

分类号 F239/286  
U D C

密级 公开  
编号 10741

兰州财经大学

LANZHOU UNIVERSITY OF FINANCE AND ECONOMICS

硕士学位论文

(专业学位)

论文题目 基于区块链技术的碳排放审计研究  
——以 Z 企业为例

研究生姓名: 王芳芳

指导教师姓名、职称: 周一虹 教授 李宗乐 正高级会计师

学科、专业名称: 审计硕士

研究方向: 社会审计

提交日期: 2024年6月1日

## 独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名： 王芳芳 签字日期： 2024.6.1

导师签名： 周中 签字日期： 2024.6.1

导师(校外)签名： 李乐 签字日期： 2024.6.1

## 关于论文使用授权的说明

本人完全了解学校关于保留、使用学位论文的各项规定，同意（选择“同意”/“不同意”）以下事项：

1.学校有权保留本论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文；

2.学校有权将本人的学位论文提交至清华大学“中国学术期刊（光盘版）电子杂志社”用于出版和编入CNKI《中国知识资源总库》或其他同类数据库，传播本学位论文的全部或部分內容。

学位论文作者签名： 王芳芳 签字日期： 2024.6.1

导师签名： 周中 签字日期： 2024.6.1

导师(校外)签名： 李乐 签字日期： 2024.6.1

# **Research on Carbon Emission Audit Based on Blockchain Technology - Taking Z Enterprise as an Example**

**Candidate : Wang Fangfang**

**Supervisor: Zhou Yihong Lizongle**

## 摘 要

自 21 世纪开始，科学技术在各个层面得以飞速发展，其中，区块链作为一项新兴技术，其与其它领域的结合运用备受人们关注。2022 年 9 月 22 日，我国在第 75 届联合国大会上提出“双碳”目标，即在 2030 年前实现碳达峰、2060 年前实现碳中和。“双碳”目标的提出展现出了我国强烈的责任感。但要想全面实现碳达峰、碳中和的目标，从而进一步打赢蓝天保卫战，那么正确认识并解决碳排放问题就显得尤为重要且紧迫。目前，碳排放审计主要存在以下问题：审计数据收集困难、审计活动在被审计单位与碳排放有关的活动结束后才能进行、审计工作效率较低、审计质量难以保障、所需的审计人员数量众多等。而通过将区块链技术运用到碳排放审计工作中，能在一定程度上解决以上问题，并推动碳排放审计实现审计全覆盖和实时审计的进程。

本文从注册会计师的角度出发，通过分析 Z 企业的碳排放审计现状和问题，在低碳经济理论、受托责任理论以及通证经济理论的基础上，构建出基于区块链技术的碳排放审计平台框架并对其审计流程进行优化，然后将其运用到 Z 企业的碳排放审计中，得出“与传统的碳排放审计相比，基于区块链技术的碳排放审计更具优势。”的结论，丰富了区块链的应用场景，希望可以给注册会计师开展区块链技术下的碳排放审计提供参考。

**关键词：**区块链技术 碳排放审计 注册会计师 Z 企业

## Abstract

Since the 21st century, science and technology have developed rapidly at various levels. Among them, blockchain, as an emerging technology, has attracted people's attention for its combined application with other fields. On September 22, 2022, China proposed the "dual carbon" goal at the 75th United Nations General Assembly, which is to achieve carbon peak by 2030 and carbon neutrality by 2060. The proposal of the "dual carbon" goal demonstrates a strong sense of responsibility in China. But in order to fully achieve the goals of carbon peak and carbon neutrality, and win the battle of blue sky defense, it is particularly important and urgent to have a correct understanding and solve the problem of carbon emissions. At present, there are mainly the following problems in carbon emissions auditing: difficulties in collecting audit data, audit activities can only be carried out after the activities related to carbon emissions of the audited entity are completed, audit work efficiency is low, audit quality can be guaranteed, and a large number of audit personnel are required. By applying blockchain technology to carbon emission auditing work, it can to some extent help solve the above problems and promote the process of achieving full coverage and real-time auditing of carbon emissions.

This article starts from the perspective of certified public accountants and analyzes the current situation and problems of carbon emission auditing in Z enterprise. Based on low-carbon economy theory, entrusted responsibility theory, and token economy theory, a carbon emission auditing platform framework based on blockchain technology is constructed and its auditing process is optimized. Then, it is applied to the carbon emission auditing of Z enterprise, and the conclusion is drawn that "compared with traditional carbon emission auditing, carbon emission auditing based on blockchain technology has more advantages". This enriches the application scenarios of blockchain technology and hopes to provide reference for certified public accountants to carry out carbon emission auditing under blockchain technology.

**Keywords:** Blockchain technology; Carbon emissions audit; Accounting firm; Z Enterprise

# 目 录

<b>1 绪论</b> .....	<b>1</b>
1.1 研究背景与研究意义 .....	1
1.1.1 研究背景 .....	1
1.1.2 研究意义 .....	2
1.2 文献综述 .....	3
1.2.1 国内文献研究 .....	3
1.2.2 国外文献研究 .....	6
1.2.3 文献述评 .....	9
1.3 研究内容与研究方法 .....	9
1.3.1 研究内容 .....	9
1.3.2 研究方法 .....	12
1.4 论文的创新点 .....	12
<b>2 基本概念与理论基础</b> .....	<b>13</b>
2.1 基本概念 .....	13
2.1.1 区块链 .....	13
2.1.2 碳排放审计 .....	15
2.2 理论基础 .....	17
2.2.1 低碳经济理论 .....	17
2.2.2 受托责任理论 .....	17
2.2.3 通证经济理论 .....	17
<b>3Z 企业的碳排放审计现状及存在的问题</b> .....	<b>18</b>
3.1Z 企业基本情况 .....	18
3.1.1Z 企业简介 .....	18
3.1.2Z 企业碳排放状况 .....	18

3.2Z 企业碳排放审计现状	20
3.3Z 企业碳排放审计存在的问题	22
3.3.1 评价标准不完善	22
3.3.2 审计数据难计算	23
3.3.3 审计程序较单一	24
3.3.4 信息披露不齐全	24
3.3.5 整改力度不强劲	25
<b>4 基于区块链技术的碳排放审计平台框架构建及流程设计</b>	<b>26</b>
4.1 区块链技术应用用于碳排放审计的必要性和可行性	26
4.1.1 区块链应用于碳排放审计的必要性	26
4.1.2 区块链应用于碳排放审计的可行性	27
4.2 基于区块链技术的碳排放审计平台框架构建	30
4.2.1 基于区块链技术的碳排放审计平台理论框架	30
4.2.2 基于区块链技术的碳排放审计平台应用框架	32
4.3 基于区块链技术的碳排放审计流程设计	34
4.3.1 审计准备阶段	34
4.3.2 审计实施阶段	35
4.3.3 审计报告阶段	37
<b>5 Z 企业基于区块链技术的碳排放审计的应用</b>	<b>38</b>
5.1Z 企业基于区块链技术的碳排放审计流程	38
5.1.1 审计准备阶段	38
5.1.2 审计实施阶段	39
5.1.3 审计报告阶段	40
5.2 Z 企业基于区块链技术的碳排放审计的预期效果分析	41
5.2.1 审计流程分析	41
5.2.2 审计成本分析	41
5.2.3 审计效率分析	42

<b>6 结论与展望</b> .....	<b>43</b>
6.1 研究结论 .....	43
6.1.1 基于区块链技术的碳排放审计的优势 .....	43
6.1.2 基于区块链技术的碳排放审计的不足 .....	44
6.2 研究展望 .....	44
<b>参考文献</b> .....	<b>46</b>
<b>后 记</b> .....	<b>50</b>

# 1 绪论

## 1.1 研究背景与研究意义

### 1.1.1 研究背景

21 世纪以来，随着互联网的飞速发展，人工智能、区块链等新兴技术正以突飞猛进的速度不断取得进步与突破。为了能更好地保障区块链技术的发展，我国政府部门及各机构先后制定了许多法律法规及政策规定。2016 年 12 月 15 日，国务院在《“十三五”国家信息化规划》中首次提及区块链技术，强调必须对区块链技术进行不断探索，从而更好地实现区块链技术的突破、创新，这在一定程度上促进了区块链技术与各个领域的融合发展；2017 年，随着区块链的不断发展，其与会计领域相结合的进程也在不断加快，区块链技术更是被评为对会计从业人员产生重大影响的十大技术之一。2019 年 10 月，习近平总书记在中央政治局召开的第十八次集体学习会议上发表了重要讲话，强调了区块链技术是我国实现自主创新发展的关键要素，鼓励各个企业、机构对区块链及其在各个领域的应用展开研究，这无疑为区块链技术与碳排放审计相结合提供了强大的推动力。2021 年，国家对区块链行业发展越来越重视，各部委发布的相关政策法规等已超 60 项，区块链不仅被写入“十四五”规划纲要中，各部门更是积极探索区块链的发展方向，积极出台相应政策，注重区块链技术与各领域的结合，为全面推进区块链技术在各领域的运用增效保驾护航，加快推动区块链技术和各个行业的创新融合发展，区块链产业政策环境持续利好发展。

2022 年 9 月，我国在联合国大会上提出“双碳”目标，即在 2030 年前实现碳达峰、2060 年前实现碳中和。“双碳”目标的提出展现出了我国的强烈的责任感。但要想全面实现碳达峰、碳中和的目标，从而打赢蓝天保卫战，那么正确认识并解决碳排放问题就显得尤为重要且紧迫。此外，“十四五”的发展规划中首次明确提出了支持部分地区可以在相关政策的指引下率先完成碳达峰目标，从而加快双碳目标实现的进程。为此，我国高度重视碳排放审计问题，通过制定了严格的碳减排任务来加速推进“双碳”目标的实现，在此基础上要求企业聘请专业的第三方机构对企业与碳排放有关的活动进行审查，从而能更好的对碳减排任务的完成情况进行监督和评价。

碳排放审计又称碳审计,二者具有实质上的一致性。与传统的财务审计相比,碳排放审计的过程和方法等更显多元和复杂。2009年,英国环境审计委员会首次提出要对与碳排放有关的问题实施全面审计,随后,安永、德勤等会计师事务所在获得政府允许后,开始开展专业的碳排放审计工作。同年,四川中熹会计师事务所编制出具了我国的第一份碳排放审计报告,我国的碳排放审计工作由此进入实务阶段。2021年,我国的碳排放权交易市场正式上线并开通交易,加快了与碳排放审计相关的法律法规和政策制度制定的进程,能够更好地指导碳排放审计工作的开展,在一定程度上促进了我国碳排放审计工作的发展。但是在当前各种新兴技术飞速发展的背景下,传统财务审计在数据采集、处理、分析等过程中所使用的方法,已难以适应海量的碳排放审计数据环境,若注册会计师继续按照这些方法来开展碳排放审计,会大大增加碳排放审计风险发生的可能性,从而难以确保审计结果的可靠性、充分性,甚至可能会导致审计失败。

在大数据飞速发展的背景下,传统的碳排放审计已经不能满足当前碳排放审计的需求并且存在许多问题,例如:由于碳排放审计数据来源复杂且数量庞大从而导致在收集数据时需要投入大量的时间、精力;由于碳排放审计的实质是事后审计因此不能及时地发现企业碳减排行为存在的问题并进行更正等,这在一定程度上增加了审计风险。将区块链技术运用到目前的碳排放审计工作中,能够更好地保障所收集的与碳排放活动有关的审计数据的真实性、完整性和可靠性。由于所有的审计工作均可在链上完成,这在一定程度上实现了自动化审计,大大简化了审计的工作流程,降低了审计成本,提高了审计的工作效率,促进了实时审计和审计全覆盖的发展。

化工行业是环境污染严重的典型行业,在生产经营过程中所消耗的能源及排放的污染物,严重破坏了生态环境。由于 Z 企业是化工行业的代表企业之一,且在生产经营活动中较为广泛地运用了区块链等先进技术,从而 Z 企业具备将区块链技术运用于碳排放审计工作的技术基础。因此,以 Z 企业作为案例进行研究,具有一定的代表性和可行性。

### 1.1.2 研究意义

#### (1) 理论意义

通过查阅与区块链技术、碳排放审计等相关的文献资料,并对其进行归纳整

理,发现目前对于基于区块链技术的碳排放审计的研究大都从理论层面展开,实际应用的研究还较少。论文针对碳排放审计在大数据时代所面临的问题,将区块链技术作为支撑技术,构建基于区块链技术的碳排放审计平台框架并对审计流程进行优化,丰富了基于区块链技术的碳排放审计的理论研究。

## (2) 实践意义

随着区块链技术的不断发展以及人们环保意识的不断加强,将区块链技术应用到碳排放审计工作中是大势所趋,此外,通过利用区块链的时间戳、智能合约、共识机制等技术,能够简化碳排放的审计工作流程,降低审计成本,提高审计效率,推动实时审计和审计全覆盖目标的实现。论文通过分析区块链技术与碳排放审计相结合的必要性和可行性及 Z 企业的碳排放审计现状及存在的问题,构建了基于区块链技术的碳排放审计平台框架并对审计流程进行优化。然后,将其运用到 Z 企业的碳排放审计工作中,并对预期效果进行分析,希望能为注册会计师开展基于区块链技术的碳排放审计提供参考,同时对于企业、监管部门等均具有一定的实践意义。

## 1.2 文献综述

### 1.2.1 国内文献研究

#### (1) 区块链的相关研究

国内学者主要从区块链技术在各行各业的应用角度入手,对区块链技术进行研究,大多数学者都认为将区块链应用到各个领域,能在一定程度上推动该领域的发展。王硕(2016)等人认为区块链技术难点的不断突破促使信息技术正以令人震惊的速度在不断变革并在一定程度上推动了各行各业的发展,促进了区块链技术与各个领域的融合发展。曹宇青(2018)等人认为区块链技术在金融行业的落地应用,有助于完善当前的支付系统,在一定程度上推动了金融行业的发展,加快了金融行业共享生态系统目标的实现。王滨(2019)认为推动区块链技术在金融行业发展,有助于金融市场在智能合约、共识机制等技术的支持下创造出更大的价值。刘翔(2021)认为将区块链技术应用于会计、审计领域,可以通过利用区块链的时间戳、共识机制等技术,提高数据的安全性、可靠性和完整性,进而为更好地开展会计、审计工作提供保障。李波等(2021)认为,由于区块链技术具有独立性、防篡改性、可追溯性、去中心化等特征,因此,可以运用区块链

技术搭建全域化的环境信息系统，从而为跨区域的环境治理活动提供保障，对发现的环境问题实行精准化定位及整改，促进相关环境目标的实现。王艳松等(2022)通过对于区块链有关的文献及案例进行研究，发现在区块链技术项目正式实施前，需要对信息上链的必要性和合理性进行评估，从而能够进一步明确在该项目中区块链的上链流程。

## (2) 碳排放审计的相关研究

关于碳排放审计的含义，还没有形成统一的观点。部分学者从对碳排放审计的实质及与碳排放活动有关的数据入手，对碳排放审计的涵义进行解释。例如，陈燕燕和彭香兰(2010)认为碳排放审计是指由具有专业资格的第三方机构，对被审计单位开展的碳减排行为的真实性和有效性、合法性和可靠性进行检查与鉴证，并出具客观公正的碳排放报告的行为。余惠园(2016)认为由于碳排放审计与传统的财务审计存在差异性，因此适用于传统财务审计的审计程序和方法不一定完全适用于碳排放审计，所以应在财务审计程序和方法的基础上，增加相应的审计程序，从而为碳排放审计的审计质量提供保障。此外，还有部分学者从相关的理论视角出发，对碳排放审计的定义进行阐述。例如，吴江玲(2016)在低碳经济的背景下，从我国的基本国情出发，对当前的碳排放审计模式进行了优化，在一定程度上推动了碳排放审计的发展。金密(2017)认为由于碳排放审计是环境审计的重要分支，因此碳排放审计也应同环境审计一样，聘请具有专业资格的第三方机构对被审计的碳减排行为进行分析与评价，从而更好地督促企业积极履行碳减排职责，推动双碳目标的实现。

