

校园雨水花园景观改造与分析——以北京农学院为例

毕鹏伟¹, 王月宾^{2*}, 刘婷婷² (1. 北京农学院园林学院, 北京 102206; 2. 北京园林科学研究院, 北京 100102)

摘要 在低影响开发理念的指导下, 以北京农学院为例进行校园雨水花园景观改造, 通过雨水花园景观中运用的设计手段和技术设施, 将雨水管控设施与景观环境融为一体, 解决对校园雨水的内涝困扰, 改善校园的水生态和水环境, 促进生态校园的建设。同时为我国其他校园雨水花园景观改造提供一些参考与借鉴。

关键词 低影响开发; 雨水花园; 生态校园; 技术设施

中图分类号 S731.9 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)06-0104-08

Rainwater Garden Landscape Renovation and Analysis—Taking Beijing University of Agriculture as an Example

BI Peng-wei¹, WANG Yue-bin^{2*}, LIU Ting-ting² (1. School of Landscape Architecture, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206; 2. Beijing Institute of Landscape Architecture, Beijing 100102)

Abstract Under the guidance of low impact development concept, taking Beijing University of Agriculture as an example, the landscape renovation of rainwater garden was carried out, through the design method and technical measures used in the rain garden landscape, the rainwater control measures are integrated with the landscape environment, to solve the problem of waterlogging on campus rainwater, improve the water ecology and water environment of campus, and promote the construction of ecological campus. At the same time, it can also provide some references for other colleges and universities campus rain garden landscape construction.

Key words Low impact development; Rain garden; Ecological campus; Technical facilities

随着城市化进程的发展、人口数量的膨胀, 河流、湖泊等地表水系面临着断流、干涸的局面, 甚至地下水也被严重超采, 致使地下水位不断下降^[1]。城市缺水这一重大难题渐渐困扰着人们的生活, 影响着生活品质。作为自然界最宝贵的财富, 雨水是一种污染度极小的天然水资源, 具有很高的可利用性, 应该成为缓解城市水资源紧缺的重要环节^[2]。20世纪90年代末提出的“低影响开发(LID: Low Impact Development)”雨洪管理理念以及国家在此基础上提出的“海绵城市”建设, 对雨水的合理利用具有重要的指导意义^[3]。近年来校园饱受雨洪内涝和水资源短缺的困扰, 雨水作为一种可回收的自然资源, 应当引起人们的广泛关注, 需要在校园绿地景观设计与雨水收集利用工程相结合, 实现雨水资源的收集利用。

1 雨水花园的概念

雨水花园是低影响开发理念下的一项重要设施。雨水花园作为一种有效净化、积存雨水的绿色生态措施, 主要指的是人为开挖的低凹绿地, 用来汇聚建筑屋顶、道路、广场等的雨水径流, 依靠土壤与植物共同配合的作用机制来实现雨水的收集利用, 从而能够补充地下水资源, 改善生态环境^[4]。如图1所示。

2 校园雨水花园应用前景

校园是城市的主要构成要素之一, 具有人口密集、用水途径繁多、用水量等特点, 使校园成为集中用水的大户, 对水的需求量大且需求途径多种多样, 这就促使了校园用水紧张、耗水量大问题的产生, 严重影响了校园的可持续发展^[5]。

雨水花园能有效收集处理雨水, 使得雨水重新被吸收利用, 地下水得以补充。同时雨水花园能够减少强降雨时校园路面的雨水径流量, 解决雨水的无组织漫流, 缓解校园排水管道的泄洪压力, 从而保证了校园内雨洪的自然吸蓄、下渗、滞留与净化^[6]。

校园绿地作为展现校园生活环境的重要部分, 应当具有净化校园空气、吸纳校园噪声、逐步美化校园生态环境的作用, 从而形成自然、生态、优美的视觉享受^[7]。生态校园理念的提出, 将可持续发展的目光聚集在水资源环境的改善和保护方面, 在微观层面上对雨水的收集利用进行全方位、多层次的探究。在校园景观规划建设中, 从生态的角度出发, 通过校园雨水花园景观改造, 完全契合生态校园的建设思路, 完善了校园自然环境的生态循环, 将是促进校园水资源可持续发展的重要途径^[8]。

3 国内外校园雨水花园实践案例

3.1 美国塔博尔山学校雨水花园 美国的雨水花园以促进天然下渗能力为目标, 相应的理念和技术都比较完善。美国高校雨水花园的实践丰富, 较出名的校园雨水花园有塔博尔山中学雨水花园、亚利桑那州立大学生物研究所雨水花园等。

