

基于海绵城市下的绿地调整——以上海市共康绿地为例

顾汤华 (上海市绿化管理指导站, 上海 200020)

摘要 以共康绿地的海绵化调整改造为研究对象, 分析了共康绿地的现状和调整改造需求, 阐述了海绵设施的实施路径, 以及海绵单项技术的落地, 并对调整改造后的海绵绿地区地表径流、径流污染物去除进行了模拟研究, 对土壤蓄水能力、绿地景观等进行了实证研究。认为共康绿地作为上海海绵绿地建设的首次实践和应用, 对上海海绵绿地建设具有广泛的引领和指导作用。

关键词 共康绿地; 调整改造; 海绵城市

中图分类号 S731.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)26-0146-04

Greenland Adjustment Based on Spone City—Take the Gongkang Greenland in Shanghai as an Example

GU Tang-hua (Shanghai Administrative & Directive Station for Afforestation, Shanghai 200020)

Abstract The sponge adjustment and transformation of the Gongkang Greenland was taken as the research object, and the status quo and adjustment of demand for Gongkang Greenland was analyzed, while the implementation path of the sponge facility and sponge single technology landing was expounded. The removal of pollutants from surface runoff and runoff in reconstructed green land was studied by simulation, while the soil water storage capacity and green space landscape, etc. was studied empirically. It was considered that as the first practice and application of Shanghai sponge green land construction, the Gongkang Greenland has broad guidance for Shanghai sponge green space construction.

Key words Gongkang Greenland; Adjustment; Spone city

20世纪90年代末以来,上海市绿地面积快速增长,绿化大建设时期部分绿地景观成型求快,存在植物种植过密的情况。经过多年生长,植物间原有生态位已遭破坏,植物之间竞争越来越激烈,生长空间越来越小,绿地景观也呈颓败之势。另外,绿地原有的设计意图经过几年的植株生长已逐渐淡化,如原本开放的空间因植物生长而逐渐变成密闭空间,阻碍了市民的进入。因此,一些绿地急需在群落结构上进行调整^[1]。同时,上海“十一五”期间,绿化建设指导思想逐渐从重数量向重质量转变。绿地群落结构优化和功能提升作为“十二五”规划的绿化内容之一,提出了“绿地过密、需要进行调整”的问题,在此背景下制定《上海绿地植物群落结构调整与功能提升》的规划。

2014年10月住房和城乡建设部正式发布《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建》(试行版),提出综合控制目标,包括总量控制、峰值控制、污染控制和雨水资源化利用等,以期使年径流总量控制率在80%~85%^[2]。基于国家海绵城市的政策引导,针对共康绿地存在的问题,充分考虑该绿地需求,在调整改造中进行海绵相关技术应用。通过项目实践,为上海《海绵城市规划和建设指标体系》《上海市海绵城市建设技术导则(试行)》《上海市海绵城市建设技术标准图集(试行)》等重要文件提供可参考的技术依据。共康绿地的建设是上海市海绵绿地的首次实践和应用,具有很大的社会效益,更为重要的是其示范性和代表性。

1 绿地现状

1.1 区域位置 共康绿地位于上海静安区(原闸北区)共康四村内,建设于20世纪90年代,为公共社区绿地,主入口设

于南侧,主入口道路将绿地分为东西2块,西侧绿地上空是22万V的高压走廊,高压走廊下的植物有生长高度的限制;东侧绿地主要为种植密度较高的香樟林,周边为民用住宅区。绿地南、西两侧以围墙为界,东侧边界直接与建筑相接。

1.2 植物现状分析 西侧绿地现有的苗木主要为香樟、水杉等,由于之前应电力部门对高压线下植物限高的要求,对该区域苗木进行“截杆”处理,苗木规格较小,种植形式散乱。

1.3 土壤条件分析 西侧绿地内的土壤表层被石块覆盖,影响植物生长,该区域绿地标高明显低于周边道路,绿地中心与道路高差约30cm,不能满足绿地自然排水需求;东侧绿地由于长期人为活动对土壤的践踏,经过密实度测试,土壤空隙比<0.60,土壤密实,板结,渗透性差。

