



**FRESHWATER
HEALTH INDEX**

淡 水 健 康 指 数

中国东江流域
淡水生态系统健康评估

2017年9月

鸣谢

我们真诚感谢利益相关方论坛的所有参与者就淡水健康指数的试验性应用贡献的宝贵时间和珍贵意见。中山大学、华南理工大学和珠江水利科学研究院的研究学者为许多指标的计算和结果的确认提供了专业技术和数据。世界自然保护联盟（IUCN）华南项目办事处积极协调这些机构，并召集了许多优秀的志愿者协助组织两场论坛。

我们还要感谢科学工作组的科学家们(www.freshwaterhealthindex.org/science-working-group)的卓越贡献，他们提供了制定淡水健康指数所需的初步概念和技术指导。

最后，特别感谢专业金融资助机构，没有这些机构的支持，我们无法取得淡水健康指数项目的成功。感谢冯氏经纶慈善基金有限公司、博雷戈基金会、弗洛拉家族基金会、戈登-贝蒂·摩尔基金会和喜达屋基金会。

目录

摘要	5
1. 背景	8
2. 生态系统活力：指标与子指标结果	8
2.1. 水量	9
2.1.1. 天然径流的管理	9
2.1.2. 地下水储量改变	11
2.2. 水质	11
2.3. 流域情况	11
2.3.1. 河岸改造	11
2.3.2. 水系连通性	11
2.3.3. 土地覆盖的自然度	11
2.4. 生物多样性	13
2.4.1. 关键物种	13
2.4.2. 外来和有害物种	13
3. 生态系统服务：指标与子指标的结果	13
3.1. 供给	14
3.1.1. 供水可靠性	14
3.1.2. 人类获取的生物量	14
3.2. 调节与支持	14
3.2.1. 泥沙调控	14
3.2.2. 水质调控	16
3.2.3. 洪水调控	16
3.2.4. 疾病调控	16
3.3. 文化与美学	16
3.3.1. 保护区	16
3.3.2. 游憩	16
4. 治理与利益相关方：指标与子指标结果	17
4.1. 使能环境	17
4.1.1. 水资源管理	17
4.1.2. 资源使用权	18
4.1.3. 激励与监管	18
4.1.4. 财务能力	18
4.1.5. 技术能力	18
4.2. 利益相关方参与度	18
4.2.1. 信息获取	19
4.2.2. 参与决策过程	19
4.3. 愿景与适应性管理	19
4.3.1. 战略规划与适应性管理	19
4.3.2. 监测与学习机制	19
4.4. 有效性	20
4.4.1. 执行与遵规	20
4.4.2. 利益分配	20
4.4.3. 与水有关的矛盾	21
5. 结论	21
尾注	22
附录	23

中国东江流域



摘要

东江流域

东江是中国南方4000多万居民的主要水源。虽然该流域的面积相对较小，但它面临的淡水需求却多样且问题众多。上世纪50年代末，当地修建了大坝，用于防洪和水力发电，但目前，水资源分配和水质问题已成为最主要的议题。珠三角的上游农村地区和下游城镇地区之间存在巨大的社会经济差异，后者的人均GDP要高出至少10倍。这促使产业进一步向上游转移，同时将土地的利用率最大化，然而二者虽能带来短期的经济发展，却对水资源相关的生态系统服务（如下游水资源的水量和水质）构成威胁。

为帮助决策者评估权衡取舍，并确认东江未来的优先发展领域，由保护国际基金会（简称CI）和世界自然保护联盟（简称IUCN）领导的工作组运用“淡水健康指数（简称FHI）”开展研究。淡水健康指数综合三个要素（生态系统、淡水生态系统服务和治理）评估流域的健康状况。通过与中山大学、华南理工大学和珠江水利委员会的研究人员合作，专家组对11个主指标和25个子指标进行评估，并赋予0-100的得分进行衡量与阐释。中央、各省和地方政府的利益相关方，以及工业界、学术界和公民社会为研究提供了相关数据，并协助确定了优先领域。这是对东江流域的淡水健康状况进行的首次全面调查，为深入分析或采取政策行动提供了许多有益的见解。

