

ICS 01.040.41

CCS A 22

CSF

团 体 标 准

T/CSF 0148-2026

西北土石山区华北落叶松人工林节水单株经营技
术规程

Technical specification for water-saving single-tree management of *Larix
gmelinii* var. *principis-rupprechtii* plantation in the mountainous areas of
Northwest China

2026-03-25 发布

2026-03-25 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 通用要求	2
5 节水单株经营技术	4
6 不同经营阶段的经营措施	6
7 年度作业设计编制	8
参考文献	11

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第一部分：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。

本文件由中国林学会提出并归口。

本文件起草单位：中国林业科学研究院森林生态环境与自然保护研究所、宁夏农林科学院固原分院、固原市六盘山林业局、固原市原州区林业和草原局。

本文件主要起草人：于澎涛、李佳梅、王彦辉、余治家、王双贵、郑小义、董克库、韩宏、王正安、胡永强、李卓、殷爱萍、袁彩霞、樊亚鹏、余萍、刘泽彬、徐丽宏、王晓、万艳芳、马杰、贾宝光、徐秀琴、王利霞。

西北土石山区华北落叶松人工林节水单株经营技术规程

1 范围

本文件规定了华北落叶松(*Larix gmelinii* var. *principis-rupprechtii*)人工林节水单株经营的通用要求、节水单株经营的技术方法、不同阶段的经营措施、年度作业设计的内容和要求。

本文件适用于华北落叶松人工林针对木材生产功能以及林地产水功能的节水单株经营。

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 15781	森林抚育规程
GB/T 38590	森林资源连续清查技术规程
LY/T 1646	森林采伐作业规程
LY/T 1690	低效林改造技术规程
LY/T 1897	华北落叶松人工林经营技术规程
LY/T 2908	主要树种龄级与龄组划分
DB15/T 2082	华北落叶松大径材培育技术规程
T/CSF 004	西北地区土石山区华北落叶松人工林多功能经营技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

空间结构单元 **spatial structure unit**

指林分中每株林木（参照木）与其 n ($n \geq 2$) 株最近相邻木组成的结构单元。对象木与其最近4株相邻木构成的结构单元称为目标树的**最佳空间结构单元**。

3.2

林木空间结构参数 **spatial structure parameters of trees**

指基于最佳空间结构单元、用于描述林木受到的竞争压力、优势程度和林木拥挤程度的参数，包括Hegyí竞争指数、优势度和拥挤度。

3.3

林木优势度 **tree dominance**

用于反映林木在其空间结构单元中垂直方向的优劣程度，表示为对象木的树高与其所有相邻木树高的比值的均值，计算方法应按照 5.2 中规定的公式进行。

3.4

Hegy 竞争指数 Hegyi competition index

用于描述对象木在其空间结构单元中受到相邻木的竞争压力的参数，计算方法应按照 5.2 中规定的公式进行。

3.5

拥挤度 crowded degree

用于反映对象木在其空间结构单元中与相邻木的拥挤程度，表示为对象木与其所有相邻木的距离与冠幅的比值的均值，计算方法应按照 5.2 中规定的公式进行。

3.6

大径材 large-size timber

华北落叶松大径材（主伐时，不限林龄）是指小头去皮直径 ≥ 30 cm、长度 ≥ 4 m的原木。其中，优质大径材胸径 ≥ 55 （50 - 60）cm。

[来源：T/CSF 004-2020，8.4]

3.7

人工林经营管理阶段 plantation management stage

综合考虑林分密度、林分郁闭度、林龄范围以及林分平均胸径，将人工林的经营管理划分为四个阶段：森林建群阶段、竞争生长阶段、质量选择阶段和近自然森林阶段。并将质量选择阶段进一步划分为目标树选择阶段和大径材培育阶段。

