

我国气候变化分类框架的构建及其可视化分析应用

摘要：气候变化已成为世界各国积极应对的挑战之一。虽然近年来中国学界越来越重视气候变化领域的相关研究，但对其分类框架、各子领域构成、具体参与主体和资金流向等方面缺乏系统探究。本研究首先通过整合中国知网文献和中国慈善基金会气候变化数据，采用共词聚类分析方法和 jieba 关键词提取技术，建立了我国气候变化分类框架。其次，本研究通过可视化分析应用，发现我国不同气候变化领域的投入存在差异，不同主体参与气候变化治理的积极程度不同。通过深入探究不同气候变化领域的投入发展变化及其与国家政策的关系，本研究还着重讨论了民营企业气候变化治理投入远超过其他企业类型这一现象。通过稳健性检验证明了本研究成果的合理性，并发现了政府在气候变化治理中的重要作用。

关键词：气候变化；分类框架；共词聚类；可视化

The Construction of Chinese Climate Change Classification Framework and Visualization

Abstract: Climate change has become one of the challenges that all countries in the world actively respond to. In recent years, Chinese scholars pay more and more attention to the relative studies in climate change, but there is a lack of systematic research on its classification framework, the composition of its sub fields, the specific participants, and the flow of funds. This research firstly establishes a framework of climate change classification of China by integrating CNKI literature and climate change data of Chinese charity foundations, together with using co-word clustering analysis and jieba keyword extraction technology. Secondly, through the application of visual analysis, this research has found that there are gaps of investment in different climate change fields in China, and different kinds of participants participate in different active degrees of climate change governance. This research also focuses on the phenomenon that the investment of private enterprises in climate change governance far exceeds that of other types of enterprises. A robustness test proves the rationality of the research results, and finds that the government plays an important role in climate change governance.

Key words: Climate change; Classification framework; Co-word clustering; Visualization

背景

自 2015 年起，全球大气中二氧化碳水平和温室气体含量均持续上升到了历史新高^[1]。世界气象组织秘书长塔拉斯在 2020 年 7 月发布的最新气候预测中指出，与工业化前水平相比，全球的平均气温已经升高了 1℃ 以上，过去的五年是有史以来最热的五年。随着全球温度的不断攀升，高温、干旱等极端气候事件的发生更为频繁，灾害强度和影响范围也不断增大，气候变化带来的影响日趋严重。因此，气候变化及其治理已成为世界各国积极应对的挑战之一。

对中国而言，气候变化带来的影响十分显著。我国气候变暖速率自 1909 年以来高于全球平均值，每百年升温 0.9 至 1.5℃；到 2030 年，中国将可能有 1000 万至 4500 万人面临极

端炎热和致命热浪的威胁；中国出现极端降水事件和干旱威胁的概率也将上升^[2]。虽然近年来中国学界越来越重视对气候变化的研究，但大多数学者集中专注于单一学科，气候变化子领域之间的交叉综合研究尚为缺乏。就研究手段而言，尽管已有大量的实验观测、数理模型和统计方法应用于分析气候变化影响^[3]，但大多学者从技术等微观角度进行研究，相对应的宏观层面社会科学研究较少。受制于气候变化体系尚未理清、相关实证数据匮乏、科学研究手段滞后等，目前学术界缺乏对气候变化资金筹集、流向与应用机制的系统研究，实践中也缺乏政府引导社会主体参与气候变化治理的战略指导意见^[4]。因此，如何实现将宏观和微观角度结合起来研究气候变化的协同治理模式，已成为关键科学问题。

基于科学研究和实践需要，本研究将主要探讨我国气候变化分类框架的搭建及其可视化分析应用。由于目前我国针对气候变化领域的政策仍未完善，故有必要在现有研究基础上构建我国气候变化分类框架，从而将该体系细化为各个相关子领域，并能详尽把握不同气候变化子领域在资金流向、主体参与等方面的现状以及未来的发展趋势。

1. 文献综述

1.1 气候变化概念

依据联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）的标准，气候变化指由自然波动造成的气候变化、或是由人类大量排放温室气体造成的温室效应产生的气候变化。本文将主要采用后者概念，也是当今气候变化议题的主要关注点^[5]。

1.2 气候变化分类框架搭建方法

气候变化分类框架的构建有助于从整体上研究气候变化各个子分类领域。目前构建包含关键词在内的多级变量分类框架是一种广泛应用的分类方法。在金融科技领域，冯锐等构建了包括序参量、一级指标、二级指标的科技金融综合效率指标体系^[6]；类似，其他研究者在客户关系管理、公共图书馆服务等不同领域，通过关键词进行清洗剔除、词频统计分析、人工判读等步骤，构建出分类词库和二三级关键词库^{[7][8]}。

具体而言，构建分类框架的常用方法是通过共词聚类分析。此法将关系密切的词聚集归类，达到挖掘隐含信息的目的。郭文斌等以《教育研究》文献热点知识图谱作为实例，对高频关键词在同一篇文章中出现的频次进行统计分析，生成共现矩阵并进行聚类分析，从而客观系统地展示出量化信息^[9]；秦长江通过使用聚类及社会网络分析法对农史文献进行共词分析，绘制出类团关系图，构建农史学科研究热点演化知识图谱^[10]。

在构建分类框架中，还需要构建各类别对应的关键词库和剔除词库，其关键步骤是进行文本切词。对于中文文本，目前常用技术是使用 jieba 分词器进行切词，并运用 TF-IDF、TextRank 等算法提取关键文本信息。jieba 分词技术有利于加速分词速度，提高分词结果准确率^{[11][12]}；吴思慧等通过运用 TF-IDF，结合模型进行垃圾短信识别，将文本识别准确率提高了 2.1%–4.6%^[13]；于劲松等通过应用 TextRank 算法，在公文摘要抽取中有较好的效果，句子通顺程度也得到提升^[14]。

1.3 气候变化治理研究状况

近年来，就社会科学领域而言，关注各类社会主体（政府、企业、社会组织）如何参与气候变化治理的研究日益增多。现有文献主要探讨各类社会主体如何发挥自身优势以致力于气候变化治理的相关工作。

1. **政府：**面对中国经济高速增长带来的诸多环境和社会问题，政府意识到保持经济发展和维护生态环境平衡的重要性^[15]。近年来，各级政府采取了多项措施来发挥其气候变化治理的主导角色。此外，政府也逐渐鼓励多元主体协同治理气候变化。
2. **企业：**中国企业现已全面投入承担社会责任的行动中^{[16][17]}。这种转变不仅是因为2006年《公司法》修订中的要求，更是企业管理者基于自身发展需要或利益相关者需求而做出的主动选择^[18]，越来越多的公司和企业家设立了慈善基金以缓解气候变化。
3. **社会组织（包括高校、科研机构、智库、社会公众等）：**作为拥有相对独立决策的第三部门，非营利社会组织在社会经济运行中发挥重要作用^[19]。在气候变化治理中，社会组织通过号召、监察等方式确保其它社会主体恰当实施权力和承担环保职责^{[20][21]}。在这些致力于应对气候变化的非营利组织中，慈善基金会通过引导气候资金流动，已成为新兴的行动者。

2. 研究思路

为结合学术和实践，使构建的气候变化分类框架可以适用于广泛的领域，本研究将基于气候变化相关文献数据和慈善基金会报告，结合气候工作基金会（ClimateWorks Foundation）分类体系进行分类框架搭建和可视化分析。其中，构建分类框架主要分为两个部分。

第一部分：知网作为国内较大的学术期刊数据库商之一，其数据更新及时全面。用知网气候变化相关文献的关键词进行共词聚类分析，在学术上有代表性，基于其得到分类条目的初步结果；而气候工作基金会拥有由专家和科学家组成的全球网络，已成为美国在国际应对气候变化治理最重要的基金会，其已经构建并应用了包括减少碳排放、粮食与农业等条目在内的气候变化分类框架，在实践应用上有权权威性。将知网数据得到的初步分类框架，综合气候工作基金会的分类框架进行相互补充和完善，综合学术和实践搭建中国气候变化分类框架。

