

ICS 65.040.40

CCS B 65

CSF

团 体 标 准

T/CSF—XXXX-2026

山东省高速公路绿化固碳植物配置与养护指南

Guidelines for Carbon-Sequestering Plant Configuration and
Maintenance of Expressway Greening in Shandong Province

2026- XX - XX 发布

2026 - XX - XX 实施

中 国 林 学 会 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总体原则与设计理念 2

5 典型空间绿化固碳植物配置 3

6 绿化固碳植物养护管理体系 5

附录 A（资料性）常见碳汇能力较强绿化树种 7

附录 B（资料性）常见绿地主要群落类型固碳效能表 8

附录 C（资料性）山东省典型公路路域碳汇提升配置组合列表 9

参考文献 10

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由山东高速基础设施建设有限公司提出。

本文件由中国林学会归口。

本文件起草单位：山东高速基础设施建设有限公司、交通运输部科学研究院、北京林业大学、山东高速董梁沈新高速公路有限公司、济南市济阳区公路事业发展中心、海南省交通投资集团有限公司、中国建设基础设施有限公司、吉林省吉高科技创新研究院有限公司、江西省交投养护科技集团有限公司、北京绿色交易所有限公司。

本文件主要起草人：高立勇、胡晋茹、王清明、陆旭东、黄华国、薛志超、于强、张晓霞、祝少纯、牛腾、常发岗、张启斌、王鹏程、黄元、商淑杰、赵红、董锐、刘庆阳、侯伟、吴永红、朱世超、王福瑛、张建亮、张永康、范晓华、王辉军、姚建成、申发义、鲁亚霜、肖飞、杨伟明、马雅利、张定锋、张轩瑜、张晓、郝建文、丁占胜、徐长靖、王志文、韩成博、闫凝、苏晓健、李永健。

山东省高速公路绿化固碳植物配置与养护指南

1 范围

本文件提供了山东省高速公路绿化固碳植物配置与养护的总体原则、设计理念、典型空间绿化植物配置及绿化固碳植物养护管理体系等内容。

本文件适用于山东省高速公路绿化固碳植物的配置与养护管理,其他等级公路绿化可参照。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 15776 造林技术规程

GB/T 38582 森林生态系统服务功能评估规范

LY/T 1607 造林作业设计规程

LY/T 2252 碳汇造林技术规程

CCER-14-001-V01 温室气体自愿减排项目方法学 造林碳汇

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高速公路绿化 **expressway greening**

在高速公路用地红线范围内通过栽种植物改善环境的活动。指在高速公路两侧或中央带上进行植被种植,以形成绿化带,美化环境,改善空气质量,减少噪音污染,提供生态功能和服务。

3.2

中央分隔绿化带 **central strip greening**

上下行车行道之间中央分隔带内空地的绿化。

3.3

路侧绿化 **roadside greening**

公路整体式路基的路肩边缘至用地红线内,或分离式路基最外侧路肩边缘至用地红线内,除去边坡生态防护以外的带状绿化。

3.4

边坡绿化 **slope greening**

在路基挖方、填方边坡坡面栽植植被，实现固土护坡与生态修复的绿化工程。

3.5

互通立交及附属绿地 **interchange and ancillary green space**

针对公路互通式立交区域（包括匝道围合区等）以及服务区、停车休息区等附属设施，实施的以交通安全、生态修复与景观优化为核心功能的植被建设工程。

3.6

碳汇 **carbon sink**

通过植被光合作用、土壤固存等方式吸收大气中的二氧化碳，并将其固定在植被或土壤中，从而减少大气二氧化碳浓度的过程、活动或机制。

[来源：LY/T 2252 碳汇造林技术规程，有修改]

3.7

碳库 **carbon pools**

碳库是生态系统中存储碳的部分，在核算陆地生态系统碳汇时，需考虑核算边界内生态系统不同碳库的碳储量变化。

[来源：CCER-14-001-V01 温室气体自愿减排项目方法学 造林碳汇，有修改]

