

分类号 _____
UDC _____

密级 _____
编号 10741



硕士学位论文

(专业学位)

论文题目 汽车制造企业碳审计评价指标体系的构建与应用——以吉利集团为例

研究生姓名: 吴宇

指导教师姓名、职称: 史正保 教授 冯春捷 高级会计师

学科、专业名称: 审计硕士

研究方向: 内部审计

提交日期: 2023年06月19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： 吴宇 签字日期： 2023.6.6

导师签名： 史正宇 签字日期： 2023.6.6

导师(校外)签名： 石春桂 签字日期： 2023.6.6

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： 吴宇 签字日期： 2023.6.6

导师签名： 史正宇 签字日期： 2023.6.6

导师(校外)签名： 石春桂 签字日期： 2023.6.6

Construction and Application of Carbon Audit Evaluation Index System in Automobile Manufacturing Enterprises with Geely Automobile as an Example

Candidate: Wu Yu

Supervisor: Shi Zhengbao Feng Chunjie

摘 要

绿色发展俨然已经成为当今世界经济发展的主色调，作为经济发展的主体，企业的参与无论是对生态环境保护还是污染防治都有着不可忽视的作用。而绿色发展对于企业而言，更是利大于弊，因此，众多企业加入了节能减排的绿色发展队伍。作为污染巨头的汽车制造企业也纷纷践行生态文明理念，推动绿色低碳生产方式的形成。在此过程中，有必要采取一些减排手段，而碳审计评价指标体系的构建与应用可以有效的监督和评价汽车制造企业在碳减排工作中的效果，更好的助力汽车制造企业减排工作的开展，社会责任的履行。

本文旨在构建一套适用于我国汽车制造企业的碳审计评价指标体系，并经过案例企业的应用，得出相应的保障措施。首先，经过查阅相关资料发现，相较于其他发达国家，我国的碳审计起步较晚，主要还停留在理论建设层面，并无统一的碳审计评价指标体系，也并无针对汽车制造企业等特定类型企业的碳审计评价指标体系。其次，借助一些专家学者的力量，通过 DSR 模型与层次分析法的结合，结合汽车制造企业的碳排放特点，初步构建出一套适用于汽车制造企业的碳审计评价指标体系。再次，选择案例企业吉利集团进行应用，从吉利集团公布的企业年报、ESG 报告等汇总出相关数据，并进行标准化处理，通过与审计标准值之间的对比，运用环境优值模型，对吉利集团进行碳审计评价。最后，通过汽车制造企业碳审计评价指标体系的构建与应用提出一系列针对性的保障措施，助力碳审计评价指标体系的有效实施，从而希望对提高汽车制造企业的碳经济效益、约束汽车制造企业的碳消费能力、监测汽车制造企业的碳排放情况，监督汽车制造企业碳政策执行力度及自主程度具有启示作用。

关键词：汽车制造企业 碳审计 DSR 模型 评价指标体系

Abstract

Today's world has embraced green development as its primary hue. As the main body of economic development, the participation of enterprises plays an important role in ecological environmental protection and pollution prevention. For enterprises, green development has more advantages than disadvantages. Therefore, many enterprises have joined the green development team of energy saving and emission reduction. As pollution giants, automobile manufacturers are also practicing the concept of ecological civilization and promoting the formation of green and low-carbon production mode. In this process, it is necessary to adopt some emission reduction measures, and the construction and application of carbon audit evaluation index system can effectively supervise and evaluate the effect of automobile manufacturing enterprises in carbon emission reduction work, and better help automobile manufacturing enterprises to carry out emission reduction work and fulfill their social responsibilities.

This thesis aims to establish a set of carbon audit evaluation index system suitable for Chinese automobile manufacturing enterprises, and through the application of case enterprises, the corresponding safeguards are obtained. First of all, after consulting the relevant data, it is found that compared with other developed countries, our country's carbon audit started relatively late, and mainly remains in the theoretical construction

level, and does not have a unified carbon audit evaluation index system, and also does not aim at specific types of enterprises such as automobile manufacturing enterprises carbon audit evaluation index system. Secondly, with the help of some experts and scholars, through the combination of DSR model and analytic hierarchy process, combined with the carbon emission characteristics of automobile manufacturing enterprises, a series of carbon audit evaluation index system applicable to automobile manufacturing enterprises is preliminarily constructed. Thirdly, the case enterprise Geely Group was selected for application. Relevant data were summarized from the annual report and ESG report published by Geely Group, and standardized processing was carried out. Through comparison with the audit standard value, the environmental value model was used to evaluate the carbon audit of Geely Group. Finally, through the construction and application of the carbon audit evaluation index system of automobile manufacturing enterprises, a series of targeted safeguard measures are proposed to help the effective implementation of the carbon audit evaluation index system, so as to improve the carbon economic benefits of automobile manufacturing enterprises, restrict the carbon consumption capacity of automobile manufacturing enterprises, and monitor the carbon emissions of automobile manufacturing enterprises. It is instructive to supervise the implementation of carbon policy and the degree of autonomy of

automobile manufacturing enterprises.

Key words: Auto mobile manufacturing enterprise; Carbon audit; DSR model ;Evaluation index system

目录

1 绪论	1
1.1 问题的提出	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究目的	2
1.1.3 研究意义	2
1.2 文献综述	3
1.2.1 国外研究现状	3
1.2.2 国内研究现状	5
1.2.3 国内外研究评述	8
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	11
1.4 创新点	11
2 相关概念及理论基础	12
2.1 相关概念	12
2.1.1 环境审计	12
2.1.2 碳审计	12
2.2 理论基础	13
2.2.1 可持续发展理论	13
2.2.2 环境经济学理论	14
2.2.3 企业社会责任理论	15
2.2.4 受托环境责任理论	15
3 基于 DSR 模型的汽车制造企业碳审计评价指标体系构建	17
3.1 汽车制造企业碳审计评价现状分析	17
3.2 汽车制造企业碳排放特点分析	17
3.2.1 汽车制造环节污染物产出分析	17

3.2.2 汽车制造企业碳排放足迹分析	18
3.3 碳审计评价指标体系构建基础	19
3.3.1 碳审计评价指标体系构建原则	19
3.3.2 DSR 模型	20
3.4 汽车制造企业碳审计评价指标的选取	21
3.4.1 汽车制造企业碳审计评价指标层次结构模型建立	21
3.4.2 汽车制造企业碳审计评价指标初始设置	22
3.5 基于层次分析法的指标权重确定	28
3.5.1 层次分析法	28
3.5.2 层次分析法实施步骤	28
3.5.3 汽车制造企业碳审计评价指标权重的获取	31
4 碳审计评价指标体系在吉利集团中的应用	38
4.1 吉利集团概况	38
4.1.1 吉利集团背景介绍	38
4.1.2 吉利集团评价指标数据	38
4.2 汽车制造企业碳审计评价方法	40
4.2.1 评分依据	40
4.2.2 评价模型——环境优值模型	42
4.2.3 评分标准	43
4.3 吉利集团碳审计评价应用	43
4.3.1 数据标准化处理	43
4.3.2 环境优值计算	44
4.3.3 评价结果分析	48
4.4 案例启示	49
5 汽车制造企业碳审计评价指标体系的应用保障	50
5.1 健全内部碳审计机制	50
5.1.1 提高碳审计意识	50
5.1.2 开发产品碳足迹系统	51
5.1.3 提高碳排放信息披露质量	51

5.2 推进研究型审计	51
5.2.1 落实专业人才培养	52
5.2.2 把握数字化转型	52
5.2.3 研发企业 LCA 数据库	53
5.3 借助外部审计力量	53
5.3.1 依托政府协同机制	53
5.3.2 运用第三方审计优势	54
5.3.3 开展审计外部监督	54
6 研究结论与展望	55
6.1 研究结论	55
6.2 研究不足	55
6.3 研究展望	55
参考文献	57
后 记	62
附录 A 汽车制造企业碳审计评价指标重要性筛选问卷	63
附录 B 汽车制造企业碳审计评价指标重要性调查问卷	66

1 绪论

1.1 问题的提出

1.1.1 研究背景

近几年，“拉闸限电”的话题备受关注，议论纷纷，但我们不能流于表面，仅看到限电带来的不便，应该深思背后的原因，为了缓解全球能源价格的飞猛上涨，限电早已成为国际上的惯用手段。降低能源成本，缓解因能源上涨而带来的经济波动。经济的稳定发展是离不开能源消费的，而气候势必会因能源消费产生变化。因此，气候的变化在全球经济可持续发展中所处地位不容小觑，在经济发展的同时也要注意环境的绿色发展。

2020年我国提出了双碳目标，并且我国“十四五规划”也明确了温室气体减排的具体要求，在《“十四五”控制温室气体排放工作方案》中，强调了要严格把关二氧化碳等温室气体的排放，紧跟绿色低碳经济发展主流。“二十大”和2022年《政府工作报告》也再次阐述了节能降碳和绿色可持续发展的深远意义。双碳目标的实现任重而道远，企业也应该履行自己的社会责任，顺应时代潮流，响应国家号召，为节能减排贡献一份力量，这时候就离不开碳审计的保驾护航。

但在碳审计工作的开展过程中，构建并应用碳审计评价指标体系来进行碳审计工作的企业寥寥无几，因此，企业开展碳审计实践工作的质量和效率并不高。而汽车占全社会碳排放高达7.5%，是个名副其实的碳排放大户。联合国指出交通部门占全球碳排放量的24%，作为交通领域排放大户的汽车制造业，减排任务艰巨。并且欧盟为了实现在2019年发布的《欧洲绿色新政》中“温室气体排放到2023年同比1990年要降低55%，2050年实现碳中和”这一目标，酝酿了“碳关税”等一系列“碳壁垒”，在国外严格的排放法下，中国汽车产业链出口将面临严峻挑战。在全球竞相实现“双碳目标”的背景下，汽车制造企业也在经历着百年未有之大变局，催化汽车制造企业向新能源转型的同时也给汽车制造企业带来严峻的考验。综上，探索性的构建一套适用于汽车制造企业的碳审计评价指标体系，可以有助于汽车制造企业碳审计工作质量和效率双提高，避免汽车制造企业减碳跑偏。

1.1.2 研究目的

本文希望可以探索性的构建一套适用于汽车制造企业的碳审计评价指标体系，提高碳审计效率，通过对其评价发现问题，并提出相应的整改意见和保障措施。让汽车制造企业提高经济效益和环境效益的同时，也更好的履行本企业的社会责任，从而促进汽车制造企业的可持续发展。

1.1.3 研究意义

通过构建一套适用于汽车制造企业的碳审计评价指标体系，以便对汽车制造企业“碳足迹”进行测量以及对碳减排效果进行评价，帮助企业实现社会责任，为社会绿色可持续发展出一份力，具有一定的理论意义和实践意义。

(1) 理论意义

由于我国碳审计存在起步晚这个“先天不足”，因此在对碳审计评价指标体系的构建并不完善且缺乏企业性，特别是针对汽车制造企业的碳审计评价指标体系的研究更是寥寥无几。因此，文章具有一定的理论意义。

第一，丰富碳审计的应用研究，推动数据库的建立。我国对于碳审计的研究大多是针对其内涵的界定和延伸，重心还是在理论上，对应用的研究特别是具体企业的研究相对比较匮乏，因此，对汽车制造企业的碳审计评价指标体系进行构建，可以丰富碳审计的应用研究。而对汽车这一特定企业类型的碳审计评价指标体系进行构建，在丰富相关文献的同时，也为未来碳审计评价指标体系数据库的建立奠定了基础。

第二，发展学科协同，培养“复合型”人才。碳审计不同于财务审计，在实际操作中，往往还需要运用到一些统计学、环境学，经济学等学科知识和方法，因此，对汽车制造企业碳审计评价指标体系的构建可以促进多个学科的交叉运用，在有利于学科协同发展的同时，也有助于出“复合型”人才的培养。

(2) 现实意义

基于 DSR 模型对汽车制造企业的碳审计评价指标体系进行构建，应用于案例汽车制造企业，在构建和应用的过程对存在的问题进行分析和有针对性解决。因此，文章的研究具有一定的现实意义。

第一，为汽车制造企业乃至其他不同行业的企业碳审计的开展提供了参考。一方面，在有效的监督汽车制造企业的内部碳排放行为的同时，也解决了碳审计过程中实际存在

的问题,即可以采用科学的评价标准,避免碳审计过程中存在的主观性,减少审计风险,形成令人信服的审计结论;另一方面,可以为汽车制造企业的“减碳脱碳”指明方向,为汽车制造企业可持续发展道路保驾护航,也为其他非汽车行业的企业碳审计的开展提供了参考。

第二,有助于国家相关政策的开展,促进生态文明建设。有利于《“十四五”控制温室气体排放工作方案》《企业温室气体排放报告核查指南(试行)》等政策方案的开展。由于生态文明的建设离不开监督工具,对汽车制造企业的碳审计评价指标进行构建提供企业标准的同时也促进了我国生态文明建设。

1.2 文献综述

1.2.1 国外研究现状

关于对碳审计的相关研究,国外学者们主要从以下几个角度进行了研究。

(1) 碳审计内涵研究

“碳审计”诞生于“低碳经济”的背景下,而“低碳经济”最早可追溯到2003年英国颁布的《英国能源的未来—创建低碳社会》(《能源白皮书》)(2003)。Janek Ratnatunga (2008)对碳审计的概念进行了鉴定,认为碳审计是一种对碳账户和碳信息的第三方独立鉴证。而Ralph Gomory, William J. Baumol. (2009)提出碳审计是归属于资源审计范畴,与传统审计不同的是其对象是碳排放。Susie Moloney (2010)则认为碳审计是一种依照相关法规对碳消耗与排放情况独立的审核或监督,其本质是一种经济监督和控制。

(2) 碳审计目的研究

第一,基于碳审计需要下碳审计目的研究。对于碳审计的目的,Jenny Dawkins (2003)和Michael Watson (2004)持有不同的观点,前者认为碳审计的目的是为了增强企业所提供的碳信息的真实性和可靠性,后者认为碳审计是为了帮助企业节能减排,更好的履行社会责任。Susie Moloney, Ralph E. Horne (2009)等学者则认为碳审计可以最重要的是促进了低碳经济的发展和的同时,也提高了企业品牌价值。

第二,基于其他角度下碳审计目的研究。Qingliang Tang (2019)通过对碳排放相关信息和数据进行分析、Haley Brendan, Gaede James (2020)从企业效用的实现出发,Theodoros Zachariadis 等 (2020)则基于环境和税收立法考量,他们共同得出低碳审计

是实现低碳经济和全球气候稳定的目标。

(3) 碳审计方法研究

第一，采用实证的碳审计方法研究。在国外，关于碳审计的方法研究有很多，有大量的学者运用了实证的方法，最早可以追溯到 1996 年，Torvanger 等人从经合组织国中挑选出九个国家，利用指数分解法对二氧化碳排放量进行分解。此外，还有一些学者建立了例如 VaR 模型（在线价值模型）和种间竞争模型对碳审计进行实证研究。

第二，采用非实证的碳审计方法研究。也有一些学者采用了非实证的研究方法。例如，Philippe Moor (2005) 在对碳审计和传统审计方法进行研究时发现其方法是相似的。Anonymous (2010) 提出碳税的概念，主张碳税可以对碳排放进行约束。JJ. de Gruijter 等 (2016) 和 Brendan Malone 等 (2018) 对农场土壤中的碳含量和储存量进行分析时，提出了一种针对土壤碳审计的新方法，可以对土壤碳储量变化进行有效检测。

(4) 碳审计评价指标体系研究

第一，借助模型的碳审计评价指标体系研究。在对碳审计评价指标体系的研究上，国外的学者构建了诸多模型来对其进行研究。最早是 William Rees, Mathis Wackermagel 等 (1996) 构建出的“生态足迹模型”指标体系，用以评价可持续发展程度。此外还有 Salvador Enrique Puliafito 等 (2007) 提出的“Lotka—Voterra”模型，这是一套耦合微分方程，可以用来描述人口、国内生产总值、能源消耗和碳排放之间的关系。

第二，选取指标的碳审计评价指标体系研究。也有一些学者通过指标的选取来对碳审计评价指标进行构建。Andrew C. Lovell (2003) 以风险导向为依据构建了碳审计架构。Petri Tapio (2005) 以交通运输中产生的二氧化碳研究对象，通过设计脱钩指标，研究国内生产总值和二氧化碳排放量之间的关系。Wei Zhang 等 (2012) 则考虑到发展中国家的国情，结合具体国情，构建了包含低碳相关法律合规、低碳行为和绩效这三大方面审计的低碳审计框架。

第三，利用高新技术方法的碳审计评价指标体系研究。随着科学技术的提升，审计方法的进步，学者们开始利用高新技术方法对碳审计评价指标进行研究。Clément Mouchet, Neil Urquhart 等 (2014) 在对绿色信息技术现状进行调查的过程中，开发出一个可以呈现出所需碳足迹数据的碳足迹审计工具。Bryan C. Foster (2017) 以温室气体来源对其排量计算方法分类为直接计算法和间接计算法，前者针对于应用低碳技术后收益的改进，后者应用于均无法测量成本和价格的情况。Don Fullerton, Daniel H. Karney (2018) 在研究可持续发展战略的过程中，提出了以配额为基础的碳排放评价机制。

1.2.2 国内研究现状

与国外相比，我国的碳审计起步较晚。因此，相关的研究与西方国家相比无论是在数量上，还是内容上都显得滞后与有限，研究成果可以概括为以下几个方面。

(1) 碳审计内涵研究

关于碳审计内涵的研究，我国学者众说纷纭，莫衷一是。在对碳审计的认识上，叶祖达（2009）认为碳审计是城市规划的基础，直接影响了城市碳排放的决策，而碳审计对城市碳排放量的计量就是对城市碳足迹的计量。

第一，基于碳审计起源的碳审计内涵研究。关于碳审计的起源，学术界大概有能源审计、资源审计、环境审计这三种看法，例如钱英莲，樊鹏燕（2010）等众多学者认为碳审计是能源审计的一个分支，主要是对能源使用投产关系的评价，针对的是能源利用的有效性。陆婧婧，苏宁（2010）认为碳审计本质是用来衡量个人或者企业温室气体排放量，但由于温室气体的难以确认与计量，所以碳审计是具有特殊处的。而针对碳审计的本质，以钱纯，苏宁等（2011）为首的学者们认为碳审计是对碳排放责任履行的检查和鉴证，以及对其管理活动和成果的监督与评价。

第二，基于其他角度的碳审计内涵研究。关于碳审计的内涵释义，学术界也存在很多不同的见解，一些学者独辟蹊径，对碳审计的内涵从别的角度进行解读。例如：陈小林，梅林（2012）提出碳审计就是对“碳足迹”的建立，是一种环境规制工具；管亚梅（2013）通过对碳审计产生根源进行梳理，认为碳审计在低碳经济下势在必行，并基于免疫系统论得出碳审计的内涵是一种经济监督行为，针对碳活动对环境造成的影响进行鉴证和出具碳审计报告；郝玉贵，陈小敏等（2015）基于碳审计 SWOT 内涵，得出碳审计一种综合型审计，包含了对财政财务的审计、合规合法的审计，绩效的审计和社会责任审计。而学者郑石桥（2022）则提出了碳审计是以碳排放权为基础形成的碳排放委托代理，运用系统的方法对碳排放经济管理责任履行进行鉴证和评价，包含了碳排放相关信息、行为和制度三大审计主题，概括来说主要是对碳排放经管责任的承担者进行审计。