第二部分：基于我国 8767 份慈善基金会 2008-2019 年年报等公开数据，本研究构建气候变化分类框架的关键词库、剔除词库，通过反复迭代以完善词库，并根据每次迭代的匹配度判断分类框架的精确性。近年来，我国慈善基金会在国内气候变化领域的参与度越来越高，发挥的作用日益重要^[22]。慈善基金会将来自企不同社会主体的捐赠资金连接到气候变化相关的项目，使多种社会主体共同参与到应对气候变化的行动中。此外，这些捐款来源和使用情况均在慈善基金会年报中得以体现，并经外部审计机构进行核验。因此，慈善基金会为构建气候变化分类框架和可视化分析提供了客观可靠的数据来源，有助于了解各主体在不同气候变化领域的投入情况。

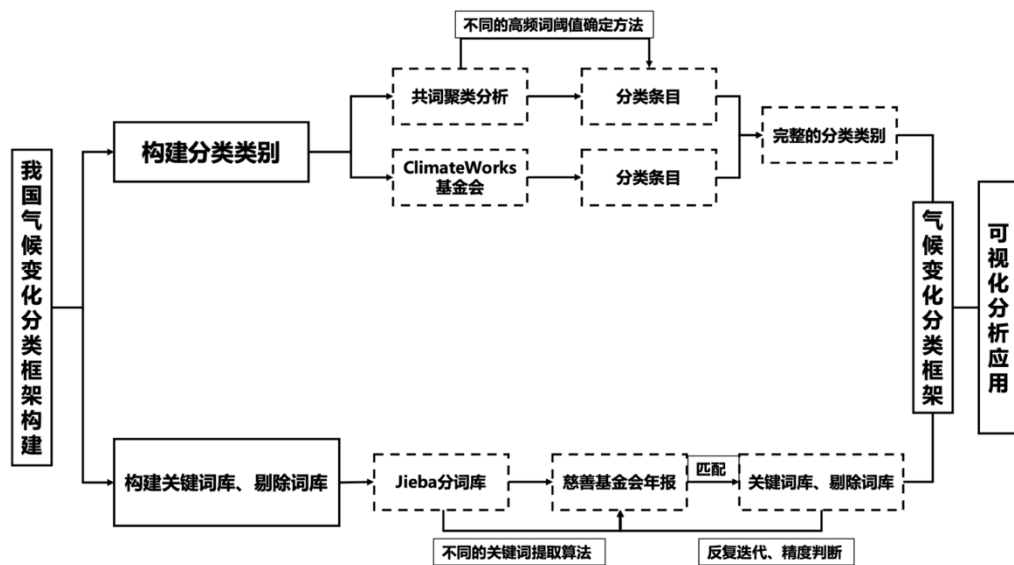


图 1 研究思路图

3. 构建我国气候变化分类框架

3.1 共词聚类分析

共词聚类分析法是文献计量学中常用方法之一。其原理是对一组词两两统计它们在同一篇文献中出现的次数，以此为基础对这些词进行聚类分析，从而反映出这些词之间的亲疏关系，进而分析这些词所代表的学科或主题的结构与变化^[23]。

3.1.1 数据来源与预处理

在中国知网检索“气候变化”，选取按相关度排序且截至 2020 年 7 月 10 号的前 6000 篇文献关键词作为数据来源，共获得 22450 个关键词。通过对关键词进行统计分析，共获得不重复关键词 12341 个，累计频次 24322 次。其中，频次为 1 的关键词个数为 9606 个，约占总词频数的 39.5%。将关键词频次进行排序，各关键词累计频次及其对应序号如表 1 所示。

表 1 各关键词及其对应序号表

序号	关键词	频次	g^2	累计频次	$(g+1)^2$
1	人类活动	192	1	192	4
2	气温	187	4	379	9
3	降水	159	9	538	16
4	影响	147	16	685	25
5	巴黎协定	132	25	817	36
6	青藏高原	130	36	947	49
7	时空变化	112	49	1059	64
8	中国	101	64	1160	81
9	降水量	90	81	1250	100
.....					
26	小波分析	49	676	2205	729
27	脆弱性	48	729	2253	784
28	温室气体	46	784	2299	841
29	碳排放	45	841	2344	900
30	可再生能源	44	900	2388	961
31	遥感	42	961	2430	1024
32	人类命运共同体	41	1024	2471	1089
33	气候因子	41	1089	2512	1156
.....					
54	生态文明	31	2916	3273	3025
55	低碳经济	31	3025	3304	3136
56	生物多样性	30	3136	3334	3249
57	径流变化	30	3249	3364	3364
58	径流量	30	3364	3394	3481
59	趋势分析	29			

3.1.2 高频词阈值的确定

由于共词分析的数据源于高频词出现的次数，因而高频词阈值的选取将直接影响分析结果。现阶段，学术界进行共词分析主要通过自主确定法、高低频词分界公式法、普赖斯公式法和基于词频 g 指数法来确定高频词阈值^[24]。尽管当下共词分析法已普遍运用于各类学科，但目前尚未有学者针对气候变化分类领域进行专门研究。因此，本项目需要探究用何种方法能科学合理地选取气候变化领域高频词阈值。

表 2 高频词阈值确定方法表

方法	原理	阈值	关键词个数	累计词频	结果
自主确定法	学者根据研究内容并结合自己的经验确定高频词阈值	-	-	-	该法缺乏相关理论支持，存在一定主观性，且目前共词分析在气候变化分类领域缺少研究经验，因此本研究不宜使用此法。
高低频词分界公式确定法	$T = \frac{1}{2} \times (-1 - \sqrt{I_1^2 + 1})$ (I_1 为频次出现 1 次的关键词数量，本研究 $I_1=9606$)	138	4	2.8%	该法确定词频的阈值完全依赖于频次为 1 的词的数量，本研究 I_1 值过大，会导致阈值过高，使得获取的高频词数量严重不足，
普赖斯公式确定法	$M = 0.749 \sqrt{N_{max}}$ (N_{max} 是关键词的频次最高值，本研究 $N_{max}=192$)	10	282	28.15%	该法所选取的高频词较为充足，可以满足共词聚类分析的基本要求。
基于词频 g 指数确定法	$\sum_{i=1}^g S_i \geq g^2$ 且 $\sum_{i=1}^{g+n} S_i < (g+n+1)^2$ (n 为相同频次关键词个数)。	30	58	13.95%	累计词频介于常用的范围内，表明该方法选取的高频词累计次数符合要求。

根据上表 2，普赖斯公式法和基于词频 g 指数法确定的高频词都可以满足共词聚类分析的基本要求，因此分别用这两种方法确定的高频词进行聚类分析。结果表明，在本研究中，普赖斯公式法选取的词数目尚可，但聚类效果一般，因为其所确定的高频词主题反映片面，无法突出各个研究主题。而基于词频 g 指数法确定的高频词聚类具有较好的效果，因此采用基于词频 g 指数法所确定的高频词进行气候变化领域的共词聚类分析。

3.1.3 基于词频 g 指数法确定的高频词聚类分析

首先将基于词频 g 指数法所选取的高频词转化为 58*58 的共词矩阵。但由于两个关键词共现频次的多少只受两个关键词各自词频大小的影响，因此还需引入表示关键词共现相对强度的指标。在文献计量学中，目前应用较多的是 Ochiia 系数和 JacGard 指数^[25]。本研究用 Ochiia 系数将共词矩阵转化为相关矩阵，再用“1”与全部相关矩阵上的数据相减，得到表示两词间相异程度的相异矩阵，相异矩阵中的数据数值越大，表明关键词之间的距离越远，相似度越差。部分相异矩阵数据如下表 3 所示：

