“核心信息是可持续性会有所帮助”——关于气候变化数据可视化核心信息的思考

Regina Schuster
regina.maria.veronika.schuster@univie.ac.at
维也纳大学 奥地利

劳拉·科斯滕
laura.koesten
@univie.ac.at 维也纳大学 奥地利

Kathleen Gregory
kathleen.gregory@univie.ac.at
维也纳大学 奥地利

Torsten Möller
torsten.
moeller@univie.ac.at 维也纳大学 奥地利

arXiv:2305.04030v1 [cs.HC] 6 May 2023

摘要
不同受众如何理解气候变化数据可视化，又会从中提炼出什么核心信息？为探讨这一问题，我们基于一项先前研究的结果，重点关注专家对公众气候变化传播以及数据可视化作用的观点。为此，我们对气候变化、科学传播或数据可视化领域的 17 位专家进行了半结构化访谈。此外，我们还访谈了 6 位在上述领域均无专业背景的普通人士。通过这项分析，我们旨在深入了解普通受众如何理解气候变化数据可视化，以及会从中提炼出什么核心信息。针对两种示例性数据可视化，我们将受众提炼出的核心信息与专家拟定的信息进行了比较。通过主题分析，我们发现，参与者群体之间及各群体内部，在所涵盖的内容、信息的长度与抽象程度以及意义建构过程方面存在差异。

CCS 概念
• **以人为中心的计算 →可视化设计与评估方法**；**用户研究**；**无障碍设计与评估方法**；**人机交互中的实证研究**；

关键词
数据可视化、普通人、气候变化、可理解性

美国计算机协会参考文献格式：
Regina Schuster、Laura Koesten、Kathleen Gregory 和 Torsten Möller。2023年。“核心信息是可持续性会有所帮助”——对气候变化数据可视化核心信息的思考。载于*2023*年*CHI*大会工作坊：面向气候变化的人机交互——构想可持续的未来，*2023*年*4*月，德国汉堡，*ACM*计算系统中的人为因素会议。ACM，美国纽约州纽约市，5页。

允许免费制作本作品的全部或部分内容的数字版或纸质副本，供个人或课堂使用，但不得为牟利或商业利益制作或分发副本，且副本首页须附上此声明和完整引文。对于本作品中由美国计算机协会以外的其他方拥有版权的组成部分，必须遵守其版权规定。注明出处后可以摘录。若要以其他方式复制、转载、发布到服务器或分发至列表，则须事先获得具体许可和/或支付费用。请向 permissions@acm.org 申请许可。*Conference'23*，*2023*年*4*月，德国汉堡
© 2023 美国计算机协会。

1 引言
尽管气候变化已经超越科学和政策议题的范畴，并早已进入公共话语 [22],，但公众对气候变化的态度似乎“落后于科学证据” [17]。将现有科学知识与具体行动联系起来，似乎仍然是一个问题 [3, 24], ，尤其对于普通人而言。由于数据可视化呈现对于传播气候变化背后的科学至关重要 [16, 29], ，传播实践正逐渐转向视觉化形式 [15, 25, 31] ，从而引发了人机交互社区日益浓厚的兴趣 [10, 11]。可视化数据传播会影响人们做出决策的方式，也可以用于塑造观点和态度 [7] ——这是气候变化传播的一个关键方面。然而，关于不同受众如何理解气候变化数据可视化 [9] ，以及他们将什么视为核心信息，我们仍知之甚少。通过这项分析，我们旨在揭示普通人如何理解气候变化数据可视化，以及他们的核心信息可能如何不同于专家所表述的信息。在此基础上，我们借鉴了一项先前研究的结果 [30] ；在该研究中，我们对气候变化、科学传播或数据可视化领域的17位专家，以及6位在上述任一领域均无专业背景的普通人进行了半结构化访谈。我们以两个具有代表性的气候变化数据可视化作为讨论基础，并询问参与者各自的核心信息。通过主题分析，我们观察到参与者群体之间及群体内部在所包含的内容、信息的长度和抽象程度，以及意义建构过程方面存在差异。

2 研究背景
人类对数据可视化的感知受到多种因素的影响，包括颜色和图案，这意味着即使是设计选择也“有能力强化或弱化一则信息” [13]。人们如何理解数据可视化，以及设计选择对这一过程的影响，已从多个角度得到研究，范围从象形图的使用 [5] 到条形图的视觉布局 [33]。除了研究重点各不相同之外，研究意义建构过程的方法也多种多样（例如眼动追踪或鼠标点击 [19]），此外还会测试人们对特定类型数据可视化的理解程度（例如提出问题，以确定

