

分类号: H315.9

学校代码: 10363

密 级: 公开

学 号: 2221210115



安徽工程大学

Anhui Polytechnic University

硕士学位论文

题目 《工业干燥系统：农业、食品和木制品指南》（第十一章）汉译实践报告

论 文 作 者 岳楠楠

校 内 导 师 杨会勇

校 外 导 师 朱小二

专业学位类别 翻译硕士

研究方向(领域) 英语笔译（工程技术翻译）

论文提交日期: 2025 年 5 月 15 日

分类号: H315.9
密 级: 公开

单位代码: 10363
学 号: 2221210115

题 目 《工业干燥系统：农业、食品和木制品指南》
（第十一章）汉译实践报告

A Report on the E-C Translation Practice of
Industrial Drying Systems: Guidelines for
Agriculture, Food, and Wood Products
(Chapter 11)

论文作者: 岳楠楠

校内导师: 杨会勇

校外导师: 朱小二

专业学位类别: 翻译硕士

研究方向（领域）: 英语笔译（工程科技翻译）

论文答辩日期: 2025 年 5 月

安徽工程大学学位论文原创性声明

本人郑重声明：我恪守学术道德，崇尚严谨学风。所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已明确注明和引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品及成果的内容。论文为本人亲自撰写，我对所写的内容负责，并完全意识到本声明的法律后果由本人承担。

学位论文作者签名：岳楠楠

日期：2025 年 5 月 15 日

安徽工程大学学位论文版权使用授权书

学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅或借阅。本人授权安徽工程大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

保密 ☐，在 _____ 年解密后适用本版权书。

本学位论文属于

不保密 ☒。

学位论文作者签名：岳楠楠

指导教师签名：杨

日期：2025 年 5 月 15 日

日期 2025 年 5 月 15 日

致 谢

行文至此，笔墨渐收，这标志着三年研究生生涯的珍贵篇章即将结束。回顾这段求学历程，尤其是在本次翻译任务推进过程中，我收获了诸多宝贵助力。在此，我谨向给予我支持的力量致以最诚挚的谢意。

在此，我要特别提及并感谢 Deepseek, Chatgpt 等人工智能软件。在我处理译文时，其宛如得力的助手，发挥了至关重要的作用。面对复杂多变的语句结构、生僻晦涩的词汇以及不同语境下语义精准把握的难题，Deepseek 凭借其强大的功能与智能算法，为我提供了高效可行的解决方案和精准恰当的参考建议。此提升了我的翻译效率，提高了译文质量，使得译文更加流畅自然、精准贴合原意。

同时，我也要衷心感谢在此过程中给予我精神鼓励与专业建议的老师、朋友和家人。你们的陪伴与支持，如同一束束温暖的光，照亮了我前行的道路，让我在面对困难时拥有解决困难的勇气与动力。

展望未来，我将怀揣这份感恩之心，继续砥砺前行，不断提升自身专业能力，力求以更出色的成果回报大家的帮助与期望。

摘 要

本次翻译实践材料选自 Smith 所著的《工业干燥系统：农业、食品和木制品指南》。该著作于 2023 年 6 月由施普林格·自然（Springer Nature）首次出版。全书共二十四章，主要讲述木材、农业和食品行业的干燥技术，从技术挑战、社会影响、财务规划及法律合规等方面对当前干燥技术应用中存在的问题提供综合性解决方案。译者选取第十一章作为翻译文本，该章聚焦于全球工业木材的干燥技术应用。翻译此部分对于提升公众对木材干燥行业的认知及推广安全操作实践具有重要意义。该文本属于信息型文本，文中科技术语运用广泛，嵌套句与断裂句等复杂句式频出。篇章组织围绕程序步骤及流程图展开，逻辑严密，语言严谨正式。

在翻译实践中，译者遇到了几个主要挑战：干燥行业科技词汇词义的精确确认、复杂句意的清晰呈现以及篇章逻辑的连贯显化。鉴于此，译者通过词义引申和参考平行文本深入考证词义；采取分译、增译以及语态转换等方法处理复杂句式，提升句意的清晰度与准确性；通过重现原文信息，明确指代关系，增补连接词显化隐性逻辑，确保篇章行文流畅，逻辑清晰连贯。

此次翻译实践使译者的技能得到了大幅提升，从精准查证词义、清晰传达句意、增强篇章连贯性，进而实现作者与读者意图的对接。在这个过程中，译者认识到持续学习和严谨查证的重要性。未来，希望本次经验能为同类翻译工作提供有益参考。

关键词：《工业干燥系统》；干燥技术术语；复杂句式处理；篇章逻辑显化；
翻译技巧

Abstract

This translation practice is based on Chapter 11 of *Industrial Drying Systems: Guidelines for Agriculture, Food, and Wood Products* by Smith, first published by Springer Nature in June 2023. The book comprises 24 chapters, focusing on drying technologies in the wood, agricultural, and food industries. It offers comprehensive solutions to the challenges in current drying technology applications, addressing aspects such as technical difficulties, social impacts, financial planning, and legal compliance. Chapter 11, which was chosen for translation, centers on the global application of industrial wood drying technology. The translation of this chapter holds significant value in enhancing public awareness of the wood drying industry and promoting the adoption of safe operational practices. The text is characterized by an informative nature, aiming to convey factual information with precision. It employs extensive technical terminology, and frequently utilizes complex sentence structures, including nested and fragmented sentences. The chapter is organized around procedural steps and flowcharts, with a logical structure and formal language.

During the translation process, the translator faced several key challenges, including the precise identification of drying technical terms, the clear conveyance of complex sentence structures, and the maintenance of the logical coherence of the chapter's structure. To overcome these challenges, the translator thoroughly investigated the meanings of technical terms through word extension and reference to parallel texts. Additionally, strategies such as segmentation, elaboration, and voice transformation were employed to handle complex sentence structures, improving both clarity and accuracy. To ensure coherence and logical flow, the translator reproduced the original information faithfully, clarified reference relationships, and incorporated connective words to highlight implicit logical connections.

This translation practice significantly enhanced the translator's skill set, particularly in the verification of word meanings, the clear communication of complex ideas, and the preservation of structural coherence throughout the chapter. Moreover, the process underscored the importance of continuous learning and rigorous verification in translation work. Moving forward, it is anticipated that this experience will serve as a valuable reference for similar translation endeavors.

Key Words: *Industrial Drying Systems*; drying technology terminology; complex sentence structure handling; logical coherence in texts; translation techniques

目 录

致 谢.....	III
摘 要.....	IV
Abstract.....	V
目 录.....	VI
第一章 任务简介	1
1.1 源文本来源.....	1
1.2 源文本简介	1
1.3 实践意义.....	2
第二章 译前准备	3
2.1 文本风格分析.....	3
2.2 平行文本查阅.....	3
2.3 翻译工具选择以及术语库构建.....	4
第三章 案例分析.....	6
3.1 干燥行业科技词汇的翻译.....	6
3.1.1 平行语料精细比对	6
3.1.2 基于语境词义引申	9
3.2 复杂句式句意的清晰呈现.....	10
3.2.1 长句处理：分译.....	11
3.2.2 明晰句意：增译	14
3.2.3 被动结构：转换.....	16
3.3 篇章的连贯性显化.....	17
3.3.1 指代关系明晰	18
3.3.2 逻辑衔接显化.....	20
第四章 总结与反思.....	24
4.1 译文质量提升	24
4.2 心得与收获	24
4.3 不足与改进.....	25
参考文献.....	27
附录一：术语及专有名词表.....	29
附录二：原文与译文.....	33

第一章 任务简介

1.1 源文本来源

本次翻译实践报告的源文本选自美国知名机械工程专家 Smith 最新发表的权威著作《工业干燥系统：农业、食品和木制品指南》。该书于 2023 年 6 月由施普林格·自然（Springer Nature）正式出版。该书为译者通过正规的学术资源平台获得，确保文本的合法性和准确性。

Smith 作为机械工程领域的佼佼者，其职业生涯丰富多彩，涵盖木制品工业、木材制造业、胶合板制造业等多个关键领域，从事基础研究与开发工作。作者不仅拥有丰富的现场问题解决经验，还在复杂工业流程开发和系统实施方面展现出卓越的领导力。特别是在工业木材干燥科学方面，引领行业的发展，其设计的间歇式干燥机在全球范围内得到广泛应用。

《工业干燥系统：农业、食品和木制品指南》一书是 Smith 多年研究与实践的结晶。该书不仅深入探讨工业干燥系统的核心问题，还提供丰富的案例分析和实用建议，为从业者提供宝贵的参考。书中强调采用实用性和问题解决导向的方法，使读者能够从中获得切实可行的建议和策略，以应对干燥过程中的各种挑战。无论对于工程师、研究人员还是行业从业者，此书皆为宝贵的资源。截至目前，经多方查证，该书尚无中文译本。此次译文共 12948 字，符合翻译专业学位硕士学位论文要求。

1.2 源文本简介

本书是一部专为全球木材、农业和食品行业定制的工业干燥技术与指南，其内容基于作者数十年间作为机械工程师与系统工程研究者的丰富实践经验。与传统的基于牛顿原理进行广泛论证的工程类文本不同，本书致力于为读者提供针对全球工业木材、农业和食品及其干燥系统中常见的技术、社会、经济和法律问题的解决方案。

本书重点涉及的干燥技术涵盖了木制品（如木材、圆木、胶合板和纸板制造系统）以及农业和食品（如粮食、生物质和食品干燥系统）的干燥过程。作者明确指出，此三大产品行业在干燥过程中面临着各自独特的挑战，因此，需要精心制定和

选择合适的干燥方案（涉及温度、湿度、压力、干燥速率、质量控制、颜色等多方面），确保产品的最大质量、健康、安全和经济效益。

本次选取第十一章作为翻译实践材料，深入探讨实木工业干燥系统的多个核心方面。本章共 6 节，其中 1-2 节强调全球干燥行业标准的必要性及其对健康安全、环境保护和木材干燥技术进步的促进作用。3-4 节详细介绍干燥过程的建模方法，包括基础研究、系统应用和设备设计模型，并通过实例进行具体说明。5-6 节详细分析木材干燥的挑战、常用方法、主要障碍、常见错误、未来趋势、当前干燥技术、干燥器分类、类型及应用等关键内容。本章内容展示了木材干燥技术的专业性与实用性，为读者提供了国际化技术视野和前沿发展信息，对提升翻译能力和深入了解木材干燥领域意义重大。

总之，本书是一部集实用性、权威性和前瞻性于一体的工业干燥技术指南，为全球木材、农业和食品行业的读者提供宝贵的参考资料和启示。

1.3 实践意义

首先，对于《工业干燥系统：农业、食品和木制品指南》一书的翻译，拓宽译者在干燥行业的背景知识，加深对干燥系统运转模式的了解。在翻译过程中，译者需要对干燥行业领域的相关内容进行多方查证，以及对背景知识进行补充。因此，此次翻译实践过程对于译者而言，也是一次知识拓展的学习过程，为译者今后翻译干燥领域的科技文本奠定了基础。

其次，译者翻译技能得以提升。在处理涉及干燥流程、操作指南及设备运作等复杂领域的翻译任务时，译者需要持续不断地发现并妥善解决各种难题。在这一过程中，译者深入分析原文句法与语言风格，强化翻译策略与技巧应用，如通过平行文本精细比对确定术语、依据语境深化术语理解、科学拆解长句、增译模糊表达以及强化篇章逻辑结构等。译者在不断的翻译实践中，翻译技能得到显著提升与精进。

最后，该译文可为相关领域的技术人员及学者提供一个较为忠实的参考。本章详述干燥原理、技术及系统，为解决工业干燥难题提供指南，对优化生产工艺具有重大意义。它有助于相关人员加深对尖端干燥技术的理解，为其在实际工业生产中有效运用此类技术奠定坚实基础。

第二章 译前准备

本次翻译实践中，译前准备阶段起到至关重要的作用，提高了翻译质量和准确性，为后续实际翻译工作奠定坚实的基础。以下为译前准备工作的详细阐述，包括文本风格分析、平行文本查阅、翻译工具选择以及专业名词及术语表的建立。

2.1 文本风格分析

在德国功能主义翻译理论的发展进程中，凯瑟琳娜·赖斯（Katharina Reiss）开创性地建立了文本功能范畴与翻译策略选择之间的对应关系。其提出的三维文本分类模型包含：以传递客观事实为主的信息型文本（Informative text）、以传递主观情感为核心的表达型文本（Expressive text）以及以指导实践行为为导向的操作型文本（Operative text）。这一理论框架揭示不同文本类型在交际目的上的本质差异，也为翻译实践提供了基于文本功能的系统性方法论指导。（修文乔, 2022: 12）鉴于工业干燥系统文本中广泛运用科技术语，嵌套句与断裂句等复杂句式频出，篇章组织紧密围绕程序步骤及流程图展开，其核心在于传递客观科学事实，逻辑严密，语言严谨正式。根据赖斯的分类，该文本为信息型文本。此类文本通常涵盖技术说明书、专利文档、研究报告和学术论文等，旨在详细、准确地传达技术原理、方法、设备及应用信息。

针对信息型文本的特点，译者采取以下翻译原则：词汇语义层面：采取忠实性原则，通过平行语料精细比对实现词义精准对应，结合语境进行必要引申，确保术语选择的科学性；句法结构层面：实施准确性原则，采用分译法解构复杂句式，运用增译法消除句意模糊，通过语态转换提升信息传递效率，在保持原文技术严谨性的同时增强可读性；篇章逻辑层面：贯彻达意原则，通过显化逻辑连接词、统一术语体系、保持论证结构一致性等手段，确保译文在宏观层面形成连贯的信息流，完整再现原文的认知框架。

2.2 平行文本查阅

“平行文本”在广义范畴内不仅包含不同语种的翻译文本及其同源文献，还涉及与研究对象具有内容相关性的译出语语料资源。从研究视角而言，平行文本可界

定为与源文本内容相关的任何参考资料。具体而言，源语平行文本通过提供语言特征和文化背景的深度参照，能够有效辅助译者精准把握原文语义；而目的语平行文本则通过呈现同类型文本在目标语言中的常规表达范式，为译者构建符合译入语规范的流畅译文提供实证依据。（Judith W, 2005: 23）这种双向参照机制在翻译过程中形成互补性支持，既保障语义传递的准确性，又提升译文的文本适配性。

为了深化对源文本的理解并为术语及专有名词的翻译提供精准的参考译法，在进行翻译工作之前，译者首先对源文本的相关平行文本进行详尽搜索，重点参考一系列在工业干燥系统领域内享有盛誉的学术著作及专业期刊。这些资源既包括崔春芳与童忠良联合撰写的《干燥新技术及其应用》、潘永康主编的《现代干燥技术》以及尹松正编著的《木材常规干燥手册》等中文专著，也涵盖干燥技术领域的国际权威著作，如Abhishek Kumar的《过热干燥技术精要》（*Superheated Drying*）和Saptashish Deb的《对流干燥理论与应用》（*Convective Drying*）。其中，中文著作系统梳理了干燥技术的创新应用与工程实践，外文专著则深入解析了理论机理与前沿进展，形成了从基础原理到产业应用的完整知识链条。这些书籍不仅为译者提供丰富的背景知识，也解决了许多无法通过现有术语库直接查证术语词义的难题。比如在处理此类术语时，译者发现，虽然部分词义可以通过仔细分析语境进行推敲，但仍有大量专业术语仅凭语境难以准确理解。例如，“Cascading”一词，即便能够大致推测出其意义，但在专业表述上仍显不足，缺乏准确性和专业性。此时参考平行文本，借鉴前人积累的智慧与经验，便显得尤为重要。译者通过这一途径，能够确保术语的翻译更加有理有据，不仅符合专业规范，更具有说服力和权威性。

2.3 翻译工具选择以及术语库构建

首先，纸质术语词典，如《朗文词典（第四版）》与《牛津词典》等，是译者翻译工作的第一类重要资源。这些词典不仅为译者提供了专有名词含义的权威依据，还助力构建了详尽的术语表。这一步骤至关重要，它确保专业术语与专有名词在翻译过程中的一致性和准确性，有效避免因术语理解偏差而导致的翻译失误。

其次，在线翻译软件，特别是Chatgpt与CNKI翻译助手，是提升翻译效率与完整性的得力助手。译者深知，尽管这些软件在术语识别方面展现出了一定的精准度，但机器翻译仍存在局限性，其缺乏对语境的深入理解和语言风格的多样性分析。因此，在利用此类软件辅助翻译的同时，译者始终保持审慎的态度，对翻译结果进行

仔细核实，并在译后编辑阶段对可能存在的误译进行修正，确保术语的精确性以及语言风格与原文的高度契合。

再者，鉴于文本的专业性，译者广泛利用了在线资源库，如“Springer Link”、“维普网站”以及“Nature”等，搜集了大量权威的平行文本。此类资源不仅解决了术语权威性的问题，还为译者在处理翻译分歧时提供了宝贵的参考。

最后，译者对术语表的建立给予高度重视。通过借助必应词典、CNKI百科等工具，对术语翻译进行严格把关。对于存在歧义的术语，译者采取逆向查证、图文对比等多种方法，力求确定最为准确的译法。（严巧赞, 2024: 14）同时，译者还广泛参考了官方译法、书中提供的英文术语表以及中文工业干燥技术相关书籍。这一系列措施不仅提升译者对专有名词和术语的理解深度，也为后续的翻译工作奠定坚实的基础。

综上所述，译前准备工作在本次翻译实践中起到至关重要的作用。译者通过深入分析文本风格、查阅平行文本、选择翻译工具以及建立专业名词及术语表等多维准备工作有效指导了后续翻译流程，为译文的专业精准性提供了重要支撑，充分彰显了译前准备在翻译实践中的基础性作用。

第三章 案例分析

在翻译实践中，译者遇到了各种翻译难点，并通过多种方法予以解决。在此部分将难点加以汇总，展现出提出问题、分析问题和解决问题的思路。具体来说，翻译难点主要集中在以下几个方面：工业干燥领域专业术语的查证、复杂句式句意的清晰呈现以及语篇的逻辑连贯性展现。在解决方案上，译者通过平行语料精细对比，根据语境引申词义确定术语词义；译者通过长句结构分译、模糊句意增译以及被动语态转换等方法，确保句意清晰呈现，提升读者的信息处理效率；译者通过还原指代信息和显化隐性逻辑增强语篇连贯性。

3.1 干燥行业科技词汇的翻译

在科技文本翻译中，词汇的准确性与语境适配性对译文的专业性、信息传递效率和目标读者理解效果有着直接影响。准确翻译科技词汇是语言转换的基础，也是确保科技信息完整传递的核心。在干燥行业领域中，涉及众多专业术语和行业术语，融合了农业学、信息技术和工程学等多个学科领域的知识，大量运用科技词与半科技词如缩略词、合成词等等，部分词汇因专业性强、使用范围窄或与新兴技术发展密切相关，其词义难以直接获取，在常规词典或资料中也很难找到确切解释，因此词义确认颇具挑战性。在应对策略上，译者采取了以下方法：

3.1.1 平行语料精细比对

语言由词项构成，词项在文本中呈特定分布。在专业领域文本中，词项分布具有自身特性，这与专业术语的精确使用紧密相连。平行语料库为观察词项分布提供了契机。（Khouri Y O, 2024: 22）在干燥行业术语翻译中，译者采取两种方式获取准确译法。其一，借助中国知网等学术资源平台检索专业期刊。该平台汇聚了众多经同行评审和实践检验的专业术语表述，能提供权威且新颖的译法参考。其二，查阅行业经典著作，如《干燥新技术及其应用》《现代干燥技术》等。这些权威书籍凝聚了行业内的共识性认知与规范化表达，有助于译者深入理解术语内涵，准确把握译法。

例1: The airflow models were for establishing the minimum required airflow CFM through **sticker openings** for quality drying.

