



陈泓邑，取得科学技术哲学博士学位后，在复旦大学从事与科技伦理相关的博士后研究工作，现在云南大学政府管理学院工作。博士后期间主要关注在科学研究中心获取并使用大量个人数据会带来的科研伦理问题，亦关注相关科研伦理问题和环境伦理问题的交叉领域。当下的研究兴趣聚焦于从政治哲学角度讨论基于科学共同体的专业判断做出政治决定的正当性，以及AI等新兴科技的社会应用带来的伦理风险。

健康大数据研究温室气体排放的环境 影响——以生命伦理为视角

陈泓邑

(云南大学政府管理学院，昆明 650500)

摘要：健康大数据研究和其他人类活动一道，经由排放温室气体(GHG)对环境产生负面影响，增加未来人受到健康相关伤害的风险。应该如何伦理地应对这种风险？以生命伦理中伦理委员会的伦理审查机制为视域，探索科研人员通过碳抵消、降低研究过程中的GHG排放等方式，为研究进行伦理辩护，供伦理委员会审查的可能性。该提议需要克服三个困难：①未来人无法就是否自愿承担当下研究产生的风险给出知情同意；②难以合理要求科研人员为其职业工作中产生的GHG排放承担碳抵消的成本；③现行伦理委员会不审查遥远的、涉及第三方的风险。

关键词：气候变化；科学研究；温室气体；伦理审查

中图分类号：B829；R-052 文献标志码：A

The environmental impact of greenhouse gas emissions in health-related big data research: a perspective from bioethics

CHEN Hong-Yi

(School of Government, Yunnan University, Kunming 650500, China)

Abstract: Among other human activities, health-related big data research contributes to environmental degradation through the emission of greenhouse gases (GHG), thereby increasing the risks of health-related harm to future generations. How should we ethically address this risk? This paper proposes to examine the feasibility of scientific researchers providing ethical justification for their work through carbon offsetting and reducing GHG emissions

收稿日期：2024-12-31；修回日期：2025-02-08

基金项目：国家社会科学基金重大项目“大数据驱动下的生命科学研究范式变革研究”(22&ZD045)

通信作者：E-mail: chhy@ynu.edu.cn

during the research process, for ethical review. I tackle three challenges for this proposal: 1) future generations cannot provide informed consent regarding the risks resulting from current research; 2) it is difficult to reasonably require researchers to bear the cost of carbon offsetting for the GHG emissions generated by their professional work; and 3) current institutional review board do not typically review distant, third-party risks.

Key words: climate change; scientific research; green house gases; institutional review board

虽然早在 1912 年就有学者提出，生命伦理不应仅仅关注人，还应关注人与其他所有生命以及环境的道德关系^[1]，但在 20 世纪，随着生命伦理与医学伦理发生交叉，比彻姆和邱卓思将“生命伦理”等价于“生命医学伦理”^[2]，并认为其主要关注个体层面上的医生（或生命科学与医学研究人员）- 患者（研究被试者或参与者）之间的道德关系^[3]。虽然生命伦理学者也在宏观层面上讨论卫生政策与人群健康^[4]、动物实验的伦理问题等话题，但 20 世纪中后期至 21 世纪初，人类活动对环境的影响被认为是伦理学的另一个分支——环境伦理的研究对象。然而，时代发生了变化。目前，人类活动的行星级影响，已经将传统作为人类活动背景舞台的地球环境搬上了前台，成为了聚光灯下的主角之一^[5]。在现实中，包括生命科学、医学研究在内的各类健康相关研究，与其他人类活动一道，通过排放温室气体 (green house gases, GHG) 对环境造成影响。时代精神要求生命伦理不再停留于其 20 世纪的主要形态，而必须在“新气候条件”下^[5]，直面气候问题，聚焦健康相关研究活动 GHG 排放造成的环境影响，以及我们应为此承担何种道德责任。

1 健康大数据研究GHG排放的环境影响与伦理风险

科学研究人员在其职业活动中会产生 GHG 排放^[6-7]。对科研活动中产生的 GHG 进行估算的经验科学工作方兴未艾^[8-10]。在数据密集型科学的研究中，处理大量数据、训练算法会消耗大量能源。如果这些能源属于传统化石能源，就会产生 GHG 排放，造成环境影响。尽管和其他绝大多数个人或部门的 GHG 排放一样，科研产生的 GHG 排放相较于人类活动造成的总体排放而言也只是杯水车薪，但所有不同类型的，往往单个看来都十分微小的 GHG 排放聚合起来^[11]，酿成了人类活动引发的气候变化，并会在未来诱发更多与气候变化相关的疾病和灾难，形成伦理上令人担忧的风险。