读者对可视化的理解程度 [6, 12]）。作为意义建构过程不可或缺的一部分，概括核心信息也可作为另一种方法，用于评估读者对数据可视化的理解 [4, 18, 26]。例如，Bateman 等人 [2] 测试了"图表垃圾"对读者理解和记忆性的影响，并向研究参与者提问："作者是否试图通过图表传达某种信息？"他们发现，与朴素版本相比，参与者在带有某种视觉装饰的图表中显著更常看到这类信息。另一个在气候变化背景下，运用核心信息研究可视化数据传播的例子是 Ballantyne 等人 [1], 的研究；他们探讨了学生如何理解穹顶剧场影片所传达的气候变化信息。他们发现，观众对气候变化的先入之见会影响他们对信息的解读，并可能进而影响他们的个人责任感。总体而言，读者提炼出的核心信息可以视为对可视化关键内容的个人总结。自然，这类信息的表述会受到多种因素影响，包括可视化制作者一方的设计选择和预期传达的信息，也包括读者一方的知识、经验和观点。然而，我们对不同受众如何理解数据可视化，以及他们会在个人提炼的核心信息中纳入哪些内容，仍知之甚少。

3 方法论

作为一项大型项目的一部分，我们研究了专家对面向公众的气候变化传播及数据可视化作用的观点 [30]，并对气候变化、科学传播或数据可视化领域的17位专家进行了半结构化访谈。我们还访谈了6位在这些领域均无专业背景的公众成员，称之为非专业参与者。下文中，非专业参与者以 L-1 至 L-6 标识，专家参与者以 E-1 至 E-17 标识。本次分析聚焦于非专业访谈参与者，他们是根据年龄、性别、教育和职业等多样性因素选出的。表 1 展示了他们自报的年龄组、职业角色和教育背景；表 2 展示了参与者用于新闻消费的来源。所有非专业参与者均为德国或奥地利居民。访谈根据参与者的偏好以线下或 Zoom 方式进行，内容包括参与者对（视觉）气候变化传播的观点和体验。我们采用来自在线新闻来源的两个示例可视化（图 1 以及《卫报》发布的一幅图 [14]；如有需要，可翻译成德语）作为讨论基础，并询问参与者可视化作者希望传达的核心信息。为便于比较结果，我们也向最多17位专家参与者提出了同一问题，具体人数取决于访谈时长。转录访谈内容后，我们使用定性数据分析软件 Atlas.ti 进行了主题分析。我们通过系统审阅访谈转录文本，结合演绎与归纳分析建立了编码手册 [27]。根据 Vaismoradi 等人 [32]的方法，我们确定了构成结果的宏观主题及其下属编码类别。有关方法论的更多细节，

ID	Age	职业角色	最高学历
L-1	18-24	护理员学徒	中学
L-2	25-34	硕士生	大学（学士学位）
L-3	35-44	会计文员	文法学校
L-4	35-44	牙医	大学（博士学位）
L-5	55-64岁	退休机械装配工	普通中学
L-6	65-74岁	家庭主妇	普通中学

表 1：参与者自我报告的年龄组、职业角色和最高学历

新闻媒体	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6	SUM
TV		x	x	x	x	x	5
广播	x	x			x	x	4
在线	x	x	x	x			4
社交媒体	x	x	x	x			4
打印				x		x	2

表 2：参与者自述使用的新闻媒体来源（x 表示某参与者使用了该来源）

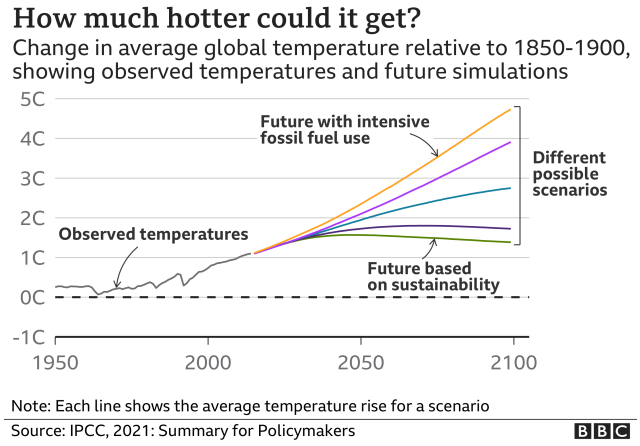

图 1：由 BBC News 创建并经其许可转载的示例可视化 1，网址为 bbc.co.uk/news [21]