关于碳排放的审计主体，目前国内学者对碳排放审计的主体缺乏较为统一的认识。王爱国(2012)认为由于碳审计在规范企业环境行为方面发挥着至关重要的作用，因此相较于碳审计在碳交易活动中所获取的经济利益，其所体现的政治利益更高，这也就意味着碳审计工作的完成需要政府部门提供强有力的保障。因此，碳审计应以国家审计为主，内部审计和社会审计为辅。此外，有部分学者认为，碳审计主体应在会计师事务所和环保专业机构中进行选择，袁广达、袁玮(2012)认为由会计师事务所开展环境审计，在一定程度上能够敦促企业更好地践行环境保护的责任，并履行相应的义务。高建慧(2013)认为，环境审计正处于初步发展的阶段，应在政府审计对碳审计有效实施提供保障和监督的基础上，

利用社会审计特有的独立性和公允性，在政策、资金等的运用方面对碳排放信息进行审计。

关于碳排放的审计方法，叶祖达（2009）为了测量在某个特定时期内该城市所产生的温室气体排放量，所采用的方法是计算“碳足迹”。张薇（2015）认为在开展制造业的碳排放审计工作之前，应对被审计单位与碳排放有关的活动进行评价，此外，可以借鉴国际碳排放的评价指标。梁胜浩（2015）认为目前我国与碳排放审计相关的法律法规及政策规定并没有对碳排放的审计流程进行明确规定，于是，在对传统的财务审计流程进行研究的基础上优化了国家电网的碳审计流程。施平和李长楚（2016）认为我国温室气体的计算可以与 ISO14064 标准相结合，这在一定程度上能够促进我国碳交易市场的稳定健康发展。并通过对碳排放交易市场里的电力企业进行分析，初步设计出了基于 ISO14064 标准和风险导向审计理论的结合方案。

### （3）区块链在审计领域的应用研究

关于区块链在审计领域的应用，秦荣生（2017）指出，将区块链技术运用在会计、审计领域，可以有效解决会计、审计行业普遍存在的数据透明度和真实性低的问题，并且在进行产权追溯以及跟踪审计时，利用区块链技术会更具优势。张月玲和王晓菁（2019）将区块链技术运用到审计工作中，并基于区块链的预警机制，搭建了平台框架，表明了区块链对于信息化审计发展的积极作用，并从多维度分析了将区块链技术与审计相结合所可能出现的问题。乔鹏程（2020）认为在科学技术飞速发展的背景下，将区块链技术运用到内部审计工作中，在一定程度上能够确保获取充分、适当的审计证据，简化了审计的工作流程，节约了审计成本，提高了工作效率及审计质量，加快了实现实时审计目标的进程。徐超和陈勇（2020）认为将区块链技术与审计工作相结合，有助于明确各个责任方的权限与职责，为各个利益相关者监督被审计单位提供便利，从而约束企业的行为，降低企业违法行为的发生。郑石桥（2021）认为当前区块链技术正飞速的发展，不断取得新的创新与突破，随着区块链技术在审计领域的不断深入，审计程序、审计流程也会随着发生改变，在一定程度上能够更好地保障审计数据的真实性和完整性，提高审计数据的质量，简化审计的工作流程，降低审计成本的投入，提高审计的工作效率。

关于区块链在碳排放审计中的应用,周莉等(2020)通过开展相关的研究,发现将区块链技术应用到碳排放的审计工作中,可以在一定程度上提高对企业的碳排放活动进行监督的有效性,并且有助于提高碳排放数据的透明度。严振亚和李健(2020)将区块链技术应用到碳排放审计工作中,可以利用区块链的时间戳、非对称加密算法等技术提高碳排放数据的透明度、真实性和可靠性,简化了碳排放审计数据的传递流程,便于更好地实现与碳排放有关的信息共享,从而降低审计成本,此外还在一定程度上解决了企业经营者与利益相关者之间的信息不对称问题。叶强等(2022)通过对区块链技术在碳排放领域的应用进行研究,发现将区块链技术应用到碳排放审计中,可以在一定程度上提高碳排放数据的可靠性,从而生成高质量的审计报告,提高审计报告的公信力。此外,由于我国目前关于碳排放审计的法律法规及规章制度还不够完善,不能很好地保障碳排放审计工作的展开及监督管理的有效性,再加之部分企业过度追求经济效益最大化从而忽视了环保效益,这在一定程度上增加了偷排、超排等违法行为发生的可能性。因此吴花平和刘自豪(2022)提出开展基础区块链技术的碳排放审计工作时,可以在基于区块链的共识机制、智能合约等技术的基础上,对相应的碳排放数据进行自动核算,降低数据造假的可能性,并将预警系统通过共识机制编写出来,一旦发生与所编写的合规事件不符的事项,就会触发预警系统,从而约束企业的行为,减少企业违法行为发生的可能性。

## 1.2.2 国外文献研究

### (1) 区块链技术的应用研究

Nakamoto(2008)第一次提出区块链技术这一概念,开始将区块链技术发展并应用,通过对电子交易系统的 P2P 网络技术、时间戳等基础技术进行研究,发现在该电子交易系统中引入区块链技术能够在一定程度上简化支付时所需要进行的验证操作,并且在一定程度上有助于货币重复交易问题的解决。Yermack 和 David(2014)将区块链运用到企业的日常生产经营过程中,利用区块链的非对称加密技术、共识机制等,能够更好地保障数据的真实性和完整性,提高数据的安全性,优化企业的管理模式,帮助企业创造更大的经济效益。因此,区块链具有相当广阔的应用前景。White 和 Gareth(2017)认为,区块链技术在一定程度上可以提高企业的经济效益,并且有望成为管理领域的重要创新来源。Anton

a 和 John (2018) 通过对区块链技术在金融领域的运用进行研究发现, 区块链技术的应用在一定程度上推动了金融行业的快速发展, 使其能够创造出更大的经济价值, 但由于区块链技术还不够稳定, 因此还需要充分考虑可能面临的风险, 将筛选出来的不安全因素进行妥善处理, 进一步推动区块链在金融领域的应用发展。Srinivas J 和 Das A K (2020) 认为由于区块链所具备的去中心化的特性, 因此交易双方可以直接进行交易, 不需要通过第三人的引荐或者担保, 也不需要通过第三方平台才能交易, 这极大地简化了交易流程。此外, 随着区块链的飞速发展, 区块链的应用范围也在不断拓展, 因此, 区块链技术具有广泛的应用前景。Esmat Ayman 等 (2021) 认为将区块链技术运用到环境保护的领域里, 在给企业带来经济效益的同时也给社会带来了巨大的生态效益, 通过搭建基于区块链技术的分散式 P2P 能源交易平台, 并将选取案例的真实信息带入到所构建的平台中进行模拟研究的方式, 验证了该平台的可行性及给交易带来的优势所在。

## (2) 碳排放审计的相关研究

关于碳排放审计的概念, Bruce Felmingham 和 Sunday Tasmanian (2008) 阐述了碳审计的定义, 并且通过对具体案例的碳审计工作进行研究, 得出了“对被审计单位的碳排放活动进行审计, 有助于约束企业的碳减排行为, 从而减低环境中的大气污染”的结论。Susie Moloney (2009) 认为碳审计是指审计人员依据政府部门及机构所制定的各项政策制度、法规条例等的要求, 基于审计准则与碳审计有关的条例, 对被审计单位与碳排放活动有关的数据进行收集、分析、评价的过程, 此过程要求审计人员保持较高的独立性和客观性, 对被审计单位开展碳审计工作有助于对企业碳减排责任的履行实现更好地监督, 从而推动低碳社会目标的实现。Lai 和 Joseph H.K 等 (2012) 通过分析酒店的经营管理, 从而得出企业需要制定统一的碳审计标准并且严格遵循。Wendy Green 和 Stuart Taylor (2013) 通过大量的调查研究发现, 随着全球变暖问题越来越严重, 人们的环保意识也在逐步加强, 社会大众越来越关注企业的碳排放情况, 在此背景下, 越来越多的企业选择对企业的碳排放行为进行鉴证, 这在一定程度上能够提高公众信任, 从而给企业带来更大的经济效益。此外, 他认为为了更好地保障碳排放审计鉴证报告的独立性和客观性, 企业应聘请具有专业资格的独立第三方机构对碳排放活动进行鉴证并出具鉴证报告。

关于碳审计主体的研究,目前,国外的大多数国家的碳审计主要由注册会计师或者非审计领域(如:工程学领域、统计学领域)的专家进行开展。Bruce Bellingham (2008)认为,碳排放审计的主体与财务审计的主体一致。Zetterberg L (2014)认为由于传统的财务审计的风险模型能够完美适用于碳审计工作的开展,因此应该由注册会计师开展相应的碳排放审计工作并出具审计报告。

关于碳排放审计方法的研究,Andrew C (2008)在对碳排放审计进行研究后,构建了基于风险导向理论的碳审计框架,这在一定程度上促进了碳审计的发展,为开展碳审计工作提供了新的方向。Jan Bebbington 和 Carlos Larrinaga (2008)认为为了达到实现全球范围内的碳存量和碳流量的核算和核查的目的,可以设置专门的“碳账户”,在这个账户里除了需要对与碳排放活动有关的事项进行处理以维持碳排放活动的正常进行,还需对其所产生的风险事项进行处理。Anonymous (2010)首次对碳税的内涵进行了阐述,此外通过对不同国家和地区是否实施碳税对该地碳排放活动存在的影响进行研究,得出与不实施碳税相比,实施碳税能够更好地约束该国家或地区的碳排放行为,从而促进低碳目标的实现。Alan C 等 (2015)基于专家意见法和关键指标法,构建了全新的碳审计的评价指标体系,所构建的评价指标体系对投资者分析与碳排放活动有关的信息披露具有一定的指导作用。JJ.de Gruijter (2016)和 Brendan Malone (2018)则通过检测规模农场的土壤中与碳有关的数据,对应该如何开展土壤碳审计进行了阐述。

### (3) 区块链在审计领域的应用研究

Tapscott (2016)认为,开展基于区块链技术的审计工作,能够在更好保障其客观性和公正性的基础上,有效加强审计工作的独立性。Aatsaikhan (2017)和 Jiang (2018)认为将区块链技术应用到审计领域时,可以更好地优化数据的真实性、时效性以及成本等方面,从而在一定程度上达到克服传统审计工作短板、降低审计风险的目的。Zhuo (2018)等人基于对传统审计整体流程的归纳总结,在区块链的智能合约技术的支持下,构建出了联盟链的平台框架。Michael 和 Gerard (2019)认为,虽然将区块链技术应用到会计审计行业中,可以有效地提高工作效率,推进相关工作的开展,但是由于区块链技术存在不确定性,因此将区块链技术运用到会计审计行业,也会带来新的问题,这在一定程度上给相关工作增加了风险。

此外，各类审计机构也开始积极探索区块链技术，并将其应用到实际的审计工作中。例如，德勤会计师事务所建立了专门的区块链实验室对区块链技术进行不断探索研究，并成功推出了 rubix 平台；安永会计师事务所作为最早开展比特币审计的事务所，目前已经能够利用区块链技术开展相应的审计工作等。

### 1.2.3 文献述评

通过对国内外相关文献进行梳理发现，国内外关于区块链技术及碳排放的研究较为丰富。对于区块链的研究主要是在区块链的应用方面，学者们对于将区块链技术应用到各个领域这件事持积极态度，并且关于将区块链技术应用于金融、医疗等领域的研究已经实现了较大突破，成果显著。在碳排放审计的研究方面，近几年随着人们对环境保护越来越重视，国内外学者也越来越关注碳排放审计，并在碳排放审计的定义、主体、方法等方面开展的大量的研究，并取得了显著的突破。此外，学者们已经开始关注并研究碳审计所面临的问题，对于区块链与审计结合的相关研究，学者们普遍看好这一技术在审计行业的应用，认为随着区块链技术的不断发展完善，开展基于区块链的审计工作是大势所趋，并且能够在一定程度上推动实现实时审计及审计全覆盖的进程。

在对诸多学者的研究进行整合总结时发现，虽然我国很多学者已经开始关注区块链技术在碳排放审计中的应用，但大多数研究都仅仅从理论层面进行展开，对案例的研究较少。此外，目前我国与碳排放审计的研究大都以政府审计作为审计主体，而以注册会计师为审计主体开展的碳排放审计研究还比较少。本文通过查询相关文献，并在仔细研读的基础上对其进行归纳整理，然后为了达到将区块链技术应用到碳排放审计中有助于解决碳排放审计在互联网飞速发展的背景下存在的问题的目的，以会计师事务所为审计主体，构建基于区块链技术的碳排放审计平台框架并对审计流程进行优化，从而更好地保障审计数据的原始性和可靠性，提高碳排放审计的效率与质量，并将其应用到具体的企业中，希望为注册会计师开展基于区块链的碳排放审计工作提供参考。

## 1.3 研究内容与研究方法

### 1.3.1 研究内容

论文主要通过以下六部分展开分析：

第一部分：绪论。主要介绍研究背景和研究意义，阐述国内外区块链、碳排放审计以及区块链技术与审计相结合的研究现状，并进行文献述评，进而提出论文的研究内容、研究方法及本文的创新点。

第二部分：基本概念与理论基础。主要介绍区块链以及碳排放审计的概念和内容，并对涉及到的低碳经济理论、受托责任理论、通证经济理论进行阐述，为区块链技术下碳排放审计平台框架的构建及流程优化提供理论支撑。

第三部分：Z 企业的碳排放审计现状及存在的问题。首先先对 Z 企业的基本情况介绍，然后介绍 Z 企业的碳排放审计现状并分析其存在的问题。

第四部分：基于区块链技术的碳排放审计平台框架构建及流程设计。首先对区块链技术应用与碳排放审计的必要性和可行性进行分析，然后构建基于区块链技术的碳排放审计平台的逻辑框架和应用框架，并设计基于区块链的碳排放审计平台的审计流程。