表 3 基于词频 g 指数法所确定的高频词相异矩阵（局部）表

	人类活动	气温	降水	影响	巴黎协定	青藏高原	时空变化
人类活动	0	0.9842	0.9771	0.9881	1	0.9873	0.9591
气温	0.9842	0	0.3563	0.9819	1	0.9872	0.9585
降水	0.9771	0.3563	0	0.9935	1	0.9791	0.9475
影响	0.9881	0.9819	0.9935	0	0.9928	0.9928	1
巴黎协定	1	1	1	0.9928	0	1	1
青藏高原	0.9873	0.9872	0.9791	0.9928	1	0	0.9586
时空变化	0.9591	0.9585	0.9475	1	1	0.9586	0

再利用 SPSS 进行聚类分析，聚类方法采用组间联接法，度量方式为欧氏距离，聚类分析谱系图如下图 2 所示。

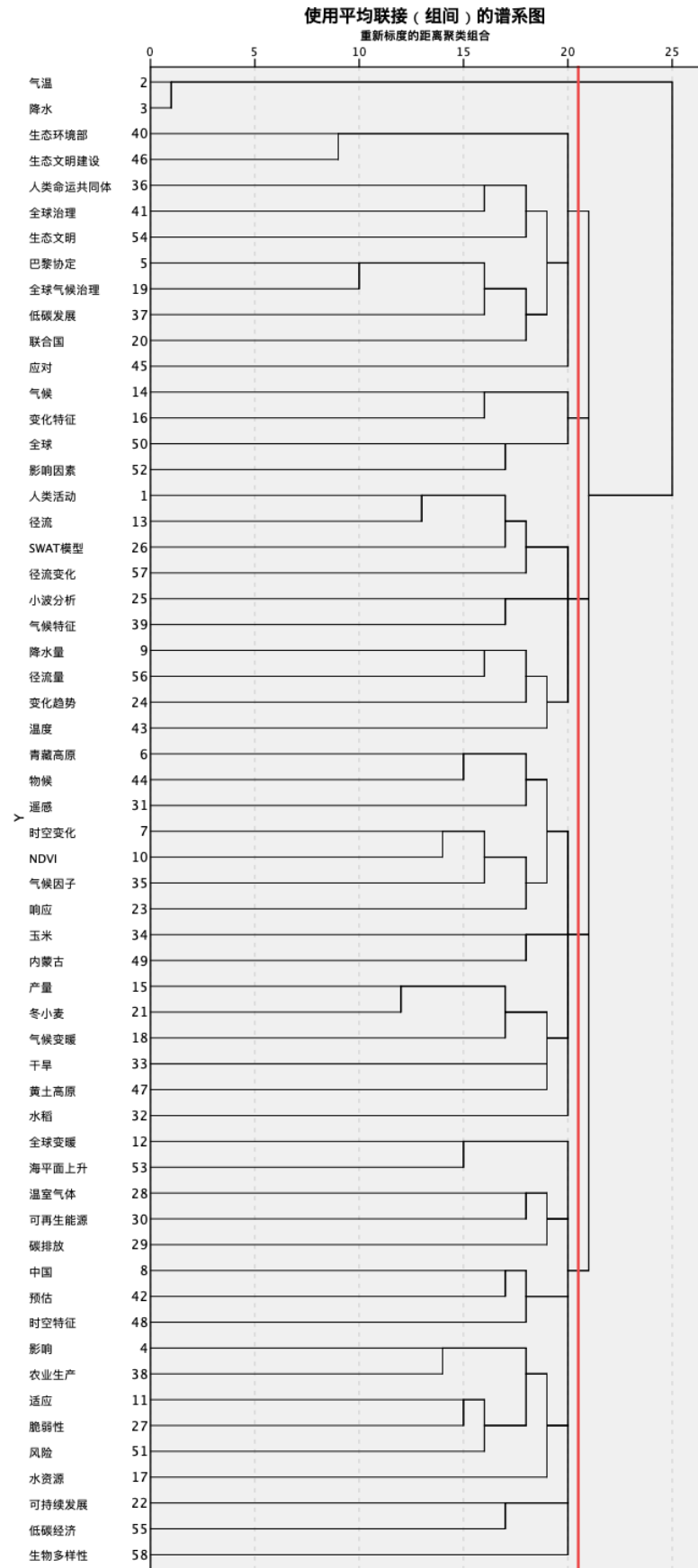


图 2 基于词频 g 指数法确定的高频词聚类分析谱系图（阈值取 20.5）

在阈值 20.5 处划分相应类别，可以直观地发现气候变化高频关键词被分为 7 个分类条目，具体分类结果如下表 4 所示：

表 4 基于词频 g 指数法确定的高频词聚类分析结果表

类团	关键词
气候变化现象	气温、降水
组织发展与政策宣传	生态环境部、生态文明建设、人类命运共同体、全球治理、生态文明、巴黎协定、全球气候治理、低碳发展、联合国、应对
气候变化路径研究	气候、变化特征、全球、影响因素
建模与研究	人类活动、径流、SWAT 模型、径流变化、小波分析、气候特征、降水量、径流量、变化趋势、温度
绿色农业	青藏高原、物候、遥感、时空变化 、NDVI、 气候因子、响应、玉米、内蒙古、产量、冬小麦、气候变暖、干旱、黄土高原、水稻
节能减排	全球变暖、海平面上升、温室气体、可再生能源、碳排放
可持续发展	中国、预估、时空特征、影响、农业生产、适应、脆弱性、风险、水资源、可持续发展、低碳经济、生物多样性

3.2 对比整合分类条目

通过共词聚类法得到的 7 个分类条目，对比气候工作基金会的 10 个分类条目（），可以发现这两种分类条目有较大的重合，例如组织发展与政策宣传类和 Governance & Diplomacy 类、气候变化路径研究类和 Carbon Dioxide Removal 类、绿色农业类和 Food & Agriculture 类、节能减排和 Industry 类等。

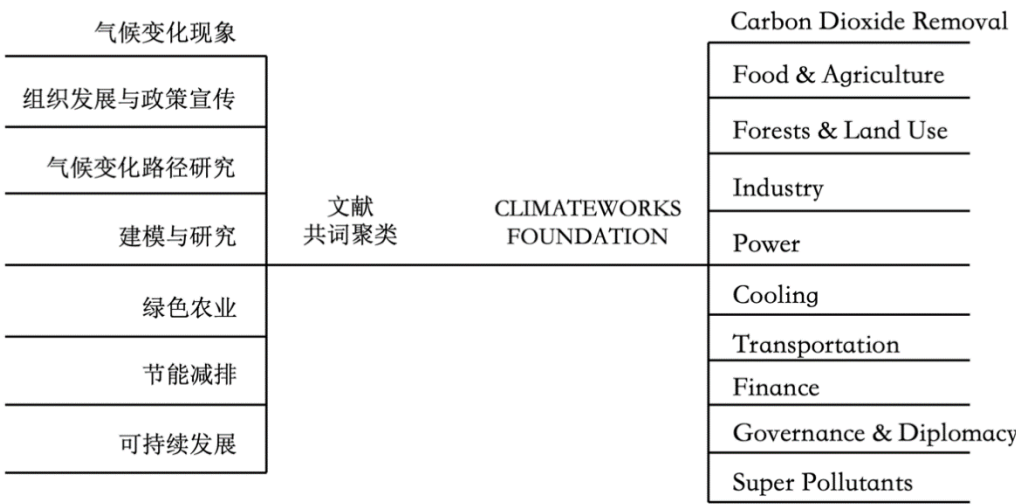


图 3 文献共词聚类和气候工作基金会分类目对比图

通过共词聚类和气候工作基金会获得的分类条目分别代表了学术和实践领域的不同分类结果（图 3）。为了结合学术领域和实践领域，使气候变化分类框架有更广泛的应用，将上述两种分类条目进行整合，得到 11 个一级分类，再根据共词聚类得到的 7 个分类条目下子条目的内容，以及气候工作基金会分类条目对应的内容进行整合，得到了 33 个二级分类，最后将共词聚类的关键词归到对应的二级分类下（图 4）。

