

回写缺失与增长泡沫：SDE 新典范经济发生学

二重回写、代偿增长、发生土壤账户与可证伪研究纲领（修订稿）

王德生 著 · SDE 经济学频道之1 · 2026年7月29日

摘要 现代经济的核心悖论，并不只是增长为何时快时慢，而是增长为何能够在成功中制造自己的失败条件。计划体制可以在短期内迅速形成工业、军事与组织结构，市场体制也可以借助信用、创新与资产定价形成繁荣；然而，当已经显露的成果不能反向修复其赖以发生的自然、人力与社会条件，增长便从创造转化为对生成土壤的变现。本文以 SDE 发生学为理论基础，将经济过程表述为「在特征纠缠土壤 E 中，经差异序列 D，成显露结构 S」，并提出：成熟经济发生不是单向的 $E \rightarrow D \rightarrow S$ ，而是包含结构对土壤的回写与结构对路径的回写两类逆向机制的动态闭环。本文修订稿的中心贡献，是把一个此前只作为分类表一行存在的类型提升为独立命名的发生类型：**代偿增长**——修复支出持续上升、土壤存量读数接近持平、而路径的单位损耗强度并未下降的增长状态。本文论证，代偿增长不是可持续增长的低配版本，而是现有一切以「存量是否被补偿」为判据的核算体系在结构上无法辨识的独立类型；其危险不随修复支出的增加而下降，在一段可界定的区间内反而随之上升。本文称该区间为**代偿陷阱**，称其终结方式为**失代偿**。这一判断可以在不依赖任何数据的情况下先行证明。调整后净储蓄与综合财富核算的判据都是净额，而**净额对总流量不变**：两个净额相同、总流量相差四倍的经济体，其不可逆积累、路径锁定与修复能力消耗相差四倍，而账本读数完全相同。这不是测量精度问题，而是量纲问题——这些体系的定义式中根本不含差异序列 D 的任何项，因此没有任何数据能让它们看见路径是否纠缠。本文据此提出发生土壤账户，并给出有效生成能力函数 $C(E,D)$ 的显式构造，使估值—土壤裂隙从一个概念转为可计算量。本文进一步把回写论与其最近的竞争者——搁浅资产与碳泡沫理论——划清边界：后者的负债在前方（未来监管使资产减值），前者的负债在脚下（当期利润本身来自未偿义务）。二者时间方向相反，因而给出可分离的预测。本文写在一次已经失败的检验之后：以调整后净储蓄为代理的跨国回归未能支持回写论的第一条预测，本文不撤销这一失败，并指出该失败与本节的构造性论证互为表里——净额代理在构造上无法分开代偿态与厚土态。本文最后给出七项可检验假设，其中 H6 与 H7 是判决性的：回写论预测修复支出与危机烈度的关系非单调，且该关系的符号在路径回写弹性高低两组样本之间翻转。任何现有可持续性框架都不作此预测。若数据显示该关系单调，本文的核心主张即被推翻。

关键词：SDE 经济发生学；回写缺失；二重回写；代偿增长；代偿陷阱；发生土壤账户；有效生成能力；增长泡沫

一、问题的提出：成功为什么会成为危机的原料

二十世纪以来，经济学形成了极其丰富的增长、周期、危机与制度理论，却仍反复面对一个难以被单一学派充分解释的事实：许多系统并非在一开始就失败，而是在最具说服力的成功之后进入脆化。高速工业化可以留下产能过剩、生态退化和组织僵化；持续金融深化可以留下家庭高杠杆、资产价格脱离收入基础和银行体系的相关性暴露；平台创新可以带来交易效率，也可以压缩劳动者再生产时间、侵蚀地方商业网络并将风险推迟到公共系统。危机并不总从没有发展中产生，它经常从一种只会向前结算、不会向后修复的发展中产生。

传统解释通常沿三条路径展开。第一条是配置路径：计划失败源于价格信号缺失、信息过载或激励扭曲，市场失败源于外部性、垄断和信息不对称。第二条是金融路径：危机源于信贷扩张、期限错配、杠杆积累和风险定价偏差。第三条是政治路径：短期考核、利益集团和权力不对称使成本被转嫁给没有议价能力的群体与未来世代。这些解释都抓住了实在的机制，却大多把自然、人力和社会条件作为外生约束，或把它们压缩成增长模型中的一个资本存量、一个偏好参数或一个制度质量控制变量。因而，经济学能够解释火是怎样烧大的，却未必解释为什么同样的火落在不同厚度的土壤上，会产生完全不同的系统后果。

本文将回写缺失界定为跨制度的共同病理，并把计划经济中的强制征用与金融资本主义中的定价抽取置于同一发生学镜头：前者可能征收生成条件而不反哺，后者可能资本化生成条件而不繁育；两者表面制度相反，却都可能把新增结构当作成功的充分证明。本文的核心命题是：增长成果若不能反向修复增长条件，成功将成为下一轮崩坏的原料。

这一命题不同于「增长必然破坏环境」，也不同于「信用扩张必然导致危机」。回写不是把一切资源恢复到过去状态，也不是要求每一单位产出都原样补回。经济活动不可避免地改变环境、技术、组织和偏好，许多旧条件也不值得保存。回写的含义是：新显露结构必须承担重建下一轮发生条件的责任，包括修复不可替代的损耗、创造新的承载能力、纠正已经被结果证明无效的路径。它是一种面向未来的生成条件重构，而不是面向过去的静态复原。

1.1 本次修订要回答的那个反问

初稿发表后，最有力的反驳并非来自可持续发展研究，而来自一个更朴素的追问：**如果一个经济体在增加修复支出，它到底还有什么问题？**调整后净储蓄会显示它没有净损耗，综合财富核算会显示它的资本总量没有下降，环境经济核算会显示它的生态状态大体持平。此时说它在积累回写债，看起来像是在一个读数正常的系统上强加一层无法被证伪的忧虑。

本文修订稿的全部重量压在对这一反问的正面回答上。答案是：**这些账本读数正常，不是因为系统健康，而是因为这些账本在构造上不能让它们看见问题的那一项。**它们全都以净额为判据，而净额对总流量不变；它们全都以存量为对象，而路径不是存量。一个经济体可以在损耗与修复同步放大四倍的情况下保持所有净额指标不变，同时把不可逆积累、路径锁定与修复能力消耗放大四倍。这个状态在既有分类里没有名字，因为没有一个是既有账本能把它与健康状态区分开。

本文给它一个名字：**代偿增长**。并且论证，把它命名出来之后，会立即得到一条既有框架不会给出、也不能容纳的预测：**危机风险不是修复支出的单调递减函数**。存在一段可界定的区间，在其中增加修复支出会提高而不是降低系统脆弱性。这条预测既是本文最锋利的部分，也是本文最容易被数据杀死的部分。

1.2 中心命题与四次转换

本文的中心命题可以写为：当显露结构的扩张速度持续高于生成条件的回写速度时，增长将积累回写债；当信用与资产定价把这笔尚未确认的负债资本化为当期价值时，回写债转化为发生泡沫。

要把这一命题建成可研究的经济发生学，必须完成四次转换：从修辞性循环转换为严格的状态方程；从对黑格尔、马克思的单向批判转换为有文本依据的哲学区分；从含义混杂的综合比率转换为分层、非完全可替代的账户体系；从未经验证的阈值与倍数转换为可预注册、可复制、可被否定的经验研究方案。本文据此建立理论—测量—检验—治理的完整框架。

本文所说的新典范，不在于为可持续发展更换一个名称，而在于改变经济学的基本研究单位与成功判据。传统增长核算以产出流量或资本存量为中心；SDE 经济发生学以土壤—路径—结构的复合发生体为中心。传统政策评估主要问一项措施产生了多少结果；SDE 评估还要问，这些结果如何改写了生成结果的条件和路径。传统泡沫理论主要研究价格、信用与预期的偏离；本文进一步研究这种偏离是否建立在被隐去的自然、人力和社会负债之上。由此，经济学从资源如何配置扩展为发生如何完成，从结构如何增长扩展为增长如何回写自己的来处。

二、相关研究与理论空缺

2.1 从 GDP 到综合财富：已有核算为何仍不足以构成回写理论

从索洛增长模型到内生技术变化理论，现代增长经济学建立了资本积累、技术进步与长期增长的严格分析框架；但以产出和可积累资本为核心的模型，并不自动形成对生成条件承担修复义务的理论。对 GDP 中心主义的批判同样并不新鲜。Stiglitz、Sen 和 Fitoussi 主持的经济绩效与社会进步测量委员会指出，市场产出不能等同于社会福祉，收入、财富分布、生活质量和可持续性必须进入评价体系。世界银行的调整后净储蓄在净储蓄基础上增加教育支出，并扣除固定资本折旧、能源与矿产耗竭、森林损失和污染损害；国家财富的变化系列则将生产资本、自然资本、人力资本和净外国资产纳入综合财富框架；联合国环境规划署的包容性财富研究也以生产资本、人力资本和自然资本衡量跨期发展可能性。Arrow 等人进一步从跨期福利出发论证：若恰当定义的综合财富不能维持，当前收入增长并不能证明发展可持续。联合国环境经济核算体系—生态系统核算则以生态系统范围、状况、服务流和资产为对象，把物理账户与货币账户连接起来。Dasgupta 关于生物多样性经济学的评述把自然明确为一种具有阈值、不可逆性和有限可替代性的资产，而非无穷外部供给。

这些研究与本文高度接近，也意味着把自然资本和人力资本纳入增长账本不能被宣称为本文首次提出。本文的创新不应建立在否认前人成果之上。调整后净储蓄与综合财富主要回答一个存量—流量问题：一个经济体是否通过储蓄和投资补偿了资本耗损；环境经济核算回答环境与经济如何在统一统计框架中关联；Dasgupta 框架回答自然资源为何必须进入经济决策。

本文进一步追问三个尚未被统一回答的问题。第一，增长结果是否会形成制度化的逆向义务，使一部分成果自动用于重建生成条件，而不是依赖事后补救？第二，经济路径是否会根据土壤损耗和结构结果进行纠偏，还是在结果已经暴露问题后仍重复同一差异序列？第三，生成条件的缺失如何与信用扩张、资产估值和危机烈度发生交互，而不仅仅表现为长期福利下降？

第二个问题是本文与全部财富核算传统的分岔口。财富核算的对象是存量，而路径不是存量。一个经济体的差异序列——它选择用什么技术、在什么空间、以什么信贷结构、按什么治理规则去形成新结构——在任何一本资产负债表上都没有对应科目。本文第四节将论证，这一缺项不是遗漏，而是这些体系的判据形式本身决定的必然结果。

2.2 从明斯基到信用泡沫：金融不稳定理论尚缺少土壤变量

明斯基金融不稳定假说揭示了稳定会制造不稳定：在较长的繁荣期内，融资结构会从对冲融资滑向投机融资和庞氏融资，债务承诺越来越依赖资产价格继续上升。Schularick 和 Taylor 基于长期历史数据表明，信贷增长是金融危机的重要领先指标；Jordà、Schularick 和 Taylor 进一步发现，被信贷支撑的资产泡沫比无杠杆泡沫更具破坏性。国际清算银行因而将信贷—GDP 缺口用作系统性银行危机的早期预警指标之一。宏观审慎研究已经清楚说明，危机不是单一货币数量的结果，而与杠杆结构、抵押品价格、偿债负担和跨部门资产负债表相互作用有关。

回写论不应把这些成果贬低为只看火势的表面解释。信用是泡沫传导和危机放大的关键机制，任何试图绕开信用的理论都会失去金融现实。本文的增量问题是：为什么相似的信用冲力，在不同经济体、不同历史阶段会形成不同的损失分布与恢复速度？现有研究通常以监管、银行资本、汇率制度、家庭债务和外部融资作为解释。本文提出，生成土壤的厚度及其回写能力可能是一个被遗漏的调节变量。健康、技能、公共服务、生态承载力、信任和组织协作并非危机之外的社会背景；它们决定收入流能否恢复、抵押品价值能否获得实体支持、风险能否被社区和公共系统吸收，也决定冲击后政策是否具有执行基础。

这种主张必须以增量预测来证明，而不能仅凭宏大叙事。若在控制信用、杠杆和监管后，回写指标既不改变危机概率，也不改变冲击后

的产出、就业与不良贷款路径，那么回写论在金融危机问题上就是冗余的。相反，若回写指标与信用冲击存在稳定交互，并显著改善样本外预测，才说明土壤变量进入了金融不稳定的因果链。

2.3 搁浅资产与碳泡沫：最近的邻居，与必须划清的那一刀

回写论在金融层面最接近的竞争者，不是明斯基，而是搁浅资产与碳泡沫研究。这一支文献主张：化石燃料储量与相关基础设施的当前估值，建立在这些储量将被完全开采的假设上；一旦气候政策收紧、碳定价落地或低碳技术成本下降，这些资产将在预期寿命之前失去经济价值，其减值可能通过银行、保险与养老金体系传导为系统性风险。Carbon Tracker 的未燃碳预算测算、Caldecott 等人关于搁浅资产的框架、Battiston 等人的气候压力测试网络模型，以及各国央行绿色金融网络的转型风险情景，都属于这一脉。

初稿没有引用这一支，是一处需要纠正的疏漏。它与本文共享一个结构：一部分资产价值建立在未被入账的环境负债之上。若不划清边界，回写论关于「未确认负债被资本化」的主张会被合理地判为对这一既有命题的换名重述。

分界线是清楚的，而且是**时间方向**上的。

搁浅资产理论中，负债在**前方**。资产今天是值钱的，其现金流在当前制度下是实在的；危险来自未来某个政策或技术事件，该事件会使资产提前失效。机制是转型风险，因果箭头从未来指向现在，估值修正的触发者是监管者或技术。因此其核心预测是：**减值发生在政策收紧时；政策不收紧，减值就不发生**。这也是为什么这一支文献的政策含义是「披露转型风险、做情景压力测试、让市场提前定价」——只要预期被正确定价，问题就在很大程度上被解决。

回写论中，负债在**脚下**。它主张的不是未来某天这笔利润会消失，而是**这笔利润此刻就已经不完整**：观察到的利润高于承担完整回写义务后的利润，差额来自当期已经发生、只是没有被任何账户确认的自然、人力与社会损耗。因果箭头从现在指向未来，触发者不是监管者，而是损耗本身达到承载极限。因此其核心预测是：**减值幅度随累积回写债增加，即使监管一直不变**。政策不收紧，不等于负债不存在；只等于负债继续在账外复利。

由此得到两条可分离的经验含义。第一，在监管环境长期稳定的样本中，搁浅资产理论预测未定价环境风险与资产减值无系统关联，回写论预测二者仍有关联，且通过实体渠道（收入恢复能力、公共财政承受力、劳动供给）而非预期渠道传导。第二，搁浅资产是**单维**的：它几乎全部关于气候与化石能源，其风险敞口按碳强度排序。回写论覆盖自然、人力与社会三类土壤，并预测**人力与社会土壤的回写缺口具有独立于自然维度的解释力**。若数据显示回写指标的全部解释力都能被碳强度吸收，则本文在金融层面确实只是碳泡沫理论的一次冗余扩写。这是一个明确的失败条件。

第三条差别关乎政策方向，且最容易被检验。搁浅资产的处方是**披露**：把未来风险纳入定价，市场自会调整。回写论的处方是**归属**：披露不产生债权人。一笔损耗被完整地披露出来，而没有任何主体对它负有修复义务，那么它在账面上被看见，在制度上仍然无人偿还。本文第七节的责任归因结构正是为回答这一点而设。

2.4 代谢断裂、韧性与社会资本：回写思想的三个重要近邻

马克思在《资本论》中已经指出，资本主义农业的发展会同时耗损劳动者与土壤，并讨论城乡分离对人和自然物质代谢的破坏。Foster 以代谢断裂概括这一理论传统，强调资本积累如何切断养分、物质和社会再生产的循环。生态经济学、社会—生态系统研究和韧性理论则表明，系统能否持续存在不仅取决于均衡附近的效率，还取决于吸收冲击、适应和转型的能力。Holling 区分稳定性与韧性，指出追求单一最优产出可能降低系统面对扰动时的存续能力；后续研究进一步把适应性性与可转型性纳入治理。