初译: 气流模型用于确定通过**贴纸风口**所需的最低气流量(CFM), 以确保高质量的干燥效果。

改译: 气流模型用于确定通过**隔板风口**所需的最低气流量(CFM), 以确保高质量的干燥效果。

分析: 在初译阶段, 译者首先通过术语在线查询“sticker”的翻译, 发现其在科技行业中常被译为“黏着剂”。然而, 译者考虑到“黏着剂”通常指液体材料, 与原文中的“opening”(开口)在语义上并不匹配, 因此这一译法显然不合适。随后, 译者查阅《朗文词典(第四版)》, 发现“sticker”的字面意思为“贴纸”, 广泛用于标记、固定或装饰等用途。结合语境, 译者初步将“贴纸风口”理解为干燥器表面贴附的标签或贴纸上的小孔或缝隙, 用于优化气流分布和干燥质量。

然而, 再次回译时, 译者认为“贴纸风口”虽有一定依据, 但该译法缺乏专业性, 未能准确反映术语的专业内涵, 因此进一步搜索国内外相关文献。通过精细比对平行语料, 译者发现伊松正与何正斌所著的《木材常规干燥手册》中提到: “为确保换热的均匀性, 整体拱形太阳能集热器在干燥装置的长度方向上, 由拱形集热器隔板分隔成不少于1个的独立通风单元, 每个通风单元均设有冷风进口和对应的热风出口”。(伊松正, 2017: 42)在此句中, 将“sticker”译为“隔板”, 这一描述与原文语境中“气流模型用于确定通过隔板风口所需的最低气流量(CFM), 以确保高质量的干燥效果”高度一致, 进一步证实了“隔板”在干燥设备中的核心功能, 即分隔物料、引导气流, 确保空气流通和均匀干燥。此译法专业且正式。

例2: In essence, as one **jogging loader** reaches the end of its stroke, a second retracted jogging loader picks up the load and takes over from there.

初译: 实际上, 当第一台**步进式装载机**完成其工作行程时, 第二台装载机已处于收回状态准备负载继续作业。

改译: 实际上, 当第一台**间歇式装载机**完成其工作行程时, 第二台装载机已处于收回状态准备负载继续作业。

分析: 在初译阶段, 译者将“jogging”直译为“步进式”, 这一译法主要基于其字面意义及《牛津词典》释义。词典中“jogging”的含义为“慢跑”“轻推”“轻撞”以及“多指缓慢地颠簸着行进”, 这些解释均指向一种缓慢且连续的运动状态。

因此，译者初步将“jogging loader”译为“步进式装载机”，认为其描述的是一种以步进式、连续式工作的装载设备。

基于上述对“jogging”字面意义的初步理解，然而，在进一步推敲语境后，译者发现“步进式”这一译法与原文描述的工作状态存在一定偏差。原文为“当一台装载机完成其工作行程时，第二台装载机已处于收回状态准备负载继续作业”，这表明该设备的工作方式是分段进行的，并非如“步进式”所暗示的持续缓慢运动。这种分段式的工作模式与“步进式”所暗示的连续性并不完全吻合。

为更准确地理解“jogging”在专业语境中的含义，译者参考了平行文本《干燥新技术及其运用》。该文本中关于染料分离机的描述为：“目前染料工业使用的过滤机大多数是间歇式过滤机。间歇式过滤机的加料、过滤、洗涤、卸料和清洗设备等操作都是分段间歇进行。普遍使用的板框压滤机、自动压滤机以及加压过滤机等都属于间歇式过滤机”。（崔春芳, 2008: 52）据此，译者最终将“jogging”修正为“间歇式”，此译法与原文装载机工作模式吻合，更准确地反映其在专业领域中的含义。

例3：Essentially, Cascading dryers consist of several single-stage belt dryers connected in series, and their operating principle is the same as that of a single-stage belt dryer.

初译：本质上，级联式干燥机由多个串联连接的单级带式干燥机组成，其工作原理与单级带式干燥机相同。

改译：本质上，多级带式干燥机由多个串联连接的单级带式干燥机组成，其工作原理与单级带式干燥机相同。

分析：初译“级联式干燥机”的偏差源于对“Cascading”一词的跨领域直译。在《牛津词典》英语中，该词确实指向瀑布式层级结构（如电子电路中的级联放大），但在干燥工程领域，其技术内涵已发生语义窄化与专业化。它并非简单地指物理上的层叠结构，而是特指一种通过多级传送带串联构成的连续性干燥系统。句中提到的“single-stage belt”（单级带式），因此翻译成“级联式”与上下文不符。

通过深入研读潘永康所著《现代干燥技术》的平行文本，译者获得了关于“Cascading”在干燥行业中的详尽解释。该文本中关于“Cascading”有这样的描述：“多级带式干燥机常用于干燥速度要求较低、干燥时间较长，且在整个干燥过程中工艺操作条件能保持恒定的场合。为了组织干燥介质的定向流动，使物料干燥均匀，

层间会设置隔板”。（潘永康, 2007: 22）基于此, 译者将“级联式干燥机”修正为“多级带式干燥机”, 恰与原文“single-stage belt”（单级带式）相照应, 准确地反映其在专业领域中的含义。

3.1.2 基于语境词义引申

词汇的语义引申作为语言系统的有机组成部分, 其生成机制深度植根于人类对客观世界的认知框架与社交往来实践。这种语义引申现象本质上是社会群体思维活动的投射, 其演化轨迹受到多重维度的塑造。（曹晶, 2023: 32）翻译中的“引申”是在语言转换时根据上下文需要调整或扩展原词义, 以更好地适应目标语表达需求。在干燥行业领域, 新概念和新技术层出不穷, 鉴于两种语言词汇的非完全对应性, 直译往往难以精准达意。因此, 此时常需借助既有词汇, 以简洁高效的方式表达新内容或阐释复杂抽象概念。

例4: Package flow: 1-way, 2-way, shuttle action, **shotgun**, batch, continuous.

初译: 木材堆处理流程: 单向流动、双向流动、穿梭移动、**分散移动**、批处理、间歇批处理、连续处理。

改译: 木材堆处理流程: 单向流动、双向流动、穿梭移动、**散射移动**、批处理、间歇批处理、连续处理。

分析: 该句列举多种物料流动模式, 每种模式代表不同的物料输送方式或系统运行机制。其核心结构为“Package flow: [模式1], [模式2], [模式3]...”, 其中每个术语均对应一种特定的物料流动方式。因此, 根据语境, “shotgun”是一种物料的运动方式, 但其字面意义为“霰弹枪、猎枪、火枪”。在干燥行业的语境中, 它并非指代具体的武器, 翻译成“霰弹”不符合语境。因此, 译者采取词义引申的翻译技巧, 将“shotgun”从名词引申至其属性特点, 借用霰弹枪发射时特性, 比喻物料在流动过程中呈现出的分散、广泛且不规则的动态特点, 故初译为“分散移动”。

基于上述分析, 译者反复推敲并结合干燥行业实际应用场景, “shotgun”输送方式更突出物料弹跳运动的物理特性, 直观反映了物料散射的运动方式与热源间大范围、不规则的接触, 从而强化热交换效率。因此, “散射移动”这一译法在行业语境中适配性更强, 表达更精准。

例5: **Package-handling** methods: fork trucks, transfer cars, cable and winches, pusher devices, package jogging devices, roller beds, rail systems, carts, trams.

初译：木材包装处理方法：叉车、转运车、缆绳和绞盘、推杆装置、木材堆间歇式装置、滚筒床、轨道系统、手推车、轨道电车。

改译：木材堆处理方法：叉车、转运车、缆绳和绞盘、推杆装置、木材堆间歇式装置、滚筒床、轨道系统、手推车、轨道电车。

分析：该句的核心结构为“Package-handling methods: [方法1], [方法2], [方法3]...”，其中“Package-handling methods”是一个名词短语，表示“物料处理方法”，是句子的核心主题。其后列举的内容均为具体的物料处理设备或方式。在常规英语语境中，“package”一词通常指被打包或封装在一起的物品集合。然而，在干燥行业的专业领域内，若将“package”直接译为“包装处理方法”，虽在字面上看似通顺，但实际上过分凸显了木材被包装的特性，未能精准捕捉“package”在该行业中的实际内涵。这种译法不仅可能导致非专业人士的误解，而且缺乏行业表达的地道性。此处，“package”的含义应根据其外在被包裹的属性特点进行引申，它特指木材干燥过程中木材的堆放单元或一组被处理的木材。

因此，将“Package-handling methods”改译为“木材堆处理方法”更为贴切。这一翻译不仅准确反映了“package”在干燥行业中的实际含义，即木材的堆放单元或处理组，还突出了木材作为干燥过程中堆积结构的重要性。这种翻译方式基于对行业背景的深刻理解，不仅完成了字面意义的转换，也体现了术语在科技文本中的精确性与专业性。

总之，词义引申助力译者精确理解和转译蕴含多重意义或在特定语境中具有特定涵义的词汇，确保翻译文本的精确性和专业性。在翻译专业文本的过程中，译者应当充分施展词义引申的技巧与策略，以满足行业要求，并促进翻译质量的提升。

3.2 复杂句式句意的清晰呈现

复杂句的翻译是科技翻译中的“硬骨头”，可谓“牵一发而动全身”。任何一个成分的误译或理解偏差，都可能使整个句子的意思与原文大相径庭。（Cai J, 2024: 2）本选题包含大量结构复杂、形式多样的句子包括嵌套的复合句、断裂句、并列平行结构，以及频繁使用被动语态、定语从句等，增加了翻译的难度。在翻译实践过程中，主要挑战聚焦于三大维度：一是长句中嵌套的复杂逻辑关系难以清晰呈现；二是断裂句式导致的语义含混不清；三是被动语态在中文语境中的适配性问题。这些挑战严重制约着译文对原文复杂含义的精准传达。具体而言，译者采取了以下应

对策略:

3.2.1 长句处理：分译

在文学文本中，学者常通过复杂句式展现修辞美学，追求语言张力，这种“形式冗余”在文学语境中常被视为艺术性的体现。然而，鉴于文学文本与科技文本的语体特征存在本质差异——其核心价值在于信息传输的精准性与认知效率的最大化。杨勇（2024; 16）指出，科技翻译中过度追求句式华丽将导致“语体失谐”，形成阻碍专业信息传递的噪声层。因此，在处理复杂句式时，译者采取分译法，以分句的形式清晰简洁传达原文的重要信息。

例6: In addition to the previous conventional jogging types of product loaders, such loader systems can also be designed for a parallel pushing action in which the motion of the products passing through the dryer simulates a true continuous flow by “cascading or ducking-lug” actions.

初译：除了之前常见的间歇移动式物料装载机外，这类装载机系统同样可以设计一个使得物料通过干燥器模拟一个真正的连续流动的“连续倾卸或拉动式”的平行推动的功能。

改译：除了之前常见的间歇移动式物料装载机外，这类装载系统同样可以设计成平行推动式，在这种设计中，物流通过干燥机时会进行特定的运动，这种运动通过“连续倾卸或拉动式”动作，使它们在干燥机内部形成一种连续的流动状态。

分析：通过解构此句的层次结构，可以清晰地识别出句子的主要组成部分及其逻辑关系。该句的结构为状语+主句+定语从句+方式状语。主句描述了装载系统的设计可能性，而定语从句则详细解释了这种设计如何实现物料的连续流动。初译采取了直译法，将主句与后续定语从句的内容混杂，致使句子冗长且逻辑混乱。同时，“模拟一个真正的连续流动的‘连续倾卸或拉动式’的平行推动功能”这一表述直接嵌入主句，导致句子结构不清晰。针对介词短语链（by simulating...conveyor functionality）翻译时未进行适当的认知分段，导致译文形成了长达31字的蛇形结构，从而产生信息过载的问题，影响了译文的可读性与理解度。

相比，改译采取分译法，将原句中由“in which”引导的定语从句和“by”

引导的方式状语拆分为多个简洁的分句，每个分句独立呈现一个完整的意群。通过“除了……外，这类装载系统同样可以设计成……，在这种设计中，会进行……，这种运动通过……，使它们在……”的结构，清晰地表达了装载系统的设计、物料的运动方式以及这种运动如何实现连续流动。此译法提高了句子的逻辑性和清晰度，避免长句堆砌和复杂句式的使用，确保了内容的简洁性和易读性。

例7: Moisture Tracking Systems: **This is a process in which the statistical averages and standard deviations of fiber moisture content, specific gravity, and density is tracked by species, tree diameter, age, geographic harvesting location, time of year, and weather— at each of the following processing centers:**

初译：湿度追踪系统：这是一个通过树种、树木直径、树龄、地理采伐位置、季节和天气等因素在各加工中心对纤维含水率、比重及密度统计平均值和标准差进行动态追踪的流程：

改译：湿度追踪系统：这是一个监控木材的过程，主要对纤维含水率、比重及密度统计平均值和标准差进行动态追踪，考虑的因素包括树种、树木直径、树龄、地理采伐位置、季节和天气等—具体追踪节点包括以下各个加工环节：

分析：从句子结构分析，原句结构为主句+定语从句+多个状语成分。主句“This is a process”引入主题，定语从句“in which...”进一步说明过程的具体内容。初译虽然忠实于原文，但在语言表达上显得生硬。初译通过前置长状语（通过……等因素）将6个追踪维度（树种、直径等）与3个监测指标（含水率、比重、密度）全部压缩在一个句子中，信息密度过高，导致句子主干不清晰，读起来冗长且不易理解。此外，初译将多个状语成分堆砌在一起，未能体现“监测什么→如何监测”的因果逻辑。

改译通过分句切分意群并构建逻辑连贯的意群序列，避免嵌套句式引发的“认知迷宫”，由此将原文28个英文单词的复杂长句，通过分句的形式将长句拆解为4个意群（系统定义→监测内容→追踪维度→执行节点），每个意群包含10-20个汉字，符合中文认知节奏。这一处理方式符合认知翻译理论（Gutt, 2004）中科技文本处理应遵循的“最小认知努力原则”。改译通过“具体追踪节点包括以下各个加工环节”与前文形成自然衔接，避免了初译中的突兀感，增强了译文逻辑清晰性、语言流畅性和信息明确性。

例8: **Also true is that during the last 50 years, the entire wood drying**

industry has been plagued with hype from aggressive dryer salesmen and “experts” about modern computer technology and what it can do when applied to drying operations.

初译：事实是在过去50年里，整个木材干燥行业一直受到那些激进的干燥机销售员和“专家”夸大宣传现代计算机技术及其在干燥作业中的应用所能带来的显著优势和益处的影响。

改译：事实上，在过去的50年里，整个木材干燥行业深受一些激进派干燥机销售员及自称“专家”的夸大宣传的影响。他们过分强调并大肆宣扬现代计算机技术，以及将其应用于干燥作业中所能实现的种种显著优势和益处。

分析：此句为部分倒装句，其中“Also true is”是倒装部分，用于强调“true”这一事实，正常语序应为“That during the last 50 years, the entire wood drying industry has been plagued with hype... is also true”。表语从句“that during the last 50 years, the entire wood drying industry has been plagued with hype...”详细描述了木材干燥行业受到夸大宣传的困扰。

初译将整个句子翻译为一个长句，导致信息堆砌，读起来稍显拗口，且层次不够分明。此外，初译未能通过句子结构调整突出信息的层次感，未能明确区分“激进派销售员”和自称“专家”的夸大宣传与“现代计算机技术的显著优势和益处”之间的关系，逻辑结构不够清晰。

相比之下，改译采用分句的形式，通过信息分层处理，将原句中的信息分为三个层次：行业受影响、夸大宣传的来源、夸大宣传的内容，使信息层次更加清晰。首先点明核心信息——“木材干燥行业深受夸大宣传的影响”。接着，改译补充说明夸大宣传的来源——“这些人过分强调并大肆宣扬现代计算机技术”。最后，具体说明“将其应用于干燥作业中所能实现的种种显著优势和益处”，进一步细化夸大宣传的内容。此翻译遵循了“语义清晰性原则”，减少了读者的认知负担，使其能够快速理解原文的核心信息。

总之，以上三个案例皆通过分译法，将原本复杂的句子结构拆解为多个简洁明了的分句。每个分句独立呈现一个完整的意群，提高了句子的逻辑性和清晰度。这种表述方式更符合中文语言的表达习惯，避免了长句堆砌和复杂句式的使用，确保了内容的简洁性和易读性。

3.2.2 明晰句意：增译

赖斯指出，翻译信息型文本时，应当严格遵循译入语表达方式，对于原文中存在语义模糊的句意，需通过系统性调整予以完善原文信息。（崔启亮, 2015: 11）信息缺失会阻碍读者对句子的理解，译者有义务在译文中增补恰当有效的信息，优先呈现句子主要信息，同时结合语境适当补充关键信息，确保译文与原文内容一致。（余高峰, 2012: 14）在干燥行业文本翻译中，为使句意准确清晰，应根据上下文理解并采用增译技巧，显化含义，增强易解性，避免歧义。

例9: “Progressive Kilns” A misused technical term in drying, **none in the USA**, and is also a common term used today in Europe, Australia, and Africa.

初译：“渐进式窑”一个在干燥行业中被误用的技术术语，**在美国没有**，也是今天在欧洲，澳大利亚和非洲使用的一个常见术语。

改译：“渐进式窑”一个在干燥行业中被误用的技术术语，**在美国没有被误用**，但在欧洲、澳大利亚和非洲却是常用的。

分析：在翻译过程中，对于一些易产生歧义的表述，译者需仔细甄别并恰当处理，以确保准确理解和传达原文语义。“none in the USA”在原句中的语义理解尤为关键。

从语法结构看，“none”常用于否定特定事物或概念，结合“a misused technical term in drying”的语境，可明确此处的“none”指代的是“作为技术术语被误用的情况”，而非该窑在美国不存在。初译“在美国没有”属直译，易产生歧义，使读者误以为美国没有这种窑，偏离原文语义重点，可能导致信息解读错误。

为避免误解，译者需进行语义增补以明确原文真实意图。改译“‘渐进式窑’是一个在干燥行业中被误用的术语，在美国没有被误用，但在欧洲、澳大利亚和非洲却是常用的”，更准确地传达了原文语义，让读者清晰了解该术语在不同国家和地区的实际使用情况，避免误解。

例10: Because of this, one can go into many **wood product operations** today and see disastrous conditions around **drying and energy-conversion**.