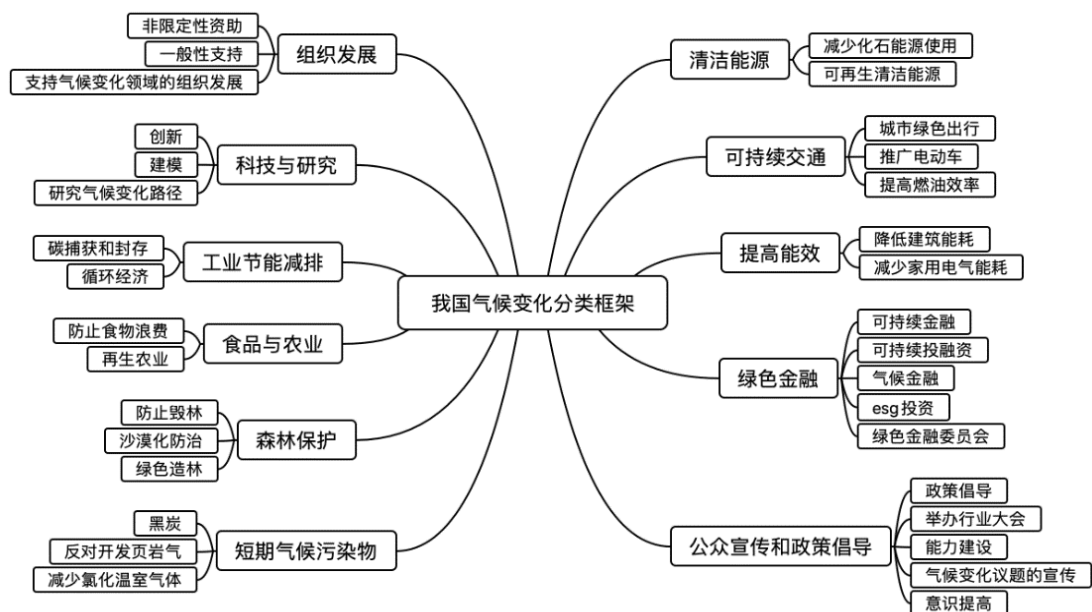


图 4 我国气候变化分类条目图

3.3 构建关键词库和剔除词库

3.3.1 数据来源

构建气候变化分类框架的关键词库、剔除词库的数据，来源于中国慈善基金会在 2008–2019 年的 8767 份年度工作报告、审计报告等公开数据，覆盖了公众宣传、沙漠化防治、绿色金融等多个气候变化领域。

3.3.2 Jieba 分词工具

Jieba 是一款广泛流行且开源的第三方中文分词库，Python 提供了其应用接口。jieba 分词系统中实现了 TF-IDF 和 TextRank 两种关键词抽取算法。而 jieba 分词系统自带三种分词模式：精确模式、全模式以及搜索引擎模式^[26]。根据文献，精确模式将句子最精确地切开，适合文本分析，其应用思路如下图 5：

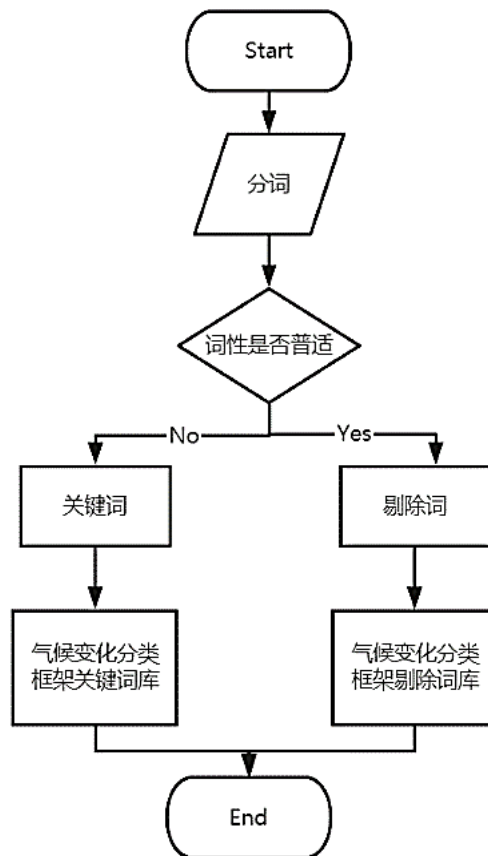


图 5 jieba 精确模式分词方法图

3.3.3 三种关键词抽取算法的应用和结果展示

通过 Python 工具，结合 jieba 分词技术，采用 TF-IDF、TextRank 算法以及精确模式切词算法，进行词库的构建（表 5）。

表 5 三种关键词抽取算法的结果展示表

TF-IDF 关键词提取算法		TextRank 关键词提取算法		精确模式停用词算法	
项目	社会	生态	社会	项目	建设
公益	企业	公益	计划	保护	社会
生态	中国	环境	环境保护	环保	企业
基金会	志愿者	基金会	问题	公益	组织
环境	垃圾	中国	中心	生态	绿色
社区	平台	社区	地区	活动	资助
时间	计划	时间	城市	环境	自然
资助	保护地	企业	工程	发展	教育
绿色	目标	资助	平台	基金会	推动
环境保护	我会	绿色	基金	社区	研究

3.3.4 三种关键词提取算法的比较

结合 TF-IDF、TextRank 关键词抽取算法以及 jieba 精确模式分词三种方法的结果，将关键词排序，选取了词频排名前 20 的关键词进行对比，发现通过上述两种算法对数据库中的项目进行关键词提取存在不足，比如关键词错切（如“我会”），普适性词较多（如“中心”、“项目”）等，因此不适宜构建气候变化分类框架词库。而基于 jieba 精确模式分词下的关键词，基本囊括了前两种无监督算法方式得到的结果，且其得到的关键词覆盖面更广。但精确模式的切词结果仍存在普适性词，不能作为构建的气候变化分类框架的关键词，比如“项目”、“社区”等。

综上，本研究采用 jieba 精确模式分词法得到词库，仍需人工监督以及重复迭代，不断提高精度，从而完善关键词库、剔除词库。

3.3.5 关键词库、剔除词库的迭代和完善

为了进一步完善关键词库、剔除词库，使分类框架匹配更加准确，进行项目数据的迭代，从而进行精度检验。通过 4 次迭代和精度判断（正确匹配数/总数），结合人工监督的方式，最终分类框架由 368 个词汇构成“关键词库”以及 95 个词汇构成“剔除词库”，匹配精度高达 74.827%，相比初始匹配精度提高了 50%（图 6）。

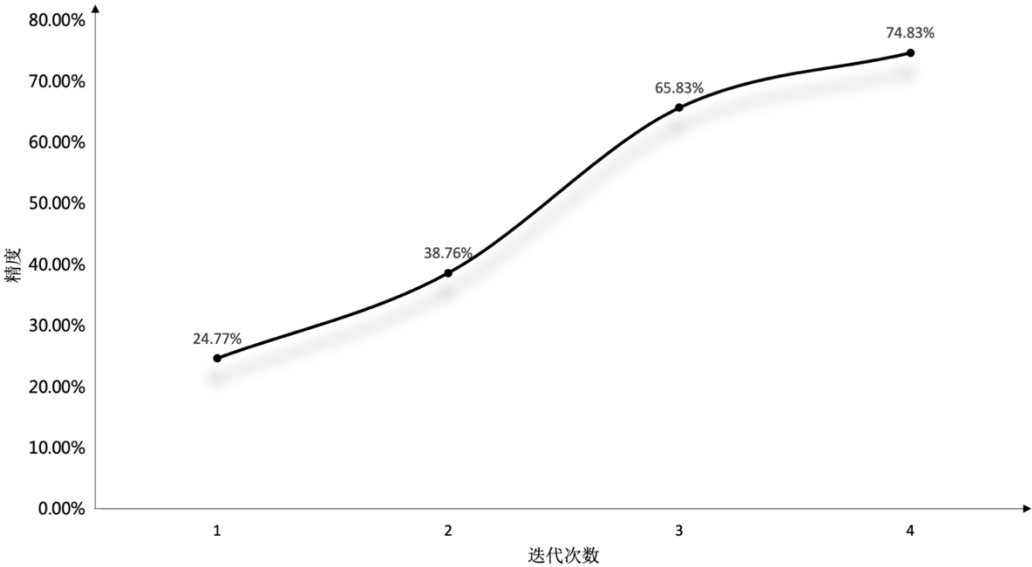


图 6 迭代精度变化图

4. 可视化分析

根据已构建的气候变化分类框架，通过 Tableau、PowerBI 等工具对 2008-2019 年中国慈善基金会年报中相关的气候变化数据按照不同主体、时间、地域、资金来源和支出流向进行可视化分析，从而展示出气候变化治理的现状。