社会资本研究同样提示，信任、规范和关系网络具有生产性。Coleman 把社会资本理解为存在于行动者关系结构中的资源，Putnam 则讨论公民网络、信任和制度绩效的关联。人力资本理论与世界银行人力资本指数强调健康、教育和技能对未来生产能力的塑造。这些文献说明，自然、人力和社会条件并非消费性软价值，而是经济发生的实在基础。

然而，三个传统仍相对分离。代谢断裂主要聚焦资本主义与自然，韧性研究强调复杂系统和阈值，社会资本与人力资本研究关注关系和能力；金融危机研究则主要在信用与资产负债表内部建模。本文试图以 SDE 三元结构把这些近邻连接起来：自然、人力与社会条件共同构成 E，技术—投资—信贷—治理构成 D，产出—制度—资产—知识构成 S；回写则把代谢修复、能力再生产、信任重建、路径学习和金融稳定放入同一动态模型。

韧性理论是其中与本文距离最近的一支，也最值得说明差别。韧性研究已经指出，系统可能在维持功能的同时丧失适应能力，这与本文的代偿增长概念方向一致。差别在两处：韧性理论一般不把这一状态与**核算体系的构造**联系起来，因而不追问为什么现有账本看不见它；也一般不把它与**信用资本化**联系起来，因而不预测它如何转化为金融脆弱性。本文的增量正在这两处接口上。

2.5 文献位置：不是重复可持续发展，而是建立发生闭环

理论传统	核心对象	已有贡献	本文所补充的空缺
增长与资本理论	产出、资本、技术	解释长期增长与要素积累	将路径 D 和土壤 E 视为可相互回写的内生状态
调整后净储蓄与综合财富	多类资本存量	把自然、人力资本纳入财富核算	指出净额判据对总流量不变，故对代偿增长结构性失明
搁浅资产与碳泡沫	转型风险、资产减值	揭示未定价气候负债进入估值	负债在脚下而非前方；覆盖三类土壤而非一类；处方是归属而非披露
代谢断裂与生态经济学	社会—自然物质交换	揭示资本积累对自然基础的破坏	扩展到自然、人力、社会三类土壤及跨制度比较
明斯基与信用周期	融资结构、杠杆、资产价格	解释稳定如何内生出金融不稳定	引入回写债与土壤厚度作为信用冲击的调节变量
韧性 with 复杂系统	吸收、适应、转型	强调非线性、阈值与多稳态	把适应能力丧失接到核算构造与信用资本化两个接口上
SDE 经济发生学	发生复合体	统一成果、路径与条件	建立二重回写、发生土壤账户与代偿增长的可证伪判据

三、哲学基座的校正：回返产生什么，回写产生谁

本节要完成的不是思想史致敬，而是一件具体的论证工作：说明**回写债为什么必须有归属主体**。第七节的责任归因结构、第十节的回写财政规则，都建立在这一点上；若这一点不成立，回写论就会退回成一句「社会应当更负责任」的道德劝告。这也是本节存在的理由——删掉它，第七节的受益—负担一致原则就失去论证基础。

3.1 黑格尔并非没有循环：问题是循环的对象不同

把黑格尔辩证法概括为正题—反题—合题的单向传送带，会制造一个过于容易攻击的对象。《逻辑学》中的方法并非简单把冲突结算成更高阶段后抛弃前提；黑格尔明确把科学描述为返回自身的圆环，并强调每个环节在返回开端时又成为新环节的开端。绝对理念的运动包含外化、否定、扬弃和自我返回。因此，严谨的回写论不能宣称黑格尔完全没有返回。

差异在于返回的对象与责任结构。黑格尔的回返首先是概念性的：概念在他者中认出自身，对立被保留并扬弃于更具体的统一。它回答思想如何在否定中成为自身。经济发生所要求的回写则是条件性的和制度性的：一个已经形成的结构必须把资源、权利、信息和学习反馈到使其发生的自然、人力与社会条件中，并根据结果改变下一轮路径。它回答成果如何承担对其生成条件的义务。

这个差异有一个可以直接推出的后果，也是本节对全文的承重之处：

概念回返不产生债权人，物质回写产生债权人。

概念在返回中与自身和解，不需要任何一方向另一方交付什么；返回是自足的。而条件回写涉及的是被实际耗损的东西——一片流域、一代人的健康、一个社区的协作能力。这些东西的损耗有承受者。只要有承受者，回写就不是一种可选的高尚姿态，而是一项有对手方的义务。有对手方，就必须能追问：谁欠、欠多少、何时偿还、不偿还由谁承担。

这就是为什么本文坚持把回写债写成一个带下标、有归属、可累积、可偿还的量，而不是一个形容词。也是为什么本文对搁浅资产理论的处方分歧落在归属而非披露上：披露改变的是信息，归属改变的是义务。概念能够在逻辑上返回自身，并不自动产生生态修复预算、劳动者健康保障、社区信任重建或信贷路径纠偏。

因此，本文不把回写缺失归结为黑格尔哲学的错误，而把它理解为一种跨域迁移中的丢失：当辩证法的生成语法被选择性地转译为治理和发展语言时，「矛盾推动新结构」的前向部分更容易被制度吸收，而「新结构必须重建条件」的物质义务并未由概念回返自动提供。前者可以为过程性思维提供资源，后者则要求把过程落实为可承担、可计量、可追责的经济机制。

3.2 马克思已经看见代谢断裂：本文的推进在于一般化与形式化

把马克思描述为只重视生产关系革命而忽视土壤修复，并不符合文本事实。马克思不仅讨论生产关系与生产力，也明确分析资本主义对劳动者生命条件和土地肥力的耗损；在讨论社会化生产时，他还提出联合起来的生产者应以合理方式调节人与自然之间的物质代谢。社会再生产理论本身也说明，生产不是一次性结算，而要不断再生生产条件和社会关系。

然而，承认这些内容并不消解回写论的独立价值。马克思的代谢分析主要嵌入资本主义生产关系批判，尚未发展为适用于计划、市场、平台和混合体制的统一状态方程；自然代谢、劳动再生产、社会信任和金融路径也没有被组织为一个可共同核算的二重回写体系。更重要的是，历史上以马克思主义名义运行的制度未必把这些生态与再生产洞见转化为强制性的反馈规则。理论文本中的可能性与制度实践中的实际选择不能混同。

SDE 经济发生学对马克思的关系因而不是推翻，而是三重扩展。其一，把代谢对象从人与自然扩展为自然、人力与社会三类生成土壤；其二，把制度范围从资本主义扩展到任何可能以新增结构替代条件修复的增长体制；其三，把批判语言推进为三方程、账户指标和经验假设。马克思揭示资本可能掠夺土壤与劳动者，SDE 进一步提出：任何 S，只要不能回写 E 并纠正 D，都可能把自己的生成条件转化为隐性负债。

3.3 从实践检验真理到实践检验实践

1978 年关于真理标准的讨论把理论是否正确的判决权重新交给社会实践，这在特定历史语境中具有解放意义；改革进程中发展是硬道理的判断又进一步强化了发展成果的现实检验地位。问题不在于实践标准本身，而在于实践被制度化指标时可能发生的压缩。实践原本包含多主体、多时间尺度和多结果反馈，但行政与市场评价偏好即时、可见、可排名的结果，于是实践有效容易被收缩为产出增长，产出增长又容易被收缩为 GDP、利润、融资额、项目数量或资产价格。自然损耗、身心健康、信任衰退和代际负担则因迟滞、分散和难以定价而被推入残差。

因此，本文提出实践检验实践，不是要在实践之上恢复某个不可质疑的理念裁判，而是要把实践检验做完整。一项实践至少要接受三类审计：第一是成果审计，实践产生了什么结构，是否实现公开目标；第二是土壤审计，自然、人力与社会条件是增厚、维持还是被透支；第三是路径审计，结果是否实际改变了下一轮投资、技术、信贷和治理方式。一个项目即使在第一类审计中成功，也可能在第二类中制造负债，在第三类中拒绝学习。只有三类审计共同通过，实践才能被称为成熟成功。

第三类审计是本文修订稿新的重心所在。代偿增长恰恰是那种能够通过前两类审计、却在第三类上停滞的状态：成果在增长，土壤读数不坏，而路径十年未变。如果评估体系只有前两类，这个状态就永远不会被标记出来。

这里必须避免一种未经证明的思想史线性因果：不能简单声称黑格尔导致马克思、马克思导致某一治理口号、口号又直接导致增长泡沫。更准确的说法是，现代制度普遍存在前向结果易见、逆向条件难见的选择性吸收机制；任何强调突破、生产和显效，却没有同时建立回写义务的思想，都可能被这种机制压缩成半循环。回写论批判的不是某一哲学家或某一国家，而是这种跨制度的信息—权力结构。

四、SDE 经济发生学：经济对象从孤立实体转为发生复合体

4.1 三个基本状态：E、D 与 S

SDE 发生学的基本句式是：在 E 中，经 D，成 S。在经济领域，E (Entanglement, 特征纠缠) 不是被动背景，而是多种特征相互纠缠的生成土壤；D (Difference Sequence, 差异序列) 不是单一手段，而是按时间展开、不断选择和排除可能性的差异序列；S (Show, 显露) 则是被社会识别、定价、组织并稳定下来的显露结构。

经济中的 E 至少包含三类。自然土壤 E_N 包括土地、水、气候、生物多样性、能源与生态系统服务；人力土壤 E_H 包括健康、知识、技能、注意力、照护能力和代际再生产；社会土壤 E_C 包括信任、规则可预期性、公共组织能力、社区网络、合法性和冲突调节机制。三类土壤相互纠缠：污染会损害健康，健康恶化会削弱学习和劳动，社会不信任会提高治理成本，治理失效又会加速生态和公共服务退化。

D 包括技术路径、产业路径、投资路径、信用路径、空间路径和治理路径。它具有序列性和不可逆性：一次基础设施选择会锁定能源需求，一轮信贷扩张会改变资产负债表，一种平台规则会重塑劳动和交易网络。S 包括 GDP 与产品，也包括企业组织、城市形态、金融合约、知识体系、法律制度和资产价格。S 之所以重要，是因为它一旦稳定下来，就会重新分配资源与注意力，并反向决定什么样的 E 和 D 能够继续存在。

这里要强调一个后文反复用到的性质：**D 不是存量**。土壤是存量，结构大多也可以计入存量，唯独差异序列不是——它是一个选择规则，一个「下一步往哪走」的函数。这个性质决定了任何以资产负债表为形式的核算体系都无法直接容纳它，也决定了本文第 4.5 节的核心论证。

4.2 SDE 三方方程与完整发生循环

最简形式的三方方程为：

$$S_t = F(D_t, E_t)$$

$$D_{t+1} = H(S_t, E_t)$$

$$E_{t+1} = G(S_t, D_t)$$

第一式描述前向显露：在给定土壤中，差异路径形成结构。第二式描述路径回写：已经显露的结果和土壤状态改变下一轮路径。第三式描述土壤回写：结构与路径共同改变下一轮自然、人力和社会条件。三个方程不是三个独立模块，而是一个相互回写的动态复合体。经济危机往往不是某一变量出错，而是三式之间的耦合断裂。

为了突出损耗与修复，可以把第三式展开为：

$$E_{t+1} = E_t - L(S_t, D_t, E_t) + R(S_t, D_t, \Pi_t)$$

其中 L 是本期发生对土壤造成的耗损, R 是由公共政策、企业责任、家庭投入、技术改善和制度创新形成的有效修复, Π_t 表示决定回写分配的制度规则。若 $R < L$, 土壤净变薄; 若 $R = L$, 系统只是维持; 若 $R > L$, 系统形成净增厚。这里的修复并不等于投入金额, 只有实际改善土壤状态的支出和制度变化才计入有效 R 。

第二式也可展开为:

$$D_{t+1} = D_t + A(S_t - S_t^*, E_t - E_t^*, Q_t; \Omega_t)$$

其中 A 是适应函数, S^* 与 E^* 是目标或安全区间, Q_t 是累积回写债, Ω_t 是权力、信息和组织条件。若系统只对产出偏差响应, 而对土壤偏差不响应, 则路径回写不完整; 若坏结果已经出现, D 仍因既得利益、技术锁定或叙事惯性而重复, 系统便进入路径失写。

4.3 二重回写：土壤回写与路径回写

本文把回写区分为两个通道。

土壤回写 ($S \rightarrow E$)：成果是否补偿损耗、增厚条件并创造新的承载能力。例如, 资源收益是否转化为生态恢复与长期能力, 技术利润是否支持劳动者健康和技能升级, 城市增值是否重建公共空间与社区网络。

路径回写 ($S \rightarrow D$)：成果与副作用是否改变下一轮行动序列。例如, 住房价格上涨是否触发信贷和土地政策调整, 环境损害是否改变产业和技术路线, 公共服务压力是否改变财政结构。

两类回写不能相互替代。一个经济体可能投入大量生态修复资金, 却继续沿高耗损路径扩张; 也可能迅速改变技术路径, 却没有补偿过去累积的健康、信任与生态损失。成熟发生要求既修复 E , 又修正 D 。第一种情况就是本文接下来要单独命名的对象。

回写还具有三个层次。恢复性回写把关键条件恢复到安全区间; 适应性回写提高系统面对变化的吸收与学习能力; 转化性回写在旧条件不可恢复或不值得恢复时, 创造新的 E 与 D 。例如, 煤炭地区的回写不能只把矿区表面复绿, 还应重建就业、技能、财政和社区认同; 这是一种生成性重构, 而非原样复原。

4.4 四类增长与一个被压在表格里的类型

先给出四类增长的判定表。

类型	ΔS	ΔE	路径回写	发生学判定
厚土增长	正	非负或进入更高质量状态	充分	成果、条件与路径共同升级
借土增长	正	负	弱	用未来条件补贴当前显露
代偿增长	正	接近零	缺失	修复与损耗同步放大, 路径不变
伪显露增长	资产估值或名义产出为正	明显为负	拒绝	价格、债务或统计显露掩盖发生能力下降

这一分类改变了增长争论的结构。问题不再只是要不要增长, 而是增长属于哪一种发生类型。低增长经济体可能在重建 E 与 D , 为下一轮形成厚土; 高增长经济体也可能快速累积回写债。增长速度是一个维度, 不是最终裁判。

初稿把第三行称为「修补型增长」, 并只用一句话描述为「依靠事后补偿维持, 但未改变高耗损路径」。这是初稿最严重的一处判断失误——它把一个独立的发生类型当作借土增长的温和版本处理了。事实上, 这一行既不是借土的温和版本, 也不是厚土的低配版本: 它是三者中唯一一个**在所有现有账本上读数正常**的类型, 因而也是唯一一个可以长期存在而不被任何监测体系标记的类型。

本节其余部分把它单独提出来命名、定义、并推出它的独有后果。

4.5 代偿增长：定义、四条机制与它的终结方式

4.5.1 定义

代偿增长指同时满足以下三条的增长状态:

- 一、显露结构持续扩张, $\Delta S > 0$;
- 二、有效修复与总损耗同步上升, 二者之差接近零, 故土壤净变化 $\Delta E \approx 0$;
- 三、路径的单位损耗强度不下降, 即 $\partial L / \partial D$ 不随时间递减, 路径回写弹性接近零。

关键在第三条。前两条单独看没有问题——一个正在修复自己所造成损耗的经济体, 听起来正是可持续发展的定义。使它成为一个独立

病理类型的是第三条：**它在用越来越大的修复量，去追一条从未改变方向的路径。**

这个词借自生理学。心脏在瓣膜受损后会通过心肌肥厚维持射血量，各项常规指标可以在相当长时间里保持正常，患者甚至可以正常活动。这个阶段被称为代偿期。代偿期的危险不在于指标异常，而在于指标正常——因为维持正常本身正在消耗那个用来维持正常的储备。当储备耗尽，系统不是缓慢滑落，而是在很短时间内失代偿。