塔博尔山中学雨水花园景观在改造之前是一处建筑室外天井, 占地约190 m², 作为停车场使用, 因此场地内部主要包括了来自停车场路面和周围建筑屋顶的雨水径流。在降雨季节, 场地内部内涝问题严重; 哪怕在不降雨时期, 停车场大量的铺装面积形成了一个灰色、无力的外部空间。通过对场地改造为雨水花园景观, 通过雨水花园中的植物、土壤、砾石的相互作用机制缓解了场地内部的雨水径流流速, 并加以吸收利用和暂时储存, 这样就大大减轻了排水系统的压力, 缓解了场地时常内涝的局面。在场地内部设计了50 cm宽的砾石通道, 一方面缓解雨水流速, 另一方面贯通了雨水花园两端, 使游客可以近距离观赏、学习雨水花园景观。

3.2 亚利桑那州立大学生物研究所雨水花园 亚利桑那州

基金项目 北京市科技计划课题(D161100005916002); 园林绿地生态功能评价与调控技术北京市重点实验室开放课题(ST201703)。

作者简介 毕鹏伟(1992—), 男, 山东威海人, 硕士研究生, 研究方向: 园林规划设计。* 通讯作者, 高级工程师, 从事园林规划设计与屋顶绿化研究。

收稿日期 2017-05-20

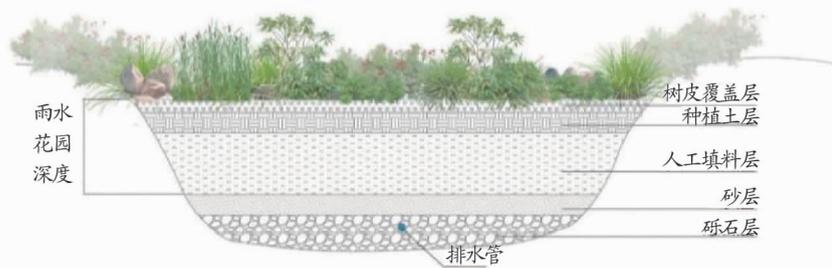


图1 雨水花园构造

Fig.1 Rainwater garden structure

立大学生物研究所位于沙漠地带,炎热干旱的气候条件促使研究所将创造生态的景观环境作为主要的设计需求,在场地上运用了多种景观设计手法和雨水处理设施,实现景观可持续发展。将原来的沥青路面改变为透水铺装;在露天广场旁设计雨水花园,不仅作为收集雨水的场地,还为学生提供了优美的学习交流空间;在道路周边的盆地中铺满砂砾,作为蓄水池使用。同时在场地上设计了具有高低韵律感的混凝土景墙,周围种植具有治疗效果的植物。整个场地的景观设计中改变了铺装材料,广场旁雨水花园的营造,景墙小品的塑造,乡土沙漠植物的栽植,每一处景观的完美呼应,将景观设计与雨水收集利用巧妙结合,使整个场地绽放新的生机活力。

3.3 清华大学胜因院雨水花园 近年来,国内高校也开始纷纷开展校园雨洪管控实践,一方面缓解了校园内存在的雨水问题,另一方面起到了很好的示范、教育和指导作用。目前国内高校校园雨水花园改造项目较为成功的是清华大学校园雨洪管控实践项目^[9]。

清华大学胜因院场地地势低洼,容易汇集周边道路和建筑雨水径流,再加上场地内部没有市政排水管网,因此,每当降雨时便会导致场地出现积水、内涝的问题。清华大学胜因院雨水花园景观作为国内校园中较早的、改造效果明显的成功案例,具有很强的学习性和科普教育性。在场地改造中首先强调从雨水径流的源头处采取措施加以控制和调节,根据现状设计调整场地竖向,合理引导雨水径流的流向。通过对道路、绿地等下垫面进行改善,增强其渗透性,将雨洪管理措施与绿地景观改造完美结合,使场地在解决雨水内涝的前提下创造了雨水与景观交融的新举措^[10]。胜因院雨水花园景观成功地将历史文化遗产、景观设计和雨水管控相结合,使得雨水花园在旱季与雨季均具有可观赏的景观点,给游人2种不同的视觉景观效果,创造了校园内独特的雨水景观文化。清华大学胜因院雨水花园现场调研如图2。

3.4 总结经验 通过对上述校园雨水花园景观改造分析,能够总结出校园雨水花园改造的几个关键点:①加强前期调研工作。不同的积水场地引起内涝的原因不尽相同,因此需要在前期多进行调研活动,分析场地周边空间环境、下垫面性质和绿地的景观特征等,得出场地内涝的真实原因。②选择合适的雨水花园改造体系。雨水花园改造中具有多样的雨洪管理措施,应当综合考虑场地现状,运用合理的技术措施,营造正确的雨水收集利用体系。③与休闲空间相结合。

校园中雨水花园景观改造,不仅仅是体现在雨水收集利用的功能方面,还应该注意景观性的表达,在设计上与休闲空间相结合,供师生休息、交流、观赏,同时作为校园雨水收集利用的文化教育科普场所,创造多功能、复合式的景观空间。