科研人员对与研究相伴产生的 GHG 排放会带来的风险是否负有道德责任？应该如何应对该风

险？生命伦理直到近年来，才开始关注上述问题。但视角主要集中在医疗健康行业（临床活动）本身产生的 GHG^[12-14]，从伦理角度探讨健康相关研究（科研活动）GHG 排放的研究还在起步阶段^[15-17]。

近期，一份探索性的经验研究显示，基于 U.K.Biobank 的数据开展研究的健康大数据研究人员认为对研究的环境影响表示关切，且感知到其作为科学家，有责任降低研究活动的 GHG 排放^[17]。除了经验研究，既有规范分析也提出，可以基于健康与环境正义，得出在健康相关研究中，科研人员有责任降低 GHG 排放带来的风险^[18]。但如下问题尚未得到有效关注：是否能够以生命伦理中已经成熟的伦理委员会责任为视角，进一步在规范层面分析科研人员及其机构，尤其是从事健康相关大数据研究的科研人员和机构，应该如何伦理地应对其 GHG 排放。

接下来首先考察是否能够将既有的，个体与机构在研究中不破坏环境、最小化研究对环境造成的负面影响的责任，推广到论证科研人员有责任在其研究中控制 GHG 排放。论证由于传统保护环境的责任“可归责”（attributional），而 GHG 排放带来的风险与影响难以归责，因而不能直接套用传统规范。而后论证由于 GHG 排放仍然带来了风险，而增加风险意味着要为其伦理上为何可允许提供辩护，于是包括科研人员在内的排放主体，有责任辩护自己增加风险的行为，研究机构有二阶责任确保科研人员履行该责任。进一步讨论如何将上述设想落实到现有伦理委员会的运作机制中，回应以下三点困难：①未来人无法就是否自愿承担当下研究产生的风险给出知情同意；②难以合理要求科研人员为其职业工作中产生的 GHG 排放承担碳抵消（offsetting）的成本；③现行伦理委员会不审查遥远的、涉及第三方的风险。上述困难均可克服，得出如下应对策略：在伦理审查材料中，应当披露在科研人员控制能力范围内的项目 GHG 排放水平，并与替代方案进行对比，表明项目计划以何种方式降低或抵消可能造成的 GHG 排放。进一步表明，降低 GHG 排放可能带来的风险是系统工程，不能局限于考察研究人

员和研究机构。研究资助机构（例如国家自然科学基金委）作为一个系统，可以通过资助清洁能源研究、环境友好型技术设备研发等方式，间接降低未来社会可能的 GHG 排放，从而抵消资助数据密集型健康相关研究产生的 GHG 排放可能带来的风险。

2 保护环境的传统责任与减排责任

传统上，科学家和科研机构，以及各类一般机构，都有保护环境的责任，包括不直接向环境中排放污染物等。具体到科学家和科研机构，这意味着科学家和研究机构不能直接将未处理的废物，如试剂、化学药品、电子废物等直接排入环境之中。尽管上述主张已经成为当代常识，但当将语境转移到 GHG 排放与气候变化，是否能够拓展这一传统上既定的保护环境的责任，证成科学家与机构有责任减少研究活动产生的 GHG，则并不显而易见。

在传统语境中，可以明确界定污染物排放与环境破坏之间的因果关系。如果有致癌性化学品从实验室流出，导致周围居民癌症发生率上升，这是“可归责的”。但在气候伦理语境中，难以界定任何一个个体，甚至是作为一个群体的科学的研究部门的 GHG 排放行为带来的环境影响，与未来可能发生的，气候变化相关的伤害之间的因果关系^[11]。麻烦在于，GHG 本身并不是致癌的化学污染物，它对环境的影响体现在：在大气中积累过多的 GHG 后会引发气候变化，这在未来会导致更加频发的，与气候变化相关的气象灾难和传染病。当下每个个体，甚至每个机构的 GHG 排放，只是这复杂的因果网络中的一环^[19]。很难说如果未来世代中有某个群体因海平面上升带来的洪水，而更可能罹患与灾难相伴的传染病，可以归因到当代某个人或机构的 GHG 排放。这使得很难论证当代任何个人或部门对 GHG 排放带来的风险有可归责责任，包括科研部门在内。

