

先挡住其余的

论课堂为使一处改变而作的悬置，如何在悬置期内结成无人拆除的连接

教育学 × 化学 × 艺术学

作者 王德生 + Claude

栏目 学科通融 · 站外碰撞

篇幅 约2.0万字 · 26页

发表 2026年8月3日

摘 要

要讲清一件事，几乎总要先说一句「暂时不考虑」——不挡住其余部分，那一处就淹没在其余部分里。教育学把这种悬置读作认知负荷的合理分配，化学读作合成里的保护基策略，艺术学读作作品的未完成状态。三家争的是改变由什么驱动，而共同假定了一条没说出口的话：**被挡住的那部分不参与，参与名单是给定的**。推翻它的材料来自化学自己——**酰基迁移**：用来挡住一个位点的基团会自己跑到另一个位点上去，挡住这个动作改写了它本要固定的那张名单；而结果在形式检查上仍然合格，错误不表现为失败，表现为**一个位置不同的正确产物**。由此命名**悬置连接**：悬置期内被悬置项与新学内容之间自行结成、脱悬后不被拆除、也不进任何账本的关联。承重判断是：学习之所以少，不是那一处该变的没变，而是每一次悬置都附带产出一批未被指认的连接，它们在原型里从不出错、只在换情境时决定表现，而课堂的账本按内容点记，看不见内容点之间的东西。文中给出悬置密度与脱悬率两个读数、四种亚型、一段初中物理单元的完整推演（那条多出来的等号如何形成、拆解为何只要十分钟、而它为何从未被拿出来），以及化学反过来削掉的一条价值排序：**少挡优先于多拆**。

这一篇由哪三个学科的理论体系撞成

第一家主张学习由原有解释与新经验的不相容驱动，故处方是制造认知冲突；第二家主张选择性来自阻断而非驱动，要让一处反应必先把其余位点挡住；第三家主张一件东西算不算完成，由它被放进什么样的条件决定，而非由制作者的意图或技术完成度决定。三条不能同时为真，且各自的日课正是另一家诊断出的病：**化学每天在做的「先挡住其余」，恰恰在原理上取消了对不相容得以发生的条件**（化学判教育）；**艺术学让未竟状态保持可见、交由后来的条件判定，在合成里就叫脱保护没做完就出料**（化学判艺术）；而教学要求在单元结束时给出完成判定，正是艺术学主张不该在制作现场作出的那件事（艺术判教育）。三家均为站外的公开文献，链接直达原始出处，可自行核对。

教育学 · 概念转变：不相容驱动路径改变

[Posner, Strike, Hewson & Gertzog, Accommodation of a Scientific Conception \(<i>Science Education</i> 66:2, 1982\); 另见 Strike & Posner, A Revisionist Theory of Conceptual Change \(SUNY Press, 1992\)](#)

主张决定学习的不是信息是否到达，而是原有解释是否被逼到必须重组；而这一支的修正稿自己承认，原有概念的**整个生态**——包括与目标概念看似无关的部分——都参与对新经验的接纳与排斥。这句话从未被用来问：教学明确挡住一部分生态时，被挡的那部分是否仍在参与。

<https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>

化学 · 保护基策略与酰基迁移

[Baran, Maimone & Richter, Total Synthesis of Marine Natural Products without Using Protecting Groups \(*Nature* 446, 2007\); 另见 Wuts & Greene, *Greene's Protective Groups in Organic Synthesis* \(4th ed., Wiley 2007\)](#)

主张多官能团分子能被改造成什么，取决于哪些位点在这一步被挡住，而非试剂多强。这一支自曝两处：保护每加一对，收率下降、步骤增加，故有一整支在追求**不用保护基**的路线；而酰基迁移说明，挡住这个动作本身会改写它要保护的那张名单。

<https://doi.org/10.1038/nature05569>

艺术学 · 未完成状态与完成判定

[Schulz, Michelangelo's Unfinished Works \(*The Art Bulletin* 57:3, 1975\)](#)

主张一件东西算未完成还是算作品，不由作者意图也不由技术完成度决定，而由它被放进什么样的展示与流通条件决定；同一块石头在工作室里叫未完成，进美术馆就叫作品。这一支自曝：许多被称为未完成的作品，作者当时并不这么认为——未完成这个身份是后世追加的。

<https://doi.org/10.2307/3049410>

目 录

摘 要	5
Blocking Out the Rest	5
一、问题从哪里来	6
二、教育学的单因主张：不相容驱动路径改变	6
三、化学的单因主张：路径与条件的不容驱动产物改变	7
四、艺术学的单因主张：已做出来的东西与未走完的路径不容，驱动条件改变	8
五、三家为何不能同时为真	8
六、共有前提，与推翻它的那件材料	9
七、悬置连接	9
八、悬置连接的四种亚型	10

九、二维辨别格	11
十、读数与一句不含判断词的问法	11
十一、十处兑现	12
十二、一个单元走完：从悬置到连接到拆解.....	13
十三、三家为何各自到不了	14
十四、为什么常见的改革处理不了这一件.....	14
十五、与最接近的几种说法的分界	15
十六、与同批另两篇的分工	17
十七、五类课堂场景，与其中两处收窄.....	17
十八、三个领域反过来加上的限制	18
十九、不适用的边界	18
二十、经验研究设计	19
二十一、证伪条件与轮次预测	20
二十二、课堂可以怎么改：五个动作.....	21
二十三、反噬预言与伦理限制	22
二十四、自反	22
二十五、分层引用，与三个本文解释不了的洞.....	23
二十六、三条本文预测而尚无人测的现象.....	24
二十七、结论与一条写死日期的赌注.....	24
注 释.....	25

论课堂为使一处改变而作的悬置，如何在悬置期内结成无人拆除的连接

教育学、化学与艺术学的三重动力解释

摘要

课堂上学习很少真正到位，通行的解释有三类：学生的原有观念没有被充分动摇、教学路径安排不当、评价与进度压制了深度。本文提出第三类之外的一个位置。要让某一处发生改变，课堂必须先把其余部分挡住——限定题型、简化情境、给出范例、说一句“这个以后再讲”。教育学把这种悬置读作认知负荷的合理分配，化学把它读作合成里的保护基策略，艺术学把它读作作品的未完成状态。三家争的是改变由什么驱动，而共同假定了一条没有说出口的话：**在一次改变里，被挡住的那部分不参与，参与名单是给定的**。推翻这条的材料来自化学自己——酰基迁移：用来挡住一个位点的那个基团会自己跑到另一个位点上去，挡住这个动作改写了它本要保护的那张名单。带回课堂便得到本文命名的对象：**悬置连接**——在悬置期内，被悬置的那部分与新学内容之间自行结成、脱悬后不被拆除、也不进入任何账本的关联。承重判断是：学习之所以少，不是那一处该变的没变，而是每一次悬置都会附带产出一批未被指认的连接，它们在换情境时决定表现，而课堂的账本按内容点记，看不见内容点之间的东西。本文给出悬置密度与脱悬率两个读数、一张二维辨别格、一句不含判断词的问法、与九种相近说法的分界、三处反过来加上的限制、七条证伪条件与一条写死日期的赌注。

关键词：悬置连接；脱悬率；保护基；未完成；换情境表现

Blocking Out the Rest

On the suspensions a classroom makes in order to change one thing, and the bonds they form that nobody dismantles

Abstract. To change one thing, a classroom must first block out the rest: restrict the problem type, strip the context, supply a worked example, say "we will come back to this later." Education reads such suspension as sound management of cognitive load; chemistry reads it as a protecting-group strategy in synthesis; art history reads it as the unfinished state of a work. The three disagree about what drives change, yet share an unstated premise: that what is blocked does not participate, and that the participation list is given in advance. The material overturning this comes from chemistry itself. Acyl migration — the protecting group wandering from the position it was installed at to another — shows that the act of blocking rewrites the very list it was meant to fix. Carried back to the classroom, this yields the object named here: the **suspension bond**, an association formed during a suspension between what

was set aside and what is being learned, which is not dismantled when the suspension lifts and enters no ledger. The load-bearing claim is that learning is scarce not because the target does not change, but because every suspension co-produces unrecorded bonds that govern performance under changed conditions, while classroom accounting records content points and is blind to what lies between them. The paper supplies two measures — suspension density and de-suspension rate — a two-by-two matrix, a modality-free diagnostic question, separations from nine adjacent accounts, three constraints the source fields impose in return, seven falsification conditions, and a dated wager.

