

【学术前沿动态】 诺贝尔物理学奖相关论文分析（一）

2021 年 10 月 5 日诺贝尔物理学奖揭晓，真锅淑郎、克拉斯·哈塞尔曼因对地球气候建立了物理模型，量化其变异性并可靠地预测全球变暖获得了一半奖金，本期针对该领域展开相关论文分析。

一、总体概况

本报告的数据来源于 SCIE 和 SSCI，由获奖人真锅淑郎、克拉斯·哈塞尔曼本人的相关主题文献及这些文献的施引文献两部分组成。文献类型限 Article，通过检索精炼、排除和数据预处理多重把关获得有效记录 7771 条。利用 Citespace 对数据进行了词频统计和聚类分析。获得了 85 个聚类。下面将从聚类、高频词和突现词三个维度描述分析结果。

表 1：SCI/SSCI 相关文献聚类情况简表（前十）

聚类号	大小	年均值	关键词聚类标签
0	221	1999	atlantic meridional overturning circulation; north atlantic ; multidecadal variability ; thermohaline circulation; meridional overturning circulation
1	188	2000	global warming; intermediate complexity ; greenhouse gases ; carbon dioxide; earth system model
2	139	2002	el nino ; multi-model ensemble; tropical pacific ; cmip5 model ; walker circulation
3	132	2002	tibetan plateau; southern hemisphere; general circulation model ; east asia ; recent trend
4	100	2002	ross sea antarctica; organic carbon; soil moisture ; net community production ; spatial variability
5	93	2000	world ocean model ; indian ocean; oceanic uptake; chlorofluorocarbon uptake; surface gas
6	63	2007	human influence ; observed warming ; mediterranean sea; new statistical approach; geopotential height
7	60	1995	ocean-atmosphere model; atmospheric circulation; thermal contrast ; water-holding capacity ; global water cycle
8	56	2002	interdecadal variability; atlantic spring bloom ; idealized model ; ocean-atmosphere model integration; surface air temperature variability
9	44	2003	underlying consistent large-scale temperature responses ; energy-balance mechanism; plankton multiplier; global terrestrial carbon-cycle; tropical cirrus albedo effect

0 号聚类为最大聚类，“环流”是最核心的词，包括大西洋经向翻转环流、热盐环流和经向翻转环流。地理位置是北大西洋。聚类成员之一的“Heinrich 事件”也与此位置相关。

1 号聚类核心词是“全球变暖”。成员中还有温室气体和二氧化碳、地球系统模型和中等复杂度（修饰地球系统模型的词）。

2 号聚类核心词是“厄尔尼诺现象”。在“第五次国际耦合模式比较计划”（CMIP5）中开展了“多模式集合”优化研究工作，地理位置是“太平洋赤道带”（厄尔尼诺现象发生的位置）。此外，聚类成员中还有沃克环流（英国气象学家沃克发现，与太平洋赤道带海表温度有关）。