3.8

碳储量 **carbon storage**

时空维度明确的存量表征指标，指特定时间点某碳库内碳元素的绝对存储量。

3.9

土壤有机碳 **soil organic carbon**

土壤有机碳为以有机质形式储存于土壤中的碳，包括碳水化合物、蛋白质、脂类等，其来源包括植物凋落物、根系分泌物、微生物残体等。

[来源：CCER-14-001-V01 温室气体自愿减排项目方法学 造林碳汇，有修改]

3.10

有害生物 **pests and diseases**

任何对植物或植物产品造成伤害、疾病传播或经济损失的植物、动物或病原体。

4 总体原则与设计理念

4.1 安全增汇原则

高速公路绿化应将交通行车安全放在首要位置。在严格保障行车视线、净空要求及防眩功能的前提下，优化植被的碳汇效益。树种选择应考量植物的物理机械韧性，严禁选用材质松脆、易发生风折断枝的植物，防止枝丫掉落路面引发交通事故。

4.2 空间增效原则

遵循群落生态学原理,充分挖掘高速公路的路侧、边坡及互通立交等有限土地资源潜力。因地制宜构建“乔-灌-草”复层立体群落结构,提升单位土地面积的空间利用率与生态储碳效能。

4.3 适生抗逆原则

优先选择适应山东省气候特征(如耐寒、耐旱、耐盐碱等),且抗污染(特别是耐汽车尾气、耐粉尘)能力强的乡土植物。当本地树种抗逆性不足以应对极端路域环境时,为保障绿化成活率及防护效果,可适度引入经过引种驯化且表现优异的外地高抗逆树种。

4.4 长效调控原则

建立基于植物最优年龄阶段的动态绿化管护机制。根据路域植物不同生长阶段的碳汇特性与抗风折能力,科学实施群落密度调控与长势调节,保持绿化群落处于高效固碳与结构稳固的青壮年期,防范树木老化带来的倒伏和断枝隐患。兼顾冬季道路景观的常绿树种配置,并采取有效的根系锚固与工程措施,严防因边坡水土流失引起的碳损失。

5 典型空间绿化固碳植物配置

5.1 碳汇导向的路侧绿化

5.1.1 路侧绿化

路侧绿化在严格保障公路行车净空及交通安全的前提下,依据 GB/T 15776 和 LY/T 1607 的相关规定,充分挖掘路侧线性空间的碳汇潜力。

5.1.2 路肩外延空间

对于路肩外延空间充裕的路段,构建“乔-灌-草”复层立体群落结构。林带配置应引入疏透度作为评价指标,合理设定郁闭度上限,严防因过度密植导致植物头重脚轻而引发大面积风折倒伏风险:

- a) 上层选用抗风折能力强、枝干韧性好的乡土乔木作为群落骨架,利用其占据垂直空间优势,在建设初期快速形成碳汇基底,常见固碳树种参考附录 A;
- b) 林下配置耐阴性强、抗汽车尾气污染的灌木,有效填充乔木下层的生态位空缺,增加群落的垂直叶面积指数和整体碳密度;
- c) 底层满铺具有生物固氮功能的豆科植物或多年生耐旱地被,在防止因水土流失造成的土壤碳库流失与碳泄漏的同时,通过生物固氮改善土壤肥力。

5.1.3 受硬路肩外侧空间

对于受硬路肩外侧空间严格限制的窄路段,采用“灌木+地被”的配置结构:

- a) 选用深根性、抗污染的乡土灌木。在确保不侵入行车界限的前提下实施带状种植,形成防风阻沙与碳汇协同的绿色屏障;
- b) 选用根系发达、耐踩踏的地被护土植被,强化对路基边沟区域的土壤固持,防止水土流失造成的碳泄漏。