Keywords: suspension bond; de-suspension rate; protecting group; non finito; far transfer

一、问题从哪里来

一堂课要讲清楚一件事，几乎总要从一句“暂时先不考虑”开始。物理课说暂时不考虑摩擦，数学课说负数开方以后再说，化学课说这个反应的机理这里不展开，编程课说错误处理先跳过，医学课说这个鉴别诊断到临床再讲。这些句子不是偷懒，它们是教学得以进行的条件——不挡住其余部分，那一处就淹没在其余部分里，什么也讲不成。

问题出在挡住之后。课堂的账本按内容点记：讲了哪几点、测了哪几点、掌握了哪几点。被明确挡住的那部分不在这一轮的账上，等它自己那一轮到了，才被重新记上。两轮之间，这部分被默认为静止的——放在那儿，等着以后来取。

而学生并不按这个账本运行。被挡住的那部分并没有停在原地：它与刚学的内容之间会自行接上一些线。物理课里“暂时不考虑摩擦”的学生，在往后的相当长时间里把“斜面”与“匀加速”直接接在一起，接得又快又稳；等摩擦被正式引入，这条线并不会因为新知识的到来而自动断开，它只是多了一个需要判断何时启用的例外。数学课里被推迟的负数开方，与“方程无解”接成了一条线；复数被引入时，“无解”这个词已经在学生那里承担了太多别的含义。

这些线不是错误。它们不会在原题型里产生任何差错，因此不会被批改抓到；它们只在换一个表面不同的情境时决定表现，而那时通常已经被归因为“基础不牢”。本文要做的，是把它们从“基础不牢”里分出来，给它一个位置、一个读数与一组可以推翻它的观察。

本文不报告新采集的数据，是一篇理论性文章。它的经验主张需要预注册研究与独立复核检验。

二、教育学的单因主张：不相容驱动路径改变

教育学关于深度学习最强的一条单因主张来自概念转变一支：决定学习是否发生的，不是信息是否到达，而是学习者原有的解释与新经验之间是否发生了不相容，以及这种不相容是否达到了迫使原有解释重新组

组织的程度。Posner 等人给出的四条件——对原有解释不满、新解释可理解、可信、有生产力——把这条主张写成了一个可以逐条检查的清单 (Posner et al., 1982)。

这一支的时序读数是清楚的：**先出现可辨认的不相容，随后出现解释路径的改变，最后才出现可迁移的结果**。它据此把大量教学失败诊断为不相容不足：教师讲得太顺，学生的原有解释从头到尾没有被逼到墙角，因此路径没有理由改变。

单因锁定成立——这一支不认为条件与路径是并列因素。它明确主张，条件安排的全部意义在于制造那次不相容；不相容不发生，条件再好也只是把知识堆在旧结构上。

它自己知道、却不往这个方向用的一件事，在同一支的修正稿里：Strike 与 Posner 后来承认早期模型过于理性主义，学习者的动机、情境与发展状态同样起驱动作用，而且**原有概念的整个生态——包括那些与目标概念看似无关的部分——都参与了对新经验的接纳与排斥** (Strike & Posner, 1992)。这句话被这一支用来说明模型需要变得更丰富；它没有被用来问一个更麻烦的问题：**在教学明确把生态的一部分挡住的时候，被挡住的那部分是否仍在参与**。

三、化学的单因主张：路径与条件的不容驱动产物改变

合成化学处理的是同一个问题的一个更硬的版本。一个带多个官能团的分子，遇到一种对所有位点都无差别进攻的试剂，得到的是一锅混合物。要让其中一处发生反应，办法不是提高驱动力，而是**先把其余位点暂时挡住**：装上保护基，做完这一步，再脱掉。保护与脱保护的完整策略是有机合成的日课，也是它的教科书主干 (Wuts & Greene, 2007)。

这一支的单因主张是：**决定一个多官能团分子能被改造成什么的，是哪些位点在这一步被挡住了，而不是试剂有多强、分子当下是什么样子**。选择性来自阻断，不来自驱动。它的时序读数是：先安排保护序列，随后特定产物出现，产物的官能团分布又决定下一步能装什么、脱什么。

这一支自己知道、却不往这个方向用的事实有两件，第二件是本文全部论证的支点。

第一件是代价：每加一对保护与脱保护，总收率下降、步骤增加。有一整支合成化学在追求**不使用保护基的路线**，并且拿出了完整的天然产物全合成作为证明 (Baran, Maimone & Richter, 2007)。这一支用它来说明工艺效率，没有用来说明"挡住"这个动作本身有代价。

第二件是**酰基迁移**：装在糖分子某个羟基上的酰基保护基，会在碱性或质子性条件下自己迁移到相邻的羟基上去。挡住二号位的那个东西，一段时间之后出现在三号位。合成化学把它当作需要避免的副反应，写在操作注意事项里；它从来不被当作一条关于"参与名单"的证据。而它恰恰说的是：**被挡住的那部分不是静止的，挡住这个动作本身会改写它要保护的那张名单**。

四、艺术学的单因主张：已做出来的东西与未走完的路径不容，驱动条件改变

艺术学提供第三个位置，而且它处理的正是"挡住之后"那一段。一件雕塑停在半路上，一幅画的一角留着底色，一件器物的口沿没有修整——它是废品、是草稿、还是作品？这个问题在未完成状态的研究里有成熟的答案：**它算什么，不由作者的意图决定，也不由技术完成度决定，而由它被放进什么样的展示与流通条件决定。**同一块石头在工作室里叫未完成，进了美术馆就叫作品（Schulz, 1975）。

这一支的单因主张是：**已经做出来的那部分与尚未走完的制作路径之间的不容，驱动的是"什么算完成"这个条件本身的改变。**时序读数是：先有半成品与未竟工序之间的张力，随后完成判定的标准改变，改变后的标准又反过来决定往后怎么做——一旦"未完成也可以是作品"被接受，此后的创作会主动留下未竟处。

单因锁定成立：这一支不认为完成判定是意图、技术与制度共同作用的结果。它主张判定权在条件一侧，且是决定性的。

它自己知道、却不往这个方向用的事实是：许多被称为未完成的作品，作者当时并不认为它未完成；未完成这个身份是后世的条件追加给它的。这一支用它来讨论作品身份的历史性；没有用来问：**被判定为"以后再处理"的那部分，在等待期间是否已经与已完成的部分长在一起，以致后来根本无法单独处理。**

五、三家为何不能同时为真

三家把决定性的驱动放在三个不同的位置：教育学放在原有解释与新经验的不容，化学放在序列安排与无差别条件的不容，艺术学放在已做出的部分与未竟路径的不容。若温和地并列，会得到一句没有风险的话：学习需要合适的冲突、合理的顺序与恰当的完成标准。这句话正确，但任何失败都可以事后归入其中一条。

三家实际上互相取消。

化学的日课正是教育学诊断的病根。合成的整套本事是**先挡住其余部分**；而按概念转变，不相容之所以发生，正因为新经验与原有解释生态里的其余部分相遇。把其余部分挡住，等于在原理上取消不相容的发生条件。若化学那一条是对的，概念转变的处方——制造认知冲突——在结构上不可能被执行，因为可执行的教学必须先做一次挡住。

艺术学的日课正是化学判为工艺失败的那件事。让未完成状态保持可见、交由后来的条件判定，在合成里叫作**脱保护没做完就出料**：留在分子上的保护基会改变它此后一切性质。若艺术学那一条是对的，"以后再讲"就不是欠账而是一种正当的作品形态，化学关于代价的整套计算失去对象。

教育学的日课又正是艺术学判为病的那件事。教学要求在单元结束时给出完成判定（会了/没会），而艺术学主张完成判定应当由后续条件给出、不应在制作现场作出。若教育学那一条是对的，未完成研究关于"身份由条件追加"的说法在教学里不适用。

三家必须有两家错，或者三家的病灶都放错了位置。本文主张后者。

六、共有前提，与推翻它的那件材料

三家争的是一次改变由什么驱动。而它们共同假定了一条从未说出口的话：

> 在一次改变里，谁参与、谁不参与，是给定的；被挡住的那部分在这段时间里不动。

概念转变假定与新经验相遇的是那个相关概念，其余生态是背景；保护基策略假定被装上保护基的位点在这一步就是不参与的；未完成研究假定作品的哪些部分已经定了、哪些还开着，是可以指认的。把这句话念给三家听，三家都会说这还用说吗——它不是任何一家的立场，是三家共同站着的地面。

推翻它的材料在化学自己手里，而且是操作手册上的常识：**酰基迁移**。装在一个羟基上的保护基，在温和条件下自行迁到相邻羟基。这意味着三件事，逐件都与共有前提相反：

