

基于双目标达标分析的海绵城市规划指标分解方法研究

吕永鹏^{1,2}, 谢 胜^{1,2}, 杨万众³

[1.上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092; 2.上海城市排水系统工程技术研究中心,上海市 200092;
3.沧州市自然资源和规划局,河北 沧州 061014]

摘 要:针对海绵城市建设区域的年径流总量控制率总体目标以及具体项目控制目标的可达性论证不充分的问题。在详细分析用地特征信息的基础上,采用数学模型进行多轮模拟试算,构建了基于海绵城市建设区域总体目标和项目管控目标“双目标达标分析”的年径流总量控制率指标分解方法,具体步骤为合理确定区域总体目标、梳理用地建设特征体系、初步构建海绵指标体系、海绵项目指引指标试算、确定海绵指标分解体系。以河北沧州为例,构建了符合国家要求和区域特征的沧州市年径流总量控制率指标分解体系,以供全国其他城市海绵规划编制中指标分解提供参考和借鉴。

关键词:年径流总量控制率;海绵规划;指标分解;双目标达标分析

中图分类号: TU99

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2022)10-0187-05

0 引 言

2016 年 3 月,住房和城乡建设部发布《关于印发海绵城市专项规划编制暂行规定的通知》(建规〔2016〕50 号)(以下简称《规定》),要求各地“结合实际,抓紧编制海绵城市专项规划”(以下简称海绵规划)。海绵规划涉及城市水方面较多,但其中的水环境综合整治、排水防涝、水资源利用等方面及自然生态空间格局划分等内容均在城市相关专项规划中已开展规划设计^[1],而“明确雨水年径流总量控制率等目标并进行分解”的要求为首次提出,且在城市规划建设中统筹考虑“年径流总量控制率”等指标,是落实海绵城市理念的重要途径^[2-3],因此,合理分解年径流总量控制率指标,保障海绵城市建设区域总体目标和项目管控指标的可达性,是海绵规划的工作重点和工作难点之一。

本研究以沧州为例,基于区域海绵城市建设总体目标和建设项目控制指标的“双目标达标分析”,探索了海绵规划中年径流总量控制率的指标分解方法,可供全国其他城市海绵规划编制中指标分解提供参考和借鉴。

1 “双目标达标分析”的指标分解思路

1.1 海绵规划指标分解的常见问题

由于暂未有相关导则对年径流总量控制率指标分解进行规范指导,经梳理,目前已编海绵规划中指标分解存在如下几种常见问题:

(1)指标分解的层级深度不够,可用性不强。

根据《规定》的要求,海绵规划指标分解需要“分解到排水分区或控规单元”,且存在相关研究和实践仅将指标分解至控规单元^[4]。而实际上年径流总量控制率指标有效应用是基于法定程序管控地块开发,“由点及面”实现区域的海绵城市建设效果。因此,指标分解时应在满足《规定》要求的基础上进一步深化指标分解至地块,提高海绵规划分解指标的可用性。

(2)由上至下分解指标,而忽视项目管控指标的可达性。

部分城市海绵规划中,仅基于海绵城市建设区域总体目标(年径流总量控制率)达标的角度,由上至下分解年径流总量控制率指标,却忽视了项目管控指标的合理性论证,即未论证海绵项目建设指引指标是否可有效支撑项目管控指标的可达性,从而导致项目管控指标的可达性较差,进而影响海绵城市建设区域总体目标的可信度。

(3)未考虑新建和改造项目管控指标的性质差异。

部分指标分解案例中不论新建或改建项目,将项

收稿日期: 2022-07-16

基金项目: 国家重点研发计划(2021YFC3001400)

作者简介: 吕永鹏(1982—),男,博士,高级工程师,主要从事流域治理与海绵城市相关研究与规划设计工作。

目管控指标(年径流总量控制率)作为强制性指标,而未考虑在海绵城市建设中改建项目的指标性质与新建项目不同。针对新建项目,可通过将年径流总量控制率融入法定规划并融入“两证一书”的法定程序中,“有法可依”地强制执行项目管控指标;而改造项目通常不需要建设工程规划许可证等流程,则无强制执行依据^[5-6]。因此,不同于新建项目管控指标的强制性,改建项目管控指标通常仅作技术指引之用。