3 号聚类的核心词是“青藏高原”，聚类成员中涉及地理位置的词还有南半球和东亚，现象主要有大气环流模式。这一聚类的主题特征是某地（青藏高原）的气候变化通过大气环流

影响其他地方的气候。

4号聚类的核心词是“土壤湿度”，成员中还有南极罗斯海、有机碳、群落净产量和空间变异性。这个聚类涉及碳水循环。

5号聚类核心词是“世界海洋模型”，成员中还有印度洋、海洋吸收、氯氟烃吸收和表面气体等。这个聚类涉及海气交互作用。

6号聚类核心词是“人类影响”，成员中还有观察到的变暖、地中海、统计方法和位势高度。这个聚类涉及人为气候营力对气候变化的影响。

其他聚类省略不表，详情参见表 1。

为了提高可读性和可理解性，将高频词粗略地分为地理位置、研究对象、研究方法和现象四个类。

地理位置方面，有南北半球，南北太平洋，南部海洋、北冰洋等。纵深分布高达青藏高原、低至深海，参见图 1。

研究对象方面，高频词主要有海冰、气候系统、温室气体及二氧化碳、海表温度及地表温度和土壤湿度等，参见图 2 。

研究方法方面，高频词主要有气候模型、大气环流模式、空间模式、海洋大气模型、海洋模型、地球系统模型、气候敏感性、模型模拟和数值实验等，参见图 3。



图 1：高频词—地理位置

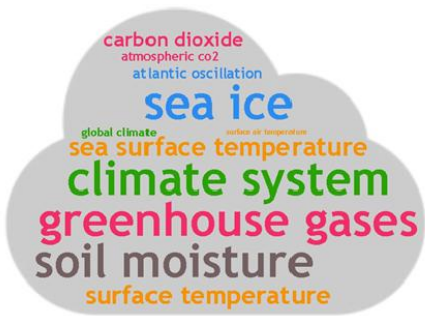


图 2：高频词—研究对象

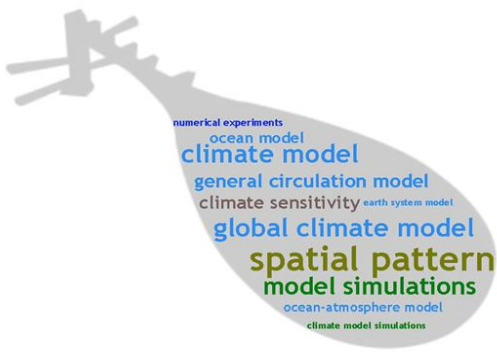


图 3：高频词—研究方法

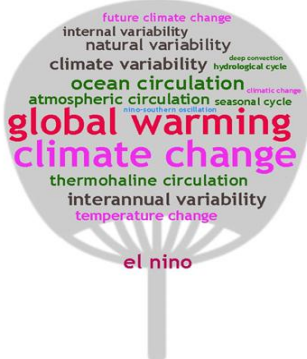


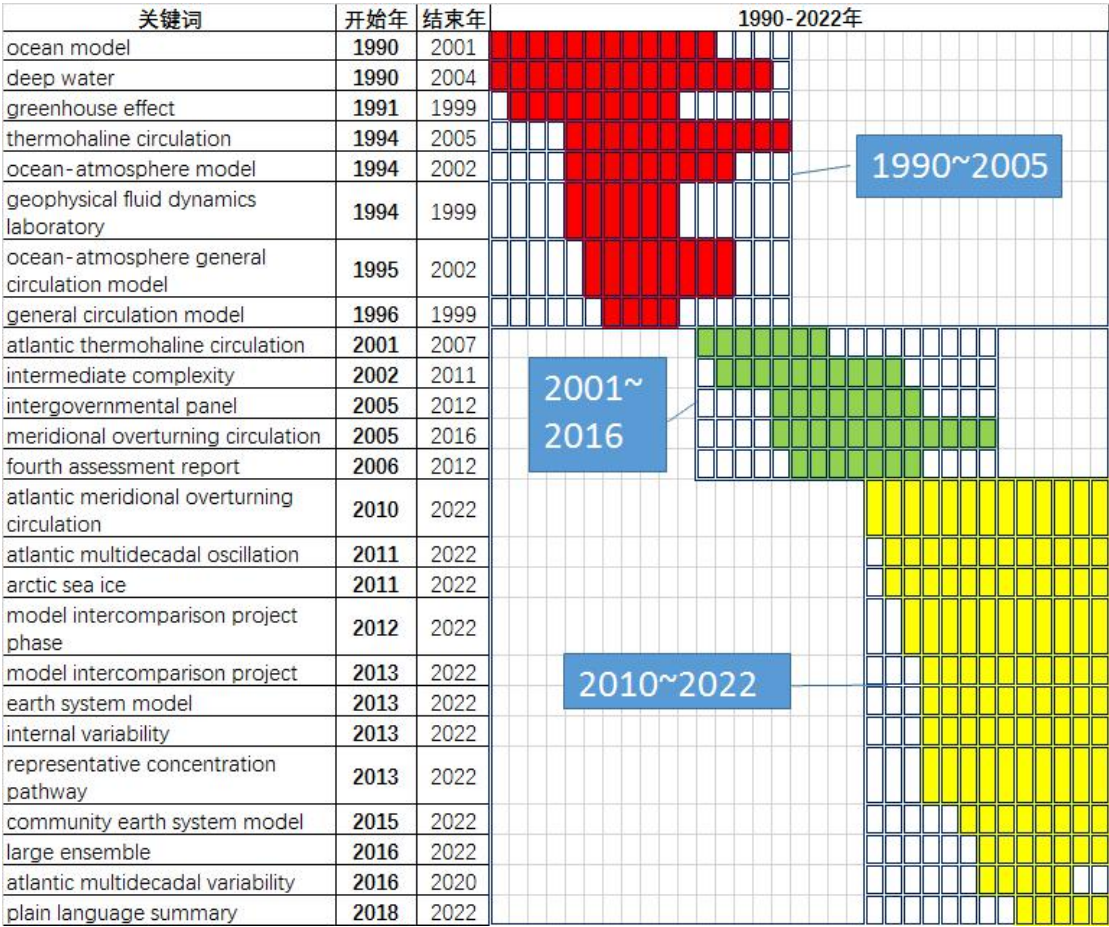
图 4：高频词—现象

现象方面，高频词主要有气候变化、全球变暖、大气环流、海洋环流、热盐环流、水文环流、大西洋经向翻转环流（词语过长，词云略）、季节环流、深度对流、年际变率、气候

变率、自然变率和厄尔尼诺现象等，参见图 4。

突现（Burst）词，是指在短时间内变量值（词频）有很大变化的词，其开始和结束的时间反映了研究热度的持续时间。分析共获得了 328 个突现词。表 2 展示了前 25 个最强突现词年代分布。为了便于理解，突变词按热度持续时间被划分成 1990-2005 年、2001-2016 年和 2010-2022 年 3 部分。研究人员可重点关注和跟踪最后一部分的关键词。表中最后一个词是“plain language summary”,可理解为科普摘要，这个词最近几年出现在“全球变暖”这个领域，也说明了在这个领域加强了科普宣传。

表 2：前 25 个最强突现词年分布



二、研究热点和趋势

对 2020 年以来的相关文献聚类分析可获得 13 个聚类，图 5 是前 10 个聚类。表 3 显示了前 10 个聚类概要信息。

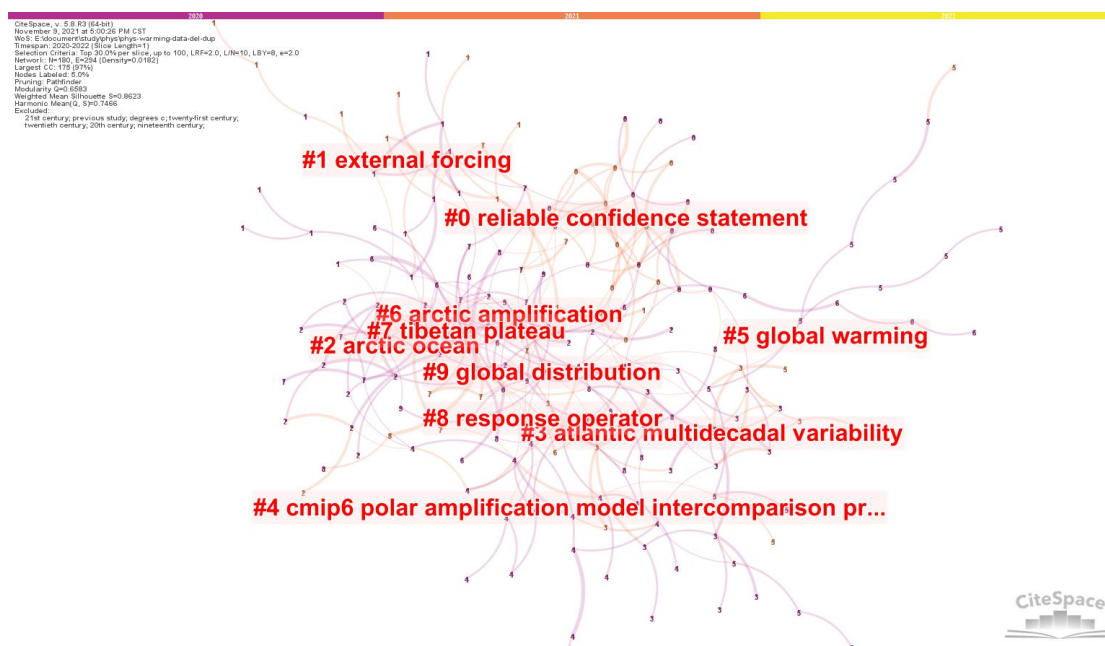


图 5：2020–2022 年文献聚类可视化结果

表 3：2020–2022 年文献聚类情况简表

聚类号	大小	年均值	关键词聚类标签 (由LLR算法给出)
