“控制变量法”与高考化学试题命制

■ 张秀球

摘要： 全国新课程改革以来，探究教学受到重视，探究学习初步形成；高考试题改革初现端倪。控制变量的思想进入高考试卷，在实验方案设计、实验过程、实验交流表达和实验评价等过程都有体现，特别是在表格、数据、曲线、现象、装置等新情境中有着创造性的设计。无论是定性实验，还是定量实验；是“外显式”命题，还是“隐藏式”命题；是开放式，还是相对封闭式；都能较好地把握控制变量的思想，能较好地支持、引导并推动着课堂教学及其改革。

关键词： 高考试题；探究学习；控制变量；对照实验；实验试题

【中图分类号】 G405　　**【文献标识码】** A　　**【文章编号】** 1005-8427(2013)09-0048-9

随着新课程改革的深入，无论是化学课堂教学，还是高考试题的命制，探究学习都受到越来越多的研究。《2013普通高等学校招生全国统一考试大纲（理科）》清晰表述了对探究实验测量的要求：“设计、评价或改进实验方案”，“了解控制实验条件的方法”，“分析或处理实验数据，得出合理结论”[1]。什么是“控制实验条件的方法”呢？它在高考化学试题命制中有何特点呢？这是笔者要努力回答的问题。

1　控制变量法

“控制实验条件的方法”就是控制变量法，即把多因素的问题变成多个单因素的问题，每一次只改变其中的某一个因素，而控制其余几个因素不变，从而研究被改变的这个因素对事物的影响，然后分别研究其他因素，最后综合解决问题。它是科学探究中的重要思想方法，广泛地运用在各种科学探索和科学实验研究之中。

把“控制变量法”运用于具体实验研究时，常常称为对照实验。即在具体的实验操作中，我们把除了对实验所要求研究的条件（因素）或操作改变以外，其他条件（因素）都保持一致，并把实验结果进行比较，这种实验为对照实验。通常，一个对照实验分为实验组和对照组。实验组，是接受实验变量处理的对象组；对照组也称控制组。对照实验的方法在化学实验中有四种，具体见表1。

本文系南昌市教育科学“十二五”个人课题“新课程背景下的化学试卷命制的实践研究(12-0191)”阶段性成果。

[作者简介] 张秀球，男，江西南昌外国语学校高级教师，江西师范大学化学学院硕士生导师（南昌 330025）

表1 对照实验的类别及其比较

类别	定义	举例
空白对照	指不做任何实验处理的对象组。分为实验组和对照组，甲为实验组，乙为空白对照。空白对照能明白地对比和衬托出实验的变化和结果，增强了说服力。	“氯水有漂白性，氯气无漂白性”实验：实验组——氯气与布条加水，对照组——氯气与布条不加水。
自身对照	指实验与对照在同一对象上进行，即不另设对照组。单组法和轮组法，一般都包含有自身对照。自身对照，方法简便，关键是要看清楚实验处理前后现象变化的差异，实验处理前的对象状况为对照组，实验处理后的对象变化则为实验组。	“MnO_2催化分解5%H_2O_2”实验：取出5% $H_2O_2$3mL于试管中观察，加入少许MnO_2粉末观察。前后对比现象。
条件对照	指虽给对象施以某种实验处理，但这种处理是作为对照意义的，或者说这种处理不是实验假设所给定的实验变量。主要是通过比较、对照，更能充分说明实验变量。	“Fe^{3+}催化分解5%H_2O_2”实验设计：实验组——5% $H_2O_2$3mL加入Fe^{3+}；条件对照组——5% $H_2O_2$3mL加入Fe^{3+}，后加入与Fe^{3+}的配合物。
相互对照	指不另设对照组，而是多个实验组相互对比对照，较好的平衡和抵消了无关变量的影响，使实验结果更具有说服力。也是狭义上的控制变量组合实验。	“不同pH时10%H_2O_2漂白能力”实验：7个实验的pH分别为1、3、5、7、9、11、13。实验之间相互对比。