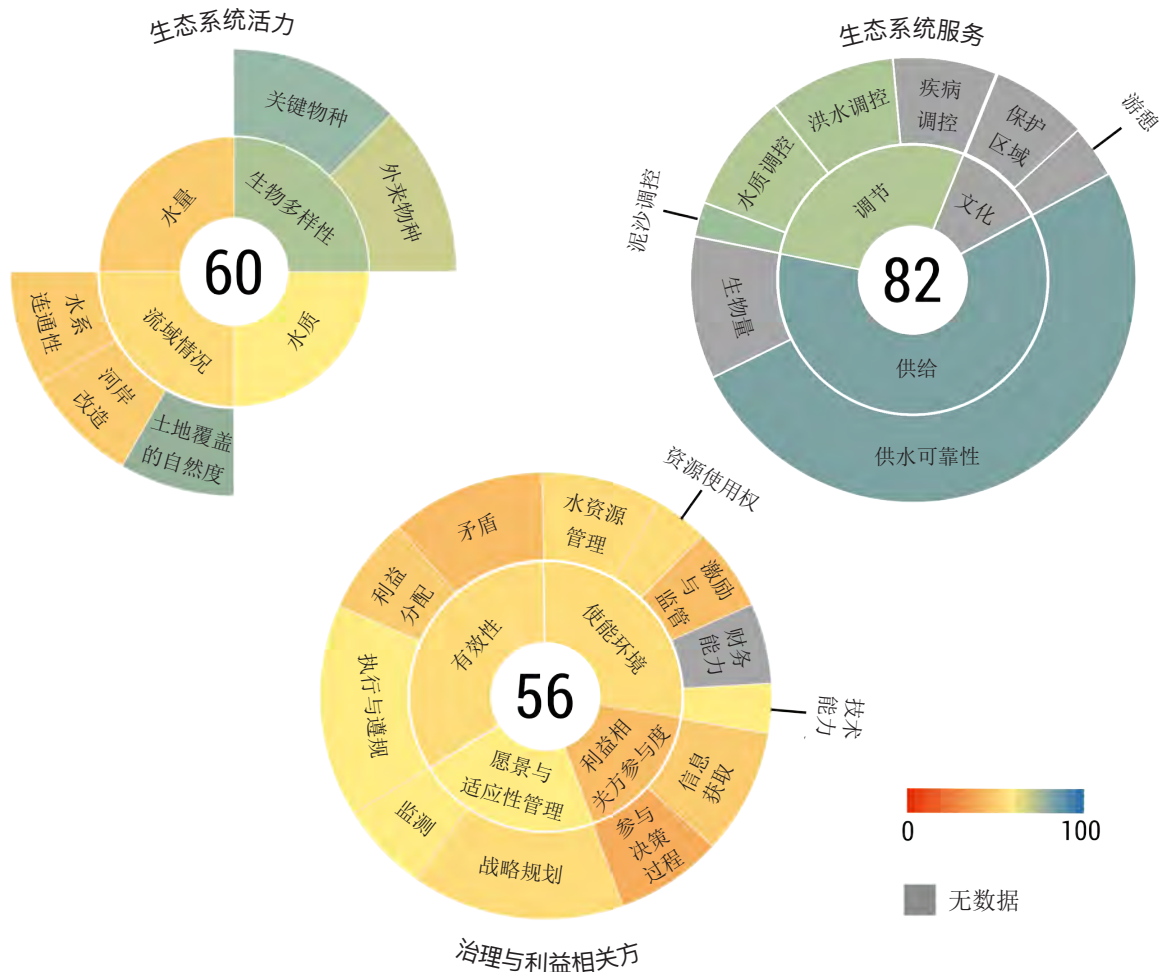
主要成果

- 应将得分最低(56)的“治理与利益相关方”要素作为流域内的优先领域。决策者需满足日益增长的用水需求、改善水质和适应气候变化的影响，因此关注基本需求的治理问题是关键的第一步。
- “生态系统活力”的得分为60分，说明该流域的土地、水道和水生生物的健康状况处于中等水平。由于该流域已高度城市化，而且经过改造（如修建大坝和水库），所以此分数的提高空间有限。相反，工作的重点应采取有针对性地进行改进的模式，确保分数不会下降。
- “生态系统服务”是三个要素中总分最高(82)的要素，说明该流域目前能充分满足利益相关方的需求。作为利益相关方最重视的要素，“供水”的得分最高，但减少灾害（如洪水）和保持水质的服务得分中等。
- 该流域生态系统面临的压力包括流量改变和河道改造，会对鱼类和其他水生生物产生不利影响。本地水质下降，特别是城市污水和城市径流的水质下降，也对水生生物和供水构成威胁。下游的博罗水文监测站记录的“水质调控”分数最低。
- 土地覆盖目前处于中等健康状态(75)，但枫树坝水库南部上游地区的得分较低，这体现了农业径流产生的额外压力。同样，“泥沙调控”的得分是73分，虽然利益相关方并未将它视为主要问题，但新丰江和白盆珠水库上游地区的得分更低，说明水质和库容面临威胁。
- “执行与遵从”在“治理与利益相关方”要素中的得分最高(60)，但“与水有关的矛盾”得分(48)抵消了这种优势，因此该子指标为区域内的主要问题。“激励与监管”的得分也较低(47)，可以通过引入辅助工具（如水文服务的生态补偿）加以改善，相关方正在考虑进行此项工作。

结论和下一步行动

总之，“生态系统服务”的高分表明，东江流域目前能满足依赖其生存的城乡人口的需求。“生态系统活力”的低分表明，人们需求的满足是以当地生态环境为代价的，这种利弊的平衡目前仍可接受，但该地区的居民未来很可能将要求改善这种情况。鉴于目前的治理体系，响应不断变化的需求和气候变化将充满挑战。例如，人们对城市取水点附近水质的日益关注，体现出流域内的水量和水质监测应更加全面。应确保利益相关方能更容易地获取这类信息，同时鼓励举办地方和跨省参与的论坛。

为优先解决这些问题，并监测进展情况，我们建议在三年内对流域淡水健康情况进行重新评估。目前，包括中山大学、华南理工大学和珠江水利科学研究院在内的本地合作伙伴已掌握计算方法，有能力领导未来的评估。通过研讨会参与首次评估的利益相关方团体应继续参与评估进程，并提供反馈，同时要扩大这一团体的范围，让地方政府和相关行业积极加入。





评估过程中发现了一些在进行后续评估前应填补的数据缺口。虽然地下水不是该流域的主要水源，但没有关于地下水可用量、使用情况和水质的可靠数据，总体评估就不完整。虽然东江流域的生物种群不像珠江其他区域那样丰富，但本地生物多样性的监测将有助于防止更多物种的丧失。改善流域的水治理具有重要意义，所以资源管理部门的建议预算与实际拨款之间的差距，对确定财政需求十分有益。

东江流域的利益相关方对探索不同情形影响下的未来变化十分关注。这些情形包括未来经济发展（加快城市化进程，促进产业向惠州和河源上游地区的转移）和气候变化，气候变化会在该流域产生更频繁的极端天气事件（如洪水和干旱）。因此，下一步工作应该是同利益相关方描绘详细的变量，并为这些情形建模，以评估特定的“生态系统活力”和“生态系统服务”指标的变化。这有助于利益相关方识别不必要的权衡取舍，以及可能的协同作用，同时帮助它们开始制定保护东江环境健康的量化目标。

1. 背景

东江是华南珠江水系的主要支流之一。虽就流域面积和年均流量而言，东江是最小的支流，但它是生活在珠三角的全球最大城市群的4000多万居民的主要水源。依赖东江的地区包括香港，它虽位于流域外部，但其近80%的城市原水供应都来自东江。随着珠三角的工业化和随之而来的城市化，人们对东江的需求也发生着改变。上世纪50年代末起，修建大坝主要是为了防洪和水力发电，但目前，洪水调控和水力发电已不再是主要问题，而城市间的水量分配和水质问题则是当务之急。

广东省东江流域管理局成立于2008年，其主要职责为执行水量分配计划、管理水量和水质，同时协调依赖东江的不同利益相关方。珠三角的上游农村地区（江西省境内）和城镇地区之间存在巨大的社会经济差距，后者的人均GDP要高出至少10倍。因此，除了最大化东江带来的福祉，还要积极应对产业向上游转移和采矿业扩大产生的压力，它们虽然都能促进经济发展，但会严重威胁供水。为帮助东江流域的利益相关方评估目前的环境状况，开始制定未来的发展计划，我们采用“淡水健康指数”，从以下三个角度衡量了环境健康状况：生态系统活力、生态系统服务、以及治理与利益相关方。

2. 生态系统活力：指标与子指标结果

淡水健康指数的“生态系统活力”要素衡量了生态系统（即流域内的溪流、河流、湿地和森林）的完整度和功能。健康的生态系统至关重要，它不仅能提供洁净的水、鱼类、防洪，还能提供依赖东江流域的居民所需的其他各种福祉。“生态系统活力”要素衡量以下四个主要指标：水量、水质、流域状态和生物多样性。评估数据主要由政府提供，这些子流域或城市级别的数据能够显示流域内不同地区的指标变化情况。

将四个主要指标综合，东江流域的“生态系统活力”总得分是60分。这表明生态系统的健康状况一般，但正如后文的详细结果所示，有些指标明显优于其他指标。东江流域已高度城市化，其水资源已经过改造（通过修建大坝和水库），以满足水力发电、供水和防洪的需求。在流域内4000万居民提供福祉的能力不受影响的前提下，这些指标的提高空间有限。因此，工作重点应确保这些指标的分数不会下降，并通过保护行动，进一步分析如何在提高“生态系统活力”的同时，有益于维系“生态系统服务”。此外，利益相关方并未对“生态系统活力”要素进行权重分析，所以每项指标的权重默认相等。因此，也不能像“生态系统服务”和“治理与利益相关方”指标那样，推断特别重要的指标。



2.1 水量

“水量”指标仅衡量流域内的水量和流量，包括地表水和地下水。生态系统依赖流域内水的季节性变化规律，在许多地方，人们也依赖于水量的季节性波动。现代开发（如修建大坝调节洪水期和干旱期）往往会改变自然规律，因此应在开发与人类需求间进行权衡。同时，这些改造也会对水生生物多样性和习惯自然流量变化的人们产生不利影响。该指标通过以下两个子指标进行评估：“天然径流的管理”和“地下水储量改变”。东江流域的“水量”得分为51分，但由于缺乏地下水储量数据，总分只是根据“天然径流的管理”分数确定的。