第五部分：Z 企业基于区块链技术的碳排放审计的应用。将所构建的基于区块链技术的碳排放审计平台以及所设计的审计流程在 Z 企业中进行运用，并对预期效果进行评价。

第六部分：结论与展望。对基于区块链技术的碳排放审计的优势与不足进行归纳，并提出保障措施。

论文的框架图如图 1.1 所示：

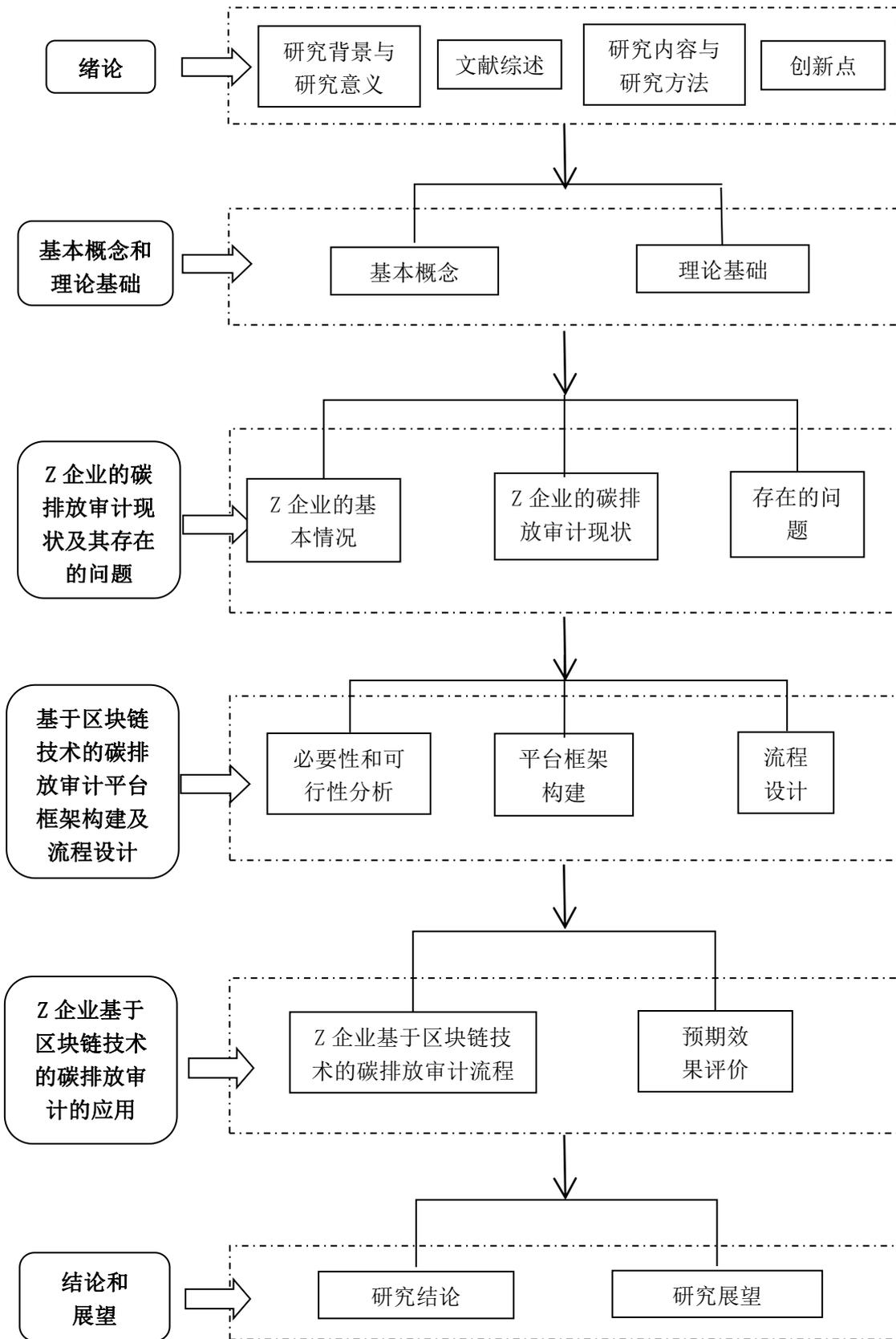


图 1.1 论文框架图

### 1.3.2 研究方法

#### (1) 文献研究法

文献研究法主要指通过对文献的搜集、分类、整理及研究，从而总结归纳出对事实的科学认识的方法。主要运用在论文的第一部分和第二部分，通过查阅区块链、碳排放审计、将区块链应用于碳排放审计等文献，并在详细阅读后对其进行归纳总结，为论文的研究提供理论支撑。同时在文献阅读中，激发自身的研究思路。

#### (2) 比较分析法

主要运用在论文的第六部分，通过将传统碳排放审计和区块链技术下的碳排放审计存在的差异进行对比分析，预期会得出区块链技术下的碳排放审计比传统碳排放审计在实际运用方面更具优势的结论。

#### (3) 案例分析法

主要运用在论文的第三部分和第五部分，以 Z 企业为例，在第三部分先阐述 Z 企业的基本情况和碳排放审计现状，然后在第五部分将已构建的基于区块链技术的碳排放审计平台框架及流程优化应用到 Z 企业中，并对其预期效果进行分析。

### 1.4 论文的创新点

论文的创新点主要包括以下两个方面：在研究内容方面，目前关于碳排放审计的研究大都以政府审计为审计主体，本文从会计师事务所角度出发，通过分析区块链技术应用于碳排放审计的必要性和可行性，进而构建相应的基于区块链技术的碳排放审计平台框架并对审计流程进行优化，丰富了区块链的应用场景，同时也革新了碳排放审计的技术与方法。在案例研究方面，目前对于区块链应用方向的研究大多以理论为主，结合具体案例进行模拟分析的研究较少。本文将所构建的碳排放审计平台框架应用到会计师事务所对 Z 企业的碳排放审计工作中，丰富了区块链技术应用于碳排放审计的案例研究。

## 2 基本概念与理论基础

### 2.1 基本概念

#### 2.1.1 区块链

##### (1) 区块链的基本概念

区块链这一概念最早起源于比特币。目前，各个学者对于区块链的概念还没达成统一。在基于对相关文献进行研究的基础上，本文主要从狭义和广义的角度来对区块链的概念进行阐述。

从狭义角度来看，区块链是指基于时间戳技术，将数据层所存储的各个数据区块按照发生的先后顺序串联起来所形成的链条。其实质是分布式账本。

从广义角度来看，区块链是指利用智能合约、密码学技术、共识机制、分布式节点共识算法等技术对产生的数据进行验证，并在验证通过后加盖时间戳并进行上链存储的过程，并且这些技术的使用能够在一定程度上保障数据的真实、安全、可靠。其实质是一种分布式的基础架构。

##### (2) 区块链的表现形式

区块链的表现形式主要有三种，即公有链、联盟链和私有链。三种链对应的应用场景也各不相同。

公有链出现的时间是三种区块链里最早的，同时它也是应用最广泛的区块链。公有链的开放程度是区块链的三种表现形式中最高的。在公有链中，对用户的加入没有限制。由于区块链具有去中心化的特点，因此在公有链中开展交易的时候，不需要经过第三方的引荐或者担保，从而能够在一定程度上简化交易流程。

联盟链则是由存在工作交集或者有利益往来的多个用户共同搭建而成，以企业为例，企业加入的联盟链中可能包括对其进行监督的政府部门、有资金往来的银行、有业务往来的供应商等。值得注意的是，联盟链中各个节点的加入或退出都需要经过授权。

私有链通常由一个组织和个人单独享有访问及操作权限，值得注意的是，私有链不具备区块链去中心化的特点。

##### (3) 区块链的基本结构

一般来说，区块链系统主要由以下六个层级构成。如图 2.1 所示：

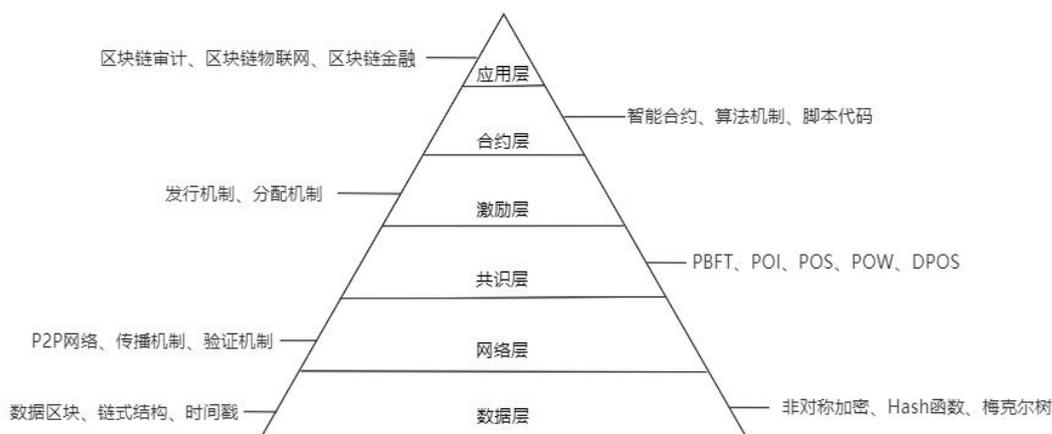


图2.1 区块链系统的基本结构

数据层是区块链的基础层级，主要由许多数据区块及非对称加密、梅克尔树 Hash 函数等基本算法构成，基于时间戳技术，将所有数据区块按照发生时间的顺序串联起来，区块链的基础结构也就形成了。

网络层主要包含运行区块链时所需要的各项机制，这些机制的共同运行在一定程度上能够更好地保障存储在区块链上的信息的真实性和安全性。

共识层主要包含的是各类基础算法，在各类基础算法的基础上，共识机制应运而生。它是区块链的核心技术，区块链上各项节点的工作、数据的计算等均离不开共识机制的支持，也可以说，区块链的稳定运行离不开共识机制。

激励层主要是指在区块链中编写激励机制，这些激励机制能更好地保障区块链上各节点积极履行自己的职责，从而促进该区块链的稳定运行。所编写的激励机制主要包括发行机制和分配机制等。激励机制仅存在于公有链中，除了对积极履行职责的节点进行奖励外，还会对没有按照规定履行职责的节点进行处罚。

合约层主要包含各类智能合约、算法机制和脚本代码，三者共同作用，共同保障了数据验证工作的顺利进行。利用智能合约在区块链中预先输入相应的规则，当区块链上的信息触发了这些规则时，相关操作才可自动执行，不受任何节点用户想法的影响。

应用层主要是由各种区块链在何种场景下如何运用的案例组成。基于区块链不可篡改和可追溯两大特性，对相关的数据进行验证。应用场景主要包括：区块链审计、区块链金融、区块链物联网等。

#### （4）区块链的主要特征

去中心化。这是区块链最基本的特征。区块链上的各个节点都是独立存在的，它们之间互不干扰，平等共处，共同维护系统数据的安全，因此缺少任意一个节点都不会影响到整条链的运行。与中心化结构相比，去中心化的区块链能更好地保障数据的安全性并且其维护成本相对较低。

开放性。区块链属性不同，其开放程度也有所不同。首先开放程度最高的是公有链，链上没有权限限制，在每个节点都可以进行信息查阅并进行验证。其次是联盟链，需要访问权限，其链上的所有数据仅对链上相应的节点公开。最后是私有链，链上的信息被加密，因此其开放性最低。

独立性。区块链链上的各个节点彼此独立，必要时可以利用共识机制将完成数据的传递与共享。

安全性。基于区块链的共识机制，经过验证的数据如果要上链并加盖时间戳储存，那么就需要经过该区块链至少 51% 的节点的同意。这在一定程度上能够避免数据被篡改，因为要篡改数据也要获得至少 51% 的节点的同意。因此，区块链上的数据安全性较高，并且与区块链上节点的数量成正比。

匿名性。区块链上的各个用户可以通过密码学技术将自己的真实信息用相应的字符来表示。因此，区块链上的用户信息均匿名存在，数据源不易被搜索、入侵。

## 2.1.2 碳排放审计

### （1）碳排放审计的概念

碳排放审计是指独立的第三方机构对被审计单位的碳排放管理活动及其结果进行评价和监督的过程。在全球变暖的大背景下，为了更好地保护我们赖以生存的家园，减少能耗并提高能源利用率迫在眉睫，因此低碳经济与碳排放审计应运而生。低碳经济着眼于其对经济环境背景的定义，碳排放审计则是在低碳经济背景下对排放温室气体的企业实施碳排放责任的监督和评估。

### （2）碳排放审计的特征

碳排放审计的特征主要可以从以下三个方面进行分析：

第一，我国目前的碳排放审计主体主要是以国家审计为主，社会审计和内部审计为辅。

第二，由于碳排放审计需要对企业所排放的温室气体进行计算，因此需要审计人员除了具备基本的审计知识，还需要具备环境科学、法律、统计学等各学科知识，以便于更好地开展审计工作。

第三，不同于财务审计的审计报告具有统一的格式，碳排放的审计报告并没有明确的标准，它不仅可以单独出具，也可以与财务审计报告一起出具。

### （3）碳排放审计的目标

碳排放审计目标是指通过对被审计单位的与碳排放有关的活动进行审计要达成怎样的目的。主要可以从以下三个方面进行分析：对于委托人而言，碳排放审计的目标是能够更好地对职业经理人管理经营企业的行为进行监督，从而在一定程度上避免职业经理人舞弊行为的发生。对于代理人而言，碳排放审计的目标是指判断企业的碳减排行为是否达标、各个流程是否合规、数据是否真实完整等问题，并对在审计过程中发现的问题进行及时整改，降低企业的经营风险，增加企业的经济效益，此外，还可以向委托人证明自己的能力。对于其他利益相关者而言，银行及相关供应商等主要通过碳排放审计判断被审计单位是否可以合作，政府部门及大众主要通过碳排放审计对被审计单位的碳排放活动进行监督。

### （4）碳排放审计的内容

从业务类型层面，碳排放审计可以分为以下四类：

**碳专项资金审计：**主要是指对被审计单位专门为实现碳减排所设立的资金进行审计，从而对该专项资金的设立是否合规、流程是否合理合规、所批复的资金有没有按时入账、该账号的资金是否存在挪作他用的情况、资金的使用是否合理、监督管理制度是否完善等问题进行分析定性，在一定程度上保障了碳专项资金的安全性与合法性，推进被审计单位低碳目标的实现。

**碳政策审计：**主要是指通过对被审计单位的与碳排放有关的数据进行审计，从而对企业在生产经营过程中开展的碳减排行为进行分析，进一步判断企业与碳减排有关的行为是否严格遵守了国家制定的相关法律法规及政策制度，是否贯彻落实了企业制定的相关管理制度。

**碳绩效审计：**主要是指通过对被审计单位的与碳排放有关的交易及财务数据进行审计，从而对被审计单位开展碳减排活动的经济性、效率性和效果性进行评价，分析所发现问题出现的原因，并提出相应的整改措施。

碳合规审计：主要是指通过对被审计单位与碳排放有关的数据进行审计，从而判断被审计单位的相关财务数据的记录以及开展业务的流程是否符合相关法律法规及政策制度的规定。

## 2.2 理论基础

### 2.2.1 低碳经济理论

低碳经济理论是指在国家经济飞速发展的过程中，人们逐渐意识到环境保护的重要性，从一味地追求经济发展转为在追求经济增长的同时兼顾绿色低碳发展，这进一步推动可清洁能源的研发和使用。大力推广低碳经济，一方面可以促使企业更好地履行碳减排的责任；另一方面，通过努力为创造更好的人类居住环境贡献一份力，展现出了负责任、有担当的大国形象；此外，还能逐步改变企业“先污染后治理”的思想，使越来越多的人意识到“绿水青山就是金山银山”，从而更好地改善环境。

### 2.2.2 受托责任理论

企业的所有权与经营权在经济的不断发展中逐渐分离，此时，受托责任理论应运而生。在企业的生产经营过程中，为了能够最大程度地为企业获取经济利益，能力不足的企业所有者往往会倾向于选择通过支付薪酬或者分配股份的方式雇佣专业的职业经理人对企业进行管理，此时就产生了受托责任。通过会计师事务所对企业的过去一段时间的经营情况进行审计，能够更好地维护所有者的权益以及监督职业经理人的经营行为。

### 2.2.3 通证经济理论

通证经济理论早在区块链出现之前便已经出现了，但区块链在通证经济的发展中起到了及其关键的作用。通证经济的实质是经济形态，主要是指在密码学基础以及区块链的智能激励合约的基础上，搭建存放相关权益的网络系统。在所搭建的网络系统里，用户可以以自己所拥有的资源的数量为基础来发行相关的权益证明，然后所有的权益证明都可以完成无障碍通证化，之后在区块链技术的时间戳、智能合约等技术的支持下，权益便可以流通起来，并且可以利用时间戳技术对相关权益进行追溯定位，利用智能合约技术对相关权益进行验证。这在一定程度上提升了权益的安全性。