4.1 捐赠金额与项目支出流向—桑基图

为应用上述框架整体探究我国在气候变化领域的项目资金流向情况，绘制了如图 7 所示的 2008~2019 年我国在气候变化领域的投入金额与项目支出流向桑基图。

图左侧为“源”，代表的是气候变化领域的资金捐赠方，包括公司、自然人、社会组织及红十字会、高校和政府五类捐款主体；中间一列为第一层“目标”，代表的是受资方，同时也是气候变化项目的执行者，主要以各基金会为主；右侧为第二层“目标”，代表的是我国气候变化分类框架中的 11 个气候变化领域。“源”到第一层“目标”的流向分支线的宽度由捐赠主体投入到基金会的款项及其投资事件个数共同决定，第一层“目标”到第二层“目标”的流向分支线的宽度由基金会到十一个气候变化领域的项目年度支出及其项目个数共同决定，政府、企业等主体可据此监督基金会的资金流向从而规范资金使用。

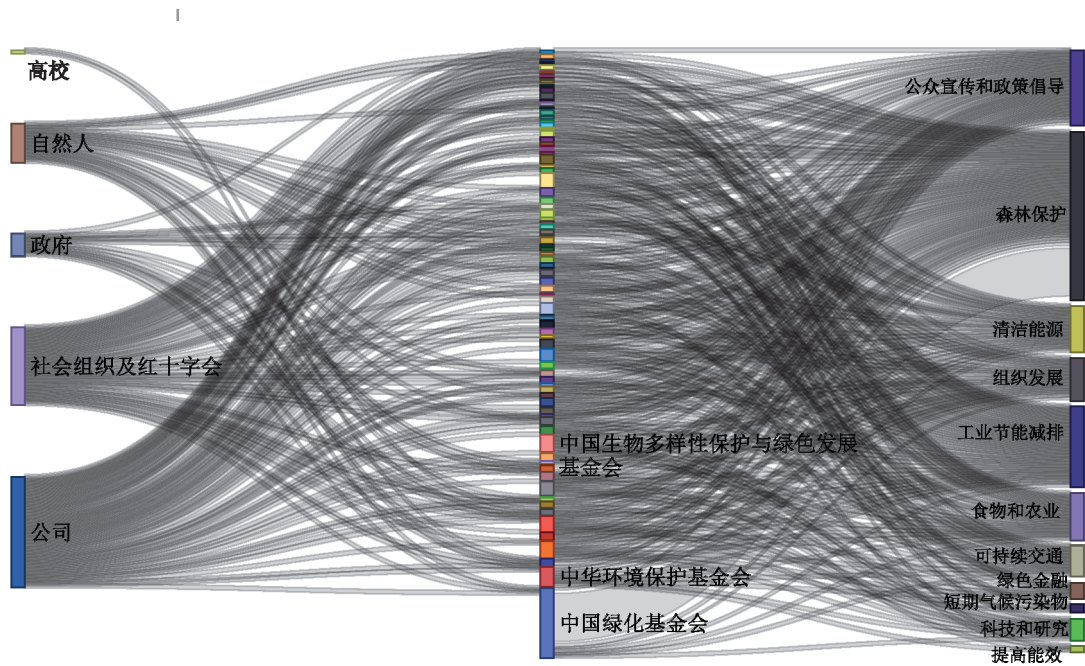


图 7 捐赠金额与项目支出流向——桑基图

4.2 一级分类领域分析

4.2.1 基于一级分类领域的支出金额分析

为展示我国对各气候变化分类领域的投入状况，绘制了如图 8 所示的 2008~2019 年气候变化领域下十一个分类领域的项目投入总额图，该图也可以在一定程度上体现参与领域项目的难易程度与积极性情况；其中，“森林保护”（33.88 亿元）资金投入最大，“组织发展”（7.48 亿元）与“工业节能减排”（5.95 亿元）位列二、三；投入金额最少的三个领域为“提高能效”（0.08 亿元）、“短期气候污染物”（0.26 亿元）以及“绿色金融”（0.38 亿元）。我国在气候变化各领域的资金投入总额差距较为悬殊，这一定程度上说明了我国在气候变化领域存在资金投入不均、发展不平衡的问题。

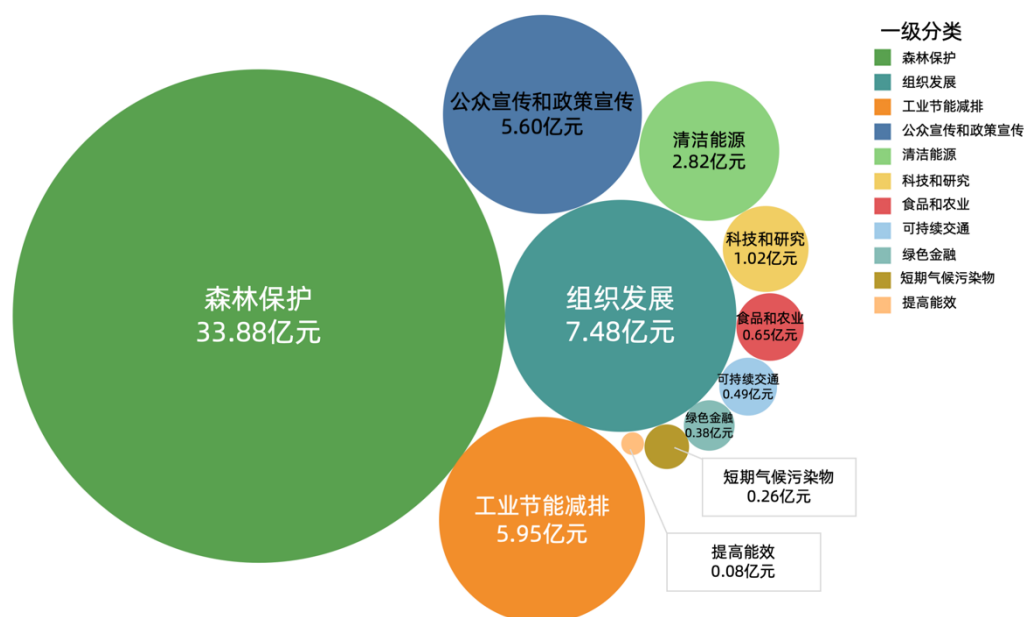


图 8 一级分类及其投入金额——球形图

4.2.2 基于时间变化的一级分类领域投入分析

为展示十一个气候变化分类领域随时间变化的投入情况，绘制了如图 9 所示的 2008～2019 年各一级分类领域投入图。从分类领域观察，有 8 个领域（森林保护、组织发展、工业节能减排、公众宣传和政策倡导、科技和研究、食物和农业、绿色金融、短期气候污染物）近年的总投入情况呈波动上升趋势，有 3 个领域（清洁能源、可持续交通、提高能效）近年的总投入情况呈现下降趋势。从时间维度观察，2011 年投入金额下降的领域个数最多，2018 年投入金额上升的领域个数最多，2017～2019 超半数领域的投入金额存在上升趋势。整体而言，我国在气候变化领域的参与积极性是逐渐提高的。

