

全球水危机与地下水项目的重要性

John Cherry, on behalf of The Groundwater Project
Guelph, ON, Canada, October 30, 2023

简介

许多重要的全球性组织已经得出结论，全球存在淡水危机。在过去的两年里，联合国和教科文组织都召开了有关这一危机的重要会议。全球变暖加剧了淡水危机，但在短期内，缺水及其对粮食和贫困的影响才是对人类文明最直接的威胁。本文件从地下水的角度描述了淡水危机，并介绍了地下水项目这一重要而独特的慈善创新项目，以扭转水危机的发展轨迹。

地下水是淡水危机的核心。这场危机演变的关键因素（以及缺乏扭转危机的实质性努力）是地下水科学界（即专业水文地质学家）之外的人对地下水的认知和理解极少，以及人类专业知识、分析和解决地下水能力的匮乏。我们的动机是通过教育并在可能的情况下提供技术援助来解决这些相关问题，特别是在发展中国家。

为了提高解决地下水问题所需的人类能力和公众对“所有地下水”的理解，地下水项目 (www.gw-project.org) 于 2017 年启动。地下水项目是一个以志愿者为基础的慈善非营利组织 (NGO)，在加拿大和全球范围内注册。它致力于通过创建和制作多种语言的高质量地下水学习材料来提高人们对地下水的理解和认识，这些材料可以从其网站 (gw-project.org) 上免费下载。地下水项目的使命—使地下水变得可理解—是基于这样的一种理念：地下水知识应该是免费的，并应用于管理水危机。地下水项目已经大大扩展了其最初的愿景，将其作为一个动乱世界中的希望之举。

以地下水为核心的全球水危机

气候、战争、流行病和经济衰退威胁着我们社会的未来，但最直接的威胁是淡水的供应。总结一下目前的情况，按照时间顺序列出以下事件：

- 2008年，联合国政府气候变化专门委员会得出结论：“水及其可用性和数量将成为气候变化下社会和环境的主要压力和问题”（Bates等人，IPCC秘书处）。
- Lester R. Brown (2013年)，《Full Planet, Empty Plates》的作者，指出：“我们未来面临的真正威胁是水资源枯竭。”
- 根据美国国家情报委员会（2014年）的说法，“世界正在进入持续的水资源危机时期。”

地下水是联合国17个可持续发展目标中的8个目标的关键。



全球水危机是一场地下水危机，因为地下水占有所有液态淡水的99%，而在干旱时期，地下水是许多地区唯一可获得的淡水资源。

- 2015年，世界银行宣称：“水资源正在达到临界点。”五年后的2020年，联合国教科文组织表示：“地下水是联合国17个可持续发展目标中8个目标的关键。”
- 美国国家情报委员会战略未来小组（2021）表示，“水不安全正在威胁全球经济增长和政治稳定。”
- 同样在2021年，世界经济论坛指出“水不安全有可能引发全球粮食危机。”
- 联合国将2022年定为“地下水年”，并召开了两次水会议：2022年12月在巴黎举行的联合国教科文组织地下水峰会，重点关注地下水，但没有地下水科学框架；以及2023年3月在纽约举行的联合国水会议。荷兰国王威廉-亚历山大在纽约开幕致辞中表示，“到2030年，一半的人类将生活在极度缺水的压力下。”然而，联合国水会议（2023年）的地下水科学部分很少，没有涵盖具体挑战和提出的解决方案。

地下水项目的目的是阐明与地下水问题相关的挑战，确定最有效的政策创新，并从地下水角度提出技术解决方案。

全球水危机实际上是地下水危机，因为地下水占有所有液态淡水的99%，在干旱时期，地下水是许多地区唯一可用的淡水。这对于理解水危机和制定避免灾难的道路都产生了巨大的影响。对地下水的依赖日益增加，而可利用的地下水资源却在减少。那些将承担大部分负面后果的人并没有意识到正在发生什么。为了让我们的文明得以延续，就必须有充足的淡水、肥沃的土壤和海洋以及宜居的气候。其中，最复杂、最不为人所知，监测最少的是地下水，而几乎所有淡水系统都依赖的。

