

目标树经营：德国经验与湖北实践*

郭诗宇¹ 胡伯特·福斯特² 陈幸良³

(1 湖北生态工程职业技术学院, 武汉 430200; 2 德国 GFA 技术咨询公司, 德国汉堡 22345;

3 中国林业科学研究院, 北京 100091)

摘要:德国是近自然林业的发源地,目标树经营法是近自然林业的重要操作方法。长期以来,德国高等院校和林业科研机构对目标树经营法进行了多方位的研究,形成了不同的经营模式,影响较大的有弗莱堡模式、巴伐利亚模式和罗腾堡模式。借鉴德国的经验,文中在进行大量调查研究的基础上,设计了基于湖北实际的目标树经营法。核心内容是:以平均胸径 10 cm 和郁闭度 0.8 作为采用目标树经营法的准入依据,以目标胸径作为确定目标树密度和间距的主要尺度,以目标树平均胸径增加 3 cm 作为进行下一次经营决策的判断标准。结合湖北省正在实施的中德财政合作森林可持续经营项目和木材战略储备项目,对设计的目标树经营法进行了实践验证,结果表明,设计的目标树经营法在项目实践中切实可行、省工省力,有利于提高森林质量、改善林分结构、增加生物多样性。

关键词:近自然林业,目标树经营,经营模式,实践验证,德国,中国

中图分类号:S75

文献标识码:A

文章编号:1001-4241(2021)02-0014-07

DOI:10.13348/j.cnki.sjlyyj.2020.0080.y

Target Tree Management: German Experience and Hubei Practices

Guo Shiyu¹ Hubert Forster² Chen Xingliang³

(1 Hubei Ecology Polytechnic College, Wuhan 430200, China; 2 GFA Consulting Group, Hamburg 22345, Germany;

3 Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Close-to-nature forestry germinates from Germany, and the target tree management is the main approach of close-to-nature forestry. For a long time, universities and forestry institutes in Germany have conducted research on target tree management from different angles, and gradually developed several different management modes, among which Freiburg mode, Bavarian mode and Rottenburg mode are the most influential ones. Based on the experiences of Germany and thorough investigations, this paper proposes a target tree management mode for Hubei Province. The core is as follows: forest stands which have average Diameter at Breast Height (DBH) around 10 cm and canopy cover around 0.8 are considered as suitable for applying this mode. Target DBH is taken as a main scale to determine density and spacing of target trees, and the increase of average DBH by 3 cm is regarded as an indicator for the next management decision. In the ongoing Sino-German Financial Cooperation Project of Sustainable Forest Management and Strategic Timber Reserve Project in Hubei province, this target tree management mode designed for Hubei is practically verified. The results show that, the designed mode for the projects is practical, time- and energy-saving, and beneficial for stand quality and structure improvement and the biodiversity conservation.

Keywords: close-to-nature forestry, target tree management, management mode, verification in practice, Germany, China

*收稿日期: 2020-06-01; 修回日期: 2020-07-16; 网络出版日期: 2020-08-18。

基金项目: 中德技术合作项目“近自然森林经营研究”(ZDJSHZ202001); 中德财政合作项目“森林营造与可持续经营研究”(zdhz2017ky01)。

第一作者: 郭诗宇, 女, 硕士, 讲师, 研究方向为近自然林业, E-mail: guoshiyu3201@163.com。

通信作者: 陈幸良, 男, 研究员, 博士生导师, 研究方向为森林资源经济, E-mail: chen62889299@126.com。

1880年德国慕尼黑大学教授盖耶尔(K.Gayer)在其著作《森林培育学》中首次提出了近自然林业的理念^[1-3]。此后,德国学术界和林业企业、私有林主在这一理念指导下进行了许多有益的探索^[4-5]。1980年德国弗莱堡大学教授阿贝茨(P.Abetz)提出的目标树经营法^[6]由于较好地解决了近自然林业的操作问题而受到广泛关注。德国慕尼黑大学、哥廷根大学、罗腾堡林业经济应用大学等高等学校和部分林业科研机构后来相继对目标树经营法进行了深入研究,很多州有林场、林业企业、私有林主也参与实践,形成了不同的学术流派和操作方法。本文将借鉴德国的经验,提出基于湖北实际的目标树经营法,并在项目实践中进行验证。

