

城市绿地水土流失问题及应对策略

乔晓雪

北京市通州区运潮减河公园管理处，北京

收稿日期：2025年7月6日；录用日期：2025年9月13日；发布日期：2025年9月22日

摘 要

城市绿地是人居环境的重要组成部分，是城市景观系统发挥水土保持功能的关键景观单元。分析了城市绿地水土流失的原因，针对性地提出城市绿地水土流失的调控策略。因微地形、植被结构、利用强度和管理措施等多方面的原因容易导致水土流失，也是采取优化措施的切入点。本研究提出了如下策略：在地形优化方面应降低坡度、避免连续长坡；植被结构优化方面应合理配置水平方向林、灌、草景观单元，在垂直方向应尽量做到林-灌-草分层植被的组合；绿地利用强度管控方面，应根据植被的承受能力来采取与生长阶段相适应的利用强度管控措施，尽可能在冬春降低游人踩踏频率，在夏秋可以适当放宽踩踏频率；在绿地管护方面，应避免大水漫灌，采用喷灌或者滴灌方式，同时保留部分凋落物。

关键词

城市绿地，水土流失，景观设计，景观优化

Soil and Water Loss Issues and Mediating Strategies in Urban Green Land

Xiaoxue Qiao

Management Office, Beijing Tongzhou District Yunchao Jianhe Park, Beijing

Received: July 6, 2025; accepted: September 13, 2025; published: September 22, 2025

Abstract

Green land is a critical component of the urban system and a key landscape unit for the urban landscape system to perform soil and water conservation functions. This paper analyzed the causes of soil erosion in urban green spaces, and proposed mediating strategies for controlling soil erosion in green land. As a consequence of weakness in microtopography, vegetation configuration, utilization intensity, and daily management, green land often suffers soil and water loss. Correspondingly, the countermeasures are given. First, the microtopography can be optimized by alleviating the slope

gradient and segmenting the elongated hillslopes. Second, in optimizing vegetation structure, the horizontal layout of trees, shrubs, and grass landscape units should be reasonably configured, and vertically, a layered combination of trees, shrubs, and grass should be adopted as much as possible. Third, for management of the utilization intensity of green land, coincidence with the seasonality of vegetation is necessary. Cutting down the trembling frequency in spring and winter, and freeing the trembling frequency in summer and autumn are critical. Besides, as to the management of green land, flooding irrigation should be avoided, and instead, sprinkler or drip irrigation should be employed while retaining some litterfall.

Keywords

Green Land, Soil and Water Loss, Landscape Design, Landscape Optimization

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

城市绿地景观系统是城市生态安全和人居环境质量的基础设施[1][2]。它们发挥着调节局地气候特别是城市热环境、减尘降噪、休闲娱乐和文旅产业等众多生态和社会功能[3]。城市绿地系统与荒野自然生态系统重大的区别之一是高强度的人类活动影响[4]，包括高强度的管理维护、结构更新、踩踏、地表植被和枯落物清除以及水和各类污染物的输入。在现代城市的绿地系统建设中，水土保持是城市绿地系统建设的一个重要组成部分[5]，在各个方面与城市生态建设相互衔接、相互影响。由于城市绿地系统普遍存在林下植被简单、居民活动踩踏等问题，往往导致土壤裸露和水分入渗率低，容易形成林下降雨侵蚀和浇灌冲刷侵蚀。绿地土壤侵蚀一方面导致土壤质量下降[6]，绿地维护成本增加，同时泥土流失到绿地外的路面，就地起尘引起空气污染，泥土随雨水进入水体也会导致水污染。自然景观中，水土流失主要受风、降雨、土壤抗侵蚀性、植被覆盖、管理措施、地形(尤其是坡度和坡长)控制[7][8]。由于长期的适应和相互作用，自然景观中植被、土壤在不同的气候、地形条件下形成了特定的结构特征。一般而言，植被覆盖度越高，土壤入渗、抗侵蚀性等越强。城市绿地系统是人类建设和高强度管理之下的生态系统。除了风、降雨外，浇灌、清除地表枯落物、修剪植物、踩踏等[9][10]多种人为活动也是城市绿地水土流失的驱动因素，高植被覆盖度的绿地土壤入渗和抗侵蚀性可能因高强度的践踏和地表枯落物与草被的清除而不如覆盖度相近的自然景观中高。在特大城市，由于城市“雨岛”效应，容易发生短时高强度的降雨[11]，形成更强的降雨侵蚀力。