2.1.1 天然径流的管理

“天然径流的管理”评估目前的地下水流量相比于历史天然径流（即开发前）的变化。水库、农业和土地利用变化会影响地表水流动的时间和水量，这反过来会影响水生生物和下游淡水生态系统服务。水资源管理的传统目的是缓解季节性变化带来的影响，以减少洪水破坏，和(或)确保充足的供水，因此，为继续满足人类需求，需要存在一些与自然条件的偏差。东江流域的“天然径流的管理”得分是51分。相对较低的得分说明，流域内不仅建设有许多小池塘、水库和微型水电站，三大水库的运营也改变了水流模式的自然条件。流域的主要水库的运营方针由供水、防洪和水力发电的需求控制。人们获得的这些关键福祉体现了与生物多样性（通过减少水流连通性和限制栖息地）、沉积泥沙和水质的平衡，受到与自然条件偏差的影响（可能需要增加疏浚或冲淤成本）。

表1 淡水健康指数指标

主要指标	子指标
生态系统活力	
水量	天然径流的管理 地下水储量改变
水质	地表水中的悬浮固体总量 地表水和地下水中的总氮 地表水和地下水中的总磷 其他主要关注指标
流域情况	河岸改造 水系连通性 土地覆盖的自然度
生物多样性	关键物种 外来和有害物种
生态系统服务	
供给	供水可靠性 人类获取的生物量
调节与支持	泥沙调控 水质调控 洪水调控 疾病调控
文化与美学	保护区域与文化遗产 游憩
治理与利益相关方	
使能环境	水资源管理 资源使用权 激励与监管 财务能力 技术能力
利益相关方参与度	信息获取 参与决策过程
愿景与适应性治理	战略规划与适应性治理 监测与学习机制
有效性	执行与遵规 利益分配 与水有关的矛盾

2.1.2 地下水储量改变

“地下水储量改变”子指标衡量蓄水层中可用水量的变化。虽然流域内的主要利益相关方（市政供水公司）几乎只依赖地表水满足供水需求，但地下水的抽取也日益加剧，以满足工业生产瓶装水、和超出城市地表水量分配的用水需求¹。但目前缺少用于评估地下水抽取和利用范围的数据。这被确定为一项重要的知识缺口。

2.2 水质

“生态系统活力”要素中的“水质”指标指的是，与能够维持生物多样性的水生生态系统的边界水质相比，水体的污染物浓度。即使不考虑人类健康和安全，水体污染直接危害水生生物，破坏生态平衡，例如，引发有害的水华。该指标评估的依据是四种水质参数的监测水平，这些参数对淡水生态系统的“优良”生态健康至关重要。东江流域的“水质”得分是61分，说明该流域水质情况一般。农业和城市径流是该流域污染物的主要来源，因此随着近来相关方大力拦截和治理流域内污染源产生的污染，该指标有提升的空间。

2.3 流域情况

“流域情况”衡量土地覆盖（如森林转化为农田）以及溪流与河道（如修建大坝或拓宽航道）的改造程度，这些都会影响到水量、水质和水生生物的栖息地。“流域情况”包括三个子指标：“河岸改造”、“水系连通性”和“土地覆盖的自然度”，东江流域的“流域情况”总得分分为56分，说明其健康状态较差。由于高人口密度和人们对东江的依赖性，显著提高此指标得分充满挑战，所以应关注灰度退化最严重的子流域，从而保持流域环境的稳定。

2.3.1 河岸改造

“河岸改造”衡量了漫滩（横向）连通性。横向连通性影响溪流到达陆地的方式，进而改变物质（如营养物和沉积物）的交换方式。通过开渠或蓄水淹没改变这种模式，不仅会改变原生植被和野生动物（包括产卵鱼和水禽）适应生活的环境，还会影响溪流的生物地质化学特性，以及漫滩的范围。东江流域的“河岸改造”得分为49分，说明城市化和防洪需求明显改变了横向连通性。通过再造自然河岸提高此项分数，既有益于该流域的野生动物，还有创造游憩价值的空间，但必须仔细权衡，防止现有福祉的减少。

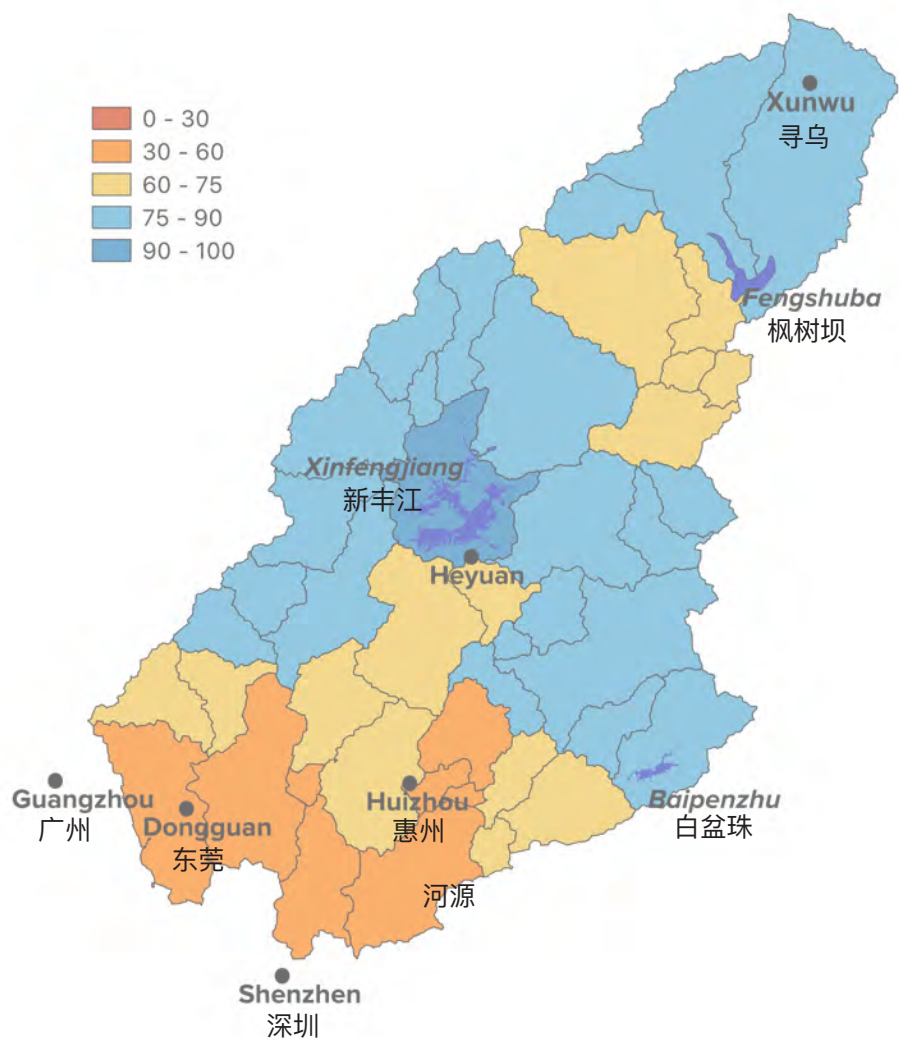
2.3.2 水系连通性

“纵向或水系连通性”，也称“破碎化”，不仅对水生生物（如鱼类）的活动至关重要，也会影响物质的流动。该子指标受天然障碍（如瀑布）和工程结构（如大坝和围堰）的影响。纵向连通性的降低会对鱼类的洄游与繁殖产生不利影响，同时阻止泥沙和其他营养物质流入珠三角的下游。东江流域的水系连通性得分为48分，而河网中存在三座主要大坝和小型围堰。但仍有必要深入调查河网中修建的所有结构（特别是小型大坝和围堰）的实际通过性。例如，使用鱼梯能提高该子目标的得分。