1.2 基于“双目标达标分析”的指标分解思路

“双目标达标分析”的指标分解方法,是在梳理分析用地特征的基础上,将海绵城市建设区域总体目标(详见表1的指标①)分解为各类用地类型和各类用地特征的项目管控指标(详见表1的指标②);通过数学模型模拟,构建适宜的项目引导性指标(详见表1的指标③),确保项目管控指标达标。

表1 海绵城市低影响开发指标体系

目标/指标层级	目标/指标	目标/指标性质
区域总体目标	①年径流总量控制率	控制性
项目管控指标	②年径流总量控制率	控制性/引导性
项目指引指标	③-1 下凹式绿地面积比 ③-3 透水铺装面积比 ③-3 单位面积调蓄容积	引导性

资料来源:笔者自制。

经多轮试算,最终实现海绵城市建设区域总体目标和项目管控指标两者同时达标的目的。具体指标分解的步骤和要求如文所示。

(1)合理确定区域总体目标。考虑国家要求、区域建设特征、水文条件、水问题等因素,合理确定海绵城市建设区域总体目标(指标①)。

(2)梳理用地建设特征体系。针对城市远期规划建设用地区域,考虑新城区和老城区的区域特征、不同用地类型,以及新建和改建项目的建设特征,梳理城市规划建设范围内建设用地特征体系。

(3)初步构建海绵指标体系。在梳理用地建设特征体系的基础上,初步构建年径流总量控制率指标体系,将海绵城市建设区域总体目标(指标①)分解为各类用地类型和各类用地特征的项目管控指标(指标②),确保区域内各项目加权计算后能满足海绵城市建设区域总体目标(指标①)的要求。

(4)海绵项目指引指标试算。通过调研各类用地的典型项目用地指标,如建筑密度、绿地率等,构建各类用地类型项目的海绵城市建设项目指引指标体系,包括下凹式绿地面积比、透水铺装面积比、单位面积调蓄容积等;并采用数学模型模拟评估其典型

项目的年径流总量控制率水平,确保在落实项目指引指标(指标③)的基础上,各类建设项目能达到项目管控指标(指标②)的要求。

(5)确定海绵指标分解体系。经过步骤(4)数学模型评估后,若存在部分用地类型项目难以达到初步构建的项目管控指标(指标②)要求,则在调整步骤(3)中的年径流总量控制率指标体系后,再次优化项目指引指标体系,确保建设项目管控指标(指标②)的可达性。经过步骤(3)和步骤(4)多轮试算,结合技术可行性和经济适宜性分析,合理确定符合国家要求和区域特征的年径流总量控制率指标分解体系。

图1为基于“双向达标”的指标分解技术路线图。

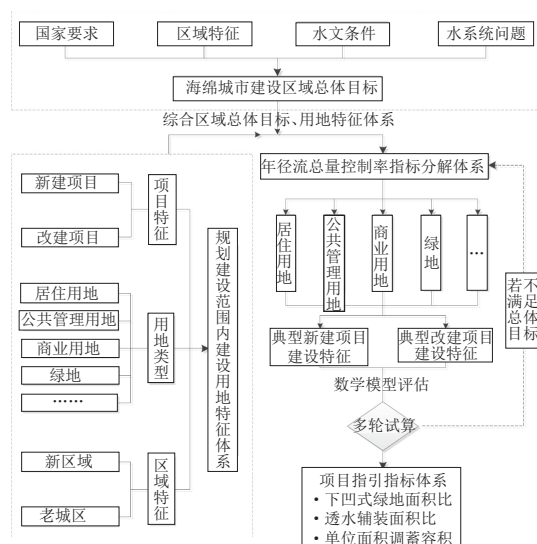


图1 基于“双向达标”的指标分解技术路线图
(资料来源:笔者自绘)

