

# 从立体绿化的角度思考我国水土保持的空间维度

潘星慧<sup>1</sup>, 郑影华<sup>2</sup>, 李 鹏<sup>3</sup>, 李连胜<sup>1</sup>, 王晶凯<sup>1</sup>, 朱孟郡<sup>4</sup>

(1.潍坊市水文局, 山东 潍坊 261061; 2.北京师范大学 珠海分校, 广东 珠海 519000;

3.山东省水文局, 山东 济南 250002; 4.北京国寰环境技术有限责任公司 山东分公司, 山东 济南 250000)

[关键词] 水土保持; 立体绿化; 研究现状; 研究方向

[摘要] 随着当前生态文明建设的进一步推进、水土保持现代化的深入发展, 为满足城市水土保持和海绵城市建设的新要求, 拓展水土保持的空间维度是一个值得关注的方向。介绍了立体绿化的概念和国内外的研究现状, 阐述了我国水土保持向立体绿化方向发展的必要性和必然性, 论述了立体绿化在水土保持中的应用现状, 指出目前研究主要集中在垂直绿化上, 并概述了垂直绿化中藤本植物的水土保持应用研究, 提出了未来的研究方向及重点难点。

[中图分类号] S157 [文献标识码] A [文章编号] 1000-0941(2017)07-0004-04

## 1 立体绿化的概念及其发展现状

立体绿化<sup>[1]</sup>是藤蔓植物和其他植物依附于各类构筑物及其他空间结构的一种绿化方式, 包括亭、台、楼、阁、廊、柱、墙、屋顶、阳台、花架、立体花坛、栅栏、护坡、室内装饰及各种建筑设施上的绿化。简言之, 就是利用植物向空间发展的绿化。立体绿化是传统绿化方式的重要补充, 在空间上可以分为垂直绿化和屋顶绿化。

几十年来, 国外各大城市的立体绿化取得了显著成果<sup>[2]</sup>。新加坡采用市场运作、全民参与的运行机制, 并有严密的法律法规作保障, 城市立体绿化模式形式多、效果好。日本深入探索了屋顶花园建设, 东京凡是超过一定占地面积的新建建筑物屋顶必须有 20% 的绿色植物覆盖, 屋顶绿化率达到 14%; 并颁布城市绿化法, 规定在设计高层建筑时没有屋顶绿化的方案不予审批。德国拥有领先世界的屋顶绿化技术, 推行“绿屋工程”, 注重屋顶绿化的生态效益, 至 2003 年屋顶绿化率已达到 14%。美国研发了立体绿化栽培基质、植物灌溉和施肥系统等先进技术, 在用于垂直或倾斜墙体表面绿化的植物种植技术和可以种植植物的水泥防护墙新技术上成果卓越。此外, 英国、法国、俄罗斯、加拿大、意大利、瑞士等国的大城市, 也在立体绿化工程建造和立体绿化种植技术研发上取得了丰硕成果。

近年来, 随着我国各项建设事业的快速发展, 城市绿化也逐步由平面向立体发展, 并取得了长足的进步<sup>[3]</sup>。北京出现了一批以长城饭店、首都宾馆为代表的屋顶绿化建筑, 2005 年政府出台了《北京市屋顶绿化规范》, 2006 年北京市屋顶绿化协会成立, 目前立体绿化处于全面推进阶段。上海于 2010 年在世博园举

行了世界屋顶绿化大会, 园区内 80% 以上的展馆设计了屋顶绿化, 近年来全市立体绿化建设量也在逐年递增。深圳推行“屋顶泼绿”政策, 建立标准化实施方案, 实现了城市立体绿化建设的组织化、科学化、规范化<sup>[2]</sup>, 目前已向建成国际一流城市绿化新格局的目标迈进。各大城市先后出台了相应的立体绿化技术导则, 开展试点工程建设, 实现了良好的生态效益、社会效益和经济效益, 立体绿化俨然已经成为我国城市绿化建设中不可或缺的主导力量<sup>[2]</sup>。