控制变量法或对照实验，是一种归纳推理，其运用分类、对比差异的方法，从现象中找到结果。把那些与被研究的现象不能同步出现或消失或变化的候选原因或候选结果排除，把唯一留下的那个现象或因素看成被研究现象的原因或结果[2]。依据实验提供充分的证据，得出相应的科学结论。

2 相关高考化学试题的命制特点

2.1 表格中体现出控制变量的思想

实验探究教学的要素是“提出问题、猜想假设、设计方案、实施实验、收集数据、得出结论、交流表达、实验评估”[3]，它要和实验探究能力统摄一起反映在试题之中，和试题的要素相得益彰。那么什么是试题的要素呢？试题的要素包括“立意、情境、设问、答案与评分标准”[4]。实验试题以探究能力为立意，围绕立意设计丰富、新颖、多样化的情境，追求设问的针对性和巧妙性，答案规范、有创见并与评分标准一致。为了体现试题生动活泼，一般会插入图表、坐标、装置、模型等，对立意进行多样化表征。

表格设计在对照实验中属于常见方法，在人民教育出版社出版的《化学反应原理》“影响化学反应速率的因素”[5]中就使用了6个表格进行对比实验设计，体现控制变量的思想。所以高考试题用表格设计考查探究能力，是学生“熟悉的情境”，也是实验设计的常用表征方法。例如2009年安徽省高考28题。

例1（2009年安徽省高考28题部分）fenton法常用于处理含难降解有机物的工业废水，通常是在调节好pH和Fe^{2+}浓度的废水中加入H_2O_2，所产生的羟基自由基能氧化降解污染物。现在运用该方法降解有机污染物p-CP，探究有关因素对该降解反应速率的影响。

［实验设计］控制p-CP的初始浓度相同，恒定实验温度在298K或313K（其余实验条件见表2），设计如下对比实验。

请完成以下实验设计表2（表中不要留空）。

表2

实验编号	实验目的	T/K	pH	c/10^{-3}mol·L^{-1}	
				H_2O_2	Fe^{2+}
①	为以下实验作参考	298	3	6.0	0.30
②	探究温度对降解反应速率的影响				
③		298	10	6.0	0.30

试题设置了“对照组”——实验①，要求“实验组②”探究温度的影响。也就是说，温度是变化因素，而pH、H_2O_2和Fe^{2+}浓度都是控制因素。“实验组③”则是从逆向推理的方法，需要学生观察对比表

格，判断变化的因素，然后表达“实验的目的”。在考查的知识向度上与实验②一致，但考查的方式上和能力要求上有一定变化。这道作为安徽省新课程改革初期的实验探究试题，应该说是成功的，但随着课程改革的深入，试题的隐藏性会更大，待挖掘性更深。

2.2 现象中表现出控制变量的思想

实验试题有2个关键因素，一个是试题的真实性，还有一个是实验的过程性。真实性体现实验的生命力，过程性则是探究学习的重要维度。控制变量的思想是运用对比分析的方法寻找原因，而在真实的探究世界中，不一定有逻辑上两极的“是与非”状态。如果课堂上认真实施了探究教学，多数情况下是主次要因素的分析与辨别。另外，这么多年来，高考实验试题努力做到2个分开：把做实验的与讲实验的分开、把做思结合的与做而不思的分开。这两种分开也要靠实验的真实性与过程性来实现。所以，描述“实验中的现象”而非“书本上的现象”是命制此类试题的本质要求。从异常现象中，运用对比分析的方法，寻找主次因素，凸显探究学习的内涵。例如2011年北京市高考27题。

例2（2011年北京市高考27题部分）甲、乙两同学为探究SO_2与可溶性钡的强酸盐能否反应生成白色$BaSO_3$沉淀，用图1所示装置进行实验（夹持装置和A中加热装置已略，气密性已检验）