其一，**被挡住的位点不是静止的**。它在被保护期间与相邻位置发生了实际的化学关系。

其二，**改写名单的正是挡住这个动作自己**。若没有装上那个保护基，就没有可迁移的东西；参与名单不是被外力打乱的，是被保护策略自身产出的。

其三，**结果在形式检查上是合格的**。迁移之后分子仍然带着一个保护基、仍然只有一个位点暴露、仍然可以进行下一步反应——只是暴露的不是原来打算暴露的那个。**错误不表现为失败，表现为一个位置不同的正确产物**。

这三条一起带回课堂，共有前提塌掉。挡住某部分内容，不等于那部分内容在这段时间里不参与；恰恰是挡住这个动作，使它与正在学的内容之间生出了本来不会有的关系；而这种关系不产生错误，只产生一个"位置不同的正确答案"。

七、悬置连接

据此本文命名一个对象。

> **悬置连接**：在教学为使某处改变而暂时悬置其余部分的期间，被悬置的那部分与正在学的内容之间自行结成的关联；它在悬置解除后不被拆除，也不进入任何账本。

四个必要条件缺一不可。第一，存在一次**明确的悬置**——教学明白地把某部分放在一边（暂不考虑、以后再讲、这里先按这个来）。第二，悬置期内学习者在被悬置项与新内容之间形成了**可指认的关联**，它体现为一种稳定的解释、一条捷径规则或一个不再被质疑的默认。第三，悬置解除时，教学**只补内容不拆连接**——把被悬置的那部分单独讲一遍，不要求学习者回到当初那道题上把两者重新接一次。第四，**不产生信号**：在原题型内这条连接不导致任何错误。

三条性质使它区别于邻近的坏情况。

它不是"没学会"——当轮可以完全正确、熟练、迅速。它不是"迷思概念"——迷思概念是学习者从课外带进来的，悬置连接是课堂制造的，且它的位置可以从教案里预测。它不是"惰性知识"——惰性知识说的是知识调不出来，悬置连接说的是知识被调出来时带着不该带的东西。

需要排除两类伪阳性。其一，**明写的近似**：教学说明这是一个在特定条件下成立的近似，并给出近似失效的判据，此时被悬置的不是内容而是复杂度，学习者手里有一个可用的边界。其二，**已完成的拆解**：后续教学要求学习者用被悬置的那一部分重做当初那道题，并说明当初的答案在何种意义上仍然成立，此时连接被拆过一次。

也要排除一类伪阴性：**复习不是拆解**。把被悬置的内容单独讲一遍、测一遍，学习者可以完全掌握它，而当初那条连接原样不动——因为从来没有人要求他把两者放在一起重新判断一次。

八、悬置连接的四种亚型

悬置连接并非一种东西。按被悬置的是什么，可以分出四类；四类的形成机理相同，而拆解成本与失效形态差别很大。

条件悬置。被挡住的是一个使命题为真的条件——暂不考虑摩擦、忽略空气阻力、假设理想气体、设电阻不随温度变化。它结成的连接是"这个结论无条件成立"。要紧的是这条连接的形态：学习者并没有记住一个错误的结论，他记住的是一个**正确的结论加上一个不存在的适用范围**。失效形态因此很特别——他在新情境里不是算错，是**不去查条件**。条件悬置是四类里最容易拆的：回到当初那道题，把条件加回去重算一遍，两个答案并排放着，适用范围就出来了。

范围悬置。被挡住的是定义域——负数开方以后再说、这里只讨论正整数、这个方程无解。它结成的连接不是"暂时不讨论那些情形"，而是"那些情形不存在"。两者的差别在学习者那里几乎不可见，而后果完全不同：等新范围被正式引入，旧结论不会被自动重判，因为在他那里旧结论从来没有过边界。拆解要求回到当初那个"无解"的判断上重新表态——这一步在多数教材里从不出现，复数被引入时通常另起一章。

机理悬置。被挡住的是为什么——记住这个公式就行、机理这里不展开、按这个步骤做。它结成的连接是公式与题型之间的直接映射，且这条映射极其牢固，因为它在原题型里从不出错、反馈永远是正的。失效形态是断崖式的：题型稍变即完全失效，而且失效时学习者无处可查——他手里没有任何可以据以重新推导的东西。机理悬置的拆解成本最高，因为它要求补一段完整的推导，而那通常意味着重上一节课。

判断悬置。被挡住的是判断标准本身的来由——按老师说的这个标准来、先照这个模板写、这样写就能得分。它结成的连接是标准与权威之间的绑定：学习者掌握的不是判断，是"谁说了算"。失效形态最隐蔽——换一个评价者即失效，而这在同一门课里几乎不会发生，因此它可以一直不被发现，直到升学、转学或进入职场。判断悬置是四类里最难拆的，因为拆解要求学习者重新审视一个他从未被允许审视的标准，而这件事在评价权集中的场合对他并不安全。

四类可以叠加。一道物理应用题可以同时悬置条件（不计摩擦）、悬置机理（公式直接给）与悬置判断（答案对不对以标准答案为准）。因此不能把一节课整体判为高悬置或低悬置，必须**按位置记**：同一节课在一处是条件悬置、在另一处是判断悬置，两处的拆解成本相差一个数量级。

这一分类的实用价值在于它改变了拆解的优先次序。若课时有限，先拆的不该是最难的那一处，而应是**拆解成本最低而失效范围最广**的那一类——按上面的形态，那是条件悬置。判断悬置虽然最严重，但它的拆解需要评价结构本身的改变，不是一节课的事。

九、二维辨别格

要把这个对象从一个说法变成辨别工具，必须把它与教学质量分开。横轴取**悬置密度**：一个单元里明确悬置的次数。纵轴取**脱悬率**：这些悬置里，后来被明确拆解（要求学习者用被悬置项重做当初那件事）的比例。两轴相互独立——讲得越清楚的课堂悬置密度越高，而脱悬率与讲得清不清楚无关。

脱悬率低	脱悬率高
悬置密度低 直陈型：内容以完整复杂度呈现，学习者自行取舍；当轮吃力，遗留问题少而散	慢工型：悬置少且都被拆过；进度慢，换情境表现稳定
悬置密度高 叠置型：讲解清楚、进度顺利、正确率高，而悬置期内结成的连接从未被拆。本文的靶格	高负荷型：悬置多且都要拆，课时不够用；实际罕见，多数会退回叠置型

右下角是靶格，它有三条使它难以被发现的性质。

其一，短期指标表现为改善。悬置正是使当轮清楚的那个手段。悬置密度越高，讲解越顺、正确率越高、学生的主观理解感越强。任何以当轮读数评价的体系都会奖励它。

其二，失效不产生信号。悬置连接在原题型内不导致错误。它只在换一个表面不同、结构相同的情境时决定表现，而那时的归因几乎必然是“基础不牢”“不会灵活运用”——两个归因都指向学习者，不指向那次悬置。

其三，它自我加固。保证进度与正确率的唯一办法是多悬置；悬置越多，可用于拆解的课时越少；脱悬率越低，换情境表现越差；表现越差，越需要用更多练习保住当轮正确率，于是悬置更多。

左上角是关键对照格：**内容以完整复杂度呈现的课堂当轮更吃力、正确率更低**，而本文预测它的换情境表现优于靶格。这一格的存在使本文与“讲清楚有害”划清界线——问题不是讲清楚，是讲清楚所必需的那次悬置没有被拆。

十、读数与一句不含判断词的问法

悬置密度从教案与教材直接可数：明确的悬置语句（暂不考虑、先不管、以后再讲、这里只看、按这个来就行）出现的次数。这是一个纯外部量，不需要任何人配合。

脱悬率要求更严：一次悬置算作被拆解，必须满足三条——被悬置项后来被正式引入；学习者被要求回到当初那件事上重做；重做时须说明当初的答案在什么意义上仍然成立、在什么意义上不再成立。三条缺一不可。只讲不接不算，只测不接也不算。