## 3Z 企业的碳排放审计现状及存在的问题

### 3.1Z 企业基本情况

#### 3.1.1Z 企业简介

Z 企业是目前国内最大的能化工程施工企业之一，是由中国石油化工集团公司所属企业控股的大型综合一体化工程服务商和技术专利商。企业境内旗下 12 家子（分）企业。业务覆盖炼油、石油化工、煤化工和储运等多个领域。Z 企业于 2013 年 5 月正式面向全球首次公开发售 13.28 亿股 H 股，发行价为每股 10.5 港元。从 2020 年开始，Z 企业连续三年进入《财富》中国 500 强，其中，2021 年排名非国有企业第一位。

#### 3.1.2Z 企业碳排放状况

##### （1）温室气体排放

Z 企业 2020-2022 年温室气体排放数据如表 3.1 所示。2022 年 Z 企业温室气体排放量为 105229.85 吨二氧化碳当量，同比去年降低 5.9%。其中，在企业经营过程中直接产生的温室气体主要来自于柴油、汽油、天然气、液化石油气、乙炔、丙烷等自然资源和能源的消耗，在指标项“范围一温室气体排放总量”中报告；在企业经营过程中间接产生温室气体排放主要来自于外购电力和外购热力，在指标项“范围二温室气体排放总量”中进行报告。

表 3.1 2020-2022 年 Z 企业温室气体排放表

指标名称	单位	2022 年	2021 年	2020 年
温室气体排放总量	吨 CO <sub>2</sub> e	105229.85	111873.76	115798.39
范围一温室气体排放总量	吨 CO <sub>2</sub> e	48357.30	46848.89	52728.27
范围二温室气体排放总量	吨 CO <sub>2</sub> e	56872.55	65024.87	63070.12
单位营收温室气体排放量	吨 CO <sub>2</sub> e/亿元 人民币	198.44	193.69	221.19

资料来源：Z 企业 2022 环境、社会及管治报告

##### （2）能源综合利用情况

Z 企业 2020-2022 年的直接能源消耗如表 3.2、表 3.3 所示，其中，净外购热

力消耗量在 2022 年度根据中国《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》中供热值完善、调整了外购热力计算方式，因此数据变动较大。

表 3.2 2020-2022 年 Z 企业直接能源消耗表

指标名称	单位	2022 年	2021 年	2020 年
柴油	吨	9967.21	9425.57	10566.18
汽油	吨	3062.78	3337.56	3032.37
天然气	立方米	584582.15	455314.89	325463.98
液化石油气	吨	336.65	337.42	1711.38
乙炔	吨	1650.32	2473.22	1423.87
甲烷	吨	137.66	304.00	132.35

资料来源：Z 企业 2022 环境、社会及管治报告

表 3.3 2020-2022 年 Z 企业间接能源消耗表

指标名称	单位	2022 年	2021 年	2020 年
净外购电力消耗量	兆瓦时	93476.26	95247.97	92107.93
净外购热力消耗量	百万千焦	22756.31	63833.22	63830.09
综合能源消耗折标煤总量	吨标煤	46475.05	51006.33	47360.45
单位营收综合能耗量密度	吨标煤/亿元人民币	87.64	88.31	90.46

资料来源：Z 企业 2022 环境、社会及管治报告

由此可见，与 2021 年相比，Z 企业在直接能源消耗方面，柴油、天然气的消耗量均有所上升，其中天然气的上升幅度较大，汽油、液化石油气、乙炔、甲烷的消耗量均呈现不同程度的下降。在间接能源消耗方面，综合能源消耗折标煤总量为 46475.05 吨标煤，同比去年降低 8.9%。

### （3）废弃物的管理情况

Z 企业对在生产经营过程中产生的各种废弃物的处理十分地重视，先对废弃物进行分类，分类的目的是为了判断其可以直接排放还是需要经过处理才能进行排放，接着对于能够直接排放地将其直接排放出去，对于不能够直接排放的聘请专业的第三方处理机构进行处理。其中，对于在生产经营过程中产生的固体废弃物，Z 企业坚持“减量化、资源化、无害化”的处理原则，不断优化生产设备，从而在一定程度上减少固体废弃物的产生。同时，对固体废弃物的可回收资源化

进行评估，在确保安全的前提下，尽可能地提高这些固废的综合利用率。2022 年，Z 企业有害废弃物产生量为 784.92 吨，其中：665.97 吨用于回收利用，118.95 吨交由第三方处置，有害废弃物处理率达到了 100%，并且首次完成了大气污染物排放统计工作，为更好地实现可持续发展添砖加瓦。

#### （4）节能减排管理

Z 企业主要从管理和技术两方面入手。在管理节能方面，首先，Z 企业根据自身的实际情况搭建了完整的能源管理体系，对各项能源的采购、消耗、出售等进行了详细规定，这在一定程度上能够督促 Z 企业节约资源，从而产生较少的碳排放，降低违法事件发生的可能性，促进企业的健康发展。从技术节能方面，Z 企业持续加大科技攻关力度，发挥专业化优势，积极承担国家重大科技项目和重点科技攻关任务，推动行业发展。例如：大流量低温等离子体处理 VOCs 成套技术实现工业化应用；低成本乙烷裂解气制乙苯/苯乙烯项目投产等。

Z 企业通过积极利用地热、太阳能、余热和蒸汽等能源、推行天然气替代煤炭、持续开展碳捕集和甲烷回收、重视温室气体排放管理等方式来履行自身的碳减排职责。2022 年，Z 企业通过实施余热利用及分布式太阳能光伏发电的方式，实现全容量并网发电 3.66mw。

#### （5）工业环境治理情况

Z 企业严格遵守《环境保护法》、《水污染防治法》、《环境噪声污染防治法》等国家法律和地方法规及项目所在地的相关国家法律法规。并且制定了《炼化工程集团环境保护管理规定》、《炼化工程集团环境信息及环保统计管理规定》、《炼化工程集团工程项目固体废物环保管理指南（试行）》等制度文件以规范大气污染物、废弃物、废水、温室气体等多种污染物的排放管理，致力于减少运营过程中的污染物排放，全面管理自身的环境足迹。此外，还创新了一系列环境保护技术，2022 年化工新材料污水处理技术、PTA 废水厌氧膨胀颗粒污泥床技术、WAO 处理后废碱液冷冻结晶技术分别在镇海二期、仪征化纤 300 万吨/年 PTA、南港乙烯等项目上得到应用。

### 3.2Z 企业碳排放审计现状

本文主要从 Z 企业开展碳排放的审计准备、审计实施、审计报告三个阶段来分析 Z 企业的碳排放审计现状，如图 3.1 所示。

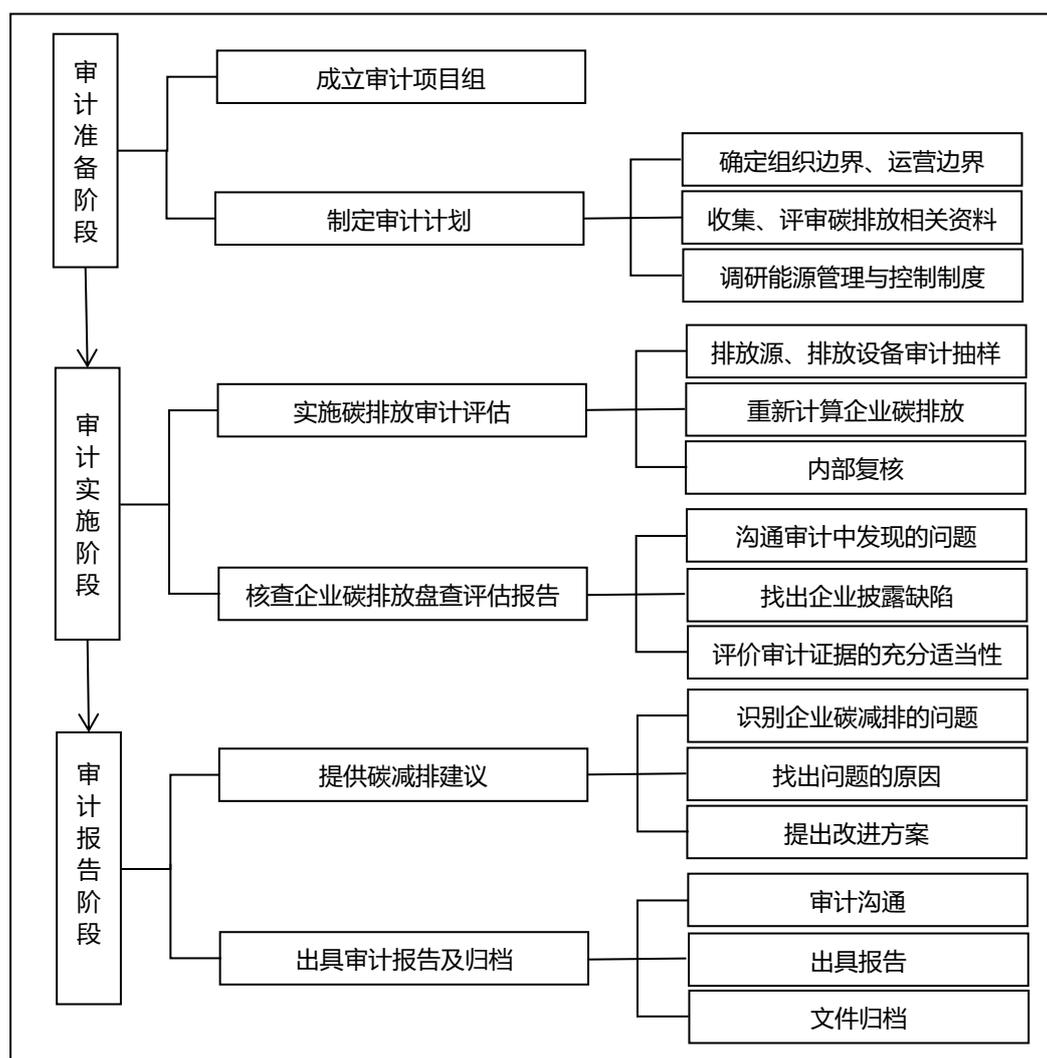


图 3.1 Z 企业碳排放审计现状

在审计准备阶段，首先会计师事务所在承接业务后立即组织审计人员成立审计项目组并制定初步的审计计划。然后在确保独立性、可靠性、充分性和完整性的基础上采用实地考察、与管理层对话等方法对 Z 企业的基本情况进行初步了解，从而确认 Z 公司的组织和运营边界，了解 Z 企业的能源管理与控制制度。最后审计人员需要按照制定的审计计划收集 Z 公司生产经营中与碳排放活动有关的数据，并对其进行评估，从而便于后续碳排放审计工作的展开。

在审计实施阶段，首先，审计人员需要对 Z 企业与碳排放活动有关的内部控制制度的有效性进行评价，可采用穿行测试、程序执行等方法。并在评价结果的基础上确立重要性水平，从而更好地明确后续开展碳排放审计工作的工作重点及风险事项。接着，需要在此基础上对 Z 企业的碳排放数据进行抽样，针对所

抽取出来的数据进行分析，并通过审核原始凭证、实地观察设备的运行情况、函证、与相关人员谈话等方式来对所抽查的数据的真实性、可靠性和完整性进行评估，从而进一步明确 Z 企业是否严格履行了与碳减排有关的法律法规及规章制度，是否存在超排、漏排、舞弊等违法行为，是否存在公布的经营范围与实际的生产经营活动不一致的情况。此外，审计人员还需要基于《IPCC 2019 温室气体清单指南》等相关准则，确定适合 Z 企业碳排放活动的计算方式，选取合适的排放因子，对 Z 企业与碳排放活动有关的数据进行重新统计和计算。此外，还需对企业的碳排放盘查评估报告进行核查，分析 Z 企业是否存在披露缺陷，评价审计证据的充分适当性，并将在碳排放审计过程中发现的问题与 Z 企业的管理层进行沟通。

在审计报告阶段，审计人员在获取了充分的审计证据的基础上，将在审计实施阶段所发现的 Z 企业与碳排活动有关的问题进行汇总，并形成书面材料。这些问题主要包括：计算错误的的数据、不符合法律法规及规章制度规定的的数据核算方法、内部相关制度制定或者实行过程中存在的问题等。然后，审计人员需要就所发现的问题与 Z 企业的管理层进行沟通，使其知悉具体的问题及原因所在，并为 Z 企业提供减排改进方案，督促 Z 企业对其进行整改。最后，审计人员在对审计证据及工作记录进行整理归纳后，结合 Z 企业管理层对所发现问题的整改态度，发表审计意见，出具碳排放审计报告，并保存工作底稿并归档以便于开展后续审计。

### 3. 3Z 企业碳排放审计存在的问题

#### 3.3.1 评价标准不完善

由于碳排放审计与财务审计相比较为特殊，因此在审计工作开展的过程中更为复杂，但是碳排放审计目前缺乏统一的审计标准进行规范，而适用于财务审计的审计标准不能完全满足碳排放审计的需求。虽然在对 Z 企业进行碳排放审计的审计实施的过程中严格遵循了相关的法律法规及政策的要求，在一定程度上为会计师事务所审计 Z 企业的碳排放活动的开展提供了指导方向。但在实际碳排放审计过程中，部分评价标准的内涵较为宽泛，而由于庞大的碳排放数据的存在，在实际操作中往往情况更为复杂多变，这就导致审计人员在实际审计过程中无法明确应该选择哪一项评价标准，导致操作困难，从而降低了审计人员的工作效率。

此外, 污染气体的评估标准也存在不完善、太空泛的问题, 这样造成的结果分为两方面, 一方面对于 Z 企业的内部员工而言, 他们对污染气体排放的控制标准没有统一, 这会使得 Z 企业不能更好地履行碳减排职责, 严重可能会导致“超排”、“漏排”等违法行为的发生。另一方面对于开展碳排放审计的审计人员而言, 无法确定评价 Z 企业减排效果的定性指标, 这会在一定程度上拖慢审计工作的进度。总而言之, 碳排放审计评价标准的缺乏会在一定程度上降低审计工作的效率, 增加审计风险。

### 3.3.2 审计数据难计算

在对 Z 企业的碳排放审计过程中, 发现存在碳排放审计数据难以计算, 准确性不高的问题, 这些问题的发生主要由于以下两方面: 一方面, Z 企业所使用的能源种类繁多, 比如: 煤、石油、天然气、汽油、甲烷等, 这就增加了碳排放审计数据收集的难度; 另一方面, 碳排放审计的质量与碳排放审计数据的准确性息息相关, 如果所收集的碳排放数据不够准确, 那么将有可能导致审计失败。Z 企业收集碳排放审计数据的过程中存在的问题主要有:

#### (1) 数据收集有限

虽然在 Z 企业有关碳减排的信息披露报告中, 关于 CO<sub>2</sub> 的排放量、各种污染物的排放水平以及生产过程中的能源消耗等数据披露的较为全面, 但与碳减排活动的管理风险以及在碳市场的历史交易信息的披露较为缺乏, 不够全面。此外, 尽管 Z 企业在碳减排工作中取得了一些成就, 能够更好地保障碳减排工作的开展, 但是例如低污染的排放要求与政策等定量信息的披露不如定性信息全面。这些都会导致在审计过程中无法获取充分的审计数据, 从而增加审计风险。

#### (2) 数据来源复杂

对企业的碳排放活动进行审计, 实质上就是对企业内涉及“碳足迹”的各个部门进行审计。Z 企业是知名的化工企业, 在其生产经营过程中的各个环节大都涉及到了碳减排工作, 都会产生相应的碳减排数据, 而这些数据来源几乎涵盖 Z 企业的各个部门, 碳排放数据的来源复杂, 这在一定程度上会导致数据的收集困难, 从而拖慢审计进度。如果出现所收集的相关联的数据对应不上的情况, 还需采取询问、观察等审计程序来验证所收集数据的准确性。这些都会使得审计人员投入大量的精力, 降低审计的工作效率。