1.4 需求分析 绿地周围为共康四村居民区,现有绿地多数为居民楼房前绿化、街头绿地、敬老院内绿地等,缺少大型可进入式、具有休憩功能的绿地。该绿地是共康四村内位于共康林带中的可进入式绿地,承担着满足周边居民对绿地的各项需求的责任。

2 海绵技术应用

2.1 合理确定绿地径流总量控制率 从绿地的区位来看,周边都是居住区,硬地面积较多,不能接收雨水;从绿地的现状来看,整块绿地周边无排水管网,雨水都需要进行消纳。为了让绿地的水不进入市政管网,针对这块绿地,在一年一遇的降雨强度下,做到径流总量控制率为100%,即雨水不外排,同时严格控制外来雨水。作为上海海绵城市首块综合试点绿地,通过“容积法”进行水量平衡,明确了该块绿地海绵设施的需求量^[3]。

2.2 地形地势构建、排蓄水规划 依据原绿地中间低、两边高、西边有湿塘的地形特征,分块分段进行雨水调蓄。改造后的地形为了更好地蓄积雨水,以及通过对下垫面的分析,排水方式设置为地形自然排水,沿道路设生态植草沟,地面径流汇入生态植草沟,由植草沟排向湿塘,同时在绿地中间设置3个分散的雨水花园,既可以蓄积雨水,还可缓解径流。

基金项目 上海市海绵城市绿地系统规划与建设关键技术研究(15DZ1203605);典型区域绿地系统海绵城市建设技术体系研究与示范(16DZ1202104)。

作者简介 顾汤华(1986—),男,江苏启东人,工程师,硕士,从事城市绿化技术与管理研究。

收稿日期 2017-07-26

2.3 海绵分类单项技术实施 通过海绵透水铺装和土壤改良的单项技术实施,扩大下垫面的渗水面积和下渗速率,减少地表径流,同时,依据生态植草沟技术和雨水花园技术,调蓄雨水和径流,做到整块绿地雨水不外排。

2.3.1 透水铺装。对原有道路面层进行清除,对基层进行破碎,保留,做压实处理,作为透水道路的垫层,在垫层上铺设一层透水混凝土,最后铺装透水砖,黄沙填缝。对绿地内新建道路进行土方开挖,铺设石子垫层后,浇筑透水混凝土层,在其上铺设透水砖。绿地内所有道路均采用透水铺装。

2.3.2 土壤改良。土壤入渗过程是指水从土壤表层渗透到表下层的过程。判断土壤入渗能力的指标影响因素为土壤孔隙度,为了增加土壤入渗能力,必然要提高土壤孔隙度。同时,现状土壤条件偏碱性,不利于大部分植物生长。所以针对该绿地的主要土壤改良在调节 pH、提高有机质含量、增加土壤孔隙度方面。通过对土壤的深翻和去除土壤紧实区域旧土,再加入精制的土壤改良剂和少量黄沙和土壤进行拌合、拍实,再种植植物。

2.3.3 生态植草沟技术。在绿地人行道路的一侧设置生态植草沟,从上至下依次包括植被层、种植土层、砌块砖层、渗排水管以及砾石层^[4]。目的主要是收集植草沟两侧的降雨径流,削减径流中的污染物,达到就地净化处理、控制径流污染的目的;设置于人行道路与绿地之间,既不影响景观,又便于施工;降雨径流被滞纳于砾石层中,逐步缓慢下渗,最终用于补充绿地的土壤含水,实现降雨径流的全部吸收净化,同时减少绿地浇灌用水;渗排水管低的一端连接雨水口或雨水井,另一端封闭,便于将收集的人行道路上的降雨径流汇入雨水口或雨水井,达到削减降雨径流、延缓洪峰的目的(图1)。