## 2 我国水土保持向立体绿化方向发展的必要性和必然性

立体绿化在改善景观、优化微环境、提升建筑品质等方面都有重要作用<sup>[4]</sup>。水土保持向立体绿化方向发展, 是土地资源有限性、生态文明建设、海绵城市建设的必然要求, 是水土保持现代化、城市水土保持、水土保持科技发展的必然结果。

(1) 土地资源有限性的要求。有限的绿地面积不能满足生态建设的需求, 为加快生态城市建设进程, 城市将大量土地用于绿化, 使城市用地高速扩张。如果不顾土地资源减少而盲目追求城市生态建设, 不仅违背土地有效利用和资源整合促进城市发展的原则, 还将产生更多的建筑垃圾破坏生态环境<sup>[4]</sup>。立体绿化正好能弥补这一缺点, 科学合理的立体绿化使植物向三维立体空间发展, 等面积甚至几倍地偿还建筑物所占面积, 从第三维度上提高绿化面积和绿化覆盖率, 增加绿量, 从另一角度提高人均绿地面积。立体绿化能有效减少绿化对土地资源的占用, 实现有限绿地面积的水土保持效益最大化, 对于解决当前城市或工程绿化

用地不足与急需增加绿化的矛盾有着积极的意义<sup>[5]</sup>。

(2)生态文明建设的要求。十八大以来中央对生态文明建设做出了顶层设计和总体部署,2012年十八大确立了突出生态文明建设的“五位一体”战略决策,2013年三中全会提出加快建立系统完整的生态文明制度体系,2014年四中全会要求用严格的法律制度保护生态环境。2015年4月出台的《中共中央 国务院关于加快推进生态文明建设的意见》,明确了落实顶层设计和总体部署的时间表和路线图,措施更具体,任务更明确;8月印发了《党政领导干部生态环境损害责任追究办法(试行)》,9月印发了《生态文明体制改革总体方案》,以生态文明为标志的发展时代已经全面开启。立体绿化能够通过改善小气候<sup>[6]</sup>、净化空气<sup>[7]</sup>、减少噪音和光污染<sup>[8]</sup>、丰富生物多样性<sup>[9]</sup>等来改善微环境,具有独特的生态效益,有利于推动生态文明建设。

(3)水土保持现代化和科技发展的要求。2015年10月国务院批复了《全国水土保持规划(2015—2030年)》,要求水土保持要为保护和改善生态环境、加快生态文明建设、推动经济社会持续健康发展提供重要支撑。在新形势下,水土保持工作应紧跟时代要求和步伐,开拓创新,为生态文明建设作出新的重要贡献。首先,水土保持应向国际化、现代化方向发展。相比传统平面绿化,立体绿化可以增加绿量,提高固碳量,达到节能减碳的目的;立体绿化形式多样,有丰富的表现力,可以增加水土保持工程的生机与活力,改善景观效果,提升工程品质。其次,水土保持科技已进入立足生态文明建设的交叉学科创新发展阶段。立体绿化应用到水土保持中,是建筑园林学、恢复生态学、植物学等学科与水土保持学科的融合创新,有助于解决当前水土保持科技的重大需求问题。近期水土保持关键技术的研发重点之一就是水土流失区的植被快速恢复与生态修复技术<sup>[10]</sup>,具体就是严重侵蚀劣地林草植被的立体配置模式与持续经营技术,经济、高效、抗逆性速生林草种的选育与快速繁殖技术。水土流失防治研究近年来愈加重视针对性与持续性,两个重要表现就是立地类型划分向微地形尺度细化、人工植被配置向单株尺度细化。而立体绿化在严重侵蚀劣地的林草植被恢复、尺度细化的空间拓展等方面都有相当独特的优势和广阔的应用前景。