总结来说，由于人类活动引发气候变化，涉及全人类的各个部门以及几乎每一个个体，其中任何一个部门或个体，孤立地看，其 GHG 排放都很难被归为未来可能发生的气候相关伤害的原因，于是难以归责。GHG 排放的上述特征，还会带来典型的“部分服从”（partial compliance）问题：即使要求所有部门都通过减排或抵消等方式，控制其 GHG 排放会带来的影响，但如果只有一部分主体接受并服从，对于后果而言于事无补^[20]。在许多其他人都不服从的情况下，专门单独将某个主体拎出

来讨论该主体对其 GHG 排放可能带来的风险的责任，就显得是道德上过分的要求。

在经验层面上，上述主张也体现在普通科研人员的观感之中。当经验调研问及科研人员如何看待其研究项目的 GHG 排放时，就有科研人员强调，科研部门的排放相较于其他部门来说杯水车薪^[17]，以此质疑从事健康相关研究的科研人员是否有减排责任。因此，无论是从规范性分析的角度，还是从经验研究的角度看，要从传统科研人员及其机构保护环境的责任，推论出其有减排 GHG 的责任，都不太可行。

3 增加风险作为“待辩护项”

3.1 辩护科研因 GHG 排放产生的风险责任

尽管难以确立可归责责任，科研部门的排放相较于交通运输、食品工业等部门也明显较少，但这不意味着科研产生的 GHG 排放不会造成风险，也不意味着人们就不需要为其会带来风险的行为提供辩护。

首先，为什么增加风险需要得到辩护？这是由于，与道德相关的“风险”，一般指基于某个主体理应知晓的相关证据，可以推论得到的，其某个行为会带来的可能伤害，包括伤害可能发生的概率、伤害发生时可能的严重程度等^[21]。总的来说，增加风险的行为不天然在道德上可允许，如果不能得到道德辩护，那么从事相应行为就是道德上成问题的。尽管如此，这并不意味着某个行为的风险会大到无法为其提供道德辩护。即使是像制造原子弹这样可能会带来极高风险的行为，在特定情境下也可以得到道德辩护。相应地，也没有哪个增加风险的行为，其风险会小到天然就不需要为其提供任何辩护。这意味着，即使科研部门在研究活动中产生的 GHG 排放相较于其他部门较少，也不能推理出科研部门以及科研人员不需要为该行为提供辩护。科研人员于是有责任表明自己的排放行为为什么在道德上是可以允许的。

其次，诉诸“部分服从于事无补”并不能够给出令人满意的辩护：如果每个人或每个国家都以这种理由就 GHG 排放问题讨价还价，那气候变化将成为真真切切的，危及人类种群的“存在危机”^[22]。

第三，情况在健康相关科研领域更加独特：健康相关科研的根本目的本就在于使研究成果能够在未来惠及大众，从而促进人们的健康。而其 GHG 排放又会在一定程度上通过对气候造成负面影响，

进而影响未来人群的健康，这就使得健康相关研究面临独特的问题：有必要为健康相关研究开展过程中伴随产生的 GHG 排放寻找更好的辩护。

3.2 既有伦理审查机制处理GHG排放风险的局限

要讨论科研人员是否应当为自己可能带来风险的科研活动提供辩护，以及如何提供辩护，生命伦理的既有实践可以提供非常丰富的启发。涉及人的医学、生命科学研究活动都可能产生风险，这些风险并不因为研究可能促进“科学进步”而天然得到道德辩护。例如，如果科研人员要使用患者个人数据开展研究，就要为其行为可能带来的隐私风险提供辩护，比如通过获得知情同意来表明本不可以做的行为，经由“同意”转为可以^[4]。而科学研究所机构中的伦理委员会，则负有审查这些辩护是否合理责任。上述伦理审查机制并没有破坏科学的研究的学术自由，反而为学术自由提供了伦理保障。可以初步认为，至少对于从事健康相关研究的科研人员和机构而言，由于其科研产生的 GHG 排放毕竟是增加风险，可以要求其在进行伦理审查时，提供辩护相应行为为什么在道德上可允许的材料。