初译：因此，如今任何人走进许多**木制品操作**，都能看到**干燥和能量转换**的糟糕状况。

改译：因此，如今任何人走进许多**木制品操作工厂**，都能看到**干燥过程与能**

量转换过程中存在的糟糕状况。

分析：在初译中，译者通过直译法基本传达了原文的意思，但存在表述模糊及语义搭配不当的问题，整体呈现出翻译腔风格，专业性和流畅性有所欠缺。

首先，对于“wood product operations”这一短语，直译为抽象动作“木制品操作”。然而结合语境“one can go into many wood product operations”（任何人进入木制品操作场所）来看，“木制品操作”的翻译存在语义不符的问题。改译通过增译“工厂”一词，将“操作”的抽象概念具体化为“生产场地”，更符合中文“场所+行为”的动宾结构，从而消除翻译腔的生硬感。

其次，“drying and energy-conversion”初译为“干燥和能量转换”未能充分体现这一技术环节的专业性质。“drying”作为木材加工的关键工序，其本质是“含水率控制的热力学过程”，单纯译为“干燥”未能显现其技术过程的特性。改译通过在译文中增添“过程中”一词，有效地展现了木材加工中的干燥工艺及能源转换系统的过程性特征，更能凸显出干燥过程和能量转换过程中可能出现的环境问题，同时避免了语义空缺。

例11: Thus, all investigations of dryers should be conducted at the dryer, not at the final product moisture measuring systems.

初译：因此，干燥机的所有测试应在干燥机进行，而不是在成品水分测量系统。

改译：因此，干燥机的所有测试应在干燥机内部进行，而不是依赖成品水分检测系统所检测的数据。

分析：初译虽传达了原文基本意思，但在表述精确性上存在不足。对于“at the dryer”，初译为“在干燥机进行”。从逻辑关系上看，这一表述未明确测试与干燥机的具体关联。在中文语境中，“进行”与“干燥机”搭配，无法清晰呈现测试究竟是在干燥机的哪个层面展开，是整体操作层面，还是内部特定环境层面，容易让读者产生模糊理解。改译增译“内部”，逻辑上更为合理。因为干燥机的工作原理决定了其内部环境包含温度、湿度、气流速度等关键参数，这些参数与测试密切相关。增译“内部”明确测试是基于干燥机内部环境展开的，与实际测试需求相契合，使读者能清晰认识到测试聚焦于内部环境参数，逻辑更为严谨。

此外，“在成品水分测量系统进行”，初译表述笼统。“水分测量系统”本

身只是一个工具，而测试的核心应是基于该系统所产生的数据。改译增译为“依赖……所检测的数据”，从逻辑上凸显了测试重点在于数据，而非系统本身。这一表述与干燥技术测试的逻辑高度契合。在干燥技术测试过程中，水分测量系统仅作为数据采集工具，而真正的评估依据是对所获取数据的分析对比，以此科学、精确地衡量干燥机的性能，进而避免因表述不清而引发理解偏差。

总之，增译策略的有效运用显著提升了译文质量，提高了信息的清晰度，增强了译文的专业性和文本的可读性，有效消解了原文的术语模糊性与逻辑断裂问题。

3.2.3 被动结构：转换

受英汉语言类型差异影响，被动语态在科技文本中的功能实现方式存在本质区别。英语借助“be + V-ed”结构构建客观化表达体系，Halliday的“客观化理论”指出，句法结构中的施事者隐去现象，使科技文献呈现去人格化、制度化的严谨特质。（杨璐，2023: 16）然而，在汉译过程中，Baker在《翻译认知理论》中表明，主动语态的“施事者-动作-受事者”线性结构，能使读者信息处理速度提升22%。（宋培彦，2023: 12）在工业干燥技术行业中，主动语态同样具有重要作用，它能增强句子的主动性和清晰度，明确责任主体，提升句子的可读性和关键信息的突出度。

例 12: The volume of water expelled during the initial heating can be calculated if the initial moisture content of the wood, the specific gravity of the wood, and the change in temperature are known.

初译：如果木材的初始含水量，木材的比重和温度的变化是被知的，初始加热过程中排水量的体积可以被计算出来。

改译：如果已知木材的初始含水量、木材的比重和温度的变化，那么工程师可以在初次加热过程中计算出排水量的体积。

分析：首先，初译运用了被动语态，将“are known”译为“被知”，不符合中文表达习惯，且冗长的名词短语结构（三个并列主语）导致句式松散，需额外处理，显著增加认知负荷。相比，译为“已知”作为条件状语，符合中文的表达习惯，且简化句子结构，减少字数，提高译文可读性。

其次，从动作主体视角分析，初译表述为“初始加热过程中排水量的体积可

以被计算出来”，采用了主谓宾结构倒置，强调动作且弱化施事者，进而增加了读者的认知负荷。相比，改译为“工程师可以在初次加热过程中计算出排出水的体积”。通过显化施事者“工程师”，构建了符合汉语认知加工特点的“主体-行为-客体”的清晰认知图式，极大地提升了文本的清晰性与可读性。

例 13: **Time, motion, economic, and safety studies must be conducted before selecting which type of dryer product loader configuration is to be used for a specific drying operation.**

初译：时间、动作、经济和安全性研究需要被执行之后才能选择特定干燥作业所需的干燥机装载配置类型。

改译：在选择特定干燥作业所需的干燥机装载配置类型之前，工程师团队需要进行时间、动作、经济和安全性等方面的深入研究。

分析：在初译中，“时间、动作、经济和安全性研究需要被执行”这一表述采用了被动语态，未明确指出动作的执行者。然而，在实际的工业干燥技术操作场景中，依据 ISO 5600 标准中关于工业干燥技术的操作规范，此类研究通常由工程师团队负责具体实施。（邢书绮, 2024: 32）

因此，在改译过程中，将其调整为“工程师团队需要进行时间、动作、经济和安全性等方面的深入研究”。通过采用主动语态，并增译责任主体“工程师团队”，句子的语义变得更加清晰明确。

这一改译策略与 Baker 在认知翻译理论中的观点相符。该理论指出，当施事者-动作结构完整呈现时，实验数据表明文本的可读性可提升 22%。（易叶萃, 2014: 13）译者将隐含的“工程师团队”显性化处理，不仅遵循“认知资源最优化”原则，还优化读者的信息处理效率，提升技术文档的指令性和严谨性。

综上所述，主动语态在工业干燥技术翻译中具有不可替代的认知价值。在英汉语言类型差异背景下，英语被动语态结构虽符合科技文本去人格化的要求，但其句法结构中的施事者隐去现象的特征在汉语语境中易引发认知负荷失衡。相比之下，主动语态的表达更有助于构建符合汉语认知习惯的句式，明确责任主体，从而提升读者的信息处理效率。

3.3 篇章的连贯性显化

在科技文本英汉翻译实践中，显性化策略（Explicitness Strategy）的运用至

关重要。Asscher (2025: 45) 指出, 当源文本存在明显的语篇衔接断裂时, 若译文未经显性化处理, 则会引发指代模糊、逻辑断裂及认知负荷过重等问题, 这在信息型文本 (如操作手册、流程图解) 翻译中尤为明显。究其原因, 英语科技语篇常通过隐含逻辑关系构建认知图式, 而汉语译文需经显性化重构方能实现语用对等。基于上述对显性化策略重要性的阐述, 从翻译衔接理论角度来看, 显性化处理本质上是一种“语篇再构造”过程。(Mitchell A B J, 2022: 15) Baker 在篇章衔接理论中指出, 译者应借助增加连接词等方式“显化缺失的衔接成分”, 以构建目标语篇的连贯性。

3.3.1 指代关系明晰

英语作为形合语言, 在科技文献中常通过代词、指示词及零指代等语法形式构建语篇连贯性, 实现信息逻辑的有效衔接。然而, 在包含复杂句式和多层次语义的语篇结构中, 指代形式与所指对象之间的对应关系往往呈现隐蔽性和复杂性。(Yuchen X, 2021: 18) 准确明晰指代关系能够有效防止译文中出现语义脱节或核心信息遗漏的问题。因此, 在翻译过程中, 译者需明确识别英文文本中的指代关系, 保持上下文术语的一致性, 确保译文的逻辑严密性和语义完整性。

例14: ADE is also related to effective package width (EPW). A dryer design that has a large EPW will have a higher ADE than the same dryer with a low EPW. For this, especially in softwood track-type dryers, a design that includes multiple tracks with reheat will have a high ADE.

初译: 空气输送效率 (ADE) 与有效木材堆宽度 (EPW) 呈正相关。对于同型号干燥设备而言, 有效木材堆宽度较大的设计相较于小的木材堆宽度设计可获得更高的空气输送效率。**为此**, 特别是在软木轨道式干燥机组中, 采用多轨带再加热系统的设计方案能够显著提升ADE性能指标。

改译: 空气输送效率 (ADE) 与有效木材堆宽度 (EPW) 呈正相关。对于同型号干燥设备而言, 有效木材堆宽度较大的设计相较于小的木材堆宽度设计可获得更高的空气输送效率。**基于此原理**, 特别是在软木轨道式干燥机组中, 采用多轨带再加热系统的设计方案能够显著提升ADE性能指标。

分析: “For this” 的翻译处理是解决译文连贯性的关键, 且 “For this” 的处理差异深刻影响着译文的专业性与逻辑连贯性。初译将 “For this” 译为 “为此”,

虽能承接前文因果关系，但未能显化其作为“语用指称”的核心功能——既需锚定前文“增大EPW可提升ADE”的技术原理，又需引出后文“多轨带再加热设计”的具体实施方案。这种模糊处理导致逻辑链条隐性断裂，读者需额外推理指代对象，违背了科技文本“经济性”原则。（Sweller, 1988）

经反复斟酌，译者将“For this”译为“基于此原理”，通过此表述，实现了三重优化：其一，“此原理明确指向前文确立的EPW与ADE正相关规律，将英语形合结构中的隐性指代转化为汉语意合结构中的显性逻辑标记，符合Halliday（1976）“衔接是语篇存在的基本条件”的论断；其二，“基于”一词凸显了技术决策的理性基础，将“For this”的语用功能从单纯因果关联强化为“原理指导实践”的论证关系，使译文更具学术严谨性；其三，“原理”作为术语复现，既保持了与上文“有效木材堆宽度”“空气输送效率”等关键概念的术语一致性，又通过词汇重复构建了“理论阐述→应用验证”的语义框架。

改译解决了初译指代模糊导致的衔接断裂问题，通过显性化逻辑纽带将原文“因果论证”转化为“理论-应用”的层级式论述，使译文在保持科技文本客观性的同时，增强了技术说服力与读者认知效率。

例15: Severe global demands on the planet will force all nations to set minimum standards for energy efficiency, pollution controls, and safety. **To do this**, we need a system of equipment design codes for all types of wood dryers.

初译：全球对地球资源的严峻需求将迫使所有国家制定能源效率、污染控制和安全方面的最低标准。**为此**，我们需要为各种类型的木材干燥机建立一套设备设计规范体系。

改译：全球对地球资源的严峻需求将迫使所有国家制定能源效率、污染控制和安全方面的最低标准。**为实现这一目标**，我们需要为各种类型的木材干燥机建立一套设备设计规范体系。

分析：从语义指代精确性来看，“为此”在承接上文时，指代较为宽泛模糊，读者往往需要回溯前文才能确切知晓“此”的具体所指，这无疑增加了理解成本。而“为实现这一目标”则表述得更为明确具体，“这一目标”直指“制定能源效率、污染控制和安全方面的最低标准”，读者无需额外推理，便能轻松把握前后文的逻辑联系，清晰明确句子的核心目标。

在逻辑关系的呈现方面，原文“制定能源效率、污染控制和安全方面的最低

标准”与“建立一套设备设计规范体系”存在明确的因果关系，前者作为目标，后者是实现目标的手段。改译借助“为实现这一目标”直接点明了这种因果关系，使读者能够迅速理解句子间的内在逻辑。相较之下，初译“为此”虽能体现承接关系，但在明确因果逻辑上稍显不足，读者可能需要结合上下文去推测。改译明确指出目标与手段的关系，不仅更契合中文表达习惯，而且易于被专业读者接受和理解，进而促使译文篇章语义连贯。

例 16 The specific gravity of wood affects the drying rate and the total energy requirement for drying. It is also a measure by which the total possible mass of water can exist in the wood and the dryer.

初译：木材的比重影响干燥速度和干燥所需的总能量。它也是木材和干燥机中可能存在的水分总质量的一种度量。

改译：木材的比重影响干燥速度和干燥所需的总能量。**木材比重**也是木材和干燥机中可能存在的水分总质量的一种度量。

分析：初译中，“它”一词的翻译存在一定问题。从语法角度，这种用法符合英语的指代规则，但在中文语境中，清晰度略显不足。中文表达习惯倾向于明确和直接，过多依赖代词可能会使读者在理解上产生停顿，需要回溯前文确认指代对象，增加了理解的复杂性。

更为关键的是，代词存在产生歧义的风险。在阅读科技文本时，读者需高度集中注意力，稍有疏忽或对前文理解不准确，就可能误解代词所指。例如，在此例中，若将“它”误认作“总能量”，句子逻辑就会变得不合理——“总能量是木材和干燥机中可能存在的水分总质量的一种度量”，这显然违背常理，会严重干扰读者对整个内容的理解，甚至可能影响对后续相关内容的解读。

改译则巧妙地解决了这些问题。通过重复“木材比重”这一核心名词，替代了代词“它”，促使指代关系一目了然，读者无需额外推理便能确定其指代内容，符合中文表达的清晰性和直接性特点，有助于读者流畅地理解句子含义。

综上所述，明晰指代关系提高了译文的清晰度和易读性。它有效避免了代词可能引发的歧义或理解障碍。

3.3.2 逻辑衔接显化

在科技翻译领域，英汉两种语言的结构性差异显著，英语往往通过多种语法

和词汇手段来构建逻辑关系，其中部分逻辑因高度依赖特定语境和隐含语义，在原文中表现得较为隐蔽。（邓云华, 2019: 16）鉴于上述英汉语言的结构性差异，英文文本中的隐性逻辑关系，包括因果联系、对比关系和顺序关系等，并非总是通过显性的连接词来体现，而是需译者通过细致阅读和深入分析来准确理解。因此，在翻译实践中，译者需将此类隐性逻辑关系显化，以此促使篇章连贯达意。

例17: In high-temp drying, the dry-bulb temperature controller set point is kept between 212 and 250 degrees F. In southern pine high-temp kilns, the dry-bulb temperature entering the packages can exceed 250 degrees F, depending on the control scheme used.

初译：在高温干燥中，干球温度控制器的设定点保持在212到250华氏度之间。在南松高温窑中，进入木材堆的干球温度可以超过250华氏度，这取决于所使用的控制方案。

改译：在高温干燥中，干球温度控制器的设定点保持在212至250华氏度之间。**然而**，在南松高温窑中，进入木材堆的干球温度可以超过250华氏度，**但**这取决于所使用的控制方案。

分析：原文是由两个句子构成，第一句描述了在“高温干燥窑中，干球的常规温度范围”，第二句描述“在特定条件下（南松高温干燥窑中），干球温度可以超出这个范围”。这里在语义上有明显的对比。译者通过细致比对与分析，引入转折关联词“然而”连接两个句子，清晰地凸显出两者之间的对比关系，使读者能够清晰地认识到从一般到特殊的逻辑转变。

再者，在第二句中“depending on the control scheme used”作为一个非谓语句，其并非用于描述伴随状态或背景信息，而是作为一个关键性的前提条件。根据句意，只有当满足这一特定条件——即取决于所采用的控制方案时，进入木材堆的干球温度才有可能超过250华氏度。因此，此处蕴含了一种转折的逻辑关系，即尽管通常情况下干球温度不会超过某个标准，但在特定条件下却可能发生变化。所以二者是隐含转折关系，对比译文，改译增加关联词“但”将隐形的逻辑关系加以显化，使得篇章的逻辑更加清晰易懂。

例18: In essence, as one jogging loader reaches the end of its stroke, a second retracted jogging loader picks up the load and takes over from there. This action is followed by a third retracted jogging loader. For the first loader, now fully retracted,

picks up the load from there, and so on creating a continuous-like flow of products through the dryer.

初译：当首台间歇式装载机完成预设工作行程时，第二台装载机已处于缩回待命状态并准备继续作业。第三台装载机启动并接续物料输送至下一工序。再由首台装载机在传感器确认缩回到位后，重新进入工作周期并接收新物料输入。如此，该循环过程持续运行，确保物料在干燥系统中实现连续输送。

改译：**首先**，当首台间歇式装载机完成预设工作行程时，第二台装载机已处于缩回待命状态并准备继续作业。**接着**，第三台装载机启动并接续物料输送至下一工序。**最后**，再由首台装载机在传感器确认缩回到位后，重新进入工作周期并接收新物料输入。如此，该循环过程持续运行，确保物料在干燥系统中实现连续输送。

分析：译者在初次翻译时，采用连贯叙述的方式，未理清段落的内在步骤顺序。经仔细研读后发现，原文“as one jogging loader”“a second retracted jogging loader”“a third retracted jogging loader”实际上描述了清晰的协作时序：当第一台装载机完成行程时，第二台已处于缩回待命状态准备接管，第三台则启动以接续输送。据此，改译通过添加“首先”“接着”“最后”等显性序列词，将流程显性化为四步循环：1. 首台完成行程→2. 第二台待命接管→3. 第三台启动传输→4. 首台复位加载，形成结构化的协同机制。

此种“链式反应”式描述较初译的线性叙述更具引导性，通过显化时序标记，使读者迅速把握三台设备的循环作业核心机制。同时，改译通过强化技术参数（如“缩回待命状态”“复位加载”）和分解复杂流程，将原文隐含的异步协同动作转化为可视化的同步控制模型，既符合汉语技术文本“重序轻意”的表达习惯，又契合Halliday系统功能语法中“时间维度”的强势标记原则。（钱多秀, 2019）最后，译文通过显性化逻辑连接、模块化流程分解等手法，在忠实原文的基础上构建了更为清晰、专业的技术文本框架，显著提升篇章的逻辑性与信息传递效率。

例 19：ADE is an indicator of the degree of design engineering put into convection dryers to improve the overall electrical and fluid stream efficiency. To do any ADE study properly, be sure to use the correct units for the data in your calculations.