4 北京农学院雨水花园景观改造与分析

4.1 区位概况 银杏大道为校园主干道,东侧为办公楼1、2、3号楼,西侧为学校礼堂,同时周边还紧邻教学楼、行政主楼、第二食堂、文法楼、校医院、学生宿舍4号楼。地理位置优越,属于校园内不通车区域,交通方式为步行和骑行,每天经由银杏大道去往各处的人流量非常多,是校园重要的交通要道。银杏大道区位如图3。在道路的两侧对植了树姿高大挺拔的银杏树,入秋时刻,树上开满了金黄的银杏叶,是校园内不可多得的一处靓丽风景。在道路的东侧有6处长条形绿化带,种植了草坪地被,为此处的银杏树景观增添了一抹绿意,但是纯粹的银杏树营造的景观效果仍比较单一。道路的西侧绿地紧邻礼堂,同时还作为礼堂的外部景观空间,景观价值的重要性不言而喻。现状礼堂周围景观过于平铺直叙,仅仅是植物的简单搭配,种植形式也较为混乱,毫无特色。

4.2 现状雨水利用与存在问题 如图4所示,校园道路雨水利用现状主要是通过市政管网的排放。排水主要依靠的是呈分散式布置排水管网,包括雨水管、雨水明渠和雨水暗渠等方式^[11]。将道路的雨水直接排入到市政管网中,造成了雨污的混流和雨水资源浪费的问题。降雨时,由于校园内道路不透水表面较大,再加上不透水路缘石的阻挡,使雨水滞留在路面上,容易对排水管道造成强压,在遇强降雨时,容易造成雨水满溢、道路积水的问题。

道路两侧绿地在布局上呈现出分散、破碎、缺少成片等特征,在植物配置上效果单一,景观营造效果较差,并且地形过于平整。这就决定了道路的雨水径流都汇入到绿地中,依靠绿地系统的自我下渗、自我调节进行消纳。当强降雨时,绿地内部的瞬时雨水量较大,再加上道路的雨水径流汇入绿地中,超出了绿地的自我调节能力,导致绿地积水内涝,绿地内的植物遭到危害。银杏大道现状调研统计如表1。

4.3 场地土壤测试 如图5所示,在银杏大道雨水花园方案改造前,通过手指测定法和松紧度测定法对场地内的绿地土壤的土质进行测试,可以得到土壤为沙壤土的结果,同时对场地的土壤进行简单的渗透性测试。综合以上3种测试方法,可以得知银杏大道适合进行雨水花园景观改造。



图2 清华大学胜因院雨水花园现场调研

Fig.2 Field survey of rainwater garden in Shengyin College of Tsinghua University

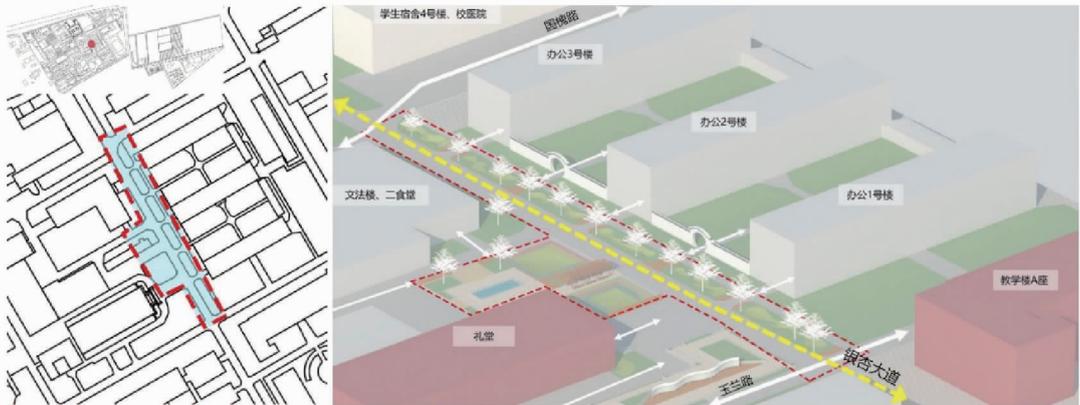


图3 银杏大道区位

Fig.3 Ginkgo Boulevard location

表1 银杏大道现状调研统计

Table 1 Survey and statistics on the present situation of Ginkgo Avenue

分布位置 Distribution location	植被特征 Vegetation characteristics		设施情况 Facilities condition				铺装 Pavement		景观小品 Landscape sketch
	植被类型 Vegetation types	布局形式 Layout forms	入流口 Inflow mouth	溢流口 Overflow mouth	引流槽 Drainage trough	拦截坝 Intercept dam	透水 Permeable	不透水 Impervious	
道路东侧 The east side of the road	乔+草	自然式	路缘石处	无	无	无		√	无
道路西侧 The west side of the road	乔+灌+草	规则式	路缘石处	无	无	无		√	无