图1 海绵单项设施区位

Fig.1 Location of sponge individual facilities

2.3.4 雨水花园技术。在绿地内部设置功能型雨水花园,雨水花园的结构自上而下为预处理设施、蓄水层、覆盖层、种植层、过渡层、填料层、排水层、渗水设施以及溢流设施^[5]。其中预处理设施由雨水花园周边的环形边坡和边坡上覆盖的砾石构成;渗水设施由排水层底部的渗水管和渗水排水管构成;溢流设施由位于蓄水层的溢流口和溢流排水管构成。当绿地的降雨径流汇入雨水花园时,径流流经预处理设施和雨水花园内的植被,流速减缓,大颗粒污染物被截留,之后大部分的降雨径流将流经覆盖层—种植层—过渡层—填料

层—排水层,经过上述结构层的沉淀、吸附、离子交换、脱氮、生物膜氧化以及植物根部对氮磷的吸收等作用后,达到削减径流污染和消减降雨径流量的目的。当降雨径流流入体系的速度大于径流在体系内下渗的速度时,持续流入系统内的降雨径流由渗水系统以及溢流系统收集并排至绿地内水塘。

3 调整前后效果对比

3.1 模拟降雨下的地表径流分析 为了获得上海城市建设前绿地与建设海绵设施之后绿地的效能差异,以及其与绿地布局方式的对应关系,采用 LID 低影响开发设计软件 XP Drainage 中降雨径流模拟及分析模块,结合基于单个降雨事件或长期降水序列的降水—径流模拟软件 SWMM^[6] (Environmental Protection Agency, Storm Water Management Model),对位于上海市静安区的共康社区内的现状绿地和添加海绵设施后的绿地产生的降雨径流的水量予以动态模拟分析。

将上海共康社区作为汇水区整体考虑,设定降雨事件为 2 年一遇 1 440 min 降雨,降雨量为 86.6 mm,通过 XP Drainage 软件对现状汇水分区进行 SWMM 演算模拟,另外,设定降雨事件为 5 年一遇 1 440 min 降雨,降雨量为 200 mm,同样进行 SWMM 演算模拟。两个降雨量情况下的模拟结果基本相符合(图 2、图 3)。

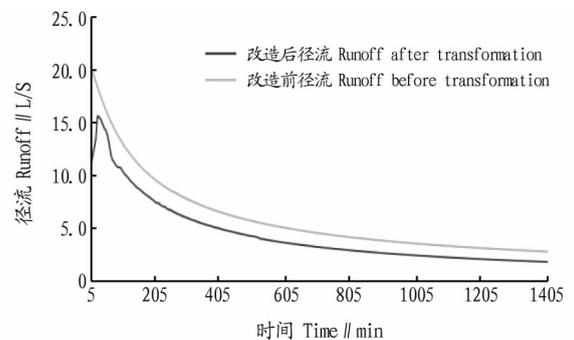


图2 建设前后的共康绿地在 2 年一遇降雨情况下地表径流对比
Fig.2 Surface runoff contrast in case of rain once every 2 years of Gonggang greenland before and after construction

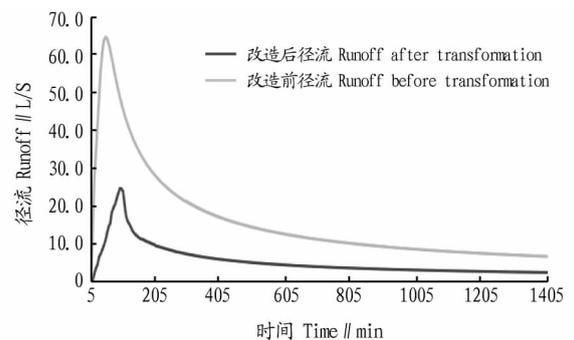


图3 建设前后的共康绿地在 5 年一遇降雨情况下地表径流对比
Fig.3 Surface runoff contrast in case of rain once every 5 years of Gonggang Greenland before and after construction

由图 2、3 可知,建设前共康社区的暴雨径流量峰值明显偏高,且径流峰值的出现时间也相对较早。原因可能是建设年代较早,绿地空间有限,不透水面积较多,瞬时地表径流明显偏高,雨水下渗量和蒸发量偏少,推迟径流洪峰的能力相