水危机是一场完美风暴

很少有人认识到，淡水危机是一场完美风暴，是来自四个依赖地下水的方向：

- 1) **水资源匮乏**—水井太少且现有含水层抽水量太少的地区（即撒哈拉以南非洲）；居住在这里的人们大多在不知情的情况下饮用不安全的水，或者走很远的路取水。
- 2) **含水层枯竭**—地下水开采过多的地区（即美国高原、中东和北非）；很少有依赖这种水的人意识到他们的必需水正在消失。
- 3) **地下水污染**—范围广泛且日益严重，化学品种类不断增加，包括农药、药品、被称为“永远的化学品”的PFAS和病原体；受影响的人并没有意识到地下水是造成这种情况的根源。
- 4) **生态破坏**—由于过度抽水导致地下水位下降，导致湿地干燥、多样性丧失，并且污染在监测和了解最少的情况下蔓延。



地下水是全球水危机的核心

人的能力是进步的关键限制

- 地下水专业人员数量较少
- 大学教育专业缺乏多样性
- 政策制定者和公众对地下水知识的了解不够

这四类中每一类的许多地下水问题对全球文明的威胁程度与气候变化的威胁程度相同，但持续时间要短得多。如果水导致社会崩溃，社会就没有决心或经济能力来继续减少温室气体排放的任务。

水资源匮乏

在许多大规模农业地区，需要抽取的地下水较少，但对于许多其他农村水资源匮乏的地区来说，情况并非如此。除非钻更多的安全井，否则这些地区的人们就无法摆脱这种痛苦。这些井大多是低成本、产量充足的小直径井（“小井”），以实现自力更生（家庭）农业。建井时需要采用卫生密封（例如粘土、水泥浆），以防止污染物沿井筒外部进入含水层。在许多国家，这不是标准做法（即不受监管）。这些小直径井装有可以容纳能够从深处抽水的水泵，以消除水资源的匮乏。

用于此目的的小井将极大地改善结果，同时将含水层排水的可能性降至最低。这一需求涵盖了 30 亿农村人口，他们需要超过数千万口低成本安全水井，其中许多水井应与雨水收集、使用点过滤器和适当的可持续水土家庭农业结合使用。小型农业用水短缺涉及超过 15 亿人口，另有 20 亿人生活在其他极端缺水压力下。近三分之二的人类目前或将面临这样或那样的水问题，而且大多数问题正在恶化。2014 年，彼 Peter Gleick 写道：“未能向所有人提供安全饮用水和充足的卫生用水，可能是二十世纪最大的发展失败。”

1975 年，当时全球人口只有 40 亿时，联合国估计有 12 亿人生活在水贫困中。2010 年，联合国通过决议，获得足够的安全水是一项人权，然而，没有这项权利的人却在增加。联合国于 2015 年发布了要在 2030 年实现的可持续发展目标。其中 8 个目标依赖于地下水，但没有一个目标能够在 2030 年实现。总体而言，尽管已花费数十亿美元来减少这种形式的人类痛苦，但情况仍在恶化。这些努力是善意的，但对于减少数量基本上没有效果。然而，对于什么有效、什么无效，人们（主要是小型非政府组织）已经了解了很多。现在的挑战是利用这种学习并强调创新。联合国教科文组织（2022 年 3 月 22 日）报告称，“在普遍缺水的撒哈拉以南非洲地区，地下水的进一步开发目前并未受到天然地下水资源缺乏的限制……地下水专业人员的普遍缺乏影响了许多国家机构以及地方和国家政府办公室的人员配置，阻碍了监督有效地下水监测和开发的新兴举措。”地下水项目旨在成为解决方案的关键部分。