4.4 场地目标改造定位 根据场地景观现状和雨水利用现状综合考虑,确定银杏大道雨水花园景观改造定位为:①优化路面结构,增加下渗,解决道路内涝;②改造道路周边绿地,根据周边空间结构设计为不同形态雨水花园,完善雨洪管控措施;③强化道路的竖向景观效果,营造丰富的立面色彩感,焕发道路的生机与活力;④增设廊架座椅,强化休憩空间;⑤将银杏大道雨水花园景观改造作为校园道路雨水收集利用的示范路,向校园中上万名师生以及社会中的人群宣扬

雨水收集利用的重大意义;⑥加强了校园景观的个性化建设,创造独属于北京农学院的校园景观。

4.5 场地改造总体布局 在对研究区域进行改造时,根据场地现状将银杏大道细分为4个不同的区域,以实现场地内部雨水资源合理高效的收集利用。从研究区域改造布局(图6)可以看出,将银杏大道分为自然式雨水花园区、透水道路区、台地式雨水花园区、景观休憩区4个分区。

4.5.1 自然式雨水花园区。区域改造前为6个长条形绿



图 4 研究区域雨水利用现状分析

Fig. 4 Analysis of the current situation of rainwater utilization in the region



图 5 场地土壤测试

Fig. 5 Site soil test

带,位于道路东侧,种植形式较为自然,可以作为一部分道路雨水径流的汇入地,设计为自然式下凹的雨水花园。

4.5.2 透水道路区。银杏大道为校园的主干道,人流量较大。改造前道路为不透水结构,降雨时道路多处出现内涝积水现象。因此依据场地现状设计为透水道路区^[12]。

4.5.3 台地式雨水花园区。区域改造前为 2 处方形绿化种植区,位于道路西侧,面积相对较大,植物配置单一,景观效果较差,设计为台地式下凹的雨水花园。

4.5.4 景观休憩区。在研究区域的西侧,通过设计休息设施,营造景观休憩空间,供师生停留观赏或交谈。

4.6 场地具体方案改造 如图 7 银杏大道改造方案图所

示,主要对图中 a、b、c、d、e 5 处进行改造。

4.6.1 a 处改造。通过设计景观廊架、草步道、水景池、遮荫乔木的栽植、小面积铺装广场等相结合,营造一个充满活力的景观休憩空间,引导师生进入场地休息、交谈或驻足观赏雨水花园景观。同时这个场所不仅仅是银杏大道的景观空间,还可以作为周边建筑,如礼堂、第二食堂、文法楼的外部集散、休闲空间。

4.6.2 b 处有 2 处改造。第 1 处是考虑道路和建筑的空间结构,将银杏大道西侧平坦的绿化带改造为台地式雨水花园景观。道路雨水经过石笼的初步过滤,将雨水径流中的大多固体颗粒滞留,也减缓了雨水过快的流速。过滤后雨水会流

入雨水花园中,上层台地的植物栽植应该突出台地坡面的视觉效果,同时要面对雨水的二次冲刷,收集、吸收更多的雨水。因此应多种观赏性较高、根系发达的植物,如毛茛、鸢尾、千屈菜、婆婆纳、黄菖蒲等。下层台地的植物栽植要应对强降雨时雨水的暂时存积,因此要能够具备短期耐涝和长期耐旱的特性,因此应多栽植抗逆性强、管理粗放的草本植物,如拂子茅、狼尾草、蓝羊茅、崂峪苔草、青绿苔草等。第2处是在雨水花园旁设计了雨水井,在降雨时,汇入雨水花园的雨水径流经过渗透、净化,一部分被土壤吸收后,多余的雨水可以储存在雨水井中,之后用于植物的浇灌和景观用水的补充。台地式雨水花园净化系统如图8。

4.6.3 c 处有 3 处改造。第 1 处是道路改造的技术设施,将道路和普通材料替换为透水性材料,透水性材料无论在景观美化层面还是雨水下渗的功能层面都要比普通材料有更好的使用性,从而在一定程度上缓解路面雨水径流。第 2 处是路缘石的技术改造,将道路原先的路缘石由高改平,拓宽了道路宽度,使路面雨水径流能够汇入到绿地之中,缓解了管道泄洪压力,避免了道路雨水内涝。第 3 处生态树池的技术改造,将原先高于路面的树池降低与路面平齐,使路面雨水能够汇入到树池中。然后对树池的结构进行改造,加强树池对雨水的吸收、下渗能力。