### （3）数据转换困难

在完成对于碳排放数据的收集工作后，由于所收集的各种数据的衡量标准不同而导致其表现形式也各不相同。因此，为了方便审计，需要将这些数据运用统一的标准进行转换。但目前与数据转换标准的相关政策仍不够完善，且数据转换的过程对专业素质提出了更高的要求，转换过程也较为复杂，这在很大程度上增加了碳排放审计工作的难度。

### 3.3.3 审计程序较单一

碳排放审计流程主要分为审计准备、审计实施与审计报告三个阶段，其中最重要的一个阶段就是审计实施阶段，而在审计实施过程中最重要的就是审计程序的选用。在对 Z 企业进行碳排放审计之前，为了确保碳排放审计工作的有效运行，审计项目组在制定详细的审计计划的基础上还要考虑所选用的审计程序是否适用。所采用的审计程序主要包括：检查、观察、重新计算等与财务审计相类似的审计程序，审计程序较为单一，这会在一定程度上导致碳排放审计报告的质量无法得到保障。

### 3.3.4 信息披露不齐全

目前，Z 企业在与碳排放信息有关的信息披露方面主要存在以下三个方面的问题：

首先，由于与碳排放有关的信息披露无法在短期内给企业带来经济利益，这就使得 Z 企业的管理层对碳排放信息披露的关注度不够，导致 Z 企业关于碳排放的信息披露不够全面，从而影响碳排放审计数据的收集。

其次，我国与碳信息披露有关的法律法规及政策制度还不够完善，缺乏统一的标准，这没有明确指定企业应该披露哪些信息，在一定程度上导致出现大多数企业与碳排放有关的信息披露不全面且较为混乱，彼此之间不具备可比性。所以 Z 企业的碳排放信息披露存在披露形式不规范，披露力度不够等问题。

最后，由于 Z 企业与碳减排相关的数据较为复杂且庞大，负责信息披露的员工往往不能透彻理解碳排放信息的内涵，这就导致所披露的碳排放信息不够全面，或者与实际情况存在偏差等问题的出现。

### 3.3.5 整改力度不强劲

在碳排放审计工作结束后, 审计人员还需对被审计单位在审计过程中发现的碳减排问题的后续修正进行监督, 从而提高审计质量, 增加审计的有效性。

在对 Z 企业进行碳排放审计时, 审计项目组成员将注意力过多的放在了制定审计工作计划、涉及审计工作方案, 选用适当的审计程序、出具审计报告等方面, 而忽视了对 Z 企业的后续审计, 缺乏对 Z 企业整改情况进行监督的意识。这就导致, 第二年对 Z 企业进行碳排放审计时又再次发现与上一年度同样的碳排放管理问题, 进而降低了审计的工作效率。

## 4 基于区块链技术的碳排放审计平台框架构建及流程设计

### 4.1 区块链技术应用于碳排放审计的必要性和可行性

#### 4.1.1 区块链应用于碳排放审计的必要性

##### (1) 碳排放审计数据采集成本高

碳排放审计与传统的财务审计相比,被审计数据的覆盖面更广。主要包括与被审计单位在生产经营活动中所需要的能源的采购及消耗、产品的整个生产、销售运输等相关的内部数据,以及在碳交易市场的交易数据、企业的碳排放权配额等外部数据。由于,碳排放数据总量繁多、不易获取、专业性强、彼此之间关联程度低等,因此审计人员在对碳排放数据进行采集的过程中需要投入大量的人力资源且所耗费的时间较长。除此之外,被审计单位几乎每个部门都参与了碳排放活动,且涉及商业机密的数据被审计单位往往不愿公布,这使得审计人员无法获取充分适当的审计证据,加大了审计工作的难度,降低了审计效率。

##### (2) 碳排放审计数据质量难以保证

出于保护商业机密、尽可能避免恶性竞争的考虑,大多数企业所公开披露的与碳排放相关的信息较少,这就导致碳排放审计所需要的数据的透明度较低,质量难以保证且审计人员通常难以获取,在一定程度上无法为碳排放审计工作的顺利开展提供保障,从而增加企业的经营风险和审计人员的审计风险。对于企业而言,增加了碳排放数据被伪造、篡改的可能性,导致更容易发生舞弊、偷排和超排等违法行为,从而无法保障碳排放数据的真实性和完整性,更严重地可能会给企业带来巨大的经济损失。对于审计人员而言,审计人员在审计过程中获取充足、高质的数据难度较大,这在一定程度上会增加碳排放审计工作的难度,进而可能会导致审计失败。这样造成的后果主要有:被审计单位的管理层无法完全根据碳排放审计的审计结果来调整碳减排行为,从而无法规避因为超排、漏排所带来的处罚;政府部门无法准确掌握企业碳排放的真实情况,从而在一定程度上无法保障对碳排放的违法行为进行监督的有效性。

随着大数据等高新技术的飞速发展,越来越多的企业加入了推动数字化进程落地的行列,但互联网技术的发展还不够成熟,如果企业存储数据的系统及数据备份均被黑客攻击,那么就无法保证碳排放审计数据的完整性。此外,存储数据

的系统的加密破译较为简单，这就导致碳排放审计数据容易被篡改，从而无法保证碳排放数据的真实性。这些都会在一定程度上降低审计质量，增加审计风险。

### （3）碳排放审计分析流程工作量大、效率低

碳排放审计除了要求审计人员具备审计相关的专业知识外，还要求审计人员掌握与计算机、碳排放等相关的知识和技术，这无疑需要审计人员具备更高的专业素质及更广泛的知识储备量，然而现阶段大多数审计人员并不具备开展碳排放审计所需储备的知识和专业素质。此外，被审计的各个部门均有“碳足迹”的痕迹，碳排放审计数据因此遍布企业的各个部门，繁杂的碳排放审计数据采集工作在一定程度上需要审计人员投入大量的时间、精力，拖慢审计工作的进程，导致审计成本的增加。此外，碳排放审计工作涉及大量的计算，一方面需要审计人员投入大量的时间和精力，另一方面由于计算的难度较高且需要计算的数量庞大，因此计算结果的准确性很难得到保障。如果计算结果出现差错，就会导致后续的审计工作无法推进，从而在一定程度上增加审计风险。

### （4）碳排放审计分析工作滞后

传统的碳排放审计工作是指对被审计单位在过去一段时间内的与碳排放活动有关的数据、制度等进行鉴证的过程，从而发现企业在过去的碳减排活动中存在的问题或者潜在的风险，并针对性的进行整改。但是，传统的碳排放审计在实质上仍属于事后审计，审计人员在对被审计单位的碳排放活动进行审计时，被审计单位由于不规范的碳减排行为已经对环境造成了破坏，因此，审计人员对已经发生的事件进行审计，即使找到了相关的问题及原因，获取了充分的审计证据，出具了高质量的审计报告，也不能达到及时保护生态环境的目的，并且在一定程度上会减弱对企业的约束力度，增加企业多排、偷排、漏排等违法行为发生的可能性，从而阻碍了双碳目标的实现。

## 4.1.2 区块链应用于碳排放审计的可行性

### （1）法律法规为区块链技术的发展保驾护航

随着我国政府部门及各研发机构对区块链技术的不断探索突破，相应的法律法规及政策制度也在不断地更新完善，从而更好地为区块链技术的发展创新保驾护航。2016年，工信部发布了《中国区块链技术和应用白皮书》以及《软件和信息技术服务业发展规划（2016-2020）》两项规范性文件，这标志着为区

区块链技术保驾护航的规章制度的开始。目前，区块链技术不仅被写入了“十四五”的发展规划中，各政府部门及机构更是在对区块链技术进行不断地探索，并且继续不断推出相关的法律法规及政策来保障区块链技术在各个领域中的应用，为区块链技术在各个行业发展赋能，鼓励各个企业及组织对区块链技术进行不断探索，从而实现突破与创新。因此，总体而言，区块链技术相关的政策环境正持续利好发展。如表 4.1 所示：

表 4.1 2016-2023 年与区块链相关的部分政策

发布时间	发布主体	名称
2016 年	工信部	《中国区块链技术和应用白皮书》
	国务院	《软件和信息技术服务业发展规划（2016-2020）》
2017 年	国务院	《“十三五”国家信息化规划》
	商务部	《关于积极推进供应链创新与应用的指导意见》
2019 年	中央网信办	《关于开展供应链体系建设的通知》
2021 年	国务院	《“十四五”推进国家政务信息化规划》
	工信部	《区块链和分布式记账技术标准体系建设指南》（征求意见稿）
2023 年	工信部、发改委等十六部门	《关于促进数据安全产业发展的指导意见》

在政策环境持续利好发展的背景下，区块链技术在各个领域的应用试验及落地进程得到了很大的提升。2018 年，我国首个国家级区块链项目立项成功。2022 年 11 月 14 日，北京微芯区块链与边缘计算研究院长安链团队成功研发海量存储引擎 Huge，中文名“泓”，可支持 PB 级数据存储，是目前全球支持量级最大的区块链开源存储引擎……总的来说，区块链技术正在飞速发展，并且进一步推动了区块链技术在各行各业的应用。

## （2）能源行业区块链技术的广泛应用

区块链技术与能源行业具有高度适配性。区块链技术的应用有助于构建起能源企业数字化运营管理的新模式，实现能源供应链的数字化和精确化管理。2022 年，我国在碳排放、能源交易等方面展开探索。在碳排放交易方面，区块链能够增强碳交易和碳排放信息的公开性和透明性，提高交易效率，促进统一碳价的市

场化机制,仅在 2022 年,我国在碳排放交易方面就有 10 个区块链项目落地应用,占能源领域应用的 43%。在能源交易方面,基于区块链构建可信的能源交易系统,提高全过程交易的效率和透明度,2022 年,我国在能源交易领域共有 8 个区块链落地应用,占能源领域应有的 35%。

### (3) 区块链技术在碳排放审计中的优势

#### ① 简化碳排放审计流程

首先,区块链技术的应用能够帮助会计师事务所开展碳排放审计时,能够在相关部门的信息系统中创建自动采集所需要的数据的节点,并为该节点的用户赋予可以编写相应权限的权利,从而在一定程度上提高了数据采集工作的效率;其次,通过利用区块链的智能合约编写规则,从而可以对所收集的数据进行筛查与验证,并将有问题的数据直接筛选出来,这在一定程度上降低了人力成本的投入,简化了审计工作流程;最后,区块链可以帮助审计人员实时记录审计工作流程及所获取审计证据的验证结果,这在一定程度上简化了审计工作的流程,提高了审计工作的质量,为审计人员出具审计报告提供便利。综上所述,与传统的碳排放审计相比,基于区块链技术的碳排放审计的能够在一定程度上简化审计流程,减少审计人员的工作量,降低审计成本,提高审计效率。

#### ② 提升碳排放审计数据质量

区块链通过使用非对称加密技术的方法来加密数据,这在一定程度上能有效防止碳排放审计数据在输送及共享等过程中泄露。被审计单位与碳排放相关的数据经由区块链上至少 51%的节点验证通过后才能储存在区块链的节点中,同样,如果要想人为对碳排放数据进行篡改,也需要经过至少 51%的节点的同意。因此,这在一定程度上规避了审计数据的造假风险,进而能够提高碳排放审计数据的真实性。随着企业日常经营的进行,区块链中储存的碳排放数据也在日益增多,网络黑客如果要想对碳排放数据进行篡改,也需要经由至少 51%的节点的同意,这在一定程度上增加了数据篡改的难度,从而提高了数据的安全性和可靠性。因此,相比于传统的碳排放审计,基于区块链技术的碳排放审计的数据质量更高。

#### ③ 提高碳排放审计数据透明度

区块链的实质是分布式账本,在这个分布式账本中各个节点彼此合作,彼此监督,共同保障其的正常运行。区块链上各个节点的组织或者个人对所掌握节点

的数据享有较高的知情权,这给开展碳排放审计的数据收集工作提供了很大的便利,在一定程度上提高了审计工作效率,降低了审计成本,从而能够进一步提高碳排放的审计工作质量,并且所提供的审计结果能更好地为企业调整碳减排行为提供参考。对于需要对被审计单位的碳排放活动进行监督的各个利益相关者而言,可以通过被审计单位所搭建的联盟链,查看、获取所需要的被审计单位碳排放的相关数据,在不泄露商业机密的基础上较大程度地提高碳排放审计数据的透明度,实现对碳排放数据的充分挖掘与利用。对于审计人员而言,在开展基于区块链的碳排放审计工作中,审计人员可以通过会计师事务所所搭建的私有链上进行相关数据的获取与传递,这在确保数据安全的基础上,提高了数据的透明度,从而进一步可以提高审计的工作效率和审计质量。

## 4.2 基于区块链技术的碳排放审计平台框架构建

本文在传统碳排放审计工作的基础上,搭建基于区块链技术的碳排放审计平台框架,主要从理论及应用两个层面来进行阐述。

### 4.2.1 基于区块链技术的碳排放审计平台理论框架

如图 4.1 所示,本文搭建的基于区块链技术的碳排放审计平台理论框架以下五个层面展开。

数据层主要是为了储存与企业碳排放活动有关的数据,包括直接碳排放数据、间接碳排放数据以及其他相关数据。在区块链的时间戳、智能合约等技术的操作下,这些与碳排放活动有关的数据被按照时间顺序串联起来,区块链的基本结构也就形成了,实现按照时间对所需查找的数据进行快速定位。然后通过运用 Hash 算法、分布式数据存储方式以及非对称加密等技术让这些与碳排放活动有关的数据传输到整条区块链中,此时区块链上所有的网络节点都被赋予了管理、保护这些数据的责任,而不是仅有部分人对碳排放数据进行管理,更好地做到了去中心化,从而在一定程度上为碳排放数据的真实性和安全性提供了保障,有助于促进碳排放审计工作的顺利开展,提高利益相关者对企业的碳减排活动进行监督的有效性。