1 德国目标树经营法

在德国,基于目标树架构的森林经营没有统一的标准和方法,影响较大的有弗莱堡模式、巴伐利亚模式和罗腾堡模式。

1.1 弗莱堡模式

弗莱堡模式由弗莱堡大学教授阿贝茨首先提出,其后得到其他科研人员的继承和发展。现在国内有关目标树经营的科研和实践主要基于这种模式。

1.1.1 设计思路

阿贝茨在设计目标树经营法时,以盖耶尔的近自然林业理论为指导,采取的办法是定向择伐。一方面,将高价值、高质量、高活力的树木确定为目标树,予以标注并长期保留,对影响目标树生长的林木确定为干扰木并予以伐除,最后通过获取达到目标胸径的大径级木材来满足人们对木材原料的需求,从而实现经济价值;另一方面,对目标树之间的其他林木,则任由其自然演替,以保证林分的自然性和维持生态效应。这一设计思路,使近自然林业的经济原则和生态原则趋于一致,使森林的经济效益和生态效益得到统一^[7]。

1.1.2 关键内容

阿贝茨设计的目标树经营法以目标树达到目标胸径时的树冠占地面积为依据确定目标树的间距。根据阿贝茨设计的目标树经营方案,德国主要树种的目标树树冠占地面积、目标树数量以及目标树间距见表1。

1.1.3 后续发展

继阿贝茨教授之后,斯匹克教授(H.Spiecker)、克拉底特博士(J.Klädkte)等对目标树经营法开展了进

表1 不同树种的目标树占地面积、单位面积株数和间距

树种	占地面积/ m ²	单位面积株数/ (株/hm ²)	间距/ m
云杉	33	300	7.3
冷杉	40	250	7.6
北美黄杉	100	100	11.5
欧洲松	67	150	9.4
落叶松	100	100	11.5
其他针叶树	50	200	8.1
橡树	111	90	12.1
山毛榉	100	100	11.5
其他阔叶树	100	100	11.5

一步研究^[8-10]。特别是随着信息技术的发展,采用计算机对树木生长过程进行模拟,使目标树经营法的理论高度进一步提升,实际操作方法也更为系统^[11]。现在的操作方法是:

1)以主林层的高度作为采用目标树经营法的主要依据。当主林层高度小于12m时,不对林分进行目标树经营,只对潜在目标树进行培育。当主林层高度处于12~25m时,采用目标树经营法。在实践中也有人以胸径作为主要依据,当树木胸径达到10~15cm时,可选择并标注目标树^[12]。当主林层高度大于25m时,对受雪灾影响较大的林分采用其他经营法,对受雪灾影响较小的林分采用目标树经营法。

2)通过计算机模拟树木生长过程,确定每公顷目标树数量和干扰木采伐强度。主林层高度处于12~25m时,最适合采用目标树经营法。当采伐的木材不能在市场上销售时,如果目标树的高径比小于75,不采伐干扰木;如果目标树的高径比大于75,则每株目标树采伐1棵干扰木。当采伐的木材可用于市场销售时,则采用弗莱堡大学发布的2010年修订版目标树间伐指南(DF-10)进行操作。它根据计算机模拟树木生长过程,测算每公顷目标树株数和间伐强度。

3)当主林层高度增加3m后,再进行下一次经营决策。弗莱堡模式理论性强,计算过程复杂,在实际操作中较难把握,特别是小农户采用这种方法的难度非常大。现在的研究和实践倾向于更简单的办法:一是对目标树间距采用经验公式。目标树与主林层相邻树木的最佳距离,针叶树为目标树现实胸径的20倍,阔叶树为目标树现实胸径的25倍,在这个距离范围内的同冠层林木全部伐除,下层林木则保留^[13];目标树与目标树之间的距离约等于目标胸径的20倍

(针叶树)或25倍(阔叶树)。二是目标树每公顷株数和间距采用经验数据。现在一般采用的是主要树种

不同目标胸径下的每公顷株数和目标树间距(见表2)。

表2 不同树种不同目标胸径下目标树每公顷株数及目标树间距

树种	目标胸径50 cm		目标胸径60 cm		目标胸径70 cm	
	株数	间距/m	株数	间距/m	株数	间距/m
云杉	270	6.5	200	7.5	150	8.5
松树	180	8.0	130	9.0	100	10.5
落叶松	140	8.5	100	10.5	80	11.5
山毛榉	110	10.0	80	11.5	60	13.5
橡树	130	9.0	90	11.0	70	12.5
其他阔叶树	130	9.0	90	11.0	70	12.5