4.6.4 d 处有 1 处改造。第 1 处是对道路周边绿地的改造,



图 6 研究区域改造布局

Fig.6 Transformation of the layout in the research area

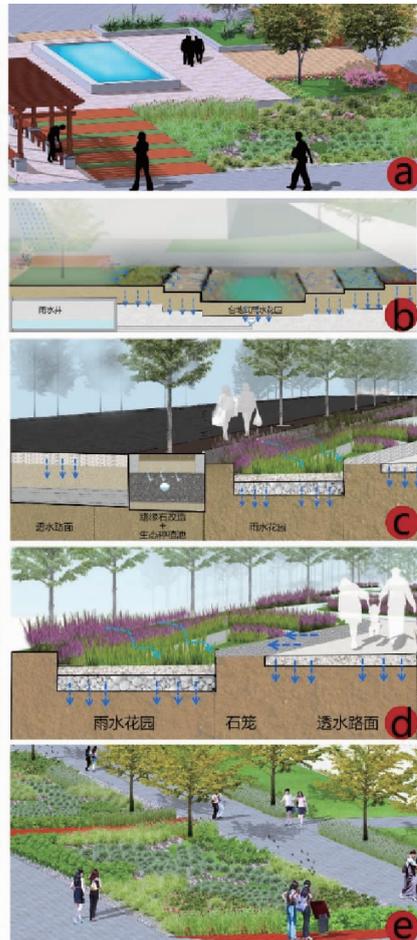


图 7 银杏大道改造方案

Fig.7 Plan for the transformation of Ginkgo Boulevard

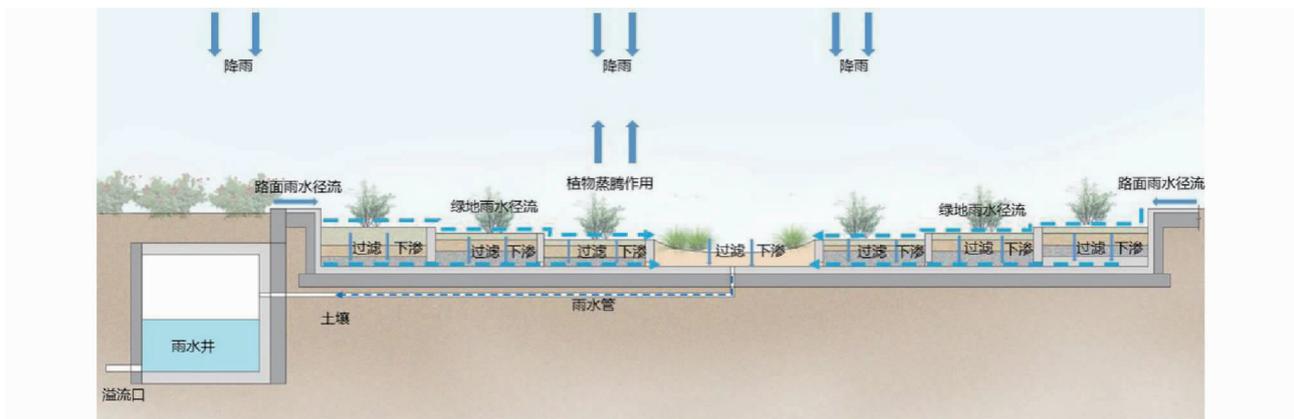


图 8 台地式雨水花园净化系统

Fig. 8 Tableland rainwater garden purification system

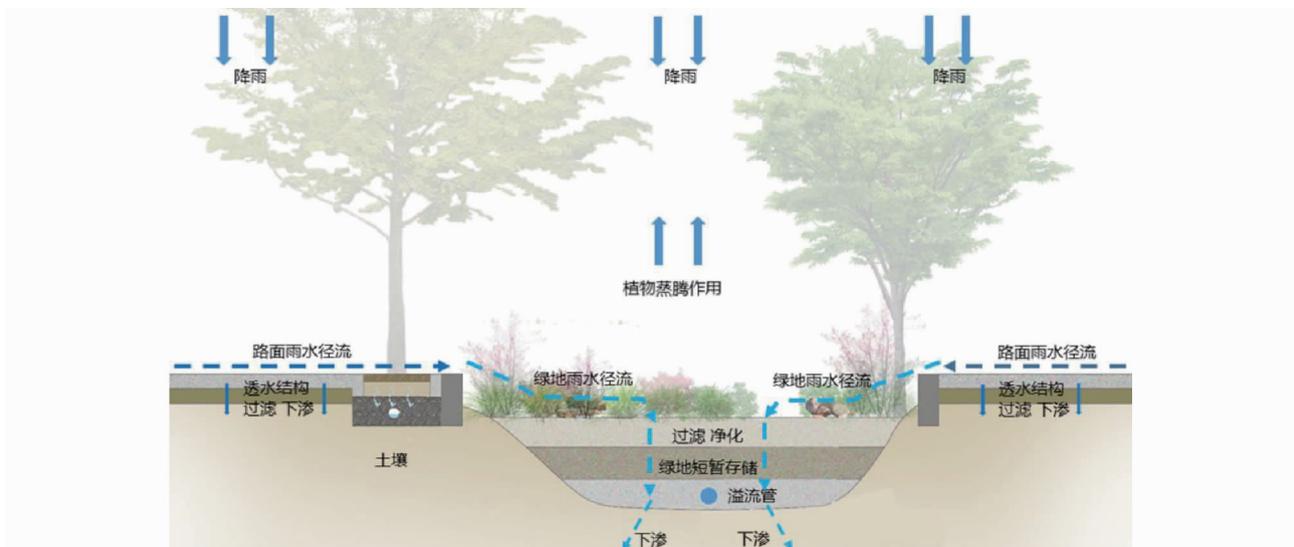


图 9 自然式雨水花园净化系统

Fig. 9 Natural rainwater garden purification system

在平坦的绿化带内设计下凹的雨水花园,雨水花园的高程低于道路高程,道路上的大部分雨水以及周边建筑的雨水容易引入到雨水花园内,通过栽植的植物,如黄菖蒲、千屈菜、花叶芦竹、狼尾草等和土壤的相互作用对雨水进行吸收、滞留、渗透。自然式下凹雨水花园雨水净化系统如图9。场地内雨水花园改造所用植物如表2。

表 2 场地中的雨水花园植物

Table 2 Rainwater garden plants in the field

序号 No.	名称 Appellation	拉丁学名 Latin name	科属 Genera	优点 Advantage
1	马蔺	<i>Iris lactea</i> Pall. var. <i>chinensis</i> (Fisch.) Koidz	鸢尾科鸢尾属	耐高温、干旱、水涝、盐碱、抗病虫害能力强、观赏性强
2	毛茛	<i>Ranunculus japonicus</i> Thunb.	毛茛科毛茛属	喜温暖湿润、观赏性强
3	鸢尾	<i>Iris tectorum</i> Maxim.	鸢尾科鸢尾属	生长强健、适应性强,既耐干旱又耐水湿、观赏性强
4	千屈菜	<i>Lythrum salicaria</i> L.	千屈菜科千屈菜属	喜强光、耐寒性强、喜水湿、对土壤要求不严、观赏性强