示例可视化的选择、访谈流程以及专家参与者的详情已在我们先前的研究中说明 [30]。

4 结果

为评估非专业参与者对这一主题的态度，我们询问他们是否经常思考气候变化，六位参与者均表示会。解释原因时，他们提到自己已经或将会受到气候变化的影响，并认为社会和个人都迫切需要采取行动。他们还表达了对政治家、限制性法规以及被认为缺乏行动的愤怒。一些参与者认为，气候问题在新闻媒体上的大量报道使气候变化成为他们关注的重要议题。另一些参与者则提到，经典和非经典新闻来源（如休闲杂志和社交媒体）对气候变化的报道还不够，而且通常没有充分解释气候变化现象。

为进一步了解非专业参与者对气候变化数据可视化的观点，讨论大多围绕两个示例图展开，尤其是它们的吸引力、易懂程度以及参与者感知到的核心信息。图 1 还展示给了 17 位专家，共收集到 23 条表述出的核心信息。示例可视化 2 [14] 展示给了全部六位非专业参与者和七位专家，共收集到 13 条信息。针对这两个示例可视化以及为主题分析表述出的共 36 条核心信息，我们观察到两组参与者所表达信息的内容、长度和抽象程度存在差异；意义建构过程本身也存在差异，不仅体现在两组参与者之间，也体现在非专业参与者与专家之间。

4.1 信息内容

在信息分析的第一步，我们考察了信息内容，即非专业参与者和专家参与者在其信息中纳入的主题或议题。我们通过迭代过程，根据这些内容在信息中的使用情况，为其创建编码。例如，我们将"温度"和"增加"这两个主题的编码分开，因为并非所有信息都包含这两个主题概念。考察信息中提及的内容后可以发现，参与者对可视化核心信息的看法差异很大。非专业参与者和专家参与者都提出了多种不同的核心信息，有些甚至没有提及温度。由于两种可视化的性质相似，其信息内容可以归纳为三大类：与温度有关的内容、效应与影响，以及时间。

示例可视化 1. 对于图 1，非专业参与者和专家参与者超过半数的消息中提及的具体主题包括未来、正面/负面影响或效应、全球地球平均值、温度、增加以及情景。一些方面，例如非常乐观的情景下温度可能下降、化石燃料的使用以及可持续性，非专业参与者提及的频率高于专家。专家的消息中更常提及某些政策的正面/负面影响或效应。表3展示了非专业参与者和专家参与者撰写的示例消息，以及相应编码的内容。

示例可视化2. 对于示例可视化 2 [14],，超过半数消息中提及的具体主题包括温度以及有关增加的陈述。非专业参与者在消息中提及红色以及图表中线条的具体情况，频率高于专家。表3展示了示例消息，突出说明非专业参与者和专家参与者提及内容的差异。

4.2 长度、细节与抽象程度

对于两个示例可视化，非专业参与者所拟定核心信息的中位长度，是专家所拟定信息的两倍以上。原因可能在于这两组人通常采用的抽象程度不同。专家倾向于拟定更简短、更抽象的信息，而非专业参与者则更关注具体事实和非常细致的内容。

示例可视化 1。非专业参与者拟定的信息中位长度为每条 73 个词，明显长于专家拟定的信息（每条中位长度为 29 个词）。非专业参与者的信息中常包含具体的温度说明或对特定年份的提及，而专家的信息中则从未提及这些内容。总体而言，来自非专业组的受访者更注重陈述可视化中呈现的事实或细节，而专家拟定的信息则更为抽象，常常呼吁人们发挥塑造未来的能力，以下示例信息便体现了这一点："如果我们着眼于未来的可持续性，就能将全球平均气温控制在力求实现的两度目标以下，甚至低于 *1.5* 度，并在 *2100*年时略有下降。相反，如果我们继续像以往那样使用所有化石燃料，到 *2100*年全球变暖将接近五度。"（L-4）对比"人类有多大的可能性能够影响未来 *50* 年的全球平均气温？"（E-8）。