(4)城市水土保持和海绵城市建设的要求。我国城镇化进程中的水土流失与水生态问题日益严重,水功能削弱,环境破坏和污染加重,城市生态环境恶化。一方面,城市建设施工产生扬尘,雾霾危害加重,热岛效应和极端天气增加,城市暴雨灾害加剧;另一方面,城市地表高度硬化增加地表径流,在水资源损失的同

时,泥沙淤堵排水管网,城市蓄水滞洪功能丧失,内涝加剧。全面推进城市水土保持和海绵城市建设,促进城市生态文明建设,避免和减轻灾害,保障经济社会可持续发展刻不容缓<sup>[11]</sup>。立体绿化通过减少径流、降低风速防止扬尘,减少地区土壤侵蚀量,改善城市的水土流失状况。此外,立体绿化像一块海绵,从第三维度增加植被覆盖,涵养天然降水,对地表径流具有截流、缓排、净化作用,可减少暴雨径流总量,延迟暴雨径流峰值出现时间,缓解暴雨带来的压力<sup>[12]</sup>。总之,立体绿化的应用,有助于水土保持由被动适应城市扩张转变为主动引导城市环境的健康发展,是城市水土保持和海绵城市建设的一个重要手段。

### 3 立体绿化在水土保持中的应用研究现状

水土保持有关立体绿化的研究集中在垂直绿化上,对屋顶绿化的研究几乎没有,结合城市水土保持、海绵城市建设的应用研究更少。而在垂直绿化的维度上,研究又仅仅局限在藤本植物在水土保持中的应用这一相对较窄的领域。研究者指出,藤本植物是垂直绿化的基础材料,适应性强,具有根系发达、涵养水源、管护简便等优点。藤本植物对开拓绿化空间、扩大绿化体量、丰富绿化形式、改善景观和环境质量有独特的利用价值和开发应用前景,广泛应用于园林绿化,国内外已有很多相关研究<sup>[13]</sup>。藤本植物起迅速覆盖、垂直覆盖作用,利用其保持水土是一个值得研究的方向<sup>[14]</sup>。关于藤本植物在水土保持中的应用,归纳起来有以下内容。

藤本植物应用范围主要是边坡生态防护、矿山采石场峭壁生态复绿、生态护堤等几个方面。①边坡生态防护:在荒山地陡坡和垂直陡壁、边坡水土保持工程等水土保持生态建设中,藤本植物具有能攀缘、适应性强、生长快的特点,能快速有效地发挥边坡绿化的生态防护效果,作为地被覆盖边坡生境具有较强的固坡保土能力和独特的生态美学效果,是边坡生态恢复的重要植物材料<sup>[15-17]</sup>。藤本植物应用于坚硬岩石边坡或土石混合边坡的垂直绿化,在无法种植乔灌木植物的地方能发挥很好的补空能力,具有投资少、占地少、美化效果好的优点。所以,在边坡绿化中应注重藤本植物的应用,充分发挥其独特的优势<sup>[18]</sup>。②矿山、采石场、公路峭壁生态复绿:在工程施工形成的山体断面绿化、煤矸石山绿化、公路边坡绿化等生产建设项目水土保持中,藤本植物种类繁多、生物量大、覆盖地表能力强、可减轻雨水对地表的冲击,在保持水土方面具有多重优势,有很好的推广价值和应用前景,其开发利用逐渐受到重视<sup>[13,19-20]</sup>。③生态护堤:堤防采用爬山虎植



物护坡技术是江河堤防复式断面结构戗台以上部位坡面植物护坡的首选<sup>[21]</sup>。相比传统护堤方法,藤本植物护堤技术具有工程造价低、易于施工、便于管理、防蚀效果好和美化环境的特点和优势,使防洪工程具有观赏性。总之,藤本植物对于荒漠化治理和采石场、矿区、公路边坡、堤防的水土保持及生态修复具有独特的作用<sup>[13,22-23]</sup>。

