

# 推理能力、认知风格与意识水平 对解题迁移的协同影响

杨卫星<sup>1</sup> 王学臣<sup>2</sup> 张梅玲<sup>3</sup>

(1. 贵州师范大学 教育系, 贵州 贵阳, 550001; 2. 聊城师范学院 教育工程系, 252059; 3. 中国科学院 心理研究所, 10083)

**摘要:**以初中生为被试,以平面几何问题为材料进行实验研究,探讨他们的推理能力、认知风格及其对先后问题之间存在共性关系的意识水平对解题迁移的协同影响。结果表明:(1)在平面几何解题过程中,当迁移题与源题之间具有结构共同性,且表面相似性和条件隐蔽性的大小属于中等程度时,解题者对先后问题之间存在的共性关系的意识水平对解题迁移有显著影响;(2)在平面几何解题迁移过程中,解题者对先后问题之间共性关系的意识水平在对解题迁移产生影响时与他们的推理能力和认知风格没有交互作用。

**关键词:**迁移;推理能力;认知风格;意识水平

**中图分类号:**B842 **文献标识码:**A **文章编号:**1001 - 5973(2001)05 - 0019 - 04

## 一、问题的提出

学习迁移包括知识和技能的迁移。学习过程的巩固和运用两个阶段都是通过练习和解题而实现的。Lovett & Anderson<sup>[1](P366)</sup>认为,学习者通过解题过程不仅可以形成解题技能,而且可以获得解题记忆。解题记忆是对先前解题过程情境的记忆,包括问题的陈述、解题的步骤、所用的定理及所犯的错误等。迁移与学习是不可分的,有学习便有迁移。先前的解题对后继解题的影响即为解题迁移。解题者若要在先后两个问题的学习之间获得迁移,那么这两个学习活动之间应有共同要素或成分存在。这些要素既可以存在于学习材料中,也可以存在于学习者认知结构中。

问题的类似性在解题迁移中是影响解题迁移程度的一个重要因素。因为在解题中,无论是表面的还是结构的,突出的共同成分都将增加解题者把两种情境联系起来的可能性。但注意到两个情境的相似特征是非常重要的,因为知觉的相似性不能简单地依靠两种情境的物理特征来决定,它还受很多因素的影响。如解题者个人与迁移问题有关的专业知识,解决某类问题的经验及将问题进行比较的意识等。

Novick<sup>[2](P510)</sup>以专家和新手作为被试,对学习情境的结构相似性与表面相似性进行研究,发现当先前学习与后继学习具有结构相似性但表面不相似时,专家比新手更容易产生正迁移。当两种学习仅具有表面相似性而结构特征不同时,

新手比专家更容易产生负迁移。新手应用表面特征作为提取线索,对具有相似的表面特征的问题,以相似的方法去解决,难以抛开不起作用的原有的解题程序和方法。研究中有55%的新手坚持使用与原解法相似但不恰当的程序,专家也有30%出现上述情况。因此Novick建议,应在抽象的结构水平上注意问题之间的相似性。

在初中引入平面几何的学习,使数学教学产生了两个飞跃:学习内容从以“数”为主转变为以“形”为主;能力的培养从以“计算”为主转变为以“推理”为主。这一转变过程是中学生学习数学的一个难点。“几何难”的问题曾使许多教学第一线的数学教师感到困惑,许多初中学生由此导致学习成绩滑坡<sup>[3]</sup>。

学生学习困难在很多情况下不是来自学习内容,而是由于缺乏某种意识。有很多简单的问题,由于缺乏意识的参与而变得困难了。然而教育心理学却忽视了对“意识”问题的研究。赫尔巴特曾注意到“意识”在教育教学中的作用。他提出的统觉学说曾被认为是教育心理学思想史上的一个重要学说。统觉学说中的最重要的概念是“意识阈”。“意识阈”的含义是:一个观念若要由一个完全被抑制的状态进入有意识的状态,便需要跨过一道意识的分界线,处于界限之上的观念是有意识的,而处于界限之下的观念则为无意识的,这道意识的分界线就是意识阈<sup>[4]</sup>。

格式塔学派的学习观认为学习过程是由于人对环境中

本课题为国家自然科学基金资助重点项目“儿童认知能力发展和促进的研究”(批准号:39730180)内容之一。

\*收稿日期:2001 - 04 - 03

作者简介:杨卫星(1959 - ),男,山东聊城人,贵州师范大学教育系副教授,博士研究生;王学臣:(1961 - ),男,山东临清人,聊城师范学院教育工程系副教授;张梅玲(1938 - ),女,北京人,中国科学院心理研究所研究员,博士研究生导师。