0	24	2020	reliable confidence statement ; method uncertainty ; precipitation projection ; future meteorological drought ; spatiotemporal uncertainties
1	24	2020	external forcing ; observed trend ; extreme precipitation ; human influence ; single-forcing large ensemble
2	21	2020	arctic ocean ; arctic sea-ice variability ; pacific trade wind ; recent warm arctic-cold eurasia temperature pattern ; leading mode
3	20	2020	atlantic multidecadal variability ; amoc-atmosphere interaction ; ocean thermohaline dynamics ; oceans role ; north atlantic ocean interdecadal variability
4	19	2020	cmip6 polar amplification model intercomparison project ; tropical response ; arctic sea ice export ; single-column model ; rapid reduction
5	16	2020	global warming ; earth system model ; ocean ecosystem ; warm southern ocean ; eocene vigorous ocean
6	16	2020	arctic amplification ; stratospheric water vapor feedback ; atmosphere-ocean goddard earth ; observing system ; severe weather
7	16	2020	tibetan plateau ; enso variability ; tibetan plateau topography ; enso variation ; mjo el nino
8	10	2020	response operator ; forcing scenario ; general circulation model ; two-layer energy balance model ; global surface temperature response
9	9	2020	global distribution ; robust relationship ; multidecadal global warming rate variation ; forced change ; artificial neural network