藤本植物的选择与配置。1) 选择原则:在高速公路边坡绿化<sup>[24]</sup>、煤矸石山绿化<sup>[20]</sup>、采石场石壁生态复绿<sup>[25]</sup>等各类边坡水土保持工程中,藤本植物选择要坚持适应性、生态性、景观性、节水性和经济性的原则,同时要重视乡土植物<sup>[23]</sup>。2) 适用种类:有关适用植物种类的研究较为单一,对爬山虎的研究比较多,其他较少。爬山虎在岩石坡面有较高的成活率,并且生长迅速,这些生态特性使其可以作为高陡岩面植被恢复(特别是干旱地区)的先锋植物;结合岩面钻孔、压缩型生长基质(生态块)种植,有助于爬山虎在岩石坡面生长;爬山虎绿化造价低、施工方便、维护简单,且对环境要求不高,能有效克服喷混植生绿化法的缺陷<sup>[26-27]</sup>。爬山虎是城市河段堤防护坡、江河堤防复式断面结构戗台以上部位坡面植物护坡的首选种类之一<sup>[21]</sup>。研究者还探索了爬山虎、野葛、栝楼、杠柳、蝙蝠葛 5 种攀缘植物在北方水土保持生态修复中的应用<sup>[13]</sup>。3) 配置:遵循生态优先、综合利用、长期效益、注重景观、因地制宜、适地适树与品种多样性的原则,结合立地条件,通过各品种的合理搭配,营造稳定、可持续发展的生物群落,以取得良好的生态效益<sup>[28]</sup>。具体说来包含以下内容:①不同绿化方式的配置<sup>[23,29]</sup>。主要有台阶式绿化、槽板式绿化、燕巢式绿化等。②不同坡度的配置<sup>[19]</sup>。在岩面条件下,藤本植物的攀附能力与攀附器官密切相关,能力大小依次为具吸盘类>具不定根类>具卷须类>缠绕类。在不采取辅助攀缘措施的情况下,近垂直的山体断面宜选用具吸盘类,中等坡度(30°~60°)的山体断面可选用具不定根类,低缓坡断面(30°以下)可选用具卷须类或缠绕类。③不同高度的配置<sup>[19,29]</sup>。低坡(10 m 以下)采用单向配置法,只需在断面底部种植;中坡(10~20 m)采用双向配置法,在断面基部和顶部同时种植藤本植物,上攀下垂;高坡(20 m 以上)采用多层配置法,除在基部和顶部种植外,在中部预置 V 形槽绿化。④不同平整度的配置<sup>[19,25]</sup>。质地坚硬且表面较光滑的山体断面宜选用具吸盘类,表面粗糙或有裂缝的山体断面可选用具不定根类或具卷须类。⑤不同基质的配置<sup>[19]</sup>。石质边坡断面绿化覆盖宜选用具吸盘类植物,泥质边坡断面则以具不定根类为佳。⑥不同立地条件(生境)的配置<sup>[19,28]</sup>。强光

照生境下宜配置喜光植物,北面坡选择耐阴植物,西面坡选择喜光、耐旱的植物,低且潮湿的地方宜利用耐湿性植物。⑦不同生物学特性的配置<sup>[28]</sup>。注意美化品种和环保品种的选择,上爬品种与悬垂品种相结合,常绿品种与落叶品种相结合,开花品种与常绿品种相结合,主动攀缘品种与被动攀缘品种相结合,速效与缓效品种相结合,固氮品种与非固氮品种相结合。

此外,对水土保持藤本植物的生物生态学特性和机理效应也有一些研究。研究藤本植物的生长特点和养分吸收规律,发现藤本植物生长的限制因子,有助于合理掌握藤本植物在水土保持生态环境中的应用尺度。王忠强<sup>[27]</sup>研究了自然生长的爬山虎的营养元素分布和季节变化规律、各种环境条件对爬山虎生长的影响,以及爬山虎在高陡岩面植被恢复中的应用。薛彦斌<sup>[30]</sup>采用生长指标和生理指标相结合的方法进行干旱胁迫试验,研究了山地城市边坡绿化中的 3 种藤本类地被植物的抗旱性。张朝阳等<sup>[31]</sup>利用坡面人工径流小区,对比了 10 种藤本植物地的植被覆盖度、径流量、土壤侵蚀量和土壤抗蚀性能,结果表明:与裸地相比,藤本植物可以增加地表覆盖度,减少降水径流量,降低土壤侵蚀量,其中以地枇杷、爬山虎、扶芳藤的效应最为明显;藤本植物还能提高土壤抗蚀性,其中地枇杷地土壤崩解所需时间最长,有效根密度最大,水土保持效果最好。