1.2 巴伐利亚模式

巴伐利亚模式由慕尼黑大学、巴伐利亚州林业科研所联合研究形成,并由巴伐利亚州林业主管部门作为指南发布。到目前为止,只发布了云杉的营林指南《巴伐利亚州云杉纯林和云杉混交林营林指南》^[14]。

1.2.1 总体目标

通过对森林不断干预和经营,尽快将云杉纯林改造为多树种、多龄级、多层次组成的“永久性森林”^[15-16]。这种结构的森林更加有活力也更稳定,能够抵抗各种生物或非生物灾害。

1.2.2 经营思路

第1步,每公顷选择100株目标树作为一代目标树,短间隔期采伐直接干扰木可促进一代目标树的生长。目标树之间的一般林木不进行干预,这样除发挥应有的生态效应外,还可以确保大面积林分的高蓄积增长量。同时,还要注意保护天然更新,特别是阔叶树幼苗,以促进混交林的形成。

第2步,当一代目标树进入近熟林阶段时,从保留木中选择二代目标树,二代目标树的株数仍为100株/hm²,也需采取伐除干扰木的办法进行培育。当一代目标树达到目标胸径后,分年度逐步进行收获性择伐。当一代目标树全部收获性择伐完毕时,二代目标树将替代原有的一代目标树而成为新的一代目标树,当新的一代目标树进入近熟林阶段时,再选择新的二代目标树。

第3步,经过几代目标树经营,最终形成由多树种组成的复层异龄混交林^[17]。

1.2.3 具体措施

巴伐利亚州云杉林的经营措施主要包括:1)当主林层高度达到12 m时,选择并标注目标树100株/hm²,

目标树之间距离为10 m。2)被选择目标树的冠幅应达到树高的50%以上,并且高径比应达到70。3)注意培育生产标准规格的木材(在巴伐利亚州,一等原木的中心直径为35~49 cm)。4)云杉目标树的目标胸径,在中等产出潜力的林地上为40 cm,在高产出潜力的林地上为45 cm。当目标树的胸径达到目标胸径时,可以开始收获性择伐,这一过程需要持续几十年的时间,这也意味着目标树大多数在采伐时将比目标胸径更大。5)对于混交所需树种(主要是阔叶树种)要进行长期的保护并促进其生长。通过高频率低强度的间伐(每5年1次),建立高稳定性的林分。每次采伐量约等于其生长量。6)创造和保护森林的横向郁闭和纵向郁闭,形成丰富的树种结构、层次结构和年龄结构。

1.3 罗腾堡模式

罗腾堡模式由罗腾堡林业经济应用大学的艾伯特(H.Ebert)在1999年提出^[18-19]。目标树选择的标准是基于树木枝下高,目标枝下高设定为10 m。当目的树种树冠底部没有达到目标枝下高时,不作处理;当目的树种树冠底部达到目标枝下高时,开始进行目标树选择与标注。目标树必须位于主林层,且树干通直、无分叉、无明显损伤。在选择目标树时,目标树的活力和质量比目标树之间的距离更重要。

具体选择步骤是:1)最好的树木在哪里?寻找合适的目标树。2)最好的这棵树是否健康无损伤?主干有损伤的树木不得作为目标树。3)哪些树木妨碍了目标树的生长?寻找干扰木,一般1株目标树需砍伐1~2棵干扰木。4)另外的目标树在哪里?寻找下一株目标树,并检查目标树空间分布。

每隔3年砍伐1次干扰木,且砍掉“旗杆树”(细

长、冠小的树木)。如果间隔期太长, 势必导致采伐量加大, 这会造成林分的不稳定。艾伯特推荐的不同树种目标树密度为云杉 200~250 株/hm²、冷杉和松树 150~200 株/hm²、落叶松 100~150 株/hm²、栎类 60~80 株/hm²、其他阔叶树 50~100 株/hm²。

2 基于湖北实际的目标树经营法设计

借鉴德国 3 种目标树经营模式, 结合湖北省森林资源现状, 在德国 GFA 技术咨询公司林业专家的支持下, 设计了适合湖北实际情况的目标树经营法。重点研究了 4 方面的问题: 一是以什么作为判断使用目标树经营法的衡量指标? 二是什么时间开始采用目标树经营法? 三是目标树的间距或每公顷株数是多少? 四是多长时间之后再进行一次目标树经营?