的事物关系的理解而构成一种完形实现的,强调学习过程中顿悟的作用。顿悟是对事物之间的关系的认识,是一种良好的观察。顿悟的本质是对情境全局的知觉,或是对揭示到达目标和路径的那些情境的知觉。顿悟的过程也就是一个观念由被压抑的状态跨过“意识阈”这道分界线,进入有意识的状态过程。它表现在对情境的感受、领会、理解、洞察等认识活动中,顿悟的形成是通过在认识活动中真实地参与某种活动并观察其变化而得到,顿悟的结果使人形成新的认识。根据格式塔学派的观点,学习的过程是由领悟而实现的。学习过程往往存在着由不能到能的突然转变,其中包含着意识的中介作用。

近年来,意识问题已开始引起许多心理学者的注意。如 Gick & Holyoak<sup>[5](P1)</sup> 几次关于不同领域解决问题的迁移中都发现了意识的重要作用; Sweller & Cooper<sup>[6](P59)</sup> 把意识问题看作是影响解题迁移的三个因素之一; Lovett & Anderson 在平面几何解题记忆的迁移研究中也注意到了意识问题,然而专门以“意识”问题作为对象的研究还很少见到。

Cooper & Sweller<sup>[7]</sup> 对代数问题的迁移进行研究,认为在解代数题方面,关于个别问题之间关系的意识不是影响迁移的重要因素,即使解题者意识到问题之间的类似性,在很多情境中,获得迁移也只是有限的。他们曾坚持,影响解题迁移的因素有三个:对问题之间关系的意识、图式归纳和解题操作(规则运用)自动化。

Schoenfeld<sup>[8](P329)</sup> 发现,即使解题者熟悉有联系的平面几何的证明程序,也会在新情境中失败,因而认为,对两个问题之间共性关系缺乏意识影响迁移。Lovett & Anderson<sup>[1]</sup> 研究平面几何的解题记忆与迁移时,对先后两个问题用“think back”提示,没有发生作用。在他们的研究中,一个半小时的口语报告只有四处与刚解过的问题有联系。由此,他们得出一个比较谨慎的结论:被试对先后问题之间共性关系的意识是否影响迁移,证据不足。已有的研究表明,在解题时对先后问题之间共性关系的意识或理解,是否是影响迁移的条件或因素有相互矛盾的结论,这在解题迁移的研究中是个应该澄清的问题。

我们认为,在平面几何解题领域,对与学习问题(源问题)与迁移问题(测验问题)之间所存在的共性关系的意识水平应该是影响解题迁移的重要因素,但它还可能与问题本身的难度,被试的学习水平,推理能力及认知风格等因素有交互作用。

以往有关迁移的实验研究,为了控制条件,大都是人为地创设一种学习情境,实验者编造一种全新的实验材料,如人工语法等。在解题迁移研究中能否更接近于教学实际以使研究结果更有应用价值呢?因此,我们选择初中三年级学生作被试,时间在学完规定的几何课程后综合复习阶段。这就意味着学生已经学习过了平面几何的基本概念、基本知识。新的学习就存在于解题之中了,即解题学习的迁移。当我们考虑学生已证明过的题与未证明过的题前后之间的影响时,我们认为用“迁移链”这个概念能够清楚地描述这种现

象。以综合复习阶段的初三学生作被试,就意味着从平面几何解题的迁移链中摘下一个环节来研究。迁移链上的一个环节也就是指在以前解题的基础上解目前的问题,又作为今后解题的基础,亦即先前的解题经验迁移到当前的解题上来,再迁移到今后的解题上去。

## 二、实验目的

学习者的智力水平是影响迁移的主要因素之一。迁移的分量依赖于个人的先天能力,教师可以预先看出聪明学生的迁移程度。有许多实验研究也证实了迁移与智力水平有正相关<sup>[9]</sup>。