研究中提出几个需要引起注意的问题:①藤本植物在岩石坡面工程的应用中,夏季石壁高温灼烤会阻碍蔓梢的攀爬,因此在植物配置中要注意与其他乔、灌、草的相互配合遮挡,并注意其侵占性和绞杀性<sup>[23]</sup>。②需要进一步探索将生态与景观综合应用,营造以乡土植物为主,乔、灌、藤、草结合,生态系统较稳定且符合可持续发展规律的边坡植物群落,更好地利用植物间的互生关系进行更好的品种搭配<sup>[29]</sup>。③南方山区粗壮的藤本植物可能会引起山体滑坡,导致水土流失,应充分认识和重视南方山区藤本植物对水土保持的负面影响,做好这一类型灾害的防灾减灾工作<sup>[32]</sup>。

#### 4 未来研究方向

在新时期国家加快转变经济发展方式、推进生态文明建设的现代化转型形势下,实现水土保持现代化关注立体绿化很有必要。将立体绿化引入水土保持,是平面水土保持向立体水土保持、单一水土保持向多元水土保持转变的过程。

但是,根据现代水土保持的要求,对立体绿化的研究还远远不够。未来在水土保持领域,建议在增加垂直绿化研究深度的同时开展屋顶绿化的研究,以充分

发挥空间利用潜能,在有限的空间内多维度拓展水土保持的空间,丰富水土保持的形式。今后水土保持立体绿化研究中值得注意的方向和难点有:①继续深入研究藤本植物在水土保持中的应用,重点结合不同立地条件(水分、土壤)或不同水土保持类型区做出优化科学的立体绿化配置。②结合城市水土保持和海绵城市建设,开展立体绿化的水土保持效应评价,注重体现综合性与社会性。③研究立体绿化的土壤侵蚀机理,增加试验投入,通过结合人工模拟降雨等试验方法,测量径流量、径流系数、泥沙浓度及产沙量,探讨不同立体绿化方式下的水土保持效果。④出台相应的法律、规范及标准。借鉴国外规定城市必须营造“生态墙”、将屋顶绿化纳入城市发展硬性指标等经验<sup>[33]</sup>,在水土保持工程中增加立体绿化的单项指标。如根据实际,在需要提高水土流失防治标准等级的地区,在6项指标基础上增加立体绿化的单项指标。⑤在立体绿化数量和水土保持效果达到的前提下,注意从空间布局和功能状态方面实现对人的满足程度和绿地可达性等。

#### [参考文献]

[1] 马丽荣.杭州上城区立体绿化景观优化设计研究[D].杭州:浙江农林大学,2012:12.

[2] 刘双月.现代城市立体绿化设计研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2011:2-4.

[3] 朱胤齐.我国立体绿化研究现状分析[J].中国城市林业,2015,13(2):27-29.

[4] 张甜.墙体绿化在园林中的应用研究[D].长沙:中南林业科技大学,2013:4,19-23.

[5] 吴玉琼.垂直绿化新技术在建筑中的应用[D].广州:华南理工大学,2012:13.

[6] 大卫·劳埃德·琼斯.建筑与环境——生态气候学建筑设计[M].王茹,贾红博,贾国果,译.北京:中国建筑工业出版社,中国轻工业出版社,2005:3.

[7] 日本建筑学会.建筑与城市空间绿化规划[M].蔡于胜,译.北京:机械工业出版社,2005:10.