2.1 判断是否采用目标树经营法的衡量指标

弗莱堡模式和巴伐利亚模式的衡量指标为主林层高度和树木的高径比, 罗腾堡模式的衡量指标为枝下高。采用这些指标有很明显的缺点: 一是测量树高难度比较大, 且不准确。目前测量树高主要依靠测高仪或竹竿(钓鱼竿)。采用测高仪测树高, 在一片需要进行间伐的密度较大的森林中, 树梢的顶部不容易判定, 测量不够准确。采用竹竿测树高, 往往竹竿的长度不够, 达不到树梢顶部, 需要凭肉眼估计, 准确度不高。二是高径比不能准确计算。由于树高测定不准确, 无疑带来高径比计算不准确。

我们设计以主林层树木平均胸径和林分郁闭度作为是否采用目标树经营法的衡量指标, 该法有以下优点: 一是胸径测量容易且较准确, 只需一个围尺即可; 二是郁闭度可反映林分的密度, 对林分来说优于采用树木高径比。

2.2 目标树经营法的起止时间

何时采用目标树经营法关键看林木的分化程度^[20]。在调查了湖北省谷城县、保康县、通山县、宜

城市、钟祥市、安陆市、京山市等县(市)和湖北省太子山林管局中幼龄林后发现, 不同立地条件、不同树种的林分林木分化时间不一样, 但基本上都在主林层平均胸径 10 cm、林分郁闭度 0.8 左右。因此, 如果主林层平均胸径在 10 cm 以上、林分郁闭度在 0.8 以上, 林木已经开始分化了, 就可以开始选择并标注目标树; 如果还未分化, 待林分开始分化后再选择并标注目标树。

如果林分已经进入近熟林的后期, 通过人工干预对目标树生长的促进作用已经不是很明显, 那就无需采用目标树经营法。通过调查, 我们将不再适用目标树经营法的林分平均胸径设定为 25 cm。

2.3 目标树的间距

目标树的间距非常重要。如果目标树之间距离太小, 就会带来目标树之间竞争的风险; 但如果间距过大, 林地的生产潜能就没有得到最优利用。我们对上述 8 个县(市、单位)的杉木、马尾松、湿地松、枫香、栓皮栎等 5 个主要树种的现有纯林和马尾松栎类混交林进行了调查, 调查内容包括胸径、树高、枝下高、平均冠幅(南北、东西)、树冠占地面积以及相邻树木之间的距离和树冠相交、相切、相离的情况, 调查的林分类型包括人工林、天然林、种子园、母树林、散生古树、古树群落。经综合研判, 提出了湖北省主要树种每公顷目标树株数与间距(见表 3)。

2.4 经营步骤及间隔期

设计目标树经营法总的原则是高频率、低强度, 即在考虑投入产出比的前提下, 经营间隔期尽可能短、每次采伐强度尽可能低, 以免破坏林分的稳定性。一般来讲, 当目标树平均胸径增加 3 cm 或间隔 5 年时, 可作出下一次经营决策。在 5 年时间内, 为保持林分的稳定性, 避免风倒雪折, 通常分 2 次进行施工作业, 具体操作步骤如下:

第 1 步, 当乔林或中林郁闭度达到 0.8 以上、主

表 3 湖北省 40—80 cm 目标胸径的主要树种每公顷目标树株数与间距

树种	目标胸径40 cm		目标胸径50 cm		目标胸径60 cm		目标胸径70 cm		目标胸径80 cm	
	株数	间距/m	株数	间距/m	株数	间距/m	株数	间距/m	株数	间距/m
杉木	260	7.0	199	8.0	157	9.0	127	10.0	105	11.0
马尾松	220	7.6	165	8.8	127	10.0	105	11.0	88	12.0
湿地松	199	8.0	141	9.5	105	11.0	—	—	—	—
枫香	190	8.2	138	9.6	109	10.8	91	11.8	78	12.8
栓皮栎	176	8.5	133	9.8	103	11.1	86	12.2	73	13.2
松栎混交	185	8.3	138	9.6	107	10.9	88	12.0	75	13.0