2 实施案例

2.1 区域概况

沧州市是京津冀区域重要节点城市,中心城区规划范围170 km²(见图2),年均降水量543 mm。作为北方典型平原城市,沧州市亦面临着“水多”、“水少”和“水脏”等城市水系统问题。

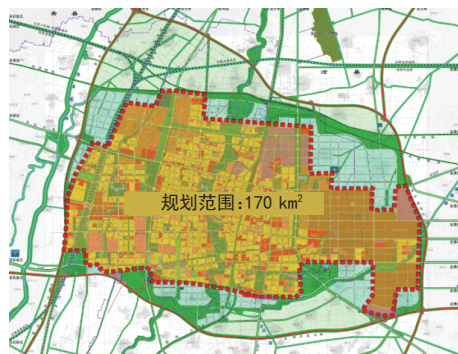


图2 沧州市中心城区规划用地范围
(资料来源:笔者自绘)

2.2 合理确定区域总体目标

2.2.1 沧州市年径流控制率与设计降雨量关系

通过统计沧州市气象局 30 a 日降雨量,计算出沧州市年径流总量控制率与设计降雨量之间的关系,其中年径流总量控制率 75%对应设计降雨量为 23.8 mm,具体见图 3、表 2。

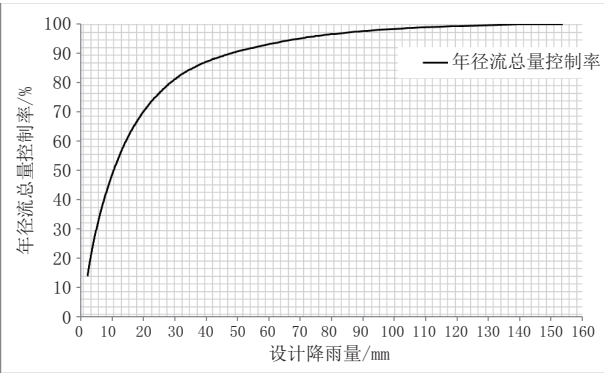


图 3 沧州市年径流控制率与设计降雨量关系图
(资料来源:笔者自绘)

表 2 沧州市年径流控制率与设计降雨量关系表

年径流总量控制率 /%	设计降雨量 /mm	年降雨频次控制率 /%
60	14.4	60.0
65	16.9	72.9
70	20.0	77.9
75	23.8	82.8
80	28.8	87.1
85	35.9	91.5
90	48.3	95.4

资料来源:笔者自制。

2.2.2 国家相关要求

根据《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建》(试行)对我国不同地区提出的年降雨总量控制率的要求,沧州市属Ⅲ区,其年径流总量控制率要求为 75%~85%。

2.2.3 城市开发前水文特征

选取 6 片总面积为 2.25 km² 的典型未开发用地,其下垫面情况见表 3。采用 SWMM 模型模拟评估近 30 a 逐日降雨量条件下上述 6 片典型区域的年径流总量控制率水平,并将其均值作为沧州市城市开发前水文本底值。模拟结果表明,沧州市城市开发前的本底年径流总量控制率约为 77.3%(见表 4)。

2.2.4 小结

综合考虑沧州市降雨特征、国家相关要求和区域开发前水文特征研究,确定沧州市海绵城市建设区域总体目标(年径流总量控制率)为 75%,对应设计降雨量为 23.8 mm,对应年降雨频次控制率为 82.8%。

表 3 典型未开发用地下垫面情况 单位: %

典型区域	面积比例			
	平房	道路	未用地	水域
王家口村区域	9.24	1.70	85.52	3.54
赵官营、后流来堂村区域	13.19	0.82	84.67	5.32
孙庄子村区域	14.61	0.71	78.09	10.60
马落坡村区域	27.21	0.63	70.49	5.67
南顾屯村区域	44.95	0.87	54.40	3.78
杨庄子、龚堤口村区域	16.26	3.77	77.12	6.85
均值	20.91	1.42	75.05	5.96