3.8

目标树选择阶段 target tree selection stage

目标树选择阶段是指人工林由竞争生长阶段进入明显分化阶段后，林分内优势木和被压木能够清晰识别，通过结构调控初步确立目标树群体的经营阶段。

3.9

大径材培育阶段 large-diameter timber cultivation stage

大径材培育阶段是指在目标树已经确立的基础上，通过持续释放目标树生长空间、优化林分结构，加快目标树径向生长，以培育大径材为主要目标的经营阶段。

3.10

稳定生长阶段 stable growth stage

在华北落叶松人工林因天然更新长期不足而无法满足近自然森林阶段要求时，通过人工调控维持林分结构与功能稳定的人工林经营阶段。

3.11

节水单株经营 water-saving single-tree management

基于单株尺度的林木蒸腾耗水以及林木生长规律，通过优化调控目标树比例以及目标树密度，实现森林结构稳定、林分耗水减少、大径材丰产的多目标森林经营方式。

4 通用要求

4.1 立地类型选择

在华北落叶松适宜栽培区内，选择立地指数等级为I和II的优良立地，实施围绕目标树进行的节水单株经营。具体立地类型划分、立地指数计算以及功能重要性排序遵守T/CSF 004中的附录B规定的要求。

4.2 林木分类

按照GB/T 15781-2015中5.1的规定，并根据林木在林分中的生长状态，将林木划分为：

- a) 目标树：干形通直、生长旺盛、具有持续培育潜力的优势木或亚优势木；
- b) 干扰树：树冠与目标树重叠，导致目标树过度整枝或偏冠的亚优势木；以及树干离目标树的距离太近的平均木和被压木；
- c) 采伐树：应从干扰树中选定，优先采伐对目标树生长影响最大、距离最近、干形差（如分叉低、侧枝粗大、树干弯曲等）以及有病虫害的个体；
- d) 其他树：林分中除了目标树、干扰树之外的其它林木，均为其它树。

4.3 林木分级

基于GB/T 15781-2015中5.2的规定，根据林木在林分中的竞争压力，将林木划分为优势木、亚优势木、平均木和被压木4个等级，具体划分标准见5.3。

4.4 经营阶段划分

在华北落叶松人工林天然更新长期不足的条件下，将其经营管理划分为建群阶段、竞争生长阶段、质量选择阶段（包括目标树选择阶段、大径材培育阶段）、稳定生长阶段。不同经营阶段的划分标准和主要特征如表1所示。

表 1 华北落叶松人工林不同经营阶段特征

阶段划分	可参考 林龄/a	郁闭度	林分密度 株/ha	林分平均胸径 /cm	主要特征
建群阶段	<10	-	2000~2800	2~5	林木个体矮小，林冠尚未郁闭，蒸散耗水相对较低
竞争生长阶段	10~20	0.6~0.8	1600~2500	5~10	林冠开始郁闭，个体出现生长分化，竞争逐渐加剧，蒸散耗水增加
质量选择阶段 (目标树选择阶段)	21~40	0.6~0.8	1100~1200	11~20	林分完全郁闭，生长分化加剧，优势木出现，蒸散耗水增加
质量选择阶段 (大径材培育阶段)	41~50	0.6~0.8	530~800	21~30	林木垂直分层基本形成，优势木占据主导地位且接近目标胸径，蒸散耗水显著增加
稳定生长阶段	>50	0.55~0.65	240~450	>30	林分结构稳定，林木稳定缓慢生长，林地产水潜力恢复性提高

注：本文件所述生长阶段为经营管理阶段，用于指导节水单株经营决策，不作为森林资源连续清查中的龄级或龄组划分依据。林分调查与统计仍应符合 GB/T 38590 和 LY/T 2908 的相关规定。