初译：ADE是衡量对流干燥机设计工程程度的指标，用于提高整体电流和流

体流效率。确保ADE研究的科学性与准确性，请在计算中使用正确的数据单位。

改译：ADE是衡量对流干燥机设计工程程度的指标，其目的是提高整体电流和流体流效率。然而，若要确保ADE研究的科学性与准确性，那么在计算过程中必须使用正确的数据单位。

分析：初译侧重于直接翻译原文，并未过多关注文中潜在的隐性逻辑或深层含义，改译进行深层次的逻辑显化，首先第一句，初译“用于提高”弱化原文“to improve”的因果指向性，未体现ADE指标与效率提升的设计驱动关系。改译通过“其目的是”明示ADE指标与效率提升的设计目的论关系，对应原文“to improve”的语法功能。

第二句添加“然而，若要确保……必须……”结构，实现三重逻辑显化：转折关系（然而）：强调理论研究与实践操作的差异条件关系；条件关系（若需……那么）：设定研究有效性的前提；义务关系（必须）：体现行业规范对技术验证的强制性要求。以此通过语法结构重组和显化逻辑关系，将原文的隐性认知框架转化为目标语的显性技术话语体系。此译法既忠实传递原文信息，又满足工程文档的逻辑性和严谨性要求。

总之，译者应从整体逻辑架构出发，精准把握原文推理脉络。在翻译过程中，上下文的语境分析至关重要，因为逻辑关系往往隐藏在篇章衔接中，而非孤立的语句中。（王骏, 2022: 22）仅凭字面翻译难以完整传达原文的逻辑关联，译者需细致剖析段落层次，运用恰当的关联词，将隐含的逻辑链条清晰呈现，确保论证过程明晰可循。

第四章 总结与反思

一次翻译实践的完成不应简单以译文的交付为终结,而需深入反思翻译流程中的各个环节,这种自我审视的过程对于译者的专业成长具有重要意义。唯有清晰认知自身的能力边界与知识盲区,方能在后续实践中实现针对性提升,持续产出更高质量的翻译成果,推动个人翻译能力的精进。基于此,译者从译后审校、心得与收获、不足和改进三个维度对本次翻译实践进行系统梳理。

4.1 译文质量提升

严谨系统的审校流程是保障翻译质量的关键环节。鉴于本次翻译实践文本篇幅较长且涉及专业领域,翻译过程中难以避免主观判断偏差或技术性疏漏。为切实提升译文质量,译者建立了三级审校机制,通过多轮审校确保最终成果的专业性。

首先是自我审校,主要聚焦于细节问题的检查,重点检查标点符号使用规范、文字格式统一性以及错译、漏译等明显错误。其次是组内成员审校,侧重评估译文的可读性。审校者在不参照原文的情况下通读译文,对语义模糊或表达生硬之处进行标记,随后对照原文进行交叉验证,通过团队协作集思广益,有效优化译文。最后再由导师进行审校,主要针对复杂句式结构、专业难点等问题提供专业修改建议,并对译文进行批注指导。经过三轮递进式审校,译者在此基础上对译文进行精细化润色和修订,通过多次打磨,最终形成定稿。

4.2 心得与收获

本次翻译实践使译者对译前准备工作的重要性有了深刻认知。当翻译文本确定后,译者立即围绕原文主题系统查阅相关文献资料,研读平行文本,开展文本风格分析,并对专业术语进行多方查证。尽管这一过程耗费较多时间,但有效加深了译者对翻译内容的理解,为后续翻译效率的提升奠定了坚实基础,充分印证“工欲善其事,必先利其器”的实践智慧。

其次,译后审校环节不可忽视。作为翻译流程的关键环节,审校工作对于提升译文质量具有不可替代的作用。特别是在英汉翻译过程中,受源语语言结构的

影响，中文译文容易出现表达生硬或不自然的现象。为突破思维定式，本次实践采用了译者自校、小组互校、导师终审的三级审校机制。每一轮审校均能发现新的改进空间，经过反复修改、润色和完善，最终形成定稿。这种多维度的审校模式显著增强了译文的可靠性。

最后，译者对信息型文本的翻译要点有了清晰把握。以第十一章翻译为例，针对不同文本特征采取了差异化处理策略：面对复杂长句，采用拆分重组句式结构的方式，使译文更契合目标语表达习惯；针对隐含的逻辑论证部分，则通过显性化处理手段强化逻辑脉络，确保信息传达的准确性和严谨性。

4.3 不足与改进

在翻译实践过程中，译者充分体会到翻译研究作为兼具挑战性和学术价值的研究活动所具有的重要意义。然而，经过多次自我审视和深度反思，译者认识到当前研究尚存若干局限性，并据此提出相应的优化方向，以期在后续研究中持续精进翻译质量和深化研究层次。

首先，时间规划不合理。译者对工业干燥系统领域的基础理论，如干燥动力学和热力学等知识的掌握尚显肤浅，缺乏系统性钻研。这导致前期文献检索与原文分析耗时冗长，且在专业文献收集过程中未建立明确的时间框架和筛选机制，使得翻译工作积压至后期，造成时间分配紧张。以工业干燥系统核心设备介绍章节的翻译为例，前期过度追求资料全面性，挤占了实际翻译与精校时间，虽最终文本质量达标，但未能充分实现语言表达的优化空间。

其次，专业翻译资源库的利用率不足。译者主要依赖百度、谷歌等通用搜索引擎获取信息，而SDL MultiTerm、Tmxmall等专业翻译资源库的利用率不足，影响了专业术语获取的精准度。以“Rotary flash dryer”这一专业设备名称为例，初期仅通过百度进行浅层检索，所获解释缺乏专业深度，难以确定行业通用的标准译法。若能有效运用SDL MultiTerm等专业数据库，则可快速获取权威准确的专业信息。

最后，译后审校不足。由于时间管理不当及对译后校对的重视程度不足，译文中偶现基础错误或表述欠缺的问题。校对过程中易忽视细节问题，如句式冗余、标点使用不规范等。此类问题虽不影响整体语义传达，却削弱了文本的专业性和严谨性。

基于此，译者针对不足之处进行改进。具体优化措施包括：其一，建立周密的时间管理方案。翻译实施前应制定详尽时间表，明确文献调研、原文解析、翻译执行、校对润色等各环节的时限要求，确保各阶段任务有序开展。其二，深化专业资源库的应用。强化SDL MultiTerm、Tmxmall等专业翻译工具的使用，充分利用其收录的行业术语和前沿译法，提升翻译精准度和工作效率。其三，拓展信息获取路径。除通用搜索引擎外，整合专业论坛、学术期刊、行业规范等多源渠道，构建全方位的信息获取网络。其四，强化细节质量控制。在校对环节重点关注句式优化、标点规范等细节问题，必要时引入第三方专业审校，借助外校专家的专业视角，进一步提升翻译质量。

参考文献

- Asscher O. *Machine Translation and Translation Theory*. Taylor & Francis: 2025.
- Cai J ,Yuan S. *Translation of Scientific Texts from the Perspective of Ecological Translation Theory*. International Journal of Mathematics and Systems Science,2024.
- J. E. 'Ed' Smith. *Industrial Drying Systems Guidelines for Agriculture, Food, and Wood Products*. Springer Nature, Switzerland AG ,2023.
- Judith W. *Writing About Literature:Essay and Translation Skills for University Students of English and Foreign Literature*.Taylor and Francis:2005.
- Khoury Y O. *Reflection of Explication in Scientific Translation: Neural Machine Translation vs. Human Post-Editing*. Journal of Language Teaching and Research,2024.
- Mitchell A B J ,Mitchell F I A. *Practical Guide To Scientific And Technical Translation*. Taylor and Francis:2005.
- Yuchen X ,Xuan Y ,Rui S , et al. *A Corpus-based Contrastive Study of the Appraisal Systems in English and Chinese Scientific Research Articles*. Taylor and Francis:2021.
- 曹晶：《英汉语言对比与翻译研究》，北京：文化发展出版社，2023 年，第 177 页。
- 崔启亮、李闻：“译后编辑错误类型研究——基于科技文本英汉机器翻译”，《中国科技翻译》，2015 年第 4 期，第 19-22 页。
- 崔春芳、童忠良：《干燥新技术及应用》，北京：化学工业出版社，2008。
- 邓云华、李曦：“英汉因果复句语序和关联词标记模式的演变及其认知阐释”，《中国外语》，2019 年第 3 期，第 53-62 页。
- 潘永康、王喜忠、刘相东：《现代干燥技术》，北京：化学工业出版社，2007。
- 钱多秀、袁丽珺、夏历：《基于语料库的科技论文摘要汉英翻译研究与对比研究》，南京：南京大学出版社，2019 年，第 239 页。
- 宋培彦、鞠佳辰、冯超慧：“多机器翻译引擎驱动的国际组织科技术语主题句萃取方法”，天津市：CN202110662358.0，2023 年 12 月 8 日。
- 王骏：“科技翻译需要注重严谨性”，《中国科技翻译》，2022 年第 2 期，第 50-52 页。

修文乔、邱周辉：“赖斯文本类型理论指导下的能源报告翻译——以《世界能源投资 2022》为例”，《中国科技翻译》，2024 年第 4 期，第 24-27 页。

邢书绮：“多元系统论视角下的华衡芳科技翻译研究”，《中国科技翻译》，2024 年第 2 期，第 54-57 页。

杨勇：《英汉对比视角下流水句的翻译》，武汉：湖北大学，2024 年。

杨璐：《系统功能语言学视角下的英汉语差比句省略现象对比研究》，北京：北京外国语大学，2023 年。

严巧赞、徐海丽、刘俊丽：“浅谈力学英语的词句特征及汉译”，《中国科技翻译》，2024 年第 1 期，第 5-8 页。

易叶萃：《论赖斯文本类型翻译理论对环保宣教材料翻译的指导性》，北京：北京外国语大学，2014 年。

伊松正、何正斌、张壁光：《木材常规干燥手册》，北京：化学工业出版社，2017。

附录一：术语及专有名词表

序号	英文	中文
1	Airflow Models	气流模型
2	Baffled End	挡板式端壁
3	Batch	分批式
4	Blowers	鼓风机
5	Bound Energy Level	结合能量水平
6	Carts	手推车
7	Cascading	多级带式
8	CFM	最低气流量
9	Close-coupled	紧凑型
10	Compressed-air-blast-loaders	压缩空气冲击装载机
11	Conduction	导热
12	Convection	对流
13	Convection Dryers	对流干燥机
14	Constant-rising-temperature (CRT)	恒定升温干燥
15	Counter-flow	对向式流动式
16	Dehumidifier Heat Pumps	除湿器热泵
17	Diffusion Flow	扩散流动
18	Dry-basis Moisture Content	干基含水率
19	Dry-bulb Temperatures	干球温度
20	Drying Energy Losses (DEL)	干燥能量损失
21	Drying Energy, Benchmark (BDE)	基准干燥能量
22	Drying Energy, Total (TDE)	总干燥能量
23	Electromagnetic Radiation Dryers	电磁辐射干燥机
24	End Clearance	端部间隙
25	Fiber Saturation Point	纤维饱和点

26	Fiber Specific Gravity (SGF)	纤维比重
27	Finite Element Analysis (FEA)	有限元分析
28	Finite-element Degrade	有限元降解
29	Fork Trucks	叉车
30	Lift Trucks	装卸车
31	Gluing	胶合
32	Hot-glycol	热甘油
33	Heat Transfer Rate	热传递速率
34	Hydrostatics	液体静力学
35	Hydrostatic Presses	静压
36	Infeed	进料
37	Jerking	抖动
38	Jogging Loader	间歇式装载机
39	Kiln	窑
40	KF	值
41	Latent Heat of Evaporation	蒸发潜热
42	Lift Trucks	装卸车
43	Log Specific Gravity (SGL)	原木比重
44	Lumber Package	木材堆
45	Moisture Tracking Systems	湿度追踪系统
46	Outer Negative-draft	外部负压通风罩
47	Outer Positive-draft air-seal (Lock)	外部正压气密（锁）
48	Package-handling	木材堆处理
49	Parade Loader	游行式装载机
50	Parallel	平行式
51	Proximity Sensors	接近传感器
52	Pressure-gradient	压力梯度
53	Progressive Kilns	渐进式窑

54	Psychometrics	心理测量学
55	Pusher Devices	推杆装置
56	Radio Frequency	射频
57	Rail	轨道
58	Roll Cases	滚筒输送线
59	Rubber Gaskets	橡胶密封圈
60	Saturated Moisture Content (SMC)	饱和含水率
61	Sawing	锯切
62	Sapwood	边材
63	Screws	螺旋
64	Sensible Heat	显热
65	Shotgun	散射
66	Shavings	木屑
67	Short-coupled	短耦合型
68	Shotgun	散射
69	Sliding Belts	滑动皮带
70	Slide	滑道
71	Stepped Temperature Drying	分步温度干燥法
72	Superheated Steam Drying	超热蒸汽干燥
73	Thermal Expansion	热膨胀
74	Track Kiln	轨道窑
75	Trams	轨道电车
76	Tree Diameter	树木直径
77	Tramp Superheat	杂散过热
78	Transfer Cars	转运车
79	Trimming	修整
80	Ventilation	通风
81	Veneer	单板

82	Wet-basis Moisture Content	干湿基含水率
83	Wet-bulb Temperatures	湿球温度
84	White Oak	白橡木
85	Winches	绞盘

附录二：原文与译文

Source Text	Target Text
Chapter 11 Solid-Wood Industrial Drying Systems 11.1 Global Drying Industry Standards: Why We All Need Them The Unregulated Wood Drying Industry The notorious history of the global wood drying industry is a case study in technological jet lag. Furthermore, the entire global wood products industry has historically lagged the rest of the world in both evaluating where it came from and where it is headed. Even in the year 2023, after centuries of achievements in science and engineering around the globe, the global wood drying industry is still mired in myths, misinformation, disinformation, significant financial frauds, and endless drying and energy problems.	十一章 工业实木干燥系统 11.1 全球干燥行业标准:为什么我们都需要干燥系统 不受管制的木材干燥行业 全球木材干燥行业臭名昭著的发展历程是技术发展滞后的典型案例。此外,整个全球木材产品行业在评估其历史和未来方向方面都明显落后于世界其他地区。即使在2023年,在全球科学和工程取得世纪成就之后,木材干燥行业仍然深陷于谬见、错误信息、虚假信息、重大金融欺诈以及无休止的干燥和能源方面的问题之中。
Even in the year 2023, defective hazardous toxic drying systems are being installed in manufacturing facilities all around the globe. These mistakes are due to erroneous beliefs, misinformation, and hype from equipment salesmen, pseudo drying	即使在2023年,全球各地的制造设施仍然在安装不良的有害有毒的干燥系统。这种行为是由于错误的信念、虚假信息以及来自设备销售员、伪造的干燥专家、顾问和管理人员的夸大宣传造成的,他们在工程方面几乎没有或根本没有正规培训。

experts, consultants, and management who have little or no formal education in engineering.	
In many lumber manufacturing plants in operation today, one can still see the same mistakes being made again and again. The costs to the industry and our planet from these mistakes will be with our children for decades to come. There are numerous social issues in wood drying that require our attention. We need to understand today, not tomorrow, our mistakes and what we need to do now to lead the global wood products industry in the right direction.	目前许多木材加工厂仍然频频犯下同样的错误。这些错误给行业和地球带来的代价将会持续数十年，影响着我们的子孙后代。木材干燥领域存在许多社会问题，亟需引起我们的重视。我们需要及时认识到自己的错误，并立即采取行动，引领全球木材产品行业走向正确的方向。
We all need to understand that we now live in the age of global warming and major social upheavals will soon be upon us all if we do not prevent them now.	我们都需要明白，我们现在生活在全球变暖的时代，如果我们不立即采取措施来阻止，重大社会动荡很快就会降临到我们每个人身上。
11.1.1 Health and Safety Issues The drying of wood is not without serious effects on the health and safety of humans and wildlife. Wood produces numerous toxic and carcinogenic compounds during both burning and drying. These issues should not be taken lightly by industry, the public, or our governments.	11.1.1 健康和安全问题 木材的干燥对人类和野生动物的健康和安全并非没有严重影响。木材在燃烧和干燥过程中会释放出多种有毒和致癌化合物。这些问题不应该被行业、公众或者政府轻视。
11.1.2 Protection of the Environment and Our Natural Resources	11.1.2 保护环境和我们的自然资源 几十年来，全球各地的科学家一直在警

Scientists around the globe have been warning us for decades that the population of humans on the planet is dangerously high, and the demand for wood fiber is growing at an unsustainable level. They have repeatedly warned us that the time is near when many billions of humans will be confronted with limited resources and high costs of fossil fuels and wood fiber. Furthermore, we have been repeatedly warned that these events will cause massive environmental, social, and political problems around the globe. If we do not collectively confront these issues with viable solutions, it is a certainty that the nations of the world will be constantly fighting economic and military wars over the control of the planet's diminishing natural resources.	告我们，地球上的人口已经达到危险的高度，并且对木材纤维的需求正以不可持续的速度增长。他们一再警告我们，数十亿人将面临有限的资源和高昂的化石燃料和木材纤维成本的时刻即将到来。此外，我们也一再被警告，这些事件将在全球范围内引发严重的环境、社会和政治问题。如果我们不共同面对这些问题并找到切实可行的解决方案，那么各国将必然不断就控制地球日益减少的自然资源而进行经济和军事战争。
11.1.3 Advancing the Wood-Drying Process Through Industry Standards Although improvements in dryer designs have occurred during the last century, most commercial wood dryers today are still perceived by many people as just big hot boxes with fans. One can walk inside a new lumber kiln today and see little significant difference from a kiln designed 50 years ago. And although kiln fans are more efficient	11.1.3 通过行业标准推进木材干燥过程 尽管过去一个世纪以来，干燥器设计有所改进，但如今大多数商用木材干燥器仍然被许多人视为只是带有风扇的大热箱。走进今天的新型木材窑，很难看出与 50 年前设计的窑有明显的区别。尽管现在干燥窑的风扇更加高效，计算机技术的成本降低，但在林产品行业中，人们对木材干燥窑的认知仍然与一个世纪前大致相同。

today, and computer technology is now affordable, lumber kilns are still perceived by most people in the forest products industry as they were a century ago.	
Up until engineers developed modern computers, and the long-delayed acceptance of this technology by the wood drying industry, milestones in dryer designs have been few and far between. <u>Also true is that during the last 50 years, the entire wood drying industry has been plagued with hype from aggressive dryer salesmen and “experts” about modern computer technology and what it can do when applied to drying operations.</u> Some of these claims are, from a scientific viewpoint, totally preposterous.	在工程师开发现代计算机之前,以及木材干燥行业长时间迟迟未能接受这项技术之前,干燥器设计方面的重大里程碑并不多见。<u>事实上,在过去的 50 年里,整个木材干燥行业深受一些激进派干燥机销售员及自称“专家”的夸大宣传的影响。他们过分强调并大肆宣扬现代计算机技术,以及将其应用于干燥作业中所能实现的种种显著优势和益处。</u>
One example of this is the claim that computerized multi-zone kilns use 45% less energy to dry lumber. Another outrageous claim is that it is possible to “feel” the moisture content of lumber inside a dryer by waving your hands through the steam leaks around the door of a dryer. Claims like these raise serious questions about the motives of people who would make such claims. These days, like in the past, there is certainly no shortage of junk science and hype floating around in the wood products industry.	其中一个例子是声称计算机多区域窑使用 45% 的能量来干燥木材。甚至另一个荒谬的说法是通过在干燥机门周围的蒸汽泄漏处,挥动手来“感觉”干燥机内部木材的含水量。这种言论引发了人们对发言者动机的严重质疑。如今,就像过去一样,在木材产品行业中不乏充斥着垃圾科学和炒作的例子。