资料来源:笔者自制。

表 4 城市开发前沧州市水文状况模拟结果

序号	区域	年均降雨量	总蒸发量	总入渗量	总径流量	年径流总量控制率
		/mm	/mm	/mm	/mm	/%
1	王家口村区域	533.2	39.8	413.5	81.2	84.8
2	赵官营、后流来堂村区域	533.2	33.9	415.4	84.3	84.2
3	孙庄子村区域	533.2	35.3	408.8	89.6	83.2
4	马落坡村区域	533.2	56.0	330.9	147.3	72.4
5	南顾屯村区域	533.2	72.1	256.0	205.5	61.5
6	杨庄子、龚堤口村区域	533.2	47.9	369.1	117.4	78.0
	均值	533.2	47.5	365.6	120.9	77.3

资料来源:笔者自制。

2.3 梳理用地建设特征体系

按照用地类型和建设状态(已建成或未建设),梳理沧州市规划建设范围内建设用地特征体系。考虑到沧州市老城区(北至永济路、西至浮阳大道、南至黄河路、东至千童大道,总面积约为 11.04 km²)建成年限较久,其建设项目的绿地率等用地指标与其他区域存在明显差异,因此将其与其他区域的用地建设特征分类梳理,具体沧州市规划建设范围用地特征统计情况见表 5。

2.4 初步构建海绵指标体系

在梳理沧州市规划建设范围用地建设特征体系的基础上,初步构建沧州市年径流总量控制率指标分解体系,确保区域内各项目加权计算后能满足沧州市海绵城市建设区域总体目标的要求。具体分解体系见表 6。

2.5 海绵项目指引指标试算

2.5.1 梳理不同类型项目的用地指标

梳理当地近期新建项目用地指标,并选取典型已建项目通过航拍图解译,整理不同建设特征和不同类型建设项目的用地指标情况,包括建设密度和绿地率,并针对典型已建项目进行现状年径流总量

表5 沧州市远期规划建设用地特征统计表 单位:hm²

用地 代码	用地名称	新建 / 保留	不同建设特征		总面积
			老城区	其他区域	
R	居住用地	新建	344.7	2 486.6	2 831.3
		保留	762.9	981.6	1 744.5
A	公共管理与 服务设施用地	新建	59.6	623.8	683.4
		保留	156.6	422.4	579
B	商业服务业 设施用地	新建	115.9	722.4	838.3
		保留	155.3	293.2	448.5
M	工业用地	新建	0	2 146.4	2 146.4
		保留	0	953.5	953.5
W	物流仓储用地	新建	4.3	881.6	885.9
		保留	1.4	27.8	29.2
S1	市政道路用地	新建	128.7	1 793.2	1 921.9
		保留	382.5	907.2	1 289.7
S3~S9	交通设施用地	新建	7.3	51	58.3
		保留	2.8	17.8	20.6
U	公用设施用地	新建	10.9	133.7	144.6
		保留	9.6	57.9	67.5
G1	绿地	新建	147.8	1 636.3	1 784.2
		保留	97.6	278.2	375.8
G3	广场用地	新建	4.9	23.4	28.2
		保留	1.7	0	1.7
总面积			2 394.4	14 438.1	16 952.5

资料来源:笔者自制。

表6 沧州市年径流总量控制率指标分解体系 单位:%

用地代码	用地名称	建设	不同建设特征	
			老城区	其他区域
R	居住用地	新建	80	80
		保留	65	70
A	公共管理与服务设施用地	新建	85	85
		保留	70	75
B	商业服务业设施用地	新建	75	75
		保留	60	65
M	工业用地	新建	80	80
		保留	65	70
W	物流仓储用地	新建	80	80
		保留	65	70
S1	市政道路用地	新建	65	65
		保留	55	60
S3~S9	交通设施用地	新建	75	75
		保留	60	65
U	公用设施用地	新建	65	65
		保留	55	60
G1	绿地	新建	90	90
		保留	80	80
G3	广场用地	新建	80	80
		保留	65	70

