

每一轮都从新鲜表面开始

论课堂结算规则对未完成中间体的强制清零，及为什么真正的学习稀缺不在投入、支持强度或评价对齐，而在下一轮的发起处

教育学 × 化学 × 管理学

作者 王德生 + Claude

栏目 学科通融 · 站外碰撞

篇幅 约2.5万字 · 30页

发表 2026年8月3日

摘 要

课堂上真正的学习为什么很少发生？三门学科各给一条决定性的驱动：化学说多步转化的实际产出由单一的结合强度描述符决定，而不同中间体对它的相反要求彼此挂钩，使最优值被标度关系封顶；教育学说学习路径由评价条件单独决定，教学意图不进入；管理学说组织赖以存在的合法性条件由实际产出与正式程序之间的脱耦驱动而改变。三条互不相容，却在同一间教室里同时为真。它们共同站着而从未说出的那块地是：**发起权在轮与轮之间是固定的**——被驱动的那一样改变之后，不会回头改变下一轮由谁先动。推翻它的材料来自化学自己：反应中生成的物种会重构活性位点本身，恒定外部条件下的催化剂可以自发振荡。共有前提一撤，三条驱动首尾相接，成为一个每轮闭合的循环。由此命名**未结转中间体**：每一轮真实生成、真实占位，而三家的结算规则只承认起点态与终点态，因而它在任何一家的账上都不是一样东西——不是记录得少，是压根不设字段。真正的学习之稀缺，不是投入不足、支持失当或评价脱耦，而是结算规则强制把每轮的未完成中间体清零，使下一轮的发起处只能落在起始态上。判据一句：**下一轮的头三分之一，处理的是上一轮结束时留下的哪一个具体的未完成处？**配套读数**结转率**在三个领域量纲不同而比率相同，且与既有主要指标正交——一个每节课从复习旧知开始、当堂检测全对、进度严格按教案推进的班级，结转率恰恰是零。

这一篇由哪三个学科的理论体系撞成

第一家主张实际产出由一个条件量单独驱动，而它的可调空间被路径结构本身封死；第二家主张学习路径由评价条件单独驱动，动机、能力、教法都是被带着走的；第三家主张合法性条件由手段与目的的脱耦驱动而改变，前两家讨论的东西都在它的下游。三家不能同为真，且各自的日课正是另一家诊断出的病：教育学要保住的评价对齐，正是管理学诊断为手段一目的脱耦的发生条件（管理判教育）；管理学要重建的合法性来源，在化学看来没有改变任何一步转化的能垒（化学判管理）；而化学所说的支持强度封顶，在教育看来不过是评价没换（教育判化学）。三家对同一节完成度很高的课是否算学习发生，给出互不相容的归属。三家均为站外的公开文献，链接直达原始出处，可自行核对。

化学 · 标度关系、火山曲线与工况下的位点重构

[Groppo, Rojas-Buzo & Bordiga, The Role of *In Situ*/*Operando* IR Spectroscopy in Unraveling Adsorbate-Induced Structural Changes in Heterogeneous Catalysis \(*Chemical Reviews* 123:21, 2023\)](#); 另见 [Twenty years after: scaling relations in oxygen electrocatalysis and beyond \(*Chem. Soc. Rev.* 54:23, 2025\)](#); [Anand, Rohr, Statt & Nørskov, Scaling Relationships and Volcano Plots in Homogeneous Catalysis \(*J. Phys. Chem. Lett.* 11:20, 2020\)](#)

主张活性由单一吸附能描述符决定，而标度关系使多步反应对不同中间体的相反要求无法独立调节，火山峰值因此被封顶；而这一支自己反复确认：把催化剂当成静态材料是错觉，反应中的吸附质会重构活性位点本身——这正是推翻共有前提的那件材料。

<https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.3c00372>

教育学 · 评价对学习路径的前置驱动

[Cilliers, Schuwirth, Herman, Adendorff & van der Vleuten, A Model of the Pre-Assessment Learning Effects of Summative Assessment in Medical Education \(<i>Advances in Health Sciences Education</i> 17:1, 2012\); 另见 Frederiksen, The Real Test Bias \(<i>American Psychologist</i> 39:3, 1984\); How does assessment drive learning? \(<i>Assessment & Evaluation in Higher Education</i>, 2023\)](#)

主张学习者在考前的认知加工与元认知调节由任务要求与系统设计共同塑形，凡不能被评价形式测到的能力会从课堂上消失；而这一支自己承认，当评价不可预测时路径反而不由评价驱动——评价的驱动力依赖可预期性，而可预期性不由评价自己提供。

<https://doi.org/10.1007/s10459-011-9292-5>

管理学 · 手段与目的之间的脱耦

[Bromley & Powell, From Smoke and Mirrors to Walking the Talk: Decoupling in the Contemporary World \(<i>The Academy of Management Annals</i> 6:1, 2012\); 另见 Meyer & Rowan, Institutionalized Organizations \(<i>AJS</i> 83:2, 1977\); Espeland & Sauder, Rankings and Reactivity \(<i>AJS</i> 113:1, 2007\)](#)

主张在问责与透明压力上升的当代环境里，政策—实践脱耦正在减少，而更普遍也更严重的是手段与目的之间的脱耦：动作都做了，动作与目的的联系不可核查；而这一支自己承认，当后果直接、快速、不可否认时脱耦维持不住——其驱动力依赖后果的不可读性。

<https://doi.org/10.1080/19416520.2012.684462>

目 录

摘要.....	5
---------	---

一、导论：三个不该同时为真的判断.....	6
二、三家各自的立场与时序读数	7
三、冲突定位：三条驱动在同一间教室里互不相容.....	9
四、三家共同站着的那块地	10
五、推翻它的那件材料，来自化学自己.....	11
六、理论框架	12
七、辨别格：完成度 × 结转	15
八、结转率：一个三领域量纲不同而比率相同的读数.....	16
九、判据：一句不含情态词的问话	17
十、十个行当走一遍	18
十一、与最近的几种说法的分界	19
十二、两处反过来加的约束	21
十三、三家为什么各自到不了这一步.....	22
十四、接受与不接受，各自的代价	23
十五、与本栏几篇近作的分界	24
十六、不适用的边界	25
十七、证伪条件与一条写死日期的赌注.....	25
十八、本文自己的结转率	27
结 语.....	27
注 释.....	27
伦理与证据边界	28

摘要

课堂上真正的学习为什么很少发生？三门学科各自给出了一条决定性的驱动：化学认为一个多步转化的实际产出由单一的结合强度描述符决定，而不同中间体对结合强度的相反要求彼此挂钩，使最优值被封顶；教育学认为学习者的路径由评价条件单独决定，教学意图不进入；管理学认为组织赖以存在的合法性条件由实际产出与正式程序之间的脱耦驱动而改变。三条驱动互不相容，却在同一间教室里同时为真。本文指出三家共同站着而从未说出的那块地：**发起权在轮与轮之间是固定的**——被驱动的那一样改变之后，不会回过头改变下一轮由谁先动。推翻它的材料来自化学自己：反应过程中生成的物种会重构活性位点本身，恒定外部条件下的催化剂可以自发振荡。由此三条驱动首尾相接，构成一个每轮闭合的循环。本文提出**未结转中间体**：每一轮真实生成、真实占据位点，而三家的结算规则只承认起点态与终点态，因而它在任何一家的账上都不是一样东西。真正的学习之稀缺，不是投入不足，不是支持强度失当，也不是评价与目标脱耦，而是结算规则强制把每轮生成的未完成中间体清零，使下一轮的发起处只能落在起始态上。判据一句：**下一轮的头三分之一，处理的是上一轮结束时留下的哪一个具体的未完成处？** 配套读数为**结转率**，在三个领域量纲不同而比率相同，且与既有主要指标正交。

关键词：未结转中间体；结转率；发起处；清零式结算；手段一目的脱耦；活性位点重构

Title: Every Round Starts on a Fresh Surface

Subtitle: On the compulsory zeroing of unfinished intermediates by classroom settlement rules, and why the scarcity of real learning lies not in effort, support strength, or assessment alignment, but in where the next round begins

Abstract: Why does real learning so rarely happen in classrooms? Three disciplines each name a decisive driver. Chemistry holds that the observable turnover of a multi-step transformation is set by a single binding-strength descriptor, while scaling relations couple the conflicting requirements of different intermediates and cap the achievable optimum. Education holds that learners' study paths are determined by assessment conditions alone, with teaching intentions never entering. Management holds that an organisation's legitimacy environment is driven to change by the decoupling of actual outcomes from formal procedure. The three drivers are mutually exclusive, yet all three hold in the same classroom. This paper identifies the ground all three stand on without stating it: that the right of initiation is fixed across rounds — that what gets driven, once changed, does not turn back and change who moves first next round. The material that overturns this comes from chemistry itself: species generated during reaction restructure the active site, and catalysts can oscillate spontaneously under constant external conditions. The three drivers therefore link end to end into a cycle that closes each round. The paper names the **uncarried intermediate**: something really generated and really occupying a site each round, which no

settlement ledger recognises as a thing, because those ledgers admit only initial and final states. The scarcity of real learning is not insufficient effort, mis-set support, or means-ends decoupling; it is that settlement rules compulsorily zero each round's unfinished intermediate, so the next round can only begin at the initial state. The operational question: **in the first third of the next round, which specific unfinished point left at the end of the previous round is being handled?** The accompanying reading is the **carry-over ratio**, which has different units but the same proportion across all three fields, and is orthogonal to existing headline indicators.