Cooper & Sweller<sup>[7]</sup> 1987 年做的关于图式获得与规则自动化在数学解题迁移中作用的研究发现,示例学习组与常规学习组在迁移题上的成绩差异是由(a)图式获得训练时间的长短,(b)问题类型和(c)学生能力(ability)高低之间的交互作用造成的。他们的被试来自两所高中,尖子班(top-class)的学生为高能力组,普通班的学生为低能力组。受 Cooper & Sweller 研究的启示并根据已有的研究结果,我们试图通过设计实验来验证下述三个假设:(1)同时具备推理能力高、场独立性倾向的学生可能会自发地意识到先后问题之间的共性关系,从而能够顺利地产生迁移。(2)同时具备推理能力低、场依存性倾向的学生,即使意识到问题先后之间存在着共性关系,也不能顺利地产生迁移。(3)推理能力、认知风格与意识水平在影响解题迁移过程中有交互作用。

## 三、实验方法

1. 实验设计 采用  $2 \times 2 \times 2$  三因素随机实验设计。实验包括三个自变量,自变量 A—推理能力分两种水平,  $A_1$ —推理能力高,  $A_2$ —推理能力低;自变量 B—对先后问题之间共性关系的意识分两种水平,  $B_1$ —意识水平高,  $B_2$ —意识水平低;自变量 C—认知风格分两种水平,  $C_1$ —场独立性,  $C_2$ —场依存性。

2. 被试 聊城一中初中三年级学生 256 名,男生 147 名,女生 109 名,年龄在  $15 \pm 1$  周岁。由于被试量的限制,实验对被试没有进行严格地男女匹配。

3. 材料 (1)平面几何材料。由主试与聊城市教委教研室数学教研组、聊城一中的数学特级教师和高级教师及初三任课数学教师共同选编。题目的效度、信度与难度,都是由特级教师与高级教师根据长期教学经验进行评估,评分标准由上述教师讨论制订。(2)推理能力与认知风格测验材料。采用北师大张厚粲等修订的瑞文标准推理测验图册对学生的推理能力进行测查。采用北师大心理系参考国外有关的测验而编制的镶嵌图形测验图册。

4. 程序 (1)聊城一中初三年级共 8 个班,每班约 75 名学生。根据学生学习的总成绩和班主任及数学任课教师的评定,选择被试时从各班中排除了部分学习较差的学生,保留了各班最优秀的学生。先对所有学生进行瑞文测验,根据瑞文测验的智力水平分级标准,在我们的实验中,我们选择

测验标准分数在 90 % (原始分数在 54 分) 以上的被试为推理能力强组;分数在 5 % 与 75 % 之间 (原始分数在 34 与 51 之间) 的被试为推理能力弱组。(2) 根据认知方式图形测验的评分标准,选择图形测验等级在 70 分 (原始分数为 15 分) 以上者为场独立性组;28 分 (原始分数为 8 分) 以下者为场依存性组。根据中学生常模,要求被试三部分共用 20 分钟做完。利用自习时间对每班全体学生进行测试,被试散布于各班中。(3) 平面几何实验题目共有 4 道,其中一道为训练题(源题)。另外三道分别为难、中、易三种水平的迁移题(靶题)。为防止学习效应,将迁移题目的顺序编排为难—中—易—中—难、中—易—难三种顺序方式。根据需要将中—易—难的编排方式分给 4 个班,其它编排方式各分给两个班。题目编排方式的分配由主试教师随机决定。研究表明,在平面几何解题过程中,迁移题的难度太大或太小,将导致解题者对先后问题之间共性关系的意识作用的失败而出现地板效应和天花板效应<sup>[10]</sup>。因此在统计结果时,只统计中等难度的迁移题。(4) 根据推理能力高低和认知风格特点对被试进行匹配,将匹配后的被试随机分配到意识因素的两种水平上,得到 8 种不同处理水平的结合。分配方式见表 1:

表 1 实验被试的分配方式

	A <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> C <sub>2</sub>
B <sub>1</sub>	S <sub>1</sub> - 32	S <sub>3</sub> - 32	S <sub>5</sub> - 32	S <sub>7</sub> - 32
B <sub>2</sub>	S <sub>2</sub> - 32	S <sub>4</sub> - 32	S <sub>6</sub> - 32	S <sub>8</sub> - 32

注:表中 A 推理能力, B 意识水平, C 认知风格, S 被试组。

实验分两个阶段:第一阶段:8 个班同学同时开始做训练题。根据预试时间,规定 14 分钟完成训练阶段。当被试做题到 4 分钟时,主试用 5 分钟的时间讲解以保证每个被试都会做源题,最后再让大家都把该题完成。14 分钟时确认被试都已做完后收回训练题。第二阶段:各组主试教师分别根据各自的实验要求按不同的顺序进行迁移测试。根据预试情况,我们规定中等题解题时间为 15 分钟。在迁移测试时,要求所有的被试将答案分为两个部分,答卷纸左边三分之二部分为证题部分,右边三分之一部分用来回答下述三个问题:(1) 证明此题主要用到哪些性质和定理?(2) 证明此题需要做辅助线吗?(3) 证明等积式有哪些常用方法?