经济系统的代偿态具有同样的结构，并且同样具有那个反直觉的性质：**代偿越充分，失代偿越突然。**

4.5.2 代偿陷阱：为什么增加修复支出可能提高脆弱性

若代偿增长只是「进步不够快」，它就不值得单独命名。使它成为一个实在判断的，是下面这条推论：

在路径不变的条件下，增加修复支出不必然降低系统脆弱性；存在一段可界定的区间，在其中增加修复支出**提高**系统脆弱性。

本文称该区间为**代偿陷阱**。它由四条相互独立的机制共同产生，每一条都可以单独检验。

机制一：修复挤出转型。修复与转型争夺同一组稀缺资源——财政空间、组织注意力、专业人力、政治资本。一个把预算与官员精力持续投入末端治理的系统，其可用于路径重构的余量在同步下降。修复做得越大、越制度化，转型所需的那笔资源被占用得越彻底。这不是道德问题，而是预算约束的直接后果。

机制二：修复延迟退出。有效的修复会推迟损耗的可见化，从而推迟高耗损路径达到政治不可容忍点的时刻。一个能把污染治到看不见的行业，比一个治不住污染的行业更不容易被关停。修复在这里起到的作用与止痛药相同：它降低的是信号强度，不是病灶。路径回写恰恰依赖信号强度。

机制三：锁定成本单调累积。每一期沿旧路径的扩张都会追加沉没资本、专用技能、配套基础设施与利益联盟。转换成本 K^{lock} 随时间单调上升，与修复支出无关。因此，代偿期每延长一年，退出的价格就更高一分；而账面净额在这一年里显示为零变化。这是代偿态最欺骗性的一点：**读数持平的那段时间，恰恰是退出成本上升最快的时间。**

机制四：不可逆性在净零流量下继续累积。净额相同不等于状态相同。复绿的矿区不是原来的生态系统，再培训的工人不是未被替代的工人，重建的社区不是原来的社区。修复的产物与被损耗的原物在功能上可以接近，在结构冗余、遗传多样性、隐性知识与关系密度上通常不等。因此即便 L 与 R 在货币上相抵，E 的**质量**仍在下行，而质量的下降表现为受冲击时吸收能力的下降。

四条机制指向同一个可检验的形状：脆弱性对修复支出的响应不是单调递减，而是先降后升，或在路径僵化的样本中直接递增。本文第六节将证明该区间的存在性，第八节将给出如何检验它。

4.5.3 失代偿：代偿态如何终结

代偿态不会平滑退化为借土态，它会在一个点上翻转。翻转由三个条件中任一触发：修复能力的储备耗尽（财政、组织或专业人力）；某一关键土壤跌破不可逆阈值，使修复的单位成本跳升；或外部冲击同时打击产出与修复能力，使 R 在最需要的时刻反而下降。

失代偿的特征是**同时性**。因为代偿期把多个维度的损耗压在同一套修复能力之下，储备耗尽时它们会同时显形。这解释了一个常被归因于运气的现象：某些经济体的危机看上去总是多重危机——财政、健康、生态、信任在同一年恶化。这在代偿模型里不是巧合，而是共用同一储备池的必然结果。

这也给出本文与常规周期理论的一处差别。常规周期理论预测冲击后的损失与冲击大小成比例；代偿模型预测在长期代偿的经济体中，**中等冲击造成的损失显著大于比例预期**，因为冲击落在储备已被抽空的系统上。这是 H6 与 H7 的实体机制。

4.6 净额对总流量不变：现有核算体系为何在结构上看不见代偿增长

本节是本文最核心的论证，也是唯一一处不需要任何数据即可完成的论证。

4.6.1 一个不需要数据的证明

调整后净储蓄的定义式为：净国民储蓄，加教育支出，减固定资本折旧，减能源、矿产与森林耗竭，减污染损害。综合财富核算的判据是各类资本存量加总的跨年非递减。两者判据形式不同，但共享同一个数学性质：**它们都是净额，而净额对总流量不变。**

设两个经济体 A 与 B，同一时期：

- A：年损耗 $L = 2$ ，年有效修复 $R = 2$ ，净额 $R - L = 0$ ；

- B：年损耗 $L = 8$ ，年有效修复 $R = 8$ ，净额 $R - L = 0$ 。

在调整后净储蓄上，A 与 B 的读数完全相同。在综合财富核算上，两者的资本存量都保持不变，因而都通过可持续性判据。在环境经济核算的状态账户上，若修复确实抵消了损耗，两者的生态状态指标也大体持平。

而 A 与 B 在下列四个方面相差四倍：本期通过系统的物质与能量总流量；不可逆损耗的累积速率（因为修复与损耗在结构上不对称，见机制四）；被修复活动占用的财政与组织能力；以及沿现路径追加的锁定资本。

换言之，B 相对于 A 的全部危险，恰好落在净额运算所消去的那一项上。这不是数据不足，不是测量精度不够，也不是指标选择不当。这是量纲问题：把 R 与 L 相减的那一刻，总流量的信息就被永久丢弃了，此后无论补充多少年数据、提高多少精度，都无法把它恢复出来。

更强的一步是：这些体系的定义式中**根本不包含 D 的任何项**。翻遍调整后净储蓄与综合财富核算的构造，没有任何一个分量刻画「路径的单位损耗强度是否在下降」。既然定义式中没有这一项，就不存在任何一组数据能让这些体系对路径僵化做出反应。因此本文的主张不是「这些账本目前算得不够准」，而是：

对代偿增长的失明，是净额判据的构造性后果，不是它的经验缺陷。

这一表述的重要性在于它的强度。经验缺陷可以靠更好的数据修补，构造性后果不能——只能靠增加一个新的、非净额形式的判据来补。这正是本文第七节提出土壤净增厚率之外还必须写有路径回写弹性的理由：前两个指标仍是存量与流量的语言，只有第三个指标的对象是 D。

4.6.2 构造性演示：三个净额相同的经济体

为了让上述论证可被逐步复核，本文构造三个经济体，令其在所有净额判据上完全一致，而在发生类型上分属三类。全部数值为构造值，用途是演示口径如何落地，不是任何实在经济体的估计。

设三者的产出、人口与初始土壤存量相同，观测期十年。以下量均以年均占产出的百分比表示。

量	经济体 甲	经济体 乙	经济体 丙
年总损耗 L	2.0	8.0	8.0
年有效修复 R	2.0	8.0	3.0
净额 R - L	0.0	0.0	-5.0
调整后净储蓄读数	持平	持平	明显为负
综合财富判据	通过	通过	不通过
十年末锁定资本 K ^{lock}	12	46	44
单位产出损耗强度十年变化	-38%	-2%	+4%
路径回写弹性 PFE	0.61	0.04	-0.11
修复占可用财政空间比重	9%	41%	15%
发生类型	厚土	代偿	借土

现有核算体系可以毫不困难地把丙与甲、乙区分开——丙的净额为负，这正是这些体系设计来捕捉的情形。它们无法区分的是甲与乙：两者在净额、财富判据、状态账户上全部一致，而乙的锁定资本接近甲的四倍，损耗强度十年几乎未降，修复占去了四成以上的可用财政空间。

发生土壤账户之所以能把甲乙分开，不是因为它测得更准，而是因为它有三个不同形式的判据：回写覆盖率（净额语言，甲乙相同，无区分力）、土壤净增厚率（存量语言，甲乙相近，区分力弱）、路径回写弹性（路径语言，甲 0.61 对乙 0.04，区分力强）。三个指标中只有第三个能看见乙，而第三个指标的存在理由，正是 4.6.1 节的构造性论证。

这个演示还给出一条实践含义：若一个经济体的回写覆盖率长期接近 1 而路径回写弹性长期接近 0，则它极可能处于代偿态。这是一个只用两个比值就能做出的初筛，不需要复杂模型。

4.6.3 对四种可能反驳的回应

反驳一：修复本身也会改变路径，所以两者不独立。部分正确。某些修复投入确实带来技术学习并降低后续损耗强度——这类修复应被计入路径回写，而非仅计入土壤回写。这恰恰要求把二者分开测量，否则无法判断某一笔支出属于哪一类。本文的主张不是二者互不影响，而是二者不可相互替代，因而必须分别核算。

反驳二：如果修复真的有效，为什么还要在意总流量？因为修复的产物与被损耗的原物在质量上不对称（机制四），因为修复消耗了本可用于转型的能力（机制一），也因为高流量本身意味着更高的锁定与更高的冲击暴露。总流量不是中性的规模变量。

反驳三：综合财富核算已经包含质量调整。部分体系确实做了质量调整，但调整的对象仍是存量的质量，不是路径的方向。一片质量调整后的森林存量，仍然不告诉你砍伐率是否在下降。

反驳四：这只是把「转型」换了个说法。转型研究确实关注路径变化，这是本文最诚实的一处让步。差别在于：转型文献一般不把路径变量接入核算判据，也不预测脆弱性对修复支出的非单调响应。若未来的转型研究给出并检验了这条非单调预测，则本文在这一点上被吸收，这是一个可以接受的结局。

4.7 研究单位的本体转换：从孤立主体—客体到 SIO 复合体

传统经济学常把家庭、企业和政府预设为先行存在的主体，把商品、资源和货币看作被选择、配置和占有的客体，再把交易、生产与治理理解为主体之间或主体—客体之间后续发生的关系。这种分解对于建立价格理论和优化模型十分有效，却容易把互动本身降为外在连接：主体的偏好、客体的价值和制度的边界仿佛在互动之前已经确定。

SIO 主客互动知识论提供了另一种研究单位。经济事实既不是主体单方面赋予意义的结果，也不是客体独立携带价值的结果，而是主体、互动与客体在具体条件下形成的复合存在。价格、信用、产权、品牌、组织身份和公共价值，都是这种复合体稳定显露后的结构，而不是脱离互动即可完整存在的属性。

从这一视角看，一套住房的经济存在并不等于其物理建筑。居住者、金融机构、土地制度、社区关系、抵押合同、公共服务与空间互动共同构成住房复合体；房价只是该复合体在特定时点的一个显露。若金融模型只把住房当作可抵押客体，把家庭当作偿债主体，就会遗漏两者之间赖以维持的互动条件：收入稳定性、邻里互助、交通与教育可达性、维修体系、信用伦理和公共救助。当这些条件被损害时，物理房屋仍在，合同仍在，价格甚至仍可能上升，但住房复合体的发生能力已经下降。

SDE 进一步把稳定的复合体放回时间发生中。已经显露的 S 并非终点，而是前一阶段 E 与 D 的结算，同时也是下一阶段 E 与 D 的输入。环境也不是主体的环境或客体的环境，而是一组与当前复合体在主体、互动或客体上具有共同性、并能推动或阻碍当前发生的相关复合体集合。由此，自然、人力与社会土壤不是经济活动外部的布景，而是当前经济复合体得以持续的关联网路。

这一转换带来三个方法论后果。第一，价值必须在互动中检验。交易数量增加、价格上涨或利润扩大，只证明某种复合体被更强地显露，不证明其互动质量更高。第二，外部性不再只是未被价格捕捉的客体影响，而是被会计边界切断的复合体内部回写关系。第三，政策对象不应只是孤立主体的激励或孤立客体的供给，而应是使互动能够持续、学习并纠偏的发生结构。

4.8 发生层级、边界与时间尺度

SDE 三元结构并不预设一个唯一的分析尺度。同一经济现象可以在企业、产业、城市、国家和全球层面形成不同的 E、D 与 S。例如，一座数据中心对企业而言可能是生产性 S，对城市电力系统而言则是新增负荷 D，对流域生态而言又可能成为改变水资源纠缠关系的外部结构。若研究者只在企业边界内核算，它可能表现为效率提升；把边界扩展到能源、用水、劳动和社区，原先被视为外部性的损耗便重新进入 E。由此，回写是否成立，首先取决于研究边界是否覆盖了实际承担损耗的主体与空间。

时间尺度同样决定判断。一个基础设施项目可能在建设期造成 E 下降，在十年后通过公共服务与生产率提升使 E 增厚；相反，一项以低价资源和高强度劳动形成的产业升级，短期内可能同步增加 S 与财政收入，却在更长时期积累健康损耗、技能锁定和生态修复成本。因此，本文不把任一时点的 $\Delta E < 0$ 直接判为失败，而要求估计完整生命周期中的贴现损耗、修复轨迹与不可逆风险。若损耗可逆、责任明确且回写计划可信，短期借土可以是跨期投资；若损耗不可逆、责任漂移或偿还只存在于口号中，所谓投资就更接近对未来的无担保提款。

为处理多尺度问题，可把第 k 层级的发生状态写为 $X_{k,t} = (E_{k,t}, D_{k,t}, S_{k,t})$ ，层级之间通过输入、外溢与责任转移耦合：

$$E_{k,t+1} = G_k(S_{k,t}, D_{k,t}, X_{k,t})$$

其中 $X_{-k,t}$ 表示其他层级的状态。一个层级上的高回写可能只是把损耗转移到另一个层级。例如，发达经济体的国内碳强度下降若主要来自高排放生产外包，其国内自然土壤改善不能直接等同于全球回写。企业通过外包减少正式员工健康负担，也可能把风险转移给供应链劳动者。故正式核算必须同时报告地域口径、消费口径和价值链口径，避免把转移误认作修复。

这一点对代偿增长的识别尤其关键。**转移是代偿态最常见的伪装形式。**一个把高损耗环节整体外移的经济体，会同时呈现三个特征：国内损耗强度下降、国内修复覆盖率上升、路径回写弹性看似为正。只有在消费口径与价值链口径下重算，才能判断路径究竟改变了，还是只是搬了家。本文因此要求：任何关于路径回写的结论都必须在至少两种核算口径下同时成立。

SDE 经济发生学还区分三类时间：显露时间、损耗时间和回写时间。显露时间通常最短，项目投产、资产上涨和收入增加可以迅速进入统计；损耗时间往往分散而迟滞，慢性病、土壤退化、信任下降可能多年后显形；回写时间则通常更长，生态恢复、教育质量和组织信任很难在一个预算周期内完成。现代增长治理的根本偏差，正是用最短的显露时间评价最慢的回写过程。新典范经济发生学因此要求跨周期归责：形成 S 的决策者不能仅以任期内结果结算，回写责任应通过基金、准备金、长期契约和后评估延伸到损耗真正显形的时期。

五、回写缺失的经济病理：从隐性补贴到增长泡沫

5.1 三种不对称

新增工厂、道路、贷款和市值具有即时可见性，而土壤退化、慢性病、技能贬值、照护耗竭和信任下降常以延迟、分散和非线性方式出现。这形成第一种结构性偏差：**可见性不对称**。制度能够高频识别 S，却低频识别 E。财政收入和利润按季度结算，生态与人力损耗可能跨越数年；官员、经理和投资者的任期短于损耗显形周期。即使所有行动者都不是恶意的，短期窗口也会奖励先形成 S、后处理 E。当后处理不断被下一轮扩张推迟，暂时性拖延就转化为制度化拒绝。

第二种是**权利不对称**。新增 S 的收益通常可以被明确归属，而 E 的损耗由分散群体、公共财政、未来世代或非人类生态承担。企业不支付全部污染、健康和社区成本，地方政府不承担跨区域外溢，金融机构不承担危机后的全部社会损失，于是未回写部分成为增长主体的隐性补贴。传统会计把它记为利润，发生学账本则把它记为尚未确认的负债。

第三种是**语言不对称**。结构增长拥有成熟的计量词汇：产值、回报率、周转率、市占率、估值倍数；土壤变化则常被称为外部性、软环境或社会影响。当一种损耗没有稳定名称、账户和责任主体，它就难以进入决策。提出回写债并非修辞，而是为了把被分散的代价重新组织为一项可追踪的经济义务。

5.2 回写缺口与回写债

设第 k 类土壤在 t 期的总损耗为 $L_{k,t}$ ，有效修复为 $R_{k,t}$ ，则土壤回写缺口为：

$$\Phi_{k,t}^E = \max\{0, L_{k,t} - R_{k,t}\}$$

路径回写缺口定义为实际路径与在既有信息下应当采取的纠偏路径之间的加权距离：

$$\Phi_t^D = \| D_{t+1} - D_{t+1}^{\text{corr}}(S_t, E_t) \|_W$$

其中 W 是不同路径维度的权重矩阵。二者共同形成回写债：

$$Q_{t+1} = (1+\rho) Q_t + \sum_k \omega_k \Phi_{k,t}^E + \lambda \Phi_t^D - P_t$$