优化景观设计是防治水土流失的根本措施[12]。城市绿地系统，由于组成单元较荒野自然生态系统更为破碎，且植被覆盖提升的空间十分有限，因而微观尺度的景观优化设计是防治水土流失最重要的手段。本文从影响城市绿地水土流失的要素及其作用机制分析入手，剖析城市绿地水土流失产生的主要方式，结合实地的调查，总结提出城市绿地水土流失治理的景观优化策略。

2. 城市绿地水土流失的原因分析

水土流失是降雨的雨滴动能对表土的溅蚀、地表径流冲刷或者浇水冲刷和水流搬运等原因形成的，其主控因子包括地形、土壤抗侵蚀性、植被覆盖、降雨和管理五大方面[7][13][14]。城市区域由于“雨岛效应”[11]，也容易形成较强的降雨侵蚀力。从防治水土流失的角度，人为可调控的因素往往是水土流失的重

要原因。在城市绿地中,水土流失的原因主要包括微地形布局和植被结构配置、养护管理方式、利用和干扰强度。在城市中,常需要大量的浇水来维持绿地系统,因而,浇水冲刷侵蚀是水土流失的重要形式之一。

2.1. 地形因子

在自然景观中,地形特别是坡度是水土流失的主控因素之一,是水土流失预测预报的5大因子之一[7][13]。然而,在人为设计的城市绿地系统中除了为数不多的丘状单元外,大多数为微小尺度上的地形单元。因此,微地形是城市水土流失的关键地表形态特征。城市绿地系统中,特别是在路坡、河岸、沟沿、隔离带等景观单元中,微地形设计不合理是导致水土流失的关键原因。常见的是坡度过大、坡面直接与路面或河道等连接而缺少土坎、坑洼等阻断地形。由此导致强降雨和大水灌溉时坡面水流携带土壤向路面和河道流失(图1)。



Figure 1. Long and continuous hillslope enhancing soil erosion and soil loss
图 1. 连续容易发生水土流失的坡面

2.2. 景观布局

景观空间布局不合理,主要包括水平方向上不同水土保持功能的景观单元的组合、植被垂直结构配置两个方面。城市绿地是繁忙拥挤的城市系统中休闲的重要场所,景观美学是首先要考虑的方面,其次是作为生态降尘、降噪和改善空气质量的城市功能单元[2]。正因为如此,植被结构优化更多地考虑了这些功能。由于高强度的人工维护,城市绿地的水土流失问题常常被掩盖,在植被结构配置时常常被忽略。在植被垂直结构上,因高强度的踩踏和种植时植物物种配置考虑不周导致林下植被缺失,形成上层高郁闭度乔木而地表植被稀疏甚至表土裸露的结构。在林下植被缺失的情况下,林下降雨侵蚀和地表水流冲刷导致土壤侵蚀和流失。城市绿地系统中包括了各类林、灌、草的水平和垂直组合,同时绿地与步道等硬化和非硬化景观单元镶嵌分布。这些单元在产生径流、减少降雨和径流侵蚀、拦截泥沙流等方面的功能差别很大,可分为有利于水土流失发生的“源”和抑制水土流失的“汇”[15]。在水平维度的景观配置上,坡面下端缺少拦蓄泥沙和径流的“汇”景观单元,如地表灌草带,甚至裸土直接与步道邻接(图2),容易导致水土流失出绿地。

2.3. 管理方式

绿地管理,特别是灌溉方式、林下灌草植物和枯落物管理不当常导致城市绿地的水土流失。城市绿地系统由于常常缺乏较厚的土壤蓄水层、足够大的上坡汇水区 and 采用快速生长高耗水的植物等原因,常