资料来源:笔者自制。

控制率评估,具体见表7、表8。

2.5.2 构建建设指引指标体系

在梳理不同类型项目用地指标(建筑密度、绿地

表7 沧州市新建项目的用地指标限值 单位:%

用地类型	建筑密度	绿地率
居住用地	20	35
公共管理与公共服务设施用地	35	30
商业服务业设施用地	40	10
工业用地	30	20
物流仓储用地	40	15
市政道路用地	0	15
交通设施用地	0	15
公用设施用地	30	0
绿地	5	75
广场用地	-	20

资料来源:笔者自制。

表8 沧州市典型已建项目下垫面解译表 单位:%

用地类型	典型项目	绿地率	现状年径流总量控制率
居住用地	锦绣天地	30.8	34.3
公共管理与公共服务设施用地	老八中	2.3	29.5
商业服务业设施用地	荣盛国际	2.9	33.1
工业用地	天成药业	7.6	32.6
市政道路用地	解放西路	1.7	42.8
绿地	人民公园	37.5	79.9
广场用地	本斋广场	25.0	34.9

资料来源:笔者自制。

率等)的基础上,构建各类项目海绵城市建设指引指标体系,包括下凹式绿地面积比、透水铺装率面积比、单位面积调蓄容积等;同时,假设各类项目上述海绵设施布置合理(发挥100%的功能),采用SWMM模型模拟评估其年径流总量控制率水平,并优化海绵城市建设指引指标体系,确保各类项目能达到沧州市年径流总量控制率指标分解体系要求。

2.6 确定海绵指标分解体系

经过多轮试算,结合技术可行性和经济适宜性分析,最终确定符合国家要求和区域特征的沧州市年径流总量控制率指标分解体系(见表9),经加权平均计算,沧州市中心城区的年径流总量控制率为75.2%,对应设计降雨量为24 mm,可保障沧州市海绵城市建设目标的可达性;此外,构建沧州市各类项目的海绵城市建设项目指引指标体系(见表9),可有效指引项目实施,确保海绵城市建设项目管控指标的可达性,从而实现海绵城市建设区域总体目标和项目管控指标的“双目标可达”。

最终,将各建设项目的海绵城市建设指标落入控规单元内,出具海绵城市管控分区指标分解图(见图4)。

表9 沧州市年径流总量控制率指标分解体系和海绵城市建设项目指引指标体系

用地类型	建设情况	下凹式绿地面积比 /%		透水铺装面积比 /%		单位面积调蓄容积 /(m ³ ·hm ²)		年径流总量控制率 /%	
		老城区	其他区域	老城区	其他区域	老城区	其他区域	老城区	其他区域
居住用地	新建	8	8	18	18	160	160	80	80
	保留	5	6	9	11.25	100	120	65	70
公共管理与服务设施用地	新建	10	10	14	14	200	200	85	85
	保留	6	7	7	8.75	120	140	70	75
商业服务业设施用地	新建	8	8	20	20	260	260	75	75
	保留	5	6	10	12.5	160	180	60	65
工业用地	新建	10	10	5	5	320	320	80	80
	保留	6	7	2.5	2.5	200	220	65	70
物流仓储用地	新建	10	10	9	9	250	250	80	80
	保留	6	7	4.5	4.5	150	170	65	70
市政道路用地	新建	8	8	17	17	160	160	65	65
	保留	5	6	8.5	8.5	100	120	55	60
交通设施用地	新建	8	8	17	17	160	160	75	75
	保留	5	6	8.5	8.5	100	120	60	65
公用设施用地	新建	8	8	12	12	160	160	65	65
	保留	5	6	6	6	100	120	55	60
绿地	新建	25	25	20	12	500	500	90	90
	保留	15	15	10	7.5	300	300	80	80
广场用地	新建	10	10	40	40	200	200	80	80
	保留	6	7	20	24	120	140	65	70