5.2 碳汇导向的边坡绿化

边坡绿化应根据边坡的地质类型、坡度及稳定性，采取差异化的生态修复措施，在实现稳坡固土的基础上，强化植物根系对土壤有机碳的锚固作用。

5.2.1 土质填方边坡

土质填方边坡采用灌草混播结构，构建地上防冲刷、地下储碳的稳定生态系统：

- a) 充分考虑边坡客土等特殊立地条件，选用株型相对矮小、固坡能力验证可靠且耐贫瘠的乡土灌木进行植物配置，结合发芽迅速、分蘖能力强的禾本科草本进行混合喷播；
- b) 利用灌木深层根系锚固深层土壤有机碳，利用草本须根系快速网结表层土壤，形成复合根系网络，显著降低坡面径流对土壤碳库的剥蚀。

5.2.2 岩质挖方边坡

岩质挖方边坡采用垂直增汇绿化结构：

- a) 利用藤本植物的攀援、缠绕或吸附特性，结合坡面挂网喷播、坡脚槽植牵引等工程措施进行垂直绿化；
- b) 在缺乏土壤基质的岩石坡面，通过藤本植物的垂直覆盖，在极端立地条件下创造增量碳汇。

5.3 碳汇导向的中央分隔带绿化

鉴于中央分隔带土壤贫瘠、空间狭小及路面高温辐射等特殊生境，构建能够适应恶劣生境的低能耗植物群落，从源头上减少后期频繁修剪、灌溉及施肥产生的间接碳排放。

中央分隔带植被配置要求：

- a) 不应选用高大乔木，宜选用枝干韧性强、不易风折且抗病虫害能力强的常绿灌木或小乔木，防范断枝掉落车道影响行车安全；
- b) 依据中央分隔带实际的有效宽度，合理采用单排或双排种植模式，控制适宜的种植密度。利用常绿植物保障冬季道路景观的连续性，同时降低养护频次；
- c) 在满足防眩及净空要求的宽分隔带路段，可在灌木基底上点缀抗逆性强的小乔木或观花灌木，丰富群落垂直结构，提升分隔带的生物量密度与景观碳汇效益。

5.4 碳汇导向的互通立交绿化

互通立交区绿化应结合交通视线引导功能，在匝道围合的开阔区域及非视距影响区，构建结构复杂、功能稳定的近自然混交林群落：

- a) 宜以长寿命的乡土乔木为建群种，混交色叶树种或速生树种；
- b) 科学设定造林密度，适度提高配置密度的下限阈值，造林密度的调控需兼顾植物的机械稳定性，通过合理的林分密度控制，确保林木的高径比控制在 80 以内，严防因高径比过大引发的风折、雪折等自然灾害隐患；
- c) 通过深根系与浅根系植物的科学搭配，充分挖掘地下土壤空间的储碳潜力，提升群落的碳汇韧性。

在互通立交匝道区内，宜种植低矮地被植物或修剪整齐的草坪，并确保植被覆盖度达到 80% 以上，防止因水土流失引起的碳排放，兼顾交通视线安全与生态覆盖。

各群落类型固碳效能评估参见附录 B

5.5 绿化固碳技术指标

山东省高速公路典型区域的绿化植物配置，参照表 1 执行。相关苗木规格及种植质量

应符合 GB/T 15776 的合格标准。
不同气候地理分区碳汇提升植被组合参考附录 C。

表 1 山东省高速公路绿化典型固碳配置技术指标表

绿化区域	适用条件	推荐配置策略	关键技术参数（建议值）	碳汇功能与安全目标
路侧	空间充裕路段	复层立体群落 （乔+灌+草）	乔木株距宜为 3.0m~4.0m；植物冠幅要求小于 5m；引入疏透度评价	提升单位面积碳储量，协同防风降噪
	空间受限路段	灌草防护带 （灌木+地被）	灌木覆盖度≥60%	净化尾气，固持路肩土壤，防止碳泄漏
边坡	土质边坡	灌草混播 （深根灌木+草本）	灌草种子配比依边坡坡度与客土特性设定	优先稳固边坡，根系锚固减少水土流失造成的碳流失
	岩质边坡	垂直覆盖绿化 （藤本植物）	结合坡面挂网或槽植牵引工程	拓展垂直绿化空间，增加岩石表面碳捕获
中央分隔带	全路段	抗逆防眩绿篱 （耐旱常绿灌木/小乔木）	高度 1.6m~1.8m；植物冠幅要求小于 1.25m；视空间有效宽度采用单排或双排种植	保障冬季景观与交通防眩，降低管护碳排放
互通立交	围合区	近自然混交林 （乡土乔木混交）	适度提高造林密度下限；目标郁闭度严格控制在 0.6~0.8 之间	兼顾林木稳定性防大风倒伏，提升地上地下综合碳储量