2.3.3 土地覆盖的自然度

“土地覆盖的自然度”衡量与自然和不受干扰的状态相比，土地发生改变的程度。森林和湿地是调节水流和水质的天然缓冲带。它们的退化或向农业或城市用地转变，将引发自然环境调节水循环的能力的改变。东江流域目前的“土地覆盖的自然度”得分为75分，说明总体健康状态优良。图1中的地图显示了流域内土地的变化情况，高度城市化的珠三角地区的得分最低在意料之中。在上游地区的枫树坝水库下方，耕地较为密集，因此这片区域的得分也较低。而在包含三座主水库的子流域，自然环境相对未受干扰，其中新丰江水库的蕴含的价值最高。

图1东江流域土地覆盖的自然度



2.4 生物多样性

“生物多样性”衡量生活在河流中或附近的动植物的种群状态和发展趋势。本地物种的减少或非本地物种（“外来物种”）的增加都可用作监测生态系统退化程度的指标。此外，水生生物多样性与渔业和文化服务（如游憩）正相关。“生物多样性指标”通过两个子指标进行评估：1) “关键物种”，关注濒危物种或其他本地重要物种 2) “外来和有害物种”。东江流域的“生物多样性”总得分为73分，说明其健康状况一般。但在官方最新数据的缺乏仍然是区域内的重要问题，所以需要为本地的数据收集活动投资，以及时更新生物多样性的数据。

2.4.1 关键物种

“关键物种”衡量流域内濒危的水生或河岸生物物种，即它们在总物种多样性中的占比，和种群的发展趋势。物种多样性减少（尤其是濒危的子种群中物种多样性减少）是生态系统退化的前兆，并导致人类收益（如渔业）的减少。东江流域的“关键物种”得分为76分。目前该流域有三种蛙类和三种龟类被列为濒危物种，占濒危物种名录的一半（还包括鱼类、蜻蜓和螃蟹）。虽然这表明流域的总体健康状况较好，而且可能优于西江和北江的条件，但当地的相关信息缺失问题需要关注，且大部分历史评估都表明，濒危物种的种群正在减少。

2.4.2 外来和有害物种

外来物种指有意或无意进入生态系统的外来（非本地）物种，它们会与本地物种竞争，对其构成威胁。入侵物种的种群数量增加，使本地物种面临巨大压力，会导致生态系统退化，而且严重影响经济发展和人类健康。东江流域的“外来和有害物种”子指标的得分为70分。此项评估的重点是入侵的水生物种，其中三种已被记录在案（尼罗罗非鱼、水甘蓝和水葫芦）。但在河岸区域还发现了大量外来物种，可能影响本地两栖和爬行动物的栖息地以及水质。

3. 生态系统服务：指标与子指标结果

“淡水健康指数”的“生态系统服务”要素衡量淡水生态系统提供的与水有关的一系列福祉（从饮用水到水力发电到防洪）。这些福祉常通过或结合人造基础设施的形式体现，人类和我们所依赖的自然生态系统也通过这些福祉紧密联系。生态系统服务通常按照人们的享受服务的方式分类，淡水健康指数主要考虑三个指标：“供给”（从生态系统中获取用品）、“调节与支持”（在生态系统中发生的“背景”过程），以及“文化和美学”（人们从生态系统中“获得”的体验）。这些数据来源于官方资料，包括统计年鉴和建模数据（泥沙调控）。文化服务通常很难量化，相关数据也无法进行常规收集。在评估东江流域时，我们已将该项确定为数据缺口，但建议收集基础数据，以用于未来评估。

综合三个指标的评估结果，东江流域的总得分是82分。这表明该流域目前能满足利益相关方的福祉需求，虽然特定的服务中有些差异。此要素的评估同样并不完整，因为我们缺少“文化服务”和“疾病调控”的相关数据。此外，利益相关方对这些指标和子指标进行了权重分析，结果体现了对流域供给服务（权重是调节服务的两倍）的明显偏好，但同时，洪水调控和水质调控服务也得到了相对较高的权重。

3.1 供给

“供给”衡量了淡水生态系统为人类提供的实物产出，主要是水和鱼类。生态系统的这些产出不仅是经济发展的重要资源，而且对粮食和水安全至关重要。“供给”指标可分为两个子指标：“供水可靠性”（相对于需求）和“人类获取的生物量”。由于缺少生物量数据，所以“供给”得分(86)完全是依据“供水可靠性”子指标给出的，利益相关方认为它的重要性是东江鱼类及其他生物质的5倍。

3.1.1 供水可靠性

“供水可靠性”衡量了所有地区根据可用的总水量满足不同产业用水需求的能力。这包括生态系统能够承载的最少水量，也称环境流量。可靠性降低会导致水危机、生态退化或不可持续的地下水消耗（难以补偿地表水短缺）。东江流域的“供水可靠性”得分为86分，说明总体健康状态良好。在水量调配难以满足需求的地区（广州、深圳和河源），仍有适度的水量需求缺口。但由于流域内大部分的地表水都已调配，而且淡水生态系统为资源利用原因已经过适度改造（参阅“生态系统活力”中的“天然径流的管理”与“河岸改造”的得分），所以满足日益增加的用水需求的能力有限。因此，为满足未来的用水需求，或灵活应对气候变化，可考虑采取其他方式，包括地下水开采、提高废水的回收利用、从流域外部引水、水权交易和海水淡化。

3.1.2 人类获取的生物量

“人类获取的生物量”衡量人类从淡水生态系统中收获的鱼、野生食物和其他物质。虽然东江上游存在垂钓和小规模的捕鱼活动，但目前没有证据表明，当地居民依赖河流为主要食物来源，也没有找到有关自给自足的捕捞或其他渔业活动的官方记录。因此，我们没有计算东江流域的此项子指标。

3.2 调节与支持

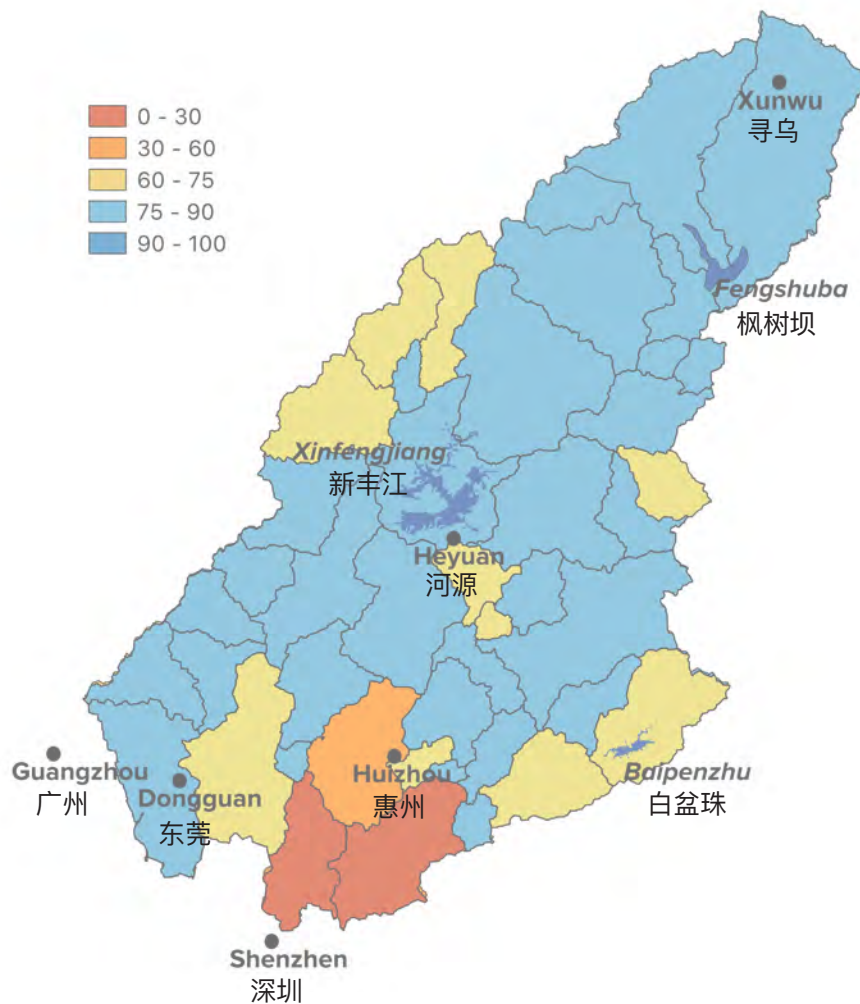
生态系统的调节服务是指支持供水和渔业（如，通过保持水的清洁和流动），以及预防洪水和其他灾害的自然过程。