(2) 碳审计目的研究

第一，基于碳审计工作方向的碳审计目的研究。碳审计的目的是碳审计工作的方向，一些学者从碳审计的工作方向出发，对碳审计目的进行了解读。钱英莲，樊鹏燕（2010）认为碳审计目标是降低能耗和成本，提高利用率，但同时也要随着现代化的建设而发展。

卢相君, 刘蒙 (2011) 和陈小林, 梅林 (2012) 认为保障低碳经济健康有序的发展, 减缓气候变化, 实现可持续发展是碳审计的总体目标, 此外, 陈小林, 梅林还认为该总体目标结合了碳审计的产生和发展根源。

第二, 基于宏观角度的碳审计目的研究。还有学者从宏观角度对碳审计目的进行了阐释。管亚梅 (2013) 通过对国内外碳审计现有研究成果的借鉴, 得到碳审计目的应该是实现低碳经济发展和环境保护共赢的启示, 并基于免疫系统论将碳审计目标分为了促进人类可持续发展的总体目标以及碳活动审核鉴证的具体目标。管亚梅, 李园园 (2016) 在研究“一带一路”战略下碳审计实施策略时, 提出碳审计不仅有利于企业低碳发展的健康, 也有利于“一带一路”战略的早日实现。董华涛 (2018) 和李海燕 (2018) 分别从碳审计的性质和生态文明建设背景将碳审计目标理解为是国家为实现节能减排。

第三, 基于委托代理角度的碳审计目的研究。以郑石桥教授为首的学者, 基于委托代理角度, 对碳审计的目的进行了全新的释义。郑石桥 (2022) 从碳排放资源类委托代理关系入手, 把碳审计目标分为终极和直接目标, 但都可概括为真实性、合法性、效益性和健全性。周旭东, 郑石桥 (2022) 在对碳审计需求探讨时, 提出碳审计是为了应对资源类碳排放委托代理关系中代理人的某些特定类型的碳排放代理和次优问题。

(3) 碳审计方法研究

第一, 基于碳排放的碳审计方法研究。就碳审计的方法而言, 叶祖达 (2009) 提出了“碳足迹”对碳审计中的碳排放进行计量。对碳排放的估量, 陆婧婧, 苏宁 (2010) 认为直接检测受限过多, 建议运用适当的计算方法和排放系数, 即利用“排放量=活动强度×排放系数”公式、所用燃料的含碳量和使用量以及 IPCC (联合国政府间气候变化专门委员会) 的指导准则这三种方法来进行估算。张晓毅, 倪国爱等 (2012) 建议在选择碳审计方法时, 可以选择环境绩效审计方法, 例如: 环境费用效益分析法 (环境收益/环境费用) 和效益现值分析法 (经济效益现值—费用现值—带来的新污染治理的现值)。陈小林, 梅林 (2012) 建议采用产品生命周期法对碳足迹进行评估, 因为该方法涵盖从企业的供应商到废物处理与回收各个环节。

第二, 结合具体案例的碳审计方法研究。一些学者结合了具体案例对碳审计方法进行了说明。钱英莲, 樊鹏燕 (2010) 引用某大型煤炭企业为例, 在碳审计时要了解产业结构及能源消费结构, 然后对能耗指标进行分析评价, 进而核算节能减排量。张薇 (2015) 以 A 制造企业为例, 结合了 ISO14064 和 GHGProtocol 这两种碳足迹国际评价标准, 并采用生命周期法对案例进行了碳审计研究。李虹, 田马飞等 (2015) 运用灰色建模理论

对试点省市碳排放趋势进行预测，并建立博弈模型对碳审计合谋进行分析。

第三，基于供应链视角下的碳审计方法的研究。众多学者从供应链的角度进行研究。朱朝晖，梁胜浩（2015）与董华涛（2018）基于供应链视角，明确了碳审计的边界和内容，但王帆，倪娟（2016）根据现行国家经验分析出供应链视角下的碳审计可行性低，应该慎重考虑。

第四，结合信息技术的碳审计方法的研究。随着信息技术的发展，近些年，有大批的学者建议碳审计方法要结合信息技术。例如熊欢欢，杨赛得斯等（2016）在借鉴国外碳审计经验时，发现碳审计方法朝着全要素、全过程、全周期的方向发展，因此提出要提高创新技术，开发碳审计软件，从而实现碳审计信息化。

碳审计方法形式多样，也各有千秋。郑石桥（2022）将碳审计方法分为通用于各类审业务的技术方法和包括碳数据分析、验证和碳绩效评价的专门技术方法，为了确保这些方法的科学性，要系统地、关联地、就事论事地确定碳审计方法。

（4）碳审计评价指标体系研究

第一，基于 DSR 模型的碳审计评价指标体系研究。我国碳审计评价指标体系构建研究正式开始于 2013 年，但大多都是利用 DSR 模型进行评价指标体系构建。例如唐建荣，傅双双（2013）参照该模型筛选出 15 个评价指标，并使用人工神经网络模型对各个指标进行权重确定。但是高强，李秀莲（2014）等人认为在建立碳审计评价标准时要考虑碳行为是企业的社会责任，要随着时间不断完善，不同企业也应该标准不同。因此，王爱华，李双双（2016）在对 DRS 模型借鉴的基础上，将充分性、重要性、激励性、约束性和动态性做为原则，构建了企业低碳审计评价指标体系。李海燕（2017）从低碳生态视角出发，利用 DSR 模型和 AHP 方法，设计了 36 个指标，构建出适用于电力企业低碳审计评价指标体系。金密，张亚连（2018）结合“目标层-准则层指标层”的思路，以中石化为例，挑选了三大类近 35 项指标，建立 DSR 模型，构建出适用于化工企业的碳审计评价指标体系。

第二，基于其他方法或视角下的碳审计评价指标体系研究。除了基于 DSR 模型，学者们也采用了其他方法或出于不同视角对碳审计评价指标体系进行构建。管亚梅，张桐（2016）则基于雾霾治理视角，以降低碳排放量为核心，制定环境、经济、管理和社会四个指标，构建了碳审计指标体系，并将其应用到案例企业万科集团中。陈洋洋，王宗军（2016）基于层次分析法，选择经济效益、低碳技术、低碳消费、低碳政策和环境资源构建了一套相对科学可靠的低碳审计评价指标体系。杨博文（2017）以绿色可持续

发展理论为指导原则，提出在设计碳审计评价指标时，要考虑减排驱动力、反馈与效果这三个维度。赵玉珍（2017）从低碳审计的需求出发，依据法律、政策规定和技术标准构建了一套可以评价企业法律政策、低碳行为和低碳效果的评价指标体系。罗喜英，张媛等人（2018）基于“3E”三角模型即“经济—能源—环境”，并以一石油企业进行实验，构建出可以检验企业碳信息披露真实性的碳绩效评价指标体系。

1.2.3 国内外研究评述

基于上述国内外对碳审计内涵、目的、方法和评价指标体系构建这四方面的研究来看，国外的研究不仅包含理论的研究还包含了实证的研究，且在对碳审计进行研究时，倾向于结合具体的案例进行分析，而国内的学者更多的是针对于碳审计定义、目标等理论方面的研究。

第一，在对碳审计内涵的鉴证上。国内外学者看法大致相同。认为碳审计本质上是对碳活动的鉴证，监督与评价，与国外研究不同的是我国有学者引入了委托代理理论对目的进行阐释。

第二，对于碳审计目的研究上。国内外学者也都提及了对企业的价值以及对社会可持续发展的非凡意义。主要表现在节能减排、品牌形象、可持续发展方面，不同的是，我国在对碳审计目的的研究上还引入了“一带一路”战略目标的实现。

第三，在对碳审计方法上。国外大多采取实证的方法，而我国较为丰富，不仅采用具体案例进行分析，还引进了供应链和信息技术方法，并提出方法的采用要因地制宜，这样才具有科学性和有效性。

第四，在碳审计评价指标体系的构建上。国外的研究明显比我国的要丰富，我国倾向于构建模型、选择评价方法的步骤对碳审计评价指标进行构建，但总的来说都缺乏统一的碳审计评价指标。

我国碳审计起步的较晚，虽然国外的碳审计研究经验对我国有一定的借鉴意义，但是，审计的具体对象的具体内容是有所差异的，因此要具体问题具体分析，结合具体的国情、具体的企业来进行研究，确定标准。国内外对碳审计的研究，特别是实证部分的研究，对于笔者的研究提供了很大的帮助，本文也将按照我国学者构建碳审计评价标准的模式，先基于 DSR 模型，然后通过层次分析法的运用对汽车制造企业的碳审计评价指标体系进行构建。

1.3 研究内容与研究方法

1.3.1 研究内容

本文通过以下六个部分来对环境绩效审计评价进行研究：

第一部分：绪论。主要阐述文章的研究背景、目的和意义，明确本文的研究内容、方法以及技术路线的绘制，梳理国内外碳审计评价指标相关的研究现状并进行综合评述，并表明本文的创新点，为文章的深入研究奠定基础。

第二部分：相关概念及理论基础。阐释碳审计和环境审计的概念，介绍了可持续发展理论、环境经济学理论、企业社会责任理论、受托环境责任理论，为后续的研究写作打下理论基础。

第三部分：基于 DSR 模型的汽车制造企业碳审计评价指标体系构建。对现状做了简要分析，并结合汽车制造企业自身的特点运用 DSR 模型对汽车制造企业碳审计评价指标体系进行构建，包括构建原则、指标选取、体系形成以及权重确定。

第四部分：案例应用。对案例企业浙江吉利控股集团（以下简称“吉利集团”）进行介绍，并收集案例企业的相关碳数据，利用构建的评价指标体系评价案例碳审计情况，利用层次分析法进行汽车制造企业各指标权重确定，最后借助环境优值模型进行评价，对结果进行分析，得出所构建的评价体系对该企业的适用情况以及相应的启示。

第五部分：汽车制造企业碳审计评价指标体系应用保障措施。对完善汽车制造企业碳审计评价指标体系的应用保障措施进行对策研究，从强化内部碳审计机制、推进研究型审计和借助外部审计力量这三个层面出发，对碳审计实际中的实施提出相关建议。

第六部分：研究结论与不足。本部分基于对前文的分析得出研究结论，及论文存在的不足之处和未来努力的方向。

本文的研究逻辑框架图如下图 1.1 所示：

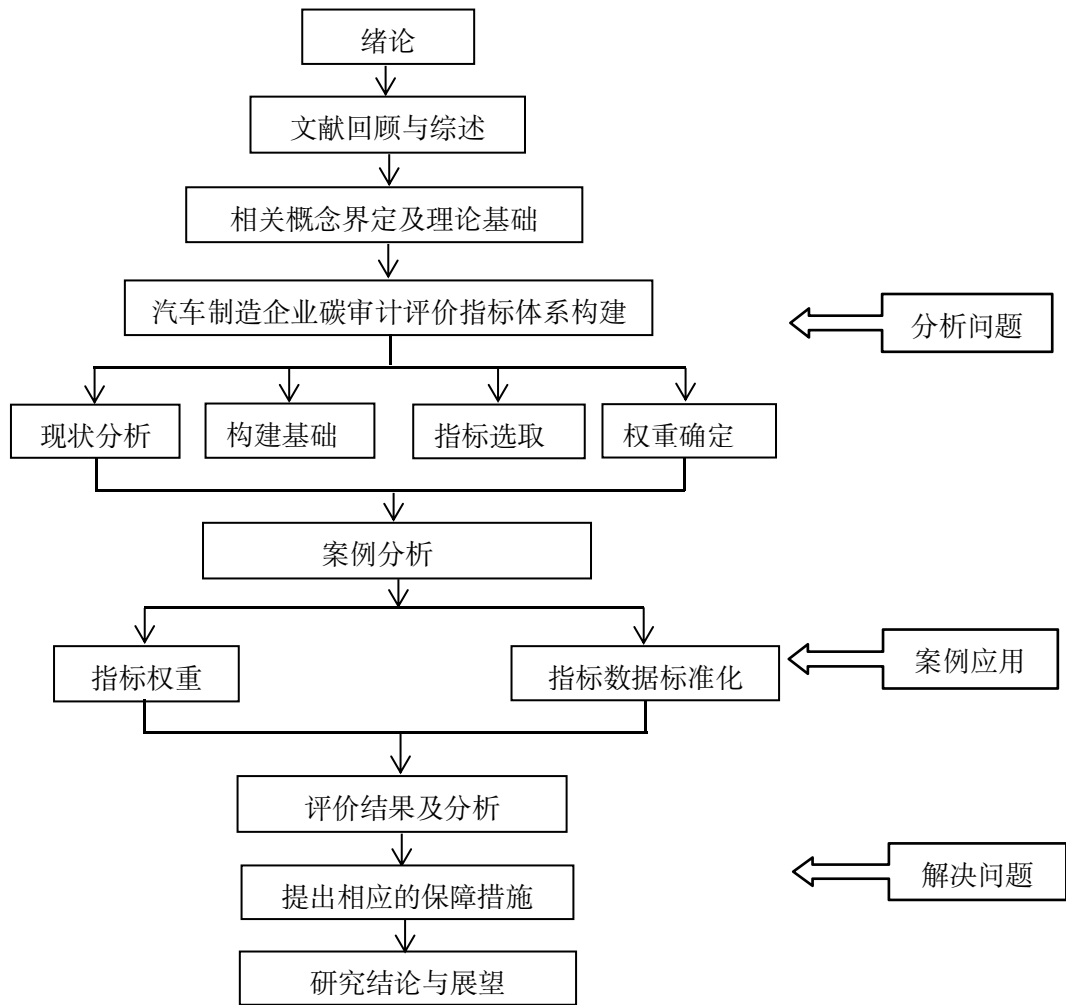


图 1.1 技术路线图

1.3.2 研究方法

(1) 文献分析法

该方法主要体现在第一章的文献综述与第二章概念理论部分。根据本文研究目标与内容，借助图书馆和线上资源，对国内外有关碳审计内涵、目的、方法、评价指标体系，概念和基础理论等文献进行归纳总结，为下文汽车制造企业碳审计评价指标体系的构建提供理论支撑。

(2) 案例分析法

该方法主要体现在第四章至第六章案例介绍、应用与分析方面。在对碳审计理论分析的基础上，结合汽车制造企业特点构建碳审计评价指标体系，选取一汽车制造企业为例进行实际应用，并对案例企业进行评价分析，得出案例企业碳减排工作实况和效果，并根据案例应用情况，得出相应的应用保障措施。

(3) 问卷调查法

该方法主要体现在第三章指标体系构建和第四章案例应用部分。问卷调查法主要是针对定性与定量指标的筛选与重要性排序。首先，阅读相关文献与资料，并结合行业特点，选取定性与定量指标，并设计成问卷调查的形式。其次，针对问卷调查的结果对指标进行筛选。最后，针对筛选后的指标设计问卷调查表，借助九级标度法对指标进行重要性排序，从而确定各指标权重。此外，本文还借助了流程图等方法，使问卷调查的结果更清晰明了的展现出来。

1.4 创新点

第一，研究视角的创新。目前碳审计主要是以政府审计的视角进行研究，且关于碳审计评价指标体系的研究集中在钢铁、煤炭、化工及电力等企业，研究汽车制造企业较少。但汽车制造企业同样也是碳排放巨头，构建一套适用于汽车制造企业的套碳审计评价指标体系以此来提高碳审计工作效率迫在眉睫，本文从内部审计出发，针对汽车制造企业构建碳审计评价指标体系，将碳审计研究视角创新的同时，也满足一定的实际需求。

第二，研究方法的创新。在上文的文献研究中发现现在对企业碳审计评价指标体系的构建过程中，学者主要采用 PSR、DSR、平衡计分卡、“3E”理论等单个模型的方法进行构建。而本文结合具体案例和汽车制造企业碳排放特点，结合 DSR 模型与 AHP 构建了一套适用于汽车制造企业的碳审计评价指标体系，在研究方法上具有一定的创新。

2 相关概念及理论基础

2.1 相关概念

2.1.1 环境审计

环境审计虽然在 20 世纪 90 年代诞生,但关于环境审计仍缺少准确的定义。顾名思义,环境审计是有关环境的审计,属于环境管理的范畴,同时也具有审计自带的监控和评价职能。环境审计是为了确保受托环境责任的有效履行,由国家审计机关、内部审计机构和社会审计组织依据环境审计准则对被审计单位受托环境责任履行的公允性、合法性和效益性进行的鉴证^①。环境审计的本质是对受托环境责任的鉴证,是经济与科技高速发展的产物,是审计的新兴领域,不同于传统审计,其重点不仅仅是经济活动,还包含了环境管理,是符合可持续发展理念的审计活动。对于企业而言,企业内部环境审计是由企业内部审计机构依据有关的环境法律法规,环境标准,企业各类环境管理政策和计划以及财务与会计核算准则,监督企业受托环境责任的履行,并对履行的公允性、合法性和效益性进行评价,其最终目标是要实现企业自身的价值和可持续发展^②。

2.1.2 碳审计

碳审计作为舶来品,起源于全球气候变暖带来的贸易化、经济化、政治化和国际化。相较于西方国家我国碳审计的发展较为落后,西方国家理论与实务都很完备,我国主要还是处于理论研究阶段,对于碳审计的定义也并没有明确。碳审计在国内相对于其他审计类别而言还是较为陌生的词汇,往往会误以为是对碳排放的审计,但碳审计包含的范围更广,不仅包括了对温室气体排放量的审计,还包括了对企业碳管理,碳减排潜力,低碳政策,低碳资金等的审计,对于企业来讲,具有更强的指导性^③。纵观学者们对碳审计定义的研究,可以将碳审计理解为独立的审计机构对政府和企业履行碳排放责任方面所进行的检查和鉴证,是对碳排放管理活动及其成果进行独立性监督和评价的一种行为。碳审计中的“碳”指的是二氧化碳和温室气体。碳审计是针对生产过程、生

^①李雪,杨智慧.对环境审计定义的再认识[J].审计研究,2004(2):26-30.

^②孙岩,杨肃昌.企业内部环境审计定义研究[J].审计与经济研究,2005,20(6):28-31.

^③赵放.关于我国碳审计问题的对策性思考[J].审计研究,2014,(4):54-57.