水资源匮乏



- 影响30亿人。
- 需要数千万低成本的安全水井。
- 三分之二的人口面临缺水压力。



含水层枯竭



- 灌溉占全球淡水抽取量的 70%。
- 含水层正在被抽干, 许多含水层正处于崩溃的边缘
-

含水层枯竭

在世界其他地区, 大规模灌溉农业的粮食生产过度依赖地下水。这些地区的含水层正在被抽干, 许多含水层正处于崩溃的边缘。这些地区的地下水监测和管理通常最少, 导致过度开采的情况被低估。灌溉占全球淡水抽取量的 70%, 生产了全球 40% 的粮食, 这使我们的全球粮食供应链面临崩溃的风险。由于许多影响因素, 全球粮食系统变得脆弱, 但在干旱期间含水层已经枯竭而缺水是一个无法修复的因素。对水的竞争日益加剧, 包括城市中心和农民之间的竞争。实际上, 人们认为, 最深处三分之一的含水层以不堪重负, 无法恢复, 而其他许多含水层正不可再生。在一些地区, 由于灌溉和侵蚀造成的土壤盐碱化导致的粮食极度不安全, 引发了移民、社会不稳定和武装冲突。Lucas Bessire 在他的著作《耗尽: 在高原上寻找水源》中总结道: “奥加拉拉含水层和世界各地其他含水层即将枯竭, 这是我们这个时代的一场决定性的地球危机。” 该含水层支撑着世界每年约六分之一的粮食产量。

用于各种目的的可持续地下水利用总量已经达到或超过了全球峰值, 这意味着许多地区没有额外的水可用, 许多含水层已达到或超过其临界点, 因此可用地下水量迟早会下降。最重要的是, 这种情况存在的同时, 水需求和人口不断增加, 而地下水污染的蔓延却在很大程度上未被认识到。至少在减少人为温室气体排放的规模上采取纠正性政策应对措施, 对于扭转水资源枯竭的轨迹至关重要。

我们已经看到干旱越来越频繁和持续时间越来越长的趋势。地下水资源减少意味着在长期干旱期间，将没有水来支持社区。这是一场危机，因为地下水为全球一半人口提供饮用水，包括世界上的一半的大城市，其中最大的是墨西哥城、雅加达、拉各斯和圣保罗。

含水层枯竭如此严重，以至于从大陆开采的水最终以废水的形式流入海洋，占全球海平面上升的25%左右。此外，沿海地区过度抽取地下水引发的地面沉降正在导致海水淹没居住着近五亿人口的沿海特大城市。这是与气候相关的海平面上升的一个可控方面，应该予以解决。地下水项目的目标之一是出版书籍，严格报告枯竭问题的各个不同部分，并就如何扭转枯竭轨迹提供指导。

地下水污染

根据世界银行（2023）的说法，“不断增加的人为污染物检测，包括几年前几乎不被认为是污染物的化学物质，造成的问题规模往往未被重视”。人类的各种活动导致工业、农业和市政活动释放出数百万种不同的化学物质到地面或进入地面，但只有一小部分是由足以破坏地下水的可移动化学物质组成的。然而，其中一些化学物质具有持久性（不会降解），并且在某些含水层中加起来多达数千种单独的化合物。通常，当根据其非常低的个体浓度来判断时，没有什么理由担心，但当组合考虑不同的化学类型时，健康和生态影响是未知的。除了对人类健康和生态系统的威胁之外，地下水中硝酸盐（NO₃）的存在也广泛且不断增加，主要来自农业，最近的研究表明，其对人类健康和生态的风险比之前认为的更大。

地下水污染对人类和生态系统造成的长期风险比河流和湖泊污染大得多，原因有以下三个。首先，地下水污染物积聚在含水层中，并且不会像河流和湖泊那样，在几年或几十年内被冲走或埋在底部泥浆中。其次，从含水层抽出的受污染水通常不会对人类感官造成污染，因此水看起来是纯净的。第三，污染影响的指示可以通过生物指标从地表水中的生物获得，但不能从井水获得。人类受体是指示物种，但很少对其进行研究。在完美风暴的四个方向中，地下水污染是监测、理解和研究最少的。地下水项目正在准备有关该主题的书籍和讲座。

生态破坏

从含水层抽取水不可避免地会导致井附近的地下水位下降。抽取的水是水循环中降雨的一部分，它给含水层补充水分，然后由井抽出，但以前维持着依赖地下水的生态系统。如果从含水层抽取水导致地下水位过度下降，湿地、溪流、河流、湖泊和泉水接收到的降雨量就会太少，从依赖地下水的生态系统的角度来看，就会出现缺水的情况。这是一种特别具有欺骗性的环境破坏形式，会导致多样性丧失，但通常不会引起人们的注意，因为含水层枯竭导致地下水位下降的直接证据需要对这种类型进行监测，而这种监测很少进行。这意味着，当与地下水的联系被弄清楚时，要进行纠正以恢复生态健康通常为时已晚。