林层平均胸径达到 10 cm 以上、且林木已经开始分化时,选择并标注目标树、干扰木,经验收合格后施工。在湖北省的项目实施中,为便于工人掌握,简化操作,目标树的目标胸径先确定为 40 cm,目标树的间距针叶纯林为 7~8 m、阔叶林和针阔混交林为 8~9 m,如果要培育更大规格的大径材可在后期对目标树密度进行动态调整。经营的林分如果是人工林,目标树的分布要尽量均匀;如果是天然林,目标树的质量与活力比间距更重要,可以 2~3 株目标树呈群团状分布,但 2 株目标树的间距要大于 3 m,且外围树冠要舒展。每株目标树一般标注并砍伐 1~2 棵干扰木。在砍伐干扰木的同时,对目标树进行修枝(枯枝),并对影响林木生长的所有藤蔓进行割除。对 2 株目标树之间的其他林木不采取任何干预措施。经过 2 年的自然修复,在林分稳定性得到巩固后,于第 3 年对 2 株目标树之间的其他林木进行干预,主要是对质量差的林木、病虫害林木进行伐除,并对林木密度过大的地方适当疏伐。

第 2 步,第 5 年时每株目标树再采伐 1~2 棵干扰木,具体操作方法同第 1 年。同时要重视林下天然更新,特别是珍贵阔叶树的更新。到第 8 年,对 2 株目标树之间的其他林木进行再次干预,具体操作方法同第 3 年。

第 3 步,第 10 年时每株目标树再采伐 1~2 棵干扰木,并重视天然更新树木的培育,促进形成针阔混交林。当目标树达到目标胸径时,开始每 5 年 1 次进行收获性择伐。每次择伐时目标树的采伐量以小班为单位不得大于同期生长量。在第 1 次进行收获性择伐时,从保留木中选择新一代目标树,并按目标树经营法进行经营,直到将林分改造为复层异龄混交林,形成“永久性森林”。

3 结论与讨论

3.1 结论

从 2017 年开始,将设计的目标树经营法在湖北省谷城、保康、通山、钟祥、京山等 26 个县(市、区)和省太子山林管局木材战略储备项目、中德财政合作森林可持续经营项目中进行了应用与实践,截至 2020 年 5 月底施工面积已达到 1.38 万 hm^2 。实践结果表明:

1)设计的目标树经营法符合实际,经营理念易于理解,具体操作比较简单。培训后的国有林场技术人

员可以较快地掌握目标树经营法的理论知识和操作要点;林业大户、私有林主及一般施工人员刚开始培训时认为难度较大,但经细致讲解特别是现场培训后也能够较快地掌握技术要领。在项目施工中,每个县(市、区)都培养了 5~10 个以农民工为主的专业施工队,为今后大面积开展森林经营打下了基础。

2)对影响目标树生长的干扰木进行采伐后,扩大了目标树的营养空间和生长空间,有利于目标树形成大径材。同时,由于对目标树之间的病虫害林木、基因差的林木进行了伐除,对影响林木生长的藤蔓进行了清理,从而改善了森林生长环境。这些措施都有利于森林整体质量的提高。

3)目标树经营法与基层单位原来采用的下层疏伐法相比优势明显:一是由于目标树经营法只针对目标树采取干预措施而不是对全林进行经营,更省工省力;二是下层疏伐法由于对被压木、灌木等进行采伐和清理,破坏了森林的垂直结构,很容易形成单层林,而目标树经营法伐除的是主林层对目标树有影响的干扰木,不会破坏森林的垂直结构,更易形成复层异龄林。

4)对马尾松、湿地松纯林采取目标树法经营后,随着干扰木的伐除,林地光照增强,同时由于施工活动对林地表层的扰动,在施工后的第 2 年或第 3 年,大部分小班已经开始出现天然更新。例如,钟祥市花山寨林场黑虎垭分场 2 号小班原为马尾松天然林,平均胸径 15 cm,2018 年 2 月进行目标树经营法施工作业,2020 年 5 月 27 日进行现场调查时已经出现了明显的天然更新并长势良好,在设置的 25 m^2 固定样地中出现天然更新 162 株,其中马尾松 143 株、麻栎和栓皮栎 12 株、柏木 3 株、红果冬青和山海桐各 2 株,平均每平方米天然更新达到 6.5 株。因此,目标树经营法有利于丰富树种结构,形成针阔混交林,增强生物多样性。