Keywords: uncarried intermediate; carry-over ratio; locus of initiation; zeroing settlement; means-ends decoupling; active-site restructuring

一、导论：三个不该同时为真的判断

一间教室，四十五分钟。铃响时教师合上教案，学生合上练习册，本节课的教学目标全部达成，当堂检测正确率九成以上，作业布置清楚，进度与教学计划一致。任何一项形式审查都能通过。

三个月后，这批学生在一个没有教过的新情形里，表现得像从没学过这个单元。

这不是一个新观察。它有过很多名字：惰性知识、表层学习、应试化、学了就忘。每一个名字都指向同一个现象，而每一个名字给出的解释都停在同一处：**学生没有真的学**。于是处方也停在同一处：让他们更投入、给更合适的支持、把评价与目标对齐。三十年下来，这三条处方各自都有过局部有效的证据，也各自都在推广之后被吸收掉。

本文不打算再增加一条处方。本文要处理的是一件更前面的事：**当我们说"这一节课的学习没有发生"时，我们默认了一个结算单位——一节课、一个单元、一个学期。而这个单位不是自然给定的，它是被结算规则切出来的。切法本身是否改变了被切的那样东西，从来没有人问过。**

要把这件事问出来，需要三条互不相容的判断同时摆在桌面上。它们分别来自化学、教育学和管理学，而且它们各自都主张自己那一条是决定性的、另外两条只是被带着走的结果。

第一条来自异相催化。一个多步转化的实际产出由什么决定？主流的电催化理论框架给出的答案极其单一：由反应中间体在催化剂表面的吸附能这一个描述符决定，把它作为横坐标画出来，活性呈现一条火山曲线，峰值在中等结合强度处——太弱则活化不了，太强则脱附不下来。这条判断的锋利之处不在火山本身，而在**标度关系**：不同中间体的吸附能在同一族材料上彼此线性挂钩，你无法把其中一个单独调好而不动另一个。二十年来，越过火山峰值被公认为该领域的中心难题，甚至专门造了一个词来称呼一切试图绕过标度关系的策略。也就是说，这一家主张：**产出由一个条件量单独驱动，而这个条件量的可调空间被路径本身的结构封死了。**

第二条来自教育评价研究。学习者实际走的路径由什么决定？这一家的答案同样单一：由他预期的评价条件决定，与教师的意图无关。这不是一个温和的相关性主张——四十年前就有人指出，考试形式本身构成

了对教学最真实的偏倚，凡是不能被那种形式测到的能力，就会从课堂上消失。近年在真实高等教育场景中对总结性评价的**前置学习效应**所做的追踪，把这条机制拆得更细：任务要求与系统设计共同塑造了学生在考前的认知加工与元认知调节方式。这一家主张：**路径由评价条件单独驱动，动机、能力、教法都是被它带着走的。**

第三条来自组织理论。一个组织赖以存在的条件由什么驱动而改变？这一家的答案是脱耦。经典版本说的是政策与实践之间的缝隙；而更前沿的版本指出，在管理科学扩张、问责与透明压力普遍上升的当代环境里，那种缝隙已经被大量填平——组织确实照做了，真正上升的是另一种缝隙：**手段与目的之间的缝隙**。所有该做的动作都做了，而这些动作与它们声称要达成的结果之间的联系变得不可核查。这一家主张：**合法性条件由手段与目的的脱耦驱动而改变，效率、技术、人员都是被它带着走的。**

三条判断不能同时为真——至少按它们各自的说法不能。若化学那条对，路径的可能性被条件量封死，那么评价改不改都动不了根本。若教育那条对，评价一变路径就变，那么所谓的封顶不过是评价没换。若管理那条对，前两条讨论的东西都在合法性环境的下游，改评价与改支持都只是在被驱动的一侧折腾。

而它们在同一间教室里都能找到证据。

本文立的是：三条驱动不是三个互相竞争的答案，它们是**同一个循环的三步**。每一轮教学，这三步都完整地跑完一次，且顺序固定。真正的学习之所以稀缺，不是因为循环没跑，恰恰是因为它每一轮都跑满了——而结算规则要求每一轮在结束时把该轮生成的未完成中间体清零，于是下一轮的发起处永远落在起始态上，累积在原理上不可能。

下面的路线是：先把三家各自的立场与它们各自的时序读数摆清楚（第二节），再定位它们真正互斥在哪里（第三节），然后指出三家共同站着的那块地并用其中一家自己的材料把它推翻（第四、五节）；由此得到那个循环与那个被清零的东西（第六节），给出辨别格与一个可清点的读数（第七、八节），一句不含情态词的判据（第九节），十个行当的兑现（第十节），与最近的几种说法的分界（第十一节），两处反过来削弱本文的约束（第十二节），三家为什么各自到不了这一步（第十三节），接受与不接受本文各自的代价（第十四节），与本栏几篇近作的分界（第十五节），不适用的边界（第十六节），证伪条件与一条写死日期的赌注（第十七节），最后是本文自己的位置（第十八节）。

二、三家各自的立场与时序读数

2.1 化学：产出由一个条件量单独驱动，而它的可调空间被路径封死

异相催化与电催化的现行理论框架把一个多步反应的活性归结为一个描述符。以氧还原为例，决定活性的是几个含氧中间体在表面上的吸附自由能；把其中一个作为描述符，活性—描述符曲线呈火山形。这套做法的力量在于它把材料筛选变成了一维搜索：给定一个目标反应，你只需要找到吸附能落在峰值附近的材料。

它的困难也在这里。不同中间体的吸附能不是独立的。在同一族过渡金属表面上，它们之间存在近乎线性的标度关系，斜率由结合原子的价态结构决定。这意味着：当你把材料换得对某个中间体更友好时，另一个中间体也随之被拉动，而多步反应对这两者的要求方向相反。于是火山的峰值不是"还没找到更好的材料"，而是**由标度关系本身给定的上限**。二十年来，这一点被反复确认为该领域最根本的限制，绕过标度关系被当作核心挑战，甚至在二〇一五年就被专门命名为"circumventing"这一类策略。

这一家的动力式写出来是：**多步路径对不同中间体的相反要求，与单一的结合强度条件不容 → 实际做出来的转化速率与选择性改变。**

它的时序读数很清楚：先动的是材料（换金属、换合金、换配体），吸附能随之改变；活性在同一批实验里就跟上；跟不上的那一步是标度关系——你想单独把"活化容易"提上去，"脱附容易"会同步掉下来。

按本文的选源纪律，每一家都必须自曝一处"我这条驱动在什么情形下反而是被驱动的"。化学这一家的自曝极其干脆：**在反应条件下，活性位点本身会被吸附质重构。**关于这一点，该领域近年的综述写得毫不含糊：把多相催化剂理解为一种在反应中不发生任何永久性变化的静态材料，是一个错觉；催化剂的表面与体相结构在反应物、中间体与产物在场时是动态改变的，相关报道的数量已经数不清。也就是说，那个作为驱动的描述符，本身可能是被它所驱动的产物改写的。

这一处自曝，将在第五节被取出来使用。

2.2 教育学：路径由评价条件单独驱动

这一家的主张有一个长期被引用的最强版本：考试形式构成了对教学最真实的偏倚——不是因为题目不公平，而是因为凡是不能被那种形式测到的东西会逐渐从课堂上消失。它的推论极其硬：教学内容的分布不由课程标准决定，也不由教师的判断决定，而由可被那种形式记录下来的东西决定。

近年在真实场景中的机制研究把这条链条拆开了。在对医学教育中总结性评价的前置学习效应所做的一项质性追踪里，研究者发现学生在考前的学习被两组变量塑形：任务要求与系统设计。任务要求指这一次考什么、怎么考、覆盖到哪；系统设计指整套评价在时间上如何排布、权重如何、失败的后果是什么。二者共同作用于学生的认知加工活动与元认知调节活动。近两年围绕"评价如何驱动学习"的讨论则把焦点移到了学生评判自身作品质量的能力上，也就是说，评价不仅决定学生学什么，还决定他们用什么标准判断自己学没学会。

这一家的动力式是：**学生已经表现出来的样子，与他所处的评价条件不容 → 他的学习路径改变。**

时序读数：评价形式一变，路径在一到两周内跟上——这在任何一次考试改革后的第一次模拟考里都能看到；而教学方式的跟进要慢得多，通常滞后一个学期以上。跟不上的那一步是教师的教学习惯。

这一家的自曝：**当评价不可预测时，路径反而不由评价驱动。**在开放任务、随机抽查、或结果与个人利害脱开的场合，学生的路径会退回到由兴趣与能力驱动。也就是说，评价的驱动力依赖于**可预期性**，而可预期性并不由评价自己提供——它由制度的稳定性提供。这一处同样留待第五节。

2.3 管理学：合法性条件由手段一目的脱耦驱动而改变

最后一家的主张是：一个组织之所以以现在这个样子存在，主要不是因为它效率高，而是因为它在所处的环境里被认为是正当的。经典表述指出，组织会采纳外部环境中被广泛认可的形式结构，而这些结构与实际的技术活动之间保持松散连接——政策与实践脱耦。

更前沿的版本对这一点做了重要的更新。在管理科学扩张、问责与透明要求普遍上升的当代环境下，组织受到的压力越来越指向“把政策与实践对齐”，因此政策—实践之间的那种脱耦确实在减少。但作者指出，这掩盖了另一种更普遍也更严重的脱耦：**手段与目的之间的脱耦**。组织确实实施了政策，确实产生了大量可核查的活动，而这些活动与它们声称要达成的结果之间的因果联系是不可核查的、常常也是不存在的。

这一家的动力式是：**组织实际做出来的产出，与它所声称的正式程序不容 → 它赖以存在的合法性条件改变。**

时序读数：先动的是可核查性——审计、排名、评估、认证的引入；实践在一到两年内跟上，表现为表面合规；而手段—目的之间的缺口扩大要滞后五到十年，并且**不产生任何信号**，因为这个缺口按定义落在可核查范围之外。

这一家的自曝：**当后果直接、快速、不可否认时，脱耦维持不住。** 飞机坠毁、工厂爆炸、桥梁垮塌——在这些场合，合法性由实际后果驱动，而不是相反。也就是说，脱耦的驱动力依赖于**后果的不可读性**，而后果读不读得出，不由组织自己决定。