示例可视化 2. 我们再次发现，非专业参与者的信息中位长度长于专家的信息（每条信息的中位长度分别为 60 个词和 28 个词）。非专业参与者更常提及特定年份，而专家则使用更宽泛的时间范围来谈论过去或现在发生的事件。非专业参与者与专家的信息在抽象程度上的差异，可以从以下示例中看出："这显然说的是全球地表温度，还是按不同年份来观察。核心信息是，如果我以 *2020*年为例，就会看到红线在这里急剧上升，而且升幅很大。*[...]* 回顾过去，情况其实，我想说，基本上差不多，后来稍微低了一些，接着又升高了，现在正急剧上升。"（L-3）与"气候变化是由人类活动造成的。"（E-11）。

4.3 可理解性与意义建构

信息表述的某些方面以及随后对可视化的讨论，为我们提供了一些线索，表明参与者是否以支持图中所示数据的方式解读图表。作为一项可选任务，我们请非专业参与者在首次查看可视化时大声说出自己的思维过程。因此，在某些情况下，参与者会逐一说出自己正在看的图表部分。由此可见，意义建构过程似乎也具有很强的个体差异：有些人先阅读文字部分（如标题/副标题），再看图表；另一些人则先查看图表的不同部分，之后才看文字。对于这两种可视化，一些参与者提到，他们的注意力受到图中对象颜色的引导。值得注意的是，与专家不同，非专业参与者使用的表述与可视化中的文字相近，甚至完全相同。专家不仅倾向于对核心信息进行抽象概括，而且得出结论的速度也更快，这可能是因为他们中的大多数人似乎以前见过这些图表的某些版本。对于非专业参与者而言，他们对自己解读数据可视化能力的态度，以及对该主题的整体兴趣，似乎会影响他们在表述信息时所付出的努力。

示例可视化 1。四位非专业参与者对可视化的解读似乎与我们作为研究人员的解读一致；另有两人明确表示，他们遇到了困难。其中一人（L-1）说了一些话，让我们怀疑

示例信息	编码内容
“可持续性对平均温度或全球气温可能产生的效应。而 有 1、2、3、4、5 种情景。所以我认为，核心信息是可持续性会有所帮助。并且 如果你们继续像现在这样生活，我想气温会升高五摄氏度。”（L-2，谈到 示例可视化 1）	可持续性、正面/负面影响或效应—— 全球地球平均温度、情景—— 、升温 5 摄氏度
“它们展示了未来可能有多么不同，这取决于人类，取决于人类的行为方式。”（E-14，谈到 示例可视化 1)	正面/负面影响或效应、未来、人类影- 响或过错
“现在情况正在急剧恶化。就像红线一样，从1850年开始还处于下降趋势，而到了2020年 我们已经大幅上升了。”（L-6，关于示例可视化 2）	增加、严重程度、红色、线、1850年、年份- 2020年，差异
“我们看到，在很短的时间内，地球变热了。所以，如果 你把它与历史数据进行比较，就会发现这不可能是正常周期。基本上，这就是我们造成的，这就是传达的信息。”（E-13 谈示例 可视化 2）	短时间范围，全球地球平均气温，增加—— 异常，过去，人类影响 或过错

表3：示例信息及编码内容

其解读是否正确：“这种燃料和可持续性实际上与气温上升之类的事情毫无关系。*[...]* 我觉得年轻人和老年人都知道，前面有个减号就意味着情况很糟。”（L-1）。四位参与者认为，普通人很难理解对图 1 的解读。另有四位非专业参与者表示，图 1 不会在他们日常消费新闻时引起注意。一半参与者认为，图 1 的创作者总体上很好地传达了核心信息；但有两位参与者觉得，创作者没有充分传达这一信息。

示例可视化 2. 同样的两位参与者曾表示难以解读第一个可视化，对第二个可视化也有同样的困难。三位非专业参与者似乎以一种有图中数据支持的方式解读了图表，而另外三位的解读则不明确。两位参与者在总结信息中明确引用了可视化的标题。然而，遇到图表解读困难的不仅有非专业组成员，还有两位专家表示，乍看之下，他们也难以得出正确的解读：“图示不太清楚。*1850*年以后发生了一些事情，然后是*19*世纪初。”(E-8)。四位非专业参与者认为，普通人很容易解读该可视化，另有两位则认为它太难了。还有四位参与者表示，这幅图会吸引他们在日常新闻消费中的注意力。一位参与者认为，该可视化的创作者没有很好地传达核心信息，主要是因为他们觉得该可视化不值得信任；然而，大多数参与者（四位）认为创作者很好地传达了信息。