在依赖地下水的生态系统中过多抽取地下水会导致溪流和湿地枯竭，从而影响水生生物

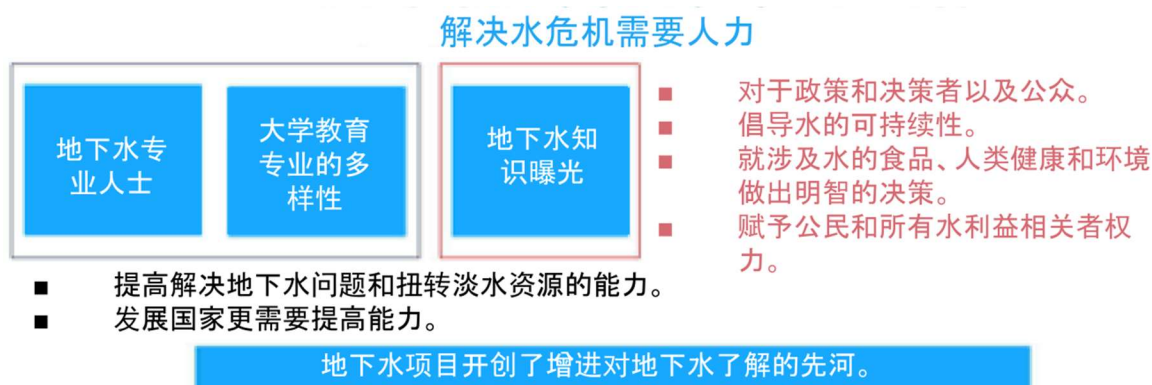


地下水渗漏维持了许多生命必需的水坑

人力是进步的关键限制

水危机具有前所未有的复杂性。人类解决地下水问题的能力严重不足，这是扭转淡水资源发展轨迹的主要障碍。人才能力的缺乏既包括地下水专业人员数量少，也包括高度工业化国家地下水专业人员大学教育专业缺乏多样性，在发展中国家更是如此。

政策和决策者以及公众对地下水知识的了解不够，无法倡导水的可持续性，并就粮食、人类健康和与水相关的环境做出明智的决策。提高公众的认识对于增强公民和所有水资源利益攸关方采取知情的地方行动的能力至关重要。地下水项目是推进对地下水了解的先驱。



自然原因造成的地下水质量恶化

来自四个方向的淡水完美风暴叠加在许多地区地下水有害自然成分对人类健康造成挥之不去的影响。这些地质成分而非人为成分起源于地质材料（矿物和岩石），但地下水的开采地点和方式可以促进它们的释放。自从地下水被使用以来，这些地质成分就一直对健康造成不利影响，但通过现代钻探，在更深的井和硬岩中打井，这些地质成分已经放大了很多倍。根据世界银行（2023）的报告，自 20 世纪 80 年代以来，砷、氟化物、锰和铀对健康的自然污染比以前想象的更广泛、更严重。砷影响了大多数人，但直到 20 世纪 90 年代才引起人们的重视，现在已知已影响超过 1.5 亿人，主要在孟加拉国、巴基斯坦和中国，但也有在美国、墨西哥和加拿大的部分地区。据估计，有 1.5 亿人因氟化物（氟中毒）而面临健康风险。

地下水质量问题的独特体制挑战

综合来看，井水中有害的地质和人为成分对人类健康的不利影响可能是巨大的，但不确定。在全球范围内，地质和人为问题的共同之处在于，负责水和健康的组织长期以来没有认识到该问题是一个值得采取行动的问题。这些地下水问题与许多其他水和健康问题的区别在于，对于一个政府机构来说，进行适当类型的私人 and 小型社区水井取样以确定质量需要有组织承担的勇气。如果结果显示大量井含有有害成分，井主就会想知道井水存在潜在危害的时间有多长以及是否存在真正的危害。这个问题不可能有可靠的答案，但通常情况下，社区中会有人将他们所知道的疾病归咎于井水，并要求解释为什么花了这么长时间才进行井采样。如果组织有承担的勇气，那么就不太可能有让该组织潜在地引发公众恐惧和指责的危机。世界银行（2023）就地下水质量提出建议，“所描述的许多问题是系统性失败的结果，需要对这些机构及其专业文化进行改革来解决这些问题”。地下水项目正在准备书籍，旨在对私人井主、水资源管理者和公共卫生机构进行有关这些问题的教育。