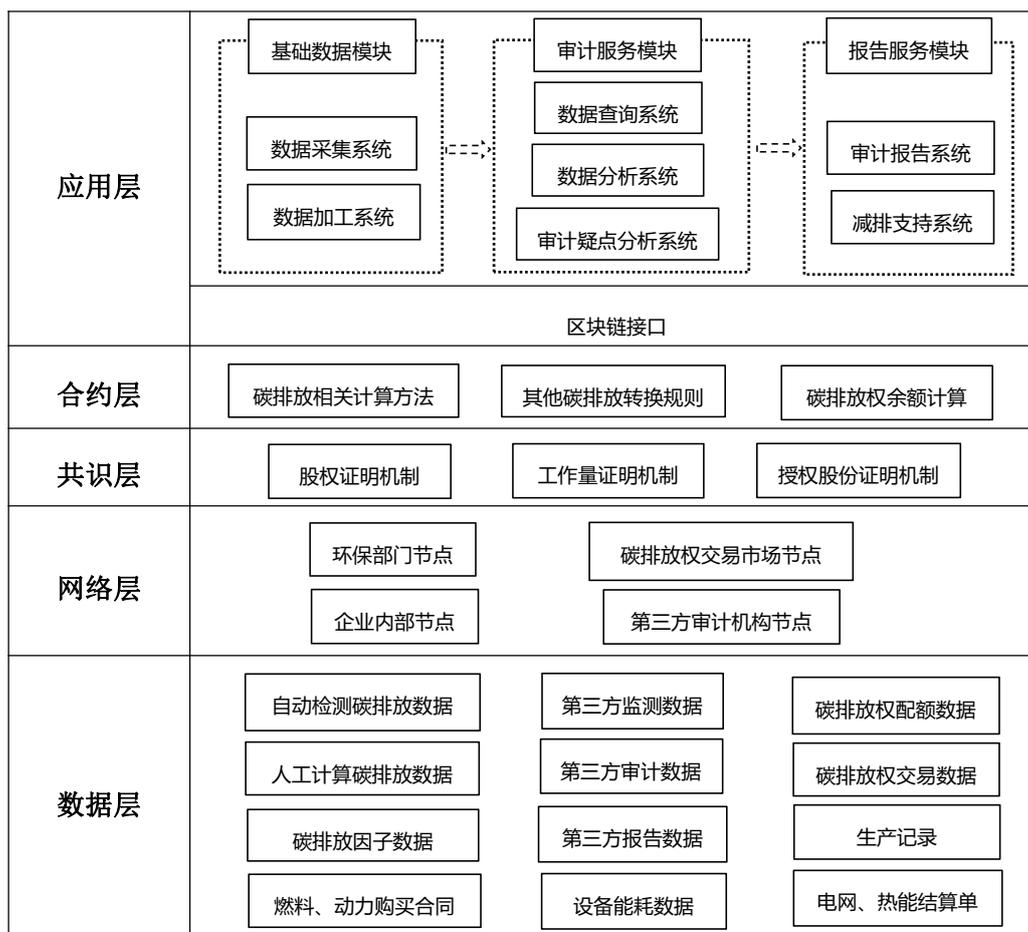


图 4.1 基于区块链技术的碳排放审计平台理论框架

网络层主要是通过搭建网络平台的方式将被审计单位与各个利益相关者联接起来，各个利益相关者与企业均都有区块链上的节点权限，更加方便各个利益相关者在权限允许的范围内对企业与碳排放活动有关的信息进行查阅和获取，也在能够确保数据安全的前提下一定程度上提高了碳排放数据的透明度、共享性。这些利益相关者包括外部利益相关者和内部利益相关者。其中，内部利益相关者主要包括企业会产生碳排放数据的各个部门。通过所赋予的这些节点，能够将企业在生产经营过程中所产生的与碳排放活动有关的数据自动录入到区块链中，有助于简化碳排放审计收集数据工作的流程，在一定程度上提高了企业碳排放数据的透明度。外部利益相关者主要包括与被审计单位基于碳排放活动有业务往来的其他企业或机构，例如：银行、供应商、客户等，此外还包括对被审计单位的碳排放活动进行监督的政府部门、碳排放交易市场以及开展审计工作的会计师事务所等，这能够在一定程度上提高企业碳排放数据的真实性和透明度，减少人为篡

改数据的可能性，给企业与其利益相关者之间的信息传递提供便利，方便政府部门等其他利益相关者对企业的碳排放活动进行监督，进而可以更好地规范企业的行为，降低企业违法行为的发生。

共识层主要由各个类型的共识机制组成，比如：工作量证明机制、授权股份证明机制等。在共识层的各类共识机制的共同作用下，区块链网络中的各个节点均能快速地对新录入的数据进行验证，从而能够更好地保障区块链各节点数据的真实性，提高数据的可靠性。并且，如果数据如果要想正式储存在区块链中，那么必须经过至少 51% 节点的验证通过，在就在一定程度上降低了人为篡改数据的可能性，从而在一定程度上提高了数据的安全性。

合约层主要包括各种智能合约、脚本代码以及各种算法机制等。这些技术是将区块链技术运用到碳排放审计工作中的基础，能够为碳排放审计工作的顺利开展提供保障，基于区块链技术的碳排放的相关的计算规则、碳排放因子如何选择、碳排放数据的转换依据等编写成代码形式，使得企业能够在数据进入后，自动进行计算和转换，这在一定程度上简化了审计工作的流程，提高了审计的工作效率。此外，在基于区块链技术的碳排放审计的合约层中设置与企业碳排放活动相关的排放预警规则，有助于企业能够及时对发现的碳排放活动中所存在的问题进行整改，从而避免给企业带来更大的损失。

应用层主要包涵了碳排放审计工作中的各种应用场景，主要分为以下三个模块：基础数据模块、审计服务模块和报告查询模块。其中，基础数据模块主要包括数据采集系统和数据加工系统；审计服务模块主要包括数据查询系统、数据分析系统和审计疑点分析系统；报告查询模块主要包括审计报告系统和减排支持系统。将与“碳足迹”有关的企业所有生产经营活动进行上链，能够提高与碳排放活动相关数据的真实性、完整性和可靠性，并在一定程度上提高了数据的透明度，便于监管部门对企业进行监督，也大大地提高了审计人员的工作效率，降低了审计风险。

#### 4.2.2 基于区块链技术的碳排放审计平台应用框架

如图 4.2 所示，基于区块链技术的碳排放审计平台的应用框架主要包括以下四个部分：

数据采集系统模块的主要功能是帮助会计师事务所完成对被审计单位与碳

排放活动有关的数据的采集、分类工作，并对区块链上各节点对数据的验证进行管理和监督。

数据分析系统主要由疑点事项分析、审计智能预警、内部控制测试以及证据采集管理四个分系统构成。在该系统中，首先需要对在数据采集系统中采集的与被审计单位碳排放活动有关数据进行归纳与整理，其次需要运用内部控制测试系统评估企业内部控制制度的有效性，接着跟着所评估的结果确定重要性水平，以便于更好地指导后续审计工作的展开，然后将高于重要性水平的数据导入到疑点事项分析系统并对其进行分析，最后将经过分析的数据导入智能预警系统中进行检验。如果发现存在数据异常的情况，可以先利用区块链技术的可追溯性定位到异常数据被录入的节点，并对其是否与实际情况相符进行分析，如果相符则进入下一步验证。接着需要将这些数据导入到审计智能预警系统进行验证，如果数据与提前设定好的智能合约相符，则验证通过。反之如果与智能合约相冲突，就会被筛选出来，这些被筛选出来的数据需要通过进一步的核查来判断其是否存在异常以及存在异常的原因，必要时需要开展线下审计进行补充验证，比如：审计人员进行实地观察、检查相关文件等。

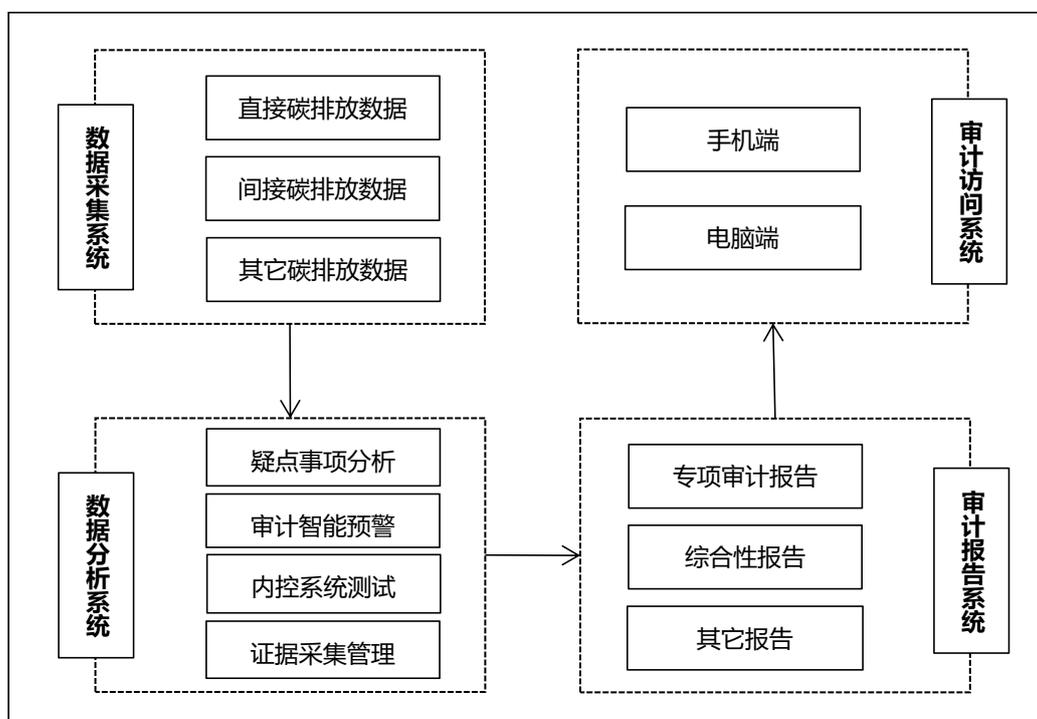


图 4.2 基于区块链技术的碳排放审计应用框架

审计报告系统主要用于出具并储存专项审计报告、综合性报告以及其它报告,在该系统中会对在碳排放审计期间所获取的所有经过区块链上至少 51% 的节点验证的数据及分析结果进行备份和储存,并对经过审核的审计结果分类处理,最终出具审计报告并发布。

审计访问层级将企业与各利益相关者连接起来,各利益相关者经过授权后可以在电脑端或手机端进行访问,查看审计报告,在一定程度上给各利益相关者监督企业的碳排放活动提供了便利。

### 4.3 基于区块链技术的碳排放审计流程设计

碳排放数据的真实性和可靠性在一定程度上影响着碳排放审计的质量以及审计结果。基于区块链技术的碳排放审计工作紧紧围绕被审计单位存储在区块链中的数据展开,在一定程度上颠覆了传统的碳排放审计流程。本文主要从以下三个阶段来设计基于区块链技术的碳排放审计流程。

#### 4.3.1 审计准备阶段

在审计准备阶段,需要先调查被审计单位的基本情况,这有助于制定初步的审计计划,为后续碳排放审计工作的开展提供便利。其次需要对被审计单位与碳排放活动相关的数据进行收集并归纳整理,为后续基于区块链技术的碳排放审计工作的开展提供便利。最后在完成对被审计单位的了解以及收集数据的基础上,制定初步的碳排放审计工作。

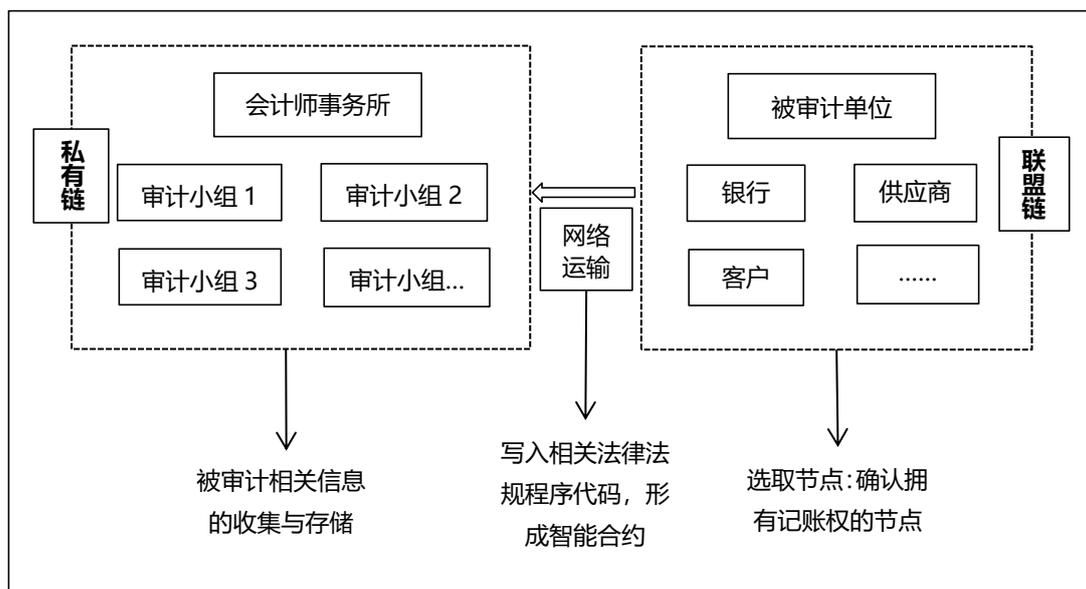


图 4.3 审计准备阶段

基于区块链技术的碳排放审计的区块链分布式网络如图 4.3 所示。首先需要建立主体为被审计单位的联盟链，并赋予各个利益相关者相应的验证节点，这些利益相关者主要包括会计师事务所、碳排放交易所、政府部门、银行等，此时联盟链的基本架构就搭建完毕了。联盟链上的所有节点都需要遵循统一的标准，享有平等的权利和责任，但是各个节点只能独立完成自身节点的相关验证工作，不能对链上的相关数据进行破坏、篡改和泄露。这在一定程度上给各个节点之间进行相互监督提供了便利，从而确保所搭建的联盟链能够稳定运行，保障了数据的安全性和可靠性。

然后是会计师事务所内部所搭建的由事务所的各个审计小组构成的私有链。会计师事务所统一对各个节点进行统筹管理，各个审计小组可以通过该私有链来传递信息，实现信息共享，这在一定程度上提高了各个审计小组的工作效率，降低了审计成本，优化了审计工作流程。

被审计单位与各利益相关者搭建的联盟链和会计师事务所享有的私有链仅仅在开展碳排放审计工作时才会对接起来，平时均独立工作，这在一定程度上推动了碳排放实现审计全覆盖的进程。由此，开展碳排放审计工作所需的区块链审计网络基本完成搭建。

### 4.3.2 审计实施阶段

在审计实施阶段的运作流程如图 4.4 所示。首先需要建立一个能够用来存储大量与碳排放有关的数据信息的交易池，在碳排放审计工作开展之前需要对交易池设定一个存储数据值，当交易池中的数据超过该数据值，交易池就会自动将数据传送到下一环节进行验证。

其次，在验证环节中需要利用区块链的共识机制加入一个拥有记账权的节点对验证通过的相关数据信息进行录入，在对与碳排放活动有关的数据进行验证的过程中，需要区块链网络中的各个节点参与，且每个节点均具有一票否决权，当所有相关节点都验证通过后，视为验证成功，可以入账，反之则验证失败需要进行重新核查。

然后，拥有记账权的节点将验证成功并录入账本的数据进行公示，此时整个区块链网络中的节点均会接收到并将该验证结果在自己的节点进行更新出来。此时，这些数据就会触发区块链中的智能合约，从而进行第二次验证，此次验证的

目的主要是验证这些数据的合法性和合规性。如果通过验证，则会上链形成新的区块并加盖时间戳进行存储，反之将会退回进行重合核查。此时，成功上链并加盖时间戳的数据将不可被随意篡改。在对链上的数据进行核查时，可以利用时间戳进行快速定位查找。会计师事务所可以通过联盟链和私有链的网络接口提取成功上链的数据，进而能好的开展碳排放审计工作，这在一定程度上提高了审计的工作效率，降低了审计成本，同时也能间接地对区块链的数据验证环节的可靠性进行验证。