5 讨论

我们研究了针对两种气候变化数据可视化，由普通访谈参与者和专家访谈参与者概括出的 36 条核心信息。两种可视化呈现出相似的发现，例如意义建构过程和所涵盖内容的个体差异，以及普通参与者与专家所总结的信息在长度和抽象程度上的差异。

参与者如何理解气候变化数据可视化？ 与以往文献（例如 [8, 9,23, 28]）一致，我们的结果表明，理解数据可视化的过程具有很强的个体差异，并受到个人先前知识、态度和观点的影响。人们采取的步骤各不相同，不同的人会注意到图表的不同特征。对于非专业参与者而言，图中对象的颜色和文字部分似乎尤其会影响他们的注意力，进而影响其核心信息的形成。表示自己觉得缺乏解读数据可视化所需的能力、对气候变化也缺乏了解的参与者，在图表上投入的努力较少。相反，对这一主题兴趣浓厚的参与者会花更多时间和精力解读气候变化数据可视化。我们还注意到，专家似乎比非专业组更快地得出核心信息。这可能是因为他们总体上更熟悉这一主题，也更熟悉可视化的具体内容。普通人对示例可视化是否易于理解的评价也各不相同；来自不同背景的参与者认为，这些示例可视化对普通受众而言太难解读。

参与者从一项可视化中提炼出的核心信息是什么？ 除了意义建构过程之外，参与者提炼出的核心信息在内容、长度和抽象程度上也存在很大差异。对一个人至关重要的方面，可能会被另一个人忽略，而这最终可能影响一个人从数据可视化中提炼并记住的内容 [2]。我们还发现，非专业参与者和专家参与者提炼出的核心信息有所不同：专家的核心信息更短，也更抽象。尽管将可视化应用于自然语言描述时的方式不同，我们关于核心信息内容的发现仍可与 Lundgard 和 Satyanarayan 提出的语义内容四个层级相比较 [20]，，即：1）可视化构建属性，2）统计概念与关系，3）感知与认知现象，以及 4）特定领域的洞见。非专业参与者倾向于在核心信息中纳入较低层级的内容，提及可视化元素或统计细节（根据 [20]，属于第 1 和第 2 级）；而专家参与者则更常使用较高层级的内容，例如趋势、解释或社会／政治背景（根据 [20]，属于第 3 和第 4 级）。然而，影响核心信息语义内容的似乎不仅有参与者的背景，还有可视化本身的设计。两种示例可视化之间一个显著的差异在于对可视化属性的提及（根据 [20]，属于第 1 级）：无论是非专业参与者还是专家参与者，都没有提及具体的可视化部分，

例如，他们在描述第一个可视化示例时会提及颜色或线条等元素，但在描述第二个示例时则经常这样做。这可能是由于该可视化中明显采用了更大胆的设计选择，甚至影响了人们对其可信度的感知。

局限性与未来工作。与任何类型的研究一样，我们必须结合本研究设置的局限性来理解研究结果。由于采用了这种定性方法，且样本仅包含六名受访者，我们无法声称研究结果具有可推广性。相反，这些结果可以被视为未来工作方向的启发。对于人们如何针对气候变化数据可视化提炼核心信息，其影响因素可以通过更大且更多样化（在文化和地理方面）的样本进一步探索。我们承认，所选的示例可视化影响了研究结果；后续研究可以采用不同的图表类型来应对此因素。通过未来测试数据可视化易理解性各个方面的项目，我们希望进一步为气候变化可视化传播领域的现有知识作出贡献。