地下水项目

为了提高人类解决地下水问题的能力和公众对“**一切都是地下水**”的理解，地下水项目 (www.gw-project.org) 是一家全球性的加拿大慈善非政府组织，于 2017 年启动。地下水项目致力于通过创建和提供多种语言的高质量学习材料以供从互联网上下载，来提高对地下水的了解和认识，其独特之处在于我们的产品均经过严格的同行评审，并且都是**免费的**。它的目标是创建数百本**书籍、讲座和多媒体视频**。其目标是将地下水知识转化为可持续实践的基础知识。地下水项目的慈善工作的基础不断壮大，有一千多名志愿者，他们拥有卓越的专业知识，其中包括来自 70 多个国家的科学家和从业者。地下水项目为不同全球环境下的各级读者出版多种类别的书籍，为人类和生态系统服务。地下水项目拥有全球 174 个国家的读者，是世界上唯一——一个致力于综合地下水科学，以创造免费可用的知识的组织，这些知识可以很容易的以多种语言获得，并由该主题的志愿专家翻译。地下水项目对于培养人类提高对地下水的认识和理解的能力，以及评估与粮食、贫困、能源、生物多样性和气候适应能力，以及相关地下水问题的设计解决方案能力至关重要。

综合是将科学进步转化为可操作知识的过程

综合是地下水项目的核心。地下水是一个有许多专业子领域的领域。书籍必须由知识渊博的作者撰写，以便信息准确且易于理解。深刻的知识和理解来自于综合，专家对散布在每个主题的文献中的数百或数千篇论文进行审查，然后将知识转化为书籍。综合研究人员必须有丰富的工作经验或研究并对主题有非凡的理解。为了使综合知识能够为了更大的利益而被理解，它必须以不同的版本编写，以便不同读者类别的人能够理解。其中包括幼儿、初中生、高中生、本科生和研究生、教授、公众以及受过地下水以外学科教育的水和环境的专业人士。此外，还需要书籍为地下水专业人员提供专门的综合知识。高中生用书的要求必须低于大学生用书，但简化必须避免无意的误导或不正确的表述。综合比为科学期刊撰写小众论文更具挑战性，这就是为什么商业出版商的综合地下水书籍很少见。



地下水项目书籍涉及多个主题、不同类别和 3 个处理级别



地下水及其与其他环境和学科的界面

人类活动对地下水造成的许多有害副作用并未得到充分认识。地下水项目的一个目的是让它们广为人知，并展示地下水是如何服务于人类的，使我们的现代的、不可持续的社会能攻、能够在我们的消耗和退化地下水的同时发挥作用。这一点必须被理解为纠正地下水的基础。一个重要的问题是：在对地下水的需求不断增加和气候变化的情况下，我们如何更好地预测破坏性影响并应用预防原则？

为了涵盖对社会最重要的地下水知识，需要数百本书籍，因为根据地质、地形、气候和工业化阶段的组合，地下水及其问题有多种不同的表现形式。此外，决定人类和地球命运的政策制定者和决策者需要了解地下水的作用和重要性，这些作用和重要性与地下水影响或支持人类福祉的多种方式有关，例如粮食、减贫、能源、森林、湿地和生态系统，这些是地下水与重要事物的界面。