5	萱草	<i>Hemerocallis fulva</i> (L.) L.	百合科萱草属	性强健、耐寒、适应性强、喜湿润也耐旱、喜阳光又耐半阴
6	黄菖蒲	<i>Iris pseudacorus</i> L.	鸢尾科鸢尾属	喜光、耐阴、耐旱、耐寒性强、观赏性强
7	蛇鞭菊	<i>Liatris spicata</i> (L.) Willd.	菊科蛇鞭菊属	耐寒、耐热、喜光或稍耐阴、生长季节耐水湿、观赏性强
8	芦苇	<i>Liatris spicata</i> (L.) Willd.	鸢尾科鸢尾属	根系发达,具有优越的传氧性能,适应性、抗逆性强
9	拂子茅	<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	禾本科拂子茅属	抗盐碱土壤,耐强湿、耐旱、适应性强
10	狼尾草	<i>Pennisetum alopecuroides</i> (L.) Spreng.	禾本科狼尾草属	耐旱、耐湿、亦能耐半阴、且抗寒性、抗倒伏、无病虫害
11	蓝羊茅	<i>Festuca glauca</i>	禾本科羊茅属	喜光、耐寒、耐旱、耐贫瘠
12	崂峪苔草	<i>Carex giraldiana</i>	莎草科苔草属	耐寒耐旱性强、耐瘠薄、无病虫害、适于粗放管理
13	青绿苔草	<i>Carex breviculmis</i>	莎草科苔草属	耐阴蔽、喜欢湿润环境,既耐高温,也耐干旱,管理粗放
14	木槿	<i>Hibiscus syriacus</i> Linn.	锦葵科木槿属	喜光、较耐干燥和贫瘠、稍耐阴耐热又耐寒,好水湿又耐旱
15	西府海棠	<i>Malus micromalus</i> Makino	蔷薇科苹果属	喜光、耐寒、较耐干旱、观赏性强
16	胡颓子	<i>Elaeagnus pungens</i> Thunb.	胡颓子科胡颓子属	抗寒性强、耐高温酷暑、耐干旱瘠薄、较强的耐阴力
17	旱柳	<i>Salix matsudana</i> Koidz.	杨柳科柳属	喜光、耐寒、湿地、旱地皆能生长,根系发达,抗风能力强
18	白蜡	<i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.	木樨科枳椇属	喜光、喜湿润,对土壤的适应性较强,耐轻度盐碱