判据写成一句不含判断词的问话：

> **这学期明确说过"这个以后再讲"的地方，有几处后来真的讲了，并且要求学生把它和当时学的那一处重新接了一次？**

这句话可以拿去问教案、教材目录与作业记录，不需要问任何人的判断。五个场景跑一遍，答案互不相同：

场景	典型悬置	后来是否拆解
中学物理·摩擦	本题暂不考虑摩擦	多数教材中摩擦力单独成节， 不回溯当初那道题现在怎么算 ；查目录与习题即可确认
中学数学·负数开方	这个方程无解	复数引入时通常另起一章，很少回到当初那个方程重判
化学·反应机理	机理这里不展开	大学阶段引入，跨学段，几乎不可能回接
编程教学·错误处理	先跳过异常	视课程而定；工程实训类课程常在后期强制回改早期代码， 这一格的脱悬率可以很高
陶艺与油画技法	这一层先这样，干了再说	工坊制传统里下一次上手就是回到同一件坯或同一张画， 结构上强制回接 ；查工序单可确认

其中第一格与第五格是查出来的，不是从命题推出的：教材的章节编排与工坊的工序单都是现成文件，任何人都可以核对。第五格尤其要紧——它说明高脱悬率不是理念问题，是**工作对象是否持续存在的问题**。课堂的作业交上去就不再回来，而坯与画一直在那里。

十一、十处兑现

跨领域的关系只有能在各自领域里推出一件具体的事，才算兑现。

其一，教育学的原有概念对应被悬置项的具体内容，因此研究必须记录教学明确悬置了什么，而不只是记录讲了什么。其二，不相容对应悬置解除时的重新判断，因此拆解的证据是学习者在重做时说出了当初答案的适用边界。其三，四条件里的"生产力"对应拆解后新解释能否处理更多情形，可用变式题直接测。其四，保护基对应课堂的悬置装置，因此它可以被数——教案里的悬置语句就是它的清单。其五，脱保护对应拆解工序，因此脱悬率与合成的脱保护收率同构，都可以按"进去多少、出来多少"计算。其六，保护基迁移对应悬置连接本身，因此本文预测悬置连接的位置可以从被悬置项的相邻内容预测，而不是随机分布。其七，无保护基合成对应"不需要悬置的入口"，因此本文的第一处方不是补拆解，是改入口。其八，未完成状态对应长期悬置项，因此某些悬置不应被拆解，判据是课程是否声称该内容最终要能独立运行。其九，完成判定由条件追加，对应课堂的单元结束判定，因此本文预测把判定推迟到跨单元会改变学习者

对"哪些还开着"的认知。其十，作者当时不认为未完成，对应学习者不认为自己欠着账，因此悬置连接不能靠自评问卷测量。

第六、第七与第十项是本文最依赖的三项。删掉第六项，本文的对象退回"没学扎实"；删掉第七项，处方退回"多补课"；删掉第十项，读数退回自评量表。

十二、一个单元走完：从悬置到连接到拆解

抽象的判据要放到一段具体的教学里才看得出成本。取初中物理"力与运动"这个单元。

第一节课作出了三处悬置。教师讲牛顿第一定律，用了小车在水平面上滑行的例子，说了三句话：本题不计摩擦；空气阻力忽略；小车视为质点。三句话都必要——不说这三句，第一定律在中学阶段讲不成。三句分属两类：前两句是条件悬置（可拆），第三句是不可拆的理想化（按边界那一节，判据须改写为"不知道这是一个模型"）。

第二到第四节课形成了连接。学生做了三十道同型题，全部不计摩擦，全部得出"不受力则匀速"。这期间形成的连接是：**运动状态不变，等同于合外力为零，等同于没有力**。第三个等号是多出来的，教材从未写过它，教师也从未说过它——它是被三十道题的一致经验接上去的。这条连接在这三节课里从不出错，因为每一道题里都没有摩擦力。

第五节课引入摩擦，而通常不拆解。摩擦力单独成节，讲定义、讲方向、讲计算。学生学得很好，测验正确率高。而第一节课那三十道题没有一道被拿回来重算，"合外力为零"与"没有力"之间那个多出来的等号从未被拆开。此时学生手里有两套都正确的东西：一套关于第一定律，一套关于摩擦力，中间没有连线。

失效在两个月后。期末考一道题：木块在水平面上匀速滑动，问受力情况。按第一定律，匀速则合外力为零；按摩擦力那一节，滑动必有摩擦力。相当比例的学生答"不受力"或者答"受重力和支持力"——不是他们不会算摩擦力，是那个多出来的等号还在。批改时这被记作"综合运用能力不足"。

拆解要花多少课时。按本文的判据，拆解要求回到第一节课那道具体的题上，加上摩擦重算一遍，并说出当初那个答案在什么意义上仍然成立（在摩擦可忽略的尺度上成立）。这件事需要的不是一节课，是**十分钟**——因为那道题学生早已熟悉，要做的只是把一个条件加回去。十分钟对一个单元来说是可以挤出来的；它之所以从未被挤出来，不是因为课时不够，是因为**账本上没有这一栏**：教案上写着"摩擦力"这个知识点，没有写着"第一节课那三处悬置"。

这个推演给出三条可以被推翻的具体主张。其一，悬置连接的位置可以从教案预测——本例中它必然出现在"合外力为零"与"没有力"之间，因为这两者在三十道题里从未被分开过。其二，拆解的成本远低于直觉——十分钟，而不是一节课。其三，失效的归因几乎必然指向学习者——综合运用能力不足，而不是第一节课那三句话。三条都可以在任何一个初中物理教研组用现成材料查证。

十三、三家为何各自到不了

三家没有到达这个位置，不是因为疏忽。每一家各自的问题结构，恰好使这一步成为不必要的。

教育学到不了，因为它的因变量止于学习者内部。概念转变的整套方法——临床访谈、概念图、前后测、迷思概念清单——都围绕学习者一侧建立，它问的是"学生原有的是什么、后来变成了什么"。悬置是教学一侧的动作，而这一支从不追问"教学挡住了什么"；教学在它的模型里以"提供不相容经验"这一个变量出现，挡住的动作不占位置。要它看见悬置连接，等于要它把教学的技术性安排纳入概念生态的因果链，而那会使这一支的分析单位从学习者扩到师生两方——它的整套工具在那一刻失效。

化学到不了，因为它的体系里只有一个所有者。分子是实验者的，保护基是实验者装的，迁移了实验者自己承担后果，脱保护做没做完在同一份收率里结清。因此化学不需要"归属"这个变量——挡住与被挡住之间没有利益分歧，也没有账期错位。课堂里有两个所有者：悬置由教师作出，连接长在学生身上，代价由学生在数月之后承担，而三者不在同一本账上。化学的形式约束可以整个搬过来，唯独这一件搬不过来，因为它在化学里根本不构成问题。

艺术学到不了，因为它处理的是作品而不是制作者。未完成状态的研究问的是那件东西算不算作品、由谁的条件判定、在流通中如何被安置，整个论域都在作品一侧。它从不问制作者在等待期间发生了什么变化——一块停在半路的石头对米开朗基罗做了什么，不是艺术史的问题。要它看见悬置连接，等于要它把作品的未完成状态读作制作者身上的一个状态，而那属于另一门学问。

三家的盲区各不相同，但它们的交集恰好是本文的位置：**一个由甲方作出、长在乙方身上、由乙方在数月之后承担、而三家的记账单位都不覆盖的东西。**教育学的账本记学生，化学的账本记体系，艺术学的账本记作品——没有一本记"甲的一个动作在乙身上留下的东西"。

十四、为什么常见的改革处理不了这一件

课堂改革不缺方案。近三十年里，增加活动、增加反馈、增加练习、分层教学、个性化推送，每一样都被大规模推行过，每一样都在试点里有效，每一样在推广之后回到原处。本文给出的解释是形式上的：**这五类改革改的全是悬置之外的变量，悬置密度与脱悬率一个都没动。**

增加活动改的是形式，不改归属。讨论、项目、探究、翻转，改变的是谁在说话、用什么材料、按什么顺序。而一个讨论要能进行，问题必须先被限定；限定就是悬置。活动化的课堂通常悬置密度更高——把一个复杂问题改造成可讨论的形式，需要挡住的东西比直接讲授更多。这解释了一个反复被观察到的现象：活动越丰富的课堂，学生的当轮参与与满意度越高，而换情境表现未必更好。

增加反馈改的是速度，不改对象。更快地告诉学生对错，更细地标出错误在哪一步，更多地给出改进建议。这一切都在被悬置之外的那部分内容上进行——反馈永远只针对已经进入本轮的东西，因为被挡住的那部分本来就不在作业里。反馈越及时越精细，学生越熟练地在既定范围内作答，越没有理由去碰边界。

增加练习改的是熟练度，不改边界。同型练习提高的是在既定条件下的执行速度与准确率。而悬置连接恰在同型练习里从不出错，因此增加练习不仅不能拆解它，还会把它固化——每一次正确都是对那条连接的一次确认。这一条给出一个可查的预测：**在同型练习量与换情境表现之间，应当存在一个拐点，超过它之后相关转负。**