对较弱。构建低海绵设施系统后,共康社区的径流系数受到了有效地控制,径流峰值产生的时间得以显著推迟。可能的原因是共康社区的海绵城市建设工作通过调整绿地斑块及绿地系统的空间格局,改变了子汇水区内的用地和地表覆盖性质,并通过生态湿塘、生态植草沟、雨水花园、透水铺装等分散性源头控制的海绵设施,最终达到降低社区地表径流系数的目的。可见,适宜的海绵设施的系统性组合应用可以有效减少汇流区域的地表径流,并延迟径流洪峰出现的时间。

3.2 绿地调整后的对径流污染物的去除效果分析 绿地系统对径流污染物的去除是生物和非生物共同作用的结果。在降雨过程中,污染物的去除主要依靠土壤及植物根系的吸附、过滤和截留作用,降雨后的5~8 d内主要依靠土壤微生物

对吸附于土壤颗粒表面的污染物进行分解作用,在两周后污染物含量基本达到降雨前水平。模拟降雨试验结果表明:不同降雨重现期共康绿地对 COD、氨氮、硝态氮、有机氮、总氮和总磷的总量去除率为 48.5%~61.2%,50.9%~58.4%,47.2%~57.1%,41.7%~49.6%,41.3%~47.6%和 49.1%~57.0%。

3.3 绿地土壤蓄水能力改造效果 改良后的共康绿地的土壤自然含水量变化幅度较小,但饱和含水量提升了 47.3%,土壤容重明显降低,土壤孔隙度显著提升,土壤蓄水能力提升了一倍,土壤稳定入渗率提高了 3 倍,土壤质量综合指数提升了 131.5%。可见,适宜的土壤改良对于提升土壤的蓄水能力和质量具有显著效果。

表 1 不同降雨重现期共康绿地系统对径流污染物总量的控制

Table 1 Control of total amount of runoff pollutants in Gongkang green system in different rainfall return period

污染物 Contaminants	1年一遇 Once a year			3年一遇 Once every three years			5年一遇 Once every five years		
	总量 Total//mg		去除率 Removal rate//%	总量 Total//mg		去除率 Removal rate//%	总量 Total//mg		去除率 Removal rate//%
	进水 Water entry	出水 Water flow		进水 Water entry	出水 Water flow		进水 Water entry	出水 Water flow	
COD	3 608.0	1 400.0	61.2	4 692.0	1 834.5	60.9	4 895.1	2 522.5	48.5
NH ₄ ⁺ - N	97.5	40.5	58.4	139.4	49.6	64.4	125.9	61.8	50.9
NO ₃ ⁻ - N	68.4	29.3	57.1	95.3	42.7	55.2	89.9	47.5	47.2
有机氮 Organic nitrogen	29.1	14.7	49.6	49.4	24.2	50.9	67.9	39.6	41.7
TN	169.6	88.8	47.6	252.3	130.5	48.3	315.7	185.3	41.3
TP	24.1	10.4	57.0	37.0	17.3	53.3	28.0	14.3	49.1

表 2 共康绿地改造前后土壤指标对比

Table 2 Comparison of soil indexes before and after green land reconstruction in Gongkang greenland

项目 Item	土壤自然 含水量 Soil natural water content %	土壤饱和 含水量 Soil saturated water content %	土壤容重 Soil bulk density	土壤孔隙度 Soil porosity %	土壤蓄水 量能力 Soil water storage capacity//%	土壤稳定 入渗率 Soil steady infiltration rate mL/min	土壤质量 综合指数 Soil quality synthetic index
改造前 Before reformation	17.14	21.18	1.52	42.73	8.30	200	0.19
改造后 After transformation	17.70	31.20	1.28	51.69	25.23	650	0.44

4 综合评价

改造建设前后共康社区绿地植物群落结构优化效果:林分密度改造前 1 067.86 株/hm²,改造后 734.28 株/hm²,属于较优的水平,改造前郁闭度为 90.91,郁闭度太高,改造后降低了约 22%,为 68.42,群落的自然度提升 30%,健康度提升 28%,物种丰富度提高 44%,土壤质量综合指数有较大提高。