11.1.4 Junk Science: What Is It? Those who have experience in the US adversarial legal system are aware of the conduct of experts retained by trial lawyers and insurance companies. These experts, most of which are prostitutes who make their living catering to their client's needs, have developed quite a reputation in the insurance community and the courts for promoting "scientific" theories that are in fact carefully contrived junk. This is where the term "junk science" comes from. In the forest products industry, there has never been a shortage of junk science or hype, especially in lumber drying. There are also considerable faulty interpretations of junk lumber drying claims by people who do not have the analytical skills or experience to decipher junk from true science. The entire global wood drying industry has a need for an agency that has the duty of sifting through the hype, and scientifically and objectively sorting out the junk.	11.1.4 垃圾科学：何谓？ 熟悉美国对抗制法系的人都明白由审判律师和保险公司聘请的专家的行为。这些专家主要是靠精准对接并满足客户需求来赚取生计的职业人士，他们在保险界和法庭上已经建立了相当的声誉，他们宣传的“科学”理论实际上是精心设计的垃圾。这就是“垃圾科学”一词的由来。 在林产品行业，尤其是在木材干燥领域，从不乏有垃圾科学或炒作。此外，对于没有经验和能力区分垃圾科学和正真科学的人来说，对木材干燥的误解也很常见。整个全球木材干燥行业都需要一个机构，负责筛选炒作，将垃圾和真正的科学进行科学客观的区分。
11.1.5 The Need for Global Dryer Standards Today, wood dryer designers and manufacturers are not bound by any industry standards that prevent the installation of junk	11.1.5 全球干燥设备标准的需求 如今，木材干燥器的设计师和制造商并不受任何不良垃圾设备安装的行业标准约束。因此，如今任何人走进许多木制品操作工厂，都能看到干燥过程与能量转换过程中

equipment. <u>Because of this, one can go into many wood product operations today and see disastrous conditions around drying and energy-conversion.</u> Equipment engineering and safety codes developed decades ago are frequently disregarded. When safety interlocks fail to operate, plant electricians often bypass them in the interest of production. When process controllers fail, they are often removed or bypassed. In one plant that I recently visited, every safety interlock and every temperature controller on two lumber kilns and their burners had been removed to avoid spending money on repairs. Back in the 1980s, I visited a pole treating plant in the USA south that had every safety interlock bypassed on every gas burner on their kilns. This same plant had a package boiler explode because the low-water safety switch had been bypassed.	<u>存在的糟糕状况。</u> 几十年前制定的设备工程和安全规范经常被忽视。当安全联锁失效时，工厂电工常常为了生产而忽视它们。当过程控制器失效时，它们也经常被移除或忽视。我最近访问过的一家工厂，他们的两个木材窑及其燃烧器上的每个安全联锁和每个温度控制器都已被移除，以避免花钱修理。回到 20 世纪 80 年代，我曾访问过美国南部的一家电线杆处理厂，他们的每个燃烧器都忽视了安全联锁。这家工厂也因为忽视了低水位安全开关而导致了一个木材堆锅炉的爆炸。
When new drying systems are purchased, gullible buyers listen to salesmen with claims of golden opportunities only available with their equipment. Then when the purchasing agent gets involved in the project, the minimum engineering specifications, if any exists, are often	当购买新的干燥系统时，轻信的买家听信了销售员，声称只有他们的设备才有的黄金机会极大优势。然后当采购人员介入项目时，最低工程规范（如果存在的话）往往被丢弃，因为采购人员只关心一件事。谁的价格最低？ 全球木材干燥行业急需制定通用标准，

discarded and the purchasing agent looks across the table with one thing on his mind. Who has the lowest price? The entire global wood dryer industry needs universal standards for the key elements of safe successful drying to prevent the costly errors and abuses by unethical equipment salesmen and pseudo drying experts who belong in the used-car business or politics.	以确定安全成功的干燥关键要素,防止那些不道德的设备销售员和伪装成干燥专家的人犯下成本高昂的错误和滥用行为。因为这些人的手段更适合从事二手汽车业务或政治活动。
Having minimum standards would stop the abuses that have occurred throughout the history of the industry. I propose the following as a start. 1. Minimum safety standards that go beyond US OSHA and NFPA standards. 2. Energy efficiency guidelines for reducing electricity, fuel usage, and pollution. 3. Guidelines for dryer length, width, and door height so that the correct equipment is purchased. 4. Guidelines for fan performance and their application to dryers. 5. Guidelines for heating and energy recovery systems. 6. Minimum guidelines for process control systems. 7. Minimum structural design standards to	建立最低标准将制止该行业历史上发生的滥用行为。我提议以下作为一个起点。 1. 最低安全标准超过美国 OSHA 和 NFPA 标准。 2. 减少电力、燃料使用和污染的能源效率指南。 3. 干燥器长度、宽度和门高的指南,以便购买正确的设备。 4. 风机性能及其在干燥器中的应用指南。 5. 加热和能源回收系统的指南。 6. 过程控制系统的最低指南。 7. 最低结构设计标准,以减少故障和地基沉降。

minimize failures and foundation	
11.2 Modeling the Drying Process Up until 1965, few universities or research centers had computer systems capable of modeling the complex heat- and mass-transfer processes involved in the drying of wood. Prior to 1965 most drying models were mathematical equations derived from the known laws of physics, heat transfer, and fluid mechanics. In 1967, mathematicians solved the Navier–Stokes field equation in fluid mechanics. This milestone in fluids mechanics, combined with the high speed of computer processors, set the stage for a new branch of science known as computational fluid dynamics (CFD). Using CFD, multi-dimensional models were developed that could predict the motion of fluids in complex three-dimensional fields.	11.2 干燥过程的建模 直到 1965 年，很少有大学或研究中心拥有能够模拟木材干燥中涉及的复杂传热传质过程的计算机系统。在 1965 年之前，大多数的干燥模型是从已知的物理规律、热传递和流体力学的数学方程式推导而来的。1967 年，数学家们解决了流体力学中的纳维-斯托克斯方程。这一里程碑事件在流体力学领域，加上计算机处理器的高速运算，为一门新的科学分支——计算流体动力学（CFD）奠定了基础。利用 CFD，开发出了能够预测复杂三维场中流体运动的多维模型。
Once this technology evolved, the same mathematics and computation technology was used in solving heat-transfer problems, stress analysis in solids, soils analysis, electrical field theory, and a host of other engineering applications. Today, there are numerous engineering models for combustion processes, drying processes,	一旦这项技术得到发展，同样的数学和计算技术被用于解决热传递问题、固体应力分析、土壤分析、电场理论以及许多其他工程应用领域。如今，存在着大量的工程模型，用于燃烧过程、干燥过程、材料应力分析、建筑设计、电场理论、物理学、汽车事故重建、火灾和爆炸模拟、天气预测、全球天气模式、海洋运动模式和医学研究。

materials stress analysis, building designs, electrical field theory, physics, automobile accident reconstruction, fire and explosion modeling, weather prediction, global weather patterns, ocean movement patterns, and medical research.	
Models are the use of mathematical principles with the known laws of physics. There are numerous simple models and there are also numerous complex models. Computational fluid dynamics (CFD) and finite element analysis (FEA) are examples of rigorous complex models in which multiple simultaneous equations are solved by computers. To reach a solution, millions of calculations may be required, something that only computers can do efficiently and accurately Models can be classified as: Basic research models System application models Equipment design models	模型是利用数学原理和已知的物理定律。有许多简单的模型，也有许多复杂的模型。计算流体力学(CFD)和有限元分析(FEA)是用计算机求解多个联立方程的严格复杂模型的例子。为了得到一个解决方案，可能需要进行数百万次的计算，而这只有计算机才能高效而准确地完成 模型可以分为： 基础研究模型 系统应用模型 设备设计模型
11.2.1 Basic Research Models Structural properties of wood, agricultural, and food products during drying Moisture and energy dynamics in drying Moisture (mass and energy) dynamics during drying	11.2.1 基础研究模型 木制品、农产品和食品在干燥过程中的结构特性 干燥中的水分和能量动态 干燥过程中的水分（质量和能量）动态 低温干燥

Low-temperature drying Above fiber saturation point Below fiber saturation point High-temperature drying Above fiber saturation point Below fiber saturation point	纤维饱和点以上 纤维饱和点以下 高温干燥 纤维饱和点以上 纤维饱和点以下
11.2.2 System Application Models When researchers test a drying theory, it is usually done in a small test kiln under conditions significantly different than commercial drying systems. Often the conclusions that come out of these projects are both erroneous and misleading. In many cases, these experiments are both designed and run by people who know very little about commercial dryers. Following the experimental drying tests, the data is fitted or compared to the model by regression or statistical analysis. After this a final report is published. The report may then be distributed to people who know very little about commercial dryers, and from this, erroneous conclusions are formed. Upper management people in any product manufacturing plants may then act on false conclusions leading to very large economic losses. During the last 50 years I have seen numerous examples of this.	11.2.2 系统应用模型 当研究人员测试干燥理论时,通常是在与商业干燥系统显著不同的条件下进行小型试验窑。通常,这些项目得出的结论往往是错误的,并且具有误导性。在许多情况下,这些实验都是由对商业干燥机知之甚少的人设计和运行的。在实验干燥测试之后,数据通过回归或统计分析来拟合或与模型进行比较。在此之后,会发布最终报告。随后,报告可能会分发给那些对商业干燥机了解甚少的人,因此,他们可能会得出错误的结论。 任何产品制造工厂的高层管理人员可能会根据错误的结论采取行动,导致非常大的经济损失。在过去 50 年里,我见过许多这样的例子。

11.2.3 Equipment Design Models Modern computer technology has totally changed the landscape of design engineering. Starting in the 1960s, engineers started developing design software that literally affected the careers of millions of engineers and draftsmen around the world. Today there are numerous powerful desktop design software programs that can now do what it used to take an entire staff of engineers and draftsmen to do.	11.2.3 设备设计模型 现代计算机技术彻底改变了设计工程的格局。从 20 世纪 60 年代开始,工程师们开始开发设计软件,这些软件实际上影响了全球数百万工程师和制图员的职业生涯。如今,有许多功能强大的桌面设计软件程序,它们能够完成以前需要整个工程师团队和制图员才能完成的工作。
Foundation design models for buildings Structural analysis models for buildings Pressure vessel and piping stress analysis models Piping flow analysis and design models Fluid dynamics models Heat transfer models	建筑物基础设计模型 建筑物结构分析模型 压力容器和管道应力分析模型 管道流动分析和设计模型 流体动力学模型 热传递模型
11.2.4 Examples of Drying and Equipment Models Because computer models have always fascinated me, starting in the early 1970s, I started developing my own models for lumber drying and equipment analysis. Some of them were: Lumber package-drying models Airflow models Heat system heat-transfer models	11.2.4 干燥和设备模型示例 由于计算机模型一直让我着迷,从 20 世纪 70 年代初开始,我开始开发自己的木材干燥和设备分析模型。其中一些包括: 木材堆干燥模型 气流模型 热系统传热模型 有限元降解限制模型 木材堆干燥模型用于对不同干燥器配置进行参数研究。气流模型用于确定通过隔

Finite-element degrade limiting models

The package drying models were developed for parametric studies of different dryer configurations. The airflow models were for establishing the minimum required airflow CFM through sticker openings for quality drying. The heat transfer models were used for designing dryer heating systems. And finally, I spent several years working on finite-element degrade-limiting models. These models looked at establishing drying rates for specific levels of strain induced in hardwoods.

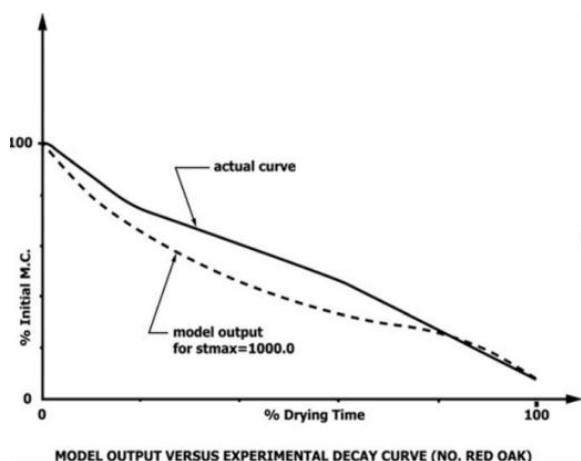
板风口所需的最低气流量（CFM），以确保高质量的干燥效果。传热模型用于设计干燥器加热系统。最后，我花了几年时间研究有限元降解限制模型。这些模型旨在确定在硬木中引起特定应变水平时的干燥速率。

11.2.4.1 Finite-Element Model of 1"

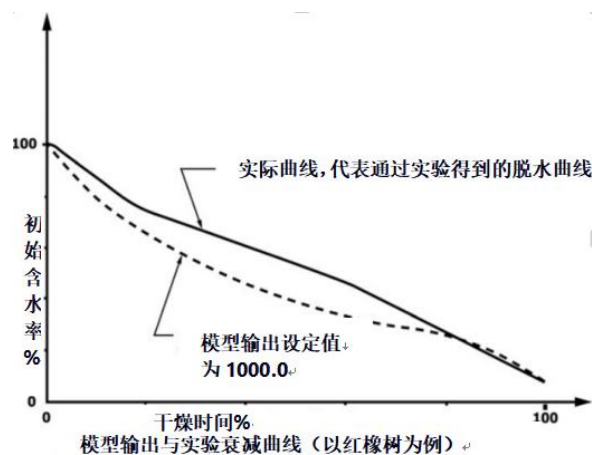
Northern White Oak

Optimum drying rate vs. wood moisture content

The graph below is from a finite-element model that I developed in 1977 for northern red oak while, the subject of my master's thesis.

11.2.4.1 1 英寸的北部白橡木的有限元模型
最佳干燥速率与木材含水率

下面的图表是我在 1977 年为我的硕士论文课题——北部红橡木所开发的有限元模型中得出的。

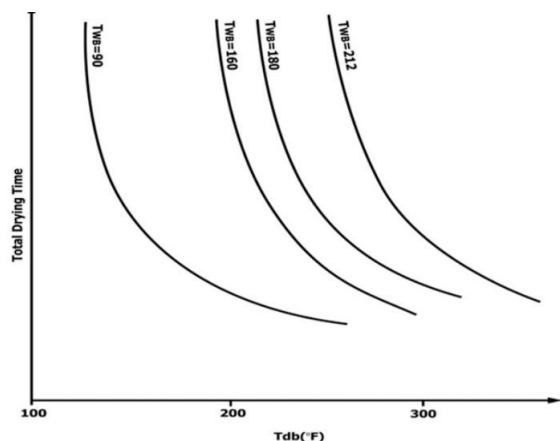


11.2.4.2 Finite-Element Package Model for Air/Heat Delivery In Lumber Kilns

K105 proprietary model – total drying time vs. package entering air temperatures

The following graph is from one of several finite-element models that I developed in 1977 specifically for upgrading air/heat-delivery systems in lumber kilns.

The model looks at: package width, board thickness, sticker thickness, air velocity. The model adjusts for fan reversals. The model also calculates the energy requirements for drying. The surface temperature and drying rate of each board in the package can be watched during the drying cycle.

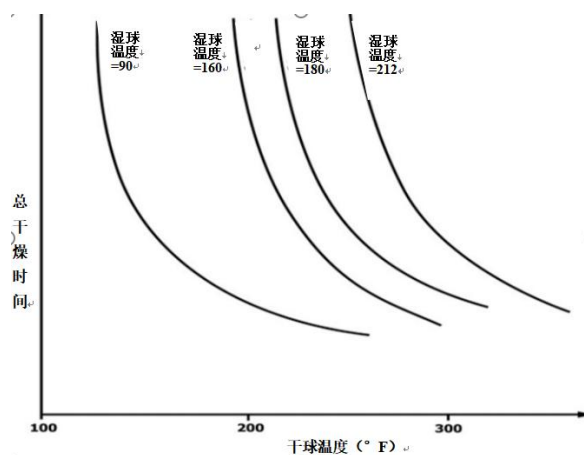


11.2.4.2 木材窑气/热传递的有限元木材堆模型

K105 专有模型 - 总干燥时间与木材堆进入气温的关系

以下图表来自我在 1977 年专门为提升木材窑气/热传递系统而开发的几个有限元模型之一。

该模型考虑了：木材堆宽度、板厚、隔板厚度、出风量。该模型根据风扇反转进行调整。模型还计算了干燥所需的能量需求。在干燥周期中可以观察到每个木材堆中每块板的表面温度和干燥速率。



11.2.4.3 1975 Regression Model of a Steam Heating System in a Lumber Kiln

Heat transfer rate vs. (steam temperature – approaching air temperature)

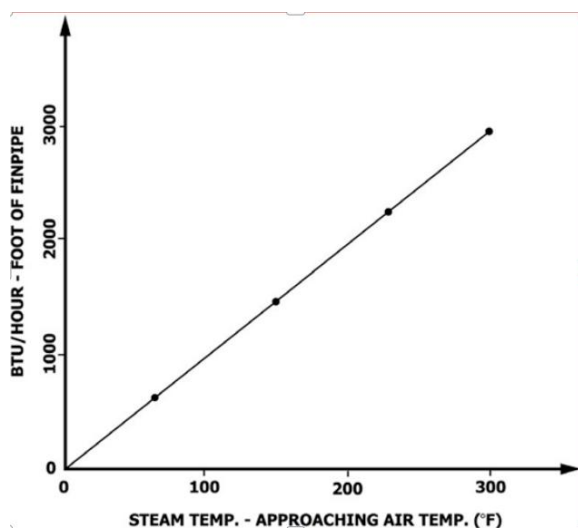
The following regression curve was developed from data collected on a hightemp

11.2.4.3 1975 年木材窑蒸汽加热系统的回归模型

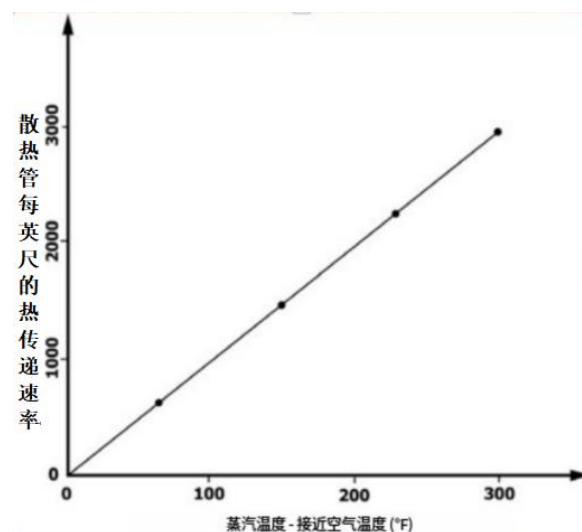
热传递速率 vs. (蒸汽温度-迎面空气温度)

以下回归曲线是基于 1975 年在一座高温南方松木干燥窑所收集的数据开发而来的。这

southern pine kiln in 1975. The data was used for converting the kiln over to 60 psig steam instead of 125 psig, with no increase in drying time. The curve shows the heat transfer rate/degree of temperature difference between the steam and approaching air temperature.