总体来讲,设计的目标树经营法在项目实践中切实可行,省工省力。与以往采取的下层疏伐法相比,既突出了目标树的经济价值,又体现了森林的生态功能,有利于提高森林质量、改善林分结构、增强生物多样性。建议各地结合实际,探索适合本地特点的目标树经营法,并在国内森林抚育项目、木材战略储备项目、森林质量精准提升工程等国家林业工程项目中推广应用。

3.2 讨论

1)重视森林经营方案。由于气候、土壤、树种的

不同, 每片森林都有其特殊性。不同的森林, 需要根据立地条件、林分现状和经济可行性采取不同的经营措施。在项目实施前开展外业调查, 编制好森林经营方案非常重要^[21-22]。在湖北省 27 个县(市、区、单位)的实践中, 森林经营方案的编制还是一个弱项。虽然每个单位都编制了森林经营方案, 但措施的合理性和可持续性还有待加强。在编制森林经营方案时, 要以小班为单位, 不同的年度采取不同的经营措施, 并要特别注意天然更新和生物多样性保护^[23-24]。

2) 重视抚育采伐指标。采用目标树经营法需要对影响目标树生长的干扰木和病虫害林木、基因差的林木进行采伐和清理, 这就需要有专项的森林抚育采伐指标。在湖北省 27 个县(市、区、单位)的实践中, 虽然每个县(市、区、单位)的采伐限额总量都是充足的, 但由于国家规定“十三五”期间采伐限额各分项之间不能串换, 导致有的森林经营单位陷入林分迫切需要经营而没有抚育采伐指标的窘境。因此, 各地在编制“十四五”森林采伐限额时, 要充分考虑到森林抚育的需要, 编足抚育采伐限额。

3) 重视混交林的研究^[25-26]。不管是在德国还是在我国, 关于目标树单位面积株数和间距的研究都是以纯林为对象, 对混交林的研究较少。今后, 随着我国对森林经营重视程度的进一步提高, 采用目标树法经营的对象既有纯林也有混交林, 因此对目标树密度和间距的研究要逐步转向以混交林为主。另外, 不是所有的林分都适合目标树经营法, 因此还需要对近自然林业的其他操作方法进行综合研究。

4) 重视样地成效监测。为评价目标树经营法的成效, 对多大间伐强度、什么更新方式、多长经营间隔期等, 都需要设置固定样地进行长期监测^[27-29]。目前对这方面的研究还不够。各森林经营单位特别是国有林场, 可根据实际设置固定样地进行对比研究, 如设置不同经营措施、不同间伐强度、不同更新方式、不同经营间隔期的样地, 通过对比分析, 得出最适合本地实际的经营方式。

5) 重视经营投入产出。设计的目标树经营法确定了介入的时机和一些技术指标, 但是否采用目标树经营法还应切实考虑投入产出比。在森林经营需要付出成本的情况下, 要结合经营效益统筹考虑, 对不同生长阶段、不同发育时期、不同类型的森林在经营方法选择上可采取不同的模式。