但是，由于存在以下困难，难以将生命伦理中现行的伦理委员会保障机制直接“拿来”套用于处理科研过程中的 GHG 排放问题。

其一，知情同意面临的困境。在生命科学与医学研究和临床干预中，风险往往由研究参与者或患者承担，他们也是评估是否自主自愿承担风险的直接主体^[4]。但是，在 GHG 排放中，科学研究所尽管也会造成风险，可这些风险发生在未来，会降临于现在尚未出生的人群。这些人不是研究的直接当事人，且显然无法通过给出知情同意来为发生在当下的风险行为开绿灯。

其二，既有伦理审查实践不考虑“遥远的”，涉及“第三方”的风险。即使不考虑知情同意面临的困难，而只考虑研究带来的风险收益是否平衡，收益是否能够公正地分配于不同人群，伦理委员会也难以评估某项科学研究所产生的 GHG 排放带来的风险。邱仁宗先生在讨论生命医学伦理中的风险-收益分析时指出，作为“未来可能的损害”，风险需要与“预期好处”成正比^[4]。上述分析中的“未来”涉及的时间跨度不大，难以拓展到考虑健康相关大数据研究的 GHG 排放在遥远未来带来的风险。理由与难以评估个人排放行为对气候变化的影响类似：这些影响相较于总体人类排放行为带来的影响太过微小。且上述风险，容易被解读为研究会对尚

未出生的第三方带来的风险，而根据现行伦理委员会伦理审查的实践模式，伦理委员会并不考虑，也无法考虑研究会给如此久远的非当事人带来的风险。

除了上述困难，还有其他困难在于，在涉及 GHG 排放的伦理讨论中，人们会承认，当排放主体能够抵消 (offset) 自己的排放，从而实现净零 (net zero) 或净负 (net negative) 排放，那么排放主体就可以为自己的 GHG 排放行为提供辩护^[22]。但是，要求科研人员通过购买碳汇等方式抵消科研活动产生的 GHG，在伦理上成问题的。

首先，科研活动中的 GHG 排放是科研人员为了工作而产生的，而工作是其收入来源。这与富豪乘坐私人飞机出行这些“奢侈行为”产生的大量 GHG 不同。在后者中，可以合乎伦理地要求富豪付出额外成本，购买碳汇抵消其 GHG 排放。问题在于，富豪可以不乘坐私人飞机出行，但科研人员不可以不工作。从这个角度看，科研活动产生的 GHG 其实属于维系科研人员生活而难免的排放 (subsistence emissions)，但从道德上讲，要求人们为其要生活，要在社会上立足而伴随产生的 GHG 排放提供抵消是不合理的^[23-24]。

其次，如果我们提升议论所聚焦的层次，从微观上升到宏观，会发现应对气候变化的真正重要之处，在于使全部人类活动实现碳达峰和碳中和。这意味着，关键不是任何具体的排放行为，而是要考察所有行为聚合起来是否能实现净负或净零排放。而科学技术究竟发展到何种程度，对于我们是否能够实现上述目标至关重要。于是，从作为一个整体的科研部门看，如果其他旨在降低未来人的各种活动的 GHG 排放量的科学研究所能够取得突破，就可以为其他科学研究所产生的 GHG 排放提供如下辩护：科研部门已经将许多资金投入到清洁能源研发，而一旦实现清洁能源革命，将能够在未来实现整个人类活动的去碳化，从而抵消目前某些科学研究所产生的 GHG 排放。果真如此，那健康相关科研人员目前似乎就可以不受额外限制地排放 GHG。

问题在于，指出上述这两点是否能够免除个体科研人员，尤其是受到伦理委员会约束的，从事健康相关研究的科研人员，辩护自己科研活动排放 GHG 可能引发的风险的责任？是否可以通过生命伦理中既有的伦理委员会机制，来处理健康相关研究，尤其是与健康相关大数据研究伴随的 GHG 排放可能带来的风险？