水资源开发决策常常忽略有助于调控生态系统中的水资源的自然过程，反而通过修建成本高昂的基础设施取代这些“免费”服务。“调节与支持”指标包含4个子指标：泥沙调控、水质调控、洪水调控和疾病调控。东江流域“调节服务”的总得分是73分，其中子指标得分的差异不大。这说明健康状态一般，需要密切监测，调节服务与土地利用密切相关，高度城市化、大规模的农业和采矿活动，将给这些调节服务带来更大的压力。

3.2.1 泥沙调控

“泥沙调控”衡量生态系统调控陆地到河流的泥沙流量，以及在漫滩或下游出口堆积泥沙的能力。流入下游的泥沙太多会降低水库的蓄水能力，或导致水质恶化，但流入下游的泥沙太少，会使水生生物和农田失去重要的养分。东江流域的“泥沙调控”得分为75分。此项得分相对较高，其中侵蚀的热点主要在下游城市地区附近（图2），但这并不令人担忧，因为侵蚀作用能为珠三角提供养分。河源上游以及新丰江和白盆珠水库上游的侵蚀可能带来更多问题，因为它们会影响水质，所以建议监测这些区域的实际泥沙沉积，同时监测河床泥沙的开挖，因为建模数据无法很好体现这些情况。

图2东江流域的泥沙调控



3.2.2 水质调控

“水质调控”指依照人类健康标准，生态系统调控污染浓度的能力。生态系统能自然过滤和分解多种水污染物，但人类活动产生的污染物总量能轻易超过生态承载力。就东江而言，我们在评估中考虑了溶解氧、生物需氧量、铵态氮、化学需氧量、大肠杆菌和重金属（锌、铜、铅、镉）等。东江流域的“水质调控”得分是72分，说明其健康状态中等。该分数表明，相关方改善流域水质以满足人类需求的努力取得了一定成效。但下游的博罗水文监测站的得分最低(64)，说明下村与博罗之间的河流缓冲承载力面临压力，因此需要密切监测。将上述结果与“生态系统活力”的“水质”得分对比后可知，应将控制非点源污染作为进一步实现全面改善的行动战略。

3.2.3 洪水调控

“洪水调控”是生态系统通过延缓下游洪峰流量的时间，和(或)吸收洪水(如在湿地中)减少洪水径流量的能力。洪水是造成损失最严重的自然灾害之一，完整的森林和湿地生态系统能够降低灾害风险，保护人类和财产。“洪水调控”子指标衡量人类和财产在洪水中所受的风险程度。东江流域的“洪水调控”得分是73分，说明其健康状态中等。利益相关方认为“洪水调控”是非常重要的“生态系统服务”(权重比“水质调控”高出10%)，尽管过去几十年间，在东江流域人工修建防洪堤、路堤和其他防洪设施，已使洪灾风险大幅降低。这种权衡取舍再次通过“流域情况”、“生物多样性”和“文化”(目前尚未计算)子指标的分数得到体现。因此，虽然风险有所控制，但这可能会成为一个持续的问题，因为气候变化可能增加风暴强度。

3.2.4 疾病调控

在传播和携带与多种常见疾病(如登革热、疟疾、隐孢子虫病和血吸虫病)有关的病原体载体时，淡水生态系统扮演了重要角色。这类疾病在全球非常普遍，并且随着人们对淡水生态系统的改造(如修建大坝、污染)，人类罹患这些疾病的风险也不断增加。虽然卫生部门可能留有东江流域与水相关的流行病的记录，但我们未找到集中式数据库，所以计算此项子指标所需的数据不可得。但我们建议收集这些数据，包括计算此项子指标，尤其因为利益相关方为它分配了几乎与“水质调控”一样高(在10%以内)的权重。

3.3 文化与美学

“文化服务”是指人类从淡水生态系统中获取的非物质福祉，如他们的美学审美、游憩机会，以及文化或精神的满足。这些文化服务与身体、情绪和心理健康福祉，与经济发展机遇(如生态旅游)密切相关，特别是，淡水生态系统往往与社会的文化认同有关。利益相关方为此指标分配的权重最低，说明相对于“供给”和“调节”服务，它目前的重要性较低。

根据可量化的淡水生态系统服务的两个体验价值要素，“文化与美学”指标包含两个子指标：“保护区域与文化遗产”及“游憩”。“保护区域与文化遗产”衡量淡水生态系统按其文化意义受保护的程度。为保持生态完整性和生物多样性，或因为与区域文化遗产有更直接的联系，可对相关区域进行保护。“游憩”通过人们参与涉水游憩活动(如钓鱼、远足、划船或欣赏滨水风光)所花的时间进行评估。

目前，我们尚未掌握流域内的适用数据，所以我们建议制定一份协定，并收集有关东江流域的环境保护与游憩的具体数据，这样就能根据人们对涉水游憩活动日渐浓厚的兴趣，以及未来经济发展可能面临的压力，更好地监督这些服务。“保护区域与文化遗产”的权重是“游憩”的两倍，是首要的衡量领域。



寻找的足迹 © LIUXINZHONG

4. 治理与利益相关方：指标与子指标结果

“淡水健康指数”的“治理与利益相关方”要素主要评估人们就水资源做出决策的结构（如监管）和流程。与常规地收集数据和采用常见评估方法的“生态系统活力”与“生态系统服务”要素不同，衡量治理是一个没有标准化方法可用的新兴领域。“治理与利益相关方”还是一种主观性很强的评估议题，也就是说，主观认知和理解是有效的信息来源。为收集此类信息，我们对东江流域的大量利益相关方进行了调查。这些利益相关方主要是熟悉东江流域的治理问题的政府官员（省级和地方官员）和科研学者。应当指出的是，参与调查的利益相关方还强烈建议，以更简单的形式扩大调查范围，让流域内的更多利益相关方参与进来，以充分体现地方（如县级）情况，并提供更多有关流域水治理的重要信息。

将各指标综合，东江流域的“治理与利益相关方”的总得分为56分。这是流域绩效指标中得分最低的指标，考虑到改善水治理是一项全球挑战，这并不奇怪。提高此项分数应成为该流域决策者的一项优先领域，特别是在未来用水需求和气候变化导致的不定性增加的情况下。以下详细评估深入剖析了工作切入点，以及如何改进。

