用^[2]。2013 年,习近平总书记在中央城镇化工作会议上提出建设海绵城市,从总体规划角度,提出了尊重自然、顺应自然、保护自然,建立“山水林田湖生命共同体”的系统理念。2015 年 10 月,国务院印发了《关于推进海绵城市建设的指导意见》,明确了海绵城市建设内涵和定位,确立了我国推进海绵城市建设的目标、基本原则、工作任务和支持政策。2017 年,该水乡城市结合国家及省市要求,编制了《海绵城市专项规划》,为海绵城市建设提出了专项要求。

该水乡城市拟在城郊区域建设文化体育休闲公园,建设场地为农田及沟塘,现结合海绵城市建设及规划要求,对公园海绵城市设计进行专项研究。

1 现状基本情况

1.1 区域位置

该市地处淮河下游,苏中里下河平原。

项目用地位于城市发展轴线上,属于东部新城,是老城区向新城区拓进的重要节点。西侧为老城区,内设城市市政中心;东南侧为正在建设的高铁建设区域,是未来进入城市的门户区域;东北侧为生态农林区。

1.2 自然特点

1.2.1 降水特点

由于受季风影响,该地区降水量季节性变化明显,冬季雨水稀少,夏季雨水集中(约占全年的 50%),春秋两季雨水基本相当。里下河地区梅雨型洪水多发生在 6、7 月间,洪水与梅雨量有关。梅雨特点是降雨范围广、雨量大、雨期长,其降雨强度比台风型暴雨小。一般梅雨期为 23~24 d,梅雨量 225 mm 左右。台风暴雨特点是相对降雨范围小,历时短,降雨面积相对比较小,但暴雨强度大、破坏力强,会造成区域性洪水。该地区近 30 a 平均年降雨量为 1 036.6 mm,6~8 月降雨量占全年降雨量的 50%左右。实测最大年降雨量为 1 823.9 mm(1991 年),最小年降雨量为 684.6 mm(2001 年),倍比为 2.66。

1.2.2 地形地貌

该市以平原为主,低丘平岗比重较小,地势西南偏高、东北偏低。西南部菱塘、天山、送桥是低丘平岗地貌,属第四纪以来的堆积侵蚀阶地,为镇仪六低山丘陵与平原交界处的尾端;京杭大运河以东属里下河浅洼平原地貌,由古泻湖淤积而成,

收稿日期: 2020-07-29

作者简介: 王红涛(1974—),男,学士,高级工程师,从事给排水设计工作。

海退成陆之后才开始成陆。地面高程(黄海高程,下同):西南低丘平岗为15~20 m,最高天山处为49.5 m;京杭大运河以东浅洼平原一般为0.85~4.8 m,城区为3.85~4.85 m。

1.2.3 土壤地质

对地质勘探报告进行分析得知:该区域以粉质黏土为主,垂直渗透系数为 5.91×10^{-6} 左右。

地下水为上层滞水和微承压水,含水层为1层、1-1层上部,第2层上部存在裂隙、孔隙,第4层为微承压水含水层,其余都为相对隔水层。据调查,地下水水位变化幅度约为标高1.0~2.0 m,常水位为1.0 m,历史最高水位为2.3 m,夏季丰水期水位较高,冬季枯水期水位较低。

1.2.4 水文水系

项目建设区域原为农田,内部水系为红旗河,河道北起北澄子河,南至南澄子河,所属防洪排涝片区为龙奔圩。规划对区域水系进行调整,红旗河改道为场地西侧,区域内水系按照景观水体打造,结合“海绵”设计同步研究。防洪分区及控制参数见表1。

表1 防洪分区控制参数表

区片	面积 /km ²	现状地面 高程/m	控制地面 高程/m	控制水位/m		
				最高 水位	正常 水位	最低 水位
龙奔圩	11.5	2.5~3.3	3.5	2.5	2.2	1.7

2 场地设计情况

2.1 下垫面设计

该公园包括图书馆、体育馆、健身中心等建筑场馆,建筑面积47 360 m²,绿化面积(含水系)97 901 m²,绿地率36%,其他区块包括球场及运动场、广场、道路等,综合径流系数0.61,下垫面分析见表2。