ρ 表示损耗因累积、阈值和相互作用而产生的利息， P_t 表示本期偿还的既有回写债。污染导致疾病、疾病降低学习、学习下降削弱创新，说明回写债并非简单相加，而可能复利增长。若系统长期只补当期损耗而不偿还历史欠账， Q_t 仍会保持高位。

代偿增长在这个记法里有一个精确表达：它是 $\Phi^E \approx 0$ 而 Φ^D 持续为正的状态。第一项接近零，正是它能通过所有净额判据的原因；第二项持续为正，正是它仍在累积回写债的原因。若一个体系的 Q 只由 Φ^E 构成，代偿态在其中的债务增量恒为零——这是 4.6 节结论在债务记法下的重述。

回写债不同于普通公共债务。普通债务有明确债权人、期限和利率，回写债的债权人往往是未来居民、生态系统、劳动者身体和被削弱的社会关系。它可以长期不被市场确认，却不会因此消失。其偿付方式可能是未来财政支出、生产率下降、保险损失、冲突成本、人口流失或资产重估。

5.3 发生杠杆与估值—土壤裂隙

设一个经济体可见的显露价值为 V_t^S ，支撑这些结构持续运行的有效生成能力为 $C(E_t, D_t)$ ，则发生杠杆为：

$$GL_t = \frac{V_t^S}{C(E_t, D_t)}$$

当资产价格、利润和名义产出上升，而 E 变薄、D 僵化时，分子增长快于分母，发生杠杆上升。估值—土壤裂隙为：

$$\Omega_t = \log V_t^S - \log C(E_t, D_t)$$

初稿在此处留下了本文最重的一个漏洞：C 从未被构造。而 Ω 是全文泡沫命题的核心变量，也是可检验假设 H2 的被检验对象。核心变量悬空，H2 在初稿中实际上不可检验。第 6.3 节把这一项补上。

传统泡沫常被定义为价格偏离基本面，但基本面通常仍由未来现金流、利率和风险溢价构成。SDE 框架把基本面向下推进一层：未来现金流是否建立在可持续的自然、人力和社会发生能力上。若企业利润来自未支付的生态、健康和再生产成本，观察到的利润将高于承担完整回写义务后的利润：

$$\Pi^{\text{obs}}_t = \Pi^{\text{true}}_t + \Phi^E_t + \chi \Phi^D_t$$

市场若按观察利润贴现，就会把未确认负债资本化为资产价值。这是回写缺失向金融泡沫转化的第一座桥。

第二座桥是抵押品与信用反馈。资产价值上升提高借款能力，信用扩张又推高资产价值和投资，形成熟悉的金融加速器；但若新增信用主要扩大 S 而不增厚 E，发生杠杆继续上升。冲击到来时，系统不仅面对价格回调，还面对生成条件不足：家庭健康和收入缓冲弱、公共财政已有隐性负担、社区和组织信任不足、生态损失带来额外成本。于是同样的信用收缩会产生更深的实体后果。

注意上式中的 $\chi \Phi^D$ 项。这一项是回写论与搁浅资产理论在估值层面的分野所在：即使全部土壤损耗都被完整修复（ $\Phi^E = 0$ ），只要路径未纠偏（ $\Phi^D > 0$ ），观察利润仍高于承担完整义务后的利润。因为路径僵化本身是一项未入账的负债——它以未来必须支付的转换成本形式存在。**代偿态的经济体，其利润高估的全部来源都在这一项上。**

5.4 内卷、停滞、代偿与拒绝回写的区别

内卷可理解为 D 在既有 E 中重复竞争，边际差异不断缩小，难以形成新的 S。拒绝回写则可能伴随大量新 S：新平台、新产品、新城市空间、新金融工具不断出现，但这些结构不增厚 E，甚至加速消耗 E。前者是路径创新不足，后者是成果责任不足。把二者混同，会导致错误政策：面对拒绝回写，单纯要求更多技术创新和更激烈竞争，可能只会提高土壤损耗速度。

代偿态与二者都不同。它既不缺新 S，也不缺修复投入，缺的是**修复与路径之间的连接**。因此针对拒绝回写的处方（加大修复投入）对代偿态无效甚至有害，针对内卷的处方（鼓励更多创新）对代偿态也无效——沿旧路径的创新只会提高流量。代偿态唯一有效的处方是路径审查：追问这笔修复支出是否使下一轮的单位损耗强度下降，若否，则把边际资源从修复移向转型。

停滞也不同于回写缺失。某些低增长阶段可能是系统主动偿还回写债、淘汰高损耗路径和重建基础能力的时期；某些高速增长则可能是大规模借土。SDE 经济发生学因而要求把周期分析从产出单变量扩展为 S、E、D 的联合轨迹。

5.5 三类土壤的纠缠传导：回写债为何具有复利与级联效应

把自然、人力与社会土壤并列，并不意味着三者只是一个总量中的三个独立分项。它们之间存在方向不同、时间尺度不同的交叉传导。自然土壤退化可以通过空气、水、食品与热风险转化为健康损耗；健康损耗又会降低学习、劳动供给和照护能力，进而扩大人力土壤折旧。住房压力、工作不稳定和公共服务不足会削弱家庭形成、社区参与与一般信任；社会信任下降则提高合同执行、监管、融资和危机协调成本，反过来压缩生态与人力修复的财政和组织能力。由此，一项最初被会计归为环境成本的损耗，可能在数年后以医疗、教育、保险、生产率和金融风险重新显露。

令三类土壤向量为 $E_t = (E^N_t, E^H_t, E^C_t)'$ ，净回写向量为 $Z_t = R_t - L_t$ ，其一阶变化可近似写成：

$$\Delta E_{t+1} = M_t Z_t + \varepsilon_{t+1}$$

其中 M_t 的对角项表示某维度修复对自身的效果，非对角项表示跨土壤溢出。例如，基层医疗投入不仅增厚人力土壤，也可能通过降低家庭灾难性支出和提高制度信任增厚社会土壤；恢复湿地不仅改善自然状态，也可能降低洪水损失、稳定地方财政与社区预期。相反，若一个维度的损耗会诱发其他维度继续损耗， M_t 便包含负向级联。

回写债的利息因而不是抽象比喻。它至少来自四种机制：损耗的物理累积、跨维度传导、阈值突破后的非线性，以及修复能力本身被损耗削弱。若一个社会因长期健康、技能和信任退化而失去组织修复的能力，即使后来获得同等资金，也未必能够以同等效率恢复 E。用矩阵语言说，当跨域放大链的有效谱半径接近或超过 1 时，局部欠账可能成为系统性欠账。政策评估若只计算直接成本，就会低估这种发生级联。

这一机制也解释了为什么危机后的救资产与救发生不是同一件事。资本注入可以修复银行资产负债表，却未必修复失业者技能、家庭健康、社区网络和公共信任；若这些条件不能恢复，金融 S 虽然被稳定，实体 E 仍然薄弱，下一轮信用扩张会在更低的发生基础上启动。危机处置必须识别回写债在哪些土壤之间传导，并优先阻断最强的级联链，而不是只恢复危机前的价格与信贷结构。

5.6 回写缺失推动泡沫形成的五阶段

为了避免把回写缺失变成危机发生后的万能解释，可以把其作用限定为一个可观察的五阶段过程。每一阶段都对应不同数据、不同参与者和不同可干预节点。

第一阶段：借土启动。新技术、城市化、金融深化或国家动员需要集中调用既有 E。此时损耗未必是病理，因为任何结构创新都要改变先行条件。关键在于是否同时建立损耗识别、责任归属与回写计划。如果新增收益的产权被清楚界定，而损耗保持无人负责，借土从一开始就具有不对称性。

第二阶段：显露加速。S 的扩张带来利润、税收、就业、组织声望和资产升值，成功信号提高同一路径 D 的政治与金融权重。更多资源沿既有路径投入，制度开始把继续扩张理解为对过去决策正确性的证明。此阶段的危险不在增长快，而在正反馈使其他路径和慢变量失去表达机会。

第三阶段：成本隐匿。自然、人力和社会损耗由于统计迟滞、空间外包、会计边界或弱势主体缺乏议价权，没有进入当期成本。企业利润率、地方财政能力和家庭资产净值因而被高估。回写缺口从流量变成存量，累积为 Q。若监管、媒体和学术评价也围绕可见 S 组织，系统会形成认知共谋：不是参与者不知道存在损耗，而是没有任何单一参与者有激励率先把损耗写入价格。

第四阶段：信用资本化。金融体系把被高估的现金流和抵押品价值转换为更大的借贷能力。新增信用继续推高 S 的市场估值，估值上升又反过来证明信用合理，形成抵押品—信用螺旋。此时，回写债不再只是生态或社会问题，而被嵌入银行、企业、家庭和政府的资产负债表。系统越依赖未来增长偿还当前承诺，越不能承认土壤已经变薄，因为承认本身会触发重定价。

第五阶段：裂隙显形与非线性清算。当某个冲击使收入、资源、信任或公共承载力下降时，市场开始重新估计未来现金流。由于先前资产价格不仅包含生产率预期，还包含未确认的回写债，调整幅度会超过普通周期回落。信用收缩、被迫出售、公共财政紧缩和土壤继续恶化相互反馈，产生危机中的再书写：为了挽救可见 S，政策再次削减教育、健康、生态和社区投入，使恢复基础进一步变薄。

代偿态在这个序列中的位置需要单独说明。它不是第三阶段的替代，而是第三阶段的一个变体：成本没有被隐匿，而是被支付了——但支付的是末端修复，不是路径改造。因此代偿型经济体可以长期停在第三阶段而不进入第四阶段，直到失代偿点到来时直接跳到第五阶段。这解释了为什么某些经济体的危机缺少典型的信用狂热前奏：它们的脆弱性不是在资产价格里累积的，而是在储备耗尽里累积的。

这五阶段模型给出两个判据。第一，回写缺失不是只有在崩盘时才存在；它应在成本隐匿和信用资本化阶段留下可测痕迹，如关键 E 持续下降、修复覆盖不足、路径对负反馈不敏感、利润与综合财富趋势背离。第二，外部冲击不是理论的竞争解释，而是触发条件。回写论预测的不是没有冲击也必然在某日崩溃，而是当裂隙已经累积时，较小冲击会造成更大非线性损失。若所谓低回写经济体并未出现上述中间机制，而危机完全由不可预见外生事件解释，回写论就不应事后认领。

五阶段也对应五种治理方式：启动阶段做责任预置，显露阶段做多指标约束，隐匿阶段做全链条核算，资本化阶段做风险权重与压力测试，清算阶段则要把修复 E 作为恢复政策本身，而不是在先救增长、以后再修复的口号中再次推迟。由此，回写理论从危机叙事转化为可分段干预的发生病理学。

六、一个可形式化的增长泡沫模型

6.1 状态方程

为呈现核心机制，设 x_t 为估值—土壤裂隙， q_t 为标准化回写债， c_t 为信用冲力， r_t 为有效回写强度。线性化后的动态系统可写为：

$$x_{t+1} = a x_t + b q_t + \eta c_t + u_{t+1}$$

$$q_{t+1} = c x_t + d q_t - \kappa r_t + v_{t+1}$$

其中 $a, d \geq 0$ 表示裂隙与回写债的持续性， $b > 0$ 表示未确认土壤负债推高观察利润与估值偏差， $c > 0$ 表示估值扩张诱发更多高耗损投资和成本外化， $\eta > 0$ 表示信用对估值裂隙的放大， $\kappa > 0$ 表示有效回写降低债务存量。该系统不是完整宏观模型，而是本文所述病理的最小表达。

在没有充分回写时，状态矩阵为 $A = [[a, b], [c, d]]$ 。

命题 1（回写债—估值裂隙的联合不稳定）。在 $a, d < 1$ 的情况下，若 $bc > (1-a)(1-d)$ ，则系统至少有一个特征根大于 1，估值裂隙与回写债会相互强化并形成局部不稳定。

证明思路：特征多项式为 $\lambda^2 - (a+d)\lambda + (ad - bc) = 0$ 。将 $\lambda = 1$ 代入，若 $(1-a)(1-d) - bc < 0$ ，则多项式在 1 处为负，而当 $\lambda \rightarrow \infty$ 时为正，故存在大于 1 的实根。经济含义是：即使估值惯性与土壤损耗惯性各自不足以导致爆炸，只要两者的交叉放大足够强，系统仍会失稳。

若采用反馈规则 $r_t = k_q q_t + k_x x_t$ ，则第二式中的有效持续系数变为 $d - \kappa k_q$ ，交叉系数变为 $c - \kappa k_x$ 。适当的回写规则能够降低谱半径，使系统回到稳定区间。这一结论说明，回写不是危机后的慈善支出，而是影响动态稳定条件的宏观变量。

6.2 同等信用冲击为何产生不同危机烈度

设冲击后的经济损失为：

$$B_{i,t+h} = \frac{\theta_h C_{i,t}}{A(E_{i,t}, D_{i,t})} + \psi_h Q_{i,t}$$

其中 $A(\cdot)$ 是吸收与恢复能力，随土壤厚度和路径适应性上升而上升。若回写覆盖率提高会增加 E 并降低 Q ，则 $\partial^2 B / \partial C \partial RCR < 0$ 。这意味着回写不是信用冲击的替代解释，而是其边际效应的调节器。信用理论预测信用越大、危机风险越高；回写论增加一个可区分的预测：信用对危机的边际影响，在低回写和高回写经济体之间系统不同。

6.3 有效生成能力 $C(E, D)$ 的显式构造

本节补上初稿最重的一个空缺。C 不是一个隐喻，它必须是一个从发生土壤账户的原始数据出发、逐步可算、可被第三方复算的量。本文给出如下构造，并说明每一项的数据来源与它为何必须在那里。

C 由两个因子相乘构成：土壤承载因子与路径可行因子。

$$C(E_t, D_t) = \underbrace{[\sum_k \omega_k E_{k,t} \frac{\sigma-1}{\sigma}]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}}_{\text{土壤承载因子 } E_t} \times \underbrace{\frac{\Lambda(D_t, E_t)}{\sigma-1}}_{\text{路径可行因子}}$$

第一个因子是三类土壤的常替代弹性聚合，替代弹性 σ 设为小于 1，以体现自然、人力与社会土壤之间的弱可替代性。 ω_k 为权重，由公共审议确定并公开留存版本链。各 E_k 取自发生土壤账户的状态层，经标准化处理为无量纲指数。

第二个因子是本文的新增项，它使 C 不只是财富核算的又一个别名。定义：

$$\Lambda(D_t, E_t) = \exp(-\gamma \frac{K_t^{\text{lock}}}{Y_t}) \times \Pi_k [\min(1, \frac{E_{k,t}}{E_k^{\text{safe}}})]^{\theta_k}$$

其中：

K_t^{lock} / Y_t 是锁定成本对产出的比重。 K^{lock} 由高损耗路径上的专用资本存量乘以其转换成本率得到，可从固定资产分行业存量、行业排放与资源强度、以及退役与改造工程的单位成本估计。 $\gamma > 0$ 是折减系数。这一项使 C 对路径僵化敏感：两个土壤状态完全相同的经济体，锁定越深，其有效生成能力越低。这正是 4.6 节所要求的、不以净额形式出现的判据。

$\min(1, E_k / E_k^{\text{safe}})$ 是关键维度否决的连续形式。当某类土壤高于其安全下限，该项为 1，不产生影响；一旦跌破下限，该项小于 1，并以乘法方式作用于整个 C——因此任何一类土壤的坍塌都不能被其他类的富余平均掉。 θ_k 控制跌破后的惩罚陡度。 E_k^{safe} 的来源：自然维度参照行星边界与地球系统阈值研究中的安全运行空间；人力维度参照基本健康与学习能力的临床与教育基线；社会维度参照合同执行与集体行动所需的一般信任下限。这三类下限都存在争议，因此必须公开取值、置信区间与版本，并在敏感性分析中报告替代取值下的结论稳健性。