4.1 使能环境

“使能环境”是指为帮助治理和管理淡水资源而制定的政策、法规、市场机制和社会规范。总的来说，使能环境决定了东江流域内受保护的权利和资产（例如，限制从东江取水的总量，以保护生态系统的决定），以及在面对竞争和矛盾时，如何有效管理它们。将以下5个子指标综合后，东江流域“使能环境”的得分为53分。这说明需要进一步改进，并需要国家、区域和本地的利益相关方的共同参与。

4.1.1 水资源管理

“水资源管理”衡量相关机构履行职能的程度，例如，流域内的协调、基础设施的规划与开发、财政资源调动和生态系统保护。“水资源管理”是一项复杂的工作，通常要求许多公共机构和其他利益相关方参与。这些部门之间协调不畅将导致低效、不公平或无效的结果。东江流域的“水资源管理”得分为57分。在“使能环境”指标中，利益相关方为该子指标分配的权重最高，说明它是利益相关方最关注的领域。协调、基础设施开发和财政资源调动的得分较高，生态系统保护的得分较低。因此，对环境保护优先级设置和实施有关的规则与方针进行完善，将进一步强化该流域的水资源全面管理框架。

4.1.2 资源使用权

“资源使用权”衡量水资源及水相关资源使用权的明晰性。清晰、可实施的权利，无论是正式的还是非正式（如共有权利）的，都关系到淡水资源的高效利用，以及资源在流域内的公平分配。东江流域的“资源使用权”得分为57分。在不同类别的规则中，利益相关方给水污染和土地利用相关的规则打出的分数最低，而与水资源利用、分配和渔业有关的规则得分相对较高。应该指出的是，利益相关方为此项子指标分配的权重较低——不到“水资源管理”的一半，说明它的优先级较低。

4.1.3 激励与监管

“激励与监管”是指不同管理工具（如环境影响评估或财务激励）的可用性，利用它们能鼓励对水资源和相关环境资源产生最少负面影响的人类活动。原则上，更加丰富的有效管理工具，可提高解决方案设计的灵活性，从而更高效地做出响应。东江流域“激励与监管”的得分为47分，它是“使能环境”指标中分数最低的指标。这说明目前流域的水资源管理主要采用的是自上而下的监管方法。“环境影响评估”和“土地利用分区”的得分高于“财务激励”、“市场化机制”和“荣誉表彰计划”的得分。虽然监管机制能有效保护流域的资源，但东江流域可考虑采用的其他工具（上游社区的生态系统补偿机制和可交易的水权）能提供更多灵活性，并能够创造一种更公平高效的机制。

4.1.4 财务能力

“财务能力”衡量用于支持水资源开发和保护的必要投资水平。水资源基础设施（如大坝、处理厂）的建设成本较高，但可通过采用经济手段（如水的定价或排污费），让消费者或用户（包括个人和企业）帮助抵消这些成本，或为其他措施提供资金。可能需要公共投资确保提供足够的资金，以保护和修复自然资源、生态系统。由于难以获取预算数据，我们没有评估东江流域的“财务能力”。

4.1.5 技术能力

“技术能力”是指，为履行与水资源管理有关的技术职能（不一定是相关应用技术的水平），劳动力的人数、技能水平和培训机会等水平。即使有足够的“财务能力”，技术能力（如环境工程）的短缺也会阻碍水资源的有效、可持续开发。“技术能力”是该指标中单项得分最高(59)的指标，与劳动力人数和技能水平相比，培训机会的得分较低。随着新兴的热点问题（如气候变化）对技术人员需求的不断增加，提高培训机会愈发重要。但在该指标中，利益相关方为“技术能力”分配的权重最低，说明与提高“财务能力”（权重高出50%）相比，它的优先级较低。

4.2 利益相关方参与度

“利益相关方参与度”评估流域内的利益相关方的所有互动方式，以及与这些互动有关的透明度和可靠性。虽然全球范围内的“利益相关方参与”以不同方式进行，但它通常被视为优良水治理的一个重要原则，以确保考虑所有重点问题，再做出重大决策，从而避免潜在冲突，并确保利益的公平分配。“利益相关方参与”指标可细分为“信息获取”和“参与决策过程”两个子指标。东江流域“利益相关方参与”的总得分是47分，它是得分最低的主指标。利益相关方为此指标分配了最低的权重，说明其重要性只有“有效性”指标的一半。

4.2.1 信息获取

“信息获取”衡量了水量、水质、资源管理和开发的相关数据的可获得程度。在某些情况下，即使进行了规律性的数据手机，可如果感兴趣的利益相关方无法获取数据用于研究或分析，决策的透明度就会大打折扣。获取数据还有助于社区督促决策者承担责任（例如，确定特定政策或项目是否能够产生预期收益）。东江流域“信息获取”的得分是50分。这说明利益相关方对获取流域水资源管理相关信息的满意度在50%左右。信息透明度（获取方式）的得分最低，信息应用（决策者规律性使用所有可用信息）的得分最高。

4.2.2 参与决策过程

此项子指标衡量利益相关方参与决策过程的范围，以及他们在决策和规划过程中的影响力。虽然有不同级别的“适当”参与，但更广泛的参与，通常与信息传输改善、更有针对性和更公平的计划和政策、透明度和问责制提高，以及矛盾降低有关。东江流域“参与决策过程”的得分为44分，它是“治理与利益相关方”要素中得分最低的子指标。“利益相关方告知”、“决策前提供意见的能力”，以及“对利益相关方输入的响应性”的得分大致相等。但利益相关方为它分配的权重了比“信息获取”的低约20%，说明在该流域或在全中国，利益相关方的积极参与并非一个普遍特征。

4.3 愿景与适应性治理

该指标衡量收集和解读信息，随后使用这些信息制定流域政策和计划，以适应不断变化的环境的能力。有效的水资源管理需要灵活和整合的治理模式，以应对迅速变化的流域情况，以及与气候变化有关的不确定性和其他新挑战。因此，战略规划是此项子指标的一个重要方面，但实行的监测和学习机制能确保随环境变化更新和调整战略规划，同样重要。东江流域的“愿景与适应性治理”的得分是59分，它是“治理与利益相关方”要素中得分最高的主指标，但仍属于需要投入的领域。

4.3.1 战略规划与适应性管理

此项子指标衡量流域内的全面战略规划（即关于土地/水资源利用和基础设施开发）的程度。确定全面计划、明确定义的目标和长期资源开发重点，有助于建立可持续满足淡水需求的愿景。但更重要的是，这些计划必须能随环境变化或信息更新进行及时调整。东江流域“战略规划与适应性管理”的得分是60分，它是“治理与利益相关方”要素中得分最高的子指标。其中，“发展共同愿景和战略规划”的得分比“适应性管理框架”高出20%左右，说明环境适应能力是最需要提高的领域。值得注意的是，利益相关方为此项子指标分配了较高的权重，认为其重要性是“监测与学习机制”的两倍。

4.3.2 监测与学习机制

此项子指标是指流域内水资源的物理、化学和生物监测的质量和应用程序，其目的是引导政策和规划过程。水资源管理的决策最好是依据可靠的数据和信息，但这需要收集这类信息，并让决策者理解它们。东江流域此项子指标的得分为58分。水量监测（如径流和流量）的得分最高（70），生物与生态监测的得分最低（42）。得分差异也体现在，东江流域生物多样性缺少官方的本地数据，需要依赖“生态系统活力”中的“生物多样性”指标的全球监测数据。