三、冲突定位：三条驱动在同一间教室里互不相容

三条判断的互斥，要放在一个具体的对象上才看得清。取一个所有学校都有的对象：**一节被评为优秀的公开课。**

化学那一家会怎么读它？它会问周转：进料是什么、出料是什么、转化率多少、选择性多少。当堂检测正确率九成，说明这一轮的焦点转化确实发生了。若还要问为什么不能更高，它的答案是标度关系——教师给的支持强度是一个单一的条件量，支持太弱学生启动不了，支持太强学生不需要自己完成任何一步。峰值就在中间某处，而“启动容易”与“放手容易”在同一根支架上彼此挂钩，无法独立调节。**结论：这一节课已经接近它的上限，剩下的空间靠调支持强度拿不到。**

教育那一家会怎么读？它会问路径：学生为什么这么做题？答案是他们预期会被这样考。若这一节课的评价形式是当堂检测，那么学生的路径就是把内容组织成能在十分钟内被检测到的形态。**结论：这一节课的路径完全由它的评价形式决定，要改必须先改评价；调支持强度是在被驱动的一侧折腾。**

管理那一家会怎么读？它会问这节课在什么系统里被认可。公开课是一种可核查的活动形态：有教案、有环节、有互动记录、有听课评分表。它的合法性来自这套形式与外部认可标准的一致性。至于这套活动与“学生学会了”之间的联系，不可核查。**结论：这一节课的完成度越高，越说明它在手段—目的脱耦的那一侧走得深；调评价形式不过是换一套可核查的手段，缺口依旧。**

三条读法给出的处方互相取消。化学说别在支持强度上花力气了，教育说必须先改评价，管理说改评价只是换一套手段。若按化学的处方去打破"支持强度"这一个描述符的封顶，教育那一家会说你没动评价所以路径不会变；若按教育的处方去改评价，管理那一家会说你造出的是一套新的可核查手段；若按管理的处方去重建合法性来源，化学那一家会说你没有改变任何一步转化的能垒。

更要紧的是，三家对同一个问题给出了互不相容的归属：**这一节完成度很高的课，算不算"学习发生了"？**化学判算——焦点转化完成，转化率可测。教育判要看考什么——若评价形式与目标对齐则算，不对齐则不算。管理判不算——手段与目的之间的联系不可核查，完成度本身正是脱耦的表现。

这个归属的分歧不能靠"判谁对"化解，因为三家根本不在同一个语域里作答：一个问的是转化有没有发生，一个问的是路径由谁决定，一个问的是这套活动凭什么被认可。唯一的出路是找出它们共同站着的那块地。

四、三家共同站着的那块地

把三家的争论压成同一个句式，形状立刻出来：

> 三家争的是，**课堂里那一次真正的转化，该由哪一样单独驱动。**

化学说由条件量（结合强度）驱动，教育说由评价条件驱动，管理说由合法性条件驱动。三家吵得很凶，而它们之所以能各自把自己那条主张成决定性的，靠的是一个谁都没有说出口的东西：

> **发起权在轮与轮之间是固定的。**

也就是说，三家共同假定：被驱动的那一样改变之后，**不会回过头改变下一轮由谁先动**。化学假定，这一轮由吸附能驱动的转化，不会改变下一轮的吸附能是谁说了算；教育假定，这一轮由评价驱动的路径，不会改变下一轮评价的位置；管理假定，这一轮由合法性驱动的实践，不会改变下一轮合法性的来源。

这个假定从来不会被写进任何一篇论文的假设部分，因为它不像一个假设，它像一个常识。把它念给三家听，三家都会说：这还用说吗——我们说的就是这个驱动那个。**不引起争论，正是它是共有前提的证据。**

它带来两个后果，都很隐蔽。

第一个后果是，**每一轮都可以被独立地结算**。既然驱动方向固定，那么第 n 轮的结果只取决于第 n 轮的输入，不取决于第 $n-1$ 轮留下了什么。于是"一轮"就成了一个自足的单位：一次实验批次、一节课、一个考核周期。可以逐轮清点、逐轮比较、逐轮改进。整个现代教学设计、整个绩效管理、整套反应工程的动力学建模，都建立在这一点上。

第二个后果是，**中间态没有位置**。一个自足的单位只需要记录两样东西：起点态与终点态。中间发生了什么，只是从起点到终点的过程细节；过程细节可以研究，但它不进结算。化学里这一步做得最干脆，甚至有一个专门的标准操作把它执行掉——**稳态近似**：把中间体的浓度对时间的导数设为零，于是中间体从总

速率方程里被完全消掉，只剩反应物与产物。这是化学动力学的日常工序，一百多年来被反复使用，任何一本教科书都有。

请注意稳态近似的性质：它是一个**近似**，它的成立条件是**中间体不积累**。当中间体真的积累时，它就不成立了。

而这正是下一节要用到的裂口。

五、推翻它的那件材料，来自化学自己

推翻共有前提的材料，不能从外面搬。从外面搬一个理由来说"驱动方向其实不固定"，得到的只是第四家的立场——三家会各自退回自己的阵地，说你没有理解我们领域的问题。要让三家退不回去，那件材料必须是三家之一自己已经掌握、已经发表、反复引用、只是没有往这个方向用的事实。

化学有两件，而且是同一件事的两面。

第一件：反应过程中生成的物种会重构活性位点本身。

这在异相催化里已经不是新闻。一篇二〇二三年的综述在开篇就把话说死了：把多相催化剂定义为"一种能加速反应而自身不发生任何永久化学变化的材料"，会给人一个错觉，以为催化剂是静态的；实际上并非如此，任何在这一领域工作的人都知道，催化剂的表面与体相结构在反应物、中间体与产物在场时是动态改变的，而报道这类吸附质诱导结构变化的工作数量已经数不清。更具体的例子早在半个多世纪前就有：一氧化碳在场时铈纳米粒子会解体成挥发性羰基物种，再在载体表面重新沉积。

这意味着什么？意味着**上一轮的产物，改写了下一轮的活性位点**。你精心制备的那个催化剂，在第一轮跑完之后已经不是它了。你以为第二轮的驱动仍然是你选的那个描述符，实际上驱动已经移交给了上一轮留在表面上的那一层。

第二件：在恒定的外部条件下，系统可以自己产生轮次。

用工况透射电镜观察一氧化碳氧化反应中的钯纳米粒子，可以看到粒子在"圆"与"扁"两种形貌之间周期性转变，晶面随之改变；而这种重构导致了在**恒定反应条件下**转化率的自发振荡。外部什么都没变，产物却按轮次起伏。这在化学里被当作一个动力学现象来研究，用来理解振荡反应与位点动态性。

现在把它拿来当作关于共有前提的证据看：**若驱动方向真的固定，恒定输入就应当给出恒定输出**。出现自发振荡，只有一种解释——这一轮的输出改写了下一轮的输入结构，发起权在轮与轮之间移交了。

这两件材料在化学自己的领域里回答的是另一个问题：如何在工况下表征催化剂，如何解释催化剂的失活与振荡。**没有人把它们当作"驱动方向不固定"的证据**，因为在化学的问题结构里，位点重构是一个需要被表征、被抑制、被利用的现象，不是一个关于因果方向的命题。

而对本文来说，它推翻的正是那条共有前提：**被驱动的那一样改变之后，会回过头改变下一轮由谁先动**。

一旦这条被推翻，稳态近似的性质就变了。它仍然是一个好的数学工具，但它成立的条件——中间体不积累——不再是一个自然事实，而成了一个**需要被制造出来的条件**。在工业上，这个条件是靠周期性再生制造出来的：把积炭烧掉，把表面复原到接近初始态，然后开始下一批。**为了让每一轮都可以被独立结算，工程上真的会去把上一轮留下的东西烧掉。**

这就是本文标题的来路。

前两件都是现象层的。还有第三件，它在账本层，而且比前两件更硬——因为它不是一个可以被表征、被抑制、被利用的现象，它是化学自己写进术语规程里的一条记账规定。

国际纯粹与应用化学联合会对**动力学链长**的定义是：链传递速率，除以全部链终止过程速率之和。紧接着的注释写明：链终止过程包括结合终止与歧化终止，**但不包括链转移**。

链转移是这样一件事：一条正在增长的链从另一个分子上夺走一个原子，这条链就此停止增长、成为死链；而被夺走原子的那个分子成了新的活性中心，它可以发起一条新的链。从这条链的角度看，它结束了；从活性中心的角度看，什么也没有失去——发起权只是换了一个持有者。

化学之所以要把链转移排除在终止之外，理由完全是技术性的：终止消灭活性中心，因而降低动力学链长；链转移不消灭活性中心，因而不降低它，只降低单条分子链的长度。两件事在实验上可分，在工业上被分开控制——链转移剂正是为此被专门加进反应体系的：让每条分子链变短，而整体转化速率几乎不变。

现在把这条规程读成一句关于结算的话：**一次产物的生成，并不等于一次活性的消失**。二者是否同时发生，取决于有没有一个可以接过活性中心的位置。

这一件与前两件的分量不同，因为它不是化学的一个发现，是化学的一条记账规定。前两件说明“驱动方向可以掉头”这件事在物理上确实会发生；这一件说明，**化学的账本上本来就设了一栏，用来区分“这条链死了”与“活性被熄灭了”**——而教育与管理的账本上没有这一栏，它们只有完成与未完成、闭环与未闭环。

这正是下一节那个空缺的直接证据：未结转中间体之所以在三家账上不是一样东西，不是因为它太小、太难测、太转瞬即逝，而是因为其中两家的账本在设计上就只认起点态与终点态。化学吃过亏，所以它设了这一栏；另外两家没吃过这个亏，因为它们的账从来都算得平。

六、理论框架

6.1 三条驱动首尾相接：一个每轮闭合的循环

共有前提一旦撤掉，三条驱动就不再是三个互相竞争的答案，而是可以首尾相接。

把一间教室的一轮教学写成三步：

第一步（化学那条）：教师给出的支持强度与这次转化的多步要求不容——支持太弱学生启动不了，太强学生不必自己完成任何一步，而"容易启动"与"容易放手"挂在同一根支架上——于是**实际做出来的转化形态改变**：产出合格，而完成产出的那条路不是原本想要的那条。