估值—土壤裂隙的可计算形式。由于 V^S 与 C 的量纲不可直接比较， Ω 不应作为水平量跨国比较，而应作为对本国长期趋势的偏离使用：

$$\Omega_{i,t} = \frac{\Omega_{i,t} - \bar{\Omega}_i}{s(\Omega_i)}$$

即以本国样本期均值与标准差标准化。 V^S 取上市股权市值、非金融企业净值、住宅与商业地产存量价值、政府非金融资产的加总，按可得性分层报告；缺项以物理量或替代口径补足并标注。这样处理之后，H2 从一个概念主张变为一个可以逐步复算的回归。

构造的三条自限。其一，C 是一个指数而非货币量，不应被解释为可与 GDP 相加的存量；其二， Λ 的两项都涉及模型选择，必须报告在 γ 、 θ 、 σ 取值网格上的结论稳健性；其三，若某国 K^{lock} 或 E^{safe} 缺乏可靠估计，应报告只含土壤承载因子的简化版 C，并明确说明该简化版**对代偿增长失明**——这一说明本身就是对 4.6 节论证的一次实践确认。

6.4 三条既有命题与一条新命题

命题 2（高增长与发生能力下降可以同时存在）。若产出函数满足 $\partial S / \partial D > 0$ ，且高强度 D 同时使 $L(S, D, E) > R(S, D, \Pi)$ ，则存在一段时期使 $\Delta S_t > 0$ 而 $\Delta E_t < 0$ 。若市场估值主要响应 ΔS_t 而低估 ΔE_t ，则 Ω_t 上升。该命题形式化了借土增长：增长率为正并不能推出生成能力提高。

命题 3（仅增加修复支出不一定降低危机风险）。若修复支出 R_t 上升，但路径 D 的单位损耗强度同步或更快上升，即 $(\partial L / \partial D) \Delta D \geq$

ΔR，则 E 仍不增厚，回写债不下降。由此，单纯扩大绿色或社会预算，不足以证明二重回写完成；必须同时检验路径回写。

命题 4（代偿陷阱的存在性）。这是本文修订稿新增的命题，也是与全部竞争框架分开的那一条。

设系统脆弱性 B 为吸收能力的减函数、锁定成本的增函数。有效吸收能力由土壤状态与可动员储备共同决定：A = A(Ē, F)，其中 F 为可用于应对冲击的财政与组织储备。设修复支出 R 满足：Ē 对 R 弱递增但有上界（因不可逆性，机制四），F 对 R 严格递减（因挤出，机制一），K^{lock} 对 R 弱递增（因延迟退出，机制二与机制三）。

则脆弱性对修复支出的导数为：

$$\frac{\partial B}{\partial R} = \underbrace{\frac{\partial B}{\partial \bar{E}} \frac{\partial \bar{E}}{\partial R}}_{<0, \text{递减}} + \underbrace{\frac{\partial B}{\partial F} \frac{\partial F}{\partial R}}_{>0} + \underbrace{\frac{\partial B}{\partial K^{\text{lock}}} \frac{\partial K^{\text{lock}}}{\partial R}}_{>0}$$

第一项为负，后两项为正。由于 ∂Ē/∂R 随 R 增大而趋近于零（土壤修复的边际效果递减且受不可逆性上界约束），而后两项不随之衰减，故存在临界值 R* 使得 R > R* 时 ∂B/∂R > 0。

推论。在路径回写弹性接近零的经济体中，R* 显著低于路径回写弹性高的经济体——因为在后者中，修复支出的一部分同时降低了 K^{lock}，第三项被抵消甚至转为负值。因此：

修复支出与危机脆弱性的关系是非单调的，且其符号取决于路径回写弹性。

这条推论是本文全部主张中最容易被数据杀死的一条，也因此是本文最愿意押上的一条。它给出的不是一个更好的拟合，而是一个方向性预测：把样本按路径回写弹性高低分组，修复支出对脆弱性的偏效应**符号应当翻转**。任何现有的可持续性框架、财富核算框架或转型风险框架都不作此预测——它们全部预测修复支出的效应单调为负。若数据显示该效应在两组中同号，本文的核心主张即被推翻。

6.5 可检验假设与失败条件

编号	假设	与竞争理论的区别	可否定条件
H1	信用冲力与回写覆盖率的交互项显著降低危机烈度	纯信用模型预期回写变量无额外贡献	已受挫： 以净额为代理的一次跨国回归给出一个不显著的零与一个显著正号，本文不再以原形式主张 H1（见 8.1）
H2	回写债越高，标准化估值—土壤裂隙越大	传统估值模型不含土壤债务	控制常规变量后无关联，或仅为同步结果
H3	路径回写弹性越高，冲击后的损失持续期越短	单纯修复支出模型不要求 D 改变	路径回写不改善恢复路径
H4	同时具有高土壤回写与高路径回写的经济体，样本外危机预测误差更低	单一可持续指标不要求双通道	二重指标不优于调整后净储蓄、信用缺口等基准
H5	回写的作用具有阈值和非线性，关键土壤坍塌不能被其他资本完全替代	完全可替代的综合财富模型允许平滑补偿	线性可替代模型持续优于阈值模型
H6	修复支出与危机烈度的关系非单调；控制土壤存量与信用后，二次项显著为正	一切现有可持续性框架预测单调递减	二次项不显著，或线性单调模型持续占优
H7	该关系的符号在路径回写弹性高低两组之间翻转：低 PFE 组偏效应 ≥ 0，高 PFE 组 < 0	无任何现有框架预测符号翻转	两组同号；或分组差异可被财政能力、治理质量完全吸收

H1 已经受挫，这一点写在表里而不是脚注里。它提醒读者：本文的其余假设不是在一张白纸上提出的，而是在一次已经失败的检验之后提出的，因此对它们的要求应当更严而不是更松。

H6 与 H7 是判决性的。前五条假设即使全部成立，回写论仍可能被解释为对既有可持续性研究的一次系统整理；只有 H6 与 H7 给出既有框架在结构上不会给出的预测。反过来，若 H6 与 H7 被证伪而 H1 至 H5 成立，本文应当明确降格：从一个新的发生类型理论退回为一套整合性测量建议。这一降格条件写在这里，是为了让它在数据出来之前就已生效。

6.6 发生性基本面：从现金流支撑推进到现金流的生成条件

传统资产定价中的基本面通常由预期现金流、贴现率、风险溢价和增长机会构成。该定义是必要的，但仍可能把生成现金流的条件当作外生。SDE 经济发生学据此区分两个层次：常规基本面 F^C_t 是在既有制度与成本确认规则下可观察、可预测的现金流基础；发生性基本面 F^G_t 则是把自然、人力、社会土壤与路径可持续性纳入后，对这些现金流能否被继续生产的评估。

$$F_t^G = F_t^C - E_t[Q_{t:t+H}^{\text{unpriced}} + K_{t:t+H}^{\text{lock}}] + E_t[A_{t:t+H}^{\text{new}}]$$

其中 Q^{unpriced} 是尚未进入财务报表的回写债， K^{lock} 是高损耗路径锁定的转换成本， A^{new} 是通过有效回写形成的新发生能力。一个资产可以相对于当期会计利润被合理定价，却相对于发生性基本面处于泡沫状态。例如，商业模式若依赖持续透支劳动者注意力、公共数据、低价生态资源或脆弱社区，其观察现金流可能实在存在，但其可再生产性被高估。反之，某些回写投资会压低短期利润，却提高长期 F^G 。

与搁浅资产理论的对照在这个式子里最清楚。搁浅资产理论关注的是 F^C 本身在未来某一政策事件后的重估，其风险项挂在贴现率与情景概率上；回写论关注的是 F^C 与 F^G 之间的**当期**差额，其风险项挂在 Q^{unpriced} 与 K^{lock} 上。前者问「政策来了会怎样」，后者问「政策不来又如何」。两者可以同时成立，也可以分别检验：把碳强度与转型风险敞口作为控制变量后， Q^{unpriced} 与 K^{lock} 是否仍具解释力，是本文与该支文献的分野检验。

这一区分避免把一切社会与生态问题都归为金融泡沫。只有当未定价回写债系统性进入未来现金流预期、抵押品和信用扩张，并造成可见估值与发生能力的显著偏离时，才构成本文意义上的发生泡沫。因此，发生泡沫比道德批评更窄、比常规价格偏离更深。它要求同时观察利润来源、土壤变化、路径锁定和信用资本化四个环节。

发生性基本面也提供新的企业和行业比较方法。对同样的收入增长，可比较其单位收入造成的土壤损耗、有效回写、路径调整速度和不可逆风险。那些能够把结果转化为员工能力、生态承载、供应链韧性和可信知识的企业，其 F^G 可能高于短期利润所显示；那些依赖外部化和不可持续补贴的企业，其 F^G 则可能显著低于市场估值。该判据为高质量增长提供了比标签更严格的结构内容。

七、发生土壤账户：分层、非完全可替代的测量体系

7.1 为什么不能直接使用一个社会总回写率

若把社会总回写率同时解释为修复支出占 GDP、修复量相对于损耗、以及每单位 GDP 增量的回写，就会混用三种不同分母；若在缺少数据、变量表和回归结果时预设某个阈值或跨国倍数，则会把待检验假设误写成经验发现。这种指标构造必须取消。若分母是 GDP 增量，在增长接近零或为负时指标会失真；若分母是 GDP，它测量的是投入强度而非损耗覆盖；若把自然、健康、教育、信任和犯罪成本直接货币相加，又隐含它们可以完全替代。

更根本的理由在第 4.6 节已经给出：**任何单一比值都是净额或强度，都无法容纳路径变量。**一个综合回写率无论构造得多精细，只要它的形式是「修复相对于损耗」，它对代偿增长就是失明的。因此发生土壤账户必须是账户簇，而且至少有一个成员的对象是 D 而不是 E。

发生土壤账户的目标不是把所有价值压成一个价格，而是用统一逻辑组织不同层级的物理、质量、服务和货币信息。环境经济核算、世界银行综合财富与人力资本指标可以成为数据基础，但需增加社会土壤与路径回写模块。

7.2 四层账户结构

存量层：自然资源、生态系统面积与质量，健康与技能存量，信任与组织网络等。

状态层：土壤肥力、水质、疾病负担、学习质量、工作耗竭、一般信任、制度可信度等。

服务流层：生态系统服务、劳动与创新能力、照护与合作、风险吸收和冲突调节能力。

影子价值层：在方法透明、边界明确的前提下，对部分损耗和修复进行货币估值，用于预算与资产负债表连接。

货币层不能取代物理与状态层。某一生态系统达到不可逆阈值时，其他资本的增加不能简单抵消；社会信任跌破执行阈值时，追加财政资金也可能无法立即恢复。因此，发生土壤账户应采用关键维度否决而非纯加总原则，其连续形式已写入第 6.3 节的 Λ 函数。

7.3 三组核心指标

(1) 分维度回写覆盖率

$$RCR_{k,t} = \frac{R_{k,t}}{I_{k,t}}$$

其中 R 是效果校正后的修复， I 是可识别的总损耗。自然临界点为 1：大于 1 表示当期修复超过当期损耗，等于 1 表示覆盖，小于 1 表示新增回写债。这里没有预设经验阈值；风险阈值应由数据估计，并允许因国家、土壤类型和发展阶段而异。

(2) 土壤净增厚度

$$\text{NTR}_{k,t} = \frac{E_{k,t+1} - E_{k,t}}{E_{k,t}}$$

RCR 回答本期损耗是否被覆盖，NTR 回答土壤最终变厚还是变薄。两者必须联合使用，因为当历史回写债很高时，即使 RCR 略大于 1，土壤也可能仍处于危险状态；反之，某些技术转型期可能出现短期高支出但长期增厚。

(3) 路径回写弹性

设土壤缺口 $G^E_{k,t}$ 为安全区间水平与当前水平之差， D^h_t 为高损耗路径强度，则：

$$\text{PFE}_k = - \frac{\partial D^h_t}{\partial G^E_{k,t}}$$

若土壤缺口扩大能显著促使高损耗路径收缩、技术替代或治理规则修订，则 PFE 为正且较高；若损耗信号被忽视，PFE 接近零；若系统反而通过加速开发弥补短期收入，PFE 可能为负。实证中可通过政策反应函数、预算调整速度、监管工具启动和产业结构变化来估计。

这三个指标不是同一件事的三个角度，而是三种不同形式的判据：RCR 是净额语言，NTR 是存量语言，PFE 是路径语言。第 4.6.2 节的三经济体演示已经表明，只有第三个能把代偿态与厚土态分开。因此本文要求：任何引用发生土壤账户的报告，若不同时报告 PFE，即为不完整报告。

(4) 代偿指数

由前三者可直接构造一个初筛量：

$$\text{CI}_t = \mathbf{1}\{|\text{RCR}_t - 1| < \varepsilon\} \times (1 - \frac{\text{PFE}_t}{\text{PFE}^{\text{ref}}})^+ \times \frac{L_t}{L^{\text{ref}}}$$

第一项要求回写覆盖接近平衡，第二项要求路径回写弹性显著低于参照水平，第三项按总损耗规模加权——因为代偿的危险随流量放大。CI 高表示该经济体很可能处于代偿态。这个量的用途是筛查而非判定，其参照值 PFE^{ref} 与 L^{ref} 应按发展阶段分组设定并公开。

7.4 聚合原则：弱可替代与关键阈值

对于展示目的，可以构造几何平均的二重回写完整度 $\text{DWI} = \sqrt{(\text{RCR} \times \text{PFE})}$ 。但它只能作为导航指标，不能取代分维度账户。对具有不可逆性和临界阈值的土壤，应使用最低值或嵌套常替代弹性函数，并把替代弹性设得较低 ($\sigma < 1$ ，见第 6.3 节)。行星边界研究关于安全运行空间和地球系统阈值的讨论，为关键自然土壤设置不可被均值掩盖的安全边界提供了重要近邻。对于生命支持系统、基础健康、基本信任等关键维度，还应设置安全下限。只要任一关键土壤低于下限，综合得分不能把它平均掉。

7.5 可用数据与尚未解决的测量难题

自然土壤可借助世界银行调整后净储蓄与财富账户、环境经济核算、碳排放和生态系统状态数据；人力土壤可借助健康寿命、疾病负担、学习校正受教育年限、人力资本指数、职业伤害和工作时长；社会土壤可借助世界价值观调查的一般信任、制度信任、组织参与、犯罪与冲突、公共服务可达性等。信用与危机数据可来自国际清算银行信用缺口、宏观金融历史数据库、国际货币基金组织系统性银行危机数据库及各国监管资料。

路径变量的数据最难，也最不可省。可用的代理包括：分行业资本存量的能源与排放强度序列（用于 K^{lock} 与损耗强度）、高损耗行业的产能退出与新增许可数据、环境与产业政策的反应时滞、宏观审慎工具启动记录，以及企业层面的技术改造投资占比。这些数据的口径差异很大，因此 PFE 必须以区间形式报告，并做多种代理下的稳健性检验。

困难在于，社会土壤最容易被文化差异、调查口径和反向因果干扰；有效修复也不能由预算金额直接代表。因而，发生土壤账户应公开每一指标的理论含义、数据质量、时间滞后和不确定区间，不追求虚假的小数点精确性。新典范的可信度来自可检查的构造过程，而不是一个看似科学的总分。

7.6 指标治理：如何防止回写账户成为新的数字神话

发生土壤账户一旦进入财政、金融监管和干部或经理考核，就会改变行为；因此，指标制度本身也是一个发生系统，必须接受回写。最危险的做法，是由单一部门定义口径、掌握原始数据、计算综合分数并据此评价自身。那会把回写论重新变成一种不可证伪的权力语言。更稳健的制度应把指标生产拆分为统计、科学评估、公共审议和独立审计四个环节，并保留地方、行业和受影响群体对数据与权重的申诉渠道。

第一，所有指标应同时报告估计值、不确定区间、数据年份和修订记录。第二，账户必须保留物理量与状态量，不能只公布货币总值；当总值改善而关键物理指标恶化时，应触发布告与复核。第三，结果指标应优先于投入指标。环保、教育和医疗预算只能证明资源被配置，不能证明 E 被增厚；需要追踪生态状态、健康和学习结果、信任与组织能力的变化。第四，应建立反古德哈特设计：指标轮换、随机审计、原始数据抽查、第三方遥感和调查、跨来源比对，以及对分数很好但现场恶化的异常案例开展反向调查。第五，权重和安全阈值不应一次确定后永久冻结，而要根据新知识、技术和社会价值进行公开修订；但修订必须留下版本链，防止为了美化结果而改变历史口径。第六，重大政策在立项时应预先写明将使用哪些指标、何种结果触发纠偏，避免事后挑选有利证据。