表2 下垫面分析表

下垫面	面积/m ²	比例/%	综合径流系数
建筑屋顶	47 360	17.42	0.95
绿地	景观绿地	88 901	32.69
	水系	9 000	3.31
道路	54 650	20.10	0.80
广场	48 160	17.71	0.70
球场及运动场	23 877	8.78	0.85
合计	271 948		0.61

2.2 场地竖向

该文化体育公园地面高程3.60~4.00 m,地势较平坦,且整体场地标高均高于防洪排涝控制要求(见图1)。项目区域为邮城大道、健民路、绿扬北路、海潮东路合围区域,场地出入口位置竖向与道路竖向充分衔接,满足交通需求。场地内部景观铺装等设施的竖向标高,结合室外排水设计、海绵设计及景观设计统筹考虑。

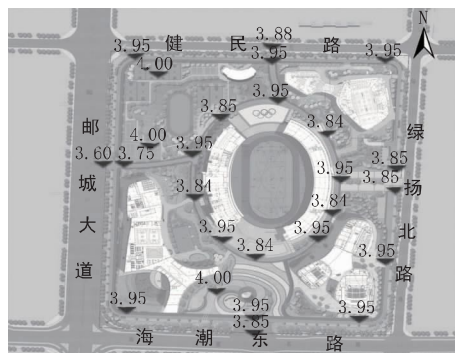


图1 场地竖向分析图

2.3 建筑雨水排放系统

场馆等大部分建筑屋顶雨水收集以内排水收集系统为主,局部存在混合排水收集系统,屋面雨水经雨落管收集后,接入室外雨水检查井或雨水边沟。

场馆设计中,服务用房全部采用绿色屋顶,全民健身中心部分采用绿色屋顶。绿色屋顶雨水导流后集中收集排放。

3 海绵设计目标及原则

3.1 设计目标及参数

按照住建部《海绵城市建设技术指南》技术要求,结合《海绵城市专项规划及建设实施方案》成果及专家咨询意见等要求,提出目标及参数:

(1)年径流总量控制率80%,对应设计降雨量32.0 mm。年径流总量控制率和设计降雨量的关系曲线见图2。

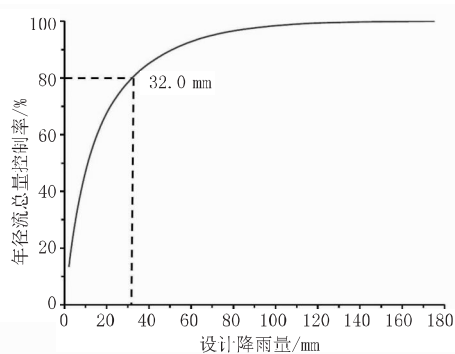


图2 年径流总量控制率和设计降雨量的关系曲线

(2)雨水管道设计重现期3 a。

(3)雨水径流外排污染物负荷削减率不低于 50%。

3.2 技术路线

参照《海绵城市建设技术指南》技术要求,结合该项目特点,采用下列技术路线进行设计:

(1)对项目概况和所具备的基础条件进行广泛深入的调研,明确与本项目密切相关的各项规划、地区政策及其他相关基础条件,为设计提供依据和支持。

(2)采用理论计算及模型校核的方法,确定海绵措施的种类及规模,与排水、景观等专业充分配合,合理布置,不断优化系统。建立海绵设施水文模型,计算雨水系统和海绵设施布置后整个项目区域的径流量、径流系数、管道溢流情况等。

(3)根据定量分析结果,以生态、低碳、成本和效率作为决策影响因素进行分析,提出适宜于水乡城市特色的海绵城市建设生态排水方案,并提出面源污染控制及水环境生态保障措施。

3.3 主要原则

在设计中应遵守以下设计原则:

(1)结合建筑布局、排水等设计资料,合理利用绿地、铺装、水系等进行海绵设施方案设计,充分衔接海绵设计与景观设计,做到景观有亮点,海绵有实效;

(2)应结合道路竖向、排水管网和子汇水区划分,合理设置海绵设施系统;