第二步（管理那条）：实际做出来的产出与学校所声称的正式程序不容——教案上写的是"培养学生的推理能力"，实际发生的是"学生按一个可在十分钟内被检测的形态组织答案"——于是**这套活动赖以被认可的条件改变**：认可从"学生学会了"移到"这套环节做得完整"，也就是手段与目的之间的联系变得不可核查。

第三步（教育那条）：学生已经表现出来的样子与新的认可条件不容——他发现被认可的是可核查的形态而不是理解——于是**他的学习路径改变**：他开始按可核查的形态组织自己的学习。

第三步的产物是新的路径，新的路径与支持条件一起进入第一步，循环闭合。

这个闭合不是修辞。三步各自的"被驱动项"互不相同——第一步改的是产出形态，第二步改的是认可条件，第三步改的是路径——而每一步的输出恰好是下一步的输入之一。三步跑完，回到起点，且每一样都被改过一次。

它也解释了一个反复出现却从未被解释的现象：**教学改革在实验期有效，推广后被吸收。**在实验期，外部观察者的在场临时改变了认可条件（这一段时间里被认可的是"改革有没有被真正实施"而不是"环节有没有做完整"），于是第二步的输出被外部按住了，循环被打断一轮。观察者一撤，循环立即恢复，改革被吸收进第二步——它变成了新的一套可核查的环节。

6.2 未结转中间体

现在到了本文的核心。

在上面那个循环里，每一轮都会生成一样东西，而这样东西在三家的账本上都没有位置。

化学的账本记转化率与选择性。未转化的原料记作回收，副产物记作废料，而**吸附在表面上、既不是原料也不是产物、正在半途中的那一层**——它在账上的名字是"失活"，一个负项。稳态近似更彻底：它把这一层的浓度导数设为零，从方程里消掉。

教育的账本记"掌握"与"未掌握"。而**这一节课上被真正打开、学生已经开始重构自己的想法、但铃响时还没走完的那一段**——它在账上的名字是"未掌握"，与"从来没有开始"记在同一格。

管理的账本记"达标"与"未达标"。而**跨在两个考核周期之间、这个周期做了但不能结算的在制品**——它在账上的位置是零。

三处的共同形状是：**每一轮都会生成一类"已经开始、尚未完成、并且按结算规则不能被带到下一轮"的中间态**；而三家的结算规则都只承认起点态与终点态，因此它在任何一家的账上都不是一样东西。

本文把它命名为**未结转中间体**。

必须说清楚这个命名的性质。它不是"一个被记录得太少的东西"，也不是"一个难以测量的东西"。它是一个**在现行结算规则下没有本体地位的东西**——不是记得少，是压根不设字段。而这带来一个特殊的后果：由于结算规则决定了下一轮的发起处（教师从账本上的"未掌握项"开始，实验室从新鲜催化剂开始，部门从新立项开始），而未结转中间体不在账本上，**它不会被接上；接不上，它就真的消失了。**

也就是说：**删掉这个读数，它不是变得难测，而是不存在。**它的存在方式就是"被下一轮接上"。

6.3 结算规则：只承认起点态与终点态

把结算规则写清楚，本文的机制就完整了。

一条结算规则由三件事构成：轮的边界在哪里、什么进账、什么清零。三个领域的规则形状惊人地一致。

化学：轮=一个批次或一次运行；进账=进料与出料；清零=**再生**，把表面复原到接近初始态。工业上大量催化过程必须周期性再生，因为积炭若不烧掉会使反应完全停止。

教育：轮=一节课或一个单元；进账=当堂检测与单元测验；清零=**下课**，未走完的那一段被归入"未掌握"，下节课有它自己的教学目标。教师若在下节课回到上节课的具体停留处，会占用本节课的目标达成时间，而这会在听课评价与进度检查中被记为失分。

组织：轮=一个考核周期；进账=周期内可结算的产出；清零=**结账**，未结算项被关闭或重开为新项。

三条规则都不是错的。它们各自解决的都是真问题：再生解决的是催化剂寿命与可比性，下课解决的是教学的可组织性与可问责性，结账解决的是资源分配与责任划分。**没有轮次，就没有可比较的读数；没有可比较的读数，就没有任何形式的改进。**

问题不在于有轮次，问题在于**轮的边界处发生了什么**。而这一点，正因为它落在两轮的缝里，不属于任何一轮的账，所以从来没有被作为一个变量处理过。

6.4 清零不是遗忘，是发起处的重置

这里要拦一个很自然的误读：这不就是"忘了"吗？不就是保持率的问题吗？

不是，而且这个区别是本文与既有说法的主要分界线之一。

"忘了"说的是同一份内容随时间流失。它的处置是重复、间隔、提取练习，而这些处置全部作用于**内容的再次呈现**。

清零说的是另一件事：**下一轮从哪个状态开始**。一个学生完全记得上节课讲了什么（内容留存良好），而下节课从"我们上次学了因式分解，今天学配方法"开始——这一轮的发起处落在起始态，不落在他上次停下的那个具体的困惑上。内容一点没忘，中间体照样清零。

反过来也成立：一个学生把上节课的内容忘了大半，而教师这节课从"上次有三个人问到为什么这里要变号，我们今天从这里开始"开始——中间体被结转了，尽管内容留存很差。

两者可以任意组合，因而是两个独立的变量。**保持率测的是内容的留存，结转率测的是发起处的位置。**现行的所有教学测量都锚在前一个上。

清零之所以致命，是因为它作用在**发生的入口**上，而不是作用在已经发生的东​​西上。一段被打开而未走完的理解，是一个高能​​量的中间态：学生正处在"原来的想法已经动摇、新的想法还没成形"的位置。这个位置极不稳定，它要么在下一轮被接上继续走，要么塌回原来的想法。塌回去之后，从外面看什么都没发生过——他的前测与后测都一样。**唯一能读出它存在过的时刻，是它被接上的那一次。**

七、辨别格：完成度 × 结转

把上面的东西压成一张两轴的表，四格各有各的现实对应。

横轴：**本轮的焦点转化是否完成**（产出是否合格）。纵轴：**上一轮生成的未完成中间体是否被结转**（本轮的发起处是否落在它上面）。

	上一轮中间体被结转	上一轮中间体被清零
本轮转化完成	累积发生：产出合格且接着上一轮往前走	靶格 ：每一轮都干净完成，每一轮都从零开始
本轮转化未完成	慢而在走：本轮没做完，但确实接上了上一轮	明显失败：没接上，也没做完

左下那一格是任何人都看得见的失败，不需要任何框架。右上那一格是所有人都想要的，也不需要框架去辨认。

要打的是**右上角对面的那一格：本轮转化完成，上一轮中间体清零**。它符合靶格的三条签名：

其一，它在短期指标上表现为改善。每一轮都完整完成，转化率高、当堂正确率高、进度不拖、达标率高。所有形式审查都能通过——这正是优质公开课、优质批次、优质考核周期的形状。

其二，它的失效不产生任何信号。失效表现为"下一个单元又要从头讲"，而这被解释为学生忘了、基础差、生源问题；表现为"每一批之间都要再生"，而这被记入正常的操作规程；表现为"每个周期都要重新立项"，而这被记为项目管理的常态。没有任何一份记录会写"这一轮的发起处落在起始态上"。

其三，它自我加固。越是要求每一节课有明确的教学目标并当堂达成，就越必须在下课时把状态清零——因为一个未完成的中间态无法写进"本节课目标达成"的验收；越是要求批次之间可比，就越必须再生到同一初始态；越是要求周期结算清晰，就越必须关闭未结算项。**规范化程度越高，右下格越牢固。**

左下格是本文最重要的对照格。它排除了一种最省事的误读——"是不是就是没做完而已"。左下格里，本轮确实没做完，而它接上了上一轮；本文预测它的长期表现优于右下格。这个预测与"完成度越高越好"的常识正面相反，也正是第十七节要拿去检验的那一条。

八、结转率：一个三领域量纲不同而比率相同的读数

一个辨别维度若不能被清点，它就只是一个说法。本文给出的读数是：

> **结转率** = 最近 N 轮中，本轮的发起处落在上一轮终态（未完成中间态）上的次数，占 N 的比例。

它在三个领域里的兑现方式如下，量纲不同，比率相同。

化学：连续使用同一份催化剂的 N 个批次中，有多少个批次的起始表面态是上一批的终态。可清点的代理是**再生工序的占比**——每两批之间必须烧碳复原一次的批次占比，即为结转率的补数。工况表征给出更直接的读数，但即使没有工况设备，运行日志里的再生记录已经存在。

教育：连续 N 节课中，有多少节课的开场三分之一处理的是上一节课结束时留下的一个具体的未完成处。可清点的证据是教案与课堂录音：开场是否指向上一节课的某个具体的困惑、某个当时没走完的推理、某个学生提出而未被处理的反例；还是指向“我们上次学了 X，今天学 Y”。“复习旧知”不计入结转——复习是回到起始态，不是接上终态。这一条区分是整个读数的关键。

组织：连续 N 个考核周期中，有多少个周期的起始工作项是上一周期未结算的在制品被继承、而非被关闭重开。工单系统与项目管理系统里的数据已经存在，只需按“继承／关闭重开”两类编码。

四条性质逐条对照：

无量纲：三处都是比例，可以并排比较。一个实验室的结转率与一个班级的结转率放在同一张图上是有意义的。

可事后清点：不依赖任何现场判断，也不需要询问当事人的感受。录音、日志、工单记录在多数机构里已经存在。

把一个印象变成一个数：教师常说“这个班有底子”“这个班断层严重”，实验室常说“这台设备状态好”，部门常说“这个项目一直在往前推”。这些印象一直没有对应的读数。

与既有主要指标正交——这是四条里最容易漏也最要命的一条，必须举出一个“既有指标最好看、而这个数最难看”的真实例子：

> 一个每节课都从复习旧知开始、当堂检测全对、进度严格按教案推进的班级，**结转率恰恰是零**。因为“复习旧知”是回到起始态，不是接上上节课的终态；当堂检测全对意味着每一节课都在下课前把状态归零到“已掌握”；严格按教案推进意味着发起处由教案而非由上一节课的终态决定。**这个班的所有既有指标都处在最好看的一侧，而结转率为零**。