最初，地下水项目的重点是地下水科学的传统范围。现在，为了使地下水与地下水界（即专业水文地质学家）之外的人变得相关和被理解，界面上有很多书籍，例如：



- ◆ 全球化的粮食系统已经变得越来越依赖地下水，随着灌溉用水的减少和土壤的消失，这导致了极端的政治不稳定。
- ◆ 多种形式的水贫困，其中水太少或污染太多是人类痛苦的主要原因。
- ◆ 地下水质量，由于粪便污染以及砷等天然化学物质和工业化学品不断增加的组合而导致人类疾病。
- ◆ 采矿活动，所有这些活动都会在采矿期间对地下水产生影响，最重要的是，在矿井关闭后的几个世纪里都会对地下水产生影响。“负责任采矿”是什么意思？
- ◆ 所有形式的能源生产（包括太阳能和风能）都会因部件制造和运营过程中的用水和污染而对地下水产生影响（例如，制造电动汽车会造成多少地下水危害？）。
- ◆ 城市垃圾，大量最终进入垃圾填埋场，几乎所有垃圾填埋场现在或最终都会泄漏，导致地下水污染，
- ◆ 水峰值和水峰值下降的影响，包括地下水联系以及对人类福祉和社会稳定许多方面的预期影响。
- ◆ 由于地下水过度抽取和污染导致湿地、池塘和河流干涸，生物多样性正在下降；如果没有地下水供应，大多数湿地、溪流和河流在一年中的大部分时间都会干涸。
- ◆ 考古和历史学中地下水在文明崩溃扮演的角色

地下水项目扩展愿景中的目标

GW 项目扩展愿景中的三个目标：

1) 创建书籍和相关学习材料：

这是地下水项目的最初目标，也是一个持续的推动力。也就是说，在广泛的范围内创建免费、可下载的同行评审书籍，并扩大努力，将针对发展中国家和土著社区的材料纳入其中，更加强调面向所有利益群体的互动式学习材料。这包括案例研究和实地方法书籍，旨在将老一代的经验传授给年轻一代。它还包括为发达国家和发展中国家的私人水井所有者和钻井工人等利益相关者提供的书籍，特别是在农村缺水的地方，以及面向公共卫生组织的书籍，这些组织几乎在任何地方都需要更好地了解私人水井、小型社区井和采样协议的性质和风险。所有书籍都经过严格的同行评审。迄今为止的进展：

- ◆ 出版了 64 本原创书籍，22 本即将出版，160 本正在出版，还有更多正在确定中。
- ◆ 高可信度：来自超过30个国家的顶尖专家，所有完成的书籍中超过50%的作者获得专业或荣誉奖项
- ◆ 29本保存完好、具有持久价值的“经典”书籍，大部分已有二十多年历史。
- ◆ 完成45本书籍翻译，部分书籍翻译成15种语言，共翻译137次，共47种语言。
- ◆ 1000多名志愿者：来自 70 个国家，283 名作者、406 名译者、287 名审稿人、50多名其他志愿者，包括顾问和协调员。
- ◆ 174 个国家/地区的 pdf 图书下载量超过 170,000 次，网络图书阅读量超过 3,000,000 次。
- ◆ 小额捐助者众多，其中包括31家企业、3所大学以及250余名个人捐款。

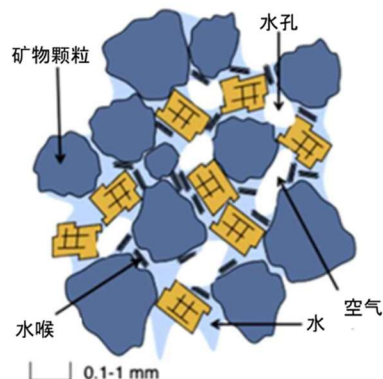
2) 确定各种教育课程的基本知识组成部分：

目的是将地下水科学适当地融入各级教育中。在地下水项目图书库中的大量知识中，我们需要确定并提高基本要素的可获取性，作为各种课程的基础，包括硕士、大学、高中和小学阶段的专业教育，以及更重要的，持续专业教育。每个教育类别都需要确定必要的事实、概念、过程和软件，并将其放置在地下水项目书籍中，然后进行安排以供访问。

- ✓ 通过 2D 和 3D 可视化 - 书籍中的高质量原创插图。
- ✓ 概念模型。
- ✓ 通过交互式计算机模拟进行体验式学习。
- ✓ 全部整合在简短的自学多媒体互动模块中