活过程所产生的温室气体排放对环境影响的审计行为。

2.2 理论基础

2.2.1 可持续发展理论

该理论是由英国在上世纪八十年代提出，源于世界各国对自然环境保护问题的逐步深入研究。可持续发展理论在 1992 年里约热内卢召开的联合国环境与发展大会上被进一步深化为具体的行动方案，并且我国也于同年推行了可持续发展战略。由于可持续发展与环境、经济和社会联系密切，因此，可持续发展理论一直是世界经久不衰的研究主题。我国从开始推行可持续发展思想战略后，对可持续发展一直给予高度的重视，并结合我国实际情况，将可持续发展理论具体为经济、社会与人口的可持续发展，资源和环境保护与可持续利用，可持续发展理论是我国生态文明制度体系建设与完善的核心理论，同时也在我国生态文明制度建设的过程中不断深化。自党的十八大以来，我国贯彻可持续发展理论，大力推进生态文明建设，在生态文明建设方面取得了一些成果，二十大也再次做出了“推动绿色发展，促进人与自然和谐共生”等论断，无疑是对可持续发展理论的再一次肯定。可持续发展的内涵是经济社会发展不仅要满足当代人的需要，也要不对后代人满足需要的能力构成危害，其以公平性、持续性、共同性为原则。公平性原则即本代之间和世代之间的平等。公平性原则要求要遵循人与自然、社会与自然之间的公平性，注重生态资源分配的公平性；持续性原则即生态系统在受到干扰后仍能保持应有的生产力。作为核心原则，需要从各方面保证生态环境发展的可持续性；共同性原则即需要全球的配合和努力。可持续发展绝不是一个人、一个单位、一个国家的事情，需要全世界的共同努力。

可持续发展理论包含了经济、人口和资源可持续发展三大部分，而其中的经济与资源发展则和企业关系密切，企业可以通过科技水平的提高，来实现经济发展与污染防治的兼顾、通过生产原材料的节约与优化利用以及废弃物排放的减少和回收再利用来实现节能减排的目的，从而实现经济与资源的可持续发展。碳审计可以监督和控制企业的碳排放行为，发现生产过程中能源使用与碳排放存在的问题。从而实现经济与资源的可持续发展，因此，可持续发展理论为碳审计理论提供了总体目标，并且为碳审计的发展提供了指导建议，碳审计秉持可持续发展的理念对企业碳排放相关的经济活动进行评价和

监督，着手于企业的微观问题，从而促使宏观环境问题的改善。本文基于该种理论，通过对案例汽车企业低碳审计评价指标体系的构建，为汽车企业的可持续发展提供了评价依据和监督方法，为企业切实实现可持续发展提供了技术保障。这与可持续性发展理论“达到共同、协调、公平、高效、多维的发展”这一最终目标是一致的。对汽车制造企业进行碳审计评价指标的构建将会对汽车制造企业的可持续发展起到积极作用，也相应的对整个社会的可持续发展起到助推作用。

2.2.2 环境经济学理论

环境经济学理论融合了环境科学和经济学，也是由环境和经济偶合而成的，包含了“环境是经济的基础和制约、经济发展可以主导环境的变化，环境和经济互相促进”的理念，具有较强的外部性。环境经济学理论的诞生与发展与经济高速发展下日益严重的环境问题割舍不开，其旨在解决经济效益和生态效果的问题，使二者达到一种平衡的状态，保证经济效益最大化的同时，也确保长远的生态效果。从本质来看环境经济学理论与可持续发展理论有重叠的部分，二者都是研究环境与经济发展的问题。因此，环境经济学理论的研究离不开可持续发展理论，可持续发展理论促进了环境经济学理论的同时，环境经济学理论也有助于可持续发展理论的完善，该种关系在实践中格外明显，尤其是对于想兼顾经济效益和生态保护的企业而言。

可持续发展理论从宏观层面为汽车制造企业碳审计评价提供了指导，环境经济学理论则从更为微观的角度为汽车制造企业碳审计评价提供了指导理论。首先，环境经济学理论中的外部性也存在于汽车制造企业中，汽车制造企业在生产过程中必然会对环境造成污染，汽车制造企业有责任与义务去解决自身带来的环境污染问题，而对汽车制造企业进行碳审计评价指标的构建可有效督促企业进行环境问题的解决，并对解决效果进行检验。其次，环境经济学中包含费用效益的分析、环境价值与影响评价，也为汽车制造企业碳审计评价方法的选择与构建提供了理论依据。最后，环境经济学理论中也涉及了针对可持续发展实现而采取的环境经济政策与方法，而碳审计评价指标体系的构建正是为了实现可持续发展而采取的方法。综上，环境经济学理论为汽车制造企业的碳审计评价指标体系构建与应用提供了基本的理论指导，其目的是为了解决汽车制造企业发展过程中的环境保护问题，实现经济效益与生态保护的统筹兼顾。

2.2.3 企业社会责任理论

可持续发展理论促使了企业社会责任的履行，尤其是温室效应及其带来的全球气候变暖问题日趋严峻，高碳化的经济发展模式与社会的可持续发展相悖，由此应运而生的低碳经济，低碳经济更加催化了企业社会责任中环境责任的履行，并且低碳经济注重企业社会责任的履行，目前不仅仅是汽车企业，众多企业开始纷纷转型，寻求绿色发展，实行低碳经济模式。可持续发展理念下企业的生产主要是以清洁能源和绿色能源为主，需要企业重视并加大对低碳设备和技术方面的资金投入，并且要实现能源的可循环和再利用。因此，对于企业社会责任中环境责任的履行而言，可以在可持续发展理论基础上，通过对新能源的开发、相关技术的升级、甚至是产业转型以及制度层面上的考量来进行创新，减少对高碳能源的消耗和二氧化碳等主要温室气体的排放，从而实现企业的社会责任的履行。

企业固然对生态环境的保护负有责任，但这种责任并不应该是法律法规的强制执行，而应该是企业自发的行为。企业在生产，追求经济效益的过程中对环境或多或少造成了一定的破坏，并且也产生了大量的碳污染，因此，企业对于碳排放的行为理应承担相应的社会责任，针对国家制定的双碳目标，每个企业也应该承担起相应的责任，助力双碳目标的实现。企业有必要采取措施来优化企业的碳排放行为，减少碳排放量。本文通过对汽车制造企业的新能源及电气化车销量、能源消耗中可再生能源占比等相关数据进行分析，构建出适用于汽车制造企业的碳审计评价指标体系，并应用到案例汽车企业中，并最终通过一系列碳审计评价指标体系的保障措施促进汽车制造企业的社会责任履行。

2.2.4 受托环境责任理论

受托环境责任理论是企业社会责任理论在企业审计中更为具体的理论体现，也是企业承担社会责任中环静责任的具体表现。受托责任在经济关系中普遍存在，也是审计产生与发展的根本原因，即由于所有权与经营权的分离，受托方接受委托，对所交付的资源进行管理与应用，并管如实地向委托方报告受托责任履行情况。受托环境责任是在受托责任上发展形成的，是为了满足解决日益严重的环境问题的需要，与可持续发展的需求。相较于受托责任，受托环境责任重点是环境管理活动。在受托环境责任理论中，委托人不再只是简单的企业所有人，其最根本的委托人应该是社会公众，因为环境恶化的结果最终是由社会公众承担，碳审计作为环境责任的受托人，有义务对社会公众的环境利益进行保护。

我国的《环境保护法》虽然规定了公共部门负有环境保护的责任，但环保责任并不能仅仅是由政府承担，企业作为环境资源的使用者与破坏者理应肩负起保护环境的担子。特别是一些高污染或者对环境破坏性强的企业。汽车制造企业一直与环境污染挂钩，且属于高污染行业，因此基于受托环境责任理论，对汽车制造企业进行碳审计评价指标体系的构建，以此来监督与报告受托环境责任的履行情况。此外，为了更好的对受托人的环境利益进行保护，在对汽车制造企业进行碳审计评价指标体系的保障措施中也提出了借助政府、第三方审计与外部监督力量的建议来确保受托人的环境利益。所以受托环境责任理论是本文中汽车制造企业碳审计评价指标体系构建与应用的理论依据，为本文的研究提供了理论基础。

3 基于 DSR 模型的汽车制造企业碳审计评价指标体系构建

3.1 汽车制造企业碳审计评价现状分析

汽车制造企业碳审计评价现状可以概括为以下几点：第一，碳审计评价理论基础的匮乏。我国碳审计起步较晚，相关理论与实践并不完善，专业研究人员也相对较少。第二，碳审计评价政策依据的缺失。虽然我国针对一些大气污染物和汽车生产过程中产生的污染物制定了一些排放标准，例如《大气污染物综合排放标准》《“十四五”节能减排综合工作方案》《2021 年度乘用车企业平均燃料消耗量与新能源汽车积分情况》《乘用车单位产品能源消耗限额》（DB31/T 1342-2021）等。但是目前我国并无统一确定的碳审计评价标准，这并不是汽车制造企业的通病，也是让所有行业都存在的问题。第三，碳审计评价的忽略。这也是各个行业的通病，传统的汽车制造企业还是更倾向于经济利益的追求，即使是进行内部审计也往往是财务审计，在双碳目标的大背景下，虽然企业纷纷表示节能降碳，但出于上述两种原因以及经济支出的考量，也鲜有企业进行碳审计评价工作。

3.2 汽车制造企业碳排放特点分析

3.2.1 汽车制造环节污染物产出分析

汽车使用环节会产生大量污染，但与汽车制造环节相比则是九牛一毛，汽车制造属于重工制造，因此，不可避免会产生大量的污染排放物。就碳排放而言，主要来源是：汽车材料和零部件。具体包括以下三大方面：例如钢、铝等金属材料的碳排放；例如橡胶、织物等非金属材料的碳排放；动力蓄电池及其材料的碳排放。汽车制造企业生产内容一般由冲压、焊装、涂装、树脂和总装五大工艺组成，生产过程中，废气、废水和固体废物这三种为主要的污染排放物。具体的污染产物分析如图 3.1 所示：

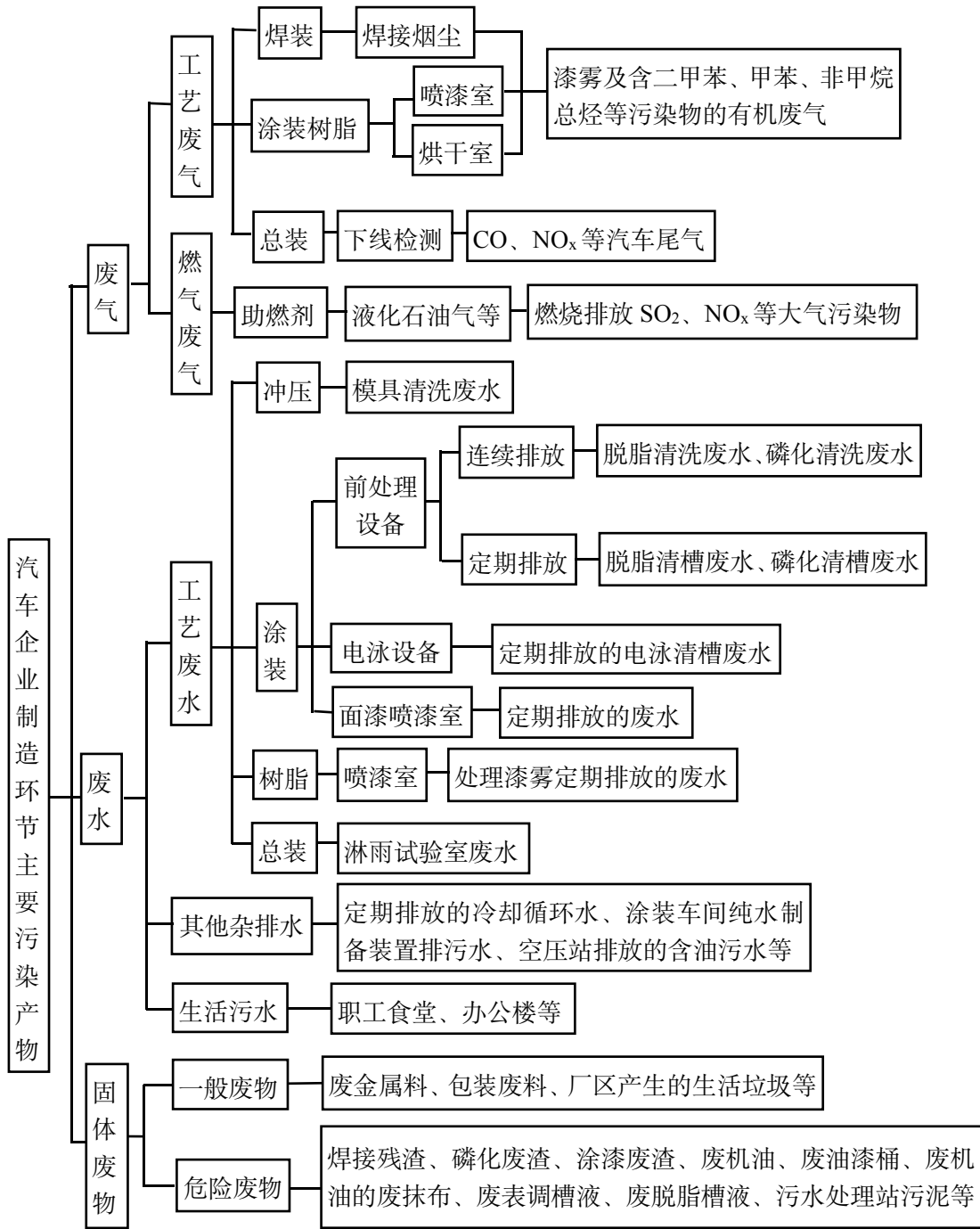


图 3.1 汽车制造业产物环节分析图

3.2.2 汽车制造企业碳排放足迹分析

汽车制造企业的碳排放根据排放主体的不同，可分为汽车生产过程中的直接排放、生产过程中外购电力、蒸汽等能源的间接排放和企业上下游运输和配送供应链、员工通勤等的其他间接排放三类。具体分类如图 3.2 所示：

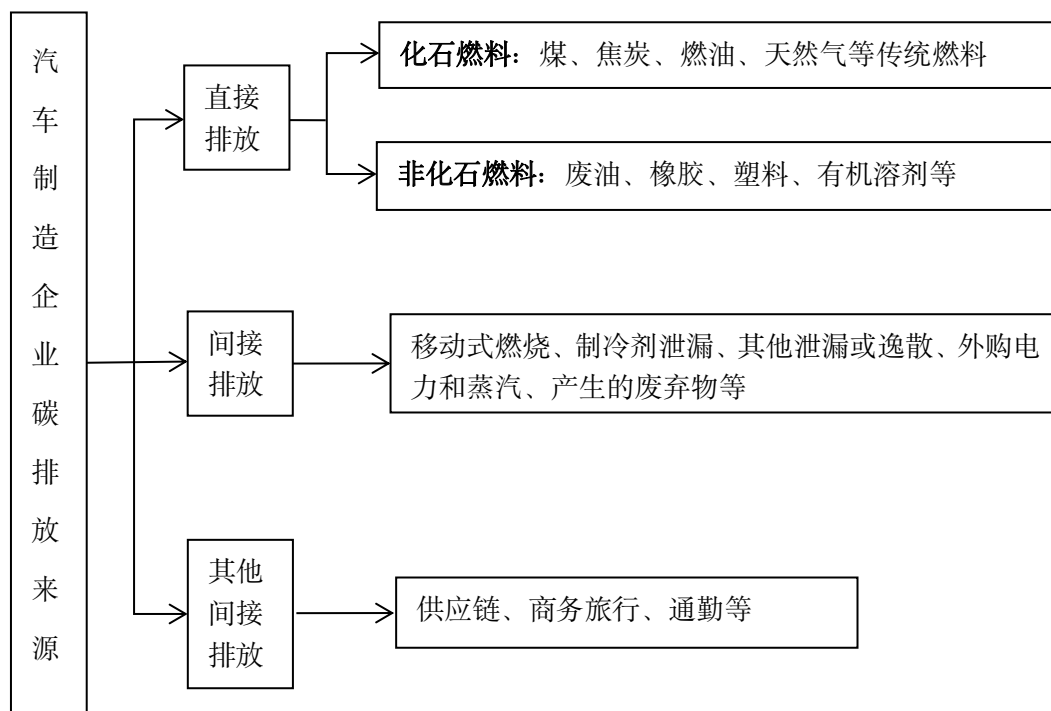


图 3.2 汽车制造企业碳排放来源图

3.3 碳审计评价指标体系构建基础

3.3.1 碳审计评价指标体系构建原则

(1) 科学性原则

科学性原则指的是研究目的明确的基础上研究原理和方法都要正确，以确保研究结果的准确率。一是要求碳审计评价指标体系的构建要有依据。指标的选择不仅要符合国家标准和环保政策。指标设置要科学，可以真实反映碳排放情况，以使评价结果更准确可靠；二是要求碳审计评价指标体系的构建要合理。要适用于汽车制造企业，并且还要具有一定的针对性，凸显汽车制造企业的特点；三是要求碳审计评价指标体系的构建要定性与定量相结合。构建固然需要定量数据，但是也会存在一些定性指标，这就需要审计人员通过过往经验和主观判断来进行分析，只有定量与定性相结合，才能客观切实的反映汽车制造企业真实的碳排放状况。

(2) 可行性原则

可行性一是要求碳审计评价指标体系要便于理解。碳审计工作人员可以理解评价指标的具体含义及方法使用，或者通过简单的解释和教学就可以理解，以此来提高实施的可能性以及效率，也可以避免评价过程中由于难以理解或者误解带来评价结果的误差；

二是要求评价指标要可操作。评价指标所需要的数据和资料要方便获取，数据计算要简便，以便在实务操作中实施，防止由于数据资料的难以获取或者计算的复杂导致评价止步不前，甚至直接放弃。

(3) 前瞻性原则

前瞻性原则是符合当下审计从事中审计过渡为事前审计的发展趋势的。前瞻性原则一是要求结合长期目标。不能仅着眼于短期的经济利益、拘泥企业的当下，要放眼未来、重视企业的长远利益，基于可持续发展理论，充分考虑汽车制造企业的可持续发展问题，注重环境保护，解决能源消耗带来的长期经济利益；二是要求结合动态指标。所设计的指标中不仅要包含可以反映企业当前状况的静态指标，也要包含可以反映变化趋势的动态指标，可以将当期数值与基期数值进行比较研究发变化趋势，以便于可以发现潜在的风险，提前做好应对措施。

3.3.2 DSR 模型

从环境经济学理论出发对评价指标体系构建模型进行选取，DSR 模型是“驱动力—状态—响应”模型 (Driving—State—Response Model) 的简称，做为一种环境管理体系，是在 PSR 模型^①的基础上发展而来的，用来研究“环境—社会—经济”三大系统协调发展问题。相比较 PSR 模型，DSR 模型将压力因素改为驱动力因素，不仅更加准确地涵盖社会和经济两项指标，也更好地反映来环境问题对社会与经济的影响以及社会和经济在可持续发展中积极与消极作用，因此，在研究可持续发展指标体系构建时受到不同领域的青睐。

该模型由驱动力 (Driving) 指标、状态 (State) 指标和响应 (Response) 指标构成，三个指标贯彻了环境经济学理论思想，其中：驱动力指标是指人类生活中会造成环境无法可持续发展的因素，如生产方式、经济制度、消费模式等，描述的是社会与经济系统向着有利于环境系统发展的内在动力，是推动社会与经济走向可持续发展的力量来源。驱动力本质上是一种压力和动力，对于企业碳审计而言，驱动力主要来源于社会、经济和环境形成的碳社会责任；状态指标是指人类生活对环境造成的影响，即人类生活导致生态环境发生的变化，例如气候变迁、大气污染、土地贫瘠等，描述的是社会和经济系统对环境系统造成影响时，环境系统所呈现的状态。状态指标本质上是一种变化的形态，