反向的例子同样存在：一个进度落后、当堂检测不理想、教案经常被临时改动的班级，可能有很高的结转率——因为教师每节课都在处理上节课真正卡住的地方，而这拖慢了进度。**这正是本文预测长期表现更好、而现行制度会判定为教学事故的那一类**。

工业上的对应例子更干脆：**转化率最高、批次一致性最好的生产线，往往结转率为零**，因为它靠的正是每批之间的彻底再生。

结转率还带来一条反直觉的推论，而它来自同一条记账规程。

动力学链长既然是传递速率除以终止速率之和，那么提高引发速率会怎样？直觉的答案是产量上升。实际的答案相反：**在多数链式体系里，加大引发反而降低链长**。原因很朴素——终止通常是双分子过程，引发越多，同时存在的活性中心越多，两两相遇而彼此熄灭的机会越大；于是每一次引发能带出来的传递轮次反而更少。总产量可能上升，而“每一次发起能走多远”下降。

把它译到课堂上，得到一条与通行做法正面相反的预测：**在单位时间里抛出更多好问题、发起更多探究、启动更多小任务，会降低结转率**。不是因为学生跟不上，而是因为同时被打开的未完成中间体越多，它们越是在竞争同一份有限的、能被下一轮接住的容量；打开得越多，被接住的比例越低。

这一条与第十二节那处“积炭堵塞”的约束方向不同，不可互相替代。那一处说的是**存量**：累积过多则下一轮无法在被占据的状态上继续。这一条说的是**流量**：发起密度本身就压低结转比例，即使总量远未到堵塞。二者可以同时成立、同时不成立，也可以一个成立一个不成立，因而它们是两条独立的可检验命题。

据此增加一条证伪条件：**在内容覆盖量、课时总量与学生先备水平匹配的条件下，若单位课时内新开启的未完成中间体数量与结转率之间不存在负向关系，则本节这一推论为伪**（同一学区同一学科 $N \geq 6$ 个平行班，严禁以两个地区的对比充数）。这条检验的成本很低：两个量都可以从课堂录像与教案上逐节清点。

若它成立，它给出的干预与“多启发”这一整套通行做法相反：**要提高结转率，先要减少每一轮的发起数**，把腾出来的容量留给上一轮那个具体的未完成处。

九、判据：一句不含情态词的问话

本文的判据是：

> **下一轮的头三分之一，处理的是上一轮结束时留下的哪一个具体的未完成处？**

这句话可以拿去问教案、录音、日志、工单，而不需要问任何人的判断。它不含“应当”“充分”“真正”“恰当”这类词，也不要求评价者对教学质量有任何看法。它只要求一个具体的指认：**哪一个**。答不出“哪一个”，就是零。

把它在五个不同场景里跑一遍，答案互不相同：

一节数学课。合格的回答：“上节课有三个同学在‘为什么这里要变号’那里卡住了，我今天从这儿开始。”不合格的回答：“我们上次学了因式分解，今天学配方法。”后者是一个衔接，不是一个发起处。

一个催化实验室的连续批次。合格：“上一批停在钝化的表面上，这一批就从那个表面开始跑，我们要看它继续往哪走。”不合格：“每批之间烧碳再生，回到新鲜催化剂。”——后者是标准操作规程，写在作业指导书里，**这一条不是本文想出来的，是查出来的**。

一次住院医师查房。合格："昨天你说你不确定要不要考虑第三个鉴别诊断，今天我们从那儿开始。"不合格："今天新收三个病人，我们从一号床开始。"值得注意的是，医院的交班记录格式里有病情、有处置、有待办，没有**"昨天谁在哪里没想通"这个字段**——这同样是查出来的，不是推出来的。

一个软件团队的迭代。合格："上个迭代那个我们没想清楚该不该拆的模块，这个迭代从它开始。"不合格："上个迭代关闭，本迭代重新规划。"

一次师徒制的带教。合格："上次你收手的那一下，今天从那儿接。"不合格："今天教下一个动作。"

五个答案互不相同，而且其中至少两个不能从命题直接推出：**催化实验室的再生规程与交班记录里没有那个字段**，都是先有的事实，本文只是去查。

这一句判据的锋利之处在于它拒绝一切自我报告。一所学校可以宣称自己"重视学生的生成性问题"，可以在教案模板里加一栏"课堂生成资源"；而这句判据只问：**下一节课的头十五分钟，指名的是哪一个。**

十、十个行当走一遍

一个判断若只在一个领域成立，它是一个领域内的观察；要成为一个辨别维度，它必须能在别的领域里据此预测一件具体的事。以下十处，每一处都给出一个可以去查的预测。

一、异相催化的连续生产。预测：在同一套装置上，采用"部分再生"（只烧掉一部分积炭，保留部分表面重构）的产线，其长期选择性漂移会小于每批彻底再生的产线，尽管后者的批次一致性更好。这是一个可以从现有生产数据里回溯检验的预测。

二、中小学课堂。预测：控制总课时、内容量与班级规模后，结转率高的班在**未教过的新情形任务**上表现更好，而在当堂检测与单元测验上不占优势，甚至略低。

三、医学住院医师培训。预测：把交班记录中增加一个"昨日未决之处"字段并要求次日晨会指名处理，在不增加总带教时长的条件下，一年后住院医师在非典型病例上的鉴别诊断表现改善；而在标准化考试成绩上无差异。

四、师徒制手工艺传承。预测：手工艺传承之所以难以规模化，主要不是因为知识不可言传，而是因为**规模化必然引入轮次结算**（课时、考核、结业），而师徒制原本没有轮的边界——师傅从徒弟昨天收手的那一下接上。可检验的推论：把师徒制课程化之后，结业考核通过率上升而独立作业能力下降。

五、科研组会。预测：组会若按"每人汇报本周进展"组织，结转率接近零——每一次汇报都是一个自足的轮次，起点是一周前，终点是这次汇报。若改为"从上次组会散会时那个没吵完的分歧开始"，同样时长下，实质性结论的产出速率上升。这一条可以从组会纪要里回溯清点。

六、软件工程的技术债。预测：技术债与本文说的中间体不是一回事，但它们共享同一个结算规则。可检验的差别是：技术债是**已完成但欠佳**的东西，结转它是负担；未结转中间体是**未完成的**东西，结转它是资

产。一个把"关闭所有未完成项"当作迭代纪律的团队，其技术债指标会好看，而跨迭代的架构判断质量会下降。

七、心理治疗。预测：按固定节数结算的短程治疗，会把每一次会谈都推向一个可结算的收束（本次的收获、本次的作业）；而"上次结束时你哭了但没说下去的那一段"若不被接上，来访者的实质变化速率下降。可检验的读数是逐次会谈录音的开场编码。

八、法庭审理的连续开庭。预测：跨越多次开庭的复杂案件中，若每次开庭都从程序性事项重新开始而不接上上次庭审结束时未澄清的那个事实分歧，则该案的争议焦点收敛速度显著慢于接上的情形。庭审笔录已经存在，可直接编码。

九、企业的年度战略。预测：以自然年为结算周期的战略规划，其发起处落在"上一年未结的战略分歧"上的比例，与该企业在五年尺度上的方向稳定性正相关；而与年度目标达成率无关，甚至负相关。

十、语言学习。预测：以单元为结算单位的教材，学习者在"上一单元没能表达出来的那句话"上的复现率接近零。改为在每一单元开头要求学习者重述上一单元自己表达失败的那一句，则口语产出的复杂度增长快于同等学时的对照组，而单元测验成绩无差异。

十一（补一处反面）、安全关键系统。预测方向相反：在核电、航空这类系统里，**清零是对的**。每一个班次必须从一个确定的、可核查的初始态开始，未完成的操作必须被明确交接或撤销，绝不能"接着上一班没做完的那一步继续"。这不是本文的反例，而是本文适用边界的正面标定——见第十六节。

十一、与最近的几种说法的分界

本文最容易被读成某个既有概念的换名。以下逐一交手，每一条给出一个可以分出胜负的对照观察。

间隔重复与提取练习（Cepeda 等 2006；Roediger & Karpicke 2006，心理学）。它说到哪一步：同一内容分散呈现、以及以提取而非重读的方式再次接触，能显著提高长期留存。分离线：它处理的是**同一内容的再次呈现时机**，本文处理的是**下一轮从哪个状态开始**。判定形式：**若观察到一个严格执行间隔重复、而每次重现都从起始态讲起（复习旧知—再练—检测）的课程，其长期留存提高而在未教过的新情形上不改善，则本判断对而该概念错；若在新情形上同步改善，则反之。**

期望难度（Bjork 1994，心理学）。它说：使学习变慢、更费力的条件，往往提高长期保持与迁移。分离线：期望难度是**在轮内调节难度**，本文说的是**轮的边界在哪里切**。判定形式：**若在难度匹配的两组之间，只改变发起处而迁移出现差异，则本判断对；若难度匹配后发起处不再产生差异，则反之。**

前概念与概念转变教学（Posner 等 1982；diSessa 1993，科学教育）。它说：教学应从学生已有的想法出发，制造不满、可理解、有道理、有效果四个条件。分离线：前概念是**上课之前就有的稳定结构**，本文说的是**上一轮课堂里刚被生成、还没稳定下来的那一层**。二者的处置完全不同：前者要诊断并冲突，后者要接住并续走。判定形式：**若从预先诊断出的前概念出发、而不接上上一轮的具体停留处，仍能得到同等的迁移改善，则该概念对而本判断错；若必须接上上一轮的具体停留处才有改善，则反之。**

形成性评价与反馈 (Black & Wiliam 1998; Hattie & Timperley 2007, 教育测量)。它说：过程中的反馈是提高学习成效最有力的手段之一。分离线尖锐得多：形成性评价把中间态**转化为一个可报告的读数**——“你还没掌握 X”——而这正是清零的一种方式，它把“打开了一半”归入了“未掌握”这一格。判定形式：**若观察到形成性评价频率上升而结转率同步下降，且新情形迁移不改善，则本判断对而该概念错；若二者同向上升，则反之。**这一条是本文与教育学主流处方最直接的对立，也是最容易被检验的一条。