需要人工灌溉维持土壤水分。浇灌时的大水漫灌、高压喷灌等容易导致表土冲蚀、溅蚀。在日常管理中,为避免枯落物腐烂滋生病菌、蚊虫而对人居环境造成影响,常常清除林下枯落物。林下植物也常常被清除(图3)。由此增加了高强度降雨条件下的绿地系统水土流失,而在冬春季节则因近地表覆被缺失容易因频发的大风天气形成较强的风蚀,成为城市扬尘[16]的来源之一。



Figure 2. Sediment deposition at the bottom of the hillslope without understory grass cover (left) and with understory grass cover (right)

图 2. 无林下草被(左)和有林下草被(右)人工坡底泥沙淤积



Figure 3. Bare and compacted soil in the wood after the remove of litters and intensively trample

图 3. 绿地枯落物清除与践踏导致的林下土壤裸露和压实

2.4. 利用强度

城市绿地的利用中,高强度的踩踏对地表植被的破坏和降低土壤质量是城市绿地水土流失重要的原因之一。城市绿地作为开放空间,游人踩踏难以避免,如草坪等还特意针对游人开放。研究表明,踩踏等对土壤结构和水文属性的改变会降低土壤蓄水功能,进而容易产生地表径流,加剧水土流失。研究表明,踩踏较轻的草坪以及公园表土的饱和含水率在东北地区最高可达 50%,而经常处于践踏的城市绿地或受到压实的地表植被缺失,土壤容重大,饱和含水率和渗透速率都显著小于没有压实的土壤[17],在降雨时更容易形成地表径流,增大冲刷侵蚀的风险。

3. 城市绿地水土流失控制的策略

如上所述,影响城市绿地水土流失的主要因素包括景观微地形、植被水平和垂直结构、绿地管理措施和城市绿地利用强度等。相应地,从景观建设和管理的角度,控制城市绿地水土流失的策略包括微地形优化、植被结构优化、绿地管理措施调整和绿地利用强度管控四大方面。

3.1. 微地形优化

绿地地形是水土流失的主要影响因素之一，因此微地形优化是城市绿地水土流失防治的基础措施。地形因子中，坡度和坡长是影响土壤侵蚀的关键因子[18][19]。首先应在满足景观美化的基础上，尽可能降低坡度。长且坡度大的坡面容易形成较强的地表径流，从而增大水土流失风险。因此，减少连续长坡，通过设置鱼鳞坑、阻拦沟、封闭积水塘等地形阻碍单元，使得坡面呈分段状，降低坡面的水文连通性、增大阻碍[20]有利于有效汇聚水土，减少水土流失。对于与道路、水体等邻接的坡底，宜设置小型土埂、浅沟等微地形单元(图4)，可有效防止绿地土壤流失。

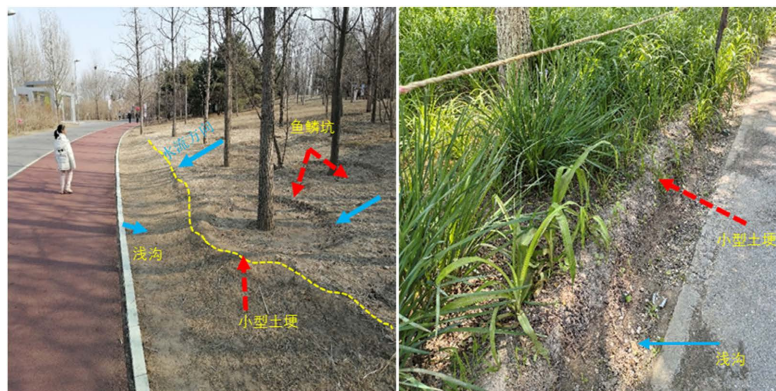


Figure 4. Typical green space micro-topography combination: fish scale pit, earth ridge, shallow ditch layout
图4. 典型绿地微地形组合：鱼鳞坑、土埂、浅沟布局