^①PSR 模型 (Press—State—Response Model) 即“压力—状态—响应”模型。

对于企业碳审计而言，状态主要是企业的能源消耗与污染排放；响应指标是指人类生活为了保护生态环境，实现可持续发展所发生的转变和应对措施，如清洁能源的使用，绿色环保的宣传，回收再利用等，描述的是社会和经济系统应对自身对环境系统造成影响后所采用的措施。响应指标本质上是一种应对弥补，对于企业碳审计而言，响应主要是指战略改进措施和污染治理政策。在进行汽车制造企业碳审计评价指标体系构建时，DSR 模型可以更全面的对碳审计工作进行判断分析。DSR 模型具体如图 3.3 所示：

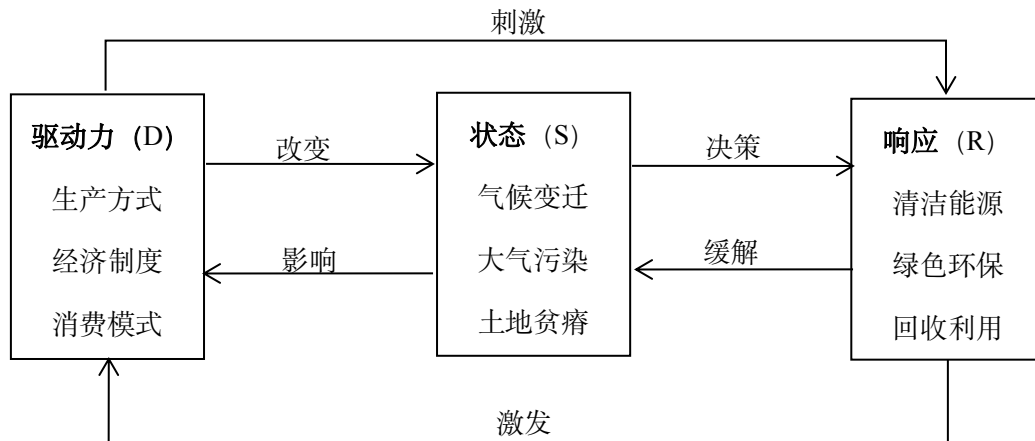


图 3.3 DSR 模型图

3.4 汽车制造企业碳审计评价指标的选取

3.4.1 汽车制造企业碳审计评价指标层次结构模型建立

根据碳审计相关概念以及可持续发展等理论基础，结合汽车制造企业实际生产过程中碳排放特点，采用 DSR 模型，依照层次分析法的理念，本文从目标层、准则层和指标层对汽车制造企业的碳审计评价指标进行针对性的设计和选取。下面分析各个指标层，第一层是目标层。作为最高层，只有一个元素，代表评价指标的总体目标，表明评价指标构建的目的，即对汽车制造企业碳审计工作的综合评价，考评其实际成效；第二层是准则层。是目标层的具体反映，是目标层实现的过程和标准，由多个因素构成，基于 DSR 模型，汽车制造企业碳审计评价指标涉及了驱动力、状态和响应这三个影响因素；第三层是指标层。是准则层的具体细分，即构成汽车制造企业碳审计评价指标体系的具体指标，本文指标层是分别通过驱动力、状态、响应这三个方面确定成若干个评价目标。具体如图 3.4 所示：

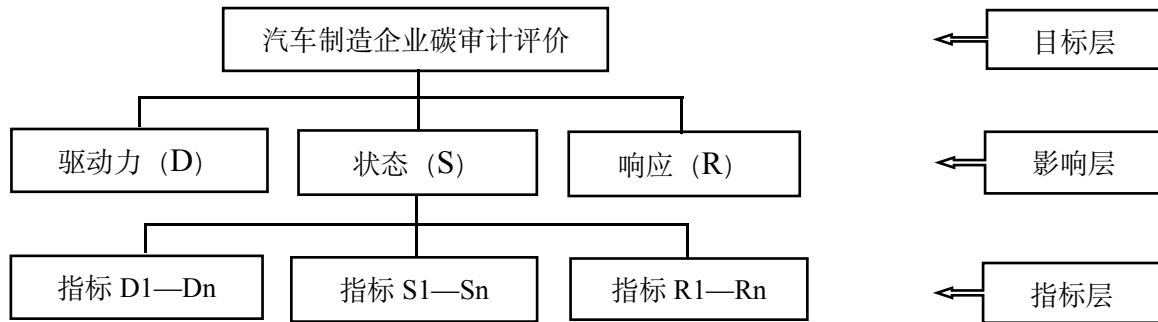


图 3.4 汽车制造企业碳审计评价指标体系框架结构图

3.4.2 汽车制造企业碳审计评价指标初始设置

为了客观且针对性的评价汽车制造企业碳审计实施状况，在遵照构建原则的基础上，本文选取了汽车制造企业具有代表性的评价指标。首先，由于关于汽车制造企业碳审计评价指标构建的研究较少，所以在选取过程中主要是参考了前人碳审计评价指标构建时的指标选取，整理出碳审计评价指标构建常用的指标，因为常用的指标也具有一定的代表性。其次，为了更具科学性，在对指标选取时也参考了国家节能环保和汽车排放相关政策文件，如《绿色发展指标体系》《汽车整车制造业（涂装工序）大气污染物排放标准》（DB11/1277—2015）《大气污染物综合排放标准》（DB11/501—2017）等，设计了部分评价指标。再次，为了体现汽车制造企业碳排放特性，进行了汽车制造企业碳排放数据的查阅，制定了一些具有汽车制造企业特有的指标。最后，根据每个指标的特点和作用，将各个指标划分到驱动力、状态和响应三个因素层中。

第一，驱动力指标的选取。汽车制造企业属于重工业，在生产各个环节中都或多或少直接或间接地产生温室气体及其他污染物。驱动力指标主要反映汽车制造企业在生产活动中获取经济效益时对环境造成的负面影响。具体指标主要包括资产总额（D1）、主营业务收入（D2）、新能源及电气化车销量（D3）、企业纳税总额（D4）、平均燃料消耗量积分（D5）、新能源汽车积分（D6）。

第二，状态指标的选取。状态指标主要反映了汽车制造企业在日常生产过程中，对环境造成的不良甚至是恶劣影响，具体表现为汽车制造企业温室气体和大气污染物的排放、能源的消耗以及降碳减排政策的执行。具体指标主要包括整车基地二氧化碳（CO₂）排放量（S1）、整车基地氮氧化物（NO_x）排放量（S2）、整车基地二氧化硫（SO₂）排放量（S3）、整车基地非甲烷总烃排放量（S4）、生产废水排放量（S5）、整车基地能源消耗量（S6）、水资源消耗量（S7）、钢材消耗量（S8）、包装材料使用量（S9）、

能源消耗中可再生能源占比 (S10)、是否采用绿色物流包装 (S11)、是否低碳物流 (S12)、是否应用可持续材料 (S13)、是否遵守法律法规 (S14)、是否采用清洁生产 (S15)。

第三, 响应指标的选取。响应指标反映了汽车制造企业面对由于自身获取经济利益造成自然资源和生态环境变化时所作出的反应。即汽车制造企业为了改善和保护自然环境, 实现可持续发展, 所采取的措施。具体表现为技术的改进, 污染物的控制、环保的资金投入和宣传等。具体指标主要包括二氧化碳 (CO₂) 减排率 (R1)、氮氧化物 (NO_x) 减排率 (R2)、二氧化硫 (SO₂) 减排率 (R3)、非甲烷总烃减排率 (R4)、生产废水减排量 (R5)、能源消耗同比变化 (R6)、水资源消耗同比变化 (R7)、钢材消耗同比变化 (R8)、油漆消耗量同比变化 (R9)、包装材料使用量同比变化 (R10)、新能源汽车积分 (R11)、水资源循环利用率 (R12)、整车报废材料可再利用率 (R13)、整车报废材料可回收利用率 (R14)、整车报废材料可回收利用率 (R15)、环保设施配备率及正常运转率 (R16)、是否实施低碳宣传和教育 (R17)。

具体如表 3.1 所示 (说明: “+”表示正向指标, “-”表示负向指标。):

表 3.1 汽车制造企业碳审计评价指标初始设置

目标层	准则层	指标层	指标性质
企 业 碳 审 计 评 价 指 标	驱动力指标 (D)	D1 资产总额	定量指标 (+)
		D2 营业总收入	定量指标 (+)
		D3 新能源及电气化车销量	定量指标 (+)
		D4 企业纳税总额	定量指标 (+)
		D5 平均燃料消耗量积分 ^①	定量指标 (+)
	状态指标 (S)	D6 新能源汽车积分 ^②	定量指标 (+)
		S1 温室气体排放总量	定量指标 (-)
		S2 氮氧化物 (NO _x) 排放量	定量指标 (-)
		S3 二氧化硫 (SO ₂) 排放量	定量指标 (-)
		S4 非甲烷总烃排放量	定量指标 (-)
		S5 生产废水排放量	定量指标 (-)

^①乘用车企业平均燃料消耗量积分, 为该企业平均燃料消耗量的达标值和实际值之间的差额, 与其乘用车生产量或者进口量的乘积 (计算结果按四舍五入原则保留整数)。

^②新能源车积分, 为企业新能源积分实际值与达标值之间的差额, 与其乘用车生产量或者进口量的乘积 (计算结果按四舍五入原则保留整数)。

续表 3.1 汽车制造企业碳审计评价指标初始设置

目标层	准则层	指标层	指标性质
汽 车 制 造 企 业 碳 审 计 评 价 指 标	状态指标 (S)	S6 能源消耗量	定量指标 (-)
		S7 水资源消耗量	定量指标 (-)
		S8 钢材消耗量	定量指标 (-)
		S9 油漆消耗量	定量指标 (-)
		S10 包装材料使用量	定量指标 (-)
		S11 能源消耗中可再生能源占比	定量指标 (-)
		S12 是否采用绿色物流包装	定性指标 (+)
		S13 是否采用低碳物流	定性指标 (+)
		S14 是否应用可持续材料	定性指标 (+)
		S15 是否遵守法律法规	定性指标 (+)
	S16 是否采用清洁生产	定性指标 (+)	
	响应指标 (R)	R1 温室气体减排量	定量指标 (+)
		R2 氮氧化物 (NO _x) 排放量同比减少率	定量指标 (+)
		R3 二氧化硫 (SO ₂) 排放量同比减少率	定量指标 (+)
		R4 非甲烷总烃排放量同比减少率	定量指标 (+)
		R5 生产废水排放量同比减少率	定量指标 (+)
		R6 能源消耗量同比减少率	定量指标 (+)
R7 水资源消耗量同比减少率		定量指标 (+)	
R8 钢材消耗量同比减少率	定量指标 (+)		
R9 油漆消耗量同比减少率	定量指标 (+)		
R10 包装材料使用量同比减少率	定量指标 (+)		
R11 工业用水资源循环利用率	定量指标 (+)		
R12 固体废物循环利用率	定量指标 (+)		
R13 固体物达标排放率	定量指标 (+)		
R14 整车报废材料可再利用率	定量指标 (+)		
R15 整车报废材料可回收利用率	定量指标 (+)		
R16 环保设施配备率及正常运转率	定量指标 (+)		
R17 是否开展低碳教育和宣传	定性指标 (+)		

3.4.3 汽车制造企业碳审计评价指标筛选

在评价指标的初始设置中，共设计了6个驱动力指标、16个状态指标、17个响应指标，共计39个指标。一方面指标设置偏多，另一方面为了更具针对性和代表性，本文将上述39个指标设计成问卷调查的形式，向相关专家征询意见，将问卷调查和专家调查相结合对39个指标进行重要性判断，从而剔除与汽车制造企业碳审计评价关联度不高的指标。通过Likert五级评分法，问卷调查将每个指标按照重要程度分为五个等级：很重要、重要、一般、不重要和很不重要，分别用数字1、2、3、4和5表示。通过纸质样本、电子问卷等形式发放给2位汽车专业人员、5位碳审计专家、3位环保专业人员，此外，为了更综合的对汽车制造企业的碳审计评价指标进行选取，选取了2位对汽车、碳审计和及环保均有了解的研究生对指标进行评分。根据10位专家和2位研究生的打分结果，对于通过“SPSSAU”软件计算每项指标在分别去掉最高、低分后的平均值和标准差，其中：平均值是为了观测指标的集中度；标准差是为了观测指标的离散程度。对平均值小于3或标准差大于1的进行删减，最终剔除17个指标，余下4个驱动力指标、7个状态指标、7个响应指标，共计20个指标。下表3.2为中标有“*”的指标即为删除的指标。问卷调查情况见文章最后附录A。

表 3.2 描述统计量

名称	样本量	最小值	最大值	平均值	标准差
D1 资产总额*	12	1	5	3.75	1.215
D2 营业总收入	12	2	5	4.25	0.965
D3 新能源及电气化车销量	12	2	5	3.417	0.9
D4 企业纳税总额	12	3	5	3.75	0.754
D5 平均燃料消耗量积分	12	2	5	3.25	0.754
D6 新能源汽车积分*	12	1	5	3	1.279
S1 温室气体排放总量	12	3	5	4.583	0.669
S2 氮氧化物 (NO _x) 排放量	12	3	5	4.417	0.9
S3 二氧化硫 (SO ₂) 排放量	12	3	5	4.417	0.9
S4 非甲烷总烃排放量	12	3	5	4.333	0.778
S5 生产废水排放量	12	3	5	4	0.739

续表 3.2 描述统计量

名称	样本量	最小值	最大值	平均值	标准差
S6 能源消耗量	12	3	5	4.25	0.754
S7 水资源消耗量	12	3	5	3.667	0.778
S8 钢材消耗量	12	2	5	3.417	0.996
S9 油漆消耗量	12	2	5	3.25	0.965
S10 包装材料使用量*	12	2	4	2.833	0.718
S11 能源消耗中可再生能源占比*	12	1	5	4.167	1.267
S12 是否采用绿色物流包装*	12	2	4	2.917	0.669
S13 是否采用低碳物流*	12	2	5	2.917	0.996
S14 是否应用可持续材料*	12	2	5	3.75	1.055
S15 是否遵守法律法规	12	2	5	3.917	0.996
S16 是否采用清洁生产	12	2	5	4.083	0.900
R1 温室气体减排量	12	3	5	4.667	0.651
R2 氮氧化物 (NO _x) 排放量同比减少率	12	3	5	4.333	0.888
R3 二氧化硫 (SO ₂) 排放量同比减少率	12	3	5	4.417	0.793
R4 非甲烷总烃排放量同比减少率	12	3	5	4.25	0.866
R5 生产废水排放量同比减少率	12	2	5	3.667	0.888
R6 能源消耗量同比减少率	12	3	5	3.917	0.793
R7 水资源消耗量同比减少率	12	1	5	3.333	0.985
R8 钢材消耗量同比减少率	12	2	4	3.333	0.778
R9 油漆消耗量同比减少率	12	2	4	3.25	0.622
R10 包装材料使用量同比减少率*	12	2	5	2.833	0.937
R11 工业用水资源循环利用率*	12	2	5	3.333	1.073
R12 固体废物循环利用率*	12	1	5	3.333	1.371
R13 固体物达标排放率*	12	1	5	3.417	1.505
R14 整车报废材料可再利用率*	12	1	5	2.75	1.288
R15 整车报废材料可回收利用率*	12	1	5	2.667	1.303
R16 环保设施配备率及正常运转率	12	2	5	3.583	0.996
R17 是否开展低碳教育和宣传	12	2	5	3.083	0.900

通过上述对汽车制造企业碳审计评价指标的设计，筛选后，最终确定的汽车制造企业碳审计评价指标体系如下表 3.3 所示：

表 3.3 汽车制造企业碳审计评价指标体系

目标层	准则层	指标层	指标性质	
汽车 制 造 企 业 碳 审 计 评 价 指 标	驱动力指标 (D)	D1 营业总收入	定量指标 (+)	
		D2 新能源及电气化车销量	定量指标 (+)	
		D3 企业纳税总额	定量指标 (+)	
		D4 平均燃料消耗量积分	定量指标 (+)	
	状态指标 (S)	S1 温室气体排放总量	定量指标 (-)	
		S2 氮氧化物 (NO _x) 排放量	定量指标 (-)	
		S3 二氧化硫 (SO ₂) 排放量	定量指标 (-)	
		S4 非甲烷总烃排放量	定量指标 (-)	
		S5 生产废水排放量	定量指标 (-)	
		S6 能源消耗量	定量指标 (-)	
		S7 水资源消耗量	定量指标 (-)	
		S8 钢材消耗量	定量指标 (-)	
		S9 油漆消耗量	定量指标 (-)	
		S10 是否遵守法律法规	定性指标 (+)	
		S11 是否采用清洁生产	定性指标 (+)	
		响应指标 (R)	R1 温室气体减排量	定量指标 (+)
			R2 氮氧化物 (NO _x) 排放量同比减少率	定量指标 (+)
			R3 二氧化硫 (SO ₂) 排放量同比减少率	定量指标 (+)
			R4 非甲烷总烃排放量同比减少率	定量指标 (+)
R5 生产废水排放量同比减少率	定量指标 (+)			
	R6 能源消耗量同比减少率	定量指标 (+)		
	R7 水资源消耗量同比减少率	定量指标 (+)		
	R8 钢材消耗量同比减少率	定量指标 (+)		
	R9 油漆消耗量同比减少率	定量指标 (+)		

续表 3.3 汽车制造企业碳审计评价指标体系

目标层	准则层	指标层	指标性质
	响应指标	R10 环保设施配备率及正常运转率	定量指标 (+)
	(R)	R11 是否开展低碳教育和宣传	定性指标 (+)

3.5 基于层次分析法的指标权重确定

3.5.1 层次分析法

层次分析法简称 AHP (Analytic Hierarchy Process), 属于运筹学的决策方法, 用于解决多目标决策问题。层次分析法最大的特点是结合了定性与定量方法, 包含了目标、准则、方案三个层次结构, 融合了分解的理念, 将复杂多样的目标问题分解多个子目标, 然后再将这些子目标通过专家调查法两两比较, 最终得出每个层次中各个指标的单个权重和综合权重, 本质上是一种主观赋权。

本文采用层次分析法的原因主要有以下几点: 一是层次分析法可以系统的衡量各个指标的相对重要性。由于碳审计评价方法还没有统一标准, 且针对汽车制造企业碳审计评价指标也不够准确, 采用层次分析法, 通过对每个指标重要性的相对比较, 可以减少计算误差; 二是层次分析法简单直观。汽车制造企业碳审计评价指标体系涉及汽车制造、碳审计、环境保护等多个领域, 且影响的指标较多, 层次分析法可将这些复杂多样的指标进行划分, 使每个指标更具逻辑性, 也更直观简洁; 三是层次分析是一种将定性和定量方法相结合的决策方法。在汽车企业碳审计评价指标的构建中, 不仅涉及了定量指标, 也涉及了定性指标, 层次分析法量化定性指标, 从而使其与定量指标具有可比性, 这样得出的评价结果更客观具体。