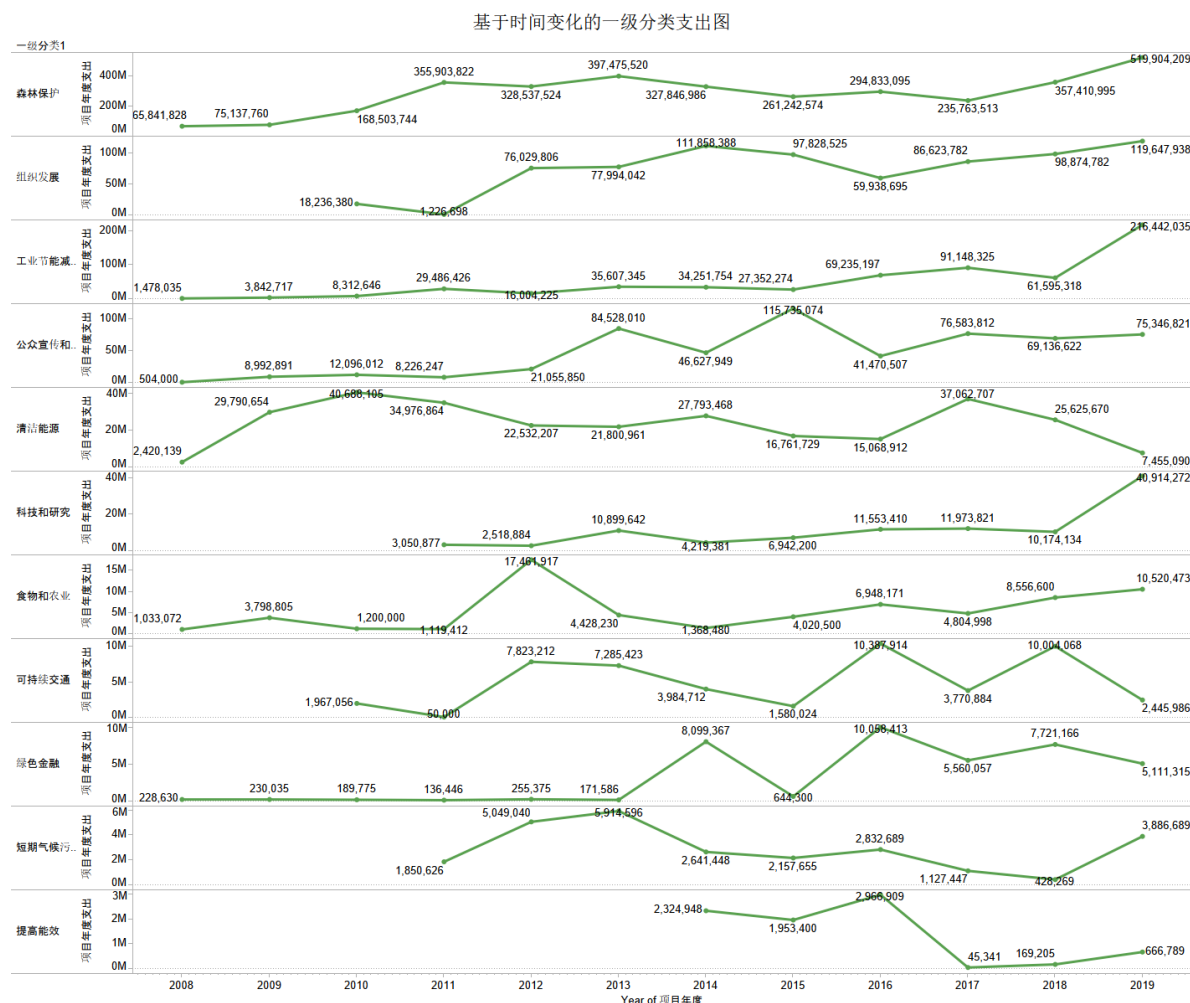


图 9 2008~2019 年各一级分类领域投入图

4.3 我国各省份气候变化项目资金投入分析

从地域来看，如图 10 所示，华北地区、西北地区的气候变化项目资金投入较多，华中地区、华南地区的气候变化项目资金投入较少。其中，云南省（7.2 亿元）、内蒙古（6.6 亿元）位列前二，江西省（0.035 亿元）、安徽省（0.016 亿元）位列末位。

中国各省份气候变化项目资金投入（2008-2019年）

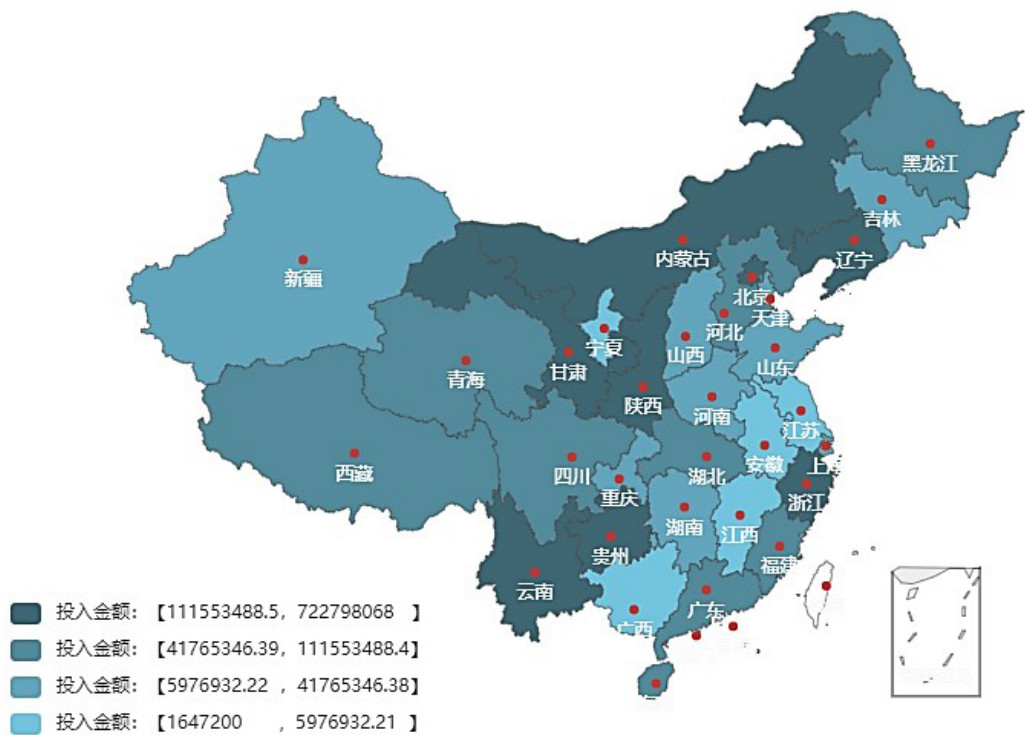


图 10 中国各省份气候变化项目资金投入图

4. 4 分析气候变化治理的各个主体参与情况

4. 4. 1 气候变化治理的分类主体分析

中国参与气候变化治理的主体主要分为企业、社会组织及红十字会、政府、高校、自然人 5 类主体，各自的投入总金额和占比如表 6 所示。

表 6 五个捐赠主体的总金额

参与主体	投入金额	占比
企业	2652890193	73. 29%
社会组织及红十字会	662213332. 6	18. 30%
自然人	249714744. 4	6. 90%
政府	42232654. 6	1. 17%
高校	12584421. 59	0. 35%
总和	3619635347	1

在 2008-2019 年期间，企业、社会组织及红十字会、自然人、政府、高校参与气候变化项目治理的金额分别为 26.53 亿元（73. 3%）、6.62 亿元（18. 3%）、0.25 亿元（6.9%）、0.42 亿元（1.2%）和 0.13 亿元（0.35%）。可以发现，企业投入金额占捐赠主体中的绝大部分，其在气候变化治理中发挥着举足轻重的作用，因此本项目就企业对气候变化的治理进行深入分析。