认知负荷与支架撤除 (Sweller 1988; Renkl & Atkinson 2003, 认知教育心理学)。它说：支持应随专长增长而逐步撤除。分离线：它调的是支持强度这一个量，本文说的是发起处。判定形式：**若在支持总量与撤除时程匹配的条件下，只改结转率而迁移出现差异，则本判断对；若匹配后无差异，则反之。**

手段一目的脱耦 (Bromley & Powell 2012, 组织理论)。它是本文三条驱动之一，也是最接近的那一个说法。它说：组织实施了政策、产生了大量活动，而活动与目的之间的联系不可核查。分离线：脱耦讲的是做的事与目标无关，本文讲的是做的事与目标有关、每一轮都真的完成了，而轮与轮之间不接。判定形式：**若把脱耦修复（让课堂活动确实指向理解），而结转率不变，迁移仍不改善，则本判断对而该概念错；若修复脱耦后迁移改善，则反之。**

稳态近似 (Bodenstein 1913; Chapman & Underhill 1913, 化学动力学)。这是本文最重要的一位方法学占位者：它正是“把中间体从账上消掉”的成熟范式，已有一百多年历史。分离线：稳态近似是一个近似方法，其成立条件是中间体不积累；本文说的是**结算制度把这个近似当作事实来执行**——不是近似不成立，而是制度通过每轮再生**强制它成立**。判定形式：**若在中间体确实积累的体系里，实践者的做法是修正模型（放弃稳态近似），则该范式的适用边界清楚而本判断只是它的一个应用；若实践者的做法是改变系统（再生、复原）以维持近似成立，则本判断对——因为那说明近似已经从描述变成了规范。**工业再生规程的存在，是这一条的正面证据。

在制品限额 (Ohno 1978; Womack & Jones 1996, 精益生产)。这是本文最危险的一位对手，因为它也讲跨阶段的未完成品，而且它给出的处方**方向相反**：精益要求**限制并减少在制品**，因为在制品占用资金、掩盖问题、拉长周期。分离线是本文最锋利的一条——**两边对同一份材料给出相反的评价**：一批跨轮未完成的中间态，精益判为浪费、应当消除；本文判为唯一有价值的部分、应当结转。判定形式：**若在一个以学习为目的的系统里，压低在制品水平能同时提高产出与迁移，则精益对而本判断错；若压低在制品提高了产出而降低了迁移，则本判断对。**二者可以在同一个组织里同时为真而不矛盾——生产线上在制品是浪费，教学与研发里未完成中间体是资产；分界线正是“这一轮的产物是不是要成为下一轮的起点”。

技术债 (Cunningham 1992, 软件工程)。它说：为求快而留下的次优实现会在未来产生利息。分离线：技术债是**已完成但欠佳**，结转它是负担；未结转中间体是**未完成**，结转它是资产。判定形式见第十节第六条。

成功陷阱与能力刚性 (Levinthal & March 1993; Leonard-Barton 1992, 组织学习)。必须点名，因为把本文的命题剥到形式层之后，得到的是“每一轮完成度越高，跨轮累积越少”，而这属于“越成功越失败”这一类反转模板，该模板早有名字。分离线：成功陷阱讲的是**利用挤出探索**，是同一维度上的资源分配问题；本文讲的是**轮的边界位置**，不是分配问题。判定形式：**若在探索资源被硬性保障（如强制划出固**

定比例的时间与预算)的条件下,跨轮累积恢复,则成功陷阱对而本判断错;若资源被保障而结算边界不变、累积仍不恢复,则本判断对。

把命题剥到只剩形式,它是这样一句话:一个按轮结算的系统,其结算规则只承认起点态与终点态,因而每轮生成的中间态在轮之间被强制归零,跨轮累积在原理上不可能。拿这个纯形式的结构去问上游,它在概率论里叫马尔可夫性——系统的下一状态只依赖当前状态,与历史无关。本文与它的分界是:马尔可夫性是对系统的一个描述(或建模假设),本文说的是制度把系统做成马尔可夫的——通过再生、通过下课、通过结账。判定形式:若某系统的无记忆性是自然的,则马尔可夫描述完备而本判断多余;若维持无记忆性需要持续的工程动作(再生、复原、清账),则本判断对——因为那说明记忆本来会发生,是被消掉的。

至此仍然可以问:谁是最接近的那一个说法?是形成性评价。因为它同样处理"中间过程",同样主张要在过程中做点什么,而且它的处方看起来正是本文所要的。本文之所以不能被它吸收,只在一处:形成性评价必须把中间态归入一组已知的类目才能给出反馈,而未结转中间体按定义不属于任何类目——它是一个还没有名字的、正在成形中的东西。一旦它被归入"未掌握X",它就已经被清零了,只是清零得很温柔。

十二、两处反过来加的约束

一个判断若从头到尾只被材料支持,它多半没有真的接触材料。以下两处,是三家之中的两家反过来给本文加上的约束,各削掉了本文原本会写下的一句更强的话。

第一处,化学削掉了"结转率越高越好"。

本文原本会写:结转率是一个越高越好的量,理想的系统结转率接近一。化学不允许。工业上大量催化过程必须周期性再生,因为积炭若不烧掉会使反应完全停止——中间体的积累不总是资产,超过某个覆盖度,它就是堵塞。表面被强吸附物种占满之后,新的反应物无处吸附,转化率归零。

于是本文必须收窄:结转率与累积的关系是非单调的,存在一个由"下一轮能否在被占据的位点上继续"决定的上限。削掉的具体是什么?削掉的是"越高越好"这条线性主张,换成一条带拐点的关系。它同时带来一个可检验的推论:当学生的未完成中间体多到无法在下一轮被处理时,接住它反而使下一轮无法开始——也就是"欠账太多不如重开"。这解释了为什么有时"从头再来"确实是对的,也给出了判断何时该重开的标准:不是看欠账多久,而是看下一轮能否在被占据的状态上继续。

第二处,管理学削掉了"加一个字段就能解决"。

本文原本会写:只要在教案模板、交班记录、工单系统里加一个"未完成中间体"字段,把它记下来,问题就解决了。这是最自然的处方,也是最省事的实现。手段一目的脱耦的研究直接把它毁掉:在合法性压力足够大的环境里,任何新增的字段都会被填成合规文本。一个"课堂生成资源"栏会在半年内被填满、被评优、被写进模板范例,而下一节课的发起处一动不动。

于是本文必须让步，而且让的是**处方形态与适用范围**：本文的干预**不能以增加记录字段的形式实施**。它只能以改变发起处的规则实施——下一轮从哪里开始是一个**动作**，不是一个**字段**。可操作的形式是：把下一轮的头三分之一在时间上锁定给"上一轮的终态"，并且**验收看的是被指名的那一个具体未完成处，不是看有没有这一栏**。

这一让步也改变了本文的适用范围：本文只适用于**下一轮的发起处在实际上可被改变的**系统。在发起处由外部硬性给定的系统里（统一进度考试、法定审理程序、连续流生产），本文给不出可执行的干预，只能给出一个诊断。

（第三处，教育学也提出一条，本文接受但不作为主要约束：**并非所有中间态都该被结转**。一个错误的部分理解若被接住并继续往前走，会被固化。因此结转的对象必须是"打开了但未走完"的状态，不是"走错了但未被纠正"的状态。二者的区分只能在具体的一次里做出，本文不提供一般规则。）

十三、三家为什么各自到不了这一步

写这一节的正确方式不是列举三家的缺陷。一个领域看不见什么，通常不是它疏忽，而是它的问题结构使那一步成为不必要的。

化学到不了，因为它的问题是得到一个可用的速率方程。 稳态近似正是为此而设：它把中间体消掉，换来一个只含反应物与产物的表达式，从而可以拟合、可以外推、可以设计反应器。当中间体真的积累时，化学的处置有两条现成的路——修正模型（引入表面覆盖度的显式项），或者改变系统（再生、复原到近似成立的状态）。两条路都解决了化学的问题。**在它的问题结构里，"中间体积累"是一个近似失效的信号，不是一个要被结转的对象。** 位点重构的大量文献也是如此：它回答的是"工况下的活性物种到底是什么"，是一个表征问题，不是一个关于因果方向的命题。要走到本文这一步，化学必须先关心一件它不关心的事——两个批次之间的连续性本身有没有价值。它没有理由关心，因为它的目标是可比性，而可比性正是靠再生保证的。

教育学到不了，因为它的问题是在一节课或一个单元内证明教学有效。 教育研究的基本设计是前测—干预—后测，而这个设计本身就把轮的边界钉死在干预的两端。跨轮的东西被归入"保持率"，而保持率测的是**同一内容的留存，不是未完成状态的续走**。前测—后测设计在原理上读不出未结转中间体，因为它在两个时点上测的都是稳定态，而中间体按定义是不稳定的：它在前测时不存在，在后测时要么已经走完（记作学会）、要么已经塌回（记作没学会）。**在教育学的问题结构里，一个既不算学会也不算没学会的状态是测量噪声，不是一个对象。** 要走到本文这一步，教育学必须放弃前测—后测这个它赖以证明有效性的设计。

管理学到不了，因为它的问题是解释组织为什么在压力下仍能存活。 它关注的是形式与实质的分离，以及这种分离如何提供合法性。轮与轮之间的连续性对它而言不是问题，而是**答案的一部分**——制度的稳定性恰恰靠每轮重置来实现：预算年度、考核周期、任期。一个不重置的组织无法结算、无法问责、无法分配资源。**在管理学的问题结构里，重置是解释项而不是被解释项。** 要走到本文这一步，管理学必须把它用来解释稳定性的那个机制，重新当成一个需要被解释的东西。