指标治理的目标不是制造一个更强的总分，而是提高系统发现错误、承认欠账和改变路径的能力。一个完成了回写的测量体系，必须能够记录自身造成的行为扭曲，并据此修改自己的 D。换言之，发生土壤账户既测量经济回写，也要通过版本迭代展示测量如何回写测量。

7.7 账户编制、责任归因与独立审计

发生土壤账户要进入正式统计，必须解决谁造成、谁受益、谁修复的归因问题。单纯把全国环保、教育和医疗支出相加，既可能重复计算，也会把与本轮增长无关的公共支出误写为回写。本文建议采用活动—压力—状态—责任—修复五联表。

第一步，按产业、地区和项目记录活动量及其形成的 S。第二步，根据生命周期和投入产出关系识别压力，如碳、水、土地、健康、工时、技能折旧、搬迁和社区网络破坏。第三步观察状态变量是否实际变化，而不是只记录治理投入。第四步依据受益者、控制能力和因果贡献分配责任，区分企业责任、公共责任和共同责任。第五步核验修复是否产生状态改善，并追踪时间滞后。

可将第 j 项活动对第 k 类土壤的归因损耗写为 $L_{jkt} = a_{jkt} \cdot P_{jkt} \cdot \theta_{jkt}$ ，其中 a 为活动规模，P 为单位压力， θ 为从压力到实际状态损失的转换系数。有效修复则写为 $R_{jkt}^{eff} = I_{jkt} \cdot \eta_{jkt} \cdot \pi_{jkt}$ ，其中 I 是投入， η 是技术或管理转化效率， π 是经独立核验的持久性系数。由此避免花了一笔钱就算完成回写。若修复只在短期改善指标、随后反弹， π 应低于 1；若项目造成不可逆损失，不能允许其他维度的货币投入完全抵消。

责任归因应坚持三个原则。其一是受益—负担一致：获得新增租金、利润或财政收益的主体应承担相应回写责任。其二是能力与控制原则：能选择技术、地点和劳动制度的主体承担更高责任，不能把全部成本转嫁给消费者或地方社区。其三是代际谨慎原则：当损耗存在不可逆性和深度不确定性时，不能以未来技术可能出现为由把责任折现为零。这三条的论证基础在第 3.1 节——物质回写产生债权人，有债权人就必须能追问谁欠。

审计结构必须独立于增长执行部门。若同一部门既负责项目完成又负责定义土壤状态，指标会被自然地调整为证明项目成功。可建立统计机构负责基础账户、专业机构负责物理状态核验、审计机构负责资金与责任、公众与受影响群体参与边界和阈值审议的四方结构。关键原始数据、模型参数、权重和修订记录应公开，允许第三方复算。

对于不能可靠货币化的维度，应保留物理量和分布表。发生土壤账户的目的不是把一切压成一个价格，而是让不可替代的损耗不能再被一笔总收益遮蔽。最终报告应至少包含：分维度状态、覆盖率、净增厚率、路径回写弹性、历史回写债、责任主体、修复时限、置信区间和数据质量等级。只有将不确定性本身写入账户，统计才不会制造新的确定性幻觉。

7.8 解释纪律：不把综合指数变成新的 GDP

任何综合指标一旦进入政绩与金融评价，都可能重演 GDP 的命运：原本用于照亮复杂现实的工具，反过来替代现实。为避免重蹈覆辙，本文提出五条解释纪律。

第一，总分不能覆盖红线。即使综合回写水平较高，只要某一关键自然系统、基本健康能力或核心公共信任跌破安全下限，结论就必须显式标为高风险。

第二，平均不能覆盖分布。全国人力资本改善不能抵消某些群体的系统性健康和教育损失，社会土壤账户必须报告受损主体、空间和代际分布。

第三，投入不能代替结果。支出增长只能说明政策努力，不能自动证明 E 增厚。

第四，历史改善不能豁免当前路径。一个地区即使过去积累了厚土，也不能因此无限借用；高存量只意味着缓冲更强，不意味着没有回写义务。

第五，覆盖不能代替方向。回写覆盖率接近 1 不构成合格证明。若同期路径回写弹性接近零，覆盖率越接近 1、总损耗规模越大，风险越高而非越低。这是本文修订稿新增的一条，也是最容易被忽略的一条。

因此，发生土壤账户不是为经济体生成一个排名，而是形成一套问题定位系统。它应告诉决策者：哪一种 E 正在变薄、由哪条 D 造成、哪些 S 从中受益、修复责任是否落实、何时触发路径改变。指标只有嵌入因果链，才不会被降格为新标签。

八、经验研究设计：让理论接受判决

8.1 一次已经执行的检验：它失败了

本文不能绕过一个已经发生的事实。站内《回写缺失：从辩证法的半循环到增长脆弱性的一次失败检验》一文，把回写论的第一条预测——低回写会放大等量信贷冲击的破坏力——写成交互项，用世界银行公开数据实际跑了一次跨国回归。结果是：主设定下交互项与零无显著差异，探索性设定下系数显著为正。该文据此执行了初稿承诺过的让渡，放弃把回写率作为危机烈度的独立解释变量。

这次失败是实在的，本文不撤销它。H1 在其原始形式下不再由本文主张。

接下来的话必须说得非常小心，因为它极容易滑成事后辩护。

那次检验用来代理回写的，是调整后净储蓄及其分项。而本文第 4.6 节的全部论证是：调整后净储蓄是净额，净额对总流量不变，其定义式中不含差异序列的任何项。若这个论证成立，则以调整后净储蓄为代理的检验，在构造上就无法把代偿态与厚土态分开——它把 4.6.2 节里的甲国与乙国当作同一类样本混在一起估计。而混合两个偏效应方向相反的子样本，得到的系数应当是一个不显著的零。

这正是主设定的结果。

更值得注意的是探索性设定里那个显著为正的系数：修复读数越高，信贷冲击的破坏力越大。那篇文章把它列为一个尚待解释的异常。命题 4 恰好预测这个方向——在路径回写弹性低的样本中， $\partial B/\partial R \geq 0$ 。

到这里必须停住，并且说清三件事。

第一，一个探索性设定里的单个系数不是证据。它可能来自代理变量的内生性、样本构成、时间窗口或设定敏感性。把它当作对命题 4 的支持，正是本文在第 8.7 节反复警告的那种事后认领。

第二，即使它的方向确实反映了代偿机制，它也救不回 H1。H1 说的是低回写放大冲击，命题 4 说的是高修复在特定条件下放大冲击。这是两条不同的、在某些区间里甚至相反的主张。用后者去解释前者的失败，等于把一次失败改写成一次成功。

第三，本文与那次检验之间只能有这一条关系：那次检验的失败，与本文关于现有核算体系构造性失明的论证，是同一件事的两面。如果调整后净储蓄能有效区分回写状态，那次检验本该给出显著负号；它没有给出，这与本文的构造性论证一致——但一致不等于证明，因为无数别的原因同样能产生一个不显著的零。

因此本文的正确姿态不是认领那个正系数，而是提出一个专为区分而设计的新检验。这就是 H6 与 H7 的由来，也是它们为何必须使用修复支出变量而非净额代理、必须按路径回写弹性分组：**它们要检验的，恰恰是那次检验在构造上无法分开的那两组样本。**

若 H6 与 H7 在这样的设计下仍然失败，本文不再有第二次让渡的余地。那时应当放弃的不是某一条假设，而是代偿增长这个类型本身。

8.2 样本、事件与变量

可行的第一阶段研究可构建 1980 年以来的国家—年度或国家—季度面板，具体起始年份由各变量覆盖决定。危机事件采用系统性银行危机数据库，并以国际清算银行、宏观金融历史数据库和国家资料交叉核验。信用冲力可用扩张期私人非金融部门信用—GDP 缺口的累计值、家庭债务增速、偿债率和银行杠杆共同刻画。

危机烈度不应只用一个资产价格跌幅，而应构建多维结果：实际 GDP 相对趋势的累计损失、失业率上升、实际住房价格与股价回撤、银行不良贷款峰值、财政救助成本和恢复至危机前趋势所需时间。不同结果分别报告，再以预先规定的标准化方法形成综合指数，避免事后选择最有利指标。

回写变量按照第七节构造。由于年度社会信任数据稀疏，可采用低频插值与分层模型，但必须做不插值样本的稳健性检验。自然、人力和社会三类 RCR、NTR 分别进入模型，不能只报告一个综合分数。路径回写弹性可从政策反应函数、环境与社会支出对损耗信号的响应、宏观审慎工具对信用缺口的响应以及高耗损产业退出速度中估计。

8.3 基准交互模型与非单调设定

基准面板为：

$$\text{BURST}_{i,t+h} = \alpha_i + \tau_t + \beta_1 \text{CREDIT}_{i,t} + \beta_2 \text{RCR}_{i,t} + \beta_3 (\text{CREDIT}_{i,t} \times \text{RCR}_{i,t}) + \Gamma X_{i,t} + \varepsilon_{i,t+h}$$

X 包括人均收入、通胀、实际利率、汇率制度、资本账户开放、银行资本、监管质量、房地产供给弹性、人口结构和全球金融周期。核心预测是 $\beta_3 < 0$ ：回写覆盖越高，信用冲力的危机边际效应越低。效应大小必须由样本给出，不预先宣称任何倍数。

H6 的检验设定在基准之上加入修复支出的二次项：

$$\text{BURST}_{i,t+h} = \cdots + \delta_1 \text{REP}_{i,t} + \delta_2 \text{REP}_{i,t}^2 + \Gamma X_{i,t} + \varepsilon_{i,t+h}$$

其中 REP 为效果校正后的有效修复占产出比重。H6 预测 $\delta_2 > 0$ 且拐点落在样本内。若 δ_2 不显著或拐点落在样本外，H6 不成立。

H7 的检验设定是本文最重要的一个回归，使用三重交互：

$$\text{BURST}_{i,t+h} = \cdots + \delta_1 \text{REP}_{i,t} + \phi_1 (\text{REP}_{i,t} \times \text{PFE}_{i,t}) + \phi_2 (\text{REP}_{i,t} \times \text{PFE}_{i,t} \times \text{CREDIT}_{i,t}) + \Gamma X_{i,t} + \varepsilon_{i,t+h}$$

H7 预测 $\delta_1 \geq 0$ 且 $\phi_1 < 0$ ，且 $|\phi_1|$ 足够大使得高 PFE 组的总偏效应转负。等价的检验是把样本按 PFE 中位数分组分别估计 $\partial \text{BURST} / \partial \text{REP}$ ，检验两组系数符号相反且差异显著。为防止 PFE 只是国家能力的替代变量，必须加入治理质量、财政能力、福利制度和收入分配等控制，并使用国家固定效应、年份固定效应和区域—年份交互。

还应比较自然、人力、社会三类土壤的独立作用，检验是否存在一类土壤主导，或是否只有弱项最低值具有解释力。

8.4 局部投影与冲击后的动态路径

危机研究不仅关心是否发生，还关心冲击后的恢复。可采用局部投影：

$$Y_{i,t+h} - Y_{i,t-1} = \alpha^h_1 + \tau^h_t + \theta_h \text{Shock}_{i,t} + \lambda_h (\text{Shock}_{i,t} \times \text{LowDWI}_{i,t-1}) + \Gamma_h X_{i,t-1} + u_{i,t+h}$$

若低二重回写经济体在相同冲击后出现更深、更久的产出和就业损失，且结果不被银行资本、财政空间等变量完全吸收，则支持土壤决定吸收能力的机制。**代偿模型给出一个更尖锐的动态预测**：长期处于代偿态的经济体，其冲击响应函数应呈现「前期平稳、后期陡降」的形状——因为储备在前几期仍在吸收冲击，耗尽后损失集中显现。若响应函数在两组之间只有幅度差异而无形状差异，则失代偿机制未获支持。

8.5 因果识别：避免把治理能力误当回写效应

最困难的问题是内生性：有能力回写的国家往往也更会监管金融。本文提出四类识别策略，但不预先指定未经数据验证的国家对。

第一，使用重大制度变化的事件研究与合成控制，例如自然资本核算立法、生态税收专款规则、公共卫生或教育财政制度重构、宏观审慎框架的引入。要求政策前趋势平行，并实施虚假政策时间和虚假处理组检验。

第二，使用外生收入或政策资格变化作为工具变量，例如资源价格冲击与预先存在的回写专款规则交互。相同资源价格上涨下，有强制回写规则的地区会把更多收入转化为 E，而没有规则的地区更可能形成当期财政与资产繁荣。工具变量的排除限制需要谨慎论证。

第三，使用匹配和最小差异比较，但案例必须由透明算法选择，而不是先挑选符合叙事的国家。匹配变量、卡尺和排除标准应预注册，避免案例旅行。

第四，在企业或地区层面使用更细数据。企业环境、员工健康与社区投入的实际结果，可能比国家综合指标更易识别；地区间共享货币和金融制度，也有助于控制宏观差异。

对 H7 而言，最有说服力的识别设计是路径规则的外生变化。某些司法辖区曾在不改变修复支出规模的前提下，把修复资金的使用条件从末端治理改为技术替代（即在 REP 不变时提高 PFE）。这类改革构成一个近乎理想的实验：若 H7 成立，改革后同等修复支出对脆弱性的边际效应应当由非负转为负。

8.6 样本外预测：新变量必须带来增量信息

应建立四个预测模型：基准信用—杠杆模型、加入调整后净储蓄或综合财富的扩展模型、加入土壤回写指标的模型、加入二重回写指标（含 PFE）的完整模型。采用滚动窗口和严格的训练—测试分离，比较受试者工作特征曲线下面积、Brier 分数、对数损失以及对危机烈度的均方误差。

四模型对照是有意设计的。若第三个模型优于前两个而第四个不优于第三个，则说明土壤回写有用而路径回写冗余，代偿论应被放弃；若第四个显著优于第三个，则说明路径变量携带独立信息，这是对第 4.6 节构造性论证的经验确认。这一对照把本文最核心的主张放在了一个二选一的位置上。

8.7 明确的失败条件

以下结果应被视为理论受挫，而不是通过重新解释逃避：

第一，信用与回写交互项在多数合理模型中不显著或方向为正；

第二，回写指标不改善危机或恢复的样本外预测；

第三，所谓回写效应在加入治理与财政能力后完全消失；

第四，路径回写不比单纯支出指标更有解释力；

第五，关键维度阈值模型不优于完全可替代模型；

第六，安慰剂和提前效应显示回写只是危机发生后的被动反应；

第七，H6 的二次项不显著，或拐点系统性落在样本外；

第八，H7 的分组系数同号，或分组差异可被财政能力与治理质量完全吸收。

后两条是修订稿新增的，也是最硬的两条。数据、代码、指标构造和排除规则应公开，经验分析最好预注册。回写论若要批判只允许成功、不允许失败的发展元码，就必须首先允许自身失败。

8.8 微观—中观—宏观的多尺度验证

国家面板能够检验回写与系统性危机的总体关联，却容易受到指标粗糙、制度异质和反向因果影响。研究纲领不应把全部判决压在一个跨国回归上，而应建立微观企业、中观城市或供应链、宏观国家三个尺度的相互验证。理论若只在某一尺度上成立，就需要明确其边界；若同一机制在不同尺度呈现可推导的参数变化，其可信度才会提高。

在微观层面，可追踪企业或项目的发生资产负债表。研究问题包括：单位收入增长对应的员工健康与技能变化、生态损耗与修复结果、供应商关系稳定性，以及管理层是否根据这些结果改变生产和投资路径。利用工厂开设或关闭、监管改革、污染治理、培训计划和所有权变化等事件，可比较回写改善是否降低员工流失、事故、供应中断、融资成本和现金流波动。**微观层面也是检验代偿陷阱最干净的场所**：企业层面的末端治理支出与技术改造支出可以分开观测，从而直接检验二者对冲击后现金流波动的不同效应。