4.6.5 e 处有 1 处改造。此处位于银杏大道与玉兰路相交处,与教学区相邻,人流量较大,因此在此处设置了木制平台

和讲解标识牌,便于来往师生驻足观赏和学习。银杏大道雨水花园改造后景观效果如图 10。



图 10 银杏大道雨水花园改造效果

Fig. 10 Improvement effect of Ginkgo Avenue rainwater garden

4.7 场地改造方案评价 通过对场地内雨水汇流总量,雨水花园下渗量、蓄水量、空隙储水量数值的计算,对场地雨水花园改造方案进行评估。

0.3;雨水花园的深度,取 0.25 m; h 为蓄水层平均水深,一般为最大水深的 1/2,取 0.1 m; A_f 为雨水花园的表面积,取 1 045.25 m²; T 为计算时间,一般以一场雨时间计算。

场地内雨水汇流面积可以采用公式(1)计算,

$$S_{\text{汇}} = S_{\text{地}} + S_{\text{草}} \Phi \quad (1)$$

式中, $S_{\text{汇}}$ 为雨水汇流面积; $S_{\text{地}}$ 为地面面积,2 195.01 m²; $S_{\text{草}}$ 为草坪面积,1 515.08 m²; Φ 为草坪径流系数,一般取 0.2。

因此,由公式(3)可以计算出,雨水花园雨水下渗量为 36.58 m³。

雨水花园蓄水量可以采用公式(4)计算,

$$V_w = A_f h_m (1 - f_v) \times 10^{-3} \quad (4)$$

因此,由公式(1)可以计算出,场地内雨水汇流面积为 2 498.03 m²。

场地内雨水汇流总量可以采用公式(2)计算,

$$V = S_{\text{汇}} H \quad (2)$$

式中, V 为雨水汇流总量; $S_{\text{汇}}$ 为雨水汇流面积; H 为设计降雨量,一般不超过 0.03 m。

因此,由公式(4)可以计算出,雨水花园蓄水量为 0.2 m³。

雨水花园空隙储水量可以采用公式(5)计算,

$$G = n A_f d_f \quad (5)$$

因此,由公式(2)可以计算出,场地内雨水汇流总量为 74.94 m³。

雨水花园下渗量可以采用公式(3)计算,

$$S_{\text{下渗}} = K(d_f + h) A_f T / d_f \quad (3)$$

式中, $S_{\text{下渗}}$ 为雨水花园下渗量; K 为土壤渗透系数,一般取

因此,由公式(5)可以计算出,雨水花园空隙储水量为 78.39 m³。

表 3 银杏大道改造后统计

Table 3 Statistics on the reconstruction of Ginkgo Boulevard

分布位置 Distribution location	植被特征 Vegetation characteristics			设施情况 Facilities condition			铺装 Pavement			景观小品 Landscape sketch
	植被类型 Vegetation types	布局形式 Layout forms	入流口 Inflow mouth	溢流口 Overflow mouth	蓄水设施 Water storage facilities	引流槽 Drainage trough	拦截坝 Intercept dam	透水 Permeable	不透水 Impervious	
道路东侧 The east side of the road	乔+灌+草	自然式	路缘石处	溢流管	生态种植池雨水花园	路面下水口钢篦子	石笼铺装卵石	√		讲解牌 木平台
道路西侧 The west side of the road	乔+灌+草	规则式	路缘石处	溢流管	雨水花园雨水井	路面下水口钢篦子	石笼种植梯台	√		座椅廊 架小广场