4.4 有效性

有效性是指水政策和水投资决策的执行结果：它们达到了预期效果吗？在全球范围内，在政策与实践之间，和基于复杂决策的预期与实际结果之间，都往往存在差距。此项主指标及其子指标旨在评估决策是否取得了预期的效果。东江流域的此项子指标得分是54分，说明政策与实践之间的这种差距，有进一步缩小的空间。在“治理与利益相关方”的所有指标中，利益相关方为的此项指标分配了最高的权重，说明他们注重看到实际结果。

4.4.1 执行与遵规

此项子指标衡量执法遵规的力度。“执行缺口”能够体现监管能力不足或缺乏问责制，这些都会破坏法律和政策的有效性。东江流域“执行与遵规”的得分是60分，它是该指标中分数最高的子指标。此项子指标还是该指标中权重最高的子指标，说明利益相关方认为其重要性是“（水资源相关的）利益分配”的两倍。在这些指标中，“用水（地表水和地下水）监管”和“流量指南”的得分最高，而“水质监管”、“用水效率”和“影响水系的土地利用”的得分较低。

4.4.2 利益分配

“利益分配”是指与水资源管理有关的决策的影响，应特别重视社会各群体：农村人口、城市人口、外来务工者和没有本地户口的居民、以及资源依赖型行业从业人员（如渔民）。与水有关的生态系统服务在流域内分配不均，所以必须采取行动（如建设水库和给水管网），以确保资源的公平分配。东江流域此项子指标的得分是50分。城市居民的得分相对较高，资源依赖型社区的得分最低，其他群体的得分介于二者之间。这种感知差异还有地理原因，由于大部分城市人口集中于流域下游的珠三角区域，而农村人口和资源依赖型社区住在更上游的地区，促进“生态补偿”机制的探讨，能够让上游居民从健康的东江流域获得更多的福祉。研讨会的参与者建议与更多的利益相关方一起评估这一特定的主题，更准确地阐释流域如何充分满足人们的需求。

4.4.3 与水有关的矛盾

当各方为稀缺资源（如水资源）展开竞争时，利益相关方之间的关系会变得紧张。紧张的关系上升到法律纠纷甚至暴力冲突后，会阻碍共识的达成，进而延误或妨碍流域内的相关方做出的决策。在这里，我们只考虑与水量分配、水资源可得性、污染、引水或基础设施开发有关的矛盾。东江流域“与水有关的矛盾”的得分是48分，它是“有效性”指标中得分最低的子指标。水质矛盾和下游负面影响的极低得分(32)拉低了指标分数，说明应将“解决东江流域的水质矛盾”作为优先解决的问题，而与水量、水权、水资源可及性和基础设施选址有关的矛盾并不显著。

5. 结论

东江流域的评估结果大体符合预期，其中“生态系统服务”的得分说明其健康状态良好，而“生态系统活力”和“治理与利益相关方”的得分较低。“生态系统活力”的得分属于中等偏低，说明人类需求的满足是以当地生态环境为代价的，这种健康状况可能带来可以接受的平衡，也可能引发当地居民改善生态环境的要求。目前，该流域的水治理一直在不断革新，随着“河长”的任命和河长制的持续推广，流域内水治理将取得新的进展。响应流域内不断变化的需求（城市人口增长、农业结构调整、产业转移）和应对气候变化将充满挑战。例如，人们对城市取水点附近水质的日益关注，表明应进一步整合流域的水量和水质监测，同时有必要加强地方和跨省参与。

在“调节与支持”服务中，“水质”的权重最高，说明利益相关方关注流域内不断恶化的水质，地方政府²对此十分重视，建立了更多的监测站，并实行了“污染者付费”的制度。虽然“水质”指标表明供人类饮用的水资源的健康处于中等状态，但大肠杆菌的水平超出所有4个监测站的阈值，这是城市垃圾无序排放的结果。随着中游地区的工业化发展，气候变化导致流域的水污染问题加剧，相关方需要进一步关注水质监测和标准制定。

三个要素中“治理与利益相关方”内的指标得分最低，所有子指标的得分都不到60分，说明这是东江流域需要优先关注的领域。流域内的相关方正在讨论新的机制安排，例如上游环境管理补偿，但在建立新机制前，需要解决基本的治理问题。指标的权重表明，利益相关方认为结果（“有效性”）的重要性是“利益相关方参与”的两倍。因此，与“矛盾”（48）相比，“信息获取”（50）和“参与决策过程”（44）的低分可能相对次要。“矛盾”的低分表明流域内的水质和水量引起的日益紧张的状态。利益相关方重视“有效性”还表明，各方对理解执行缺口的关注，特别是地方层面的治理。建议在流域内对水治理进行更加本地化的评估，这有助于识别政策实施滞后的领域。

评估还强调了关于深入分析或数据收集的需要。虽然各利益相关方主要依赖地表水满足需求，但在流域内的某些地区，地下水的抽取量在不断增加，所以地下水监测为一项关键的数据缺口，它对满足未来的用水需求越来越重要。如果没有关于地下水可用量、使用情况和水质的可靠数据，总体评估就不完整。

虽然东江流域的生物种群不像珠江其他区域那样丰富，但本地的生物多样性监测将有助于防止物种丧失的加剧。值得注意的是，目前的水量分配包括环境流量，但这些最低流量要求很少考虑生态需求，而主要考虑防止珠三角的海水倒灌。这显示了另一个知识缺口：对河流系统的生态健康状态进行生态监测，并将这种状态与资源管理问题相联系。目前的水量分配限制可能需要重新调配，以维护流域内的关键自然流量。

“洪水与泥沙调控”的子指标得分强调了河流基础设施开发的利益权衡的重要性。洪水是东江流域过去常见的自然灾害，但下游河段的开渠和水库蓄水已使洪灾风险大幅降低。然而这些工程影响了河流系统的泥沙动态变化规律，此外，该流域的城市化加剧还增加了河岸疏浚的频率，以供应砾石和相关建筑材料。这与河床水位下降有关，还可能导致防洪堤的弱化³。应该持续监测这些过程，以更明确地权衡利弊。

改善流域的水治理具有重要意义，所以应根据水资源管理部门的建议预算与实际拨款之间的差距识别财政需求。同时，对财务能力的评估不仅应涵盖基础设施需求（供水发展、给水管网和污水处理），还要加大对生态系统保护和复原的投资，同时加大监测和执行力度。

流域内的利益相关方对通过情形分析探索未来变化表现出浓厚的兴趣，能够充分理解、模拟和讨论流域健康的趋势。这些情形包括未来经济发展（加快城市化进程，促进产业向惠州和河源上游地区的转移），同时气候变化将在该流域带来更频繁的极端天气事件（如洪水和干旱）。因此，下一步工作应同利益相关方描绘详细的情形，并利用一组水文、质量、水力、土壤流失和分配模型为这些情形建模，以评估特定“生态系统活力”和“生态系统服务”要素相对于初始基准评估的变化。这有助于利益相关方权衡利弊，预测决策带来的连锁结果，同时帮助各方制定改善东江健康的目标。