资料来源:笔者自制。

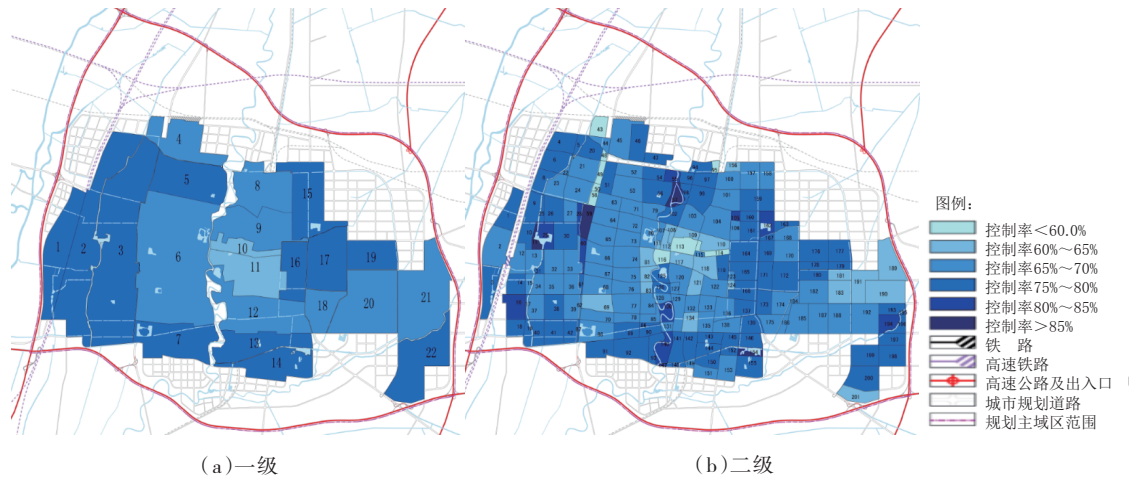


图4 沧州市海绵城市管控分区指标分解图
(资料来源:笔者自绘)

3 结论与建议

(1)在梳理现状海绵规划中指标分解常见问题的基础上,构建了基于“双目标达标分析”的海绵城市规划年径流总量控制率指标分解方法,具体步骤为合理确定区域总体目标、梳理用地建设特征体系、初步构建海绵指标体系、海绵项目指引指标试算、确定海绵指标分解体系。

(2)以河北沧州开展案例研究,构建沧州市各类

项目的海绵城市建设项目指引指标体系,并采用SWMM模型多轮试算,确保建设项目的项目管控指标的可达性。在此基础上,构建了符合国家要求和区域特征的沧州市年径流总量控制率指标分解体系,从而实现沧州市海绵城市建设区域总体目标和项目管控指标的“双目标可达”,可为全国其他城市海绵规划编制中指标分解提供参考和借鉴。

(3)在进行“双目标达标分析”指标分解过程中,需通过详尽的资料调研、选取适宜典型已建项目来
(下转第203页)