分层教学改的是难度，不改挡住了什么。把学生按水平分组、给不同难度的任务，而难度的降低几乎总是通过增加悬置实现的——低层组的任务里挡住的东西更多，因此低层组的悬置密度系统性更高、脱悬率系统性更低。这解释了分层教学一个长期的困扰：分层在当轮成绩上有效，而组间差距随时间扩大。按本文，这不是低层学生学得慢，是低层组被挡住的东西更多而拆得更少。

个性化推送改的是路径，不改账本。平台根据错误类型推送下一题，路径因人而异。而推送的依据是答题结果，答题结果记录的是内容点的对错，不是内容点之间的连接。系统越精确地按错误类型分流，越是把学习者固定在他当前那套连接所能应付的题型上——因为凡是他能做对的，都不会被推送。

五类改革共享一个特征：**它们的效果都在被悬置之外的那部分内容上产生，而代价都在被悬置的那部分上积累。**试点期间，研究者在场、课时宽裕、教师有余力回过头补，脱悬率被临时抬高；推广之后课时回到常规，脱悬率回落，此前所有的局部改进同时失效。这不是执行不力，是变量选错了。

十五、与最接近的几种说法的分界

认知负荷理论（Sweller, van Merriënboer & Paas, 2019）说到的是：工作记忆容量有限，教学应当管理内在负荷、削减外在负荷、留出建构负荷。悬置正是削减内在负荷的标准手段，因此这一支为悬置提供了全部正当性。分离线在**账期**：它计算的是当轮的负荷，它的账在下课时结清；本文计算的是悬置期内结成的东西，账在换情境时才到期。判定形式：若在负荷完全匹配的两组之间，只改变脱悬率而换情境表现无差异，则本判断错而负荷理论足够；若有差异，则负荷是当轮的读数，不是全部的读数。

支架与渐隐说到的是：外部支持应随能力提高逐步撤除。分离线在**撤除的对象**：渐隐撤除的是帮助，本文拆解的是被悬置的内容。判定形式：观察一个帮助已全部撤除、而悬置从未被拆解的课堂——渐隐理论判它已经完成，本文预测它在换情境时与从未渐隐的课堂无差异。这样的课堂在实践中极常见，因此这一条可以立刻检验。

惰性知识（Whitehead, 1929; Renkl, Mandl & Gruber, 1996）说到的是：知识存在却调用不出来。分离线在**方向**：惰性知识讲该来的没来，本文讲来了的带着不该带的。判定形式：若换情境失败的学生在提示后能正确调用被悬置项，则是惰性知识；若他能调用却仍按当初那条连接作答，则是悬置连接。这两种表现可以在同一次访谈里分开。

迷思概念研究说到的是：学习者带着先于教学的错误解释进课堂。分离线在**来源**：迷思概念是带进来的，悬置连接是课堂制造的，因此它的位置可以从教案预测。判定形式：若某类错误在使用不同悬置策略的两套教材之间分布相同，则它是迷思概念；若分布随教材的悬置位置移动，则它是悬置连接。教材对比是现成可做的。

螺旋课程（Bruner, 1960）是最贴身的一位，因为它正是“以后再讲”的制度化：同一主题在不同学段以更高复杂度重访。分离线在**重访的形态**：螺旋课程假定重访即重接，本文预测重访通常是新起——在更高的复杂度上重新讲一遍，而不要求学习者回到低复杂度那一次的具体判断上重判。判定形式：若螺旋重访的班级与直线推进的班级在换情境表现上无差异，则本判断对而螺旋课程的重访机制未兑现；若有差异且差异随重访次数而非随拆解次数变化，则反之。

理想化与模型的必然简化（Cartwright, 1983）来自科学哲学，说到的是：任何模型都必须撇开大量因素，物理定律在严格意义上是假的。分离线在**对象**：它讲模型与世界的关系，本文讲被撇开的部分在学习者身上形成了什么。判定形式：这一支预测任何理想化都同等地“不真”，本文预测理想化之间有系统差别——被撇开项与被保留项在内容上相邻的那些理想化，产生的悬置连接更强。

信息隐藏与架构侵蚀（Parnas, 1972; Perry & Wolf, 1992）是形式层最贴的一位，来自软件工程。把本文的命题剥掉学科名词，剩下的是：**为使一部分可控而暂时排除其余，排除本身在被排除项之间生成了未被声明的关系**。这在软件工程里叫隐性耦合，其长期后果叫架构侵蚀——模块边界划得越清楚、被隐藏的东西越多，未声明的依赖就越容易在边界背后长出来，而它们不违反任何接口约定。分离线在**谁承担**：软件里那些依赖长在代码上，可以被静态分析找出；课堂里它们长在学习者身上，任何静态检查都读不到。判定形式：若课堂的悬置连接能被作业与试卷的常规批改识别，则本文多余，它只是软件比喻；若必须用换情境任务与出声重做才能读到，则两者是同一形式在不同承载物上的两个例子，本文的增量在承载物而不在形式。

成功陷阱与能力刚性（Levinthal & March, 1993; Leonard-Barton, 1992）是模板层的占位者，必须点名。本文的形式一旦剥净，接近“越讲得清楚，换情境越差”这种反转模板，而这个模板早有名字。分离线在**前提**：成功陷阱要求存在一项被推到极端的成功能力，能力刚性要求存在一项曾经带来优势的核心能力；而一门从来没有成功过的课，**悬置密度同样高、脱悬率同样低**——因为悬置是讲课得以进行的条件，不是成功的产物。判定形式：取一批长期成绩低迷的课程，若它们的悬置密度显著低于成绩优异的课程，则成功陷阱足以解释；若两者无差异，则本文所指的不是成功的代价，是讲授的代价。

负迁移说到的是：先前学习妨碍后续学习。分离线在**先前学习的身份**：负迁移里的先前学习是一次完整的学习，本文里的先前学习是**一次被声明为暂时的悬置**。判定形式：负迁移预测干扰强度随先前学习的牢固程度上升，本文预测它随悬置的明确程度上升——一句说得越清楚的“这个以后再讲”，产生的连接越强，因为它同时给了学习者一个明确的许可去把那部分放下。这两条预测在方向上可以分开检验。

划完之后再取一次交集。逐条问这几位各自结构性地看不见什么：认知负荷理论把账期当作给定，因此看不见跨轮的连接；螺旋课程把重访当作重接，因此看不见新起；迷思概念研究把错误的来源当作先于教学的，因此看不见教学制造的错误；负迁移把先前学习当作完整学习，因此看不见被声明为暂时的那一类。这几行背后是同一件被当作给定的东西：

> **教学的最小单位是内容点，而内容点之间的关系是内容点的函数。**

所有派别都在争内容点该怎么排、怎么教、怎么测，没有一派把"内容点之间在学习者身上自行长出的关系"当作独立的记账对象——因为一旦承认它，**教学序列这个概念本身就失去对结果的决定权**：同一份序列在不同的悬置安排下产出不同的关系网，而序列本身看不出来。这是本文动摇的那块地。

十六、与同批另两篇的分工

本文与同批的另两篇处理同一个问题，读数与靶格都不同，必须逐一分清。

与《**还在动的时候就读了数**》。那一篇处理的是判定的时点相对于重组速度过早，因而把仍在进行的变化读成零并据此配置后续条件；它的读数是观测窗口与重组时长之比。分离线在**位置**：那一篇管一次改变的**出口**（改变还没完成就被读数），本文管一次改变的**伴生物**（改变完成了，而它附带了一批未被指认的连接）。判定形式：取一个把所有判定都推迟到重组完成之后的班级——那一篇预测它的读数有效，本文预测若悬置从未被拆解，推迟判定只会更晚地读到同一批悬置连接的后果。两个预测可以同时被检验，且**不冲突**。

与《**开着的时候没人来**》。那一篇处理的是上一轮教学打开的感受窗口与本轮内容不对齐，因而窗口在无人到达的情况下关上；它的读数是开窗率。分离线在**轮次关系**：那一篇管**入口**（内容有没有落在能被接住的时刻），本文管入口之后那一次改变附带了什么。判定形式：一个对窗率很高、每一轮都精确接上上一轮涌现的班级，若它同时悬置密度高而脱悬率低，那一篇判它健康，本文判它落在靶格。这个对照两篇都不能自己判，必须实测。