3.2. 植被结构优化

植被结构的优化包括水平方向林、灌、草单元的布局 and 垂直方向林-灌-草分层植被的组合。在水平方向上，在靠近泥沙流出绿地的位置应布设拦截泥沙和径流能力强的植被单元，特别是近地表覆盖度较高的植被单元。研究表明，在坡面下部布设较少面积的植被带就足以拦截坡面的全部泥沙[21][22]。在垂直方向上，包含乔、灌、草等多个植被层次的绿地系统往往具有较强的水土保持效果，特别是贴近地表的植被层次对防止侵蚀和土壤流失十分关键[23]。因此，在城市绿地中应尽可能采用多层次的植被配置模式，尽可能增大近地表植被覆盖度。

3.3. 绿地利用强度管控

城市绿地通常是对周边居民开放的休闲和运动空间，游人流量大，管控人群踩踏频率对减少地表植被覆盖和土壤结构的破坏十分关键。完全避免对绿地的踩踏不现实，也降低了绿地对居民的服务功能。绿地植被对踩踏的承受能力具有生长阶段和季节性差异。一般而言，植被开始萌发的阶段承受能力弱，春天和冬天弱于夏秋。通过适当方法管控踩踏频率及其时间分布是协同绿地水土保持和居民休闲运动需求的途径之一。应在冬春降低游人踩踏频率，而在夏秋可以适当放宽踩踏频率。

3.4. 绿地管理措施调整

城市绿地作为人居环境的重要组成部分[2]，既要保持美观和绿地生态系统健康，也要兼顾防火、防止蚊虫等对人体健康有害的生物和病菌滋生[24][25]。定期灌溉、清除地表枯落物等管理措施十分必要。城市绿地土壤温度、水分等微环境显著影响土壤动物多样性，不仅影响土壤动物的密度，还会改变群落结构进而影响土壤生态功能[26]。大水漫灌容易形成缺氧环境而导致蚯蚓等土壤动物减少，同时还

容易引起土壤结皮的形成,导致下雨时产流量增大而带来水土流失。为减少对土壤动物的影响,应将大水漫灌改为喷灌或者滴灌,同时还可减少城市绿地的水土流失。对土壤含水量的观测是控制灌溉量的依据。当前的城市绿地灌溉大多凭经验定量,而非根据土壤水分状况监测确定。此外,定期清除枯落物是城市绿地管理的工作之一。然而,清除枯落物和地表植被容易导致土壤裸露,应适当保留枯落物覆盖和地表植被。



Figure 5. The typical vegetation allocation for reducing soil loss

图 5. 典型绿地防治水土流失的植被组合布局

4. 结论

城市绿地是人居环境的重要组成部分,本文分析了城市绿地水土流失的原因。因微地形、植被结构、利用强度和管理措施等多方面的原因容易导致水土流失,所以从这些方面采取优化措施是防治城市绿地水土流失的基本策略。在地形优化方面应降低坡度、避免连续长坡;植被结构优化应合理配置水平方向林、灌、草景观单元的布局,在垂直方向应尽量做到林-灌-草分层植被的组合,尽可能采用多层次的植被配置模式和增大近地表植被覆盖度;绿地利用强度管控方面应根据植被对踩踏的承受能力而采取与生长阶段相适应的管控措施,尽可能在冬春降低游人踩踏频率,在夏秋可以适当放宽踩踏频率。在绿地管理方面,应避免大水漫灌,采用喷灌或者滴灌方式。

参考文献

- [1] 马锦义. 论城市绿地系统的组成与分类[J]. 中国园林, 2002, 18(1): 23-26.
- [2] 肖华斌, 何心雨, 王玥, 王洁宁, 姜芊孜. 城市绿地与居民健康福祉相关性研究进展——基于生态系统服务供需匹配视角[J]. 生态学报, 2021, 41(12): 5045-5053.
- [3] 李锋, 王如松. 城市绿地系统的生态服务功能评价、规划与预测研究——以扬州市为例[J]. 生态学报, 2003, 23(9): 1929-1936.
- [4] 胡尚春, 阙菁, 刘佳慧. 城市荒野与人工绿地碳储量比较[J]. 应用生态学报, 2024, 35(11): 3199-3207.