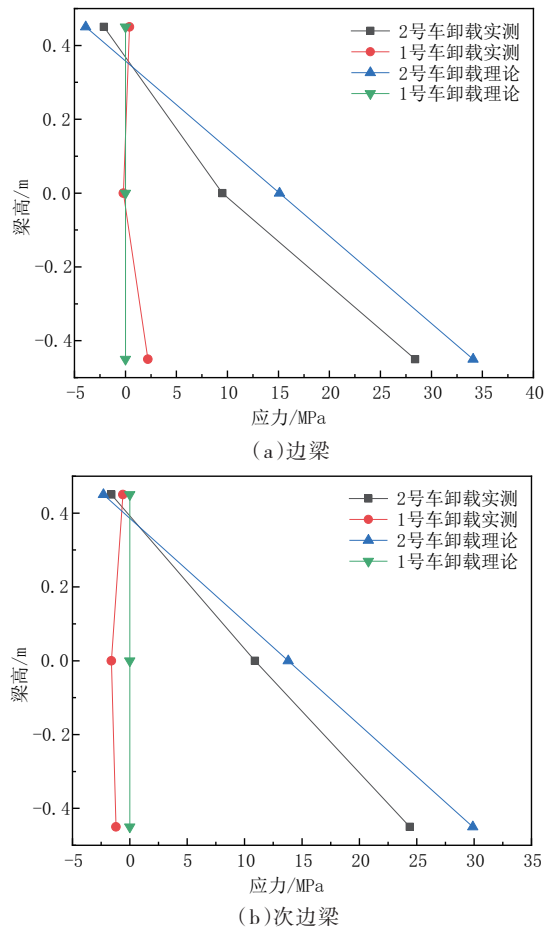


图 15 卸载过程应力测试

(4)加载过程中,上翼缘应力最小,腹板次之,下翼缘应力最大。同样,越靠近下翼缘,实测应力值与理论应力值偏差越大,这说明杆系有限元模型与实际结构存在一定偏差。

(5)在卸载过程中,主梁位移变形与应力都能很好地恢复到加载之前的数值范围,表明本试验型钢主梁梁桥的结构仍处于线弹性阶段,其整体受力性能良好。

参考文献:

[1] Zhu Y, Zhang J, Gao X. Construction management and technical innovation of the main project of Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge[J]. Frontiers of Engineering Management, 2018, 5(1):128-132.

[2] 陈宝春,牟廷敏,陈宜言,等.我国钢-混凝土组合结构桥梁研究进展及工程应用[J].建筑结构学报,2013,34(S1):1-10.

[3] 刘劲,丁发兴,蒋丽忠,等.负弯矩荷载下钢-混凝土组合梁抗弯刚度研究[J].铁道科学与工程学报,2019,16(9):2281-2289.

[4] Zhang Q, Jia D, Bao Y, et al. Flexural behaviors of steel-concrete composite beam considering interlayer slip [J].Journal of Structural Engineering, 2019, 145(9): 04019084.

[5] 冀伟,孙斌,邓露,等.多因素影响下钢-混凝土组合梁的挠度计算分析[J].湖南大学学报(自然科学版),2019,46(5):30-38.

[6] Yan J B, Li Z X, Xie J. Numerical and parametric studies on steel-elastic concrete composite structures [J].Journal of Constructional Steel Research, 2017, 133:84-96..

[7] 侯忠明,夏禾,李运生,等.某高速铁路钢-混凝土组合梁桥车桥动力响应分析[J].钢结构(中英文),2019,34(12):82-87.

[8] 杨勇,于云龙,杨洋,等.部分预制装配型钢混凝土梁受剪性能试验研究[J].建筑结构学报,2017,38(6):53-60.

[9] 杨勇,薛亦聪,于云龙,等.部分预制装配型钢混凝土梁受弯性能试验研究[J].建筑结构学报,2017,38(9):46-53.

[10] 杨勇,薛亦聪,于云龙,等.部分预制装配型钢混凝土梁受力性能试验研究[J].土木工程学报,2018,51(4):1-9,19.

[11] GBT 11263—2017,热轧 H 型钢和剖分 T 型钢[S].

[12] JTG/T J21-01—2015,公路桥梁荷载试验规程[S].

(上接第 191 页)

收集区域建设项目用地指标等信息,以确保 SWMM 模拟评估结果以及构建的年径流总量控制率指标分解体系和建设项目指引指标体系符合区域实际情况。

参考文献:

[1] 谢胜,张辰,吕永鹏,等.基于排水防涝安全的市政工程设计优化案例研究[J].给水排水,2017,53(7):16-19.

[2] 王宁,曾坚,丁懿媛.空间治理背景下海绵城市规划体系和实施研

究[J].城市规划,2020,44(11):30-37.

[3] 郭涛,苏振宇.海绵城市规划中径流控制分区及 LID 控制指标量化研究——以昆明为例[J].上海城市规划,2016(4):115-119.

[4] 张车琼.海绵城市规划中年径流总量控制目标分解方法研究[J].给水排水,2017,53(8):51-54.

[5] 栗玉鸿,李帅杰,宗晶.“放管服”背景下的海绵建设项目管控制度探索[J].中国给水排水,2022,38(6):55-59.

[6] 许可,郭迎新,吕梅,等.对完善我国海绵城市规划设计体系的思考[J].中国给水排水,2020,36(12):1-7.