下面按类分别列出各聚类的核心词及代表性文献，可在此基础上通过 WOS 查看代表性文献的参考文献和施引文献，以获取更多参考资料。

0 号聚类是最大聚类，核心词是“可靠的置信声明”。聚类成员还包括气象干旱、降水预测，其中预测涉及方法不确定性和时空不确定性。代表性文献如下(题名+网址格式)：

【0-1】 Method Uncertainty Is Essential for Reliable Confidence Statements of Precipitation Projections. <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-20-0289.1>

【0-2】 Assessing the Spatiotemporal Uncertainties in Future Meteorological Droughts from CMIP5 Models, Emission Scenarios, and Bias Corrections.

<http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-20-0411.1>

1 号聚类核心词是“外营力”。聚类成员还包括观测到的趋势、极端降水、人类影响和单营力大集合。供参考的代表性文献有：

【1-1】 Decadal Wintertime Temperature Changes in East Asia During 1958-2001 and the Contributions of Internal Variability and **External Forcing**.

<http://dx.doi.org/10.1029/2019JD031840>

【1-2】 Contribution of **external forcings** to the **observed trend** in surface temperature over Africa during 1901-2014 and its future projection from CMIP6 simulations.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2021.105512>

【1-3】 Rise in Northeast US **extreme precipitation** caused by Atlantic variability and climate change. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wace.2021.100351>

【1-4】 **Human influence** on joint changes in temperature, rainfall and continental aridity. <http://dx.doi.org/10.1038/s41558-020-0821-1>

【1-5】 Detecting Climate Signals Using Explainable AI With **Single-Forcing Large Ensembles**. <http://dx.doi.org/10.1029/2021MS002464>

2 号聚类核心词是“北冰洋”。聚类成员还包括北极海冰变化、太平洋信风、暖北极-冷欧亚大陆温度模式和主导模式。供参考的代表性文献有：

【2-1】 **Arctic Ocean** and Hudson Bay Freshwater Exports: New Estimates from Seven Decades of Hydrographic Surveys on the Labrador Shelf.

<http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0083.1>

【2-2】 Influence of **Arctic sea-ice variability** on **Pacific trade winds**. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1717707117>

【2-3】 Two **Leading Modes** of Wintertime Atmospheric Circulation Drive the Recent **Warm Arctic-Cold Eurasia Temperature Pattern**. <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0403.1>

3 号聚类核心词是“年代际变率”，涉及大西洋和北大西洋的年代际变率。聚类成员还包括大西洋经向翻转环流-大气相互作用、海洋温盐动力学以及海洋角色。供参考的代表性文献有：

【3-1】 Linking Ocean Forcing and Atmospheric Interactions to **Atlantic Multidecadal Variability** in MPI-ESM1.2. <http://dx.doi.org/10.1029/2020GL087259>

【3-2】 Subpolar Gyre-**AMOC-Atmosphere Interactions** on Multidecadal Timescales in a Version of the Kiel Climate Model. <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-20-0725.1>

【3-3】 **Atlantic Multidecadal Variability** and Associated Climate Impacts Initiated by **Ocean Thermohaline Dynamics**. <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0530.1>

【3-4】 Contributions of Atmospheric Stochastic Forcing and Intrinsic Ocean Modes to **North Atlantic Ocean Interdecadal Variability**. <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0522.1>

4 号聚类的核心词是“极地放大模型对比项目”。聚类成员还包括热带响应、北极海冰输出（淡水输出，影响海水含盐度及气候）、单柱模型和快速消融（北极海冰）。供参考的代表性文献有：

【4-1】 CAS FGOALS-f3-L Large-ensemble Simulations for the CMIP6 **Polar Amplification Model Intercomparison Project**. <http://dx.doi.org/10.1007/s00376-021-0343-4>

【4-2】 Controls on the **Tropical Response** to Abrupt Climate Changes. <http://dx.doi.org/10.1029/2020GL087518>

【4-3】 **Arctic sea ice export** as a driver of deglacial climate.

<http://dx.doi.org/10.1130/G47016.1>

【4-4】 Decomposing the Drivers of Polar Amplification with a **Single-Column Model**.