致谢

本项目由维也纳科学技术基金（WWTF） [10.47379/ICT20065]资助。

参考文献

[1] Anne Gammelgaard Ballantyne、Victoria Wibeck 和 Tina-Simone Neset。2016年。气候变化图像——年轻人对基于信息与通信技术的气候可视化认知的试点研究。《气候变化》134，1（2016年1月），73–85。https: //doi.org/ 10 1007 10584 015 1533 9 。 /s - - - Scott Bateman、Regan L. Mandryk、[2] Carl Gutwin、Aaron Genest、David McDine 和 Christopher Brooks。2010年。无用的装饰？视觉装饰对图表理解和记忆性的效应。载于 *SIGCHI*计算系统中的人为因素会议论文集（美国佐治亚州亚特兰大）（*CHI '10*）。美国计算机协会，美国纽约州纽约，2573–2582。https://doi.org/10.1145/1753326.1753716[3] Sophie Boehm、Katie Lebling、Kelly Levin、Hanna Fekete、Joel Jaeger、Richard Waite、Anna Nilsson、Joe Thwaites、Ryan Wilson、Andreas Geiges、Clea Schumer、Maggie Dennis、Katie Ross、Sebastian Castellanos、Rajat Shrestha、Neelam Singh、Mikaela Weisse、Leah Lazer、Louise Jeffery、Lydia Freehafer、Erin Gray、Lihuan Zhou、Matthew Gidden 和 Madeleine Galvin。2021年。《2021年气候行动状况》：将全球变暖限制在1.5°C以内所需的系统转型。https: //doi.org/10.46830/wrirpt.21.00048[4] Alyxander Burns、Cindy Xiong、Steven Franconeri、Alberto Cairo 和 Narges Mahyar。2020年。如何评估不同理解层次下的数据可视化。载于 *2020*年电气电子工程师学会评估及其他——可视化方法论研究工作坊（*BELIV*）。19–28。https://doi.org/10.1109/BELIV51497。2020.00010[5] Alyxander Burns、Cindy Xiong、Steven Franconeri、Alberto Cairo 和 Narges Mahyar。2022年。使用象形图进行设计：呈现主题而不牺牲理解。《*IEEE*可视化与计算机图形学汇刊》28，12（2022年12月），–。https://doi.org/。/TVCG。。Matt Canham 和 Mary Hegarty。。知识和显示设计对复杂图形理解的效应。《学习与教学》20，2（2020年4月），–。https://doi.org/。/j.learninstruc。。Michael Correll。。可视化研究的伦理维度。载于 *2019*年*CHI*计算系统中的人为因素会议论文集。美国计算机协会，苏格兰格拉斯哥， 1 13 10 1145 3290605 3300418 –。[8] 2016 https://doi.org/。/。Sophia Deng 和 Vladimir Sloutsky。。选择性注意、弥散性注意与分类的发展。《认知心理学》91（2016年12月）。https: //doi.org/ 10 1016 2016 09 002 。/j.cogpsych。。Rebecca Joy Denniss 和 [9] Aidan Davison。2015年。气候变化的通俗解读中的自我与世界。《国际气候变化战略与管理杂志》7，2（2015年1月），140–153。https://doi.org/10.1108/IJCCSM-03-2014-0046[10] Marta Ferreira、Miguel Coelho、Valentina Nisi 和 Nuno Jardim Nunes。2021年。人机交互中的气候变化传播：对过去十年的视觉分析。载于 创造力与认知。美国计算机协会，意大利虚拟活动，1–16。https://doi.org/10.1145/3450741.3466774。