些数据被用于将窑改装为 60 psig 的蒸汽，而不是 125 psig，且无需增加干燥时间。该曲线显示了热传递速率/蒸汽与迎面空气温度之间的温度差。



11.3 Drying Challenges, Dryer Types, Classes, and Terms in Drying

The following is a summary overview of the wood drying industry today and what the future challenges will be. This same type of analysis can easily be applied to all types of industrial drying systems (wood, agricultural, food, plastics, pharmaceutical, minerals, etc.).

11.3 干燥挑战、干燥机类型、类别和术语

以下是当下木材干燥行业概述以及未来的挑战。这种分析方法同样适用于所有类型的工业干燥系统（木材、农业、食品、塑料、制药、矿产等）。

11.3.1 Objectives in Wood Drying

1. To achieve dimensional stability of the final product

11.3.1 木材干燥的目标

1. 实现成品的尺寸稳定性
2. 满足成品的力学强度要求

2. To meet the strength requirements of the final product 3. To improve finishing properties and appearance 4. To set the pitch to prevent seepage to the surface of the wood 5. To improve gluing processes used in beams, furniture, and plywood manufacturing 6. For chemical-impregnation processes to prevent decay and damage by insects 7. For weight reduction to minimize handling and shipping costs 8. To destroy fungus, mold, and insects 9. For use as a fuel in furnaces	3. 改善表面处理性能和外观 4. 调节树脂含量，防止树脂渗出到木材表面 5. 改善用于梁、家具和胶合板制造中的粘接工艺 6. 用于化学浸渍过程，预防腐朽和昆虫侵害 7. 减轻重量，以减少搬运和运输成本 8. 消灭真菌、霉菌和昆虫 9. 作为炉子燃料使用
11.3.2 Common Methods Used in Wood Drying Convection Dryers in which heated air moves over the surface of moist wood Electromagnetic Radiation Dryers in which electromagnetic waves are used to either heat the surface or interior of wood Hydrostatic Presses in which wood fibers are subjected to high static pressure to displace free water from wood fibers Vacuum Chambers in which the boiling point of water is lowered to increase drying rates	11.3.2 木材干燥常用方法 对流干燥机：加热空气在潮湿木材表面流动 电磁辐射干燥机：利用电磁波来加热木材表面或内部 静压机：让木材纤维受到高静态压力以将游离水分从木材纤维中排出 真空室：降低水的沸点以提高干燥速率
11.3.3 Major Obstacles in Wood Drying	11.3.3 木材干燥中的主要障碍 1.控制最终含水量，使其适合最终用途

1. Controlling the final moisture content to a level acceptable for its end use 2. Minimizing degrade caused by the drying process	2.最小化由干燥过程引起的损坏
11.3.4 Most Common Mistakes Made in Wood Drying 1. Buying inferior equipment 2. Failure to understand how wood dries 3. Failure to understand the causes of drying degrade 4. Failure to understand the total cost of degrade 5. Using unqualified people for designing equipment 6. Failure to adequately train equipment operators 7. Having inadequate dryer capacity 8. Failure to maintain dryer equipment	11.3.4 木材干燥中常见的错误 1. 购买劣质设备 2. 未理解木材干燥的原理 3. 未理解干燥过程中损坏的原因 4. 未理解损坏的总成本 5. 使用不合格的人员设计设备 6. 未充分培训设备操作人员 7. 干燥器容量不足 8. 未对干燥设备进行维护
11.3.5 Future Challenges in Wood Drying 1. Declining size and quality of logs 2. Increasing environmental, safety, and health issues 3. Increasing competition in the domestic and global marketplaces 4. Growing litigious nature of wood-product consumers	11.3.5 木材干燥的未来挑战 1. 原木尺寸和质量下降 2. 环境、安全 and 健康问题日益增 3. 国内和全球市场竞争加剧 4. 木材产品消费者诉讼增加

11.3.6 Current Dryer Technologies The following matrix lists different types of wood drying technologies found in wood-products manufacturing operations today. Although not every type of wood drying system is included, this gives an overview of what is out there.	11.3.6 目前的干燥技术 以下矩阵列出了当下木材制品制造业中使用的不同类型的木材干燥技术。虽然并非列出了所有类型的木材干燥系统,但该内容能够给出一个概述。
11.3.7 Industry Code Assignments for Wood Dryers In the coming decades, the wood products industry will be confronted with the task of sorting out the many issues in equipment design. <u>Severe global demands on the planet will force all nations to set minimum standards for energy efficiency, pollution controls, and safety. To do this, we need a system of equipment design codes for all types of wood dryers.</u> Proposed code assignments (by the author) for wood dryers. Temperature range (1) 33–120 F (low-temperature drying) (2) 121–180 F (conventional-temperature drying) (3) 181–211 F (accelerated-temperature drying) (4) 212–50 F (high-temperature drying) (5) Above 250 F (hyper-temperature drying)	11.3.7 木材干燥行业的行业代码分配 在未来几十年,木材产品行业将面临一个任务,即解决设备设计中的许多问题。<u>全球对地球资源的严峻需求将迫使所有国家制定能源效率、污染控制和安全方面的最低标准。为实现这一目标,我们需要为各种类型的木材干燥机建立一套设备设计规范体系。</u> 作者提出的木材干燥设备的代码分配(建议)。 温度范围 (1) 33–120 F (低温干燥) (2) 121–180 F (常规温度干燥) (3) 181–211 F (加速温度干燥) (4) 212–50 F (高温干燥) (5) 250 F 以上 (超高温干燥) 操作压力 (Z) 15.7 psia 以上操作压力 (压制机) (Y) 12.7–15.7 psia 操作压力 (大气干燥器)

Operating pressure (Z) Above 15.7 psia operating pressure (presses) (Y) 12.7–15.7 psia operating pressure (atmospheric dryers)	
11.3.8 Predominant Types of Convection Wood Dryer Systems The following is an overview of predominant types of wood drying systems with definitions. Pre-dryer is associated with removing free water only and degrading control A. Atmospheric systems 1. Open space Air-drying yards (no applied heat or fans) Air-drying sheds with fans (no applied heat) 2. Closed space (insulated chamber) Heated pre-dryers Dehumidifier heat pumps B. Below-atmospheric systems 1. Vacuum only dryers 2. Vacuum dryers with heating systems 3. Vacuum dryers with dehumidification systems Kiln is associated with removing both free and bound water in a closed insulated chamber with degrade control	11.3.8 木材的对流干燥系统类型 以下是对流式木材干燥系统的主要类型概述和定义。 预干燥机与仅去除自由水并进行降解控制相关联 A. 大气系统 1. 开放空间 自然风干堆场（无加热器或风扇） 带风扇的风干棚（无加热器） 2. 封闭空间（隔热室） 加热预干燥器 除湿器热泵 B. 低于大气压系统 1. 仅真空干燥器 2. 带加热系统的真空干燥器 3. 带除湿系统的真空干燥器 窑与在封闭隔热室中去除自由水和结合水与降解控制相关联 A. 大气设计 1. 直接火焰加热的窑（使用以下方式加热） (a) 油气燃烧器 (b) 木材燃烧器

A. Atmospheric designs 1. Direct fired kilns heated by: (a) Oil and gas burners (b) Wood burners (c) Radio frequency 2. Indirect fired kilns (a) Steam-heated (b) Hot-water-heated (c) Hot-oil-heated (d) Hot-air-heated (e) Solar-heated (f) Heat pumps B. Below-atmospheric designs 1. Vacuum chambers 2. Vacuum chambers with heating systems 3. Vacuum chambers with heat pumps Equalizing and Conditioning chamber (E&C) is associated with applied heat and humidity in a closed insulated chamber for final moisture content and degrade control A. Equalization of moisture content in: 1. Hardwoods 2. Softwoods B. Conditioning for stress relief in: 1. Hardwoods 2. Softwoods Storage facility is associated with kiln-dried inventory storage and tempering.	(c) 射频 2.间接火焰加热的窑 (a) 蒸汽加热 (b) 热水加热 (c) 热油加热 (d) 热风加热 (d) 太阳能加热 (f) 热泵 B. 低于大气压设计 1.真空室 2.带加热系统的真空室 3.带热泵的真空室 均衡和调节室(E&C)与在封闭隔热室中施加热量和湿度以达到最终含水量和降解控制相关联 A. 湿度均衡在以下木材中: 1. 硬木 2. 软木 B. 用于应力释放的调节在以下木材中: 1. 硬木 2. 软木 存储设施与窑烘干的库存存储和回火相关联。 A. 开放式存储空间 1. 未受保护的存储(不建议) 2. 防晒、防雨和防雪的棚屋存储 B. 封闭式存储空间(建筑物) 1. 温度和湿度不受控制, 无风扇, 无建筑
---	--

A. Open-storage space 1. Unprotected storage (not recommended) 2. Shed storage for sun, rain, and snow protection B. Closed-storage space (buildings) 1. Temperature and humidity not controlled, no fans, no building insulation 2. Temperature and humidity controlled inside insulated buildings 3. Temperature, humidity, and air velocity controlled inside insulated	隔热 2. 温度和湿度在隔热建筑内受控 3. 温度、湿度和气流速度在隔热建筑内受控
11.3.9 Classes, Types, Configurations, and Applications of Wood Drying Systems <u>“Progressive Kilns”, A misused technical term in drying, none in the USA, and is also a common term used today in Europe, Australia, and Africa.</u> The term “progressive” was originally used for some primitive US track kilns built prior to WW2. The following discussion possibly can explain how the term progressive is misused today in industrial drying systems: The English word progressive can be used as either an adjective or a noun. When used as an adjective it means “happening or developing gradually or in stages, proceeding step by step.” When used in grammar, it means “a progressive tense or aspect”	11.3.9 木材干燥系统的类别、类型、配置和应用 <u>“渐进式窑”是一个在干燥技术中被误用的术语，在美国没有被误用，但在欧洲、澳大利亚和非洲却是常用的。</u> 术语“progressive”最初用于一些二战前建造的美国原始轨道窑。 下面的讨论也许可以解释此术语是如何被误用在今天的工业干燥系统：英语单词“progressive”既可用作形容词，也可用作名词。当用作形容词时，它的意思是“逐渐发生或发展，分阶段进行，逐步进行”。在语法中使用时，它表示“进行时态或进行方面”（Webster）。 在干燥过程中（全批量、间歇式批量或连续），必须指明发生的动作是干燥设备（窑）还是干燥介质。例如：在任何批量窑

(Webster). In drying processes (batch, jogging-batch, or continuous), one must specify whether the action occurring is either the drying equipment (kiln) or the drying medium. EXAMPLE: Progressive drying can exist in any batch kiln by progressive changes in drying temperature schedules. Progressive drying can also exist in multi-zone jogging-batch kilns by both zone controls and temperature schedules in each zone. In continuous kilns, like jogging-batch kilns, progressive drying can also exist by both zone controls and temperature schedules in each zone. The “progressive kiln debate” is only one of many examples of how different languages can create misinformation and myths in technologies when there exist no universal global industry standards. This is a much larger problem than many people are aware of.	中，通过干燥温度计划的渐进变化，可以实现渐进式干燥。在多区间歇批量窑中，通过每个区域的控制和温度计划，也可以实现渐进式干燥。在连续窑中，如间歇式批量窑，通过每个区域的控制和温度计划，也可以实现渐进式干燥。 “渐进式辩论”只是许多示例之一，说明在没有全球通用行业标准的情况下，不同语言可以在技术领域制造误解和神话。这是一个比许多人意识到的问题更大的问题。
Superheated Steam Drying A very old but usually over-hyped drying technology in which a product is dried in a superheated steam environment. The benefits are high thermal efficiency and high fiber equilibrium moisture content that	超热蒸汽干燥 一种非常古老但通常被过分宣传的干燥技术，在这种技术中，产品在超热蒸汽环境中被干燥。其优点是高热效率和高纤维平衡含水量，可以最大程度地减小纤维应力，从而减少干燥过程中的纤维损伤。在一些间

minimized fiber stresses and thus reduces fiber damage during drying. Conditions in some indirect-fired high-temperature softwood dryers can simulate superheated steam drying during the early stages of a drying cycle when the venting loading is high.	接供热的高温软木干燥器中,当通风负荷较高时,可以模拟超热蒸汽干燥的条件。
Common Track Kiln Configurations, Operations, and Terms Single-Track Kiln Operations <u>Package flow: 1-way, 2-way, shuttle action, shotgun, batch, jogging-batch, continuous.</u> <u>Package-handling methods: fork trucks, transfer cars, cable and winches, pusher devices, package jogging devices, roller beds, rail systems, carts, trams.</u> Infeed and outfeed section lengths: close-coupled, short-coupled, kiln-length, kiln-length + end clearance, shotgun. Kiln carts and tram handling methods: fork trucks, recirculation systems, transfer cars. Drying methods: full batch kiln drying, partial (staged) batch kiln drying, scheduled single-package batch kiln drying, jogging-batch kiln drying, continuous kiln drying, constant-rising-temperature (CRT),	常见轨道窑配置、操作和术语 单轨窑操作 <u>木材堆处理流程: 单向流动、双向流动、穿梭移动、散射移动、批处理、间歇批处理、连续处理</u> <u>木材堆处理方法: 叉车、转运车、缆绳和绞盘、推杆装置、木材堆间歇式装置、滚筒床、轨道系统、手推车、轨道电车。</u> 进出料段长度: 紧凑型、短耦合型、窑长、窑长+端部间隙、散射移动。 窑车和有轨电车处理方法: 叉车、循环系统、转运车。 干燥方法: 全批窑干燥、分批(分阶段)窑干燥、计划的单向木材堆窑干燥、间歇批窑干燥、连续窑干燥、恒定升温干燥(CRT)、分阶段或受热限制干燥,或称为渐进式干燥(一个古老的误导性和误用的术语)

staged or heat limited drying, or progressive drying (an old misleading and misused term)	
Multi-Track Kiln Operations Number of tracks: 2, 3, 4, 5, and up to 8— Note: I personally know of only one 8-track kiln ever built. Package flow: 1-way, 2-way, shuttle action, shotgun, parallel, counter-flow, jogging-batch, continuous Package-handling methods: fork trucks, transfer cars, cable and winches, pusher devices, package jogging devices, roller beds, rail systems, carts, trams Infeed and outfeed section lengths: close-coupled, short-coupled, kiln-length, kiln-length + end clearance, shotgun Kiln carts and tram handling methods: fork trucks, recirculation systems, transfer cars Drying methods: full batch kiln drying, partial batch kiln drying, partial (staged) batch kiln drying, scheduled single-package batch kiln drying, jogging-batch kiln drying, continuous kiln drying, constant-rising-temperature (CRT) drying, staged or heat-limited drying.	多轨窑操作 轨道数目：2、3、4、5，甚至高达 8 - 注意：我个人只知道有一个建造过 8 轨窑的例子。 木材堆处理流程：单向、双向、穿梭、散射、平行、对流、间歇批处理、连续 处理方法：叉车、转运车、缆绳和绞盘、推杆装置、木材堆摆动装置、滚筒床、轨道系统、手推车、轨道电车 进出料段长度：紧凑型、短耦合型、窑长、窑长+端部间隙、散装。 窑车和轨道电车处理方法：叉车、循环系统、转运车 干燥方法：全批窑干燥、部分批窑干燥、部分（分阶段）批窑干燥、定时的单材堆窑干燥、间歇批窑干燥、连续窑干燥、恒定升温干燥、(CRT) 干燥、分阶段或受热限制干燥。