<http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-20-0178.1>

【4-5】 **Rapid reductions** and millennial-scale variability in Nordic Seas sea ice cover during abrupt glacial climate changes. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.2005849117>

5 号聚类核心词是“全球变暖”。聚类成员还包括地球系统模型、海洋生态系统、温暖的南部海洋和始新世剧烈的海洋翻转。供参考的代表性文献有：

【5-1】 Scaling **Global Warming** Impacts on **Ocean Ecosystems**: Lessons From a Suite of **Earth System Models**. <http://dx.doi.org/10.3389/fmars.2020.00698>

【5-2】 Early **Eocene vigorous ocean overturning** and its contribution to a **warm Southern Ocean**. <http://dx.doi.org/10.5194/cp-16-1263-2020>

6 号聚类核心词是“北极放大”。聚类成员还有平流层水汽反馈、恶劣天气和（戈达德地球、海洋生物地球化学）观测系统。供参考的代表性文献有：

【6-1】 Cold-Season **Arctic Amplification** Driven by Arctic Ocean-Mediated Seasonal Energy Transfer. <http://dx.doi.org/10.1029/2020EF001898>

【6-2】 **Stratospheric water vapor feedback** and its climate impacts in the coupled atmosphere-ocean **Goddard Earth Observing System** Chemistry-Climate Model. <http://dx.doi.org/10.1007/s00382-020-05348-6>

【6-3】 Is deoxygenation detectable before warming in the thermocline?. <http://dx.doi.org/10.5194/bg-17-1877-2020>（注解：强调了**海洋生物地球化学观测系统**的重要性=underline the importance of an **ocean biogeochemical observing system**）

【6-4】 Spatial variations in the warming trend and the transition to more **severe weather** in midlatitudes. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-020-80701-7>

7 号聚类核心词是“青藏高原”。聚类成员还有青藏高原地形、ENSO（厄尔尼诺南方涛动）变化、ENSO 变率，热带大气季节内振荡（MJO）和厄尔尼诺。这个聚类（年均值 2020）与全部文献中的 2 号聚类（厄尔尼诺，年均值 2002）和 3 号聚类（青藏高原，年均值 2002）有着共同的主题，说明了青藏高原特殊地形对全球气候的影响研究历久弥新。供参考的代表性文献有：

【7-1】 Modulation of orbitally forced **ENSO variation** by **Tibetan Plateau topography**. <http://dx.doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.109874>

【7-2】 Investigating the Role of the Tibetan Plateau in **ENSO Variability**. <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0422.1>

【7-3】 ENSO Diversity in a Tropical Stochastic Skeleton Model for the **MJO**, **El Nino**, and Dynamic Walker Circulation. <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-20-0447.1>

8 号聚类核心词是“响应算子”。聚类成员还有全球表面温度响应、大气环流模式和两层能量平衡模式。供参考的代表性文献有：

【8-1】 Beyond Forcing Scenarios: Predicting Climate Change through **Response Operators** in a Coupled **General Circulation Model**. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-020-65297-2>

【8-2】 Understanding the links between climate feedbacks, variability and change using a **two-layer energy balance model**. <http://dx.doi.org/10.1007/s00382-020-05189-3>

【8-3】 **Global Surface Temperature Response** to 11-Yr Solar Cycle Forcing Consistent with **General Circulation Model** Results. <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-20-0312.1>

9号聚类核心词是“全球分布”（涉及热带气旋和生物群落）。聚类成员还有稳健关系（全球变暖年代变率与大西洋年代变率之间）、强制性改变和人工神经网络。供参考的代表性文献有：

【9-1】 Detected climatic change in **global distribution** of **tropical cyclones**.
<http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1922500117>

【9-2】 Impacts of Greenland and Antarctic Ice Sheet melt on future Koppen climate zone changes simulated by an atmospheric and oceanic general circulation model.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102216>（注释：根据月降水量和平均温度可预测生物群落的全球分布=predicts the **global distribution of biomes** based on monthly precipitation and average temperatures)

【9-3】 A **robust relationship** between multidecadal global warming rate variations and the Atlantic Multidecadal Variability. <http://dx.doi.org/10.1007/s00382-020-05362-8>

【9-4】 Indicator Patterns of **Forced Change** Learned by an **Artificial Neural Network**.
<http://dx.doi.org/10.1029/2020MS002195>

因学科专业所限，难免出错，敬请批评指正；同时，也面向全校师生征集关注的领域和专题。联系方式：68779089，Email：xcliao@lib.whu.edu.cn

（编辑：廖祥春 审核：刘霞）