(3)应结合地下车库顶板覆土、综合管线等情况,因地制宜地设置海绵设施尺寸和平面位置,同时对海绵设施的土壤配比进行设计;

(4)考虑雨水资源利用,设置雨水罐、埋地雨水收集池等设施;

(5)应通过数学模型的建立和模拟,对控制指标进行评估计算。

4 海绵设计研究

4.1 排水分区及布局

依据区域道路、场馆、广场等排水系统及外围排水情况,将区域分为 6 个排水分区(见图 3)。各分区雨水经管道或散排,先进入海绵设施,超量雨水排入外围水体。设计雨水重现期 $V=3\text{ a}$,总汇水面积 46.7 hm^2 ,径流系数 0.61,设计雨水流量 447.0 L/s 。共 3 个出水通道及出水口,排水管道主出水口管径均为 $d1\ 350$,排水主通道布置见图 4。

4.2 调蓄容积计算

根据前述设计降雨量要求,年径流总量控制率为 80%,对应设计降雨量为 32.0 mm 。按照控制

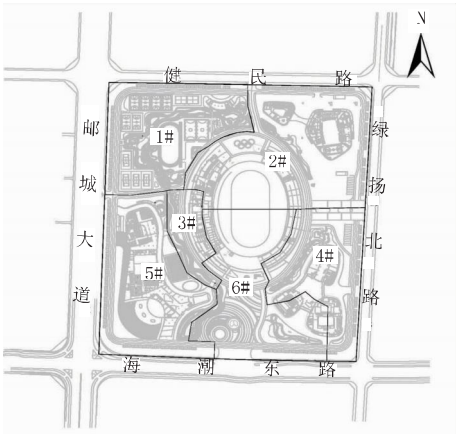


图 3 排水分区总体布置图

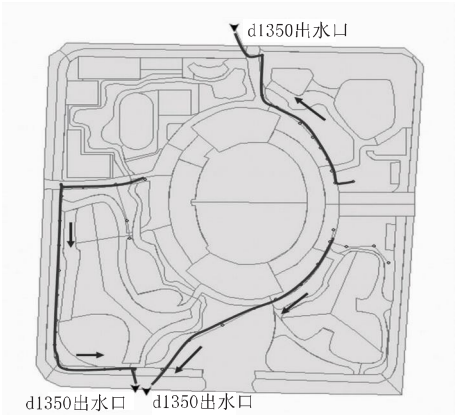


图 4 排水主通道示意图

率对每个分区预赋容积值,海绵设施布置时尽量达到预赋容积,进行控制率与面积的加权平均,多次调试后对区域的年径流总量控制率进行复核计算,结果见表 3。

表 3 分区控制参数表

分区名称	区域面积 /m ²	年径流总量控制率 (80% 即 32.0 mm)	设计调试后		控制雨量 /mm	年径流总量控制率 /%
		目标调蓄容积 /m ³	调蓄容积 /m ³	比较		
1#	46 902	936	1 884	948	64	95
2#	72 047	1 371	2 118	746	49	90
3#	16 899	259	173	-86	21	70
4#	35 736	893	1 128	235	40	84
5#	48 751	875	1 028	153	38	84
6#	51 613	1 005	843	-161	27	76
总计	271 948	5 339	7 174	1 836	43	87

4.3 海绵设施布局

4.3.1 总体布局

根据公园总体布置及排水分区,从道路、场馆、广场及运动场等设施的排水系统出发,确定海

海绵设施平面布局,根据分区控制参数确定海绵设施规模。该项目共设置植草沟、雨水花园、下凹式绿地、透水铺装、湿塘、雨水收集回用设施等多种形式的海绵设施,并组合应用。海绵设置总体布局见图 5。

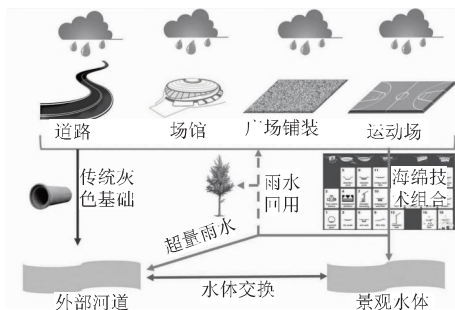


图 5 海绵设施技术应用示意图

4.3.2 分区布置

(1)1# 排水分区:主要包括管理用房、小型运动场地及配套景观。

服务用房设置绿色屋顶,采用轻质土壤,基质厚度为 15 cm,滞留净化雨水,集中出水立管仅两根,出水通过引排管道最终进入景观水体的上游。小型运动场地设置边沟收集雨水,末端净化后流经植被缓冲带,然后排入景观水体的上游,起到净化和调蓄的作用(见图 6)。