6 绿化固碳植物养护管理体系

6.1 灌溉

宜采用滴灌、微喷灌或渗灌等精准节水系统，替代大水漫灌。
结合不同气候季节与植物需水规律科学设定灌溉频次，提高水资源利用效率，减少输水及灌溉过程中的能源碳排放。
在互通区、服务区视条件设置雨水收集系统，循环利用雨水资源。

6.2 有机物覆盖

对有机覆盖物进行合理利用，推行地表覆盖技术。利用粉碎后的修剪枝叶、树皮碎屑或农林废弃物对乔灌木树盘进行覆盖。

6.3 松土

适度进行松土与透气作业。松土应避开高温及暴雨时段，防止加剧土壤呼吸或水土流失。对于土壤板结区域，宜结合施用有机肥进行浅层松土，在改善土壤透气性的同时保护植物根系，促进根系固碳。

6.4 除草

T/CSF XXXX-2026

生长季仅对恶性竞争杂草进行清除,避免过度翻耕导致土壤结构破坏和有机碳矿化释放。非生长季保留地表枯草层,以减少土壤水分蒸发和风蚀造成的碳流失。

6.5 施肥

增施有机碳肥调整施肥结构,大幅减少化学氮肥使用,重点推广使用腐熟有机肥、生物炭基肥及微生物菌肥。采用穴施或沟施深埋方式,减少肥料挥发损失。结合植物生长节律,在生长季末期增施有机肥和磷钾肥,促进植物根系发育和光合产物向地下部分的转移与固存。