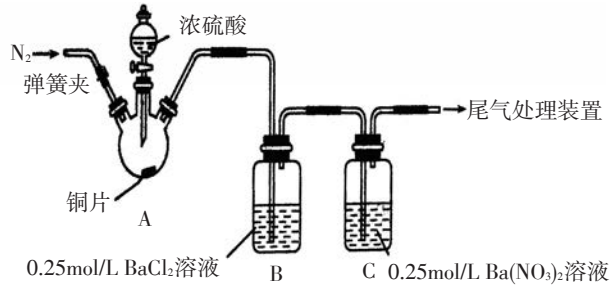


图1

实验操作和现象（见表3）：

表3

操作	现象
关闭弹簧夹，滴加一定量浓硫酸，加热	A中有白雾生成，铜片表面产生气泡 B中有气泡冒出，产生大量白色沉淀 C中产生白色沉淀液面上方略显浅棕色并逐渐消失
打开弹簧夹，通入N_2，停止加热，一段时间后关闭	_____
从B、C中分别取少量白色沉淀，加稀盐酸	均未发现白色沉淀溶解

（4）分析B中不溶于稀盐酸的沉淀产生的原因，甲认为是空气参与反应，乙认为是白雾参与反应。

为证实各自的观点，在原实验基础上：甲在原有操作之前增加一步操作，该操作是_____；

乙在A、B间增加洗气瓶D，D中盛放的试剂是_____。

进行实验，B中现象（见表4）：

表4

甲	大量白色沉淀
乙	少量白色沉淀

检验白色沉淀，发现均不溶于稀盐酸。结合离子方程式解释实验现象异同的原因：_____。

试题以浓硫酸与铜反应为情境，3次再现真实的“实验现象”。其中，“A中有白雾生成，铜片表面产生气泡，B中有气泡冒出，产生大量白色沉淀、C中产生白色沉淀液面上方略显浅棕色并逐渐消失”都略显“异常”和“矛盾”。甲乙两学生进行了假设：“甲认为是空气参与反应，乙认为是白雾参与反应”。这2个假设“好像”构成了逻辑上的“两极”。可是实验结果是“都有沉淀”。现象中沉淀的“多与少”就构成对比思考的基点，决定了因素“主与次”，这种主次因素反映了科学思维的特质。科学探究中控制变量是对复杂因素的分析方法之一，是在多因素、多条件下思维的方法。如何增强证据的说服力？怎样设计与合理解释实验的现象？如何判断相随现象与因果关系？都是这种科学归纳的方法必需面临的问题。

2.3 选项中隐蔽着控制变量的思想

无论是给出具体的单变量表格，还是描述实验事实，都是一种“外显式”的出题方式，学生比较容易找到变量得出结论。但是，随着高考命制技术的发展与成熟，越来越深的“隐藏式”出题方式得到应用。这种命题方式设置了新的陌生情境，考生不一定能理解到其中控制变量的思想，也就是说试题有良好的遮蔽性。

选择题中的选项可以提供很多信息，好像为学生解决问题提供了支撑。如果信息不具有某种相互提醒的作用，且呈现形式又远离“对照实验”的常用“原型”——列表对比，那么其隐藏性就不会低于非选择题。由于用变量进行列表对比，可以增加实验设计的清晰性，所以教材编写和探究学习常常使用这种样式。而学生在平时的学习中，已将这种“原型”存于认知结构中。遇到新的问题，最易提取的就是匹配新情境的“原型”及其线索。一旦匹配程度降低，解题就增加了困难。所以“隐藏式”命题会尽量避开教材中的原型，寻找新的突破口。在主干知识上，如果试题情境及其呈现形式与学生真正的“原型”相距越远，那么对学生能力要求就会越高，同时其规避应试的作用也越好。比如2009年北京市高考27题。