将书本知识转化为可操作的学习



3) 从地下水角度报告地球状况：

地下水项目正在扩展到从地下水角度介绍地球状况的书籍，包括枯竭、粮食、贫困、污染和依赖地下水的生态系统。这些书籍以及相关的视频讲座和互动学习工具面向最广泛的读者，包括政治家、水资源管理者和政策制定者、公共利益环保组织、研究组织和水贫困问题。实现预期减少人为温室气体的计划是可用的，例如“Drawdown”，《扭转全球变暖最全面的计划》（Paul Hawken，编辑，2017 年）。然而，关于水危机却没有这样的书。地下水项目将编写这样一本书，作为扭转淡水走向灾难的提案。这一点很有必要，因为在干旱时，地下水通常是唯一可用的水，因此是解决方案的根本，而且其他组织缺乏足够的地下水和相关的专业知识来完成这项具有全球视角的任务。

摘要和所需的财务支持

全球水危机本质上是影响粮食和贫困的地下水量危机，以及围绕人类健康和生态系统的水质危机。它涉及三分之二的人类，现在或很快将面临某种形式的水资源困扰，并且随着人口增长和气候变化而恶化。如果没有安全和可用的水，就不可能摆脱贫困。缺水问题将继续造成冲突和社会的不稳定，特别是在全球人口增长超过十亿并达到人口峰值的情况下。水危机的影响预计将比温室气体排放的影响更快达到临界点，但这一点却很少受到关注。政策制定者需要对水资源给予适当的关注和资助，以扭转目前灾难性的淡水发展轨迹。

在这个世界上，有数亿口井满足饮用水、粮食生产和工业的基本需求，几乎普遍的经验是，自上而下的地下水管理不起作用，因为大多数井都是私有的，这传达了一种水的所有权。地下水管理需要各利益相关方的积极参与，需要耐心、坚持和良好意愿，凝聚集体行动共识（世界银行，2022）。为此，所有利益相关者更好地了解地下水至关重要，这是地下水项目的首要目标。

通过这三个目标（扩展的愿景），地下水项目的目标是缓解两个最关键的能力限制，1) 发达国

家和发展中国家缺乏受过适当教育的地下水和其他专业人员来解决地下水和相关问题，2) 缺乏充分知情的公众和利益相关者来支持，并做出明智的地方决策（并影响政策）。

地下水项目的财政支持主要来自地下水社区内部，几乎都是小额捐款，然而，现在迫切需要更多的资金和志愿者，特别是来自该社区之外的支持。地下水项目每年都需要持续的资金，以规划和管理这一不断扩大的全球志愿慈善事业。具体的资金支持需要：

- 扩大能力（员工、自由承包商），增加图书年产量（目前我们的积压图书越来越多）
- 扩大建立工作伙伴关系的能力（例如，与北美、欧洲、南美、非洲、澳大利亚和亚洲志同道合的非政府组织，以及与教育机构就适应当地/区域背景的创新方法进行合作）。
- 扩展书籍空间思维和概念化所需的必要支持（创意内容创建者、模拟协助和其他内容澄清动画）。
- 设计和评估体验式学习材料，需要自由职业者在创建有效学习模块的主题上的支持，以及短视频制作的支持。
- 参加重要的会议和研讨会，以积极参与并扩大地下水项目的影响范围。
- 组织实地示范并制定满足发展中国家和土著人民需求的战略（例如，关于雨水收集和家庭农业中有效水/土壤利用的小井概念的研讨会）

地下水项目以虚拟方式运作，由一个管理团队和董事会领导，董事会下设顾问小组，没有带薪管理人员。董事会每月召开一次虚拟会议。地下水项目通过圭尔夫大学支付四名全职员工的工资（员工由圭尔夫大学利用地下水项目筹集的资金聘用）。董事会成员和工作人员（项目经理）几乎每天都通过电子邮件和/或虚拟方式进行沟通。地下水项目与自由职业者签订合同，由他们负责排版、文案编辑、图形设计和计算机模拟。这种模式可以高效、有效的利用资金。

关于JOHN CHERRY和地下水项目董事会

John Cherry是地下水项目的负责人，是一位加拿大水文地质学家；加拿大皇家学会院士；美国国家工程院外籍院士；荣获斯德哥尔摩水奖（2020 年）和李光耀水奖（新加坡）（2016 年）。

董事会：John Cherry，加拿大（主席）；Shafick Adams南非；Richard Jackson，加拿大；Ineke Kalwij，加拿大；Renee Martin-Nagle，美国；Everton de Oliveira，巴西；Marco Petitta，意大利；Eileen Poeter，美国。