三篇合起来才说得出一句：**同一次改变有入口、伴生物与出口三处可以失效，三处的读数数学上独立、可同批测量，而效应相乘不相加**——入口对不上，另两处做到最好也没有输入；入口对上而伴生物无人拆除，出口读得再准也只是准确地读到一个带着杂物的结果。

十七、五类课堂场景，与其中两处收窄

中学物理的摩擦是条件悬置的标准形态。悬置语句在教材里明确可数（本题不计摩擦、忽略空气阻力、设斜面光滑），后续摩擦力单独成节，几乎不回溯当初那些题现在该怎么算。**第一处收窄在这里**：物理教学中有一类理想化是不可拆的——质点、刚体、点电荷，拆掉之后该层次的物理学不存在。对这一类，本文的判据必须改写：不是"是否回到当初那道题重算"，而是"学习者是否知道这是一个模型、以及它在什么尺度上失效"。这一处收窄不小，因为中学物理里不可拆的理想化占了相当比重。

中学数学的负数开方是范围悬置。它的特殊之处在于跨度极长：初中说无解，高中引入复数，中间隔着两三年。跨度越长，回接的制度成本越高，而回接的价值也越大——复数引入时若能回到当初那个具体的方程重新表态，学习者得到的是一次范围的扩张；若另起一章，他得到的是两套互不相关的说法。这一格可以直接从教材的编排上判断，不需要进课堂。

化学的反应机理是机理悬置，且跨学段。中学说记住这个规律，大学讲机理，中间隔着入学考试。这一格在结构上不可能回接，因为回接需要同一批学习者、同一位教师、同一门课程连续性，而学段之间三者全断。本文对这一格给不出处方，只能指出：跨学段的悬置在现有制度下等于永久悬置。

写作教学的模板是判断悬置，也是四类里最难处理的一格。学生按模板写、按评分标准改、按教师的判断确定好坏；被悬置的是“凭什么这样算好”。**第二处收窄在这里**：在评价权高度集中的场合，要求学生重新评判教师给出的标准，可能使他承担不该由他承担的风险——尤其在这个标准同时决定他的成绩时。处置只能是把重判放到低风险场合：同伴互评、匿名样本、往届作品、与另一套标准的对照。这一处收窄改变了本文处方的形态：判断悬置的拆解不能在原评价关系内完成。

工坊制技艺是唯一一格结构上强制回接的。下一次上手就是回到同一件坯、同一张画；材料还在那里，上一次做的每一个决定都以物的形式摆着，不需要任何人提醒。这一格给出本文最有用的一条设计线索，而且它不是理念问题：**脱悬率高低，主要取决于工作对象是否持续存在**。课堂的作业交上去就不再回来，因此每一次悬置都自动变成永久悬置；而坯与画一直在那里，因此每一次未完成都自动进入下一轮的视野。这条线索比“教师应当更重视回顾”有用得多，因为它指向一个可以被改动的制度安排，而不是一种态度。

十八、三个领域反过来加上的限制

化学削掉了本文最自然的一条价值排序。若只看保护基策略，本文会写下一句更强的话：脱悬率应当尽可能高，所有悬置最终都要被拆。而不使用保护基的合成路线（Baran et al., 2007）证明，最好的路线不是保护做得更彻底的路线，是**根本不需要保护的路线**。翻回课堂，处方因此改变形态：第一位的不是补拆解——那会无限增加课时——而是**优先选择不需要悬置的入口**。同一个概念常有多个入口，有的入口必须先挡住三样东西，有的一样都不必挡；后者的当轮讲解更费力，长期账更干净。这一处削掉的是“越拆越好”，换上的是“少挡优先于多拆”。

艺术学削掉了本文的适用范围。若只看化学，本文会写下另一句更强的话：任何未拆解的悬置都是欠账。而未完成状态的研究证明，保持未完成本身可以是构成性的，强行完成会毁掉它。翻回课堂，适用范围因此收窄到**课程声称该内容最终要能独立运行的那些悬置**；对于“知道有这回事就够了”的内容，悬置不需要拆解，把它算进欠账是记错了账。这一处削掉的是本文对适用范围的默认扩张。

教育学削掉了本文的道德色彩。概念转变的修正稿承认，学习者的概念生态里存在大量非目标的连接，它们同样支持后续学习。因此本文只主张悬置连接**不进入任何账本**是问题，不主张它们都有害。有些悬置连接后来成了理解的支点；本文无法预先分辨，也不声称能分辨——它主张的只是：一个没有被任何人指认过的东西，不可能被有意地利用或拆除。

十九、不适用的边界

三处反向约束已经削掉了本文的价值排序与部分适用范围。这一节把边界写全，共五条。写全的用处不是谨慎，是防止读者把一个窄命题用到它不成立的地方。

其一，纯熟练化内容不适用。口算、拼写、指法、键盘、基本操作程序，这类内容不靠概念之间的连接工作，靠的是重复与自动化。在这里挡住其余部分不产生本文所说的连接，因为根本没有"其余部分"可以与它接上。把这类内容算进悬置密度是记错了账。

其二，安全关键内容的保护性悬置不适用。实验室里某些反应的细节、临床上某些操作的风险边界、机械操作中某些禁忌，它们的悬置本身是保护性的。这类悬置的拆解必须在模拟环境中完成，且拆解的目的不是让学习者重判，是让他知道边界在哪。本文的判据在这里不适用，因为"回到当初那件事重做"在真实场合中不被允许。

其三，目标只要求"知道有这回事"的内容不适用。艺术学那一处反向约束已经削出这一条：并非所有悬置都是欠账。判据是课程是否声称该内容最终要能独立运行；不声称的，悬置就是它的终态，不构成损失。

其四，学习者已有充分先备结构时不适用，且方向可能相反。对一个已经掌握相关结构的学习者，挡住其余部分反而降低干扰、提高效率——这与新手的情形方向相反。因此悬置密度这个读数在专家与新手之间不可比，混在一起算会互相抵消。

其五，单次接触的内容不适用。本文要求悬置与拆解之间有一段可追踪的时间跨度；一次讲座、一场报告、一节公开课，没有下一轮，也就没有拆解的可能，本文对它无话可说。

这五条合起来把本文的射程收得相当窄：它只适用于**有连续轮次、目标要求独立运行、学习者尚未形成相关结构、且内容依赖概念连接的那一类教学**。这个范围小于课堂总量的一半。本文认为这是应该的——一个适用于所有教学的命题，通常什么也没说。

二十、经验研究设计

本文的三个量都必须能在既有课堂里测出来，否则它只是一个说法。

主设计是同一制度环境内的多班级试验：同一学校、同一年级、同一学科、同一课程标准，不少于八个平行班，持续十二周。跨校、跨地区、跨国的比较一律不用——两边在教材、课时、生源与文化上处处不同，所谓控制某个变量在方法上站不住。

四类条件的差别被刻意收窄。**A 组**按常规教学，悬置照常作出，不作拆解安排。**B 组**在 A 的基础上刻意提高悬置密度（更多范例、更严格的题型限定、更多"以后再讲"），用作强化对照。**C 组**与 A 的悬置密度、反馈量、课时与教师投入全部匹配，唯一差别是每一次明确悬置都在四周内被拆解一次。**D 组**改换入口：对同一批概念，选择不需要悬置或悬置更少的入口教，当轮讲解更费力，课时与 A 匹配。

三处对照各回答一个问题。**A 与 C** 检验拆解本身的效应，是本文处方的核心检验。**A 与 D** 检验换入口的效应。**C 与 D 是本文最要紧的一处对照**——化学那一处反向约束预测 D 优于 C，即少挡优先于多拆；若实测 C 优于 D，那一处反向约束不成立，本文的处方次序要倒过来。

数据分五层。第一层是基线知识与先前成绩。第二层是教案与教材的悬置语句编码，这一层完全不进课堂，用现成文件即可完成。第三层是课堂录像与学生草稿，用于识别连接的可观测签名。第四层是当轮正确率与常规单元测。第五层是四周与十二周后的换情境迁移任务——题目在表面上改变而关系结构保持。

悬置语句的编码规程必须写死，否则密度这个数会随编码者浮动。计入的语句须同时满足三条：明确指向某项内容；明确表示本轮不处理；且该内容属于本课程后续或相邻课程的范围。"这个太难了"不计入（未指向具体内容），"这个我们不学"不计入（不在课程范围内），"这个以后再讲"计入。两名编码者独立完成首轮编码，一致性低于阈值时该批数据作废而不取平均。