4.4.2 参与主体的深入分析：不同企业类型

为进一步分析不同类型的企业参与气候变化治理的情况，将企业分为 5 大类，如表 7 所示。可以观察到民营企业投入气候变化项目的金额最多（17.64 亿元，占比 83.22%），合资企业投入金额最少（0.37 亿元，占比 1.76%）。

表 7 不同类型企业的气候变化项目投入金额

企业类型	金额	占比
民营企业	1763766042	83.22%
国有企业	137678661.1	6.50%
外资企业	111513430	5.26%
港澳台	69104700	3.26%
合资企业	37348600	1.76%
总和	2119411433	1

4.5 深入探究

通过以上研究发现，不同类型企业参与气候变化治理的情况存在显著差异，其中民营企业在气候变化治理的资金投入远远超过其他企业类型，本文对此进行深入探究。

从参与气候变化治理的积极程度而言，截至 2018 年 11 月底，我国由政府和社会资本合作的有关生态建设和环境保护的 440 个落地实施项目中，民营社会资本承接 189 项，民营企业在生态环境部环境服务业试点主体中占比为 66%^[27]。民营企业对气候变化的参与相对于其他企业类型更积极，已成为气候变化攻坚战的重要力量。就企业参与社会公益捐赠的角度而言，由于国有企业属于公共企业，其捐赠行为本身存在一定的争议。而对于民营企业而言，拥有自主权是履行企业社会责任的优势。民营企业普遍更重视捐赠的社会效果，通过冠名基金来实施捐赠的越来越多，稳定性越来越高；这与国有企业的捐赠不同，国有企业的捐赠往往有一定的摇摆性^[28]。

4.6 稳健性检验

为检验本项目的研究成果，探究可视化结果的成因和合理性，本研究选取了 2008-2019 年共 12 份《中国应对气候变化的政策与行动报告》，该类报告具体描述了中国各年的气候变化政策和相关行动；通过使用 python 的 jieba 切词工具进行关键词的提取，得到对应的年份的国家政策热点，以验证可视化分析的合理性，每年报告关键词词频结果及其匹配的气候变化分类领域关键词如表 8 所示：

表 8 年份高频词和对应分类领域匹配结果

年份	报告热词及其词频	对应的气候变化领域及其关键词
2008	节能(54)、排放(37)、技术(37)、政策(27)、减排(22)、森林(20)、再生能源(19)	工业节能减排(节能、排放、减排)、科技和研究(技术)、公众宣传和政策倡导(政策)、森林保护(森林)、清洁能源(再生能源)
2009	节能(113)、减排(84)、排放(74)、技术(73)、提高(64)、能源(57)、政策(54)、森林(42)、农业(34)	工业节能减排(工业、节能、减排、排放)、科技和研究(技术)、提高能效(提高)、清洁能源(能源)、公众宣传和政策倡导(政策)、森林保护(森林)、食品和农业(农业)
2010	节能(172)、能源(66)、技术(63)、政策(58)、减排(54)、排放(48)、组织(42)、森林(37)、建筑能耗(34)、造林(33)、清洁(31)	工业节能减排(节能、减排、排放)、清洁能源(清洁能源、能源)、科技和研究(技术)、公众宣传和政策倡导(政策)、组织发展(组织)、森林保护(造林、森林)、提高能效(建筑能耗)
2011	节能(78)、技术(43)、再生能源(37)、排放(34)、提高(33)、减排(33)、政策(29)、清洁(21)、组织(19)、十一五(15)	工业节能减排(节能、排放、减排)、科技和研究(技术)、清洁能源(再生能源、清洁能源)、提高能效(提高)、公众宣传和政策倡导(政策)、组织发展(组织)
2012	节能(66)、组织(58)、排放(35)、十二五(33)、减排(28)、温室气体(26)、能源(26)、技术(25)、工业(23)、绿色交通(23)、政策(23)、林业(21)	工业节能减排(工业、节能、排放)、组织发展(组织)、短期气候污染物(温室气体)、清洁能源(能源)、科技和研究(技术)、可持续交通(绿色交通)、公众宣传和政策倡导(政策)、森林保护(林业)
2013	节能(68)、研究(52)、组织(45)、政策(44)、排放(42)、技术(37)、能源(31)、温室气体(27)、减排(22)、监测(21)、十二五(21)	工业节能减排(节能、减排、排放)、科技和研究(技术、研究、监测站)、组织发展(组织)、公众宣传和政策倡导(政策)、清洁能源(能源)、短期气候污染物(温室气体)
2014	排放(71)、节能(64)、组织(51)、政策(47)、能源(37)、研究(28)、技术(26)、温室气体(24)、十二五(21)	工业节能减排(节能、排放)、组织发展(组织)、公众宣传和政策倡导(政策)、清洁能源(能源)、科技和研究(技术、研究)、短期气候污染物(温室气体)
2015	节能(66)、组织(48)、政策(37)、能源(36)、研究(27)、减排(26)、技术(24)	工业节能减排(节能、减排)、组织发展(组织)、公众宣传和政策倡导(政策)、清洁能源(能源)、科技和研究(技术、研究)
2016	节能(62)、排放(57)、政策(52)、温室气体(49)、组织(48)、十三五(44)、研究(35)、技术(31)、能源(29)、减排(28)、工业(27)	工业节能减排(工业、节能、排放、减排)、公众宣传和政策倡导(政策)、短期气候污染物(温室气体)、组织发展(组织)、科技和研究(技术、研究)、清洁能源(能源)
2017	排放(68)、温室气体(52)、组织(49)、十三五(45)、节能(42)、能源(38)、研究(31)、技术(30)、政策(24)、草原(21)、减排(21)、监测(20)	工业节能减排(节能、排放、减排)、短期气候污染物(温室气体)、组织发展(组织)、清洁能源(能源)、科技和研究(技术、研究、监测站)、公众宣传和政策倡导(政策)、森林保护(草原)
2018	排放(68)、节能(44)、温室气体(38)、政策(36)、组织(24)、清洁能源(20)、技术(21)、十三五(20)、持续(19)、提高(18)	工业节能减排(节能、排放)、短期气候污染物(温室气体)、公众宣传和政策倡导(政策)、组织发展(组织)、清洁能源(清洁能源)、科技和研究(监测站、技术)、可持续交通(持续)、提高能效(提高)
2019	排放(53)、政策(42)、能源(42)、节能(39)、温室气体(31)、持续(23)、研究(21)、监测(21)、技术(21)、工业(20)、组织(19)、森林(18)、草原(18)	工业节能减排(节能、排放)、公众宣传和政策倡导(政策)、清洁能源(能源)、短期气候污染物(温室气体)、可持续交通(持续)、科技和研究(监测站、研究、技术)、组织发展(组织)、森林保护(森林、草原)

通过表 8 发现“清洁能源”（12 次）、“工业节能减排”（12 次）、“公众宣传和政策倡导”（12 次）以及“科技和研究”（12 次）在 12 年间每年都会有对应的关键词被政府报告提及。结合图 9 发现以上领域的投入金额和发展相对稳定，整体呈上升趋势，这意味着

政府的相关政策引导能调动各方参与气候变化治理的积极性；而“提高能效”（4次）、“可持续交通”（3次）、“食品和农业”（1次）以及“绿色金融”（0次）被报告提及的次数低于调查年度的一半（6次），结合图9发现这些领域的投入金额波动相对较大。因为缺乏政府的引导，这些领域的参与往往依靠“无领导”的企业和社会组织等主体，这容易导致气候变化领域投入的盲目性和易变动性。

为进一步探究政府的角色，本项目分析了对应年份期间颁发的政策及其热点^{[29][30][31]}，发现对应年份中政策提及到的气候变化领域，其投入金额整体上升，趋势向好，这意味着政府的政策引导对气候变化治理的资金流向有着重要作用（表9）。