参 考 文 献

- [1] GAYER K. Der Waldbau[M]. Berlin: Verlag von Wiegandt, Hempel & Parey, 1880: 625-626.
- [2] BURSCHEL P. Karl Gayer und sein Lebenswerk[J]. LWF Wissen, 2007, 58: 9-13.
- [3] 朱永杰, 陈绍志. 命运多舛的近自然森林经营[J]. 世界林业研究, 2015, 28(6): 1-5.
- [4] WOBST W. Zur Klarstellung über die Grundsätze der Naturgemässen Waldwirtschaft[J]. Forst und Holzwirt, 1954, 9: 269-275.
- [5] ASSMANN E, FRANZ F. Vorläufige Fichten-ertragstafel für Bayern[J]. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 1965, 84(2): 13-43.
- [6] ABETZ P. Zum Konzept einer Z-Baum-orientierten Kontrollmethode, Allg: Forst-u. J.-Ztg[R]. Freiburg: Universität Freiburg, 1980: 1-10.
- [7] 邵青还. 林业和谐论的进展及持续发展战略初析[J]. 自然杂志, 2001, 23(1): 1-10.
- [8] SPIECKER H, MIELIKÄINEN K, KÖHL M, et al. Growth trends in European forests: studies from 12 countries[M]. Berlin: Springer-Verlag, 2012: 99-106, 355-367.
- [9] ABETZ P, KLÄDTKE J. Die Z-Baum-Kontrollmethode[J]. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 2002, 121(2): 73-82.
- [10] KLÄDTKE J. Wachstum großkroniger Buchen und waldbauliche Konsequenzen[J]. Forstarchiv, 2002, 73(6): 211-217.
- [11] ABETZ P, KLÄDTKE J. Durchforstungshilfe 2010: Heft 53/2010[S]. Freiburg: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, 2010: 1-12.
- [12] 吴水荣, 海因里希·斯皮克尔, 陈绍志, 等. 德国森林经营及其启示[J]. 林业经济, 2015, 37(1): 50-55.
- [13] 侯元兆, 郭可义, 吴水荣, 等. 关于中国东北地区森林经营的对话[J]. 世界林业研究, 2009, 22(6): 1-13.
- [14] Bayerische Staatsforsten Bewirtschaftung. Von Fichten- und Fichtenmischbeständen im Bayerischen Staatswald[S]. München: Bayerische Staatsforsten, 2009: 1-83.
- [15] MAYER H. Naturnaher Waldbau in fichtenreichen Beständen[J]. Allgemeine Forstzeitung, 1984, 94: 337-339.
- [16] MÖLLER A. Der Dauerwaldgedanke: Sein Sinn und seine Bedeutung[M]. Berlin: Verlag von Julius Springer, 1922: 80-88.
- [17] NEFT R. Naturnaher Waldbau bei den Bayerischen Staatsforsten[J]. LWF Wissen, 2007, 58: 55-58.
- [18] EBERT H. Die Zielbaum-Durchforstung - ein Weg zur Erziehung starken Wertholzes: Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg [EB/OL]. (2015-03-11)[2020-05-20]. https://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/waldbau/pflege/fva_zielbaumdurchforstung/index_DE.
- [19] EBERT H. Die Lenkung Forstlicher Produktion orientiert am einzelnen Baum[J]. Allgemeine Forst Zeitschrift, 1999, 54(8): 402-405.
- [20] TRAINER J, 梁伟忠. 中德财政合作湖北省森林可持续经营项目营林指南[G]//湖北省林业局外资办. 德贷项目档案资料汇编. 武汉: 湖北省林业局外资办, 2019: 493-501.

- [21] FUCHS A. Forsteinrichtung im Kreuzberger plenterwald[J]. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 1996, 115(1): 51 – 62.
- [22] 张超, 刘慧珍, 吴水荣, 等. 德国森林经营方案编制特点与启示[J]. *世界林业研究*, 2018, 31(6): 65 – 70.
- [23] LUPKE V B. Einfluss unterschiedlicher Hiebsformen auf die Naturverjüngung eines Traubeneichen-Buchen-Mischbestandes[J]. *Forstarchiv*, 2008, 79: 4 – 15.
- [24] WOBST H. Geschichtliche Entwicklung und gedankliche Grundlagen naturgemässer Waldwirtschaft[J]. *Forstarchiv*, 1979, 50: 22 – 27.
- [25] PRETZSCH H, KAHN M, GROTE R. Die Fichten-Buchen-Mischbestände des Sonderforschungsbereiches “Wachstum oder Parasitenabwehr?” im Kranzberger Forst[J]. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 1998, 117(6): 241 – 257.
- [26] SPELLMANN H, GEB M, NAGEL J, et al. Verwendungsorientierte Managementstrategien für Buchen-Küstentannen-Mischbestände[J]. *LWF Wissen*, 2011, 66: 63 – 73.
- [27] UTSCHIG H, PRETZSCH H. Der Eichen-Durchforstungsversuch Waldleiningen 88. Auswirkungen unterschiedlicher Eingriffsstärken nach 65 Jahren Beobachtung[J]. *Forstwissenschaftliches Centralblatt vereinigt mit Tharandter forstliches Jahrbuch*, 2001, 120(6): 90 – 113.
- [28] NICKEL M, STEINACKER L, KLEMMT H, et al. Wachstum verschiedener Nussbaumarten in Bayern[J]. *LWF Wissen*, 2008, 60: 37 – 43.
- [29] 李婷婷, 陆元昌, 庞丽峰, 等. 杉木人工林近自然经营的初步效果[J]. *林业科学*, 2014, 50(5): 90 – 100.