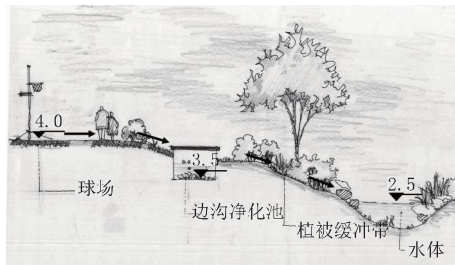


图 6 运动场地海绵设计流程图

(2)2# 排水分区:主要包括体育馆、附属用楼、周边道路及景观。

道路及广场的雨水通过坡向的设置,收集进入植草沟,起到滞留、转输作用,多余雨水溢流进入收集系统。体育馆外排管道设置雨水罐 5 座,收集雨水并回用,单个雨水罐收水 2 m³。

(3)3# 排水分区:主要包括体育场的西区、道路及景观水体。

体育场西区看台雨水立管收集后外排入收集管道,此管道收集雨水后进入西侧湿塘。湿塘底部设置透水软管,收集雨水进入景观水体,起到净化调蓄的作用,超量雨水溢流至外排雨水系统。道路雨水就近进入植被缓冲带,进入景观水体。景观水体采用多功能循环工艺,主要包括叠水净化区、沉淀区及砾石净化区工艺等,达到雨水综合净化利

用的效果(见图 7)。

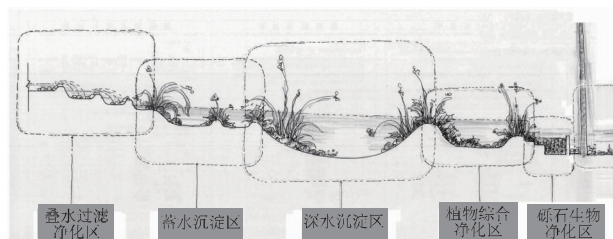


图 7 景观水体净化流程图

(4)4# 排水分区:主要包括文化馆、图书馆、广场及景观。

沿场馆周边设置雨水边沟,收集场馆、广场等雨水,边沟雨水局部排入沿线旱溪、植草沟等设施,雨水收集净化后进入管网系统,部分雨水先期进入调蓄池,多余雨水外排。

(5)5# 排水分区:主要包括全民健身中心、道路及景观。

全民健身中心局部设置绿色屋顶,滞留净化雨水,集中出水,出水通过引排管道最终排入外部水体。场馆周边设置边沟收集雨水,通过导流管道,进入周边的旱溪、植草沟等海绵设施。超量雨水溢流至外排雨水系统,进入南侧外围箱涵。

(6)6# 排水分区:主要包括体育场的南区、南广场、大剧院局部及景观。

体育场的田径场雨水通过盲管及边沟收集,通过 d600 雨水管道送入场馆南侧,此管道同时收集南侧广场路面雨水。为收集雨水且回用,于体育场南入口东侧设置雨水调蓄池一座,调蓄容积约 500 m³,调蓄池储水净化后用于景观及绿化灌溉(见图 8)。调蓄池收集体育馆、文化馆及部分场地雨水,调蓄池超量雨水溢流至外排雨水系统。