[8] MELBY P, CATHCART T.可持续性景观设计技术:景观设计实际运用[M].张颖,李勇,译.北京:机械工业出版社,2005:2.

[9] 何柳娟.提高城市绿化覆盖率的有效途径——垂直绿化——以柳州市垂直绿化现状为例[J].企业科技与发展,2011(2):41-44.

[10] 曹文洪,刘国彬,鲁胜力,等.我国水土保持科技近期进展与展望[J].中国水土保持,2013(5):14-18.

[11] 姜德文.城镇化进程中的水土流失与生态环境新问题[J].中国水土保持,2014(1):1-3.

[12] 和晓艳.屋顶绿化的相关技术研究[D].南京:南京林业大学,2013:30-33.

[13] 胡振华,王电龙.攀援植物在北方水土保持生态修复中的应用[J].水土保持通报,2007,27(1):99-101.

[14] 方万泉.利用藤本植物保持水土[J].水土保持研究,2002,9(2):158.

[15] 张朝阳,周凤霞,许桂芳.藤本植物在边坡生态恢复中的应用[J].水土保持研究,2007,14(4):462-464.

[16] 唐丽.论藤本植物的造景功能[J].林业调查规划,2006,31(1):150-153.

[17] 王元军.公路边坡绿化中藤本植物的选择[J].特种经济动植物,2005(7):32.

[18] 张成梁.山西阳泉自然煤矸石山生境及植被构建技术研究[D].北京:北京林业大学,2008:121.

[19] 李根有,屠娟丽,袁建国,等.山体断面绿化植物的选择、配置及种植措施[J].浙江林学院学报,2002,19(1):95-99.

[20] 杨主泉,胡振琪.藤本植物在煤矸石山绿化中的应用[J].林业调查规划,2006,31(5):142-144.

[21] 刘永贵.江河复式断面结构堤防采用爬山虎植物护坡技术[J].吉林水利,2006(2):36-39.

[22] 夏江宝,许景伟,赵艳云.我国藤本植物的研究进展[J].浙江林业科技,2008,28(3):69-74.

[23] 高丽霞,吴焕忠,刘水,等.藤本植物在边坡水土保持工程中的应用[J].中南林业调查规划,2006,25(1):23-25.

[24] 王永林.高速公路边坡绿化中藤本植物的选择与应用[J].公路,2011(9):233-235.

[25] 郑伟忠.藤本植物在浙江采石场石壁生态复绿中的应用[J].黑龙江农业科学,2010(3):74-76.

[26] 徐如阁,王洪兴,高超.爬山虎在高陡边坡绿化中的应用[J].安全与环境工程,2009,16(4):35-37.

[27] 王忠强.攀援植物爬山虎生长特性及其在高陡岩面植被恢复中的应用[D].杭州:浙江大学,2008:95.

[28] 陈晓春,陈阳春,王冬梅.攀缘植物在广东废弃采石场复绿中的应用[J].广东农业科学,2009(5):153-157.

[29] 沈彦,沈文雅.藤本植物在深圳采石场边坡生态修复中的应用[J].亚热带水土保持,2012,24(2):40-41,56.

[30] 薛彦斌.三种藤本地被植物抗旱性及在边坡绿化中的应用研究[D].重庆:西南大学,2010:18.

[31] 张朝阳,许桂芳,周凤霞,等.10种藤本植物边坡水土保持效应研究[J].中国水土保持,2008(10):39-41.

[32] 林胜.南方山区粗壮藤本植物对水土保持的负面影响[J].中国水土保持,2015(1):36-38.

[33] 林贤光.把从大自然索取来的还回去——论推广立体绿化的重要意义[C]//第十三届中国科协年会第20分会场:生态文明视域中的城市发展研讨会论文集.天津:2011:4.

[作者简介] 潘星慧(1982—),女,山东昌乐县人,工程师,硕士,主要从事水土保持研究工作。

[收稿日期] 2016-05-19

(责任编辑 徐素霞)