连接的编码用出声重做：给学习者当初那道题，要求他用被悬置项重新做一遍，并说明当初的答案在什么意义上仍然成立。三级评分——能重做且说得边界、能重做而说不出边界、不能重做。要紧的是编码者不得看该学生的当轮成绩，否则会顺着成绩判。

最低成本的先导研究不必重组课程。只用两样现成材料：教材与教案里的悬置语句（可直接检索），以及同一册教材后续章节与习题里"是否回接"的证据。把这两样与既有的期末迁移题对上，一个学期之内可以完成，不需要任何新干预，也不需要进课堂。若在这一层就看不到关联，应当优先怀疑本文的机制，而不是把失败归因于样本不足。

统计上以学生嵌套班级、班级嵌套教师。核心检验不是比较组均值，而是在控制当轮正确率、练习量、课时与先前成绩之后，检验悬置密度与脱悬率的交互项是否预测换情境表现。为减少"好教师什么都做得好"的选择偏差，优先采用同一教师内比较：同一位教师在不同单元的脱悬率自然波动是否预测对应知识点的迁移。

二十一、证伪条件与轮次预测

最强的竞争解释不是"传统课堂也可以很好"，是一句更朴素的话：**其实不就是没学扎实吗**。换情境表现差的学生，多半原本就掌握得浅；悬置与拆解只是好教学的又一个名字。

排除它需要一个只有本机制才预测得到的变量。本文取的是**悬置密度与脱悬率的交互项**：若只是学得扎不扎实，当轮正确率与练习量就应该解释掉全部差异；本机制预测的是，在当轮正确率、练习量、课时、教师与先前成绩全部匹配之后，**换情境表现仍随交互项变化**——高悬置低拆解的班级最差，而低悬置低拆解的班级不差。后一格是竞争解释预测不出来的：按"没学扎实"，低悬置的班级当轮更吃力、正确率更低，应当更差。

据此写出七条证伪条件。

其一，控制当轮正确率、练习量、课时、教师效应与先前成绩后，若悬置密度与脱悬率的交互项不预测换情境表现，则核心机制为伪。

其二，若低悬置密度且低脱悬率的班级在换情境表现上不优于高悬置密度且低脱悬率的班级，则靶格设定错误，第二根轴应当换掉。

其三，若脱悬（要求回到当初那件事重做）与单纯复习被悬置项在换情境表现上等效，则本文关于“复习不是拆解”的区分没有经验意义，处方失效。

其四，若悬置连接的位置与被悬置项在教材中的相邻内容无关而呈随机分布，则第六项兑现失败，本对象退回“没学扎实”的一个别名。

其五，若同一批学生在使用不同悬置位置的两套教材之下产生分布相同的错误，则本文所指的是迷思概念，不是课堂制造的连接。

其六，若换情境失败的学生在提示后即可正确作答，则本文所指的是惰性知识。

其七，若长期成绩低迷的课程其悬置密度显著低于成绩优异的课程，则成功陷阱这一模板足以解释，本文无独立地位。

第五条最便宜，且所需材料在多数教研室已经存在：两套主流教材的悬置语句可以直接检索，同一批错误的分布可以从既有作业与试卷中回溯统计，一个学期之内可以完成，不需要任何新干预。

轮次预测。本文的动力主张不是相关，是一个有次序的循环，必须写成轮次。

＞ 第 t 轮教学作出一次明确悬置 → 第 $t+1$ 轮在学习者的解释里出现被悬置项与新内容之间未被要求的连接（可在出声解释与草稿中观察） → 第 $t+2$ 轮课堂条件因这些连接而改变（教师发现“讲过的又不会了”，处置是增加同型练习或进一步简化） → 第 $t+3$ 轮的发起处从内容序列转到补救序列，而补救序列几乎必然带来更多悬置。

四步中任何一步的顺序系统性相反，本模型即需修正：若补救压力先于悬置出现，则悬置是压力的结果而非原因；若被悬置项与新内容之间的连接在悬置之前就已存在，则它是带进来的而不是制造的。

二十二、课堂可以怎么改：五个动作

本文首先是一项解释，不是教学法。但一旦把悬置连接看见，备课的动作会变，且变的地方比想象中便宜。

第一，把悬置说出来并记下来。成本最低的一件：在作出悬置的那一刻多说一句——我们现在把什么挡住了。这句话不需要额外课时，而它把一个原本不可见的动作变成了一条可以回来找的记录。可验收的证据是教案上出现一份悬置清单，而不是教师说自己很注意。

第二，优先选择不需要悬置的入口。这是化学那一处反向约束的直接后果，也是本文与“多补课”分道的地方。同一个概念常有多个入口：有的入口必须先挡住三样东西，有的一样都不必挡。后者当轮讲解更费力、正确率更低、课堂更不顺，长期账却更干净。备课的问句因此从“怎么讲得更清楚”改为“有没有一个不必挡这么多的讲法”。

第三，把拆解写成动作而不是名称。回顾、复习、串讲、关联，这些名称都不算拆解。一次拆解要被计入，必须留下学习者用被悬置项重做当初那件事的产物，且该产物中出现了当初答案适用范围的判断。这条规则会被绕过，只是绕过它需要真的让学生做一遍。

第四，让工作对象持续存在。这是工坊那一格的教训，也是本文认为最有杠杆的一条。同一份作业在一学期里被回改三次，胜过三份互不相干的新作业——不是因为回改更认真，是因为回改使每一次悬置都自动进入下一轮的视野，不需要任何人记得。这一条不要求教师改变态度，只要求改变作业的流转方式。

第五，把教研的对象从内容序列扩到悬置清单。集体备课时先列这一单元要挡住什么，再列打算什么时候拆、拆到什么程度、哪些不打算拆并说明理由。这份清单同时是第三处反向约束的落地：不打算拆的那些必须写明理由，否则它们会悄悄从"不必拆"滑成"忘了拆"。

五条里只有第四条涉及制度安排，其余四条是备课习惯的改变。这一点本身可检验：若在完全不改变作业流转方式的条件下，仅按第一、二、三条运行的班级与对照班无差异，本文的处方失效。

二十三、反噬预言与伦理限制

脱悬率一旦进入考核，最省事的达标办法会摧毁它。教案里补一句"回顾上节内容"就可以计入拆解，而回顾不是拆解——学习者没有被要求回到当初那道题上重判。平台可以自动标注"知识点关联复习"，把拆解压成一次推题。教师也可以安排一次形式化的"回头看"，让全班齐声说出当初的答案在什么意义上仍然成立，而没有任何人真的重做一遍。

对此本文看不到彻底的出口。能做的只有把判定写死在**动作**上而不是名称上：一次拆解要被计入，必须留下学习者用被悬置项重做当初那件事的**产物**，且该产物中出现了当初答案适用边界的判断。除此之外的**一切形式**——回顾、复习、关联、串讲——一律不计。这条规则会被绕过，只是绕过它需要真的让学生做一遍。

因为悬置密度与脱悬率都是可以拿去考核人的比率，伦理限制必须写死三条。

第一，这两个读数指的是**位置**，不是人。悬置是讲授得以进行的条件，密度高不构成对教师的负面评价；把它做成教师排名是对本文的误用。

第二，**不得为了把脱悬率做好看而在安全关键教学中恢复被有意悬置的内容。**实验室安全、临床操作、机械操作与应急程序中，某些内容的悬置是保护性的，拆解须在模拟环境中完成。

第三，若学校已据这两个读数作出不利安排，**必须公开编码规则、原始证据与复核通道**，并允许被评价者提交反证。

二十四、自反

按本文自己的判据，这篇文章做了大量悬置而脱悬率为零。

为了让"悬置连接"这一处清楚，本文把学习动机、个体差异、学科差异、班级规模与教师专业发展全部挂了起来，每一处都用了"本文不处理"这类语句。这些悬置与正文之间已经结成了连接——读者从本文取走的那个对象，将带着"与动机无关""与学科无关"这类本文从未主张、也没有证据支持的默认。本文不打算在这里补讲它们，因为补讲同样只是复习。

还有一处更难堪。本文主张一个名字会把它所指的东​​西挡在名字后面；而本文自己产出的正是一个名字。**读者最可能取走的是"悬置连接"这四个字，而不是悬置密度与脱悬率的交互项**——名字比关系更容易被记住、被引用、被写进综述。这不是本文的失误，是本文所描述的机制在自己身上的一次运行；本文对此没有办法，只能把可以让自己失败的那七条写得比结论更具体。