4.5 经营目标

- a) 通过调控林分郁闭度及林木高径比，构建结构稳定的林分；
- b) 以优质大径材为导向，优化目标树比例和空间配置，提升林分木材生产功能；

- c) 通过间伐去除干扰树，减少目标树的水分竞争，降低林分无效耗水；
- d) 在保障林分结构稳定前提下，协同增强木材生产和林地产水功能。

4.6 间伐抚育方式

- a) 森林间伐、修枝等抚育作业应符合GB/T 15781-2015中第6章和第7章的规定；
- b) 采取以目标树为核心的单株经营措施；
- c) 间伐作业以保证目标树生长空间为核心，保证目标树间冠幅不重叠，即株间距大于冠幅直径。成熟目标树的冠幅直径可按其胸径的14倍估算。[来源：T/CSF 004-2020]

4.7 间伐强度和间隔期

间伐强度应使间伐后的林冠郁闭度不低0.6。采用少量多次的间伐策略，两次间伐相隔3a~5a，每次采伐株数比例控制在10~20% [来源：T/CSF 004-2020]。

5 节水单株经营技术

5.1 林分现状调查方法

在建立调查样地时，确保样地的每条边线向外至少有成熟林树高一倍以上宽度的缓冲区，缓冲区内林木只作为相邻木，不作为目标树，样地边线以内为样地的核心区。全面调查并记录样地内所有林木的位置坐标以及胸径、树高、枝下高、冠幅等常规的林木结构指标。

5.2 林木空间结构计算方法

5.2.1 林木优势度

林木优势度 (DOM_i) 反映某株树 i 在空间结构单元中垂直方向的优劣程度，按式 (1) 计算：

$$DOM_i = \frac{H_i - \bar{H}}{\bar{H}} \dots\dots\dots (1)$$

式中： H_i 为某株树 i 的树高 (m)； \bar{H} 为包括某株树和所有相邻木在内的林木平均树高 (m)。

5.2.2 林木竞争指数 (Hegyi 竞争指数)

用 Hegyi 竞争指数 (HCI_i) 表示某株树 i 在空间结构单元中受到最近 4 株相邻木的竞争压力，竞争指数值越大，受到的竞争压力越大，在空间结构单元中越处于劣势地位，按式 (2) 计算：

$$HCI_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 \frac{D_j}{D_i d_{ij}} \dots\dots\dots (2)$$

式中： D_j 为相邻木 j 的胸径 (cm)； D_i 为某株树 i 的胸径 (cm)； d_{ij} 为树木 i 与相邻木 j 的水平距离 (m)。

5.2.3 林木拥挤度

林木拥挤度 (K_i) 表示某株树 i 在空间结构单元中和最近 4 株相邻木的冠幅覆盖距离与对应树木之间水平距离的比值，按式 (3) 计算：

$$K_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 \frac{CW_{ij}}{d_{ij}} \dots\dots\dots (3)$$

式中， K_i 为某株树*i*在所处空间结构单元中的拥挤度（密集指数）； CW_{ij} 为某株树*i*的冠幅半径和相邻木*j*的冠幅半径之和（m）； d_{ij} 为某株树*i*与相邻木*j*之间的水平距离（m）。当 $K_i=1$ 时，说明某株林木的树冠和其它相邻木的林冠相切或基本连续；当 $K_i>1$ 时，说明某株林木的树冠与其它相邻木的树冠有重叠或说是连续的， K_i 越大说明这株树所在的空间结构单元内树冠越拥挤；当 $K_i<1$ 时，说明这株树的树冠和其它相邻木的树冠之间有空隙， K_i 越小表明树冠越稀疏。

5.3 林木竞争压力等级划分方法

根据林木竞争压力指数划分不同林木竞争等级。林木竞争压力指数（ C_i ）指在同时考虑了林木高径比以及3个林木结构参数（HCI竞争指数、优势度DOM、拥挤度 K_i ）中不利于树木生长的参数个数与参数总数的比，按式（4）计算：

$$C_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 S_j \dots\dots\dots (4)$$