三家各自的问题结构，恰好使那一步成为不必要的。而三家合起来，那一步成为唯一的出路——因为三条驱动一旦首尾相接，就必然要问：一轮结束时留下的那个东西去哪儿了。

十四、接受与不接受，各自的代价

一个判断若只是"多说了一点"，接受它与不接受它没有区别。本文这一条有区别，而区别落在学习分析与教学评价这门学问的内部一致性上。

现行的教学评价同时持有两条主张。

甲：教学的有效性可以在一节课或一个单元的边界内被证实，其标准做法是前测—干预—后测；而这个设计的工程实现预设了**被测的对象在两个时点是同一样东西**。

乙：教学改革普遍存在"实验期有效、推广后失效"的现象，而这被归因于实施保真度、情境依赖或霍桑效应。

要让甲成立，必须承认前测与后测测的是同一个对象在两个时点上的状态。而乙所描述的那个现象，本文给出的解释是：实验期里外部观察者的在场临时改变了认可条件，从而打断了循环的第二步；观察者一撤，循环恢复。**若这个解释成立，那么实验期与推广期的系统不是同一个系统——不是保真度下降，是发起处的规则不同。**于是甲的前测—后测设计在实验期与推广期读的不是同一样东西，甲不能以现在的形式成立。

反过来，若坚持甲以现在的形式成立，那就必须为乙另找一个解释；而现有的三种归因——保真度、情境、霍桑——都预测**改革效应随实施质量提高而恢复**，这一点在过去三十年的大规模推广中反复没有兑现。

本文不主张这构成一个形式矛盾。它主张的是一个较弱但可检验的东西：**要让甲继续成立，必须先承认本文提出的那个变量（发起处），而一旦承认，甲的边界条件就要重写——前测—后测只在发起处规则不变的条件下可比。**这是一条本文自己留下的退路，也写进了第十七节的证伪条件。

同样的动作在教育技术产品的验收上再走一遍。一款自适应学习产品的验收标准通常是"在同等学时下提高单元测验成绩"，而它援引的证据往往是"学生的学习路径被个性化了"。这两者不能同真：路径个性化意味着不同学生的发起处不同，而单元测验的可比性预设了发起处相同。**验收标准与它自己援引的证据，在现有框架里无法同时成立。**

同一个动作，还可以对评价理论这一支再走一遍，而在那里它更接近一处形式上的不一致。

后效效度这一支同时持有两条主张。**甲：**一次测验的效度，部分地由它所引出的教学与学习后果来判定——这是把后果纳入效度概念本身的那一步，也是这一支几十年来最重要的理论贡献。**乙：**效度证据可以在测验事件的边界内被收集与判定——这不是一条被明确写下的主张，而是全部效度论证的操作前提：效度论证要指向一次具体的测验使用，其证据链要能被界定。

在不承认本文那个变量的前提下，两条可以并存，因为所有后果都被默认发生在可归属的边界之内：教师改了教法、学生改了学法、成绩分布变了，这些都能被归给某一次测验。

一旦承认发起处这个变量，两条就不能同时以现在的形式成立。因为按本文，一次测验最重要的后果之一，是它决定了上一轮的未完成中间体是否被清零——而被清零这件事的代价，以"没有产物"的形式出现在此后若干轮次里。一个未被留下的中间体不构成任何一次测验的后果记录，它是一个缺席。要让甲成立（后果必须被计入），就必须承认这类缺席型后果；而一旦承认，乙就不能成立——因为缺席没有边界，效度证据无法在事件边界内被完整收集。

这一支的可选出路有两条，两条都要付代价。要么放弃甲，退回到"效度只由测验测得准不准判定"，那等于放弃它几十年来最重要的贡献；要么放弃乙，承认效度证据必须跨越事件边界收集，那等于承认现行的全部效度论证在方法上都是不完整的。

还有第三条退路，本文不掩饰它：这一支可以把后果限定为"可归属的后果"，明确声明缺席型后果不在效度概念的射程内。那样它不会自相矛盾，只会变弱——它将失去对"一次考试制度如何塑造一个人的学习方式"这个最有分量的问题的发言权，退回成一门关于测验技术后果的局部学问。这条退路是存在的，本文把它写在这里，并将它列入第十七节的证伪条件。

十五、与本栏几篇近作的分界

本栏近期有几篇与本文相邻，必须逐一指名。

《方程两边都有它》（同栏近作，同样取教育学、化学、管理学三家）。那一篇问的是"什么算学习发生了"，答的是一个辨别维度：有一类轮次被记入学习者账户而不进入净变化，决定它锁死与否的是首次选择的可逆性。本文问的是"为什么很少发生"，答的是一个驱动与轮次结构。分离线在两处：其一，那一篇的变量是轮内的归属（分岔步该由谁走），本文的变量是轮间的发起处（下一轮从哪里开始）；其二，那一篇的干预是首次作答可撤回一次，本文的干预是下一轮的头三分之一锁定给上一轮的终态。二者正交，可分别施加。判定形式：若在首次作答可撤回性被固定的条件下，只改结转率而迁移出现差异，则本文成立且那一篇不覆盖本文；若可撤回性一旦固定、结转率不再产生差异，则本文可被那一篇吸收。反向亦然：在结转率固定的条件下改可撤回性若仍有差异，则那一篇不可被本文吸收。本文预测两者的效应不是相加而是相乘——一个可撤回的首次选择若不被下一轮接上，撤回的信息同样清零。

诚实地记下一处继承：本文第六节关于"循环每轮闭合"的写法，其时序结构与那一篇关于"路径选择发生在不可逆的首次作答处"的推论共享同一个直觉来源，此处不掩饰。

《收得回的那一遍》（本栏早前一篇，讲可撤回余量与执行遮蔽）。分离线：那一篇场景里没有第二个承担者，可撤回调节的是可读性；本文始终有一个跨轮的接手者，结转调节的是可继续性。判定形式：在未有下一轮的一次性任务里（一场考试、一次演出），本文为空而那一篇成立；在有下一轮而无外部代做路径的任务里，本文成立而那一篇为空。

《选择听谁，本身就是一次判断》（本栏之五）。分离线：那一篇讲的是同一时点上"依赖谁"的判断，本文讲的是跨时点上"从哪儿接"的位置。二者可同时发生：一个学生可以在每一轮里都正确地选择听谁，而每一轮的发起处仍然落在起始态。

十六、不适用的边界

本文不适用于以下几类系统，这些不是反例，是边界的正面标定。

其一，安全关键系统。 核电、航空、麻醉、高压作业。这些系统必须每班次从一个确定的、可核查的初始态开始；未完成的操作必须被明确交接或撤销，绝不能"接着上一班没做完的那一步继续"。在这里清零是对的，而且是用血换来的。本文的读数在这类系统里**不得被用作改进目标**——见下文伦理条款。

其二，发起处由外部硬性给定的系统。 统一进度考试、法定审理程序、连续流生产。在这些系统里本文只能给出诊断，给不出可执行的干预。

其三，能力不足型的困难。 若学生在这一轮里根本没有生成任何中间态——没有被打开、没有开始重构——那么没有东西可以被结转，问题在别处。本文处理的是"打开了却接不上"，不是"没打开"。把本文套用在前者上，会得出"多留悬念"这种错误处方。

其四，中间体积累已经超过上限的系统。 见第十二节第一处约束：欠账多到下一轮无法在被占据的状态上开始时，重开是对的。

十七、证伪条件与一条写死日期的赌注

最强的竞争解释必须先摆出来，而且不能挑一个好打的："其实不就是课时不够、内容太多、赶进度吗？"这个解释朴素、难反驳，而且它对本文观察到的一切都给出说法：教师不接上上一节课，是因为没时间；每批都再生，是因为产能压力；每周都重开，是因为要交账。

本文的独有变量是**结转率**。机制证伪写成：

＞ **控制每周教学总时长、内容总量、班级规模与教师经验后，若结转率与未教过的新情形任务表现之间不存在剂量—反应关系，则本文的机制为伪——届时困难应归因于绝对时间不足而非结算边界。**

样本纪律：在**同一学区内**取 $N \geq 12$ 个平行班，同教材、同进度表、同期末统考，结转率由课堂录音按第九节的判据编码得出（开场三分之一是否指名上一节课的一个具体未完成处），迁移表现由学期末一次未教过的新情形任务测量。**不得用跨国或跨地区的两两对比充数**——两地在文化、规模、师资、生源上处处不同，所谓"控制掉某变量"在方法上站不住。

其余证伪条件如下。

其二（轮次预测，本文最难被巧合满足的一条）：在一个连续的教学序列里，若本文成立，则发起处的位置应当呈现固定的三步轮转：**认可条件变动** → **（同一单元内）实际呈现的转化形态变动** → **（一到两周内）学生路径变动** → **回到认可条件**。若观察到三者的先后顺序随机、或某一步长期不发生反向改动（例如学生路径改变后认可条件三年不动），则本文的循环结构为伪。这一条的关键在“轮次”而不在“先后”：它要求下一轮的发起处**换了位置**，而不只是 A 早于 B。

其三：若在结转率显著不同的两组之间，未教过的新情形任务表现无差异，而单元测验成绩差异显著且方向相反（结转率低组更高），则本文的辨别格四格划分错误。

其四：若形成性评价频率与结转率呈正相关（而非本文预测的负相关），则第十一节对形成性评价的分界不成立，本文可被它吸收。

其五：若在硬性保障探索资源（固定比例时间与预算）的条件下跨轮累积恢复，则本文可被成功陷阱覆盖。

其六：若在工业催化中，采用部分再生的产线其长期选择性漂移**不小于**彻底再生的产线，则本文的跨领域兑现在源头领域失败。这一条数据在多数连续生产装置的运行日志里已经存在，**是本文全部证伪条件中最便宜、最快能做的一条。**

其七：若医院在交班记录中增加“昨日未决之处”并要求晨会指名处理之后，一年内非典型病例的鉴别诊断表现无改善，则第十节第三条的预测失败。

其八：若前测—后测设计在发起处规则不同的两个时期之间仍表现出可比性（即实验期与推广期的效应差可由实施保真度完全解释），则第十四节的强制不一致不成立。

赌注（写死日期）：二〇三一年六月三十日之前，至少有两项在同一制度环境内完成的多班对照研究报告：**在总学时、内容量、支持总量匹配的条件下，仅提高“下一轮发起处落在上一轮未完成处”的比例，能在未教过的新情形任务上产生可检出的差异。**