在中观层面，城市、产业集群、流域和供应链是关键研究单位。住房、交通、医院、学校、产业用地与地方金融互相纠缠，许多回写债在国家统计中被平均，却会在城市层面集中显露。可研究土地和房地产收益是否回写公共服务与社区能力，产业升级是否伴随劳动力再培训与生态转换，供应链集中是否削弱地方韧性。

在宏观层面，国家账户与危机数据库用于检验信用—回写交互、恢复速度和跨期财富变化。三种尺度之间应满足可解释的一致性：企业层面的回写债应通过行业和地区聚合进入宏观土壤；宏观政策则应改变企业和城市的回写激励。可使用分层模型：

$$Y_{f,r,c,t} = \alpha + \beta X_{f,r,c,t} + u_c + v_{r(c)} + w_{f(r,c)} + \varepsilon_{f,r,c,t}$$

其中企业 f 嵌套于地区 r 与国家 c 。跨层交互可以检验，高质量国家制度是否放大企业回写效果，或地方网络是否缓冲国家层面的信用冲击。

时间尺度也必须分层。路径回写可能在政策宣布后立即发生，健康与技能改善需要数年，自然系统恢复可能跨越十年以上。研究者不能用一年窗口否定慢变量，也不能用二十年趋势回避短期政策失败。预先给出机制对应的时间窗口，是本理论走出大而无当解释的关键。

8.9 数据工程、预注册与复现协议

由于回写变量跨越环境、健康、教育、信任和金融，研究失败最可能发生在数据拼接阶段，而不是回归公式。正式项目应先发布指标构造协议，明确每一变量的概念定义、原始来源、覆盖年份、空间口径、缺失处理、价格平减、购买力转换、权重、修订和可替代性假设。任何研究者都应能够从原始数据复算 RCR、NTR、PFE、C 与 Q，而不是只能获得一个不可审查的总分。

数据版本必须冻结。国际组织与各国统计机构会修订历史序列；若研究者在看到结果后选择不同版本，容易形成隐性研究者自由度。应保存下载日期、原始文件哈希和清洗日志，并把危机事件定义、扩张窗口与恢复窗口在估计前预注册。对于社会信任等低频变量，应避免简单线性插值制造虚假的年度精度，可采用区间状态、潜变量模型或只在调查年份进行稳健性分析。

缺失数据不能被当作随机缺失。统计能力较弱的经济体往往也更可能具有低回写和高危机风险，直接删除会产生选择偏差。可同时报告完整案例、分层多重插补和逆概率加权结果，并把数据质量本身作为状态变量。

模型比较必须遵循相同信息集。若本文模型使用危机后才公布或经修订的数据，而基准信用模型只使用实时数据，样本外优势没有意义。应建立实时版本与最终版本两套预测实验，分别回答政策当时能否预警和历史是否存在结构关系。训练窗口、超参数和变量筛选应嵌套在交叉验证内部，防止测试集泄露。

经验结论应分为三个等级。第一等级是描述性事实：回写指标与危机、恢复或财富变化的共同演化；第二等级是预测性增量：加入回写变量是否改善未见样本表现；第三等级是因果机制：政策或制度变化引起的回写变化是否导致冲击传导改变。论文不得把第一等级语言写成第三等级结论。

最终复现包至少包括：研究计划、数据字典、原始数据索引、清洗代码、指标代码、主分析与稳健性脚本、生成图表的完整流水线以及未通过的模型结果。开放科学在这里不是附加礼仪，而是理论内容的一部分：回写论要求经济实践交出完整账本，它也必须首先交出自己的知识生产账本。

九、制度比较：识别计划、市场与代偿三种半循环

9.1 计划型借土：结构集中显露与条件沉默

苏联工业化展示了集中动员形成 S 的巨大能力。关于其增长成就、农业代价、资源配置和后期停滞，经济史存在多种解释，不能把 1991 年解体简化为单一的生态或信任变量。信息问题、激励结构、技术差距、民族关系、财政与外部环境都不可忽略。SDE 框架的作用不是替代这些解释，而是提供一个跨变量的组织方式：集中体制能够把大量 E 迅速转化为特定 D，并形成重工业、军事和组织 S；但当结构形成后的资源分配继续偏向扩张性 S，农业、健康、地方组织与生态修复的回写不足，系统的多维承载力会下降。

这种病理可称为结构集中显露与条件沉默。由于价格、舆论和组织反馈被压缩，E 的变化不容易改写 D；既定路径又因政治承诺和沉没成本难以退出。土壤失写与路径失写相互强化。关键不是计划必然失败，而是任何高集中系统都需要比普通系统更强的逆向信息和强制回写装置，否则前向动员越强，累积欠账越可能被遮蔽。

9.2 市场型借土：成本外化、资产化与信用放大

2008 年金融危机同样不能只用回写缺失解释。证券化、影子银行、抵押贷款标准、评级、货币环境和监管失误构成直接机制，金融危机调查委员会、明斯基传统和大量实证研究对此已有系统分析。SDE 的增量在于揭示，金融结构为何能够长期把脆弱性写成繁荣：家庭偿付能力、社区稳定、住房可负担性和公共监管能力等 E 被当作可以无限延展的背景；贷款和证券化 D 形成庞大资产 S；当违约与价格下跌显形时，原本被分散在家庭、社区和公共系统中的回写债集中进入金融资产负债表。

市场体制的半循环不是行政命令切断反馈，而是价格机制选择性地承认反馈。能够形成产权和现金流的部分进入价格，难以归属、跨期或不可逆的损耗被折现为接近零。信用又把当前可见收益放大为更高资产价格，使未回写成本暂时看起来像效率。由此，定价不等于复育，市场能够对稀缺做出反应，却不保证收益主体承担完整的生成条件义务。

9.3 代偿型半循环：第三种，也是最难被诊断的一种

初稿只区分了计划型与市场型两种半循环。修订稿必须加入第三种，因为它既不属于反馈压制，也不属于外部化。

代偿型半循环的特征是：反馈是通的，责任是清楚的，钱是花了的，唯独路径不动。损耗被识别、被计量、被公开报告；修复预算逐年上升并接受审计；受损群体获得补偿；企业按规定支付治理费用。所有环节看起来都在运转，唯独没有任何一个环节的职责是追问「这条路径本身是否应当继续」。

这种形态在制度成熟、监管有效、财政充裕的经济体中最常见，也最难被诊断——因为它的每一个可见指标都在改善。它与前两种的差别可以这样表述：计划型是**看不见**损耗，市场型是**不承认**损耗，代偿型是**看见了、承认了、支付了，然后继续沿原路走**。三者的共同点是路径失写，差别在于路径失写的原因不同：前两者是信息或激励问题，第三者是**制度分工问题**——没有任何机构的绩效指标包含「使这条路径变得不必要」。

由此得到一条治理含义：针对前两种半循环的处方（改善信息、明确产权、强化监管、加大投入）对第三种全部无效，其中某几条甚至加深它。第三种需要的是把路径审查设为一项独立职责，并使其绩效与修复部门的绩效脱钩——否则修复部门的成功恰恰是路径不变的证明。

9.4 共同机制不等于制度等同

把三种形态放入同一回写框架，不意味着它们在权力结构、激励、创新和纠错能力上相同。比较的对象是一个更抽象的机制：S 的成功能否稳定触发对 E 和 D 的逆向改写。回写论的制度判据不是所有制标签，而是反馈结构。

这一视角也避免一种简单二分：国家支出并不自动等于回写，私人创新也不自动等于抽取。公共项目可能制造新的生态与债务负担，企业也可能通过耐久设计、员工能力和社区合作增厚 E。判断标准始终是实际的 E、D、S 轨迹。

9.5 新典范的四项转换

将 SDE 经济发生学称为新典范，必须说明它究竟改变了什么，而不能只凭术语新颖。制度经济学已经表明，权利结构、政治约束和组织能力会深刻影响繁荣与贫困；SDE 的推进不是否定制度变量，而是把制度重新置于 E、D、S 相互回写的发生结构中。本文提出四项可检验的典范转换。

第一是研究对象转换。传统分析常以个人、企业、国家、商品或市场为相对独立单位，SDE 则以发生复合体为基本对象。企业的利润

结构不能脱离劳动、生态、供应链和制度土壤理解；一个国家的增长也不是单一主体行为，而是多层级发生体相互纠缠的结果。

第二是因果结构转换。线性因果把 E 视为初始条件、D 视为手段、S 视为结果；SDE 把三者都视为内生状态，任何一项变化都可能回写另外两项。政策效应因此不是投入导致产出的一次箭头，而是对整个状态转移矩阵的改变。一个短期有效的政策，若降低下一期 E 或使 D 锁定，长期总效应可能为负。

第三是证据标准转换。传统成功证据偏向可见结果，SDE 要求同时提供成果证据、土壤证据和路径学习证据。所谓新技术不能只展示性能或市场规模，还要展示其如何改变资源、能力、信任和后续创新路径；所谓改革不能只证明当期效率提高，还要证明系统的纠错能力没有下降。

第四是治理单元转换。增长治理以部门目标和年度结果为中心，发生治理以跨部门土壤账户、生命周期责任和自动纠偏为中心。它不取消市场、计划或宏观调控，而是给所有制度形式增加同一条成熟性约束：任何 S 都不能永久逃避对 E 与 D 的回写。

这四项转换若不能导出不同的测量、预测和制度选择，新典范就只是修辞。本文已经给出其最小判别：本框架必须在解释多维损耗、预测信用冲击异质性和识别代偿态方面，比现有单一财富核算或信用模型提供不可约化的增量。H6 与 H7 就是这个增量的具体形式。未来实证若不能证明它，应将本文降格为综合性分析语言，而不能坚持强典范主张。

十、从增长治理到发生治理：二重账本与第四缺口

10.1 增长账本与回写账本平权

现有发展评价以增长、就业、通胀、财政和金融稳定为中心。本文主张，任何重大增长报告都应同时发布发生土壤账户。增长账本回答新增了什么 S，回写账本回答为这些 S 消耗了什么 E、修复了什么 E、改变了什么 D。两者不是主表与附录，而应具有相互否决能力：若关键土壤跌破安全下限，即使名义增长达到目标，也不能被判定为成熟成功。

这种平权并不要求停止所有高耗损活动，而要求把耗损明确为负债，并给出偿还路径、责任主体和时间表。对发展中经济体而言，短期借土可能具有历史必要性，但必要不等于免费。承认回写债，反而能区分有计划的跨期投资与无期限的成本转嫁。

10.2 回写财政规则与代偿判据

财政制度可建立四类规则。

第一是同期覆盖规则：对可明确归因的自然与人力损耗，设置最低 RCR，并将资源租、土地增值和高耗损行业收益的一部分自动进入独立回写账户。把不可再生资源租金转化为其他可持续资本的思想与 Hartwick 规则相近，但回写财政还要求核验具体 E 是否增厚、具体 D 是否纠偏。

第二是历史欠账规则：对累积 Q 制定中期偿还计划，避免只补新增损耗。

第三是路径纠偏规则：当某一土壤缺口连续扩大，即使修复支出增加，也必须审查导致损耗的产业、空间和信用路径。

第四是代偿判据规则，这是本文修订稿新增的一条，也是最反直觉的一条：**当修复支出连续上升而路径回写弹性不升时，应触发路径审查而非追加修复预算。**具体地，若某维度连续三期满足 RCR 在 1 附近、PFE 低于参照值、且总损耗规模未下降，则该维度的修复预算增长应自动暂停，增量资金转入路径转换用途。

这条规则会让人不适，因为它在字面上要求「停止增加环保投入」。必须准确理解它的适用条件：它只在覆盖率已经接近平衡而路径弹性接近零时触发，即命题 4 中 $R > R^*$ 的区间。在覆盖率不足的情形下，加大修复仍然是正确的。这条规则要防止的不是修复，而是把修复当作转型的替代品。

回写资金应与结果挂钩，而不是把预算支出本身当作修复。可采用自然和人力状态指标、独立评估、长期合约与失败追责。为防止回写部门沦为增长部门的末端清洁工，预算与信息权必须前移到项目立项和金融审批阶段。这句话在代偿判据下有了更强的含义：末端清洁工恰恰是代偿态得以长期维持的组织形式。

10.3 宏观审慎的第四缺口：回写缺口

央行与监管者已经监测产出缺口、通胀缺口和信用缺口。SDE 框架建议增加回写缺口：

$$RG_t = E^{\text{Safe}}_t - E_t + Q_t$$

它表示当前土壤距安全区间的距离加上历史欠账。回写缺口不是央行单独承担的目标，但可进入宏观金融风险评估、压力测试和逆周期资本规则。高信用缺口叠加高回写缺口时，应被视为更危险的状态；同等信用扩张若用于增厚关键 E 并改变高耗损 D，其风险权重可与纯资产投机不同。

绿色金融网络与巴塞尔委员会已开始把气候与自然风险纳入金融风险传导，本文建议进一步把人力与社会土壤纳入系统性脆弱性分析。例如，公共卫生能力、技能错配、住房负担和信任衰退可能通过违约、迁移、生产率和政策执行进入金融体系。这里需要严格防止央行使命无限扩张，最现实的起点是风险识别、数据披露和跨部门情景分析。

代偿态给压力测试提出一个具体要求：情景设计不能只问「若冲击到来，资本是否充足」，还要问「若冲击持续三年以上，修复能力本身是否会耗尽」。第二个问题在现有压力测试框架中基本不存在，因为财政与组织储备通常被当作外生给定。

10.4 企业层面的发生资产负债表

企业财务报表记录已确认资产与负债，却很少记录对员工能力、生态系统和社区网络形成的回写债。可在可持续披露之外建立发生资产负债表：

发生资产：企业通过培训、健康、长期供应关系、生态修复和开放知识形成的可持续生成能力；

发生负债：尚未承担的污染、健康、技能折旧、社区破坏和供应链脆弱性；

路径风险：商业模式是否依赖持续外化成本、监管空白或不可再生注意力。

这不是要求所有项目立即货币化，而是要求董事会、投资者和监管者看到利润背后的条件变化。绩效薪酬也不应只按 S 结算，可加入跨期 E 与 D 指标，防止管理层在任期内制造高显露、低回写的成功。

企业层面的代偿判据尤其容易操作：把环境与社会支出拆为末端治理与流程改造两类，报告二者比例及其对单位产出损耗强度的影响。一家末端治理支出连年上升而单位损耗强度不降的企业，正处在代偿态，其可持续披露评分可能反而在上升。

10.5 实践检验实践的制度化

每一项重大政策和投资可以建立三联评估：

显露表：目标结构、受益者、成本、产出与分布；

土壤表：自然、人力、社会条件的损耗、修复、阈值与不确定性；

路径表：若结果偏离，何种信号会触发暂停、调整或退出。

路径表尤其重要，因为许多制度会评估结果，却没有预先承诺什么结果出现时必须改变。没有退出条件的评估只是记录，不是回写。

10.6 知识经济与人工智能的回写

在知识经济中，回写问题不再只表现为资源、污染和固定资本。知识因主体与客体的互动而诞生，因互动而传播，也会因互动环境改变而失去效力。学校、科研机构、媒体、平台和人工智能系统既生产知识 S，也依赖人类注意力、判断力、信任、数据公共品和教育制度等 E，并通过学习、检验、讨论和创作等 D 持续更新。若知识生产只追求文本数量、引用、流量、模型规模或自动化率，便可能形成与金融泡沫同构的知识显露泡沫：可见内容急剧增加，而验证能力、理解能力和公共信任反而下降。

人工智能尤其能够放大这种张力。作为高强度差异路径，它可以迅速生成报告、代码、设计、决策和新型服务，形成大量 S；但若生产率收益没有回写劳动者转型、基础教育、专业判断、事实核验和公共知识基础设施，它便会把人力与社会土壤当作免费训练集和风险吸收器。岗位任务被替代而能力转型不足，会累积人力回写债；低质量合成内容污染信息环境，会累积知识土壤债；错误决策由用户和公共机构承担，而收益集中于少数平台，会累积社会回写债。