式中： C_i 为第*i*株林木的竞争压力指数，取值为0~1； S_j 指第*j*个林木结构参数的取值，其值取决于结构参数实际值与利于树木生长的判别条件（表2）的关系，在不满足判别条件时取值1，否则取值0。 C_i 值越大，林木受竞争压力越大。依据 C_i 值大小，分为4个竞争压力等级：轻度竞争（I， $0 \leq C_i < 0.25$ ）、弱度竞争（II， $0.25 \leq C_i < 0.50$ ）、中度竞争（III， $0.50 \leq C_i < 0.75$ ）、重度竞争（IV， $0.75 \leq C_i < 1.0$ ）。

表 2 林木竞争等级划分和赋值

评价指标	高径比		HCI 竞争指数		优势度		拥挤度	
	≤ 0.9	> 0.9	≤ 2.0	> 2.0	≥ 0.0	< 0.0	≤ 1.0	> 1.0
取值	0	1	0	1	0	1	0	1

依据表2所列标准，判定每株林木的各空间结构参数的竞争等级并赋值，计算其均值作为该林木的竞争压力指数（ C_i ）。 C_i 值越大，表示所受竞争压力越大。对不方便测量竞争指标的地区或样地，可基于胸径（DBH）划分竞争等级。

5.4 目标树确定方法

5.4.1 目标树确定时间

首先，在竞争生长阶段，按照 4.3 和 4.4 中规定的目标树要求进行目标树预选与保护，确定潜在目标树。接下来，在质量选择阶段（目标树确定阶段），在潜在目标树中进行进一步筛选，进行目标树的最终确定与标记。最后，在质量选择阶段（大径材培育阶段）以及稳定生长阶段，在间伐或采伐目标树的同时（华北落叶松主伐年龄为41a），重新选择目标树并标记为二代目标树。

5.4.2 目标树胸径确定方法

参考《西北地区土石山区华北落叶松人工林多功能经营技术规程》中依据林分密度(den, 株/hm²)、林龄(age, a)、海拔高度(ele, m)预测林分平均胸径的式（5），此处将林分密度替换为目标树密度，即可用于预测目标树胸径（DBH, cm）。因式（5）未考虑目标树胸径可能受到的相邻木竞争影响，基于实测目标树胸径数据修正了式（5），得到式（6），用于预测给定条件下的目标树胸径（DBH_{tt}, cm）：

$$DBH = 110 \times [1 - \exp(-0.00727 \times \text{age}^{1.37968})] \times \exp(-1.2537 \times 10^{-6} \times \text{ele}^2 + 0.00624 \times \text{ele} - 8.862) \times \exp(-1.038 \times 10^{-5} \times \text{den}^{1.34}) \quad R^2=0.78\dots (5)$$

$$DBH_{tt} = \left[\frac{110 \times [1 - \exp(-0.00727 \times \text{age}^{1.37968})] \times \exp(-1.2537 \times 10^{-6} \times \text{ele}^2) +}{0.00624 \times \text{ele} - 8.862) \times \exp(-1.038 \times 10^{-5} \times \text{den}^{1.34})} \right] \times 0.968 + 1.703 \dots (6)$$

5.5 不同生态功能量的计算方法

林分的各功能量是林分中三类林木（目标树、采伐树、其它树）单株功能量总和。考虑的主要功能包括木材生产、林地产水、固碳功能。林分多功能量的具体计算步骤如下：

a) 林木密度情景设定

设定多个目标树密度情景（如占林分密度的10%~50%，以10%为间隔），采伐树密度保持不变，为林分密度的20%，其他树密度为林分剩余部分。

b) 林分功能量计算

使用 T/CSF 004-2020中附录C中界定的模型公式，分别计算目标树、采伐树及其它树在单位面积上的各种功能量：

- 1) 木材生产功能：基于各类林木的胸径、树高，计算其单株材积后求和得到林分蓄积量；
- 2) 固碳功能：基于各类林木的生物量（由胸径、树高推算）及含碳量，计算乔木层固碳量；
- 3) 产水功能：产水量 \approx 降水量 - 蒸散量 - 土壤水分变化量（在长时间尺度时可忽略）。基于各类林木的胸径、树高计算对应的叶面积指数（LAI），然后进一步计算各类林木的蒸散量并求和得到林分蒸散量，最后计算得到林分产水量。