3.5.2 层次分析法实施步骤

(1) 建立层次结构模型

层次分析法分为目标、准则和方案三个层次。目标层是最高层次, 是层次分析法的分析目标, 一般只有一个元素, 用 A 表示目标层; 准则层是中间层次, 作用是承上启下, 是对目标层元素的分解和概括, 用 B 表示准则层, 用 (B1, B2...Bm) 表示准则层具体元素; 方案层是最低层次, 是对准则层的具体细分, 是层次分析法中最基本的元素, 用

C 表示方案层，用 (C1, C2...Cn) 表示方案层的具体元素。层次分析法的基本结构如表 3.4 所示。根据 DSR 模型对汽车制造企业碳审计评价指标体系进行构建，目标层为汽车制造企业碳审计评价指标体系的构建；准则层为驱动力、状态和响应；方案层为驱动力、状态和响应因素下的具体指标 D1—Dn、S1—Sn 和 R1—Rn。具体如下图 3.5 所示。

表 3.4 层次分析法的基本结构

层次结构	元素标识	说明
目标层	A	最高层，一个元素，决策目标。
准则层	B1, B2, B3...Bm	中间层，多个元素，决策目标的分解与概括
方案层	C1, C2, C3...Cn	最低层，多个基本元素，准则层元素的再分解

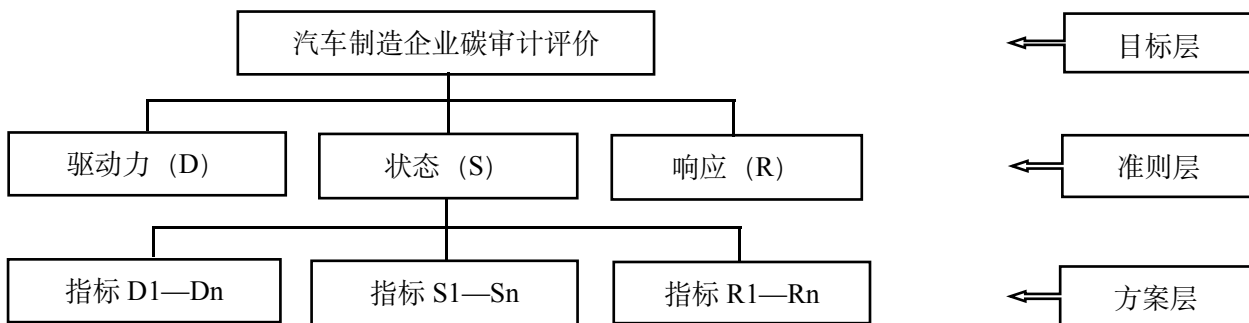


图 3.5 层次结构模型

(2) 构造判断矩阵

根据建立好的层次结构，采用专家调查法，向专家发放问卷，将准则层和方案层中的各个元素的重要性进行两两比较，构造出如表 3.5 所示的 C= (Cij) 判断矩阵。

表 3.5 判断矩阵

Bk	C1	C2	C3	.....	Cn
C1	C11	C12	C13	.....	C1n
C2	C21	C22	C23	.....	C2n
C3	C31	C32	C33	.....	C3n
.....
Cn	Cn1	Cn2	Cn3	.....	Cnn

判断矩阵 $C = (C_{ij})$ 有如下几个特征:

- ① $C_{ij} > 0$
- ② $C_{ij} = 1/C_{ji} \quad (i = j)$
- ③ $C_{ij} = 1 \quad (i, j = 1, 2, \dots, n)$

采用九级标度法将同一层次的两个不同元素的重要性做比较, 目的在于将层次中的元素进行量化, 将元素 i 到 j 分为 9 个等级。具体见下表 3.6。

表 3.6 九级标度法

序号	重要等级	C_{ij} 赋值
1	元素 i 和元素 j 同等重要	1
2	元素 i 比元素 j 稍微重要	3
3	元素 i 比元素 j 明显重要	5
4	元素 i 比元素 j 强烈重要	7
5	元素 i 比元素 j 极端重要	9
6	元素 i 比元素 j 稍不重要	1/3
7	元素 i 比元素 j 明显不重要	1/5
8	元素 i 比元素 j 强烈不重要	1/7
9	元素 i 比元素 j 极端不重要	1/9
10	两相邻判断中间值	2 (1/2) , 4 (1/4) , 6 (1/6) , 8 (1/8)

(3) 运用方根法计算指标权重

① 计算判断矩阵每一行元素的乘积

$$m_i = \prod_{j=1}^n a_{ij}, i = 1, 2, \dots, n$$

② 计算 m_i 的 n 次方根

$$\bar{W}_i = \sqrt[n]{m_i}, i = 1, 2, \dots, n \quad \bar{W}_i = \sqrt[n]{m_i}, i = 1, 2, \dots, n$$

③ 对向量 \bar{W}_i 进行归一化处理

$$W_i = \frac{\bar{W}_i}{\sum_{k=1}^n \bar{W}_k}, i = 1, 2, \dots, n$$

④ 计算最大特征根

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{[AW]_i}{nW_i}$$

其中， $[AW]_i$ 为向量 AW 的第 i 个分量。

(4) 一致性检验

通过对一致性指标 CI 进行计算来检验判断矩阵的一致性。

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

对判断矩阵进行一致性检验是为了验证构造的矩阵是否具有逻辑性，因为构造的矩阵只有具备逻辑性，依照其计算的结果才有意义。判断矩阵一致性检验是否通过，取决于 CR 的值，具体计算公式如下：

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

其中： CR 为随机一致性比率， CI 为一致性指标， R 为平均随机一致性指标。 CR 的数值与判断矩阵的一致性呈反比例关系，前者越小，后者越好。当 $CR=0$ 时，表明矩阵为完全一致性矩阵，即通过一致性检验；当 $0 < CR < 0.1$ 时，表明矩阵为满意一致性矩阵，通过一致性检验，即采用层次分析法确定指标权重是有效的； $CR > 0.1$ 时，则说明不具有一致性，即确定的指标权重误差较大，与实际不符，需要再次构造矩阵，直至通过一致性指标检验。表 3.7 为常见的平均随机一致性数值。

表 3.7 平均随机一致性指标

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.54	0.88	1.12	1.24	1.34	1.41	1.45	1.49

3.5.3 汽车制造企业碳审计评价指标权重的获取

(1) 构造判断矩阵

根据上文构建的汽车制造企业碳审计评价指标体系，将各个指标设计为九级标度法调查表（具体见本文附录 B），再一次通过专家调查法向 2 位环保专家、2 位汽车制造业专家和 2 位碳审计专家，共计 6 位专家发送纸质或电子调查表，由于文章篇幅限制，无法将各位专家意见一一计算说明，所以最后通过对各位专家意见的汇总分析，计算专家意见对各评价指标分值的几何平均值，构建判断矩阵。汽车制造企业碳审计评价指标各层级判断矩阵如下列各表所示：

表 3.8 汽车制造企业准则层指标判断矩阵

汽车制造企业碳审计评价指标	D	S	R
D	1	2	2
S	1/2	1	2
R	1/2	1/2	1

(其中: D: 驱动力; S: 状态; R: 响应。)

表 3.9 汽车制造企业驱动力指标判断矩阵

驱动力指标	D1	D2	D3	D4
D1	1	5	2	7
D2	1/5	1	1/5	3
D3	1/2	5	1	7
D4	1/7	1/3	1/7	1

(其中: D1: 营业总收入; D2: 新能源及电气化车销量; D3: 企业纳税总额 D4: 平均燃料消耗量积分。)

表 3.10 汽车制造企业状态指标判断矩阵

状态指标	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
S1	1	1/2	1/2	1	5	3	7	5	5	7	6
S2	2	1	1	2	5	3	7	5	5	7	6
S3	2	1	1	2	5	3	7	5	5	7	6
S4	1	1/2	1/2	1	5	3	7	5	5	7	6
S5	1/5	1/5	1/5	1/5	1	1/5	2	1/3	1/3	4	3
S6	1/3	1/3	1/3	1/3	5	1	5	3	3	5	4
S7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/2	1/5	1	1/5	1/5	3	2
S8	1/5	1/5	1/5	1/5	3	1/3	5	1	1	2	3
S9	1/5	1/5	1/5	1/5	3	1/3	5	1	1	4	3
S10	1/7	1/7	1/7	1/7	1/4	1/5	1/3	1/4	1/4	1	1/2
S11	1/6	1/6	1/6	1/6	1/3	1/4	1/2	1/3	1/3	2	1

(其中: S1: 温室气体排放总量; S2: 氮氧化物 (NO_x) 排放量; S3: 二氧化硫 (SO₂) 排放量; S4: 非甲烷总烃排放量; S5: 生产废水排放量; S6: 能源消耗量; S7: 水资源消耗量; S8: 钢材消耗量; S9: 油漆消耗量; S10: 是否遵守法律法规; S11: 是否采用清洁生产。)

表 3.11 汽车制造企业响应指标判断矩阵

响应指标	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11
R1	1	1/2	1/2	1	5	3	7	5	5	6	7
R2	2	1	1	2	5	3	7	5	5	6	7
R3	2	1	1	2	5	3	7	5	5	6	7
R4	1	1/2	1/2	1	5	3	7	5	5	6	7
R5	1/5	1/5	1/5	1/5	1	1/5	2	1/3	1/3	3	4
R6	1/3	1/3	1/3	1/3	5	1	5	3	3	4	5
R7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/2	1/5	1	1/5	1/5	2	3
R8	1/5	1/5	1/5	1/5	3	1/3	5	1	1	3	4
R9	1/5	1/5	1/5	1/5	3	1/3	5	1	1	3	4
R10	1/6	1/6	1/6	1/6	1/3	1/4	1/2	1/3	1/3	1	2
R11	1/7	1/7	1/7	1/7	1/4	1/5	1/3	1/4	1/4	1/2	1

(其中: R1: 室气体减排量; R2: 氮氧化物 (NO_x) 排放量同比减少率; R3: 二氧化硫 (SO₂) 排放量同比减少率; R4: 非甲烷总烃排放量同比减少率; R5: 生产废水排放量同比减少率; R6: 能源消耗量同比减少率; R7: 水资源消耗量同比减少率; R8: 钢材消耗量同比减少率; R9: 油漆消耗量同比减少率; R10: 环保设施配备率及正常运转率; R11: 是否开展低碳教育和宣传。)

(2) 各指标权重的确定

根据准则层的驱动力、状态和响应三个因素的判断矩阵得出准则层的判断矩阵 A:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 2 \\ 1/2 & 1 & 2 \\ 1/2 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$$

①计算判断矩阵每一行元素的乘积, 记为 m_i。

$$m_1=1 \times 2 \times 2 = 4; \quad m_2=1/2 \times 1 \times 2 = 1; \quad m_3=1/2 \times 1/2 \times 1=1/4。$$

②计算 n 次方根

$$\overline{W}_1 = \sqrt[3]{W_1} = \sqrt[3]{4} \approx 1.587; \quad \overline{W}_2 = \sqrt[3]{W_2} = \sqrt[3]{1} = 1; \quad \overline{W}_3 = \sqrt[3]{W_3} = \sqrt[3]{1/4} \approx 0.63;$$

③对向量 \overline{W}_i 进行归一化处理

$$(\overline{W}_1, \overline{W}_2, \overline{W}_3)^T = (1.587, 1, 0.63)^T$$

$$W_1 = \frac{\overline{W}_1}{\sum_{j=1}^n \overline{W}_j} = \frac{0.63}{1.587+1+0.63} \approx 0.49339$$

$$W_2 = \frac{\overline{W}_2}{\sum_{j=1}^n \overline{W}_j} = \frac{1}{1.587+1+0.63} \approx 0.31081$$

$$W_3 = \frac{\overline{W}_3}{\sum_{j=1}^n \overline{W}_j} = \frac{1.587}{1.587+1+0.63} \approx 0.19580$$

④计算最大特征根

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 2 \\ 1/2 & 1 & 2 \\ 1/2 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.49339 \\ 0.31081 \\ 0.19580 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.49339 \\ 0.62162 \\ 0.39160 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.24670 \\ 0.31081 \\ 0.39160 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.24670 \\ 0.15540 \\ 0.19580 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.98679 \\ 1.08783 \\ 0.97900 \end{bmatrix}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{0.98679}{3 \times 0.49339} + \frac{1.08783}{3 \times 0.31081} + \frac{0.97900}{3 \times 0.19580} \approx 3.054$$

(3) 一致性检验

一致性检验也称 Kappa 检验，通过一致性检验，可以判断矩阵是否具有有一致性，即是否具有偶然性。

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - 3}{3 - 1} = \frac{3.054 - 3}{3 - 1} = 0.027 < 0.1, \text{ 即该判断矩阵具有一致性。}$$

各个层次 AHP 层次分析结果如下列各表所示：（由于文章篇幅限制，且为了提高效率和准确率，驱动力、状态和指标层指标权重均采用“SPASSU”软件计算。）

表 3.12 汽车制造企业准则层 AHP 层次分析结果

碳审计评价指标	特征向量	权重值	最大特征值	CI 值
D 驱动力	1.587	49.339%	3.054	0.027<0.1 满足一致性检验
S 状态	1.000	31.081%		
R 响应	0.630	19.580%		

表 3.13 汽车制造企业驱动力层 AHP 层次分析结果

驱动力指标	特征向量	权重值	最大特征值	CI 值
D1 营业总收入	1.971	49.275%	4.137	0.046<0.1 满足一致性 检验
D2 新能源及电气化车销量	0.423	10.581%		
D3 企业纳税总额	1.401	35.013%		
D4 平均燃料消耗量积分	0.205	5.131%		

表 3.14 汽车制造企业状态层 AHP 层次分析结果

状态指标	特征向量	权重值	最大特征值	CI 值
S1 温室气体排放总量	2.533	15.727%	11.913	0.091<0.1 满足一致 性检验
S2 氮氧化物 (NO _x) 排放量	3.259	20.235%		
S3 二氧化硫 (SO ₂) 排放量	3.259	20.235%		
S4 非甲烷总烃排放量	2.533	15.727%		
S5 生产废水排放量	0.526	3.266%		
S6 能源消耗量	1.441	8.945%		
S7 水资源消耗量	0.351	2.180%		
S8 钢材消耗量	0.808	5.017%		
S9 油漆消耗量	0.808	5.017%		
S10 是否遵守法律法规	0.248	1.539%		
S11 是否采用清洁生产	0.341	2.114%		

表 3.15 汽车制造企业响应层 AHP 层次分析结果

响应指标	特征向量	权重值	最大特征值	CI 值
R1 温室气体减排量	2.533	15.727%	11.913	0.091<0.1 满足一致 性检验
R2 氮氧化物排放量同比减少率	3.259	20.235%		
R3 二氧化硫排放量同比减少率	3.259	20.235%		
R4 非甲烷总烃排放量同比减少率	2.533	15.727%		
R5 生产废水排放量同比减少率	0.526	3.266%		
R6 能源消耗量同比减少率	1.441	8.945%		

续表 3.15 汽车制造企业响应层 AHP 层次分析结果

响应指标	特征向量	权重值	最大特征值	CI 值
R7 水资源消耗量同比减少率	0.351	2.180%		
R8 钢材消耗量同比减少率	0.808	5.017%		0.091<0.1
R9 油漆消耗量同比减少率	0.808	5.017%	11.913	满足一致性检验
R10 环保设施配备率及正常运转率	0.341	2.114%		
R11 是否开展低碳教育和宣传	0.248	1.539%		

(4) 综合权重的确定

根据各层级指标的权重，计算综合权重，综合权重的计算方法为将方案层的各指标权重乘以对应的上一层准则层的指标权重。具体权重见下表 3.16:

表 3.16 汽车制造企业碳审计指标权重

目标层	准则层	权重	方案层	权重	总排序权重
汽车 制 造 企 业 碳 审 计 评 价 指 标 体 系	驱动力 (D)	49.339%	D1 营业总收入	49.275%	5.221%
			D2 新能源及电气化车销量	10.581%	17.275%
			D3 企业纳税总额	35.013%	2.532%
			D4 平均燃料消耗量积分	5.131%	4.651%
	状态 (S)	31.081%	S1 温室气体排放总量	15.727%	4.888%
			S2 氮氧化物 (NO _x) 排放量	20.235%	6.289%
			S3 二氧化硫 (SO ₂) 排放量	20.235%	6.289%
			S4 非甲烷总烃排放量	15.727%	4.888%
			S5 生产废水排放量	3.266%	1.015%
			S6 能源消耗量	8.945%	2.780%
			S7 水资源消耗量	2.180%	0.678%
			S8 钢材消耗量	5.017%	1.559%
			S9 油漆消耗量	5.017%	1.559%
			S10 是否遵守法律法规	1.539%	0.478%
			S11 是否采用清洁生产	2.114%	0.657%

续表 3.16 汽车制造企业碳审计指标权重

目标层	准则层	权重	方案层	权重	总排序权重
汽车 制 造 企 业 碳 审 计 评 价 指 标 体 系	响应 (R)	19.580%	R1 温室气体减排量	15.727%	3.079%
			R2 氮氧化物排放量同比减少率	20.235%	3.962%
			R3 二氧化硫排放量同比减少率	20.235%	3.962%
			R4 非甲烷总烃排放量同比减少率	15.727%	3.079%
			R5 生产废水排放量同比减少率	3.266%	0.639%
			R6 能源消耗量同比减少率	8.945%	1.751%
			R7 水资源消耗量同比减少率	2.180%	0.427%
			R8 钢材消耗量同比减少率	5.017%	0.982%
			R9 油漆消耗量同比减少率	5.017%	0.982%
			R10 环保设施配备率及正常运转率	2.114%	0.414%
			R11 是否开展低碳教育和宣传	1.539%	0.301%

4 碳审计评价指标体系在吉利集团中的应用

4.1 吉利集团概况

4.1.1 吉利集团背景介绍

浙江吉利控股集团是我国第一家民营汽车企业，始建于 1986 年。自 1997 年进入汽车制造业以来，致力于实业、技术创新和人才培养三方面，秉持着“不断打基础练内功”的理念，以汽车技术领域为基础，在低轨卫星、激光通讯等相关前沿技术领域不断加强自身能力提升，立足于企业转型升级和可持续发展，构建智慧立体化出行生态。连续十年跻身《财富》世界 500 强，是我国唯一一个在全球汽车品牌组合价值排名前十的中国汽车集团。集团专注于成为全球最具竞争力和影响力的智能电动出行和能源服务科技企业，业务范围广泛，不仅包含了基础的汽车业务，也涵盖了金融、数字科技和教育等服务业务。旗下拥有吉利、领克、曹操出行等众多品牌，品牌种类丰富，既有高端品牌“路特斯”，也有远程等电动新能源汽车品牌。

自 2015 年始，吉利集团发布其环境、社会、及管治（简称“ESG”）内容，并将社会责任报告对外发布。自 2020 年度吉利将通过独立的按年度发布的 ESG 报告介绍各方面的策略和时间情况，为使各利益相关方能更直观及清晰了解吉利的 ESG 表现。为进一步推进吉利的可持续发展和企业社会责任的履行，2020 年底，吉利集团成立了可持续发展委员会，ESG 管治架构得到了进一步完善。吉利集团不仅在 2021 年的 ESG 报告中承诺到 2045 年实现碳中和目标，并且披露了达成减排目标的具体措施，吉利集团将从供应端、制造端和使用端制定一系列针对性的减少碳排放措施，努力成为全球低碳经济转型道路上的领跑者。此外，吉利集团还是我国第一个承诺 SBTi（科学碳目标倡议）的汽车制造企业，在通过倡议核准后，吉利集团正式公布了下一阶段的减碳排放目标。吉利集团还于 2022 年 1 月正式加入 UNGC（联合国全球契约组织），推动实现 17 项联合国所发布的可持续发展目标。