改造前后功能及满意度都有所提升:设备完备度提升 45%,设施与环境协调度提高 10%,植被美景度提高 58%,景观质量满意度提高 17%,以及游憩适宜度满意度都提高 7%。尤其在雨水调蓄功能上的提高,使该绿地彻底摆脱逢雨必涝的情况。该绿地是绿地改造建设成为较强景观和海绵绿地的居住区附属绿地的典范,效果示范建图 4、图 5。



图 4 共康绿地上透水铺装道路和生态植草沟

Fig. 4 Permeable pavement road and ecological green grass ditch in Gongkang greenland



图 5 共康绿地上雨水花园

Fig. 5 Gongkang green rain garden

5 结论

综前文所述,建设了海绵设施的绿地相比于一般绿地在水质、污染物去除率、土壤蓄水能力、绿地雨水调蓄能力上都有了很大的提升。同时,海绵设施的建设对绿地的生态多样性增加也有着巨大的贡献。相对于一般绿地,建设海绵设施的公园绿地内植物群落对雨水的积蓄调控能力也有明显提升。通过渗透、径流贮存、过滤、生物滞留这些措施,有效地削减了径流量,降低了径流流速,减少了径流污染,使雨水迅速地被收集、入渗,减少了洪涝灾害的风险。同时,雨水下渗补充了地下水资源,利于生态环境的保护。已有研究表明,海绵设施的建设对于噪声的收集、缓解城市的温室效应、促进节能减排都有着很好的效果^[7]。绵城市技术设施的应用,给人以赏心悦目的享受,现代化城市与绿色生活交相辉映,起到了良好的生态作用。但目前这样具有海绵设施的绿地远远少于国家对于海绵城市的要求,还应该加大力度,从点、线、面 3 个不同的层次建立起海绵城市生态网,使上海这块“吸满水的海绵”远离城市内涝的危险,为人们的出行和生活提供便利,提高人们出行的安全性。在上海市建设海绵城市时,应在考虑绿地的景观效果的同时,最大程度地减小对公园使用人群游憩行为的干扰。通过综合系统的规划后,再进

(上接第 145 页)

表 4 不同香椿类型幼苗叶长与叶宽

Table 4 Leaves length and leaf width of different *Toona sinensis* type seedlings cm

类型 Type	叶长 Length	叶宽 Width
白木类型 White wood type	4.14 ± 0.04 aA	1.30 ± 0.97 aA
红木类型 Red wood type	5.28 ± 0.30 bA	1.72 ± 0.66 bB

注:同列不同大、小写字母表示处理间在 0.01、0.05 水平差异显著
Note: The same large and small letters indicates that the differences between the 0.01 and 0.05 levels are significant

势、含水量、苗高、地径、叶长、叶宽均表现出显著差异,其中鲜果出种率、千粒重、发芽率、发芽势、含水量、苗高和地径达到极显著差异($P < 0.01$)。在相同质量的鲜果质量下,红木类型的香椿的出种率比白木类型的出种率小;红木类型千粒重比白木类型的小,从形态上表现为白木类型种子较大;红木类型的发芽率和发芽势较白木类型低 24.5、16.0 百分点,种子发芽势和发芽率是反映种子质量优劣的主要指标之一,在发芽率相同时,发芽势高的种子,种子生命力就越强,说明了白木类型的种子生命力较强,这与梁有旺等^[14-15]对广西河池市香椿种子特性研究结果一致,是因为采种母树和采种区域可能是造成种内发芽率产生差异的原因。

在播种试验中,同期的香椿幼苗,白木类型的幼苗长势较红木类型的整齐,白木类型的幼苗苗高和地径均比红木类型的高,在形态上表现为白木类型的幼苗较粗壮,红木类型的幼苗较矮细。2 个类型香椿的苗高和地径存在极显著差异,其生长表现为极显著相关性。红木类型的叶长、叶宽均