5.6 目标树最优密度区间确定方法

- a) 将各情景下计算的林分功能量进行标准化（以所有情景中的最高功能值为100%）；
- b) 以满足林分结构稳定（如郁闭度在0.6~0.8）为前提，确定各林分功能标准化值达到预设阈值（如80%）以上的情景，这时对应的目标树密度范围即为适宜目标树密度区间；
- c) 确定所有林分功能的适宜密度区间的交集，作为满足多功能协同优化要求的目标树最优密度区间。

表 3 华北落叶松林不同经营阶段的目标树最优密度区间（株/hm²）

立地类型	多功能排序	森林经营阶段（及对应参考林龄）			
		竞争生长阶段 (20年)	目标树确定阶段 (40年)	大径材培育阶段 (50年)	稳定生长阶段 (>50年)
I	木材生产 = 产水 > 固碳	220-275	120-160	100-140	80-110
II	产水 > 木材生产 > 固碳	220-260	120-150	100-110	80-85

注：按《西北地区土石山区华北落叶松人工林多功能经营技术规程》（T/CSF 004-2020）确定立地类型及多功能排序。

6 不同经营阶段的经营措施

6.1 建群阶段

6.1.1 经营目标

形成密度适宜的幼林，促进幼树正常生长，缩短郁闭时间；减少土壤扰动，降低土壤蒸发，维持林地产水功能。

6.1.2 经营措施

- a) 更新方式：更新方式应符合GB/T 15781-2015中6.6和7.7的规定；
- b) 整地方式与林分密度：应符合LY/T 1897-2022中6.4和6.5的规定；初植密度宜控制在2000~2800株/hm²；
- c) 幼林抚育与管护：割灌、除草等抚育方式、抚育频次及管护要求应符合LY/T 1897-2022中7.1的规定；
- d) 抚育剩余物宜就地覆盖林地，以维持地表覆盖度，降低土壤蒸发和降低土壤侵蚀风险；
- e) 应设立围栏、警示牌，严禁放牧，严禁人为破坏。

6.2 竞争生长阶段

6.2.1 经营目标

维持林冠郁闭，促进林木个体生长与分化，选择潜在目标树；降低林分无效蒸散耗水；形成合理林分密度，兼顾林分的多种功能。

6.2.2 经营措施

- a) 林分抚育与间伐：
 - 1) 竞争生长阶段的抚育间伐类型、强度及作业方式应符合GB/T 15781-2015中7.2的规定；
 - 2) 每次间伐强度不超过总株数的20%，间伐后林分郁闭度不应低于0.60。具体抚育措施应符合LY/T 1897-2022中8.1的规定，林分保留密度参考4.4中表1的内容；
 - 3) 间伐剩余物处理应符合LY/T 1897-2022中8.3的规定。
- b) 潜在目标树预选与保护
 - 1) 潜在目标树的选择方法见5.4的内容、标记与抚育保护措施应符合LY/T 1897-2022中8.2的规定；
 - 2) 在抚育作业中，应优先清除潜在目标树周围的病害木、干形不良以及过密的被压木和平均木，以减少林分无效蒸散耗水；
 - 3) 目标树数量可依成熟目标树的冠幅直径（约为其目标胸径的14倍）来确定。