4.1.2 吉利集团评价指标数据

通过吉利集团的财务年报、社会责任报告和 ESG 报告，对比上文构建的碳审计评价指标体系，吉利集团 2019—2021 年相关原始数据汇总归纳如下表 4.1 所示。

表 4.1 吉利集团碳审计指标相关数据

指标	单位	2019	2020	2021
营业总收入	人民币亿元	974.01	921.14	1,016.11
新能源及电气化车销量	辆	113,067	68,142	100,128
企业纳税总额	人民币亿元	13.75	8.66	31.22
平均燃料消耗量积分	分数	283,457	-1,234,120	-359,972
温室气体排放总量	吨二氧化碳当量	N/A	50,517,429	49,486,715
氮氧化物 (NO _x) 排放量	吨	154.18	128.79	104.25
二氧化硫 (SO ₂) 排放量	吨	21.97	13.56	23.93
非甲烷总烃 (NMHC) 排放量	吨	63.83	60.44	90.49
生产废水排放量	吨	2,259,478	2,078,145	2,361,785
能源消耗总量	吨标煤	154,445	180,420	181,104
水资源消耗总量	万吨	590.16	497.01	583.65
钢材消耗量	吨	383,020	355,508	334,003
油漆消耗量	吨	19,726	16,105	15,159
违反环境法律法规受非经济处罚的次数	次	0	0	0
新建、扩建项目的环境影响评级和“三同时” ^① 的执行完成率	%	100	100	100
温室气体减排量	%	-0.93%	N/A	-2.04%
氮氧化物排放量同比减少率	%	7.78%	-16.47%	-19.05%
二氧化硫排放量同比减少率	%	-17.16%	-38.28%	76.47%
非甲烷总烃排放量同比减少率	%	34.69%	-5.31%	49.72%
生产废水排放量同比减少率	%	-4.63%	-8.03%	13.65%
能源消耗量同比减少率	%	-6.46%	16.82%	0.38%
水资源消耗量同比减少率	%	-2.34%	-15.78%	17.43%
钢材消耗量同比减少率	%	-10.57%	-7.18%	-6.05%
油漆消耗量同比减少率	%	0.87%	-18.36%	-5.88%

^①“三同时”制度是指新建、改建、扩建的基本建设项目、技术改造项目、区域或自然资源开发项目，其防治环境污染和生态破坏的设施，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的制度，简称“三同时”制度。

续表 4.1 吉利集团碳审计指标相关数据

指标	单位	2019	2020	2021
环保设施配备率及正常运转率	%	100	100	100
“蓝星卫士”全球海洋环保公益项目的开展率	%	100	100	100

数据来源：吉利集团 2019—2021 年报及 ESG 报告。

4.2 汽车制造企业碳审计评价方法

4.2.1 评分依据

对汽车制造企业进行碳排放水平评价时，需要确定每个指标的理想值，作为审计标准值。本文构建的指标体系各指标的审计标准值主要来自于条例、行业与目标标准。

第一，条例标准。为了提高评价的科学性，各指标的审计标准值设置秉持着尽量依照相关条例文件的原则，涉及的条例文件有《中华人民共和国环境保护法》《大气污染物综合排放标准》《“十四五”节能减排综合工作方案》《2021 年度乘用车企业平均燃料消耗量与新能源汽车积分情况》《乘用车单位产品能源消耗限额》DB31/T 1342-2021。

第二，行业标杆。由于一些指标并没有被政策文件所覆盖或即使有条例标杆但过于宽松，所以部分指标选取了行业标杆作为审计标准值。由于指标的多样性，很难在同一个企业同时到达指标的优秀标准，因此，可以针对不同指标选取不同的企业作为行业标杆。一是比亚迪股份有限公司，选择理由是 2021 年和 2022 年，比亚迪连续两年在《凯度 BrandZ 中国全球化品牌 50 强》^①位列汽车品牌榜首。此外，比亚迪汽车还成功获得了我国第一张国际认证机构 SGS 承诺碳中和符合声明证书，并计划于 2022 年打造我国第一个汽车企业总部零碳园区。综上，比亚迪无论是在品牌实力上还是碳减排响应上都处于行业领先水平。其中：由于比亚迪涵盖了除汽车制造的其他业务，所以营业总收入选取了归属于汽车制造范围的收入；二是根据青蛙大数据发布的“中国上市车企 2022 污染减排指数 TOP10”^②，本文选取了减排方面表现最优的长安汽车作为减排量的行业标杆。

第三，目标标杆。由于碳排放相关法律法规不完善以及一些企业碳排放信息披露不

^①全球知名品牌排行榜，是专业衡量海外消费者对中国品牌看法的榜单。

^② <https://www.maigoo.com/news/651401.html>。

完全，所以部分指标既无条例规定，也无合适的企业标杆，因此，选取了企业的碳排放方面的目标作为审计标准值。此外，对于部分存在条例标杆或者行业标杆的指标，但这些标准对案例企业过于宽松，且不符合案例企业的实际碳排放情况，因此，本文仍选取了目标标杆作为审计标准值。

根据以上评价标准的三种选择，得出如下表 4.2 所示的碳审计评价标准。

表 4.2 吉利集团碳审计标准

指标	单位	审计标准值	审计标准值来源
营业总收入	人民币亿元	1123.33 ^①	行业标杆
新能源及电气化车销量	辆	593,745	行业标杆
企业纳税总额	人民币亿元	25.97 ^②	行业标杆
平均燃料消耗量积分	分数	263,237.25	《2021 年度中国乘用车企业平均燃料消耗量与新能源汽车积分情况公告》 ^③
温室气体排放总量	吨二氧化碳当量	37,888,07	目标标杆
氮氧化物 (NO _x) 排放量	吨	101.24	行业标杆
二氧化硫 (SO ₂) 排放量	吨	18.18	行业标杆
非甲烷总烃 (NMHC) 排放量	吨	120.60	《汽车制造业 (涂装) 大气污染物排放标准》 (DB31/859-2014)
生产废水排放量	吨/辆	1,662,516.00	目标标杆
能源消耗总量	千克标准煤/辆	[125,142.5]	《乘用车单位产品能源消耗限额》 (DB31/T 1342-2021)
水资源消耗总量	吨/辆	397.61	目标标杆
钢材消耗量	千克/辆	284,406.40	目标标杆

^①为总收入*汽车销售收入占比 (2,161.42*51.9)。

^②数据来源：比亚迪 2021 年报。

^③工业和信息化部装备工业一司公示的《2021 年度乘用车企业平均燃料消耗量与新能源汽车积分情况》：2021 年，境内乘用车方面，燃料消耗量正积分 1553.0998 万分，燃料消耗量负积分 530.8059 万分。在 104 家国内乘用车企中，59 家企业获得新能源汽车正积分，45 家企业新能源汽车积分为负。

续表 4.2 吉利集团碳审计标准

指标	单位	审计标准值	审计标准值来源
油漆消耗量	千克/辆	12,884.00	目标标杆
是否遵守法律法规	0 或 1	1	《环境保护法》
是否采用清洁生产	0 或 1	1	《环境保护法》
温室气体减排量	%	5.59%	目标标杆
氮氧化物排放量同比减少率	%	5.59%	目标标杆
二氧化硫排放量同比减少率	%	5.59%	目标标杆
非甲烷总烃排放量同比减少率	%	5.59%	目标标杆
生产废水排放量同比减少率	%	4.36%	目标标杆
能源消耗量同比减少率	%	4.36%	目标标杆
水资源消耗量同比减少率	%	4.36%	目标标杆
钢材消耗量同比减少率	%	4.36%	目标标杆
油漆消耗量同比减少率	%	4.36%	目标标杆
环保设施配备率及正常运转率	0 或 1	1	《环境保护法》
是否开展低碳教育和宣传	0 或 1	1	行业标杆

4.2.2 评价模型——环境优值模型

本文选取环境优值模型对汽车制造企业吉利集团进行碳审计评价，主要用来评价环境绩效审计，本文选取环境优值原因有三点：第一，碳审计与环境审计关系密切，都是以降低环境风险为目的，碳审计所针对的碳排放也大多属于环境中的大气污染问题；第二，环境优值模型可以解决各指标单位不统一的问题；第三，环境优值模型计算公式所需要的数据与本文所搜集的数据可对应，数据可获取，便于评价的开展。当环境优值越趋于 0 时，则表明所评价的企业的环境状况越好，具体如下所示：

$$U = \sum_{j=1}^n W_j \left(\frac{F_j - V_j}{B_j} \right)^2$$

其中，U 为环境优值，取值范围为[0,1]； W_j 为各指标的权重； F_j 为各指标的实际测量值，即所收集整理的数据值； V_j 为理想标准值，即审计标准值； B_j 表示数据上下限浮动的范围，本文选值为 1。

4.2.3 评分标准

环境优值模型并未统一的评分标准，本文采将碳审计评价结果等距划分为优、良、中、差、极差五个等级，使结果更加直观。具体如下表 4.3 所示：

表 4.3 评分等级表

优	良	中	差	极差
[0, 0.2]	(0.2, 0.4]	(0.4, 0.6]	(0.6, 0.8]	(0.8, 1]

4.3 吉利集团碳审计评价应用

4.3.1 数据标准化处理

因为汽车制造企业碳审计评价指标体系所涉及的指标单位不统一且数量级别也不相同，此外还存在着定性指标与定量指标、正向和负向指标的差异。因此，为了统一比较标准，满足评价指标的可比性，将采用小数定标法对收集的数据和设定的审计标准值进行标准化。小数定标法主要是根据指标体系中各个指标和审计标准值每个年份数值中的最大绝对值来确定小数点要移动的位数，然后根据要移动的位数改变原始数据值中的小数点位置。采用小数定标法标准化法处理后的数据数值变化范围都在[0, 1]区间内，标准化后的数据见下表 4.4。

表 4.4 吉利集团碳审计标准化数据

指标	2019	2020	2021	审计标准值
营业总收入	0.097401	0.092114	0.101611	0.112333
新能源及电气化车销量	0.113067	0.068142	0.100128	0.593745
企业纳税总额	0.1375	0.0866	0.3122	0.2597
平均燃料消耗量积分	0.0283457	-0.123412	-0.0359972	0.026323725
温室气体排放总量	\	0.50517429	0.49486715	0.3788807
氮氧化物 (NO _x) 排放量	0.15418	0.12879	0.10425	0.10124
二氧化硫 (SO ₂) 排放量	0.2197	0.1356	0.2393	0.1818
非甲烷总烃 (NMHC) 排放量	0.6383	0.6044	0.9049	1.206
生产废水排放量	0.2259478	0.2078145	0.2361785	0.1662516

续表 4.4 吉利集团碳审计标准化数据

指标	2019	2020	2021	审计标准值
能源消耗总量	0.11343	0.13666	0.13637	0.125
水资源消耗总量	0.59016	0.49701	0.58365	0.39761
钢材消耗量	0.38302	0.355508	0.334003	0.284406
油漆消耗量	0.19726	0.16105	0.15159	0.12884
是否遵守法律法规	1	1	1	1
是否采用清洁生产	1	1	1	1
温室气体减排量	0.0093	0	0.0204	0.0559
氮氧化物排放量同比减少率	-0.0778	0.1647	0.1905	0.0559
二氧化硫排放量同比减少率	0.1716	0.3828	-0.7647	0.0559
非甲烷总烃排放量同比减少率	-0.3469	0.0531	-0.4972	0.0559
生产废水排放量同比减少率	0.0463	0.0803	-0.1365	0.0436
能源消耗量同比减少率	0.0646	-0.1682	-0.0038	0.0436
水资源消耗量同比减少率	0.0234	0.1578	-0.1743	0.0436
钢材消耗量同比减少率	0.1057	0.0718	0.0605	0.0436
油漆消耗量同比减少率	-0.0087	0.1836	0.0588	0.0436
环保设施配备率及正常运转率	1	1	1	1
是否开展低碳教育和宣传	1	1	1	1

4.3.2 环境优值计算

将吉利集团和审计标准值经过标准化处理后的数据以及汽车制造企业的各项指标最终权重代入环境优值模型公式中。其中， F_j 为吉利集团各指标实际测量值标准化后的数值； V_j 是所设置的审计标准值标准化后的数值； B_j 取值为 1，是数据上下浮动的范围。吉利集团 2019—2021 年各指标数据经过环境优值模型计算得出的环境优值具体如下列各表所示：

表 4.5 吉利集团 2019 年环境优值

准则层	方案层	综合权重 W_j	$\left(\frac{F_j - V_j}{B_j}\right)^2$	$W_j \left(\frac{F_j - V_j}{B_j}\right)^2$	环境优值
	营业总收入	0.05221	0.000223	0.000012	
驱动力	新能源及电气化车销量	0.17275	0.231051	0.039914	0.040304
0.49339	企业纳税总额	0.02532	0.014933	0.000378	
	平均燃料消耗量积分	0.04651	0.000004	0.000000	
	温室气体排放总量	0.04888	0.143551	0.007017	
	氮氧化物 (NO _x) 排放量	0.06289	0.002803	0.000176	
	二氧化硫 (SO ₂) 排放量	0.06289	0.001436	0.000090	
	非甲烷总烃排放量	0.04888	0.322283	0.015753	
状态	生产废水排放量	0.01015	0.003564	0.000036	
0.31081	能源消耗量	0.02780	0.000134	0.000004	0.023552
	水资源消耗量	0.00678	0.037076	0.000251	
	钢材消耗量	0.01559	0.009725	0.000152	
	油漆消耗量	0.01559	0.004681	0.000073	
	是否遵守法律法规	0.00478	0.000000	0.000000	
	是否采用清洁生产	0.00657	0.000000	0.000000	
	温室气体减排量	0.03079	0.002172	0.000067	
	氮氧化物排放量同比减少率	0.03962	0.017876	0.000708	
	二氧化硫排放量同比减少率	0.03962	0.013386	0.000530	
	非甲烷总烃排放量同比减少率	0.03079	0.162248	0.004996	
响应	生产废水排放量同比减少率	0.00639	0.000007	0.000000	
0.1958	能源消耗量同比减少率	0.01751	0.000441	0.000008	0.006375
	水资源消耗量同比减少率	0.00427	0.000408	0.000002	
	钢材消耗量同比减少率	0.00982	0.003856	0.000038	
	油漆消耗量同比减少率	0.00982	0.002735	0.000027	
	环保设施配备率及正常运转率	0.00414	0.000000	0.000000	
	是否开展低碳教育和宣传	0.00301	0.000000	0.000000	

表 4.6 吉利集团 2020 年环境优值

准则层	方案层	综合权重 W_j	$\left(\frac{F_j - V_j}{B_j}\right)^2$	$W_j \left(\frac{F_j - V_j}{B_j}\right)^2$	环境优值
	营业总收入	0.05221	0.000409	0.000021	
驱动力	新能源及电气化车销量	0.17275	0.276259	0.047724	0.049546
0.49339	企业纳税总额	0.02532	0.029964	0.000759	
	平均燃料消耗量积分	0.04651	0.022421	0.001043	
	温室气体排放总量	0.04888	0.015950	0.000780	
	氮氧化物 (NO _x) 排放量	0.06289	0.000759	0.000048	
	二氧化硫 (SO ₂) 排放量	0.06289	0.002134	0.000134	
	非甲烷总烃排放量	0.04888	0.361923	0.017691	
状态	生产废水排放量	0.01015	0.001727	0.000018	
0.31081	能源消耗量	0.02780	0.000136	0.000004	0.018836
	水资源消耗量	0.00678	0.009880	0.000067	
	钢材消耗量	0.01559	0.005055	0.000079	
	油漆消耗量	0.01559	0.001037	0.000016	
	是否遵守法律法规	0.00478	0.000000	0.000000	
	是否采用清洁生产	0.00657	0.000000	0.000000	
	温室气体减排量	0.03079	0.003125	0.000096	
	氮氧化物排放量同比减少率	0.03962	0.011837	0.000469	
	二氧化硫排放量同比减少率	0.03962	0.106864	0.004234	
响应	非甲烷总烃排放量同比减少率	0.03079	0.000008	0.000000	
0.1958	生产废水排放量同比减少率	0.00639	0.001347	0.000009	0.005849
	能源消耗量同比减少率	0.01751	0.044859	0.000785	
	水资源消耗量同比减少率	0.00427	0.013042	0.000056	
	钢材消耗量同比减少率	0.00982	0.000795	0.000008	
	油漆消耗量同比减少率	0.00982	0.019600	0.000192	
	环保设施配备率及正常运转率	0.00414	0.000000	0.000000	
	是否开展低碳教育和宣传	0.00301	0.000000	0.000000	

表 4.7 吉利集团 2021 年环境优值

准则层	方案层	综合权重 W_j	$\left(\frac{F_j - V_j}{B_j}\right)^2$	$W_j \left(\frac{F_j - V_j}{B_j}\right)^2$	环境优值
	营业总收入	0.05221	0.000115	0.000006	
驱动力	新能源及电气化车销量	0.17275	0.243658	0.042092	0.042348
0.49339	企业纳税总额	0.02532	0.002756	0.000070	
	平均燃料消耗量积分	0.04651	0.003884	0.000181	
	温室气体排放总量	0.04888	0.013453	0.000658	
	氮氧化物 (NO _x) 排放量	0.06289	0.000009	0.000001	
	二氧化硫 (SO ₂) 排放量	0.06289	0.003306	0.000208	
	非甲烷总烃排放量	0.04888	0.090661	0.004432	
状态	生产废水排放量	0.01015	0.004890	0.000050	
0.31081	能源消耗量	0.02780	0.000129	0.000004	0.005632
	水资源消耗量	0.00678	0.034611	0.000235	
	钢材消耗量	0.01559	0.002460	0.000038	
	油漆消耗量	0.01559	0.000518	0.000008	
	是否遵守法律法规	0.00478	0.000000	0.000000	
	是否采用清洁生产	0.00657	0.000000	0.000000	
	温室气体减排量	0.03079	0.001260	0.000039	
	氮氧化物排放量同比减少率	0.03962	0.018117	0.000718	
	二氧化硫排放量同比减少率	0.03962	0.673384	0.026679	
响应	非甲烷总烃排放量同比减少率	0.03079	0.305920	0.009419	
0.1958	生产废水排放量同比减少率	0.00639	0.032436	0.000207	0.037310
	能源消耗量同比减少率	0.01751	0.002247	0.000039	
	水资源消耗量同比减少率	0.00427	0.047480	0.000203	
	钢材消耗量同比减少率	0.00982	0.000286	0.000003	
	油漆消耗量同比减少率	0.00982	0.000231	0.000002	
	环保设施配备率及正常运转率	0.00414	0.000000	0.000000	
	是否开展低碳教育和宣传	0.00301	0.000000	0.000000	