这三个问题的作用是:(1) 因为实验的训练题与迁移题的证明都需要相同的性质和定理,需要运用等级式的方法,关键是通过做辅助线将迁移题还原为源题才能实现迁移,而做辅助线的方法要求解题者意识到先后两个问题的结构共同性。由于被试对先后问题之间共性关系的意识水平是难以控制在零水平的,所以我们通过三个问题对被试进行初步提示,以使被试对先后问题之间的共性关系统一在一定的意识水平上,也就是实验中意识因素的 B<sub>2</sub> 水平,即符合意识水平低组的要求;(2) 三个问题都回答基本正确者得 3 分,以避免试卷出现零分。三个问题在实验开始时由主试教师写在黑板上,并向被试说明。

分配在 B<sub>1</sub> 水平上的实验组,由主试在迁移测验进行到 4 分钟时,将另外三个问题写在黑板上要求被试注意,并读给被试听。这三个问题的目的是控制被试对先后问题之间共性关系的意识处于高级水平,即从让被试意识到两个问题之间有关系,到对问题之间的关系有一定程度的理解。三个问题按等级顺序依次提供给被试,这三个问题是:(1) 此题与刚才做过的题之间有共性联系吗?(2) 可以用到刚才用过的方法吗?(3) 怎样把它还原为刚才那道题再证明?

#### 四、结果与分析

实验中的因变量为规定时间内被试在迁移测验题上的得分正确率,实验结果如下:

1. 各组被试成功解决迁移题的百分数见表 2:

表 2 实验中被试成功地解决迁移题的百分数 (%)

	A <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	N
B <sub>1</sub>	71	40	34	21	32
B <sub>2</sub>	15	9	9	0	32

注:表中 A 推理能力, B 意识水平, C 认知风格。

对各组被试成功解决迁移题的百分数进行  $\chi^2$  检验,结果为  $\chi^2 = 47.274$  ( $df = 7$ ),  $p < 0.005$ ,说明各组被试在迁移题上的成功解题率有显著差异。

2. 对实验数据进行方差分析 (ANOVA) 的结果见表 3:

表 3 实验数据的方差分析表

变异来源	平方和	自由度	均方	F	P
主效应	698.137	3	232.712	30.606	.00
A	130.816	1	130.816	17.205	.000
B	317.285	1	317.285	41.725	.000
C	250.035	1	250.035	32.884	.000
A × B	14.535	1	14.535	1.912	.168
A × C	1.723	1	1.723	.227	.635
B × C	11.816	1	11.816	1.554	.214
A × B × C	2.066	1	2.066	.272	.603

注:表中 A 表示推理能力, B 表示意识水平, C 表示认知风格。

从表 3 所示方差分析结果中我们看到:

(1) 实验的主效应显著,  $F(3, 248) = 30.606$ ,  $p = 0.00$ 。

(2) 实验中 A 因素 (推理能力) 的主效应显著,  $F(1, 248) = 17.205$ ,  $p = 0.000$ 。

(3) 实验中 B 因素 (意识水平) 的主效应达到了显著水平,  $F(1, 248) = 41.725$ ,  $P = 0.000$ 。

(4) 实验中 C 因素 (认知风格) 的主效应显著,  $F(1, 248) = 32.884$ ,  $p = 0.000$ 。

(5) A 因素与 B 因素之间的交互作用不显著,  $F(1, 248) = 1.921$ ,  $p = .168 > 0.05$ 。

(6) A 因素与 C 因素之间的交互作用不显著,  $F(1, 248) = 0.227, p = 0.635 > 0.05$ 。

(7) B 因素与 C 因素之间的交互作用不显著,  $F(1, 248) = 1.554, p = 0.214 > 0.05$ 。

(8) A 因素、B 因素与 C 因素之间的三次交互作用没有达到显著水平,  $F(1, 248) = 0.272, p = 0.603 > 0.05$ 。

3. 各处理组之间的差异见表 4:

表 4 实验各组的成绩差异

组	平均数	标准差	组 1	组 2	组 3	组 4	组 5	组 6	组 7	组 8
组 1	8.0313	2.8111		*	*		*	*	*	
组 2	4.7188	2.4394								
组 3	5.7813	3.5445							*	
组 4	3.7813	2.2394							*	
组 5	5.2813	3.5762								
组 6	3.1975	2.3751								
组 7	3.7188	3.0505								
组 8	2.2188	1.2885								

注: \*表示两组之间的差异至少在 0.05 水平上显著。

## 五、讨论与结论

从表 3 中我们看到, 实验中 A 因素(推理能力)、B 因素(意识水平)和 C 因素(认知风格)三个因素的主效应是显著的。这一结果表明, 初中生的推理能力、认知风格及对先后问题之间存在着共性关系的意识水平对解题迁移都有影响。

从表 4 中看到, 组 1(推高场独意高)与组 2(推高场独意低)之间的成绩有显著的差异( $p < 0.05$ ), 又从表 2 中看到, 组 2(推高场独意低)中只有 15% 的被试成功地解决了迁移题, 而组 1(推高场独意高)中却有 71% 的被试成功地解决了迁移题, 这一结果并不符合我们的假设。我们曾假设, 同时具备推理能力高、场独立性倾向的被试在解题过程中可能会自发地意识到先后问题之间的共性关系而顺利地实现迁移。但实验的结果却说明, 事实并非如此。这说明, 在平面几何解题迁移过程中对先后问题之间共性关系的意识水平的影响是非常显著的。

从表 2 中我们可以看到, 组 7(推低场依意高)中有 21% 的被试成功地解决了迁移题, 而组 8(推低场依意低)中没有能够成功地解决迁移题, 这一结果符合我们的假设。实验结果显示, 各因素之间的交互作用都没有达到显著水平。

由此我们得出以下结论: (1) 在平面几何解题迁移过程中, 解题者对先后问题之间共性关系的意识水平对解题迁移有显著的影响。(2) 在平面几何解题迁移过程中, 解题者对先后问题之间共性关系的意识水平在对解题迁移产生影响时与他们的推理能力和认知风格没有交互作用。

## 参考文献:

- [1] Lovett MC, Anderson JR: Effects of solving related proofs on memory and transfer in geometry problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 1994, Vol. 20 No. 2.
- [2] Novick L. R., Analogical transfer, problem similarity, and expertise. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 1988, Vol. 14.
- [3] 张奠宙. 中学数学问题集[Z]. 国家教育委员会基础教育课程与教材研究中心, 1993.
- [4] 高觉敷, 叶浩生. 西方教育心理学发展史[M]. 福州: 福建教育出版社, 1996.
- [5] Gick ML, Holyoak KJ: Analogical problem solving. *Cognitive Psychology*, 1980, 12, 306 - 355. Gick ML, Holyoak KJ: Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, 1983, (15).
- [6] Sweller J, Cooper G: The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition & Instruction*, 1985, (2).
- [7] Cooper G, Sweller J: Effects of schema acquisition and rule automation on mathematical problem solving transfer. *Journal of Educational Psychology*, 1987, Vol. 79 No. (4).
- [8] Schoenfeld A: Beyond the purely cognitive: Belief systems, social cognitions, and metacognitions as driving forces in intellectual performance. *Cognitive Science*, 1983, (7).
- [9] 胡秉正. 教育心理学[M]. 三民书局, 1985.
- [10] 杨卫星, 张梅玲. 平面几何解题过程中加工水平对迁移的影响[J]. *心理学报*, 2000, (3).

## Influence of Awareness of Isomorphic Problems with Reasoning Ability and Cognitive-Style on Problem-Solving Transfer

Yang Weixing<sup>1</sup> Wang Xuechen<sup>2</sup> Zhang Meiling<sup>3</sup>

(Department of Education, Guizhou Teachers' College, Guiyang, Guizhou 550001)

**Abstract:** The influence of awareness of isomorphic problems with student's reasoning ability and cognitive-style on geometry problem-solving transfer has been examined through experimental research. Results suggest that during the process of geometry problem solving, the level of the awareness of the related isomorphic problems is one of the major factors that influence the effect of problem-solving transfer. There are not interactions among the three factors during the process of geometry problem-solving transfer.

**Key word:** transfer; cognitive-style; reasoning-ability; level of awareness

责任编辑: 时晓红