6.3 质量选择阶段

6.3.1 经营目标（目标树选择阶段）

在考虑林木分化的基础上，准确选择目标树，优化林分结构，将有限水资源优先配置给生长潜力大的优势个体（目标树）。

6.3.2 经营措施（目标树选择阶段）

- a) 目标树确定
 - 1) 目标树选择标准、数量控制宜符合5.4的规定，目标树密度根据详见表3的内容；
 - 2) 目标树空间分布不宜刻意均匀，应尊重林分自然分化格局，目标树抚育保护措施应符合LY/T 1897-2022中8.2的规定；
 - 3) 保护自然更新形成的各树种的林下幼苗和幼树，尤其是栎、椴等阔叶乡土树种的（生态目标树），为其创造良好的生长空间；
 - 4) 对最终确定的目标树，应建立详细档案，包括编号、坐标、胸径、树高等，并定期监测其生长状况。
- b) 林分抚育
 - 1) 围绕目标树实施定向抚育，精确清除直接竞争其树冠空间的干扰树，避免均匀性稀疏；
 - 2) 抚育作业应以单株调控为主，防止形成连续林窗；

3) 可对目标树进行适度人工修枝, 修枝要求应符合GB/T 15781-2015中7.8的规定。

6.3.3 经营目标 (大径材培育阶段)

持续释放目标树生长空间, 促进径向快速生长, 实现单株材积最大化; 同步降低林分蒸散耗水, 提升林地产水功能。

6.3.4 经营措施 (大径材培育阶段)

- a) 实行以目标树为核心的单株经营。目标树密度宜根据培育目标和立地条件确定, 具体见表3;
- b) 大径材目标树的疏伐、修枝要求应符合DB/T2082-2021中6.2和6.3的规定;
- c) 每次作业宜仅清除1~3株直接干扰目标树生长的竞争个体。
- d) 抚育间伐宜采取少量、多次原则, 抚育间隔期以3~5年为宜;
- e) 单次间伐强度不宜超过林分株数 (或蓄积) 的20%, 作业后林分郁闭度宜控制在0.60~0.70;
- f) 抚育作业不应形成连续林窗或大面积林中空地;
- g) 间伐剩余物处理应符合GB/T 15781-2015中7.5的规定, 减少土壤蒸发和水土流失。

6.4 稳定生长阶段

6.4.1 经营目标

对达到目标直径的成熟目标树进行采伐利用, 同时培育第二代目标树。维持林分稳定结构, 实现大径材持续培育与森林的水源涵养、生态调节等多种功能的长期发挥。

6.4.2 经营措施

- a) 林分抚育与结构稳定
 - 1) 应通过阶段性疏伐, 维持郁闭度在0.6左右, 协同增强木材生产、林地产水等功能;
 - 2) 对郁闭度过高 (>0.8) 林分, 在目标树胸径达到30 cm以前, 每3~5年间伐一次, 间伐强度不超过20%; 在目标树胸径超过30 cm后, 只进行林分的立木蓄积保育, 促进目标树径向生长; 对目标树修剪死枝, 修枝强度不能过大, 使冠高比 $\geq 50\%$;
 - 3) 抚育作业应以单株调控为主, 避免强度过大的整体疏伐;
 - 4) 通过择伐创造小林窗 ($0.1\sim 0.3\text{ hm}^2$), 促进其它树种的天然更新。
- b) 目标树采伐与更新
 - 1) 达到目标胸径 (胸径 $\geq 40\text{ cm}$, 立地优良可提高到50 cm) 的成熟目标树, 进行单株择伐利用;
 - 2) 在采伐成熟木的同时, 间伐其周围的干扰树, 为林下更新和二代目标树的生长创造空间;
 - 3) 采伐方式应符合LY/T 1646-2005的规定。
- c) 综合管理
 - 1) 严格保护林下更新的幼苗和幼树, 特别是乡土树种, 维护生物多样性;
 - 2) 进行轻度卫生伐, 伐除病腐木, 维护林分健康;
 - 3) 采伐剩余物应符合GB/T 15781-2015中7.5的规定;
 - 4) 采伐和集材作业应尽量减少对地表的扰动, 必要时对集材道进行整治, 防止水土流失。

7 年度作业设计编制

7.1 一般规定

a) 应以作业小班为基本设计单元, 以目标树为核心经营对象, 围绕降低无效蒸散耗水、促进目标树生长和提升林地产水功能进行编制;