- [5] 何昉, 王永喜, 李辉, 谢丽. 从城市绿地系统规划看城市水土保持生态建设[J]. 水土保持研究, 2006, 13(5): 241-244.
- [6] 邸东柳, 牛小云, 王绍坤, 毕秋薇, 张立业, 黄大庄. 保定市主城区不同类型绿地土壤化学性质及重金属污染[J]. 东北林业大学学报, 2022, 50(6): 88-95, 110.
- [7] 王万忠, 焦菊英. 中国的土壤侵蚀因子定量评价研究[J]. 水土保持通报, 1996, 16(5): 1-20.
- [8] 赵晓萌, 程宏, 蒋宁, 邹学勇, 吴波, 蒋玲梅, 张恺笛, 贺伟伟. 京津风沙源土壤风蚀时空格局及其演化[J]. 科学通报, 2023, 68(z1): 238-253.
- [9] 冯艳, 谢栋博, 陈军洲, 董娜林, 雷雅凯, 贺丹. 城市绿地不同植被群落对表层土壤入渗的影响[J]. 西北林学院学报, 2021, 36(3): 267-272.
- [10] 贾瑞燕. 北京市滨河森林公园建设项目水土流失特点及防治措施探讨[J]. 中国水土保持, 2024, 505(4): 20-23.
- [11] 赵彦军, 夏军, 徐宗学, 邹磊, 谭秋阳, 陈浩. 深圳市雨岛效应分析[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2021, 57(6): 768-775.
- [12] 索安宁, 洪军, 林勇, 葛剑平. 黄土高原景观格局与水土流失关系研究[J]. 应用生态学报, 2005, 16(9): 1719-1723.
- [13] 李锐. 中国主要水蚀区土壤侵蚀过程与调控研究[J]. 水土保持通报, 2011, 31(5): 1-6.
- [14] Telles, T.S., Dechen, S.C.F., Souza, L.G.A.D. and Guimarães, M.D.F. (2013) Valuation and Assessment of Soil Erosion Costs. *Scientia Agricola*, **70**, 209-216. <https://doi.org/10.1590/s0103-90162013000300010>
- [15] 陈利顶, 傅伯杰, 赵文武. “源”“汇”景观理论及其生态学意义[J]. 生态学报, 2006, 26(5): 1444-1449.
- [16] 李廷昆, 冯银厂, 毕晓辉, 张裕芬, 吴建会. 城市扬尘污染主要成因与精准治尘思路[J]. 环境科学, 2022, 43(3): 1323-1331.
- [17] 罗金明, 孟佳, 闫巍, 王永洁. 城市绿地的持水性能以及影响因素研究[J]. 土壤通报, 2016, 47(5): 1113-1118.
- [18] 曹文洪. 土壤侵蚀的坡度界限研究[J]. 水土保持通报, 1993, 13(4): 1-5.
- [19] 傅伯杰, 陈利顶, 王军, 孟庆华, 赵文武. 土地利用结构与生态过程[J]. 第四纪研究, 2003, 23(3): 247-255.
- [20] 刘宇. 土壤侵蚀研究中的景观连通度: 概念、作用及定量[J]. 地理研究, 2016, 35(1): 195-202.
- [21] 赵亮, 刘宇. 耦合景观破碎化和土壤侵蚀的“源”“汇”边界指数[J]. 地理与地理信息科学, 2018, 34(1): 98-104.
- [22] Rey, F. (2004) Effectiveness of Vegetation Barriers for Marly Sediment Trapping. *Earth Surface Processes and Landforms*, **29**, 1161-1169. <https://doi.org/10.1002/esp.1108>
- [23] 李鹏, 李占斌, 郑良勇. 植被保持水土有效性研究进展[J]. 水土保持研究, 2002, 9(1): 76-80.
- [24] 范亚民, 崔云霞, 吴涛, 岳强, 耿磊. 城市绿地及植被配置方式对空气中细菌含量影响——以南宁市为例[J]. 环境科学与技术, 2009, 32(B06): 57-58.
- [25] 侯懿宸. 城市绿地土壤健康质量问题及优化对策[J]. 现代园艺, 2024, 47(19): 161-163.
- [26] 陈祯, 王意锟, 朱强根, 邓先俊, 徐倩, 金爱武. 城市绿地微环境对土壤动物群落多样性的影响[J]. 丽水学院学报, 2022, 44(2): 54-59.