[11] Marta Ferreira、Nuno Nunes 和 Valentina Nisi。2021。《与气候变化互动：人机交互与设计项目及其跨媒体叙事运用综述》。载于《交互式叙事》（《计算机科学讲义》），Alex Mitchell 和 Mirjam Vosmeer（编）。Springer International Publishing，Cham，338–348。https://doi.org/10.1007/978-3-030-92300-6_33[12] Helen Fischer、Stefanie Schütte、Anneliese Depoux、Dorothee Amelung 和 Rainer Sauerborn。2018。COP22参会者对第五次政府间气候变化专门委员会评估报告中气候变化对健康影响的图表理解得如何？《国际环境研究与公共卫生杂志》15，5（2018年5月），875。https://doi.org/ 10 3390 15050875 . /ijerph Karl Giuseffi、Benjamin Sievert、[13] Brett M. Wells 和 Fran Westfall。2019。通过数据可视化讲故事与建构意义。载于《剑桥技术与员工行为手册》，Richard N. Landers（编）。剑桥大学出版社，剑桥， 836 846 10 1017 9781108649636 031 – 。[14] 2021 https://doi.org/。/。Guardian。。作为对人类气候罪行的判决，政府间气候变化专门委员会的新报告再明确不过了：我们罪大恶极。https:// www.instagram.com/p/CSXHuKIqCs1/ 第4张幻灯片。访问日期：2023年2月23日。[15] Anders Hansen 和 David Machin。2008。环境的视觉品牌塑造：将气候变化视为营销机遇。《话语研究》10，6（2008年12月）， 777 794 10 1177 1461445608098200 – 。https://doi.org/ 。/ IPCC。。新的评估周期，新的视觉形象。https://wg1.ipcc.ch/ [16] 2009 sites/default/files/documents/ipcc_visual-identity_guidelines.pdf 访问日期：2023年2月23日。[17] Susan Joslyn 和 Raoni Demnitz。2021。解释二氧化碳在大气中停留的时间：这会改变人们对气候变化的态度吗？《实验心理学杂志：应用》27，3（2021年9月），473–484。https://doi.org/10. 1037 0000347 /xap B. Karer、Inga Scheler 和 H. Leitte。[18] 2020。ConceptGraph：视觉分析过程中解释与推理的形式模型。《计算机图形论坛》 39 2020 10 1111 13899 （2月）。https://doi.org/ 。/cgf. Nam [19] Wook Kim、Zoya Bylinskii、Michelle A. Borkin、Krzysztof Z. Gajos、Aude Oliva、Fredo Durand 和 Hanspeter Pfister。2017。BubbleView：用于众包图像重要性图并追踪视觉注意力的界面。《美国计算机协会计算机与人机交互汇刊》24，5（2017年10月），1–40。https: //doi.org/ 10 1145 3131275 . / Alan Lundgard 和 Arvind [20] Satyanarayan。2021。通过自然语言描述实现无障碍可视化：语义内容的四级模型。https: //doi.org/10.1109/TVCG.2021.3114770/ [21] Matt McGrath。2021。气候变化：我们从政府间气候变化专门委员会报告中了解到的五件事。BBC 新闻，网址 bbc.co.uk/news https://www.bbc.com/news/science- environment-58138714 访问日期：2023年2月23日。[22] Susanne C. Moser。2010。传播气候变化信息：历史、挑战、过程与未来方向。《WIREs气候变化》1，1（2010），31–53。https: //doi.org/ 10 1002 11 . / wcc. Reem Nadeem。。Z世代和千禧一代在气候变化行动主义及社交媒体相关议题参与度方面表现突出。https://www.pewresearch.org/science/ [23] 2021 2021/05/26/gen-z-millennials-stand-out-for-climate-change-activism-social-media-engagement-with-issue/ 访问日期：2023年2月23日。[24] Jon Naustdalslid。2011。气候变化——将科学知识转化为行动的挑战。《国际可持续发展与世界生态学杂志》 18, 3 2011 243 252 10 1080 13504509 2011 572303 （6月），–。[25] 2014 https://doi.org/ 。/ 。. Saffron J. O'Neill 和 Nicholas Smith。。气候变化与视觉图像。《WIREs气候变化》 5, 1 2014 73 87 10 1002 249 （10月），–。[26] 1990 73 126 https://doi.org/ 。/wcc. Steven Pinker 和 R. Feedle。。图表理解理论。–。[27] Colin Robson 和 Kieran McCartan。2017。《真实世界研究》，第4版。[28] Kathrin Rothermich、Erika Katherine Johnson、Rachel Morgan Griffith 和 Monica Marie Beingolea。2021。人格特质对气候变化态度的影响——一项探索性研究。《人格与个体差异》 168 2021 110304 10 1016 2020 110304 （1月），。[29] 2012 https://doi.org/ 。/j.paid. 。Birgit Schneider。。从视觉研究视角看气候模型模拟的可视化。《WIREs气候变化》3，2（2012年3月），185–193。https: //doi.org/ 10 1002 162 . /wcc. Regina Schuster、Laura Koesten、Kathleen [30] Gregory 和 Torsten Möller。2022。"复杂议题，简单呈现"——专家眼中的气候变化可视化数据传播。ArXiv abs/2211.10254（2022）。[31] Stephen R. J. Sheppard、Alison Shaw、David Flanders 和 Sarah Burch。2008。可视化能拯救世界吗？——景观建筑师从地方气候变化可视化中获得的启示。《景观建筑数字设计》（2008年1月）。[32] Mojtaba Vaismoradi、Jacqueline Jones、Hannele Turunen 和 Sherrill Snelgrove。2016。定性内容分析与主题分析中的主题建构。《护理教育与实践杂志》6，5（2016年1月），100。https://doi.org/10. 5430/jnep.v6n5p100 编号：5。[33] Cindy Xiong、Vidya Setlur、Benjamin Bach、Kylie Lin、Eunyee Koh 和 Steven Franconeri。2021。条形图的视觉排列会影响观看者总结中的比较结果。《IEEE可视化与计算机图形学汇刊》PP（2021年9月），1–1。https://doi.org/10.1109/TVCG.2021.3114823.