- b) 经营阶段划分以及目标树选择要符合本技术规程的相关规定；抚育作业设计应符合GB/T 15781-2015的规定；采伐作业设计应符合LY/T 1646-2005的规定；
- c) 年度作业设计不应采用均匀疏伐或破坏林冠连续性的作业方式。

7.2 设计依据与作业区诊断

7.2.1 设计依据

年度作业设计应明确所依据的文件和标准，主要包括：

- a) 人工林经营阶段划分以及目标树选择要符合本技术规程的相关规定；
- b) 抚育作业设计应符合GB/T 15781-2015的规定；采伐作业设计应符合LY/T 1646-2005的规定。

7.2.2 作业区界定与问题诊断

- a) 年度作业设计应在比例尺不小于1：10 000的地形图或林相图上，准确界定作业小班范围；
- b) 应对作业小班进行针对性诊断，明确：小班当前所处的经营阶段；林分结构存在的主要问题；本次作业拟解决的关键问题；
- c) 年度作业设计应提出具体、量化的作业目标，包括但不限于：林分密度、林分郁闭度、目标树胸径、目标树数量（目标树密度）、目标树周围干扰木数量等。

7.3 节水单株经营作业设计

7.3.1 设计原则

节水单株经营年度作业设计应坚持“一树一策”的原则。

7.3.2 目标树与采伐树确定

- a) 应在外业调查的基础上，明确目标树清单。目标树选择标准宜符合5.4的规定；
- b) 年度作业设计文件应包含：目标树与采伐树位置分布图、目标树名录表（列明编号、位置、胸径、生长状况）、采伐树名录表（注明编号及采伐原因（如“为目标树××提供生长空间的干扰树”））。

7.3.3 作业措施设计

- a) 抚育和采伐作业应围绕目标树实施定向调控，优先清除对目标树在树冠发育、水分利用和生长空间上构成直接竞争的干扰树；
- b) 抚育和间伐强度、作业方式及安全要求应符合GB/T 15781和LY/T 1646的规定；
- c) 作业设计中应明确采伐、造材和集材的技术要求，重点强调：保护目标树及林下幼苗幼树，减少对地表的扰动，防止水土流失；
- d) 采伐剩余物应采取就地平铺或堆腐处理方式，用于覆盖地表，以减少土壤蒸发、拦截地表径流和提升林地产水功能。

7.4 成效预估与验收要求

7.4.1 成效预估

年度作业设计应对作业实施后的预期成效进行估计，包括：

- a) 作业后林分郁闭度以及目标树密度的变化；
- b) 目标树平均生长状态以及林分蓄积量和固碳量的变化；
- c) 优化林分结构及降低无效蒸散耗水的预期效果。

7.4.2 验收标准

- a) 年度作业完成后，应按设计要求进行质量验收。验收内容应包括但不限于：目标树和保留木损伤率，郁闭度是否达到设计控制目标，采伐树是否按设计精准伐除；
- b) 作业质量验收可参照LY/T 1690附录B的评分思路。

7.5 施工组织与经费预算

- a) 年度作业设计应明确施工组织方式、作业工期、机械与人工配置要求；
- b) 应编制详细的经费预算，包括调查设计、施工、管护及相关配套费用，落实到作业小班。

参考文献

- [1] 郝 佳. 宁夏六盘山华北落叶松人工林密度对多功能的影响 (D). 中国林业科学研究院, 2012.
 - [2] 田 奥. 六盘山半湿润区华北落叶松人工林的多种功能时空变化与优化管理 (D). 中国林业科学研究院, 2019.
 - [3] 黄小男. 六盘山华北落叶松人工林生物量对立地条件和林分结构的响应与模拟 (D). 北京林业大学, 2020.
 - [4] 李佳梅. 六盘山半湿润区华北落叶松人工林结构的时空变化及其生态-水文影响 (D). 中国林业科学研究院, 2023.
-