4.3.3 评价结果分析

吉利集团 2019-2021 年环境优值得分与等级及趋势图如下表 4.8 与图 4.1 所示：

表 4.8 吉利集团 2019-2021 年环境优值评价等级

年份	2019 年	2020 年	2021 年
环境优值	0.070232	0.074232	0.08529
等级	优	优	优

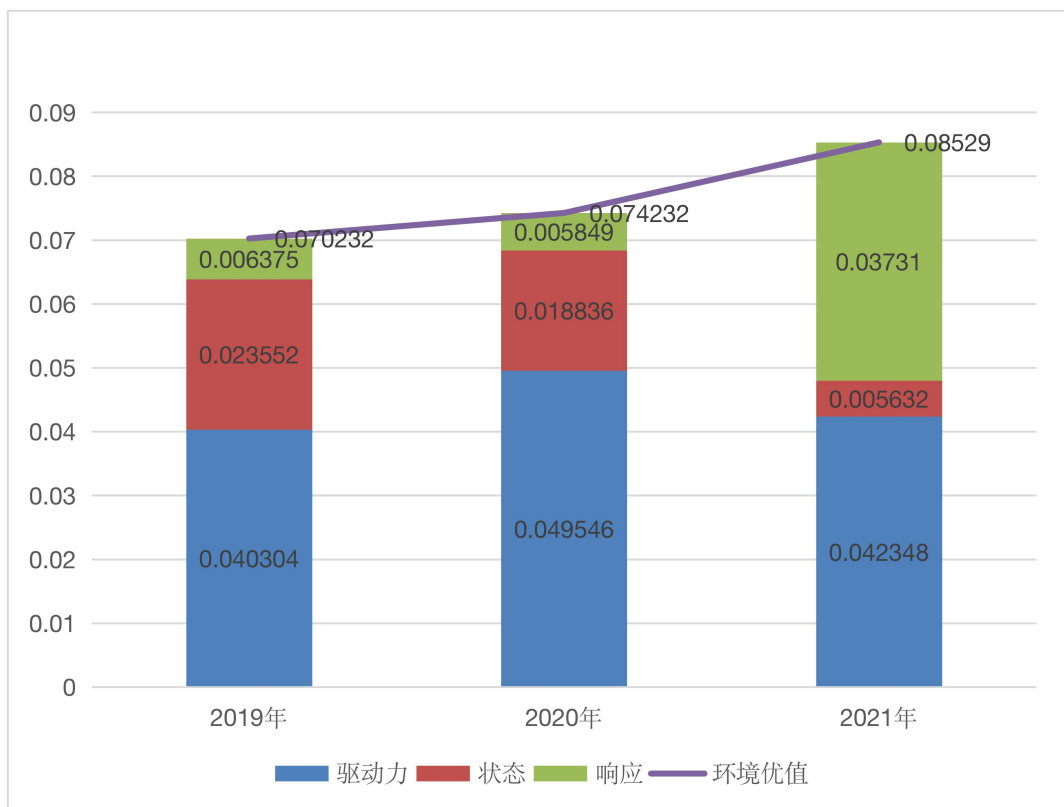


图 4.1 吉利集团 2019-2021 年环境优值趋势图

吉利集团 2019—2021 年三年环境优值评价等级均为优，但从趋势图可以看出环境优值在呈逐年增长的趋势，说明吉利集团碳减排水平有轻微下降，分析具体原因可以发现，每年驱动力变化不大，都在 0.04 左右，即经济效益对环境的影响变化不大；状态分值三年来在不断降低，特别是在 2021 年，可以看出吉利集团在状态层面减排卓有成效，究其原因主要是吉利集团在温室气体和大气污染物排放上很多都逼近于甚至优于条例和行业标准，例如在甲烷总烃 (NMHC) 排放量上远远由于行业标杆；响应层面的评分在 2019 年和 2010 年一直保持在 0.006 左右，但在 2021 年突升到 0.03731，这也是吉利

集团环境优值从 2019 年和 2020 年的 0.07 左右上升到 0.8529 的主要原因，因此，2021 年吉利集团在碳减排上相较前两年表现较差，即大气污染物的减排力度和水、油漆、钢材等能耗减少量上不及 2019 年与 2020 年。但总体来说，虽然三年来吉利集团的环境优值处于轻微上升状态，但仍低于 0.09，属于优，因此，吉利集团在汽车制造业属于碳减排的先进企业。

4.4 案例启示

在对吉利集团进行构建的碳审计评价指标体系应用的过程中得出以下启示：一是碳信息披露。汽车制造企业有关碳排放的信息披露并不标准且不全面，且缺乏统一的披露标准，比如排放物的计量单位不仅每个企业存在不相同的情况，单个企业的不同年份甚至也不统一；二是审计标准值。汽车制造企业的碳审计标准值并无统一标准，但由于每个企业的资产规模、生产模式等方面都不同，统一的标准对一些企业会过于宽松，但对于另一些企业却会过于严苛，并不具备合理性，因此，也很难采取统一的标准进行衡量与评价；三是知识庞杂。关于汽车制造企业的碳审计评价，不仅仅要会基础的会计审计知识，也要懂碳审计，此外，由于要了解企业的碳排放足迹还要掌握一些汽车制造的相关知识，否则很难全面且科学地对汽车制造企业碳审计进行合理评价；四是主观性。汽车碳审计评价构建和应用过程中或多或少都存在一定的主观性，例如，一些定性指标与审计标准值之间的对比，很大程度都是由审计人员的主观判断得出的，因此，有必要加强对审计人员的监督，以保证评价结果的客观公正以及受托环境责任的履行。

5 汽车制造企业碳审计评价指标体系的应用保障

汽车制造企业碳审计指标的构建的最主要目的就是保障实施的有效性，从而更好的履行企业的社会责任和受托环境责任。从上文的案例启示中，可以从三方面入手。首先，汽车制造企业内部要有健全的碳审计机制，保证碳审计评价指标体系实施的可能性。其次，碳审计人员要贯彻研究型审计精神，保证碳审计评价指标体系实施的专业性。最后，要合理借助外部力量，保证碳审计评价指标体系实施的科学性。下面将对上述三个方面做具体分析：

5.1 健全内部碳审计机制

汽车制造属于重工业，因此，汽车制造企业一般会把重心放在核心技术水平的提升、品牌建设、产品研发等问题上，往往会疏于对碳排放水平的管理，再加上我国碳审计起步较晚，所以，很少有汽车制造企业会进行碳审计。但在双碳目标实现的大环境下，汽车制造企业又属于高排放企业，碳审计是必要的，因此，汽车制造企业需要健全内部碳审计机制，无论是从内在的碳审计意识，还是外在的碳足迹统计与碳信息披露都应该给予一定的重视。

5.1.1 提高碳审计意识

汽车制造企业碳审计的实施可以有效监督企业碳排放行为，推动企业由传统燃油汽车向新能源汽车的升级，帮助企业更好的履行社会责任。汽车制造企业碳审计评价指标体系的有效实施需要碳审计意识的提升。首先，汽车制造企业要重视经济发展中环境保护的重要意义，认识到碳审计的重要性与意义。不能一味的追逐经济利益，而忽略生态环境保护问题，也就是碳排放责任的履行。其次，汽车制造企业要设置专门的碳审计岗位或者机构，可以从企业的内部审计机构入手，内部审计不能仅注重经济效益的审计，也要安排专门的碳审计人员，对企业碳排放进行鉴证。最后，要注重碳审计的宣传工作，可以定期开展员工碳审计培训，通过介绍相关的法规制度，提升企业审计人员碳审计能力，为企业储备碳审计的相关专业人才。这样，不仅是审计人员，从企业的高层到基层都应有碳审计的意识，这样碳审计工作在高层可以获得一定的权利便于碳审计工作的开展，在基层也可以得到相应的配合与理解。

5.1.2 开发产品碳足迹系统

汽车制造企业碳排放所涉及范围较广，涵盖了多个流程，因此，为了确保汽车制造企业碳排放统计的准确性，要开发产品碳足迹系统。首先，围绕汽车制造的整个生命周期，从钢材、油漆等原材料的获取、汽车制造、运输、销售、使用再到最后的产品报废回收，绘制出碳排放流程图。其次，对碳排放边界进行核定，根据排放量或排放物的污染度选择出重点的碳排放范围，进而对相关数据进行收集与记录、计算。最后，将上述内容以简单明了可视化的形式展现出来，使碳排放、碳核算公开透明且具有可溯源性。汽车制造企业也可以根据产品碳足迹系统制定相应的减排目标，并且可以根据实际排放情况和减排能力制定碳审计评价指标中的审计标准值。

5.1.3 提高碳排放信息披露质量

我国碳排放信息披露制度正在不断完善，正在由自愿走向强制，但是碳排放信息机制的健全需要一定的时间，因此，汽车制造企业对于企业碳排放信息披露也并无统一的标准，每个企业所披露的内容和形式也不尽相同，为了更清晰的展示企业的碳排放情况，便于碳审计评价，汽车制造企业有必要提高碳排放信息披露质量。首先，汽车制造企业可依照《企业环境信息依法披露管理办法》《企业环境信息依法披露格式准则》对污染物的产生、排放与治理等信息进行披露。其次，设置专门的碳排放信息披露岗位，根据汽车制造企业的特点制定企业内部的碳信息披露标准，对企业碳披露的范围与边界进行合理界定，使碳披露工作有迹可循，有规可依。再次，尽量扩大并选择具有汽车制造企业特点的碳排放指标，便于不同企业间的相互比较，并增加定量指标的披露，从而提高碳排放信息披露的可比性与科学性。最后，要选择好碳排放数据的核算与统计方法，根据碳排放指标的不同，采取相应的核算与统计方法，从而提高数据的可靠性。

5.2 推进研究型审计

我国的碳审计各方面发展的并不健全，关于碳审计评价指标体系也并无统一标准，而针对汽车制造企业这种特定企业类型的碳审计评价指标体系的研究更是寥寥无几。因此，对于汽车制造企业而言，也应响应国家“研究型审计”的号召，落实研究型审计的精神，将研究型思维贯彻到汽车制造企业的碳审计评价上去。

5.2.1 落实专业人才培养

汽车制造企业的碳审计评价工作具有强烈的学科交融性，需要同时具备汽车制造、碳审计和环保知识，否则很难将碳审计评价工作开展下去。由于并没有专门针对汽车制造企业的碳审计专业，所以汽车制造企业要落实相关专业人才的培养。首先，从审计人员抓起并发挥青年主力军作用，学习碳审计、汽车制造与环保知识，可以着重培养某一个或某几个人，然后实行审计实务导师制、交流轮岗等办法，逐步壮大专业人才力量。其次，可以进行碳审计评价优秀人员评选、举办碳审计评价知识大比拼等活动，调动审计人员学习的积极性，从而加快专业人才的培养。再次，多渠道、多层次培养碳审计人员能查能说能写本领，从计划、实施、报告再到整改实现整个审计周期的研究型审计。最后，通过加强对审计实施全过程管理，将审计各个环节的责任落实抓紧，促使碳审计评价人员状态和能力双在线，推动碳审计评价工作整体质量和效率的双提升。

5.2.2 把握数字化转型

在数字化的大潮下，不仅仅是汽车制造企业，其他种类的企业和行业都纷纷把目光聚集到数字化转型上。碳审计评价工作存在着诸如碳排放监测核算方法复杂、碳信息集成困难等众多难题，作为促进我国促进制造业实现高品质发展的关键技术，数字化可以确认和授予碳数据以及其他数据的权利，可以极大程度上提高碳审计评价工作的质量和效率。首先，数字化技术可以实现汽车制造企业产品全过程的碳排放数据监测与记录，也可以即将这些碳排放数据进行存储与责任落实，实现碳排放数据的安全性和可靠性。其次，审计人员可以借助数字化技术取证，可以构建规范化的数据界面，从节点数据读取实时更新的碳数据。再次，数字化技术可以帮助审计人员解决碳审计抽样偏差问题，从而降低碳审计风险。例如，区块链技术的时间戳可以确保数据的不可篡改，从而为审计人员提供可靠和完整的信息来源。避免传统审计抽样思维在面对大量碳排放数据出现的忽视和不真实的风险，从而减少样本抽样带来的误差。最后，在汽车制造企业碳审计过程中可以将区块链技术、云计算、大数据等与审计技术相融合，在实现数据分析挖掘的同时，也可以协助审计人员在建模过程中找到碳审计的关键问题，从而对数据和证据进行精准的扩展延伸，最终达到碳审计的目的。

5.2.3 研发企业 LCA 数据库

LCA 即生命周期评价,在上个世纪六十年代就被用作为环境管理工具,顾名思义,生命周期评价涵盖了被评价对象从原材料、生产到报废整个过程的环境相关因素和环境影响评估,即评价对象的整个生命周期的资源消耗和环境影响。作为一种全球公用的绿色环保评价工具,LCA 可以有效应对企业发展过程中低碳转型的问题,在产品设计优化、生产工艺优化等方面具有广泛的应用前景。通过 LCA 的运用可以有效减少企业运营过程中对环境带来的不良影响,为企业提供行之有效的可持续发展规划与环保治理方案。LCA 中的关联数据可以较为精确地反映产品生产过程、数量甚至是质量,还可以明确产品整个生命周期中主要微观变量与宏观环境影响间的量化关系,因此能够为企业的碳决策时提供参考价值,进而有助于碳审计评价工作的开展。目前我国并没有建立公开且完善的 LCA 数据库,在实际应用评价时主要依赖国外的 LCA 数据库。一方面,建设 LCA 数据库需要涉及众多行业与企业,且每类行业与每家企业的情况都不尽相同,或多或少存在差异;另一方面,LCA 数据库的建立往往涉及企业生产和研发的核心数据和商业机密,所以仅仅依靠高校、科研单位或者个别企业力量是难以完成的。因此,汽车制造企业 LCA 数据库的研发和建设最重要的还是要通力合作,特别是我国汽车制造企业的龙头企业更应该积极投入到数据库建设的工作中去。

5.3 借助外部审计力量

汽车制造企业碳审计评价工作的开展仅仅依靠汽车制造企业自身是远远不够的,无论是知识技术水平还是审计的客观性都有必要借助外部审计进行完善。汽车制造企业碳审计评价工作的有效开展势必需要多方共同合作。

5.3.1 依托政府协同机制

碳审计目前主要是由政府牵头的,无论是理论建设还是实战经验上,相较于企业,政府都占有一定的优势。因此,汽车制造企业可以依托政府,保障碳审计评价指标体系的有效实施。首先,汽车制造企业可以借鉴政府有关汽车制造污染排放物的限值,再结合企业自身情况,制定审计标准值,在制定审计标准值的时候也可以向政府寻求专业的意见。其次,对有关排放物的测量,也可以依照政府标准,可以有效解决企业的审计成

本，也可以提高企业的审计科学性。最后，在开展碳审计评价工作过程中，对于遇到的困难和问题也可以寻求政府的帮助，政府可以成立专家委员会，邀请审计、环保、统计等相关领域的专家加入碳审计评价标准制定和指标体系构建中，这样可以解决选择指标和制定评价标准时存在的跨领域、不擅长、不专业等问题。

5.3.2 运用第三方审计优势

汽车制造企业碳审计评价可以向第三方审计寻求帮助，有助于审计结果的客观和公正。首先，从审计工作本质来看，由于审计的“独立性”，第三方审计与被审计单位无任何关系，完全独立与被审计单位，所以第三方审计工作往往可以更加的客观和独立，所以，可以为汽车制造企业碳审计事项提高较为客观和公正的评价。其次，从第三方审计的职能来看，第三方审计可以实现汽车制造企业从查错防弊向价值增值的转变、第三方审计往往都是专业、负有经验，甚至是具有权威的人员，可以更为专业的对待审计工作，为汽车制造企业碳审计评价工作提供新的思路与方法，可以从整体上降低汽车制造企业碳审计评价存在的审计风险。最后，第三方审计一直都是企业优化管理、提效控险的重要帮手，可以辅助企业完成自身能力难以完成的工作，为企业答疑解惑。因此，借助第三方审计的力量可有效帮助汽车制造企业进行碳审计评价工作的优化和风险防控。

5.3.3 开展审计外部监督

为了保障汽车制造企业碳审计评价工作的客观公允，有必要开展审计外部监督。外部信息使用者或者利益相关者可以通过碳排放信息的披露和出具的审计报告评判审计质量，从而可以起到一定的监督效果。首先，汽车制造企业要积极配合一些权利部门的监督工作，对其反映的问题和提出的建议要认真对待，仔细思考落实。此外，汽车制造企业可以聘请一些具有相关专业知识、技能或有经验的人员参加到监督与检查工作，不仅推动监督与检查工作的协调与开展，也提升了监督与检查质量与效率。最后，可以成立专门的监督平台，让社会公众拥有发声的平台，也可以给予一些适当的奖励，对于一些勇于指出问题，敢于揭露和举报的行为提供奖金或者购车补贴等，调动社会公众监督积极性的同时也是对自身汽车品牌与企业文化的宣传。

6 研究结论与展望

6.1 研究结论

通过以上研究，得出了以下结论：第一，汽车制造企业的碳审计评价标准值具有极强的特殊性。审计标准值的确定不仅要考虑相关法律法规，也要参考行业标杆，更要考虑企业自身的情况，因为一些法律法规所设置的标准过于宽松，而采取行业标杆作为审计标准值，则要考虑每个制造企业的生产规模，产业结构的差距，所以有必要结合汽车制造企业自身特点综合考虑审计标准值的设定。第二，进行碳排放信息披露的汽车制造企业较少。我国碳审计起步较晚，专业研究人员也相应较少，理论与实践都处在探索阶段。目前，能够对有关温室气体排放量以及其他污染物排放量进行披露的汽车制造企业中主要集中在上市公司中，且大多包含在社会责任报告或 ESG 报告中，并无专门的披露报告。第三，案例企业吉利集团的碳审计评价为优，但呈现逐年减退的趋势。吉利集团近年来十分重视节能减排，绿色发展，大力发展了新能源汽车，但是碳排放量却只增不减，究其原因，一方面要考虑到产量的增加，另一方面要顾及新能源汽车中电车导致耗电量的增加，而电力也是造成高碳排放的主要原因。

6.2 研究不足

文章虽然初步完成，但仍存在以下不足：第一，自身英语水平的限制。对国外的研究并不像国内研究那般穷尽，因此，可能会导致对国外学者相关观点的理解和总结不准确。第二，自身人际关系的限制。所征求的专家意见都是相关领域以自身人际关系水平所能接触到的最优秀和最专业的，但没有能力可以组织成一支顶尖的专家团队，对评价指标进行筛选和重要性排序。第三，评价存在主观性。主要表现在评价指标的筛选、重要性排序上和审计标准值的确定上，但已经是最大程度的做到评价的科学性。

6.3 研究展望

随着绿色发展的深入人心，汽车制造企业的碳审计评价也会日益凸显其必备的意义。希望文章对汽车制造企业碳审计评价提供一定的思路和借鉴。未来的研究重点可以集中在以下几点：第一，审计指标的确定。可以找到该领域更有经验的专家进行筛选和确定。