4 辩护引入伦理委员会审查机制的可能性

上述三个问题均可得到回应，可以引入伦理委员会机制来处理健康相关研究的 GHG 排放带来的风险问题。

4.1 知情同意

虽然能够给出知情同意的人群目前确实还不存在，但即使没有知情同意，也不意味着某项研究或干预就可以任意开展。即使在现行伦理审查机制中，也存在经由代理同意而免除直接向当事人征求意见的要求。比如面对智力、理解能力欠缺的患者或研究参与者，或可在紧急情况下免除同意等^[25]。

GHG 排放对未来人的影响是漫长而持续的，因而不属于紧急情况范畴，我们也不能预设未来人的智力、理解能力欠缺。尽管如此，仍然可以这么认为：正是由于不能预设未来人的智力、理解能力欠缺，于是出现了一个典型的契约论式的“理性商谈”场景：可以设想，我们和未来人在某种无知之幕的遮蔽下，彼此不知道自己属于哪一代人，但都可以预设对方有完整的理性能力。在这种情境下，我们试图寻找一种不会被理性人合理拒绝的行为，也就是说，即使在揭开无知之幕后，我们发现自己其实身处未来，我们也不会合理拒绝我们的前人做出那些行为。

在这样一场契约论式的商谈中，不知道自己究竟属于未来人还是当代人的“理性人”，为了防止无知之幕揭开后发现自己身处未来而利益受损，于是至少可以就健康相关研究的 GHG 排放提出如下质疑：首先，既然“过去”开展的这些研究旨在促进并提升“未来人”的健康，那该目标就不应被伴随研究产生的 GHG 排放所抵消；第二，由于科研的不确定性，可以合理地认为，相当一部分健康科学的研究在研究结束后其实难以转化，从而真正能够促进未来人的健康。因而可以合理采取一种较为悲观的态度，认为相当一部分的健康相关科学的研究，如果不通过某种方式降低或抵消其产生的 GHG 排放，就根本不会在未来促进健康，而只会通过产生 GHG 给未来人的健康带来风险。于是，在契约商谈中，理性人可以合理地拒绝允许开展没有抵消或降低 GHG 排放可能带来的风险的科学的研究。该进程可以模拟知情同意进程，若无任何风险降低或抵消措施，理性人不会给出知情同意。因此，要想开展此类研究就需要为研究添加更多道德上的限制，才能获得理性人的“同意”。

4.2 替代方案与碳抵消

健康相关研究涉及的科研人员及其机构此类研究可以通过何种方式降低或抵消 GHG 排放带来的风险？现有文献中的一般讨论可以提供启发：进行碳抵消。之前提到，“抵消”指在做出一个增加风险的行为后，另做一个可以降低风险的行为，通过一组行为实现风险清零。在科研语境以外，一般的碳抵消方式包括付费种植树木等。总之，抵消需要付出一定的成本。但根据之前的分析，要求科研人员为科研活动中可能产生的 GHG 承担碳抵消的成本是不合理的。该困难是否也可能得到回应？

首先，科研人员进行碳抵消，并不一定需要付出不合理的成本。经验研究显示，科研人员能够通过“顺水推舟”的行为提供抵消。已有经验研究显示，部分自认为有责任降低 GHG 排放带来的风险的科研人员，想到了优化算法，减少“跑算法”的时间，并尽量使自己开发的算法开源，让其他科研人员可以不用再训练类似的算法，从而尽可能减少排放^[17]。尽管上述想法只是科研人员朴素的直观表述，但用伦理术语重构上述朴素的道德主张，其核心思想可以被表达为，科研人员可以通过成本低廉的抵消方式，来尽可能弥补伴随科研的 GHG 排放带来的风险。具体选项包括开源算法，帮助其他科研人员避免“重复排放”。通过减少或取消别人的排放，来抵消自己的排放。

其次，即使由于种种限制，科研人员以及单个项目本身难以在其可以接受的成本范围内实现抵消，科研部门作为一个整体也可以通过抵消，来实现本部门的 GHG 净零甚至净负排放。当下如火如荼的绿色、新质生产力建设，就离不开科研部门的参与。科学基金可以通过资助相关研究来促进未来更多的人群使用清洁能源，从而降低整个社会的 GHG 排放，进而对科研部门中其他研究产生的 GHG 排放提供抵消。诚然，如何在经验层面上量化科研部门的 GHG 排放，以及资助清洁能源研究能够在多大程度上抵消既有排放，从而在实践中实现抵消，是一个涉及众多学科的复杂问题。但从伦理上讲，碳抵消策略是道德上合理的：如果能够实现，那就可以消除健康相关研究中的 GHG 排放的伦理风险。只不过，由于问题上升为了一个系统工程，需要从整个科研组织部门的宏观角度考察问题。通过这种抵消模式为 GHG 排放提供辩护的主体，不再是从事单项研究的科研人员本人，进行审查的也不是机构内伦理委员会。如果能够建立这样的宏