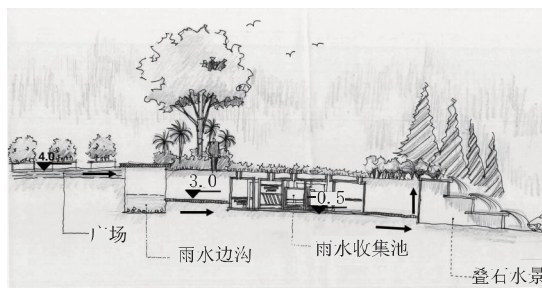


图 8 广场等雨水收集流程图

5 模型分析

5.1 模拟参数设置

5.1.1 雨型

根据项目设计目标,雨型采用芝加哥雨型,径流总量控制率 80%对应 32.0 mm 的 24 h 降雨(见图 9)。

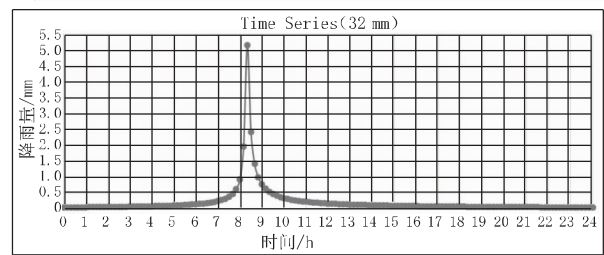


图 9 年径流总量控制率 80%设计降雨量对应的雨型

5.1.2 汇水区参数

依据海绵设施的位置、海绵设施联络管布置情况及文体中心一级排水分区，划分海绵设施的二级汇水分区。汇水区参数设置见表 4。

表 4 汇水区参数设置一览表

参数项目	参数设置
面积	集水区面积
特征宽度	地表径流的径流宽度,面积/集水区对角线长度或面积开根号
集水区坡度	集水区的地面整体坡度
不透水率	屋面取 0.9,绿地取 0.15,道路取 0.8,一般铺装取 0.65
不渗透地表曼宁系数	0.012
透水地表曼宁系数	0.15
注地存储	不透水取 3.6 mm,透水取 5 mm
最大渗透系数	最大下渗速率 36 mm/h
Horton 最小渗透系数	最小下渗速率 3.3 mm/h
下渗模型	衰减常数 4,一般在 2~7
土壤干燥时间	7 d,一般在 2~14 d

5.1.3 雨水管网及海绵设施设置

根据雨水管道管径、管底标高、检查井位置等建立排水管网模型。布置湿塘、下凹式绿地、透水铺装、旱溪、雨水花园、生态滞留草沟、传输型草沟和调蓄池等海绵设施,根据年径流总量控制目标,

按照设计在各子汇水区内添加海绵设施。

5.2 模拟成果及分析

根据 SWMM 模型模拟结果,经过海绵设施建设,32 mm 降雨雨型模拟条件下,管道仅有少量出流,海绵设施设置后径流总量削减约 15%,径流峰值削减有限,约为 5.9%。通过模型评估,系统对于雨中的污染物削减起到了很好的效果,初步评价 SS 去除率 55%。

6 结 语

对某水乡城市的城市特色、水文气候、土壤地质等进行分析,结合文化体育休闲公园场地设计和排水系统等情况,提出海绵设计方案,满足海绵规划要求及海绵建设需求,主要结论如下:

(1)按照《海绵城市专项规划及建设实施方案》成果及区域要求,提出年径流总量控制率 80%(对应设计降雨量 32.0 mm)的目标。

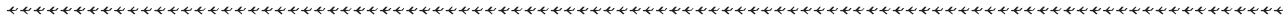
(2)根据区域道路、场馆、广场等排水系统及外围排水情况,将区域分为 6 个排水分区,并设置 3 处 d1 350 排水出口,排水管网满足 3 a 一遇排水要求。

(3)按照控制率对每个排水分区进行海绵设施布局,并按照容积法进行计算,多次调试后确认设施规模,核算后年径流总量控制率达 87%。

(4)根据 SWMM 模型模拟结果,经过海绵设施建设,32 mm 降雨雨型模拟条件下,管道仅有少量出流,海绵设施设置后径流总量削减约 15%,SS 去除率 55%。

参考文献:

[1] 车伍,吕放放,李俊奇,等.发达国家典型雨洪管理体系及启示[J].中国给水排水,2009,25(20): 12-17.
[2] 车伍,李俊奇.从第十届国际雨水利用大会看城市雨水利用的现状与趋势[J].给水排水,2002,28(3): 12-14.



《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

电话:021-55008118 传真:021-55008850 投稿及联系邮箱:cdq@smedi.com