行设计、建设实施和运行。不同的海绵城市技术设施具有不同的利用条件,在应用时,需要结合其适用条件,确定其场地的尺寸、位置等。不同的技术措施可以结合利用,充分考虑不同技术措施的优缺点,可以达到最大的经济效益,获得最佳的效果。同时还应该在加快海绵城市建设的过程中注重海绵设施的定期管理,更精细的管理才能使海绵城市技术设施更好地发挥出最大的环境效益,实现重要的社会意义,从而可持续地提升上海海绵城市的绿地建设效益。

参考文献

- [1] 夏勤勤. 上海共康绿地林带植物群落结构调整与功能提升的改造思考[J]. 建设科技, 2017(4): 55-57.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 海绵城市建设技术指南: 低影响开发雨水系统构建(试行)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
- [3] 苏醒, 王琳, 李多. 山地公园海绵城市建设实践: 以悦来新城会展公园为例[J]. 园林, 2017(4): 46-49.
- [4] 于冰沁, 车生泉, 严巍, 等. 上海海绵城市绿地建设指标及低影响开发技术示范[J]. 风景园林, 2016(3): 21-26.
- [5] 臧洋飞, 陈舒, 车生泉. 上海地区雨洪花园结构对降雨径流水文特征的影响[J]. 中国园林, 2016, 32(4): 79-84.
- [6] 权海源, 李强. 基于 SWMM 的绿色街道雨水设施绩效模拟和设计优化[M]//刘海龙. 国际城市雨洪管理与景观水文学学术前沿: 多维解读与解决策略. 北京: 清华大学出版社, 2015: 252.
- [7] 卢园凌. 低影响开发雨水系统综合效益的分析研究[D]. 北京: 北京建筑工程学院, 2012.

比白木类型小,且叶长与叶宽生长存在显著相关性。幼苗形态大小的差异可能来源于其遗传特性的差异,还可能与播种当年的气候等环境因素相关。

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第四十三卷第三分册[M]. 北京: 科学出版社, 1996: 37.
- [2] 张立伟, 刘世琦, 张自坤, 等. 不同光质下香椿苗的生长动态[J]. 西北农业学报, 2010, 19(6): 115-119.
- [3] 梁明勤, 郭群鹏, 陈世昌, 等. 菜用香椿组培快繁技术研究[J]. 园艺与种苗, 2016(3): 58-61.
- [4] 应芳卿, 刘宗立. 香椿的营养价值及医疗保健作用[J]. 安徽农学通报, 2010, 13(9): 84.
- [5] 王旭波, 顾芹英, 沈玉萍, 等. 香椿的化学成分研究进展[J]. 南京中医药大学学报, 2014, 30(4): 396-400.
- [6] 宛红颖. 香椿老叶中黄酮与皂苷的提纯鉴定与应用研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2013.
- [7] 郝明灼, 陈德根, 彭方仁, 等. 8 个种源香椿种子性状及芽苗菜产量和品质比较[J]. 浙江农林大学学报, 2012, 29(2): 180-184.
- [8] BRADY N C, WEIL R R. Soils organic matter: The nature and properties of soils[M]. 13th Edition. Upper saddle River, NJ: Prentice Hall Inc, 2002.
- [9] 吴际友. 红椿生理特性与家系选择研究[D]. 株洲: 中南林业科技大学, 2012.
- [10] 章理运, 张英姿, 杨博, 等. 香椿不同种源种子性状及芽苗菜生长分析[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(8): 36-39.
- [11] 董爱玲, 李淑兰. 芽苗菜栽培技术要点及市场发展前景[J]. 河北农业, 2017(1): 16-17.
- [12] 史兆庆. 香椿种子的发芽率与采种方法及贮藏技术的相关性研究[J]. 山西林业科技, 2014(4): 19-21.
- [13] 潘晓芳, 宋志姣, 陶思叁, 等. 广西香椿种源种苗特性研究[J]. 广东农业科学, 2013, 40(4): 20-22.
- [14] 梁有旺. 不同种源香椿种子及苗木差异性分析[D]. 南京: 南京林业大学, 2006.
- [15] 梁有旺, 彭方仁, 陈德平. 不同种源香椿苗期生长差异比较[J]. 林业科技开发, 2007, 21(2): 38-41.