观机制，科研人员本人的责任就可以被局限于表明已经尽可能减少研究会产生的 GHG，且已经通过力所能及的方式，在可接受的成本内进行了碳抵消。

4.3 伦理委员会与“第三方风险”

以上讨论如果成立，均是在要求科研人员与伦理委员会在考察某项研究的风险时，考察研究会对生活在遥远未来的第三方带来的风险。但在伦理审查的现行实践中，伦理委员会通常只考察研究会对研究参与者（传统上所言的“被试”）带来的直接风险，以及如果是在研究参与者身上进行传染性疾病研究，参与者离开实验环境后是否会将疾病传染给他人这样的较为直接的风险。现行审查模式限制所要考虑的风险的范围，这是否与要求考虑研究伴随的 GHG 排放会产生的风险相违背？

要回应上述问题，需要我们反思限制伦理审查时所要考察的风险范围的理由和根据。一般来说，之所以不能合理地要求普通人考虑自己的行为可能在遥远时空中带来的风险，是由于人们缺乏相应的证据来评估自己的行为究竟会以何种机制产生风险，从而无法合理地控制风险的产生。风险可能经由一个极其复杂的，其中许多因素不可控的因果网络而产生。但是，道德上要求承担责任的一个前提是，人们可以控制行为以及行为的后果。落到科研语境中，以上推理意味着，科研人员要对自己开展某项科研会带来的何种风险有明确的认知，且知道该风险会通过何种机制产生，才能进入伦理审查的范围。在这个意义上，绝大部分“遥远的”，涉及“第三方”的风险，确实都不应该进入科研人员以及伦理委员会进行审查时的考虑范围。

但是，上述理由适用于要求伦理委员会免去审查研究的 GHG 排放风险吗？当下，“人类活动引发气候变化”已经成为气候科学界的共识^[26]。即使从事健康相关科学的研究的科研人员不熟悉气候科学的相关研究，对 GHG 排放会通过何种机制在未来带来健康相关伤害从而引发风险缺乏理解，但仍然可以合理地要求科研人员知道自己从事的科研活动也是人类活动的一部分，伴随其产生的 GHG 排放会对气候产生负面影响。之所以可以做出这种要求，是因为良好运作的科学共同体形成的共识可以成为“公共理由”（public reason）^[27]。虽然学术界仍在争议共识是否可以成为证成集体行动正当性的公共理由^[28]，但至少“科学共识能够成为公共理由”这一主张极具吸引力。减排或要求碳抵消的主张，只要可以经由公共理由得到辩护，那么任何一个普通公

民，或不熟悉该科学共识的其他科学领域的研究人员（既是科学家，也是公民），就都有义务遵守减排或碳抵消的要求，即使其活动产生的风险影响的是“遥远未来”的“第三方”。于是，可以合理地要求伦理委员会改变既有的实践模式，在伦理审查中审查该项目是否计划尽可能减少 GHG 排放，以及是否采用力所能及的方式进行碳抵消。

5 结论

健康相关大数据研究历来受到伦理委员会的约束，且研究本身的目的在于在（相对短暂的）未来逐步促进人群健康，而 GHG 排放，又会对（遥远）未来的人群健康产生负面影响。上述特征使得它适用于讨论通过伦理审查来处理科研相关 GHG 排放风险的路径机制。科研人员可以通过对比不同研究方案可能带来的碳足迹，选取碳足迹最低的方案，在力所能及的范围内进行碳抵消，来为研究提供伦理辩护，并供伦理委员会审查。该主张不仅适用于健康相关大数据研究，也有潜力拓展到讨论各类会产生 GHG，但本身无助于实现碳达峰碳中和的科学的研究类型。在不同类型的科研中，科研人员如何在成本可控范围内降低或抵消 GHG 排放带来的风险，可以成为未来研究的主题。作为一个整体，科研部门可以通过资助旨在实现去碳化的科学的研究，例如清洁能源、环境友好型研究，来抵消其他研究类型可能产生的 GHG 排放，这将能够为科研人员以合乎伦理的方式，心安理得地开展研究提供有力保障。