可用 - 地下水项目书籍清单

可查阅最新的书籍清单：(i) 已经出版并可在 <http://gw-project.org> 免费在线查阅的书籍；(ii) 即将出版的书籍；(iii) 正在编写的书籍；(iv) 计划出版的其他书籍；(v) 翻译书籍



相关出版物

1. Alley, William, and Alley, R. (2017). High and Dry: Meeting the Challenge of the World's Growing Dependence on Groundwater, Yale University Press, 294 pages.
2. Barth, J. A. C., Geist, J. A., & Cherry, J. A. (2023). Integrate strategies to save biodiversity and groundwater. Nature, Correspondence, January. <https://doi.org/10.1038/d41586-023-00216-9>.
3. Cherry, J. A. (2022). The missing educational curriculum [Guest Editorial]. Groundwater, 61, 1:1 2. <https://doi.org/10.1111/gwat.13232>.
4. Cherry, J. A. (2022). The Groundwater Project as knowledge philanthropy. AWRA, 4, 22 24.
5. Cherry, J. A. (2020). The democratization of groundwater knowledge [Guest Editorial]. Groundwater, 58(5), 682 683. <https://doi.org/10.1111/gwat.13029>.
6. Dineen, J. (2022). Most big coastal cities have areas sinking faster than sea level rise. New Scientist. <https://www.newscientist.com/article/2338652-most-big-coastal-cities-have-areas-sinking-faster-than-sea-level-rise/>.
7. Gleick, P. H., and Palaniappan M. (2010). Peak water limits to freshwater withdrawal and use. PNAS, 107(25), 11155-11162. <https://doi.org/10.1073/pnas.1004812107>.
8. Gleick, Peter, H. et al. (2014, 2018). The World's Water, V. 8 and 9, The Biennial Reports on Freshwater Resources, Pacific Institute. Oakland, CA, 475 p, 260 p.
9. International Association of Hydrogeologists. (2015). Food security and groundwater, Strategic Overview Series, 6 pages. <https://iah.org/wp-content/uploads/2015/11/IAH-Food-Security-Groundwater-Nov-2015.pdf>.
10. McDermid, Sonali, 36 others (2023). Irrigation in the earth system, Nature Reviews, Earth and Envir. DOI:10.1038/s43017-023-00438-5.
11. Murphy, H., Prioleau, M., & Borchardt, M. (2017). Epidemiological evidence of groundwater contribution to global enteric disease, 1948–2015, Hydrogeology, 25, 981 1001. <https://doi.org/10.1007/s10040-017-1543-y>.
12. Ravenscroft, P., & Lytton, L. (2022). Seeing the Invisible: A Strategic Report on Groundwater Quality, © Washington, DC: World Bank. 94 pages. <http://hdl.handle.net/10986/37197>.
13. Stewart, I.G., Cherry, J. and Harding, M. (2021). Groundwater Contamination Science and the Precautionary Principle. In Abrunhosa, M. et al. (2021). Advances in Geoethics and Groundwater Management: Theory and Practice for a Sustainable Development. Cham, SU: Springer Nature. pp. 17-21.
14. UNESCO (2021). The Role of Sound Groundwater Resources Management and Governance to Achieve Water Security (GWSI Series-No. 3, UNESCO Publishing, Paris, 279 pages.
15. Wood, W. W., & Cherry, J. A. (2021). Food insecurity and inaccurate quantification of groundwater irrigation use [Editorial], Groundwater, 59(6), 782-783. <https://doi.org/10.1111/gwat.13122>.
16. Wood, W. W., & Hyndman, D. (2018). Sea level rise cut in half? [Editorial], Groundwater, 56(6), 845. <https://doi.org/10.1111/gwat.12821>.
17. World Bank (2023). The hidden wealth of nations: Economics of groundwater in times of climate change, 30 pages.
18. Cherry, J.A., and Parker, B.L. (2017). Creating small-capacity, low-cost, safe water wells in bedrock using small portable gasoline-powered rock drills, Oklahoma U Water Conference; also, related Pierce et al., GWMR (2018), vol. 38(1), 42-5