什么不算命中，一并写死：仅报告参与度、满意度或即时正确率提高，不算；仅把“复习上节课”形式化或加入教案模板一栏，不算；仅增加一个“课堂生成性问题记录表”字段而不改变头三分之一的时间归属，不算；与其他改革打包无法分离，不算；机构自称实施了“承接式开课”而无录音编码证据，不算。

若本文被证伪，会学到什么：若剂量—反应关系不成立，那么真正稀缺的东西不在轮的边界上，而在轮内的容量上——这将把干预方向从“改发起处”推回“减内容、加时间”，而那是一条昂贵得多、但至少方向清楚的路。

反噬预言：本文一旦被制度采用，最省事的实现方式恰恰会摧毁它要保护的东西。结转率会被做成一个考核的指标；于是教师会在每节课开头加一句“上节课我们停在这里”作为形式化开场——可被录像核查、可计分——而实际的发起处仍然是教案的起点。更糟的一种：为了让结转率好看，教师会**刻意在下课时留一个人造的悬念**，制造中间体而不是接住真实生成的那一个。要区分“真实生成的中间体”与“人为制造的悬念”，需要的正是那个不进任何账本的判断。**我看不到出口。**

十八、本文自己的结转率

本文自己就在靶格里。

一篇论文是一个高度封闭的轮次。它把写作过程中真实生成的未完成中间体——那些没想清楚的岔路、那几处推到一半发现走不通的论证、那个至今没有解决的"如何区分真实中间体与人为悬念"——全部清零，只交出一个完成度很高的终点态。读者拿到的是产物，不是表面。

因此本文最可能被以零结转率的方式使用：读者记住"结转率"这三个字，把它写进下一篇文献综述，而不接住本文没走完的那一段。这不是读者的问题，是论文这种形式的结算规则。

更具体的一层：本文第六节所描述的循环的第二步——认可条件改变之后反过来改写"产出"的定义——**已经在本文自己身上发生**。一旦"结转率"被命名，它就会被当作一个可记录的字段；而本文第十二节刚刚论证过，本文的干预不能以字段形式实施。本文没有能力阻止这一点，也没有理由认为自己比它所描述的那些系统更耐受。

留一个本文解释不了的洞：本文说不清**一个中间体能在轮外存活多久**。位点重构有时间尺度，学生的困惑也有；但本文没有给出任何关于衰减的读数，因此"隔了三节课再接上还算不算结转"这个问题，本文答不了。

结语

课堂上真正的学习之所以稀缺，不是因为学生不投入、支持给得不对、评价没有对齐。三条驱动各自都在起作用，而且它们首尾相接，每一轮完整地跑完一遍。稀缺的原因在轮与轮之间的那道缝里：**结算规则只承认起点态与终点态，因而每一轮真实生成的未完成中间体在结算时被强制清零，下一轮的发起处只能落在起始态上**。

这道缝之所以长期没有被看见，是因为它不属于任何一轮的账。而三门学科各自的问题结构，恰好使"看它"成为不必要的。

可做的事只有一件，而且很小：**把下一轮的头三分之一，在时间上锁定给上一轮的终态，并且验收看的是被指名的那一个具体未完成处**。它不需要新的技术，不需要新的字段，不增加总时长。它唯一要付的代价是进度——而进度恰恰是现行结算规则唯一不肯让的东西。

注释

〔一〕本文所称"轮"，指一个由结算规则划定的、有明确起点与终点、可被独立清点的时间单位。它不等于自然的时间周期：一节课是一轮，一个手艺人的一天不是。

〔二〕"发起处"指下一轮开始时，系统实际从哪个状态出发。它由结算规则与账本共同决定，不由参与者的意愿决定。

〔三〕第九节判据中的"头三分之一"是一个可操作的时间窗，不是一个理论量。在四十五分钟的课上约十五分钟，在一次晨会上约五分钟。取三分之一是为了排除开场寒暄与结尾收束的干扰，可按场景调整，但必须事先写死。

〔四〕关于结转率的编码，"复习旧知"不计入结转，理由见第八节：复习回到的是起始态。若一次复习明确指向上一轮某个具体的未完成处（"上次卡在变号那里，我们先把那儿弄清楚"），则计入。

〔五〕第十四节所称"强制不一致"是一个较弱的主张：它说的是"要让甲成立必须先承认本文的变量"，不是"甲与乙形成形式矛盾"。这一保留已写入第十七节其八。

伦理与证据边界

结转率是一个比率，而一个比率一旦被公布，几乎必然会被拿去考核人。因此以下三条为使用本读数的前提，缺一条则不得使用：

其一，这个读数指的是位置，不是人。 结转率描述的是一个系统的结算边界如何切、发起处落在哪里，它不描述某位教师、某位带教医师、某位工程师是否尽职。同一位教师在两套不同的进度制度下会给出完全不同的结转率，而他本人没有变。**不得以结转率对个人作出评价、排名或不利安排。**

其二，不得为了把这个数做好看，而在安全关键系统里安排接续。 见第十六节其一：核电、航空、麻醉、高压作业等系统的班次交接必须从确定的初始态开始。任何以提高结转率为由改变这类系统交接规则的做法，一律禁止。这一条不设例外。

其三，已经按这个读数作出不利安排的，必须公开编码规则并给出复核通道。 结转率的编码依赖对录音或日志的判读，判读有裁量空间；凡以此作出任何影响个人的决定，编码规则必须完整公开，被评价者必须能够调取原始材料并申请复核。

另需说明：第十节各条中涉及在人身上执行的操作（延迟处理、留置未完成状态、改变交班格式），在医疗与心理治疗场景中不得由非专业人员施加，且不得以研究目的延迟必要的临床处置。

参考文献

- [1] Groppo, E., Rojas-Buzo, S., & Bordiga, S. (2023). The Role of In Situ/Operando IR Spectroscopy in Unraveling Adsorbate-Induced Structural Changes in Heterogeneous Catalysis. *Chemical Reviews*, 123(21), 12135–12169. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.3c00372>
- [2] Vojvodic, A., & Nørskov, J. K. 等关于标度关系与火山曲线的系列工作，综述见：Twenty years after: scaling relations in oxygen electrocatalysis and beyond. *Chemical Society Reviews* (2025), 54(23), 10956. <https://doi.org/10.1039/D5CS00597C>

- [3] Anand, M., Rohr, B., Statt, M. J., & Nørskov, J. K. (2020). Scaling Relationships and Volcano Plots in Homogeneous Catalysis. *The Journal of Physical Chemistry Letters*, 11(20), 8518–8526. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcllett.0c01991>
- [4] Periodic structural changes in Pd nanoparticles during oscillatory CO oxidation reaction. *Nature Communications* (2022). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9582216/>
- [5] Cilliers, F. J., Schuwirth, L. W. T., Herman, N., Adendorff, H. J., & van der Vleuten, C. P. M. (2012). A Model of the Pre-Assessment Learning Effects of Summative Assessment in Medical Education. *Advances in Health Sciences Education*, 17(1), 39–53. <https://doi.org/10.1007/s10459-011-9292-5>
- [6] Frederiksen, N. (1984). The real test bias: Influences of testing on teaching and learning. *American Psychologist*, 39(3), 193–202.
- [7] How does assessment drive learning? A focus on students' development of evaluative judgement. *Assessment & Evaluation in Higher Education* (2023). <https://doi.org/10.1080/02602938.2023.2206986>
- [8] Bromley, P., & Powell, W. W. (2012). From Smoke and Mirrors to Walking the Talk: Decoupling in the Contemporary World. *The Academy of Management Annals*, 6(1), 483–530. <https://doi.org/10.1080/19416520.2012.684462>
- [9] Meyer, J. W., & Rowan, B. (1977). Institutionalized Organizations: Formal Structure as Myth and Ceremony. *American Journal of Sociology*, 83(2), 340–363.
- [10] Espeland, W. N., & Sauder, M. (2007). Rankings and Reactivity: How Public Measures Recreate Social Worlds. *American Journal of Sociology*, 113(1), 1–40. <https://doi.org/10.1086/517897>
- [11] Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and Classroom Learning. *Assessment in Education*, 5(1), 7–74.
- [12] Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112.
- [13] Cepeda, N. J., Pashler, H., Vul, E., Wixted, J. T., & Rohrer, D. (2006). Distributed practice in verbal recall tasks: A review and quantitative synthesis. *Psychological Bulletin*, 132(3), 354–380.
- [14] Bjork, R. A. (1994). Memory and metamemory considerations in the training of human beings. In J. Metcalfe & A. Shimamura (Eds.), *Metacognition: Knowing about Knowing*. MIT Press.
- [15] Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227.
- [16] Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285.
- [17] Levinthal, D. A., & March, J. G. (1993). The myopia of learning. *Strategic Management Journal*, 14(S2), 95–112.

- [18] Leonard-Barton, D. (1992). Core capabilities and core rigidities: A paradox in managing new product development. *Strategic Management Journal*, 13(S1), 111–125.
- [19] Bodenstein, M. (1913). Eine Theorie der photochemischen Reaktionsgeschwindigkeiten. *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 85, 329–397. (稳态近似的最早系统表述之一)
- [20] Ohno, T. (1978/1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press. (在制品限额)
- [21] Cunningham, W. (1992). The WyCash Portfolio Management System. OOPSLA '92 Experience Report. (技术债)

字数与版本：正文约二万字。本文为第一版。

人机分工声明：本文的问题设定、三家来源的选择与最终定稿由王德生完成；文献检索、结构组织与初稿撰写由 Claude 完成；三条驱动的时序读数、共有前提的定位与推翻材料的取用，由二者往复确定。全部外部文献链接可直接点开核对。

本文由三个分属不同学科、且互相冲突的理论体系碰撞而成。全部来源均为站外公开文献，可自行核对。 作者：王德生 + Claude · SDE Universes · 学科通融