[参 考 文 献]

- [1] Sass H. Fritz Jahr's 1927 concept of bioethics. *Kennedy Inst Ethics J*, 2007, 17: 279-95
- [2] 比彻姆, 邱卓思. 生命医学伦理原则(原书第8版)[M]. 刘星, 等译. 北京: 科学出版社, 2022
- [3] Richie C. *Principles of green bioethics*[M]. East Lansing, Michigan: Michigan State University Press, 2019: 4
- [4] 邱仁宗. *生命伦理学*[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2020
- [5] 孟强. 在新气候条件下走向大地. *世界哲学*, 2024, (6): 130-8
- [6] Greever C, Ramirez-Aguilar K, Connelly J. Connections between laboratory research and climate change: what scientists and policy makers can do to reduce environmental impacts. *FEBS Lett*, 2020, 594: 3079-85
- [7] Berne O, Agier L, Hardy A, et al. The carbon footprint of scientific visibility. *Environ Res Lett*, 2022, 17: 124008
- [8] Achten W, Almeida J, Muys B. Carbon footprint of science: more than flying. *Ecol Indic*, 2013, 34: 352-5

- [9] Song G, Che L, Zhang S. Carbon footprint of a scientific publication: a case study at Dalian University of Technology, China. *Ecol Indic*, 2016, 60: 275-82
- [10] Knödlseder J, Brau-Nogués S, Coriat M, et al. Estimate of the carbon footprint of astronomical research infrastructures. *Nat Astron*, 2022, 6: 503-13
- [11] 孙丰云. 全球气候责任: 个人的, 还是结构的. *哲学动态*, 2024, (2): 94-103
- [12] Pratt B. Sustainable global health practice: an ethical imperative? *Bioethics*, 2022, 36: 874-82
- [13] Gils-Schmidt H, Salloch S. Physicians' duty to climate protection as an expression of their professional identity: a defence from Korsgaard's neo-Kantian moral framework. *J Med Ethics*, 2024, 50: 368-74
- [14] Hantel A, Marron J, Abel G. Establishing and defining an approach to climate conscious clinical medical ethics. *Am J Bioeth*, 2025, 25: 8-21
- [15] Samuel G, Richie C. Reimagining research ethics to include environmental sustainability: a principled approach, including a case study of data-driven health research. *J Med Ethics*, 2023, 49: 428-33
- [16] Pratt B. Defending and defining environmental responsibilities for the health research sector. *Sci Eng Ethics*, 2024, 30: 25
- [17] Samuel G. Responsibility for the environmental impact of data-intensive research: an exploration of UK health researchers. *Sci Eng Ethics*, 2024, 30: 33
- [18] Ray K, Cooper J. The bioethics of environmental injustice: ethical, legal, and clinical implications of unhealthy environments. *Am J Bioeth*, 2024, 24: 9-17
- [19] 陈俊. 正义的排放: 全球气候治理的道德基础研究[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2018
- [20] Caney S. Two kinds of climate justice: avoiding harm and sharing burdens. *J Poli Phil*, 2014, 22: 125-49
- [21] Barry C, Cullity G. Offsetting and risk imposition. *Ethics*, 2022, 132: 352-81
- [22] Broome J. Climate matters: ethics in a warming world[M]. New York: Norton, 2012
- [23] Duus-Otterström G. Subsistence emissions and climate justice. *Bri J Poli Sci*, 2023, 53: 919-33
- [24] Duus-Otterström G. Emissions sufficientarianism. *Bri J Poli Sci*, 2024, 54: 281-94
- [25] Buchanan A, Brock D. Deciding for others: the ethics of surrogate decision making[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1990
- [26] Oreskes N. Beyond the ivory tower. the scientific consensus on climate change. *Science*, 2004, 36: 1686
- [27] Badiola C. Science as public reason: a restatement. *Res Publica*, 2018, 24: 415-32
- [28] 惠春寿. 公共理性: 共识还是聚合. *哲学动态*, 2024, (7): 83-92