通过以上 5 个公式的计算结果可以得出,场地内雨水汇流总量为 74.94 m³,雨水花园的雨水调节量为 115.17 m³。

经过比较可知,改造的雨水花园可以有效地处理场地内雨水径流,缓解了暴雨时道路的内涝问题,减轻了市政排水管

网的泄洪压力,很好地完成预期目标。同时一部分雨水径流通过改造的雨水花园被吸收利用,地下水得以补充,为区域内的植物生长创造了良好的土壤环境,改善了银杏大道局部

小气候环境,增强美学价值,创造小型生境。改造后银杏大道统计如表 3,改造后银杏大道雨水径流如图 11。

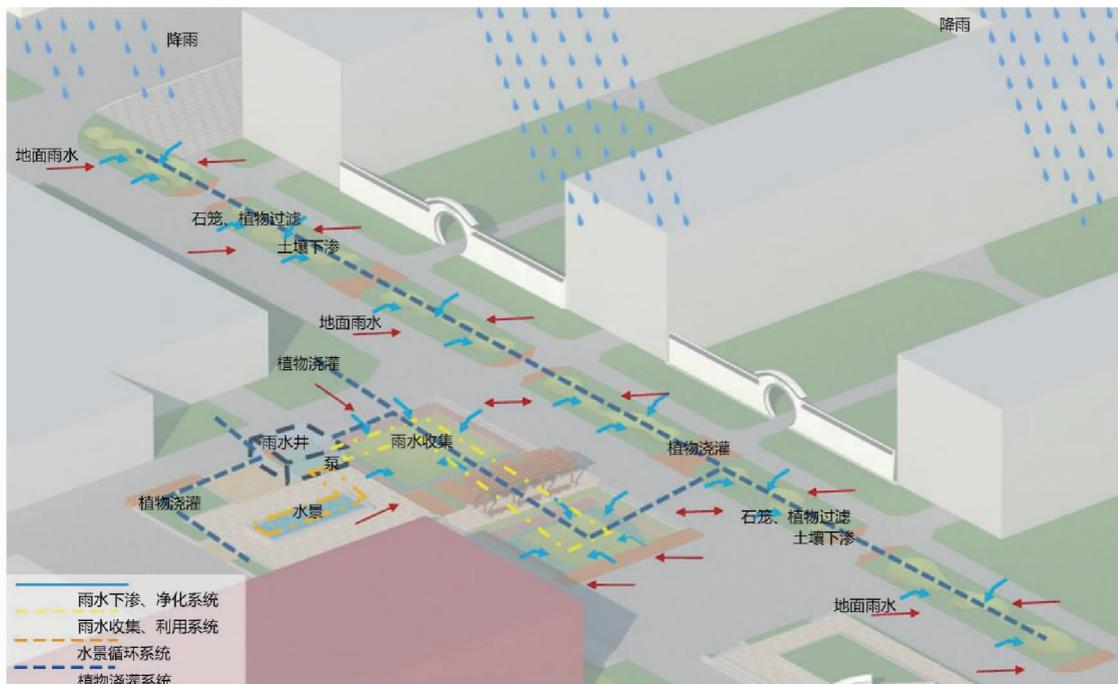


图 11 银杏大道雨水径流

Fig. 11 Ginkgo Avenue rainwater runoff

5 结语

校园在进行雨水花园景观改造时,应当充分考虑校园的雨水收集利用并不是独立存在的个体,需要和景观共同纳入到校园规划中考虑。在校园总体规划的基础上,充分考虑校园现状,因地制宜,进行雨水收集利用与景观营造相结合的研究。在低影响开发理念的指导下,合理改善校园绿地模式,结合现状道路、建筑布局,进行雨水花园景观设计,同时需要保障校园市政管道设施的泄洪力度,形成有效的校园雨水收集利用系统,营造生态、宜人、舒心的校园科研环境。以校园雨水花园景观方案改造作为展示点,能够形成以点带面的效果,为其他高校的校园雨水收集利用景观营造提供示范作用。同时促进城市其他子单位开展雨水收集利用的活动,使之都能够成为构建海绵城市的细胞,提升城市整体雨水收集利用的能力。

参考文献

[1] 张钢. 雨水花园设计研究[D]. 北京:北京林业大学,2010.

- [2] 宋进喜,李怀恩,李琦. 城市雨水资源化及其生态环境效应[J]. 生态学杂志,2003,22(2):32-35.
- [3] 徐振强. 我国海绵城市试点示范申报策略研究与能力建设建议[J]. 建设科技,2015(3):58-63.
- [4] 王淑芬,杨乐,白伟岚. 技术与艺术的完美统一:雨水花园建造探析[J]. 中国园林,2009,25(6):54-57.
- [5] 王崇杰,薛一冰,何文晶,等. 绿色大学校园[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [6] 叶露莹,吴东,薛秋华. 基于海绵城市视角下的生态校园建设[J]. 重庆工商大学学报,2016,33(4):44-46.
- [7] 赵世明,赵钰,杨澎,等. 《建筑与小区雨水利用工程技术规范》编制探讨[J]. 中国给水排水,2006,22(20):105-108.
- [8] 王雅. 基于校园场地特征的多功能雨洪管控技术研究[D]. 福建:福建农林大学,2015.
- [9] 郑克白,孙敏生,彭鹏. 北京奥林匹克公园中心区下沉花园雨水利用及防洪排水设计[J]. 给水排水,2008,34(7):97-101.
- [10] 龙岳林,陈琼琳,甘德欣,等. 城市绿地隐形蓄水系统的建立及生态功能分析[J]. 自然灾害学报,2007,16(6):156-159.
- [11] 程海涛. 区域雨水集蓄、处理和综合利用[D]. 西安:西安建筑科技大学,2009.
- [12] 鹿新高. 泰城雨水资源化潜力分析与利用模式研究[D]. 泰安:山东农业大学,2011.

科技论文写作规范——数字

公历世纪、年代、年、月、日、时刻和各种计数和计量,均用阿拉伯数字。年份不能简写,如1990年不能写成90年,文中避免出现“去年”“今年”等写法。小于1的小数点前的零不能省略,如0.2456不能写成.2456。小数点前或后超过4位数(含4位数),从小数点向左右每3位空半格,不用“,”隔开。如18 072. 235 71。尾数多的数字(5位以上)和小数点后位数多的小数,宜采用 $\times 10^n$ (n 为正负整数)的写法。数字应正确地写出有效数字,任何一个数字,只允许最后一位存在误差。