11.4 Industrial Dryer Product Loaders Because there are three classes of dryers (batch, jogging-batch, and continuous), the machines for loading a product into these dryers must be designed for the specific drying operation. However, there are four classes of dryer product loaders (batch, jogging-batch, cascading, and continuous). <u>Time, motion, economic, and safety studies must be conducted before selecting which type of dryer product loader configuration is to be used for a specific drying operation.</u> This is especially the case with fork truck based high-production 24/7 operations during extreme weather conditions such as heavy rains, snow, and ice. These studies should include frontend costs, maintenance costs, monthly labor costs, fuels, energy, and parts costs, monthly time in use, etc., for a life expectancy of 10 years, 20 years, 30 years, etc. Follow standard accounting practices in doing these studies.	11.4 工业烘干机产品装载机 由于有三种类型的烘干机（批处理、间歇批处理和连续），因此装载产品进入这些烘干机的机器必须针对特定烘干操作进行设计。然而，有四种类型的烘干机产品装载机（批处理、间歇批处理、多级带式和连续）。 <u>在选择特定干燥作业所需的干燥机装载配置类型之前，工程师团队需要进行时间、动作、经济和安全性等方面的深入研究。</u>这在极端天气条件下进行一天二十四小时高产量操作，（如大雨、雪和冰冻）时尤为重要，尤其是基于铲车的高产量操作。这些研究应包括前期成本、维护成本、月工资成本、燃料、能源和零件成本、每月使用时间等，以及10年、20年、30年等的使用寿命。在进行这些研究时要遵循标准会计实践。
ONE: Batch dryer loaders involve mobile lift trucks, rail/tram systems, sliding belts, roll cases, hydraulics, and compressed air. These systems are designed to load a dryer for a single batch drying operation and then unload the same batch dryer after the	一：批次干燥器装载机涉及移动叉车、铁轨/有轨电车系统、滑动皮带、滚筒输送线、液压和压缩空气。这些系统旨在为单次批处理干燥操作的装载干燥器，然后在批处理周期完成后卸载相同的批次烘干机。所有间歇式干燥器都应配备带垫圈的密封门。可

batch drying cycle is complete. All batch dryers should be fitted with tight sealing doors with gaskets. Either manual or powered door operators can be used.	以使用手动或电动门操作器。
TWO: Jogging-batch dryer loaders are powerful automatic loaders designed to move products through a harsh dryer environment by using a repetitive push, stop, wait, push, stop, wait, push, stop, waiting scheme. In these systems, material products are loaded onto a slide, rail, tram, or roll case that traverses through a long dryer building inside which exist harsh conditions for precision machinery ball or roller bearings or electrical devices. Also included with the dryer proper are an outer-dryer infeed system and an outer-dryer outfeed system. – Small (short) units of products are loaded onto the infeed system, the loader then pushes the products a certain distance determined by drying rates, and short units of dried products are also unloaded off the outfeed section of the dryer system. To make this repetitive type of drying system operate properly, the system's controls involve programmable at-rest periods and pushing strokes both of which can exist in four different configurations.	二：间歇式干燥器装载机是功能强大的自动装载器，设计用于通过重复的推、停、等待、推、停、等待、推、停、等待方案将产品移动到恶劣的烘干环境中。在这些系统中，物料产品被装载到滑道、铁轨、有轨电车或滚筒输送线上，通过长烘干建筑内部的横穿，在那里存在着用于精密机械滚珠轴承、滚子轴承或电气设备的恶劣条件。干燥器本身还包括外部干燥器进料系统和外部出料系统。产品的小（短）单元被装载到进料系统上，然后装载机将产品推动一定距离，根据干燥速率确定，并且经过烘干系统的出料部分卸载短小的干燥产品单元。为了使这种重复类型的干燥系统正常运行，系统的控制涉及可编程的静止周期和推动行程，这两者都可以存在四种不同的配置。
Process sensors are used to measure	过程传感器用于测量烘干机运行过程

variables such as type product, product speed, weight, and starting inertia (acceleration), dryer residence time, temperatures, moisture content, color, etc., during the dryer operation. Because loader at-rest periods can vary from seconds to many days, and strokes can vary from inches to over 20' , and there are an unlimited possible number of combinations of these two variables, both will require specific designs dependent on the product, or products being pushed through a dryer. All jogging-batch dryers also require entrance and exit doors specifically designed for the product species, product thicknesses, and temperature schedules used for drying the product. In high-temperature drying of many fast-drying softwood lumber, both entrance and exit doors are often simple baffled end walls fitted with flexible rubber gaskets that rub against the outer edges and tops of the packages. These door systems may also be fitted with both an outer negative-draft vent-a-hood to collect door leakages and may also be fitted with an outer positive-draft air-seal (lock) to prevent any possible	中的产品类型、产品速度、重量、起始惯性（加速度）、烘干时间、温度、湿度、颜色等变量。这些测量值随后发送到针对被送入烘干机的产品进行编程的过程控制器,然后自动调整装载机静置期或行程或两者都调整。 由于装载机的静置期可以从几秒到多天不等,行程可以从几英寸到20英尺以上不等,而这两个变量的组合可能有无限多种,因此都将需要根据产品或产品被推送至烘干机的具体设计。 所有的往复式烘干机也需要特别设计的进出口门,以适应产品种类、产品厚度和用于干燥产品的温度计划。 在许多快速干燥软木材的高温干燥中,进出口门通常是简单的装有柔性橡胶密封圈的挡板式端壁。这些门系统还可能安装有外部负压通风罩,以收集门的漏气,并可能安装有外部正压气密(锁)以防止可能泄漏到烘干机周围区域。 对于对等敏感软木材的低温干燥,通常使用带动力垂直闸门来关闭烘干机内部的热湿空间,以便在“产品充填”推送过进出口门后进行。这些配置需要仔细设计布局 and 过程控制器编程,以便门端区域如何补偿不同长度的产品,以及装载机进给速率如何自动补偿不同的干燥温度计划和干燥速率。这些门和端区设计在制造或购买这些烘干机
---	--

leakage to the area surrounding the dryer. For low-temperature drying of grade-sensitive softwoods, the use of powered vertical guillotine doors is often used to close off the hot and humid interior of the dryer after a “charge of product” is pushed through both the entrance and exit doors. These configurations require careful design layouts and process controller programming of how both door end zones compensate for differences in product lengths, and how the loader feed rates automatically compensate for different drying temperature schedules and drying rates. These door and end zone designs require careful time and motion analysis before manufacturing or purchasing one of these dryers. Additionally, the long-term reliability, maintenance, and safety issues with these systems require careful analysis.	之前需要进行仔细的时间和运动分析。此外，这些系统的长期可靠性、维护和安全问题需要进行仔细的分析。
THREE: Cascading product loaders. <u>In addition to the previous conventional jogging types of product loaders, such loader systems can also be designed for a parallel pushing action in which the motion of the products passing through the dryer simulates a true continuous flow by “cascading or</u>	三：多级带式产品装载机。除了之前常见的间歇移动式物料装载机外，<u>这类装载系统同样可以设计成平行推动式，在这种设计中，物流通过干燥机时会进行特定的运动，这种运动通过“连续倾卸或拉动式”动作，使它们在干燥机内部形成一种连续的流动状态。</u>

<u>ducking-lug” actions.</u> <u>In essence, as one jogging loader reaches the end of its stroke, a second retracted jogging loader picks up the load and takes over from there. This action is followed by a third retracted jogging loader. For the first loader, now fully retracted, picks up the load from there, and so on creating a continuous-like flow of products through the dryer. And the speeds at which the product moves through the dryer can be controlled by controlling the speeds at which the loaders activate. However, if these cascading types of loaders are used, attention must be focused on how the different products are both loaded onto and off the conveying systems located outside of the dryer proper – such that the product loading and unloading operations do not affect the dryer’s operation.</u> <u>Essentially, Cascading dryers consist of several single-stage belt dryers connected in series, and their operating principle is the same as that of a single-stage belt dryer.</u>	<u>首先,当首台间歇式装载机完成预设工作行程时,第二台装载机已处于缩回待命状态并准备继续作业。接着,第三台装载机启动并接续物料输送至下一工序。最后,再由首台装载机在传感器确认缩回到位后,重新进入工作周期并接收新物料输入。物料通过烘干机的速度可以通过控制装载机激活的速度来控制。然而,如果使用这些多级带式装载机,必须注意如何将不同的产品装载到烘干机外部的传送系统上,以及如何将产品从传送系统上卸载,以避免对烘干机的操作产生影响。</u> <u>本质上,多级带式干燥机由多个串联连接的单级带式干燥机组成,其工作原理与单级带式干燥机相同。</u>
FOUR: Continuous dryer product loaders. All continuous-dryer product loaders are, by definition, machines that move products through continuous dryers in a smooth, none-stopping, none-jerking, or	四: 连续干燥器产品装载机。所有的连续烘干机产品装载机都是指将产品在连续烘干机中以平稳、不停顿、不抖动或不规则的运动方式运送的机器。通常情况下,这些包括有动力的轨道/有轨电车系统、动力滚

erratic motion. Typically, these involve powered rail/tram systems, powered roll cases, screws, or slides. Furthermore, all continuous dryer systems must include both infeed and outfeed systems designed to automatically load and unload the main dryer product transport system without interfering with the dryer's smooth continuous motion. The doors for continuous dryers should address the same design issues discussed with jogging-batch loaders.	筒、螺旋或滑动装置。此外，所有连续干燥器系统必须包括设计成能够自动装载和卸载主干燥器产品传输系统的进料和出料系统，而不会影响干燥器的平稳连续运动。间歇式干燥器的门应解决与往复式装载机讨论的相同的设计问题。
PARADE LOADER/DRYING SCHEMES If many different products are being loaded into the same dryer (as in a parade), process sensors and control programs must be able to track each product through the dryer, and automatically adjust drying control conditions (temperature and residence time) in each zone in the heating section of the dryer. However, there are economic limits to what parade control systems can do in non-batch-type drying systems. In some cases, management may have to accept a certain amount of product degrading to achieve minimum allowable production capacity. This is why all dryer product loader systems must be thoroughly evaluated before deciding on which one to use.	游行式装载机/干燥方案 如果同一个干燥器中装载了许多不同的产品（就像游行一样），则过程传感器和控制程序必须能够跟踪每个产品通过干燥器，并自动调整每个加热部分区域的干燥控制条件（温度和停留时间）。由于在非批式干燥系统中，游行控制系统的功能却受到了经济层面的显著限制，所以在某些特定情境下，管理层可能不得不忍痛接受一定程度的产品品质下降，以换取达到最低允许生产能力的目标。总之，最终决定使用哪种干燥器产品装载系统之前，必须对所有干燥机产品装载系统进行深入且全面的评估。

COMPRESSED-AIR-BLAST-LOADERS These are small (rare) product loaders that use a brief blast of compressed air to redirect or move small light-weight products across short distances	压缩空气冲击装载机 这些是使用短暂的压缩空气冲击来重定向或移动小型轻量产品的小型（罕见）产品装载机，可以在短距离内操作。
SAFETY WARNING Because most product loader systems are extremely powerful machines, extra care must be taken to both warn and prevent plant employees from being caught between products once a loader receives a signal to move products. Sufficient warning lights, buzzers, horns, and proximity sensors are required to automatically stop the loader in the event a person enters a danger zone. And, because all these systems are extremely dangerous machines, all automatic dryer loader safety systems must both be inspected and documented on a fixed schedule.	安全警告 由于大多数产品装载系统都是非常强大的机器，必须特别小心警告和防止工厂员工在装载机接收到移动产品信号后被困在产品之间。必须安装足够的警示灯、蜂鸣器、喇叭和接近传感器，以便在人员进入危险区域时自动停止装载机。而且，由于所有这些系统都是极其危险的机器，所有自动干燥器装载机安全系统都必须按照固定的时间表进行检查和记录。
In some types of operations, statistical software may be used to notify plant management that something is not quite right with the operation, and maintenance people should now examine the loader controls or mechanical components. Finally, every one of these product loader systems must be evaluated with fault-tree analysis conducted by a process-control engineer familiar with	在某些类型的操作中，可能会使用统计软件来通知工厂管理层运营情况不太正常，维护人员现在应该检查装载机控制或机械部件。最后，每一个这些产品装载机系统都必须由熟悉这种设计安全分析的过程控制工程师进行故障树分析评估。

this type of design safety analysis.	
11.5 Moisture, Energy, and Drying Uniformity Terms In Wood Drying Moisture Content of Wood There are two methods used for defining the moisture content of wood. Both methods are expressed as a percentage. The dry-basis moisture content in which the mass of water is divided by the mass of the dry wood fiber. The wet-basis moisture content in which the mass of water is divided by the total weight of the water and the dry wood fiber.	11.5 木材干燥中的含水率、能量和干燥均匀性术语 木材含水率 木材的含水率有两种定义方法,均以百分比表示: 干基含水率:水分质量与干木纤维质量的比值。 湿基含水率:水分质量与水 and 干木纤维总质量的比值。
The dry-basis method is typically used for machined products.Green lumber, dry lumber, veneer, shavings, etc.The wet-basis method is typically used for products prior to machining.Logs, wet bark, etc.Depending on the country or geographic location, the three different industries (wood, agriculture, and food) probably will not have uniform standards for defining moisture contents of the numerous different industry products. Evaluating Drying Uniformity of Dryers and Drying Systems. The purpose of all drying systems is to remove water from product fibers. Knowing both the initial and final moisture contents	干基方法通常用于机械加工后的产品,如绿材、干材、单板、木屑等;湿基方法则多用于加工前的产品,如原木、湿树皮等。根据不同国家或地区的标准,木材、农业和食品行业对于多种产品的含水率定义可能不统一。 干燥设备和干燥系统的干燥均匀性评估所有干燥系统的目的都是去除产品纤维中的水分,准确知道初始和最终含水率对成功设计干燥系统至关重要。 初始含水率是进入干燥器的产品的平均含水率。 最终含水率是从干燥器出来的产品的平均含水率。 最终含水率分布是频率与含水率的统计图。

accurately is crucial to designing successful drying systems. The initial moisture content is the average moisture content of the product entering the dryer. The final moisture content is the average moisture content of the product exiting the dryer. The final moisture content distribution is a statistical graph of frequency vs moisture content.	
The length of time and environmental conditions between the product dryer and the final moisture measuring system will affect both the average and standard deviations of product moisture content. Significant changes in average moisture content and standard deviations can occur between a product dryer and the final product moisture content measuring systems. Because of this, significant misinformation can exist to how any dryer is performing. <u>Thus, all investigations of dryers should be conducted at the dryer, not at the final product moisture measuring systems.</u>	干燥器与最终含水率测量系统之间的时间和环境条件会影响产品含水率的平均值和标准偏差。在干燥机和最终木制品水分含量测量系统之间,平均水分含量和标准偏差可能会发生显著变化。由于这种变化,关于任何干燥机的性能表现,可能会存在大量误导信息。 <u>因此,干燥机的所有测试应在干燥机内部进行,而不是依赖成品水分检测系统所检测的数据。</u>
Specific Gravity of Wood <u>The specific gravity of wood affects the drying rate and the total energy requirement</u>	木材的比重 木材的比重影响干燥速度和干燥所需的总能量。木材比重也是木材和干燥机中可

for drying. It is also a measure by which the total possible mass of water can exist in the wood and the dryer. Because the heat energy needed to evaporate a pound of water is much greater than the heat energy for heating wood fibers, the total heat energy needed to dry wood can increase dramatically when high specific gravity exists with high initial moisture contents. The specific gravity of wood is: (The dry weight of wood fiber divided by its green volume)/(density of water) The density of water is 62.43pounds/cubic foot.	能存在的水分总质量的一种度量。因为蒸发一磅水所需的热能远大于加热木纤维所需的热能，当木材比重大且初始含水率高时，干燥所需的总热能会大幅增加。木材的比重计算公式为： （木材纤维的干重除以其绿材体积）/水的密度 水的密度为 62.43 磅/立方英尺。
Saturated Moisture Content (SMC) For one cubic foot of green log, there is a theoretical maximum weight of water that can exist in that one cubic foot. This water mass is determined by the specific gravity of the wood fibers in the cell walls. For a cell-wall fiber specific gravity (SGF) of 1.51, water specific gravity=62.43, and log specific gravity (SGL) =(dry weight of 1.0 cu. ft. of green log volume)/62.43, the following equation can be used: Note: The geometrical proof (by the author) of the following general formula is not shown in this book. The term KF is used to analyze the	饱和含水率 (SMC) 对于一立方英尺的原木，存在一个理论上的最大水重，这个水重由木材细胞壁中纤维的比重决定。例如，当细胞壁纤维比重（SGF）为 1.51，水的比重为 62.43 时，原木比重（SGL）可以通过以下公式计算： $SGL = (\text{1 立方英尺绿材原木的干重}) / 62.43$。 KF 值是用于分析对流型干燥过程中干燥空间内部几何形状的术语，是预测干燥器内干燥能量密度速率的一个指标。

internal geometry of a drying space in any convection-type drying process. KF is a measure of predicting the drying energy density rate inside a dryer.	
Fiber-Saturation Point (FSP) The fiber-saturation point (FSP) is the level of moisture content at which the only water in the wood is in the cell walls. This is about 29–30% moisture content (on a dry-weight basis). Above the FSP, the ability of the water to move within the wood is different than for below the FSP. Fiber shrinkage does not occur unless the moisture content drops below the FSP. From FSP to 5% MC, the shrinkage vs moisture content curve is approximately linear.	纤维饱和点 (FSP) 纤维饱和点 (FSP) 是木材中唯一存在的水分处于细胞壁内的水分含量水平。这个水平大约是 29%–30% (以干重为基准)。当水分含量高于 FSP 时, 水分在木材内部的移动方式与低于 FSP 时不同。只有当水分含量降至 FSP 以下时, 纤维收缩才会发生。从 FSP 到 5%水分含量区间, 收缩与水分含量的关系曲线大致呈线性。
Species of Wood The species of wood is a principal variable in wood moisture dynamics. Some species have closed cells, and some have open cells. The paths for transporting water from the roots to the leaves vary between and within species. Some species such as the southern pines are very porous and easy to dry. Some species like white oak are difficult to dry without defects.	木材种类 木材种类是木材水分动态的一个主要变量。不同种类的木材细胞结构不同, 有的种类具有闭合细胞, 而有的则具有开放细胞。水分从根部到叶部的运输路径在不同种类之间以及同一物种内部有所不同。一些木材种类, 如南方松, 具有较大的孔隙, 干燥较为容易; 而一些种类如白橡木则较难干燥, 且容易产生缺陷。
Moisture Tracking Systems <u>This is a process in which the statistical</u>	湿度追踪系统 <u>这是一个监控木材的过程, 主要对纤维</u>

averages and standard deviations of fiber moisture content, specific gravity, and density is tracked by species, tree diameter, age, geographic harvesting location, time of year, and weather— at each of the following processing centers: At the forest Entering the log storage yard Entering the sawing, peeling, chipping operation Entering the green fiber storage area Immediately before entering the dryer Immediately after exiting the dryer and before entering the dry fiber storage area Exiting the dry fiber storage area and entering the dry-end moisture measuring system Entering the final product process (grading, trimming, gluing, etc.) Changes in moisture content during product shipment Changes in moisture content while in the final warehouse or sales outlet And so on throughout the expected use and life of the product	含水率、比重及密度统计平均值和标准差进行动态追踪，考虑的因素包括树种、树木直径、树龄、地理采伐位置、季节和天气等——具体追踪节点包括以下各个加工环节：在森林中 进入原木储存场 进入锯切、剥皮、刨花作业 进入湿木纤维储存区 进入干燥机之前 进入干燥机之后、进入干木纤维储存区之前 进入干木纤维储存区后、进入干端水分测量系统之前 进入最终产品加工环节（如分级、修整、胶合等） 在产品运输过程中水分含量的变化 在最终仓库或销售渠道中的水分含量变化 以及产品预计使用和生命周期内的其他变化 通过这些环节的水分追踪，可以更精确地控制木材的干燥和加工过程，确保产品质量和性能稳定。
Sawing Methods The sawing method is an important variable in wood drying. The board thickness is the first criteria to consider. Both drying	锯切方法 锯切方法是木材干燥中的一个重要变量。板材厚度是首要考虑的标准。干燥时间和应力的形成与板材的厚度密切相关。木板