表9 政策热点及其对应的气候变化领域分析

年份	政策	政策热点及其对应的气候变化领域
2008-2010	《中国应对气候变化国家方案》	1. 大力发展可再生能源（清洁能源） 2. 实施植树造林（森林保护）
2011-2015	《国家环境保护“十二五”规划》	1. 提高森林覆盖率（森林保护） 2. 健全应对气候变化政策（公众宣传与政策倡导） 3. 加强部门应对气候变化的工作协调（组织发展）
2016-2019	《国家环境保护“十三五”规划》	1. 控制温室气体排放（短期气候污染物） 2. 加强气候变化观测和科学研究（科技和研究） 3. 广泛开展国际合作（组织发展）

综上，稳健性检验不仅验证了本研究分析结果的合理性，并且凸显了政府在气候变化项目治理中的重要性。因此，政府应该更好地发挥引导及其作为市场主体的作用，激励更多资金投向应对气候变化领域并合理调配资金，为中国积极应对气候变化、推进生态文明建设、实现高质量发展注入全新动力。

5 结语

本研究基于知网文献和慈善基金会年报数据，采取共词聚类分析方法和 jieba 关键词提取技术，结合气候工作基金会的分类框架，构建了由 11 个一级分类和 33 个二级分类构成的气候变化分类框架，并通过可视化分析，发现我国在气候变化领域存在资金投入不均、不同主体参与气候变化治理差异较大等现象，因此政府需要引导资金的调配使其使用更加合理有效，在不同气候变化领域形成政策合力，促使基金会带动更多社会主体开展应对气候变化的行动，推动我国气候变化治理工作朝着专业化、标准化、国际化的方向发展。

除此之外，通过探究民营企业在气候变化治理的投入与其他企业类型的差异，研究表明，由于民营企业相对其他企业类型更具捐赠自主权的优势，民营企业更加重视履行企业社会责任的社会效果，因此越来越成为气候变化治理的重要力量；而国有企业的气候变化治理投入往往会因为其捐赠行为本身的争议性而摇摆不定。当然，不同社会主体参与气候变化治理的都离不开政府的政策制定和引导，此结论也被本项目的稳健性检验所发现。

而本研究的不足是数据仅采用了知网文献数据和慈善基金会年报数据，样本量有待提升；构建的我国气候变化分类框架匹配精度已高达 **74.827%**，但有待提升；后期可以补充新的数据进行进一步的可视化分析。

参考文献/References:

- [1] 联合国报告: 2015-2019 年为有记录以来最热的五年,
http://m.ce.cn/gj/gd/201909/23/t20190923_33199811.shtml
- [2] 麦肯锡全球研究院: 应对气候变化: 中国对策, 2020,
https://www.mckinsey.com.cn/wp-content/uploads/2020/06/%E9%BA%A6%E8%82%AF%E9%94%A1_%E5%BA%94%E5%AF%B9%E6%B0%94%E5%80%99%E5%8F%98%E5%8C%96_%E4%B8%AD%E5%9B%BD%E5%AF%B9%E7%AD%96.pdf
- [3] Scott B Power, François P D Delage. El Niño - Southern Oscillation and Associated Climatic Conditions around the World during the Latter Half of the Twenty-First Century. 2018, 31(15):6189-6207.
- [4] 吴绍洪, 罗勇, 王浩, 高江波, & 李传哲. (2016). 中国气候变化影响与适应: 态势和展望. 科学通报, 061(010), 1042-1054.
- [5] 丁一汇. 全球气候变化[J]. 气候变化, 2002:9-10.
- [6] 冯锐, 高菠阳, 陈钰淳 & 张婷婷. (2020). 粤港澳大湾区科技金融耦合度及其影响因素研究. 地理研究(09), 1972-1986. doi:.
- [7] 刘春 & 刘丽娇. (2014). 基于关键词规则匹配的企业客户行业分类研究. 广东通信技术(09), 32-36. doi:.
- [8] 张发亮 & 刘君杰. (2019). 我国公共图书馆服务创新发展驱动因素及机理研究——基于关键词分类编码与关联分析. 图书馆(12), 16-22. doi:.
- [9] 郭文斌 & 方俊明. (2015). 关键词共词分析法: 高等教育研究的新方法. 高教探索(09), 15-21+26. doi:.
- [10] 秦长江. (2010). 基于共词知识图谱的人文学科研究热点可视化的实证研究. 图书馆理论与实践(12), 29-33. doi:.
- [11] 曾小芹. 基于 Python 的中文结巴分词技术实现[J]. 信息与电脑(理论版), 2019, 31(18):38-39+42.
- [12] 韦人予. 中文分词技术研究[J]. 信息与电脑(理论版), 2020, 32(10):26-29.
- [13] 吴思慧, 陈世平. 结合 TFIDF 的 Self-Attention-Based Bi-LSTM 的垃圾短信识别[J]. 计算机系统应用, 2020, 29(09):171-177.
- [14] 于劲松, 王海腾, 赵廷涛, 郭丞皓, 梁思远, 牛馨皓, 边梦葳. TextRank 抽取摘要技术在公文服务(OA 系统)中的应用[J]. 办公自动化, 2020, 25(17):8-10.
- [15] Epstein, Lee, Segal, et al. Measuring issue salience. [J]. American Journal of Political Science, 2000.
- [16] Gautier, Arthur and Pache, Anne-Claire, (2015). Research on Corporate Philanthropy: A Review and Assessment, Journal of Business Ethics, 126, issue 3, p. 343-369,
<https://EconPapers.repec.org/RePEc:kap:jbuset:v:126:y:2015:i:3:p:343-369>.
- [17] Lantos, G.P. (2001) The Boundaries of Strategic Corporate Social Responsibility. Journal of Consumer Marketing, 18, 595-632.
- [18] Wang, H. & Qian, C. (2011). Corporate philanthropy and financial performance of Chinese firms: The roles of social expectations and political access", Academy of Management Journal, 54 (6): 1159-1181.
- [19] Salamon, L. M., & Anheier, H. K. (1997). Defining the nonprofit sector: A cross-national analysis. Manchester University Press.

- [20] Mai, Q., & Francesch-Huidobro, M. (2015). *Climate change governance in Chinese cities* Routledge. New York.
- [21] Westman, L., & Broto, V. C. (2018). Climate governance through partnerships: A study of 150 urban initiatives in China. *Global Environmental Change*, 50, 212-221.
- [22] 蓝煜昕, 荣芳, 于绘锦. 全球气候变化应对与 NGO 参与: 国际经验借鉴[J]. *中国非营利评论*, 2010(01):87-105.
- [23] 崔雷. 专题文献高频主题词的共词聚类分析[J]. *情报理论与实践*, 1996(04):50-52.
- [24] 虞秋雨, 徐跃权. 共词分析中高频词阈值确定方法的实证研究——以新冠肺炎文献高频词选取为例[J]. *情报科学*, 2020, 38(09):90-95.
- [25] 梁立明, 谢彩霞. 词频分析法用于我国纳米科技研究动向分析[J]. *科学学研究*, 2003(02):138-142.
- [26] 石凤贵. (2020). 中文文本分词及其可视化技术研究. *现代计算机*(12), 131-138+148. doi:.
- [27] 全国工商联《中国民营企业社会责任报告(2019)》
- [28] 王淑珍. 中国民营企业慈善捐赠的特点及发展对策[J]. *时代经贸*, 2013, (1):8-9.
- [29] 中华人民共和国中央人民政府《中国应对气候变化国家方案》
- [30] 国家自然科学基金委员会、国家海洋局、中国科学技术协会《“十二五”国家应对气候变化科技发展专项规划》
- [31] 国家自然科学基金委员会、国家海洋局、中国科学技术协会《“十三五”国家应对气候变化科技发展专项规划》