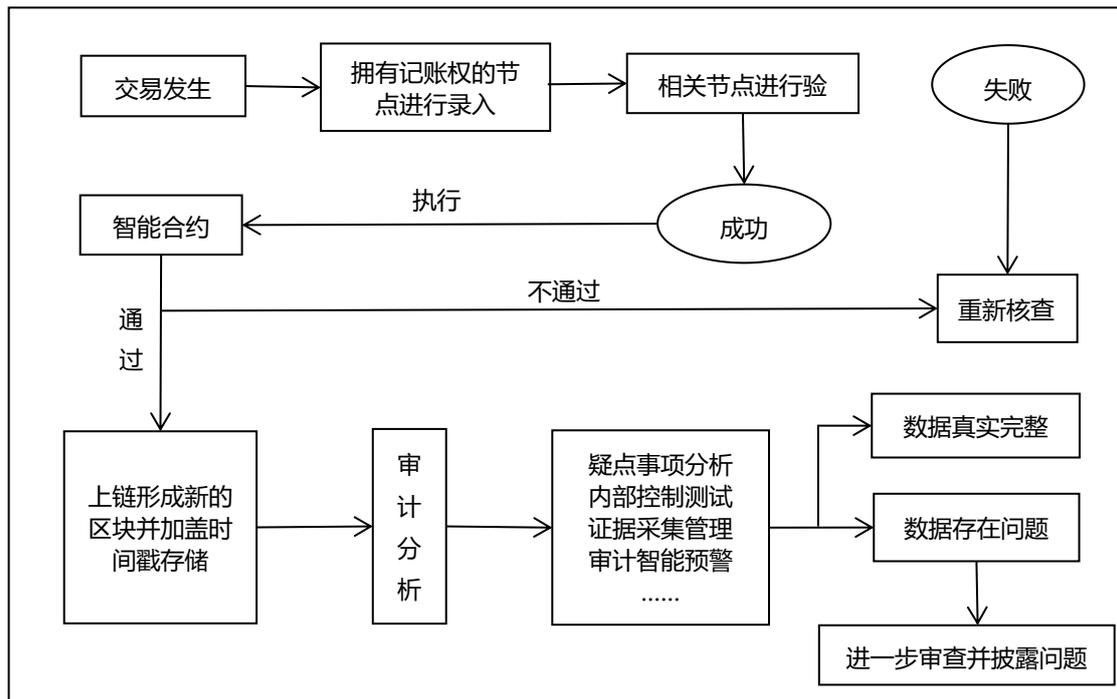


图 4.4 审计实施阶段

最后，通过区块链的数据分析系统和智能预警系统，对与碳排放数据有关的信息的真实性和完整性进行评估。在这个环节中可以利用智能合约对碳排放数据的完整性进行筛查，这有助于将不够完整的数据筛选出来，并要求被审计单位将缺失的数据尽快补齐并录入，并重新进行审查。对于通知完整性智能合约的数据，将与其时间戳对应的账本中的数据相对应，并将二者进行对比，如果二者数据通过对比后无误，则通过验证，反之则需导入数据分析系统进行疑点事项分析。通过收集相关的信息并与被审计单位了解具体情况的方法判断一点信息是否符合实际情况，符合则通过，反之则需对其进行风险评估，此时就需要人工审计的辅助来判断事件的性质，然后根据实际情况形成审计意见，出具审计报告。

### 4.3.3 审计报告阶段

基于区块链技术的碳排放审计报告阶段的具体操作流程如图 4.5 所示。



图 4.5 审计报告阶段

在此阶段，审计项目组需要整合在审计实施阶段所获取的各项审计证据，对有问题数据进行归纳总结，并形成书面材料，依照问题的性质与被审计单位的管理层进行沟通。这些信息通过会计师事务所的私有链传递到审计组组长或者其他负责人节点，在进行开会讨论后，出具相应的审计报告，包括年度碳排放审计报告以及其他相关联的报告等。出具的审计报告将在被审计单位所在的联盟链上进行公示，此时审计访问层级开通，利益相关者可在申请访问通过后查阅审计报告的内容。其中，对于涉及到商业机密的审计报告需要进行密钥加密，只有特定的单位和组织才可以查看。而不涉及机密没有进行加密处理的审计报告，则面向社会大众，大家只需要自行登录电脑或手机客户端就可查看审计报告的内容。

## 5 Z 企业基于区块链技术的碳排放审计的应用

### 5.1 Z 企业基于区块链技术的碳排放审计流程

#### 5.1.1 审计准备阶段

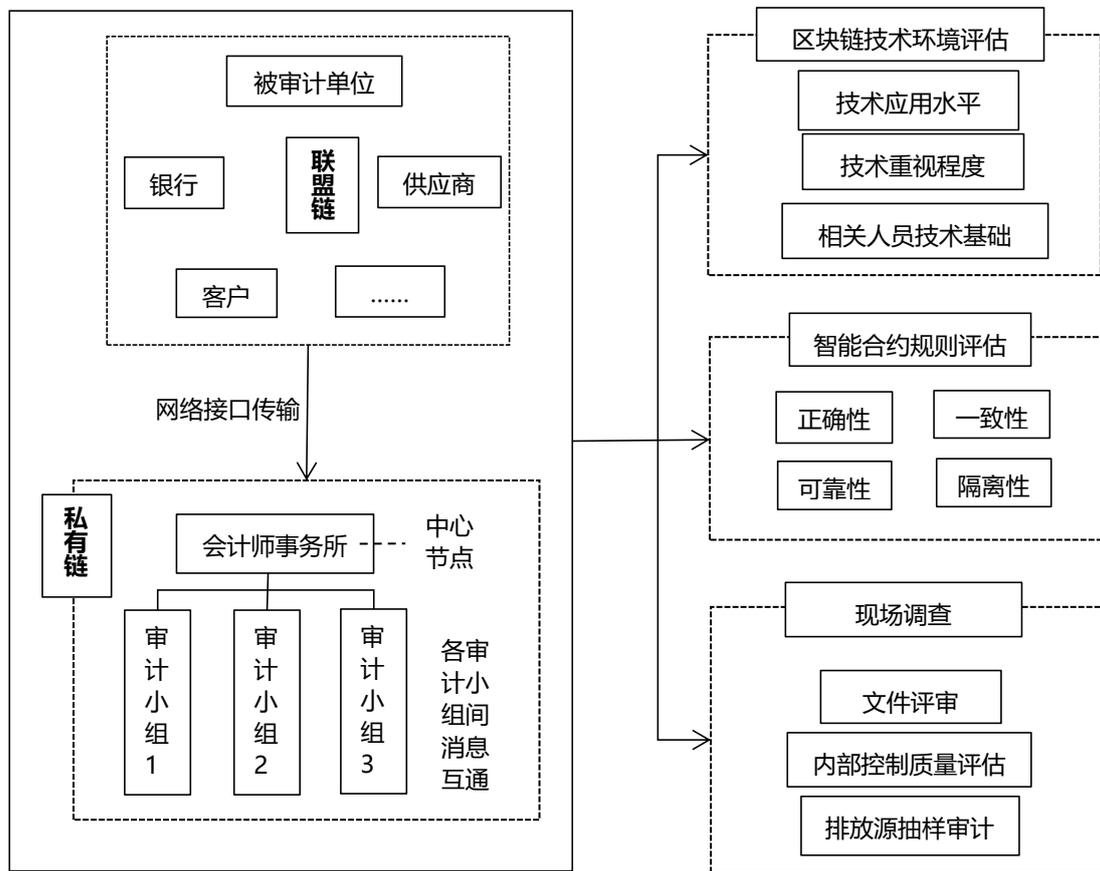


图 5.1 Z 企业基于区块链技术的碳排放审计准备阶段

如图 5.1 所示，首先，审计人员需要对 Z 企业区块链的技术环境进行评估，此外，还需通过对区块链网络所编写的各项智能合约的正确性、一致性、可靠性和隔离性进行评估，从而能在一定程度上确保智能合约设置的合理性，从而更好地开展后续审计。然后将 Z 企业的利益相关者都邀请到所构建的联盟链网络中来，分配给各个利益相关者相应的节点，并赋予各个节点相应的权限，使他们能够在此联盟链中进行相应的数据验证及记账工作。

然后，审计项目组的审计人员可以通过网络接口将会计师事务所的私有链与 Z 企业所在的联盟链进行连接，此时，与碳排放活动相关的数据可以通过该网络接口进行传输，给审计人员收集碳排放审计数据提供了较大便利。

此外，审计人员还可通过实地观察、与 Z 企业的员工进行沟通以及对 Z 企业的相关内部控制制度实行穿行测试等方式掌握 Z 企业碳排放活动的基本情况。

### 5.1.2 审计实施阶段

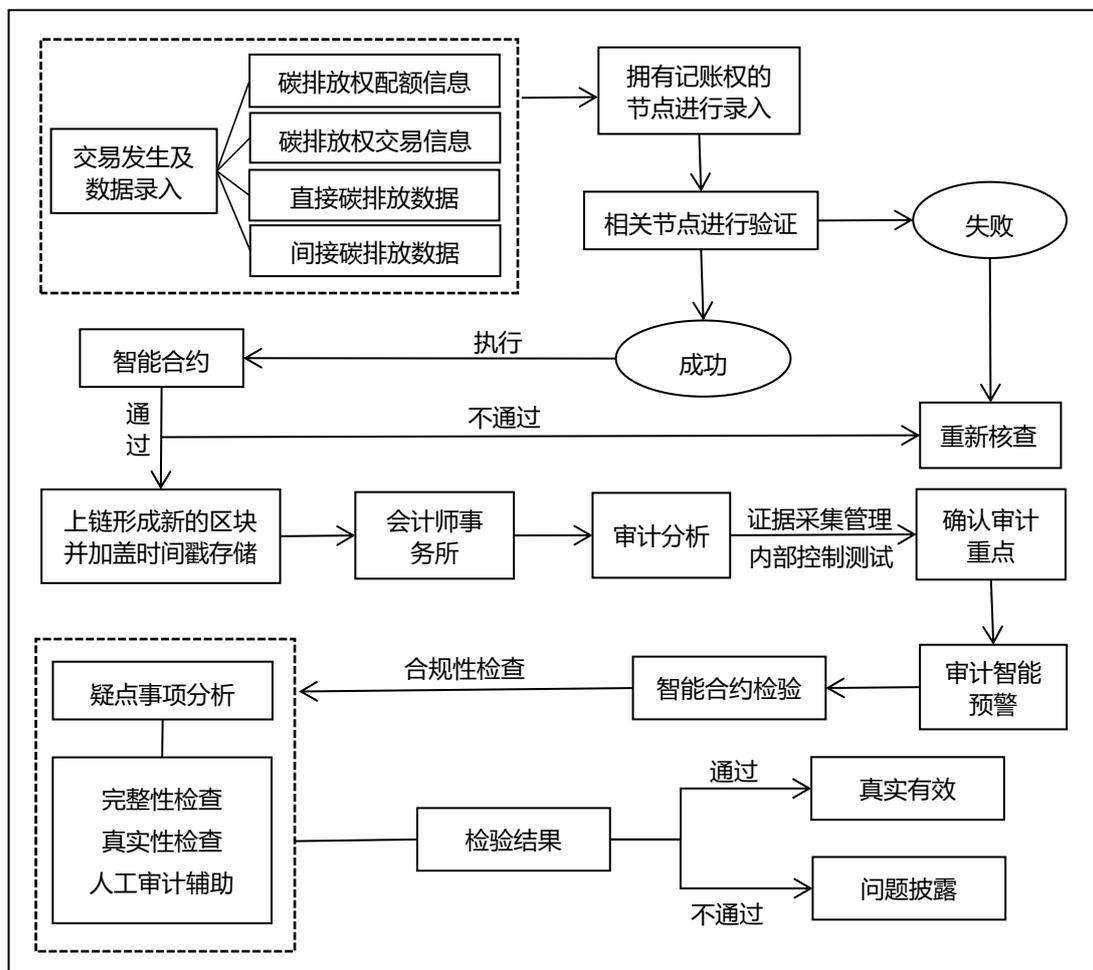


图 5.2 Z 企业基于区块链技术的碳排放审计实施阶段

如图 5.2 所示，首先将从 Z 企业所搭建的联盟链收集的与碳排放活动有关的数据放入交易池中，完成交易数据的录入，这些数据在录入完成后会进入验证环节，在区块链所独有的共识机制的作用下，验证数据的完整性和真实性。其次，利用区块链技术的共识机制赋予某一节点记账权，将通过该链条至少 51% 以上节点验证的数据进行入账，否则将视为验证失败。然后，验证通过的数据会向全链条进行广播，此时区块链的各个节点在收到广播后，将结果储存在自己的节点中。与此同时，验证通过的数据还会触发原先设定的智能合约，在此基础上，除了可以将所收集的数据按照统一的标准进行转换已方便后续审计工作的开展外，还可

以对 Z 企业新产生的数据进行及时更新。此外，利用原先设定的智能合约验证碳排放数据的真实性、完整性和合规性，这能在一定程度上帮助审计人员快速发现存在异常的数据，提高审计人员的工作效率，节省审计成本。与此同时，智能合约验证可帮助审计人员将不符合相关法律法规及政策管理规定的数据筛选出来进行重新核查，而通过智能合约验证的数据则会上链形成新的区块并加盖时间戳存储，这些被加盖时间戳进行存储的数据将不能轻易被篡改，在一定程度上保障了碳排放审计数据的安全性。

审计人员在此期间可以对整个流程实时审计监测，当需要收集相关数据时，审计人员便可通过会计师实务所的私有链与 Z 企业的联盟链的网络接口进行获取，并将所获取的信息按照需求分配给不同的审计人员，然后审计人员对获取的数据进行分析，首先在数据采集系统和数据分析系统的内部控制测试中，评估 Z 企业相关的内部控制制度的有效性以及数据验证流程的合理性，从而根据评估结果确定审计工作的重点及方向。其次将高于重要性水平的数据导入到审计预警系统，进行二次验证，验证失败的数据将会触发审计预警机制，此时就需要进行进一步分析，判断这些数据是否与实际情况相符合并将其记录下来。然后对验证通过的数据进行疑点分析，其目的主要是为了检查这些数据的真实性和完整性，必要时可进行人工审计加以辅助。此外，审计人员对审计过程中所获取的审计证据及工作流程进行实时记录，并备份存储。

### 5.1.3 审计报告阶段

审计人员对在审计实施阶段发现的审计疑点以及对 Z 企业的碳排放活动进行审计得出的结论进行归纳记录，并形成初稿。并将所发现的问题与 Z 企业的管理层进行汇报沟通。此外，如果在后续对数据进行审查的过程中，获取了新的审计证据，并且这些审计证据可以对已经得出的审计结论提出质疑，此时，就需要将新发现的审计证据补充到先前完成的初稿中，并提出新的审计意见。在所有工作均完工后，审计人员需将所编写的审计报告初稿及各类资料通过会计师事务所私有链上自己的区块链节点传输到审计项目负责人的节点，方便其进行复核，复核通过后就形成了最终版的审计报告，审计报告在区块链中形成新的区块并加盖时间戳进行储存。最后，Z 企业的各个利益相关者可以按照权限范围登录区块链节点，查看、获取不同保密程度的 Z 企业碳排放审计报告。

## 5.2 Z 企业基于区块链技术的碳排放审计的预期效果分析

### 5.2.1 审计流程分析

在审计准备阶段,传统碳排放审计工作初期会计师事务所的主要工作是成立项目组、收集资料、了解被审计单位的基本情况,然后根据具体情况制定相应的审计计划。在审计实施阶段,要采取实地考察、抽样、重新计算等来获取审计证据,这个过程由于 Z 企业碳排放数据采集难、披露不全面等问题而需要耗费大量的人力、物力和时间。

而基于区块链的碳排放审计工作,在审计准备阶段,由于 Z 企业的网络环境安全性较高且软硬件设施完善,因此审计人员通过利用会计师事务所私有链与 Z 企业所在的联盟链的网络接口进行碳排放数据的收集,简化了传统碳排放审计数据收集的流程。在审计实施阶段,所有的分析及验证程序均可在链内完成,简化了审计验证流程,在一定程度上实现了自动化审计。在审计报告阶段,由于审计过程中获取的所有审计证据及审计人员的工作流程均被实时记录并存储在了区块链中,因此,审计人员依据各自的权限及需求在区块链中获取所需要的审计信息,从而出具审计报告。