二十五、分层引用，与三个本文解释不了的洞

本文可以被分层引用，三层的强度依次递减而稳定性依次上升。

第一层是"悬置连接"作为一类对象。它最强，也最易倒——只要证明悬置期内并不形成额外连接，或形成的连接与被悬置项的位置无关，这一层就没有了。

第二层是那张二维辨别格。即使命名不成立，把悬置密度与脱悬率分成两根轴仍然是可用的诊断工具：它至少能把"讲得清楚"与"讲清楚之后处理了什么"分开来问。

第三层是一条不依赖前两层的经验主张：要求学习者回到当初那件事上用被悬置项重做一遍，其效果不同于单独复习被悬置的内容。这一层最稳，也最便宜——两个平行班、一个单元、一次延迟迁移测验即可检验，且它对本文其余部分成立与否不作要求。

写清可以分层引用，既是诚实，也是保护：第一层被推翻时后两层仍站得住。

有三个洞本文解释不了。它们不是应用细节，而是可能迫使核心定义改变的东西。

第一个洞：本文说不出悬置连接何时是有益的。概念转变的修正稿承认，概念生态里大量非目标连接同样支持后续学习。本文因此只主张它们不入账是问题，不主张它们都有害——但这意味着本文给不出"该拆哪些"的判据，只能给出"哪些拆得起"的成本排序。一个能分辨有益与有害的判据，会把本文的处方从"尽量拆"改成"选着拆"，而本文没有这个判据。

第二个洞：本文说不出悬置连接会不会自行消解。若它在足够长的时间之后自行松脱，本文对长期教育的整个主张就要重写；而现有的迁移研究窗口普遍短于这个时间尺度，因此这一条在可预见的将来无法被检验。本文倾向于认为它不会自行松脱——因为它在原题型里持续得到正反馈——但这只是倾向，不是论证。

第三个洞：本文的两个读数在专家与新手之间不可比，而本文说不出分界在哪。边界那一节已写明方向可能相反，而"充分先备结构"是一个连续量，本文给不出临界点。这使得跨年级、跨学段的比较在方法上不可行，而那恰恰是教育研究最常做的比较。

二十六、三条本文预测而尚无人测的现象

一个判断若只解释已知，仍可能是旧说法的新名字。本文因此列出三条它预测、而据本文所知尚无人测过的现象。每一条不成立都要动本文的一部分。

其一，同型练习量与换情境表现之间应当存在拐点，超过它之后相关转负。通常的预期是单调正相关——练得越多越熟。而按本文，同型练习每一次正确都是对悬置连接的一次确认，因此在拆解之前，练习越多连接越牢。这条预测与“熟能生巧”直接相反，而它只需要在既有的练习量数据与迁移成绩之间做一次非线性拟合即可查，不需要任何新采集。若关系严格单调，本条为伪。

其二，低层分组的悬置密度应当系统性高于高层分组，而这不是任何人有意为之。降低难度的标准手段就是增加悬置——多给范例、限定题型、简化情境。因此分层教学在结构上把悬置密度与学生水平做成负相关，而拆解的课时又优先给了高层组（因为低层组的课时被同型练习占满）。这条预测可以直接从分层班的教案上查，两套教案的悬置语句一数就知道。若两层的悬置密度相当，本条为伪，分层与本文无关。

其三，工作对象持续存在的课程，其脱悬率应当系统性高于作业一交即弃的课程，而与教师的教学理念无关。工坊那一格的教训若成立，那么在同一所学校里，作品类课程（美术、技术、写作工作坊）的脱悬率应当高于试卷类课程，且这个差异在控制教师之后仍然存在。这条预测把本文最有杠杆的一条处方推到了可查的位置：若差异不存在，或差异可由教师个体解释，那么“让工作对象持续存在”就不是一条制度杠杆，本文的第四个动作失去依据。

三条都不需要新的测量工具，只需要把已经存在的材料按不同的方式数一次。

二十七、结论与一条写死日期的赌注

课堂上学习很少真正到位，不是因为课堂没有制造改变。恰恰相反，课堂高效地制造了大量当轮完全正确的改变。问题在于，每一次为使某处改变而作的悬置，都在悬置期内附带产出了一批未被指认的连接；这些连接不产生错误，只在换情境时决定表现，而课堂的账本按内容点记，看不见内容点之间的东西。

三个领域各出一份不可替代的力。教育学解释了改变为何需要不相容；化学给出了两条最承重的形式约束——**要让一处改变必先挡住其余，以及挡住这个动作会改写它本要固定的那张名单**；艺术学则限定了适用范围，说明某些悬置本身是构成性的，不该被算作欠账。

这一理论把课堂评价的问题从“学生答对了吗”改为“这次悬置后来被拆过吗”；把教学改革从“讲得更清楚”或“活动更多”改为“少挡优先于多拆”；把教研的对象从内容序列扩展到序列之外那张没人画的关系网。

本文给出一条写死日期的赌注。**到 2031 年 12 月 31 日之前**，若至少三项在同一制度环境内、不少于八个平行班、控制内容总量、课时、教师、先前成绩与当轮正确率之后开展的研究报告：悬置密度与脱悬率的交互项独立预测换情境表现，且低悬置低拆解组不劣于高悬置低拆解组，则本文的核心判断获得初步支持。

以下明确**不算命中**：仅报告"基础不牢"或"迁移能力不足"；仅比较不同教材而不编码悬置语句；仅采用教师或学生自评问卷；仅比较两个地区或两个国家；把拆解与增加课时、增加练习量打包实施而无法分离贡献；把教案中的"回顾"直接计为拆解。若符合上述条件的多项研究均未发现交互效应，本文应被放弃或降格为一个描述性提法。

课堂不需要停止挡住其余部分——不挡就讲不成。它需要的只是：把每一次挡住记下来，并且知道自己欠了几笔。

注释

一、本文所用"保护基""脱保护""酰基迁移""无保护基合成"等术语取合成化学的通行含义，用于提供关于参与名单的形式约束，不作为关于神经过程的经验主张。

二、"未完成"在艺术学中的用法涉及作品身份的历史性判定，本文只取"完成判定由后续条件追加"这一条形式内容，不涉及具体作品的断代与归属争议。

三、本文为理论性文章，不报告作者新采集的实验数据。文中的经验命题、指标与研究方案均需通过预注册研究与独立复核检验。

参考文献

Baran, P. S., Maimone, T. J., & Richter, J. M. (2007). Total synthesis of marine natural products without using protecting groups. *Nature*, 446, 404–408. doi:10.1038/nature05569

Bruner, J. S. (1960). *The Process of Education*. Harvard University Press.

Cartwright, N. (1983). *How the Laws of Physics Lie*. Oxford University Press.

Leonard-Barton, D. (1992). Core capabilities and core rigidities: A paradox in managing new product development. *Strategic Management Journal*, 13(S1), 111–125. doi:10.1002/smj.4250131009

Levinthal, D. A., & March, J. G. (1993). The myopia of learning. *Strategic Management Journal*, 14(S2), 95–112. doi:10.1002/smj.4250141009

Parnas, D. L. (1972). On the criteria to be used in decomposing systems into modules. *Communications of the ACM*, 15(12), 1053–1058. doi:10.1145/361598.361623

Perry, D. E., & Wolf, A. L. (1992). Foundations for the study of software architecture. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, 17(4), 40–52. doi:10.1145/141874.141884

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. doi:10.1002/sce.3730660207

- Renkl, A., Mandl, H., & Gruber, H. (1996). Inert knowledge: Analyses and remedies. *Educational Psychologist*, 31(2), 115–121. doi:10.1207/s15326985ep3102_3
- Schulz, J. (1975). Michelangelo's unfinished works. *The Art Bulletin*, 57(3), 366–373. doi:10.2307/3049410
- Strike, K. A., & Posner, G. J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In R. Duschl & R. Hamilton (Eds.), *Philosophy of Science, Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice* (pp. 147–176). SUNY Press.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational Psychology Review*, 31, 261–292. doi:10.1007/s10648-019-09465-5
- Whitehead, A. N. (1929). *The Aims of Education and Other Essays*. Macmillan.
- Wuts, P. G. M., & Greene, T. W. (2007). *Greene's Protective Groups in Organic Synthesis* (4th ed.). Wiley. doi:10.1002/0470053488

字数与版本：正文约 2.0 万汉字（不含参考文献）；v1.0，2026 年 8 月 3 日。

人机分工声明：研究问题与三个领域的选取由作者提出；人工智能参与文献检索、论证结构化与文档制作。文中涉及实证效果、指标阈值与研究方案的内容需在正式投稿前由作者逐项核验，并按目标期刊规范补充伦理审批与数据计划。

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