6.6 修剪

修剪以最大化保留生物量为原则,避免过度的人工造型。

中央分隔带应适度减少绿篱修剪频次和强度,避免因重剪导致叶面积指数剧减。

路侧及边坡除遮挡交通标识、侵入行车限界或存在倒伏风险的枝条外,乔木宜维持自然树形,灌木应保留株高 $1/3$ 以上。

6.7 灾害防治

虫灾防治应通过种植蜜源植物等构建自控生态平衡系统,确需用药时优先选用植物源或矿物源农药,避免破坏土壤固碳功能。

针对大风、暴雪等极端气象灾害,应提前采取物理支撑锚固及枝条梳理措施,严防风折、雪折造成的生物量损失。

加强秋冬季防火管理,及时清理易燃堆积物,严防火灾导致的碳库突发性损失。

6.8 废弃物资源化利用

不应就地焚烧修剪产生的枝叶。修剪物粉碎后宜作为有机肥料或地表覆盖物就地回归绿地,实现闭环碳循环,减少养护过程中的碳泄漏。

6.9 监测评估

开展绿化植物固碳效能的常态化动态监测与评估。

6.10 修复与补植管理

建立基于区域目标覆盖度的动态补植机制。

当绿化群落的实际地表覆盖度低于设定的目标覆盖度,或乔木存在连续缺株时,在适宜季节及时启动补植。补植优先选用同规格或碳汇能力更强的相近乡土树种,参考附录 A。

补植过程应落实扩穴保墒等配套措施,确保成活率达到 95%以上,减少因苗木死亡和反复施工造成的碳排放与资源浪费。

附 录 A
(资料性)
常见碳汇能力较强绿化树种

常见碳汇能力较强绿化树种见表 A.1。

表 A.1 常见固碳能力较强绿化树种表

类型	碳汇能力较强树种
常绿乔木	侧柏、大叶女贞
落叶乔木	白蜡（大叶白蜡）、栾树、国槐（含金叶国槐、龙爪槐）、榆树（含垂榆）、杨树（新疆杨、银中杨、加杨）、泡桐、桑树、楸子、山槐
灌木及小乔木	榆叶梅、碧桃（含紫叶碧桃、红花碧桃）、紫叶稠李、紫荆、黄刺玫、文冠果、火炬树、石榴、火棘、风箱果、长白忍冬、白杜、鸡树条荚蒾、大叶黄杨（冬青卫矛）
藤本植物	五叶地锦、爬山虎、扶芳藤（含小叶扶芳藤）、紫藤、凌霄、木通、常春藤
竹类	早园竹、淡竹
注：以上所列植物为适宜山东气候与立地条件，具有较高碳汇潜力的绿化植物。在实际公路绿化工程配置中，应严格遵循“适地适树”原则进行选择与应用。	

附 录 B
(资料性)
常见绿地主要群落类型固碳效能表

常见绿地主要群落类型固碳效能参见表 B.1。

表 B.1 常见绿地主要群落类型的碳汇效能相对水平评估

群落类型	垂直结构	碳汇效能相对水平	结构配置引导建议
常绿乔木林	乔灌草	高	结构复杂，常绿叶面积指数大，推荐空间充裕区采用
常绿乔木林	乔灌 / 乔草	较高	结构相对单一，适用于空间受限或视距引导区
常绿落叶混交林	乔灌草	较高	季相变化丰富，兼顾景观与碳汇，推荐互通区采用
常绿落叶混交林	乔草	中等	地下碳汇潜力未充分挖掘，宜适当增加下层灌木
落叶阔叶林	乔灌草	高	生长季碳汇功能活跃，落叶期增加土壤碳汇输入
落叶阔叶林	乔灌	较高	具备较好的垂直空间利用率，适宜路侧及边坡
落叶针叶林	乔灌草	中等	相比单层针叶林空间利用率更优，推荐困难立地采用
落叶针叶林	乔灌/乔草	较低	碳汇总量相对有限，主要用于特定景观营造

注：本表参照《森林生态系统服务功能评估规范》（GB/T 38582）等相关标准。在同等立地条件下，群落结构越复杂（如乔灌草复层结构），其空间资源利用率越高，整体碳汇效能通常优于结构单一的群落。

附 录 C
(资料性)

山东省典型公路路域碳汇提升配置组合列表

山东省典型公路路域碳汇提升配置组合参见表 C.1。

表 C.1 山东省碳汇提升典型配置组合

区域分区	绿化位置	推荐植物	搭配策略
鲁西北及内陆平原区	中央分隔带	紫穗槐、大叶黄杨（冬青卫矛）、高羊茅	抗逆灌木绿篱 + 耐旱草坪
	边坡	怪柳、紫穗槐、狗牙根	耐盐碱先锋灌木 + 乡土地被
	互通立交区	国槐、白蜡、西府海棠、波斯菊	乡土高大乔木 + 花灌草复合群落
鲁中南山地丘陵区	中央分隔带	小叶女贞、木槿、早熟禾	乡土耐修剪灌木 + 护土草坪
	边坡	荆条、酸枣、胡枝子、画眉草	乡土深根灌木 + 护坡草本
	互通立交区	侧柏、栾树、连翘、二月兰	旱生常绿与落叶乔木混交 + 节水地被
胶东及沿海地区	中央分隔带	蜀桧（矮化修剪）、海桐、结缕草	耐海潮风灌木绿篱 + 抗逆草坪
	边坡	怪柳、单叶蔓荆、白茅	抗风耐盐碱灌木 + 乡土固沙草本
	互通立交区	黑松、楸子、紫薇、常春藤	抗海风针阔混交林 + 立体覆盖群落

注：数据参数来源自《陆地生态系统碳汇核算指南》《公路环境保护设计规范》等标准和文献。

参 考 文 献

- [1] LY/T 2253 造林项目碳汇计量监测指南
 - [2] GB/T 46105 陆地生态系统碳汇核算指南
 - [3] JTG B04-2010 公路环境保护设计规范
 - [4] JTG 5110-2023 公路养护技术标准
-