第二，审计标准值的确定。可以综合考虑国家政策法规、行业标杆和企业自身情况进行制定。第三，评价方法的选择。可以考虑更为客观和科学的评价方法，例如更加专业的统计学方法进行评价。

参考文献

- [1] Andrew C. Lovell. Developing a Carbon Audit Framework To Support Corporate Level Carbon Reduction Strategies[J]. University of East Anglia, 2003(8):29-41.
- [2] Anonymous. Retailers urged to back carbon audits[J]. ProQuest, 2010, 153(17).
- [3] B. Meredith Burke. Book Review Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. Mathis Wackernagel and William Rees. Philadelphia, PA and Gabriola Island, B.C., Canada: New Society Publishers, 1996. Hardback and paperback; 160 pages[J]. Kluwer Academic Publishers-Plenum Publishers, 1997, 19(2).
- [4] Brendan Malone, Carolyn Hedley, Pierre Roudier, Budiman Minasny, Edward Jones, Alex McBratney. Auditing on-farm soil carbon stocks using downscaled national mapping products: Examples from Australia and New Zealand[J]. Geoderma Regional, 2018, 13.
- [5] Bryan C. Foster, Deane Wang, et al. Assessing audit impact and thoroughness of VCS forest carbon offset projects[J]. Environmental Science and Policy, 2017(02):78.
- [6] Clément Mouchet, Neil Urquhart, Rob Kemmer. Techniques for Auditing the ICT Carbon Footprint of an Organisation[J]. International Journal of Green Computing (IJGC), 2014, 5(1).
- [7] Don Fullerton, Daniel H. Karney. POTENTIAL STATE-LEVEL CARBON REVENUE UNDER THE CLEAN POWER PLAN[J]. Contemporary Economic Policy, 2018(1):36.
- [8] Haley Brendan, Gaede James, Winfield Mark, Love Peter. From utility demand side management to low-carbon transitions: Opportunities and challenges for energy efficiency governance in a new era[J]. Energy Research & Social Science, 2020, 59.
- [9] J.J. de Grijter, A.B. McBratney, B. Minasny, I. Wheeler, B.P. Malone, U. Stockmann. Farm-scale soil carbon auditing[J]. Geoderma, 2016, 265:
- [10] Janck Ratnatunga. An inconvenient truth about accounting[C]. Toronto: American Accounting Association Annual Meeting, CA, 2008.
- [11] Jenny Dawkins, Stewart Lewis. CSR in Stakeholder Expectations: And Their Implication for Company Strategy[J]. Journal of Business Ethics, 2003, 44(2-3).
- [12] Michael Waston. Environmental auditing in the new Europe[J]. Managerial Auditing Journal. 2004, (19):1131-1139.
- [13] Petri Tapio. Towards a theory of decoupling: degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001[J]. Elsevier Ltd, 2005, 12(2).
- [14] Philippe Moor, Ignace Beelde. Environmental Auditing and the Role of the Accountancy Profession: A Literature Review[J]. Environmental Management, 2005, 36(2).
- [15] Qingliang Tang. Institutional Influence, Transition Management and the Demand for

- Carbon Auditing: The Chinese Experience[J]. Australian Accounting Review,2019,29(2).
- [16]Ralph Gomory,William J. Baumol.Globalization:Country and company interests in conflict[J]. Journal of Policy Modeling,2009,31(4).
- [17]Salvador Enrique Puliafito,José Luis Puliafito,Mariana Conte Grand. Modeling population dynamics and economic growth as competing species: An application to CO2 global emissions[J]. Ecological Economics,2007,65(3).
- [18]Susie Moloney,Ralph E. Horne,John Fien. Transitioning to low carbon communities—from behaviour change to systemic change: Lessons from Australia[J]. Energy Policy,2009,38(12).
- [19]Susie Moloney.Transitioning to low carbon communities from behavior change to systemic change[J]. Energy policy,2010,(38):7614-7623.
- [20]Theodoros Zachariadis,Janet E. Milne,Mikael Skou Andersen,Hope Ashiabor. Economic Instruments for a Low-carbon Future[M]. London:Edward Elgar Publishing:2020-07-31.
- [21]Torvanger A. Manufacturing Sector Carbon Dioxide Emissions in Nine DECE Countries,1973-87:A Divisia Decomposition to Changes In fuel Mix, Emission Coefficients,Industry Structure[J]. Energy Intensities and International Structure Energy Economics,1991,13(3):168-186.
- [22]UK Government.Energy White Paper,Our Energy Future:Creating a Low Carbon Economy[R]. 2003:26-35.
- [23]Wei Zhang,Zhongxin Wu. A Study on Establishing Low-Carbon Auditing System in China[J].Low Carbon Economy,2012,03(02).
- [24]陈静.GH 化工企业碳排放审计评价指标体系研究[D].重庆:西南政法大学,2020.
- [25]陈小林,梅林.碳审计的基本原理与实施对策[J].会计之友,2012(10):9-13.
- [26]陈洋洋,王宗军.基于层次分析法下低碳审计评价指标体系初探[J].审计研究,2016(06):64-71.
- [27]陈紫珺.碳审计国际比较研究[N].山西科技报,2022-11-07(B07).
- [28]慈志敏,余强,马鸿雁等.双碳背景下中药制药企业碳足迹产生环节与核算模型[J].中草药,2022,53(24):7980-7988.
- [29]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.
- [30]高强,李秀莲,张旭丽,王春芝.碳审计相关问题探讨——基于政府审计公告的分析[J].财会通讯,2014(16):101-103.
- [31]管亚梅,张桐.基于雾霾治理视角的碳审计指标构建与检验[J].经济与管

理,2016,30(02):48-54.

[32]管亚梅.免疫系统论下的碳审计模式构建[J].管理现代化,2013(05):26-28+40.

[33]郝玉贵,陈小敏,付饶.低碳治理导向的碳审计功能与机制设计[J].财会月刊,2015(22):54-57.

[34]江玉国.基于减排碳无形资产的企业低碳竞争力评价研究[D].成都:西南交通大学,2016.

[35]金密,张亚连.化工企业碳审计评价指标体系构建——以中石化为例[J].财会月刊,2018(21):103-110.

[36]李博英,王全景.“双碳”战略下建筑物碳审计的理论与实践探析[J].山东社会科学,2022(04):164-169.

[37]李海燕.电力企业低碳审计评价指标体系的构建——基于 DSR-AHP[J].财会月刊,2017(07):119-123.

[38]李海燕.我国碳审计研究的热点及演进——基于 2009-2016 年 CNKI 文献的共词可视化分析[J].财会通讯,2018(13):27-31.

[39]李虹,田马飞,许宁宁,娄雯.低碳经济下碳审计合谋解除研究[J].会计之友,2015(19):108-113.

[40]李雪松.低碳经济环境下碳审计评价指标体系的构建与应用研究[D].哈尔滨:哈尔滨商业大学,2022.

[41]李兆东,李萝宇.基于云计算的碳审计主体协同研究[J].会计之友,2022(24):58-63.

[42]刘含笑,吴黎明,林青阳等.碳足迹评估技术及其在重点工业行业的应用[J/OL].化工进展:1-21[2023-02-13].

[43]刘慧,常誉凡,贾明.引入区块链技术是开展碳信息审计的有效举措[N].每日经济新闻,2022-06-06(006).

[44]卢相君,刘蒙.论低碳审计的目标、内容和发展对策[J].山西财经大学学报,2011,33(S3):307.

[45]陆婧婧,苏宁.碳审计的国际比较及启示[J].商业会计,2010(16):29-30.

[46]罗喜英,张媛,王雨秋.基于“3E”三角模型的企业碳绩效评价指标体系构建[J].财会通讯,2018(29):61-64+129.

[47]钱纯,苏宁,孟南.关于我国碳审计主体的思考[J].会计之友,2011(17):76-78.

[48]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(上旬

- 刊),2010(11):14-17.
- [49]仁吾.南车路上审计人——记中国南车股份有限公司审计和风险部风险处处长陈震晗[J].中国内部审计,2012(06):11-13.
- [50]孙建梅,李龙龙.基于定量与定性相结合的电网低碳评价方法研究[J].科技管理研究,2019,39(01):242-248.
- [51]孙永剑.吉利集团力建甲醇汽车生态链[N].中华工商时报,2022-11-18(004).
- [52]唐建荣,傅双双.企业碳审计评价指标体系构建[J].财会月刊,2013(22):82-85.
- [53]王爱华,李双双.企业低碳审计 DRS 模型评价指标体系构建[J].审计与经济研究,2016,31(02):42-51.
- [54]王帆,倪娟.产品供应链下的“碳足迹”审计可行吗?——来自先行国家的实践经验[J].学习与实践,2016(04):38-44.
- [55]王纪武,胡雪薇,杨飞.基于全民所有自然资源管理的低碳评价指标体系研究[J].科技管理研究,2022,42(22):49-54.
- [56]王社坤.论我国碳评价制度的构建[J].北方法学,2022,16(02):27-36.
- [57]熊欢欢,杨赛得斯,邓文涛,阮涵淇.国外碳审计经验及启示[J].财会通讯,2016(25):111-113.
- [58]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,2017,14(06):75-84.
- [59]叶祖达.碳审计在总体规划中的角色[J].城市发展研究,2009,16(11):58-62+8.
- [60]张薇.基于 ISO14064 和 GHG Protocol 的我国企业碳审计案例研究[J].财会月刊,2015(15):85-87.
- [61]张晓毅,倪国爱.绿色经济发展模式下低碳审计探析[J].铜陵学院学报,2012,11(06):47-49.
- [62]张哲,叶邦银.构建新时期碳审计专业人才培养体系的思考[J].中国注册会计师,2022(11):14-16.
- [63]赵福全,刘斐齐,刘宗巍,郝瀚.中国汽车产业低碳化评价指标体系研究[J].中国工程科学,2018,20(01):104-112.
- [64]赵玉珍.基于低碳审计的碳绩效评价指标体系构建[J].中国注册会计师,2017(09):110-113.
- [65]郑石桥.论碳审计本质[J].财会月刊,2022(04):93-97.

- [66]郑石桥.论碳审计方法[J/OL].财会月刊:1-5[2022-03-02].
- [67]周国强,张青.环境保护与可持续发展概论[M].北京:中国环境科学出版社:2010.
- [68]周旭东,郑石桥.论碳审计需求[J/OL].财会月刊:1-5[2022-03-02].
- [69]周毅.人口、资源、环境、经济、社会、科技可持续发展研究[M].北京:新华出版社:2015.
- [70]朱朝晖,梁胜浩.供应链碳足迹与企业碳审计[J].中国注册会计师,2015(12):92-96.

后 记

此时坐在图书馆写下这段话的我是幸福的，我的校园生活到这可能就要戛然而止了吧，想到这我就更加享受这在图书馆的时光。回想自己的求学之旅，等比数列似地不断远离自己生活的象牙塔，也不断地跳出一个又一个舒适圈，也常带有玩笑意味地想过，按照这种规律，若是读博，那怕是要出国了吧。虽然在外人看来自己一个女孩子孤身一人背井离乡踏上求学路，自己也曾发出“我亦飘零久”这般的感叹，但真的看见了更广阔的世界，也很感恩遇见的每一个人，他们或多或少的都教会了我些什么，即使也承受过有心或无心的伤害，但那也让我更坚韧。

还是免不了“俗”，毕竟怀揣了太多感谢，像是家里的“英国佬”麻薯一样，总忍不住在眼前蹦跶，却也是一番美好。首先，感谢我的导师和师门的兄弟姐妹，一切都是最好的安排，阴差阳错的遇到了自己的导师，但也确是自己满意的样子。永远忘不了老师为了方便我，把他发的语音又转成文字截图发给我，那一刻特别感动，想昭告天下我有这么一个“老父亲”般的好老师，只是愧疚没有努力一下成为老师最得意的学生。还有可爱的师娘，和老师一起就如在学校的父母一样毫无保留的哺育我们。其次，感谢所有的老师们以及为了这篇论文不吝赐教的可爱人们，尤其是周一虹老师，很庆幸可以遇到专业又悉心的老师。再次，感谢每个路口的贵人，虽然自己的好运全用来遇见你们了，虽然也让多愁伤感的我增加了好些思念，但是你们始终香甜了我的过去，把我送向更远的未来。然后，就是我的亲人们，我愿把我所爱称为亲人，谢谢你们的支持和娇惯，虽然自己也因你们刁蛮爱自由。最后，感谢自己吧，感谢自己慵懒的奋斗，因为其中也有撼人的努力和惊艳的成果，也让自己饮过最甜的蜜和吃过最苦的果。

黯然销魂者，终究还是要说再见了，不只是硕士生涯，也是求学生涯，所以啰嗦了一些，向累到眼睛的你们说声抱歉。“路漫漫其修远兮，吾将上下而求索”，也不知在求索道路上竭力开出的花儿有曾给过大家一丝清香？愿这片土地安好！愿以后的教育可以更加“因材施教”！也愿未来的自己还可以问心无愧的说我真的好享受学习呀！

2022年03月12日

附录 A 汽车制造企业碳审计评价指标重要性筛选问卷

尊敬的专家/老师:

您好!我是兰州财经大学 2020 级审计硕士研究生,我的毕业论文是关于汽车制造企业的碳审计评价指标体系的构建,碳审计涉及到众多评价指标,需要对所涉及的指标进行筛选。请您根据您的理解,对各个指标的重要程度进行排序或补充、删除。本调查问卷采用匿名方式,且仅做学术研究之用,不会泄漏任何个人隐私,敬请放心。万分感谢您的积极配合,也为占用您宝贵的时间表示抱歉!

一、评价事项

(一) 评价方法

- 1.用数字表示,1、2、3、4 和 5 分别对应很重要、重要、一般、不重要和很不重要。
- 2.认为没必要的因素直接打×。
- 3.其他您认为重要的因素请在其他中补上,并标住数字等级。

(二) 指标层解读

1.驱动力指标是指导致环境不可持续发展的各种人类行为、生产方式、消费模式和技术导向等因素。

2.状态指标是指在特定时间段内,由于人类活动对环境的影响导致自然资源和生态环境条件和状态的变化情况,比如大气污染、水污染、能源短缺等。

3.响应指标用来反映人类面对状态变化,在应对生态资源或质量改变作出的积极反应,比如各种环保政策、措施及有意识的管理行为等。

二、重要程度判别

(一) 驱动力指标重要程度判别 (数字 1—5 表示)

D1 资产总额 ()

D2 营业总收入 ()

D3 新能源及电气化车销量 ()

D4 企业纳税总额 ()

其他 ()

(二) 状态指标重要程度判别 (数字 1—5 表示)

S1 温室气体排放总量 ()

S2 氮氧化物 (NO_x) 排放量 ()

- S3 二氧化硫 (SO₂) 排放量 ()
- S4 非甲烷总烃排放量 ()
- S5 生产废水排放量 ()
- S6 能源消耗量 ()
- S7 水资源消耗量 ()
- S8 钢材消耗量 ()
- S9 油漆消耗量 ()
- S9 包装材料使用量 ()
- S10 能源消耗中可再生能源占比 ()
- S11 是否遵守法律法规 ()
- S12 是否采用清洁生产 ()
- 其他 ()

(三) 响应指标重要程度判别 (数字 1—5 表示)

- R1 温室气体减排量 ()
- R2 氮氧化物 (NO_x) 排放量同比减少率 ()
- R3 二氧化硫 (SO₂) 排放量同比减少率 ()
- R4 非甲烷总烃排放量同比减少率 ()
- R5 生产废水排放量同比减少率 ()
- R6 能源消耗量同比减少率 ()
- R7 水资源消耗量同比减少率 ()
- R8 钢材消耗量同比减少率 ()
- R9 油漆消耗量同比减少率 ()
- R10 包装材料使用量同比减少率 ()
- R11 平均燃料消耗量积分 ()
- R12 新能源汽车积分 ()
- R13 工业用水资源循环利用率 ()
- R14 固体废物循环利用率 ()
- R15 固体物达标排放率 ()
- R16 整车报废材料可再利用率 ()
- R17 整车报废材料可回收利用率 ()

R18 环保设施配备率及正常运转率 ()

R19 是否开展低碳教育和宣传 ()

其他 ()

附录 B 汽车制造企业碳审计评价指标重要性调查问卷

尊敬的专家/老师:

您好!我是兰州财经大学 2020 级审计硕士研究生,我的毕业论文是关于汽车制造企业的碳审计评价指标体系的构建,碳审计涉及到众多评价指标,每一个指标的重要程度都有所不同,我们需要对具体指标的重要性作进一步的判定。汽车制造企业碳审计评价的过程中,请您根据您的理解,选择各个指标的重要程度比较。本调查问卷采用匿名方式,且仅做学术研究之用,不会泄漏任何个人隐私,敬请放心。万分感谢您的积极配合,也为占用您宝贵的时间表示抱歉!

本问卷采取 9 级标度法,将各指标之间的重要性程度划分为 9 个等级,重要性层级分别用数字 1-9 表示,具体如下表所示:

标度表

因素 i 比因素 j	标度 (量化值)
同等重要	1
稍微重要	3
较强重要	5
强烈重要	7
极端重要	9
上面两相邻判断的中值	2,4,6,8,
倒数	若因素 i 与因素 j 的重要性比为 a_{ij} , 则因素 j 与因素 i 重要比为 $a_{ij}=1/a_{ji}$

一、目标层指标重要程度判别

D (驱动力指标): 指导致环境不可可持续发展的各种人类行为、生产方式、消费模式和技术导向等因素。

S (状态指标): 指在特定时间段内,由于人类活动对环境的影响导致自然资源和生态环境条件和状态的变化情况,比如大气污染、水污染、能源短缺等。

R (响应指标): 用来反映人类面对状态变化,在应对生态资源或质量改变作出的积极反应,比如各种环保政策、措施及有意识的管理行为等。

目标层	D	S	R
D			
S			
R			

二、驱动力指标重要程度判别

驱动力指标	D1	D2	D3	D4
D1				
D2				
D3				
D4				

(其中：D1：营业总收入；D2：新能源及电气化车销量；D3：企业纳税总额 D4：平均燃料消耗量积分。)

三、状态指标重要程度判别

状态指标	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
S1											
S2											
S3											
S4											
S5											
S6											
S7											
S8											
S9											
S10											
S11											

(其中：S1：温室气体排放总量；S2：氮氧化物 (NOx) 排放量；S3：二氧化硫 (SO2) 排放量；S4：非甲烷总烃排放量；S5：生产废水排放量；S6：能源消耗量；S7：水资源消耗量；S8：钢

材消耗量；S9：油漆消耗量；S10 是否遵守法律法规；S11 是否采用清洁生产。)

四、响应指标重要程度判别

响应指标	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11
R1											
R2											
R3											
R4											
R5											
R6											
R7											
R8											
R9											
R10											
R11											

(其中：R1：室气体减排量；R2：氮氧化物 (NOx) 排放量同比减少率；R3：二氧化硫 (SO₂) 排放量同比减少率；R4：非甲烷总烃排放量同比减少率；R5：生产废水排放量同比减少率；R6：能源消耗量同比减少率；R7：水资源消耗量同比减少率；R8：钢材消耗量同比减少率；R9：油漆消耗量同比减少率；R10：环保设施配备率及正常运转率；R11：是否开展低碳教育和宣传。)