综上所述,与传统的碳排放审计相比,基于区块链技术的碳排放审计在很大程度上简化了审计的工作流程,推进了审计全覆盖及实时审计目标的进程。

### 5.2.2 审计成本分析

在传统的碳排放审计工作中,需要等 Z 企业与碳排放有关的事项完成后,审计人员才能进行相关数据的收集、归纳,然后才能开展审计分析工作。而基于区块链技术的碳排放审计可以利用会计师事务所私有链与 Z 企业所在的联盟链的网络接口进行碳排放数据的收集,并且不需要等到 Z 企业与碳排放有关的事项完成后,而是在事项发生时便可实时传输,这无疑为会计师事务所节约了大量的人力和物力资源。其次,在对所收集的数据进行验证时,只需通过线上完成即可,由区块链上的各个网络节点完成验证工作,并且经过验证的数据会被加盖时间戳进行储存,这在一定程度上提高了数据的真实性和完整性。因此,与传统碳排放审计相比,基于区块链技术的碳排放审计大大降低了审计成本的投入,并且能够大幅提高审计工作的质量。

### 5.2.3 审计效率分析

基于区块链技术的碳排放审计在审计准备阶段利用会计师事务所私有链与 Z 企业所在的联盟链的网络接口进行碳排放数据的收集。在审计实施阶段，利用编写好的智能合约对碳排放数据进行验证，这个过程可以将存在漏记、不符合政策规定、计算错误等问题的数据筛选出来，大大提高了审计的工作效率。并且这些有问题的数据不仅会反馈给审计人员，也会通过区块链上的节点反馈给 Z 企业的相关工作人员，从而在一定程度上促进了 Z 企业对有问题的碳减排行为进行及时修正，避免带来更大的经济损失。在审计报告阶段，审计人员利用会计师事务所的私有链进行交流和沟通，能更快地将有关的信息传递给需要的人，在一定程度上节约了审计时间，提高了审计的工作效率。

## 6 结论与展望

### 6.1 研究结论

#### 6.1.1 基于区块链技术的碳排放审计的优势

传统的碳排放审计与基于区块链技术的碳排放审计在多个方面存在差异,如表 6.1 所示:

表 6.1 传统碳排放审计与基于区块链技术的碳排放审计对比

	传统碳排放审计	基于区块链技术的碳排放审计
审计人员数量	所需的审计人员较多	所需的审计人员较少
审计成本	审计人员需要进行现场查证,因此投入的审计成本较高	前期搭建区块链时需投入大量的审计成本,后续审计过程中投入的审计成本较低
审计时间	需要审计人员进行数据收集,所需要的时间较长	所有过程均在线上进行,大大节省了审计时间
审计范围	抽样审计	全面审计
审计证据	难以获取充分的审计证据	审计证据充分
审计及时性	事后鉴证碳足迹	事前排放规划、实时鉴证碳足迹
审计质量	需要审计人员具备较高的专业能力	通过各利益相关者节点和智能合约共同实时监督检查企业碳排放情况,审计质量较高
审计风险	传统人力现场审计、审计效率低、审计风险高	基于共识机制、智能合约保障审计数据可靠性、实时监督企业排放情况、预报超排风险,审计风险低

综上所述,与传统的碳排放审计相比,基于区块链技术的碳排放审计更具优势。归纳如下:

第一,将区块链技术与碳排放审计相结合,降低了审计成本,对各个审计阶段的流程进行了优化,推动实现审计全覆盖和实时审计目标的实现。

第二,将区块链技术与碳排放审计相结合,大大节约了人力资源,比如:在对数据进行采集、验证、分析、归纳时仅需在线上就可完成,审计人员只需要对特殊的疑点事项开展人工审计进行辅助。此外,如果要对区块链中的数据进行篡

改那么必须经过至少 51%的节点的验证通过,这在很大程度上增加了篡改数据的难度,从而大大提升了审计数据的真实性。

第三,将区块链技术与碳排放审计相结合,提高了获取审计证据的充分性,进一步促进了审计质量的大幅提升。

第四,将区块链技术与碳排放审计相结合,由于区块链的不可篡改性和去中心化,因此在很大程度上降低了审计风险,并且能够很好的保障审计人员的独立性。

### 6.1.2 基于区块链技术的碳排放审计的不足

第一,当前区块链技术与碳排放审计的结合仍然存在很多技术难点,需要不断探索进行破解和创新,否则,将会加剧审计风险。

第二,对于一些规模较小的企业还没有引入可以相应的区块链技术,因此还无法开展基于区块链技术的碳排放审计工作。

第三,开展基于区块链技术的碳排放审计缺乏相关的法律法规及政策的保护,这会导致审计没有一个统一的审计标准而增加审计风险。

第四,开展基于区块链技术的碳排放审计工作需要审计人员在具备多门学科的专业知识,然而目前对相应的人才培养的不够,因此,给基于区块链技术的碳排放审计工作的顺利开展增加了阻碍。

## 6.2 研究展望

如果要想更好地为基于区块链技术的碳排放审计工作的开展保驾护航,那么应从以下几点入手:

首先,要建立和完善碳排放审计标准中的区块链技术监管机制。目前,我国还没有专门制定将区块链技术应用于碳排放审计的法律法规及政策制度等,这就导致基于区块链技术的碳排放审计工作的监管力度较弱,容易造成市场乱象。并且,我国目前仍没有专门针对于碳排放审计如何开展的规定,这使得审计人员在开展碳排放审计工作的时候,没有一个统一的标准可以选择,在进行分析工作时,对审计程序的选择也较为混乱。因此,政府部门及各个机构应不断探索,推动碳排放审计、区块链技术、基于区块链技术的碳排放审计的法治建设进程,为审计人员开展基于区块链技术的碳排放审计提供法律保障及规范标准,从而进一步促进基于区块链技术的碳排放审计工作的发展。

其次，加大对区块链技术在碳排放审计工作中的应用研究。目前区块链技术在碳排放审计中的应用发展仍不够成熟，仍存在许多仍为突破的技术难点，这在一定程度上给基于区块链技术的碳排放审计的发展带来了阻碍。因此，各个企业及机构应加大对区块链技术在碳排放审计工作中的应用研究。同时政府部门应制定相应的鼓励措施吸引人才参与到研究中去，比如提供专项资金、技术突破奖金等，进一步推动基于区块链技术的碳排放审计工作的发展。

此外，加强会计师事务所审计人员的综合素质人才培养。基于区块链技术的碳排放审计工作需要审计人员同时具备计算机、环保、审计等多项专业知识，这样才能更好地开展审计工作，提高审计的效率和质量。但目前我国还没有完善的基于区块链技术的碳排放审计的人才培养机制。因此，要完善基于区块链技术的碳排放审计的综合素质人才培养机制，大力培养兼具计算机、环保、审计等专业相关知识的复合型审计人才，促进基于区块链技术的碳排放审计工作的有效开展。

## 参考文献

- [1]Alan C.McKinnon.Product-level carbon auditing of supply chains: Environmental imperative or wasteful distraction[J].International Journal of Physical Distribution&Logistics Management,2010(40):42-60.
- [2]Anirban,Ratnam.2015 Research on the Construction Process and Evaluation System of Low Carbon Audit of Petroleum Enterprises[J].Journal of US-China Public Administration,2012(05):408-414.
- [3]Anonymous.Retailers urged to back carbon audits[J].ProQuest,2010,153(17).
- [4]Brendan Malone,Carolyn Hedley,Pierre Roudier,Budiman Minasny,Edward Jones,AleHL Mc Bratney Auditing on-farm soil carbon stocks using downscaled national mapping products: EHLamples from Australia and New Zealand[J].Elsevier B.V.,2018,13.
- [5]Bruce Felmingham,Sunday Tasmanian.Carbon audits a good step[J].Sunday Tasmanian(Hobart),2008(11):234-235.
- [6]CGMA C F E.Blockchain augmented audit-Benefits and challenges for accounting professionals[J].The Journal of Theoretical Accounting Research,2018,14(1):117-137.
- [7]Esmat Ayman et al.A novel decentralized platform for peer-to-peer energy trading market with blockchain technology[J].Applied Energy,2021,282(PA):116-123.
- [8]J.J.de Gruijter,A.B.McBratney,B.Minasny,I.Wheeler,B.P.Malone,U. Stockmann.Farm-scale soil carbon auditing[J].Elsevier B.V.,2016,265.
- [9]Jan Bebbington,Carlos Larrinaga.2008 Carbon Trading: Accounting and Reporting Issues[J].European Accounting Review,2008(17):697-717.
- [10]José María González González,Constancio Zamora Ramírez.Contribution of Finance to the Low Carbon Economy[J].Scientific Research Publishing,2011,2

(2).

- [11]Joseph H.K.Lai,Francis W.H.Yik,C.S.Man.Carbon audit: a literature review and an empirical study on a hotel[J].Emerald Group Publishing Limited,2012,30(9/10).
- [12]Kumar Rakesh.Comparative assessment of energy flow, carbon auditing and eco-efficiency of diverse tillage systems for cleaner and sustainable crop production in eastern India[J].Journal of Cleaner Production,2021:126-162.
- [13]Nakamoto S. Bitcoin:A peer-to-peer electronic cash system[J].<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>,2008.
- [14]Srinivas J,Das A K.Lightweight Security Protocols for Blockchain Technology[J].International Journal of Blockchains and Cryptocurrencies,2020.
- [15]Susie Moloney,Ralph E.Horne,John Fien.Transitioning to low carbon communities—from behaviourchange to systemic change: Lessons from Australia[J].Elsevier Ltd,2009,38(12).
- [16]Wendy Green,Stuart Taylor.Factors that influence perceptions of greenhouse gas assurance providerquality[J].International Journal of Auditing,2013(17):288-307.
- [17]White,Gareth R T.Future applications of Blockchain in Business and management:A Delphi study [J].Strategic Change,2017,26(5):439-451.
- [18]YermackD.Corporate Governance and Blockchains[J].Review of Finance,2017,(1):7-31.
- [19]曹宇青,韦欢郎.区块链技术在银行业的应用和实践[J].新金融,2018(08):37-40.
- [20]陈雪仪.基于区块链技术的智能审计系统的构建及应用[J].中国注册会计师,2023(02):77-81+3.
- [21]董华涛.基于供应链视角的企业碳审计流程设计[J].财会通讯,2018(01):97-100.
- [22]高廷帆,陈甬军.区块链技术如何影响审计的未来——一个技术创新与产业生命周期视角[J].审计研究,2019(02):3-10.
- [23]葛均易.基于区块链的碳排放交易系统[D].山东大学,2022.
- [24]何丽梅.碳审计研究综述[J].会计之友,2017(06):107-110.

- [25]黄家薪.基于区块链技术的电商企业内部审计体系构建[D].重庆工商大学,2022.
- [26]金密.生态经济视角下我国碳审计发展的必要性研究[J].财会研究,2017(02):56-59.
- [27]李保珍,吴子怡,李娟,徐依宁,范贸.区块链背景下会计审计一体化模式探讨[J].财会通讯,2022(19):141-146.
- [28]李波,于水.基于区块链的跨域环境合作治理研究[J].中国环境管理,2021,13(04):51-56.
- [29]梁丽.区块链技术在财务审计领域的应用研究[J].绿色财会,2022(09):44-46.
- [30]刘翔.区块链技术赋能的供应链金融模式研究[J].会计之友,2021(23):148-152.
- [31]刘晓艳.“双碳”目标下碳审计的发展回顾及未来展望——基于中国知网(CNKI)数据的文献分析[J].商业会计,2022(22):96-100.
- [32]苗蕾.碳审计研究述评[J].财政监督,2020(24):82-85.
- [33]彭丽.基于区块链技术的安全审计系统的设计与实现[D].广西大学,2022.
- [34]钱英莲,樊鹏燕.煤炭企业低碳审计内容与方法研究[J].会计之友(下旬刊),2010(11):14-17.
- [35]乔鹏程.区块链技术反舞弊审计理论研究[J].会计之友,2020(20):157-161.
- [36]秦溶苑.区块链技术在审计函证工作中的应用研究[J].财会通讯,2022(09):129-134.
- [37]王爱国.国外的碳审计及其对我国的启示[J].审计研究,2012,(05):36-41.
- [38]王帆.企业碳排放审计评价机制研究[J].中国注册会计师,2014(11):75-78.
- [39]王嘉成.基于区块链技术的资源环境审计研究[D].南京审计大学,2021.
- [40]王甲迎.区块链技术下碳会计信息审计系统:构建与应用[J].财会月刊,2023,44(10):103-110.
- [41]王颖,顾颖.“双碳”背景下碳审计的思考[J].会计之友,2022(18):87-92.
- [42]吴花平,刘自豪.基于区块链的碳排放审计流程优化研究[J].中国注册会计师,2022(07):72-77.
- [43]吴花平,刘自豪.基于区块链技术的碳排放审计模型构建与研究[J].财务与会计,2022(15):60-63.

- [44]徐超,陈勇.区块链技术下的审计方法研究[J].审计研究,2020(03):20-28.
- [45]严振亚,李健.基于区块链技术的碳排放交易及监控机制研究[J].企业经济,2020,39(06):31-37.
- [46]杨博文.环境责任下我国碳审计与鉴证制度框架的构建[J].南京审计大学学报,2017(06):75-84.
- [47]姚林.SQ 公司碳审计制度框架与流程设计研究[D].湖北经济学院,2019.
- [48]叶强,高超,姜广鑫.大数据环境下我国未来区块链碳市场体系设计[J].管理世界,2022,38(01):229-249.
- [49]张月玲,王晓菁.区块链技术环境下联网审计框架探析[J].财会通讯,2019(04):82-86.
- [50]赵放.关于我国碳审计问题的对策性思考[J].审计研究,2014(04):54-57.
- [51]郑石桥.区块链对审计取证的影响:一个理论框架[J].财会通讯,2021(09):20-24.
- [52]仲怀公,马圆明.我国碳审计问题研究[J].商业会计,2021(08):14-19.
- [53]周少燕,李焦.基于区块链技术的双链混合审计系统构建[J].财会月刊,2022(13):107-112.
- [54]朱渊媛,涂建明,庞琦.基于区块链审计平台构建的审计范式变革[J].中国注册会计师,2019(07):67-73+3.
- [55]庄尚文,蒋屠鉴,王丽.新时代推进碳审计全覆盖的问题与对策[J].财会月刊,2020(17):86-91.

## 后 记

花开花落万物道，聚散离别终有时。所有的经历都是学习，二十余年求学之路渐进尾声，时光里有年少的不羁和浪漫，有青春的颓废和迷茫，也有成熟之后的坦然和温暖。回首研究生三年，一路跌跌撞撞走到现在，所有的经历于我而言都是礼物。

何其有幸，生于华夏。愿以寸心寄华夏，且将岁月赠山河。感谢祖国的强大庇护，感谢党和国家的政策和帮扶让我和千万学子可以平等的接受教育，有了改变命运的机会。祝祖国繁荣昌盛，国泰民安。

一朝沐春雨，一生念师恩。感谢求学之路遇到的每一位老师，不光是传授专业知识，更是传授思想，影响我对生活的态度，都是未来前进道路上的一盏明灯。尤其要感谢我的导师周一虹老师，研究生的三年，周老师耐心教导，让我在学业和心理上都取得了进步。承蒙教诲，心存感激，祝所有的老师平安健康，工作顺利。

焉得援草，言树之背。感谢父母对我这二十多年的培养以及学业上的支持，给了我最好的教育环境和资源，助我成长，教我做人，在我最困难的时候给予关怀和帮助，祝他们身体健康，平安喜乐。

山水一程，三生有幸。很幸运可以遇到我的室友、同学，他们以及以前就认识的两位姐妹，在三年里给我带来了许多快乐和美好的瞬间。愿我们此去前程似锦，再相逢依旧如故。

生活没有标准答案，每个人都有自己的注脚。不论以后在哪里，做什么，有没有成为想成为的人，有没有做自己喜欢做的事，请务必不要忘记来时的路。山水有来路，早晚复相逢。前路漫漫亦灿灿，往事堪堪亦澜澜！