time and stress development are strong functions of board thickness. The orientation of the board within the log is the second criteria to consider. Because of the differences in flow dynamics between grain direction, how a board is sawed from a log has a significant effect on how it dries. Edge-sawn and facesawn boards dry differently in the same environment depending on their radial angle of cut in the log. The sawed board width is the third criteria. Both drying time and stress development are strong functions of the beta ratio (board width/board thickness).	在原木中的定位是第二个考虑因素。由于木材纤维方向之间的流动动力学差异,锯取方式对干燥过程有显著影响。根据原木中锯切的径向角度,边锯和面锯板材在相同环境下的干燥方式不同。锯切板材的宽度是第三个标准。干燥时间和应力的形成与β比率(板宽/板厚)密切相关。
Heart vs Sapwood Due to differences in specific gravity and initial moisture content between heart and sapwood, the drying times under the same conditions are different. Capillary Flow Capillary flow is a type of flow in liquids driven by surface tension forces. As the inner diameter of a tube in which a liquid exists approaches zero, the pressure created by surface tension will approach a value depending on the liquid, its diffused contents, and temperature. Because much of the flow of water in wood above FSP is capillary flow,	心材与边材 由于心材和边材在比重和初始含水率上的差异,在相同条件下,它们的干燥时间不同。 毛细流动 毛细流动是液体中的一种流动类型,由表面张力驱动。当液体存在的管道的内径接近零时,由表面张力产生的压力将接近一个特定值,该值取决于液体、液体中溶解的物质以及温度。由于木材中大部分水分在超过纤维饱和点(FSP)时以毛细流动的方式存在,因此毛细流动的动力学对干燥速率有重要影响。温度对毛细流动的动力学有显著影响。

the dynamics of capillary flow affects drying rates. Temperature has a strong effect on capillary flow dynamics.	
Vapor Pressure Flow Water has a specific vapor pressure depending on its state (ice, liquid, and gas) and its temperature. The vapor pressure of ice is in significant in commercial drying operations. The vapor pressure of liquid water in wood is determined by its temperature. When liquid water is heated to a vapor pressure of one atmosphere (212 degrees F) it boils forming a gas. Diffusion Flow Diffusion flow is explained by Fick's law of diffusion. In diffusion flow, the flow rate is directly proportional to the moisture content gradient across a differential element of product fiber.	蒸汽压力流动 水的蒸汽压力取决于其状态（冰、液体和气体）以及温度。在商业干燥操作中，冰的蒸汽压力通常不重要。液态水在木材中的蒸汽压力由其温度决定。当液态水被加热到一个大气压（212 华氏度）时，它会沸腾并转化为气体。 扩散流动 菲克扩散定律可以解释扩散流动规律。在扩散流动中，流速与产品纤维中水分梯度的差异成正比。
Thermal Expansion When materials are heated, they expand. The relationship between expansion and temperature is the thermal expansion coefficient. Water has a volumetric thermal expansion coefficient higher than wood. Because of this, there is a differential expansion affect that can cause water to be expelled from fresh green wood during the	热膨胀 当材料被加热时，它们会膨胀。膨胀与温度之间的关系被称为热膨胀系数。水的体积热膨胀系数高于木材。因此，在木材加热到干燥器中的过程中，水会因热膨胀的差异效应被从新鲜的绿色木材中排出。<u>如果已知木材的初始含水量、木材的比重和温度的变化，那么工程师可以在初次加热过程中计算出排水量的体积。</u>

period when the wood is heating up in a dryer. <u>The volume of water expelled during the initial heating can be calculated if the initial moisture content of the wood, the specific gravity of the wood, and the change in temperature are known.</u>	
Drying Temperature Classes Drying temperatures in wood dryers are classified (by the author) as follows: 33–120 F (low-temperature drying) 121–180 F (conventional-temperature drying) 181–211 F (accelerated-temperature drying) 212–250 F (high-temperature drying) Above 250 F (hyper-temperature drying)	干燥温度分类 木材干燥器中的干燥温度可以按照以下分类（由作者定义）： 33–120°F（低温干燥） 121–180°F（常规温度干燥） 181–211°F（加速温度干燥） 212–250°F（高温干燥） 250°F 以上（超高温干燥）
Low Temperature Drying Low-temperature drying is drying at or below 120 degrees F dry bulb. Low-temperature drying involves air-drying, heated drying, vacuum drying, and dehumidifier drying. Conventional Temperature Drying Conventional-temp drying is drying at or below 180 degrees F dry bulb. Most hard-woods, stock over 2 " thick and upper grades, are dried at conventional temperatures.	低温干燥 低温干燥指的是在 120°F 干球温度或更低温度下的干燥。低温干燥包括空气干燥、加热干燥、真空干燥和除湿干燥。 常规温度干燥 常规温度干燥是指在 180°F 干球温度或更低温度下的干燥。大多数硬木、厚度超过 2 英寸的木材以及高等级木材都在常规温度下干燥。
Accelerated Temperature Drying	加速温度干燥

Accelerated-temp drying is drying at or below 211 degrees F. These schedules are used for both softwoods and some hardwoods.	加速温度干燥是指在 211°F 干球温度或更低温度下的干燥。这些干燥计划适用于软木和某些硬木。
High Temperature Drying <u>In high-temp drying, the dry-bulb temperature controller set point is kept between 212 and 250 degrees F. In southern pine high-temp kilns, the dry-bulb temperature entering the packages can exceed 250 degrees F, depending on the control scheme used.</u> At high temperatures, the water inside the lumber is heated to the point where it boils creating internal pressure that creates both liquid and vapor flow to the surfaces of the lumber. During this process, a water-to-vapor profile is created inside the lumber. The shape of this profile is dependent on both time and heating rates. As the lumber dries, the vapor wave approaches the center of the board and flattens out. The effect of the FSP changes the shape of the wave. As the lumber approaches low moisture contents, the wood acts like an insulator to the heat for boiling off the water, and the drying rate slows down. Eventually, the wood moisture content will approach 3–4% if left in the kiln long enough.	高温干燥 <u>在高温干燥中,干球温度控制器的设定</u>点保持在 212 至 250 华氏度之间。然而,在南松高温窑中,进入木材堆的干球温度可以超过 250 华氏度,但这取决于所使用的控制方案。在高温下,木材内部的水分会被加热到沸腾点,产生内部压力,促使水分以液体和蒸汽的形式流向木材表面。在这一过程中,木材内部会形成水蒸气的分布曲线。这个曲线的形状依赖于时间和加热速率。当木材干燥时,蒸汽波浪会接近板材的中心并逐渐平坦。FSP(纤维饱和点)的影响会改变波浪的形状。随着木材含水率的下降,木材会像隔热材料一样阻碍水分的蒸发,使得干燥速率减缓。如果木材在窑内停留足够长的时间,最终其含水率会接近 3-4%。

Hyper-Temperature Drying In hyper-temp drying, the dry-bulb temperature controller set point is kept above 250 degrees F. The most common applications are sheet and particle drying such as veneer driers and flash tube driers. Because drying rates are so fast in hyper-temp drying, controlling the final moisture content within acceptable limits without start ing fires can be challenging.	超高温干燥 超高温干燥时,干球温度控制器的设定 点保持在 250°F 以上。最常见的应用是板材 和颗粒的干燥,例如单板干燥机和闪管干燥 机。由于超高温干燥的干燥速率非常快,因 此在控制最终含水率并避免发生火灾时,往 往具有较大的挑战性。
Heat and Mass Transport and Exchange During drying, there is an exchange between energy and mass properties. Mass-transfer principles in drying are pressure-gradient driven. Both liquids and vapor flow in wood are driven by pressure gradients. It takes a certain amount of energy to heat up and evaporate a pound of water, and it also takes a certain amount of energy to heat up a pound of dry wood.	热量与物质传输与交换 在干燥过程中,能量和物质属性之间会 发生交换。干燥过程中的质量传递遵循压力 梯度驱动原理。在木材中,液体和蒸汽的流 动也受到压力梯度的驱动。加热和蒸发一磅 水需要一定的能量,同时加热一磅干燥木材 也需要一定的能量。
Heat Transfer Principles There are three types of heat transfer. 1. Conduction is heat transfer through a solid, liquid, or gas. 2. Convection is heat transfer to or from a body surrounded by fluids moving over the body. 3. Radiation is heat transfer from one mass	热传导原理 热传递有三种类型: 1.导热 (Conduction): 通过固体、液体或气体的热量传递。 2.对流 (Convection): 通过流体流动在物体表面与物体之间进行热量传递。 3.辐射 (Radiation): 通过电磁波从一个物质介质向另一个物质介质传递热量。

medium to another by electromagnetic waves.	
Energy Principles and Balances Energy cannot be created or destroyed. However, its form can be changed. When heat is applied to wet wood, both the liquid water and the wood fibers gain energy depending on the temperature they reach. This form of energy is referred to as sensible heat. If the water evaporates from the wood, it requires additional energy to do so. This is referred to as the latent heat of evaporation. If the water vapor, now outside of the wood, is heated up to temperatures above the wood temperature, this is often called “tramp” superheat.	能源原理与平衡 能量既不能被创造也不能被摧毁, 但它的形式可以发生变化。当热量施加到湿木材时, 无论是水分还是木纤维都会根据其达到的温度而吸收能量。这种能量被称为显热 (sensible heat)。如果水分从木材中蒸发出来, 还需要额外的能量, 这就是所谓的蒸发潜热 (latent heat of evaporation)。如果水蒸气被加热到高于木材温度的水平, 这通常被称为“跑蒸汽过热 (tramp superheat)”。
Specific Heat of Materials The specific heat of a material is the amount of heat energy needed to raise one mass unit of the material one degree in temperature rise. In units of BTU/pound/F, the specific heat of wood is about .6, the specific heat of air is .24, the specific heat of liquid water is 1.0, and the specific heat of water vapor is .45. Specific heat values are not constant. They change slightly depending on the temperature of the material.	材料的比热容 材料的比热容是指在单位质量的物质上升 1°F 所需要的热能。使用英热单位 (BTU/pound/°F) 作为单位时, 木材的比热容大约为 0.6, 空气的比热容为 0.24, 液态水的比热容为 1.0, 水蒸气的比热容为 0.45。比热容的数值不是恒定的, 它会随着材料的温度变化而略有变化。
Bound Energy Level Below the fiber saturation point, the	结合能量水平 在纤维饱和点以下, 蒸发水分所需的能

amount of energy required to evaporate water increases. This increase is due to the molecular attractive forces between water and wood fibers. See Table 11.2 in the USDA Dry Kiln Operator's Manual for data on bound energy.	量会增加。这个增加是由于水分与木纤维之间的分子吸引力。有关结合能量的具体数据,请参考《美国农业部干燥窑操作员手册》(USDA Dry Kiln Operator's Manual)中的表格 11.2。
Changes of State and Energy Levels of Water Water exists in the following three states: 1. solid (ice), 2. liquid, and 3. vapor (gas). For water to change from one state to another, energy is required. The amount of energy in water at different temperatures is shown in the following text.	水的状态变化与能量变化 水存在以下三种状态: 1. 固态 (冰) 2. 液态 3. 气态 (蒸汽) 水从一种状态变化到另一种状态时,需要消耗能量。水在不同温度下的能量变化如下所述。
Changes of Energy Levels of Wood When bone-dry wood is heated, its energy level changes depending on the species and the percentage of heartwood and sapwood. The following example is for a specific heat of 0.6.	木材的能量变化 当干燥木材被加热时,其能量水平会发生变化,这取决于木材的种类以及心材和边材的比例。以下示例假设比热容为 0.6。
Psychometrics Psychometrics is the study of air-moisture relationships. It is a branch of engineering for HVAC system analysis and design. The science of wood drying (heating, venting, and energy usage) involves the use of mass and energy continuity principles for both modeling the drying process as well as	心理测量学 心理测量学是研究空气与水分关系的学科。它是 HVAC (暖通空调) 系统分析和设计的一个工程学分支。木材干燥科学 (加热、通风和能源使用) 涉及应用质量和能量连续性原理,不仅用于建模干燥过程,还用于设计干燥设备。有关心理测量学工程原理的详细介绍,请参见《ASHRAE 手册》。

for designing drying equipment. See the ASHRAE Handbook for an in-depth review of the engineering principles of psychometrics.	
Standard Temperature Terms in Wood Drying There are several standard temperature terms in wood drying technology. Some of these terms have been coined by people to imply new technologies when in fact they are just other ways of expressing engineering principles found in all industrial drying systems. Tdb – dry-bulb temperature Twb – wet-bulb temperature Tb – the temperature of the surface of wood fiber during drying TDAL – the dry-bulb temperature drops across a load of wood during drying Delta-T – the same as TDAL CRT – constant rising temperature drying – rarely used CT – constant temperature drying – common in many softwoods drying such as the southern pines ST – stepped temperature drying – the most common practice in published wood drying schedules	木材干燥中的标准温度术语 木材干燥技术中有几个标准的温度术语。其中一些术语由人们创造，用以暗示新技术，实际上它们只是表达所有工业干燥系统中工程原理的不同方式。 Tdb – 干球温度 Twb – 湿球温度 Tb – 干燥过程中木材纤维表面的温度 TDAL – 木材干燥过程中负载的干球温度下降 Delta-T – 与 TDAL 相同 CRT – 恒温升高干燥法 – 很少使用 CT – 恒温干燥法 – 常用于许多软木类的干燥，例如南方松 ST – 分步温度干燥法 – 在公开的木材干燥计划中最常见的做法 TRAC – 空气流干球温度通过加热盘管的升高 Ts – 蒸汽温度 Tl – 液体温度 Ti – 初始温度 Tf – 最终温度 Tamb – 环境温度

TRAC – the air stream dry-bulb temperature rises across a heating coil Ts – steam temperature Tl – liquid temperature Ti – initial temperature Tf – final temperature Tamb – ambient temperatur	
Energy Losses and Energy Efficiency What are losses? It depends on the process and the objective of the process. For wood dryers, the objective is the removal of water from the wood. Since most types of commercial drying operations use the evaporative process, the ambient energy required for evaporation could be argued to be the benchmark for rating the energy-efficiency of commercial wood dryers. Since at 70 degrees F, the latent heat of evaporation of water is 1054.3 BTU/pound, one could argue that this value should be the benchmark for rating commercial water dryers. Any additional energy used by any drying system beyond this value would be classified as losses.	能源损失与能源效率 什么是损失？这取决于工艺和工艺的目标。对于木材干燥器来说，目标是从木材中去除水分。由于大多数商业干燥操作都使用蒸发过程，因此可以认为蒸发所需的环境能量是衡量商业木材干燥器能效的基准。 在 70°F（约 21°C）下，水的潜热蒸发值为 1054.3 BTU/磅。可以说，这个值应该作为评估商业水分干燥器的基准。任何干燥系统在此基础上额外使用的能量，都可以视为损失。
Benchmark Drying Energy Efficiency Total drying energy (TDE) used by commercial wood drying systems consists of the following.	基准干燥能效 商业木材干燥系统使用的总干燥能量（TDE）由以下几个部分组成。

Benchmark Drying Energy (BDE) 1. For evaporating water at 70 degrees F (1054.3 BTU/pound of water removed)	基准干燥能量 (BDE) 1.在 70°F 下蒸发水分（每去除 1 磅水分所需的能量为 1054.3 BTU）。
Drying Energy Losses (DEL) 2. For heating the wood during drying 3. For thawing out ice in frozen wood 4. For heating the liquid water in the wood 5. For heating air for wet-bulb control (venting process) 6. For superheating the water vapor leaving the kiln 7. For humidification spraying (both steam and water) 8. Heat-energy losses through foundations, buildings, and doors 9. Electrical energy losses (fans, blowers, conveyors, etc.) 10. All additional energy losses due to heating and utility support systems This additional energy can be a significant percentage of the total energy used. Steam boiler losses Steam system losses Condensate system losses Hot-oil system losses Hot-glycol losses In the preceding model, “energy” refers to all types of commercial energy (electricity,	干燥能量损失 (DEL) 2.用于加热木材的干燥过程中所消耗的能量 3.用于解冻冰冻木材的能量 4.用于加热木材中的液态水的能量 5.用于加热湿球温度控制所需的空气的能量（通风过程） 6.用于超热离开干燥窑的水蒸气的能量 7.用于湿化喷雾（蒸汽和水）的能量 8.通过基础、建筑物和门的热能损失 9.电能损失（风机、鼓风机、输送机等） 10.由于加热和公用设施支持系统而导致的所有额外能源损失 这种额外的能量损失可能占总能量消耗的相当大一部分。 蒸汽锅炉能量损失 蒸汽系统的能量损失 冷凝水系统的能量损失 热油系统的能量损失 热甘油系统的能量损失 在上述模型中，“能量”是指为整个干燥系统每去除一磅水所需的所有类型的商业能源（电力、天然气、石油和木材）。

gas, oil, and wood) required for the entire drying system per pound of water removed.	
Gross Energy Impact In addition to the preceding TDE, future environmental impact studies will include the term gross energy that addresses the total shared global impact of the total energy required for putting the entire drying system in place. This is the additional energy that was required to mine the materials, transport, manufacture equipment, transport, install, and construct every piece of equipment that ended up making a complete drying system. Today, most industrial drying energy studies do not include this energy term, and thus produce final public reports that can be misleading for those not qualified to understand these reports. The corn-to-ethanol industry and many offsite biomass-to-energy industries are two examples of government-promoted “energy” programs that do far more harm to the environment than good.	总能量影响 除了上述的干燥总能量（TDE）外，未来的环境影响研究将包括“总能量”这一术语，来评估建立整个干燥系统所需的总能量对全球环境的影响。这包括开采原材料、运输、制造设备、运输、安装以及建造每一件最终形成完整干燥系统所需设备所产生的额外能量。如今，大多数工业干燥能量研究并未考虑这一能量因素，因此，所发布的最终报告可能会误导那些无法理解这些报告的人。 例如，玉米转乙醇产业和许多外部生物质能转化产业是政府推动的“能源”项目的两个例子，这些项目对环境的危害远远大于它们所带来的好处。
Air Delivery Efficiency (ADE) <u>ADE is also related to effective package width (EPW). A dryer design that has a large EPW will have a higher ADE than the same dryer with a low EPW. For this reason,</u>	空气输送效率 <u>空气输送效率（ADE）与有效木材堆宽度（EPW）呈正相关。对于同型号干燥设备而言，有效木材堆宽度较大的设计相较于小的木材堆宽度设计可获得更高的空气输</u>

<u>especially in softwood track-type dryers, a design that includes multiple tracks with reheat will have a high ADE.</u> ADE is improved by utilizing proven air-handling principles in the design of the interior primary plenums located inside the dryer. Plenums are large voids where airflow is collected, stabilized, and distributed to other parts of the dryer. <u>ADE is an indicator of the degree of design engineering put into convection dryers to improve the overall electrical and fluid stream efficiency. To do any ADE study properly, be sure to use the correct units for the data in your calculations.</u>	<u>送效率。基于此原理，特别是在软木轨道式干燥机组中，采用多轨带再加热系统的设计方案能够显著提升 ADE 性能指标。</u> 通过应用成熟的空气动力学原理对烘干机内部主风道进行结构优化，可显著提升 ADE 性能。主风道作为集成式空腔结构，用于收集、稳定气流，并将其输送到干燥机的其他部分。 <u>ADE 是衡量对流干燥机设计工程程度的指标，其目的是提高整体电流和流体流效率。然而，若要确保 ADE 研究的科学性与准确性，那么在计算过程中必须使用正确的数据单位。</u>
--	--