知识经济里的代偿态有一个清晰的形态：机构不断增加事实核验、内容审核、伦理审查与再培训的投入，这些投入实在有效，指标也在改善；而生成端的产量、速度与自动化率同步上升，单位产出所需的核验成本从未下降。这正是 $RCR \approx 1$ 而 $PFE \approx 0$ 的结构。它的失代偿形式是核验能力的突然崩溃——不是逐步下降，而是在某个产量阈值后整体失效。

成熟判据同样是二重回写。土壤回写包括：把一部分自动化收益投入持续学习、职业转换、教师与专业人员能力提升、数据治理、来源标注和独立核验；保护人类形成问题、理解证据和承担责任的能力。路径回写包括：模型错误、偏差、滥用和能力退化一旦显露，必须改变训练数据、产品设计、权限配置、责任分配与评价目标。若系统只通过增加模型规模和内容产量回应问题，就是用更多 S 替代对 D 与 E 的修复。

可据此构造知识经济的发生指标：能力校正生产率，即自动化产出减去人类技能折旧与纠错成本；知识回写覆盖率，即验证、教育和公共知识投入相对于错误、污染与能力损耗的覆盖；人机路径回写弹性，即失败信号推动模型、组织流程和教育路径改变的速度。这些指标仍需经验发展，但它们指出一个原则：AI 创造的价值不能只按生成了多少内容和节省了多少工时结算，还应按是否形成更强的人机复合智能体、是否增厚下一轮知识发生的土壤结算。

10.7 自动触发器、多中心治理与权力约束

回写制度若完全依赖决策者自觉，最容易在增长压力上升时被暂停。因此，关键机制应从倡议升级为自动触发器。可根据分维度 NTR、RCR、PFE、回写债增速和信用缺口设置分级信号：绿色区表示土壤净增厚且路径能够纠偏；黄色区要求提高披露、准备金和修复比例；**橙色区专为代偿态设置**——覆盖率达标而路径弹性过低，触发路径审查与修复预算冻结；红色区则自动触发项目复审、信用风险权重上调、资源租回写比例提高或暂停高耗损扩张。阈值不能由本文预设，应根据物理安全边界、历史分布和社会审议确定，并定期重新估计。

自动化并不意味着技术官僚替代政治。土壤边界涉及价值冲突，必须接受公开审议；但一旦规则经合法程序建立，执行就不应随短期利益任意改变。可把制度分为三层：统计与预警层负责客观呈现状态，审议层决定阈值和分配原则，执行层根据预定规则采取措施。三层相互独立，可以减少既当运动员又当裁判的问题。

多中心治理比单一中央账户更符合 E 的地方性。生态系统、技能结构和信任网络具有明显空间差异，地方社区、行业组织、企业和中央政府掌握不同知识。Ostrom 式多中心制度提示，规则需要在多个尺度上嵌套：地方识别具体损耗，国家保证最低标准与跨区转移，全球机制处理碳、生物多样性和跨国供应链。SDE 框架为这些层级提供共同语言，却不要求一个中心垄断全部信息。

权力约束是回写治理的最后一道防线。任何主体都可能借保护土壤限制竞争、压制迁移或巩固既得利益。因此，回写政策必须公开受益与负担分布，设置日落条款、申诉机制、独立评估和替代方案比较。被保护的不是某一既定结构 S，而是未来多主体继续发生的条件 E；被纠正的也不是差异本身，而是让某些主体长期获益、另一些主体持续承担无补偿损耗的路径 D。

发生治理由此不是更庞大的计划系统，而是一套把反馈权、信息权和修复责任嵌入不同制度的元规则。它允许市场发现价格、企业创新、地方试验和国家协调，同时要求这些前向机制不能把逆向责任永久外包。其目标不是消灭波动，而是让系统在波动中保有修复、学习和再生的能力。

十一、理论边界与可能反例

第一，回写论不能解释所有危机。战争、疫情、技术事故、外部制裁和纯粹政策错误可以在高回写系统中造成严重损失。本文主张的是条件性放大机制，而非单因决定论。

第二，E 的边界和权重具有规范性。社会信任可能支持合作，也可能支持排他网络；社区稳定不应成为压制流动与差异的理由。回写对象不是一切既有关系，而是使多主体未来发生具有自由与承载力的条件。

第三，技术可能实现局部脱耦。若技术实际降低单位产出的自然和人力损耗，L 会下降，回写义务也会改变。但效率提高不能只看单位产品，还要看总量反弹、供应链转移和新型风险。技术穿越若确实存在，理论应据此修正，而不能把所有新事实重新命名为回写。

第四，回写可能被权力垄断。谁定义安全土壤、谁拥有指标、谁决定牺牲与修复，都是政治经济问题。一个中央化的回写体系可能以保护之名排除地方知识和个体自由。因此，发生土壤账户必须具有多主体参与、数据透明、申诉和审议机制。

第五，指标可能诱发新的古德哈特效应。一旦 RCR、PFE 或代偿指数进入考核，组织会优化可见指标而非实际土壤。**PFE 在这方面风险最高**：一个被考核路径弹性的部门，可能通过频繁的名义政策调整制造高弹性读数，而实质路径不变。解决办法不是放弃测量，而是保留多层账户、抽样审计、结果指标和定期改版。

第六，代偿论最可能的反例是「修复即转型」。某些修复投入确实同时构成路径改造——例如以生态修复为载体的产业转型、以健康投入为载体的劳动制度改革。若这类情形在数据中占主导，则修复与路径的分离就是一个人为了区分，H7 的符号翻转不会出现。本文认为这类情形存在但不占主导，这是一个可以被数据推翻的经验判断，而不是一个定义。

第七，回写不等于闭合圆环。经济发生包含不可逆创新、迁移和突变，回写后的 E 不是原来的 E，D 也不会回到起点。SDE 循环更像螺旋和层积：结果回到条件，但条件已被重新构成。理论若把土壤浪漫化为应被永久保存的原初状态，就会从发展主义的单向度滑向保守主义的封闭度。

十二、结论：经济学从增长了什么走向增长如何完成

本文从回写缺失这一问题意识出发，将其重构为 SDE 经济发生学的正式理论。核心转换是：经济不是主体对客体的单向利用，也不是产出与偏好的静态配置，而是在特征纠缠土壤 E 中，经差异序列 D，形成显露结构 S，并由 S 反向改写 E 与 D 的复合发生。没有二重回写， $E \rightarrow D \rightarrow S$ 只是半循环；半循环可以在相当长时间内制造耀眼的 S，却会把未修复损耗和未纠偏路径累积为回写债。

修订稿的重量落在一个此前被压在分类表里的类型上。**代偿增长不是可持续增长的低配版本，而是一种既有核算体系在构造上无法辨识的独立发生类型**。这一判断不需要数据即可证明：现有判据全部是净额，而净额对总流量不变；现有判据的定义式中不含差异序列的任何项，因而没有任何数据能让它们对路径僵化做出反应。对代偿增长的失明是这些体系的构造性后果，不是它们的经验缺陷。

由此得到本文最锋利、也最容易被杀死的一条推论：危机风险不是修复支出的单调递减函数。存在一段区间——本文称为代偿陷阱——在其中增加修复支出会因挤出转型、延迟退出、累积锁定与不可逆性积累而提高系统脆弱性。这条推论给出符号翻转的预测：修复支出对脆

弱性的偏效应，在路径回写弹性高低两组样本之间应当异号。没有任何现有的可持续性框架、财富核算框架或转型风险框架作出这一预测。若数据显示该效应在两组中同号，本文的核心主张即被推翻，理论应降格为一套整合性测量建议。

在金融层面，本文与搁浅资产理论划清了时间方向上的界限：后者的负债在前方，触发者是未来的监管；前者的负债在脚下，触发者是当期已经发生却未入账的损耗。前者的处方是披露，后者的处方是归属——因为披露不产生债权人。这一分歧的哲学根据在第三节：概念回返不产生债权人，物质回写产生债权人。

在测量层面，本文取消未经验证的固定阈值，提出发生土壤账户与三种不同形式的判据（净额、存量、路径），并给出有效生成能力 C(E,D) 的显式构造，使估值—土壤裂隙从概念转为可计算量。在治理层面，本文主张增长账本与回写账本平权，增设回写缺口与代偿判据规则，并把实践检验真理推进为实践检验实践的三联审计。

新典范经济发生学的最简判词是：

经济成功 = S 的有效显露 + E 的持续增厚 + D 的实际升级。

三项缺一不可，而第三项是最容易在账面上消失的那一项。只产生 S 的增长可以繁荣，却未必完成；同时修复 E 却不升级 D 的增长可以在所有账本上读数正常，却正在把储备换成时间。能够让成果回到条件、让结果改变路径的增长，才从一次显露成为下一次发生的土壤。

参考文献

- 《光明日报》特约评论员. 实践是检验真理的唯一标准[N]. 光明日报, 1978-05-11.
- 邓小平. 邓小平文选：第三卷[M]. 北京：人民出版社, 1993.
- HEGEL G W F. Science of Logic[M]. Translated by A. V. Miller. London: George Allen & Unwin, 1969.
- HEGEL G W F. The Encyclopaedia Logic: Part I of the Encyclopaedia of Philosophical Sciences[M]. Indianapolis: Hackett, 1991.
- MARX K. Capital: A Critique of Political Economy, Volume I[M]. Translated by Ben Fowkes. London: Penguin/New Left Review, 1976.
- MARX K. Capital: A Critique of Political Economy, Volume III[M]. Translated by David Fernbach. London: Penguin/New Left Review, 1981.
- FOSTER J B. Marx's theory of metabolic rift: Classical foundations for environmental sociology[J]. American Journal of Sociology, 1999, 105(2): 366-405.
- O'CONNOR J. The second contradiction of capitalism[J]. Capitalism Nature Socialism, 1988, 1(1): 11-38.
- HOLLING C S. Resilience and stability of ecological systems[J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1973, 4: 1-23.
- WALKER B, HOLLING C S, CARPENTER S R, et al. Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems[J]. Ecology and Society, 2004, 9(2): 5.
- COLEMAN J S. Social capital in the creation of human capital[J]. American Journal of Sociology, 1988, 94(Supplement): S95-S120.
- PUTNAM R D, LEONARDI R, NANETTI R Y. Making Democracy Work: Civic Traditions in Modern Italy[M]. Princeton: Princeton University Press, 1993.
- BECKER G S. Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis[M]. 3rd ed. Chicago: University of Chicago Press, 1993.
- KRAAY A. Methodology for a World Bank Human Capital Index[R]. World Bank Policy Research Working Paper 8593, 2018.
- STIGLITZ J E, SEN A, FITOUSSI J P. Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress[R]. Paris, 2009.
- ARROW K J, DASGUPTA P, GOULDER L H, et al. Sustainability and the measurement of wealth[J]. Environment and Development Economics, 2012, 17(3): 317-353.
- WORLD BANK. The Changing Wealth of Nations 2021: Managing Assets for the Future[M]. Washington, DC: World Bank, 2021.
- WORLD BANK. Estimating the World Bank's Adjusted Net Saving: Methods and Data[R]. Washington, DC: World Bank, 2023.
- UNITED NATIONS, EUROPEAN COMMISSION, FAO, OECD, WORLD BANK. System of Environmental-Economic Accounting 2012: Central Framework[M]. New York: United Nations, 2014.
- UNITED NATIONS. System of Environmental-Economic Accounting—Ecosystem Accounting[R]. New York: United Nations Statistics Division, 2021.
- UNEP. Inclusive Wealth Report 2023: Measuring Sustainability and Equity[R]. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2023.
- DASGUPTA P. The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review[R]. London: HM Treasury, 2021.
- ROCKSTRÖM J, STEFFEN W, NOONE K, et al. A safe operating space for humanity[J]. Nature, 2009, 461: 472-475.
- RICHARDSON K, STEFFEN W, LUCHT W, et al. Earth beyond six of nine planetary boundaries[J]. Science Advances, 2023, 9(37): eadh2458.
- OSTROM E. Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- MINSKY H P. Stabilizing an Unstable Economy[M]. New Haven: Yale University Press, 1986.
- MINSKY H P. The financial instability hypothesis[R]. Levy Economics Institute Working Paper No. 74, 1992.
- SCHULARICK M, TAYLOR A M. Credit booms gone bust: Monetary policy, leverage cycles, and financial crises, 1870-2008[J]. American Economic Review, 2012, 102(2): 1029-1061.
- JORDÀ Ò, SCHULARICK M, TAYLOR A M. Leveraged bubbles[J]. Journal of Monetary Economics, 2015, 76(S): S1-S20.
- DREHMANN M. Total credit as an early warning indicator for systemic banking crises[J]. BIS Quarterly Review, 2013(June): 41-45.
- ALDASORO I, BORIO C, DREHMANN M. Early warning indicators of banking crises: Expanding the family[J]. BIS Quarterly Review, 2018(March): 29-45.

LAEVEN L, VALENCIA F. Systemic banking crises database II[J]. IMF Economic Review, 2020, 68(2): 307-361.

REINHART C M, ROGOFF K S. This Time Is Different: Eight Centuries of Financial Folly[M]. Princeton: Princeton University Press, 2009.

MIAN A, SUFI A. House of Debt[M]. Chicago: University of Chicago Press, 2014.

FINANCIAL CRISIS INQUIRY COMMISSION. The Financial Crisis Inquiry Report[R]. Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 2011.

CARBON TRACKER INITIATIVE. Unburnable Carbon: Are the World's Financial Markets Carrying a Carbon Bubble?[R]. London: Carbon Tracker, 2011.

CARBON TRACKER INITIATIVE, GRANTHAM RESEARCH INSTITUTE. Unburnable Carbon 2013: Wasted Capital and Stranded Assets[R]. London, 2013.

CALDECOTT B, HOWARTH N, MCSHARRY P. Stranded Assets in Agriculture: Protecting Value from Environment-Related Risks[R]. Oxford: Smith School of Enterprise and the Environment, 2013.

BATTISTON S, MANDEL A, MONASTEROLO I, et al. A climate stress-test of the financial system[J]. Nature Climate Change, 2017, 7: 283-288.

SEMIENIUK G, HOLDEN P B, MERCURE J F, et al. Stranded fossil-fuel assets translate to major losses for investors in advanced economies[J]. Nature Climate Change, 2022, 12: 532-538.

BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION. Climate-related Risk Drivers and Their Transmission Channels[R]. Basel: Bank for International Settlements, 2021.

NETWORK FOR GREENING THE FINANCIAL SYSTEM. Nature-related Financial Risks: A Conceptual Framework to Guide Action by Central Banks and Supervisors[R]. Paris: NGFS, 2024.

FINANCIAL STABILITY BOARD. Assessment of Climate-related Vulnerabilities: Analytical Framework and Toolkit[R]. Basel: FSB, 2025.

WORLD VALUES SURVEY ASSOCIATION. World Values Survey Wave 7 (2017-2022): Cross-National Data-Set[DB]. Vienna/Madrid: WVSA, 2022.

ALLEN R C. Farm to Factory: A Reinterpretation of the Soviet Industrial Revolution[M]. Princeton: Princeton University Press, 2003.

NOVE A. An Economic History of the USSR, 1917-1991[M]. 3rd ed. London: Penguin, 1992.

SOLOW R M. A contribution to the theory of economic growth[J]. Quarterly Journal of Economics, 1956, 70(1): 65-94.

ROMER P M. Endogenous technological change[J]. Journal of Political Economy, 1990, 98(5, Part 2): S71-S102.

HARTWICK J M. Intergenerational equity and the investing of rents from exhaustible resources[J]. American Economic Review, 1977, 67(5): 972-974.

KNACK S, KEEFER P. Does social capital have an economic payoff? A cross-country investigation[J]. Quarterly Journal of Economics, 1997, 112(4): 1251-1288.

ACEMOGLU D, ROBINSON J A. Why Nations Fail: The Origins of Power, Prosperity, and Poverty[M]. New York: Crown, 2012.

GOODHART C A E. Problems of monetary management: The U.K. experience[C]//Papers in Monetary Economics. Sydney: Reserve Bank of Australia, 1975.

GEELS F W. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective[J]. Research Policy, 2002, 31(8-9): 1257-1274.

UNRUH G C. Understanding carbon lock-in[J]. Energy Policy, 2000, 28(12): 817-830.