尾注

- 1 Yang, L. E., 等(2016)。《华南东江流域的气候变化、水资源管理和利益相关方分析》。摘自《国际水资源开发杂志》：第1-26页。
- 2 Lee, F.和T. Moss (2014)。《空间适应与水政治：东江流域的不对称性管理》。摘自《国际流域管理杂志》12(4)：第329-339页。
- 3 Liu, Huaixiang、Yongjun Lu和Zhaoyin Wang (2012)，《东江排水区淹没分析的GIS方法》。摘自《Procedia环境科学12》(ICESE 2011)：1063 - 70. doi:10.1016/j.proenv.2012.01.388。

附录：选择指标的计算方法

《淡水健康指数用户手册》完整记录了“淡水健康指数”的计算方法，用户登录网站（freshwaterhealthindex.org）即可访问手册。以下详细阐释了编制东江流域评估报告采用的方法和数据源。

生态系统活力

天然径流的管理

利用“修正年度流量偏差指标”（AAPFD）[Gehrke等1995；Gippel等2011]，将4个监测站（龙川、岭下、蓝塘和博罗）提供的2001-2010年的流量数据，与华南理工大学提供的建模流量数据（模拟“自然”条件）进行对比。AAPFD给出了分数，数字越大，说明改造程度越高。此分数转化和调整至0-100的范围，100分表示与自然流态无偏差。根据年平均流量，流域流量与自然流态的偏差是4个监测站得分的加权算术平均数。

水质

其评估依据是四种水质参数的监测水平，这些参数对淡水生态系统的“优良”生态健康至关重要。它们是：悬浮固体总量（TSS）、总磷（TS）、总氮（TN），其中溶解氧（DO）是主要关注的指标。阈值源于卫生部制定的《环境水质标准第三类》；除TSS外，所有参数都有规定阈值，我们利用历史标准得出TSS的阈值。采用修改的《CCMW水质指数》（CCMW WQI）方法[加拿大环境部长理事会，2001年]，将2个监测站提供的5年（2010-2014）抽样水质数据与阈值进行比较。该指数包括3个要素：范围——不符合水质目标的变量数量；频率——未达到这些目标的次数；幅度——不符合目标的数量。该指数可生成0（水质最差）到100（水质最优）之间的分数，我们将它用作淡水健康指数的分数。

河岸改造

利用查看卫星图像获取的数据评估河岸区域的河网开渠和土地利用改造。为每个子流域分配一个0（河岸走廊无明显改造）到1（几乎所有河岸走廊都已改造）之间的分数。流域分数是子流域分数的加权几何平均数，它采用河网长度作为权重。

水系连通性

采用“树状连通性指数”（DCI）[Cote等，2009年]评估大坝导致的河道破碎化。我们假设流域内所有大坝在两个方向对鱼类的通过性为零。然后根据与河网总长相比的河流分段长度（即两个障碍之间畅通无阻的网络）计算DCI。

土地覆盖的自然度

我们采用2010年的《全球30米地表覆盖数据》（GlobeLand30）提供的数据，具体请访问<http://glc30.tianditu.com>。根据以下标准，为土地覆盖类型分配了0-100之间的分数：自然状态程度、人类为保持这种土地覆盖对水循环的管理程度、污染排放程度，以及植被特征。然后根据每个像素（30米分辨率）计算自然状态，它们的平均值就是流域的此项指标得分。再计算子流域（水流域水平08）的区域统计指标，以阐释流域内的变化。

生态系统服务

供水可靠性

“供水可靠性”比较了东江流域不同部门和行动者的淡水需求与供给。根据东江流域管理局为每个城市/区县分配的水量评估供给，根据各部门（工业、农业、城市、生态）在2010-2015年的实际取水信息评估需求。指标采用了区域、频率和供水与需求之间的差异信息，评估此指标的分数；数值范围在0（可靠性低）到100（可靠性高）之间。

泥沙调控

土壤侵蚀和泥沙输移都是受降雨径流和河流流量调控的过程。目前，尚未对水库和渠内侵蚀、挖掘活动（采矿/疏浚）和沉积活动夹带的泥沙进行评估。但Lai等人（2016年）已对土地覆盖变化导致的侵蚀风险变化建模，并将它用于计算指标。中国水利部规定的二级（轻度侵蚀）平均侵蚀率（15吨/公顷/年）可作为阈值，以评估超出此阈值的流域地区、超标频率，以及建模土壤侵蚀的超标量。

水质调控

2009-2016年，在4个监测站（博罗、河源、岭下、下村）测量了与人类使用有关的9种水质参数（溶解氧、BOD-5、NH₄-N、COD、锌、铜、铅、镉、大肠杆菌）。将这些数据与卫生部确定的二类水阈值进行对比，以计算指数，评估阈值超标的监测站、超标频率和超标量。

洪水调控

2011-2015年，对流域内的12个监测点（博罗、东莞、高普、挂影洲、海西、河源、惠州、马安、Sijie、石龙、石马河、潼湖、Zengbo）进行洪灾评估，并利用结果评估流域内发生洪灾的地方及发生的频率。

治理与利益相关方

以定性方式确定“治理与利益相关方”指标的分数，并采用专门的调查方法得出结果，这种方法是包含49个问题的问卷调查（采用李克特式5分制）（<https://www.diaochapai.com/survey2482012>），2016年，在中国举行的首次利益相关方研讨会上，我们向与会人员发放了这份问卷。一共有32名与会者参与了调查，他们是地方政府、省政府和中央政府、科研机构、工商业界和公民社会的代表。在“模块”内计算了平均分，其中每个模块都与子指标有关，并包括3-6个问题。这些平均分（在1-5之间）随后调整为0-100之间。

权重分析

采用二级层次分析法得出利益相关方为“生态系统服务”和“治理与利益相关方”要素分配的主指标和子指标权重。我们请32名与会者进行一系列的成对比较（例如，你认为“供水”和“像鱼一样的生物质”哪个更重要？），然后评估他们的偏好程度。然后使用BPMSG AHP在线系统（<http://bpmsg.com/academic/ahp.php>）中的平衡量表计算数值权重，再将此指标的平均值用作最终权重。在合并子指标与主指标分数，以及合并主指标和要素分数时，应用这些权重。

参考文献

加拿大环境部长理事会（CCME），2001年。《针对水生生物保护的加拿大水质指导原则：CCME水质指数1.0用户手册》。摘自：《加拿大环境质量指导原则》（1999年）加拿大环境部长理事会，温尼伯。

Cote D、Kehler DG、Bourne C和Wiersma YF，2009年。《河流网络纵向连通性的最新测量标准》。《景观生态学》24(1):101-113。

Gehrke P、Brown P、Schiller CB、Moffatt DB和Bruce A，1995年。《澳大利亚墨累-达令流域的河流调节与鱼类群落》、《河流治理：研究与管理》5:181 - 198。

Gippel、C.J.、Zhang, Y.、Qu, X.、Kong, W.、Dond, N.R.、Jiang, X.和Liu, W. 2011。《中国的河流健康评估：水文健康指标的比较与发展》。《ACEDP澳中环境发展伙伴关系》、《中国的河流健康与环境流量》。中国环境科学研究院、珠江水利委员会和国际水研究中心（布里斯班），9月。

Lai, C.、Wang, Z.、Chen, X.、Xu, C.Y.、Yang, B.、Meng, Q.和Huang, B., 2016。《土地覆盖变化对流域土壤侵蚀影响的评估程序》。摘自《水文研究》，47(5)，第903-918页。



馮
氏

經 綸 慈 善 基 金 有 限 公 司
VICTOR AND WILLIAM FUNG FOUNDATION LTD



CONSERVATION
INTERNATIONAL