例3（2009年北京市高考27题部分）（14分）某学习小组探究浓、稀硝酸氧化性的相对强弱的，按图2装置进行试验（夹持仪器已略去）。实验表明浓硝酸能将NO氧化成NO_2，而稀硝酸不能氧化。由此得出的结论是浓硝酸的氧化性强于稀硝酸。

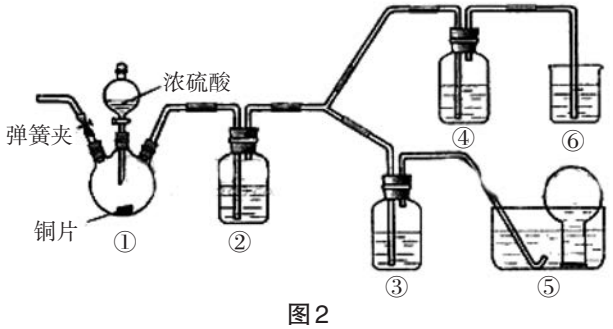


图2

可选药品：浓硝酸、3mol/L稀硝酸、蒸馏水、浓硫酸、氢氧化钠溶液及二氧化碳

已知：氢氧化钠溶液不与NO反应，能与NO_2反应 $2NO_2 + 2NaOH = NaNO_3 + NaNO_2 + H_2O$

（6）实验结束后，同学们发现装置①中溶液呈绿色，而不显蓝色。甲同学认为是该溶液中硝酸铜的质量分数较高所致，而乙同学认为是该溶液中溶解了生成的气体。同学们分别设计了以下4个实验来判断两种看法是否正确。这些方案中可行的是（选填序号字母）

a. 加热该绿色溶液，观察颜色变化

b. 加水稀释绿色溶液，观察颜色变化

c. 向该绿色溶液中通入氮气，观察颜色变化

d. 向饱和硝酸铜溶液中通入浓硝酸与铜反应产生的气体，观察颜色变化

试题已经展示了两种观点：甲同学认为是该溶液中硝酸铜的质量分数较高所致，而乙同学认为是该溶液中溶解了生成的气体（NO_2）。硝酸铜与二氧化氮颜色叠加产生新的颜色，学生在平时的训练题中也遇到过。但是，这里以选项的形式提供了4种方案，每一种方案都将变量隐藏在新的情境之中，学生知道颜色叠加原理也无法有效提取变量，得分率很低。如果笔者把选项形式转化为下列表格形式（见表5），那么答案一下就清楚明白了，大部分学生都不会感觉困难。

表5 不同条件下$c(Cu^{2+})$、$c(NO_2)$浓度变化

改变因素		$Cu(NO_3)_2$、NO_2的浓度变化	
		$c(Cu^{2+})$变化	$c(NO_2)$变化
a	加热	(不变)	(减少)
b	加水	(减少)	(减少)
c	通N_2	(不变)	(减少)
d	$Cu(NO_3)_2$饱和溶液中通NO_2	(不变)	(增加)

2.4 实验评价中蕴含控制变量的思想

实验评价是实验探究的一个重要环节，这个环节能很好地考量学生的思维水平，在布卢姆的教育

目标分类标准中属于高级思维层次[6]。首先，评价是学生基于标准或准则的分析判断过程。在新情境之中，第一，要依据相关知识作为标准，学生一般较易找到相关的知识标准；第二，是依据探究方法作为标准，比如依据“控制变量法”作为标准，学生就不一定容易找到。如果学生缺乏“控制变量法”的系统思想培训或者对“对照实验”的概念模糊不清、理解不透，同时又缺乏基本的探究实践活动，那么面对这类试题就会束手无策。

其次，需要检查试题情境中的矛盾或错误，在此基础之上运用批判性思维从正面、反面或正反两面进行评论。一方面，“检查环节”中，试题的任何一个细节都可能成为解题的关键；而且，试题表征信息的背后还会隐含其他重要信息。另一方面，“评论环节”中要求对“直接证据”和“间接证据”进行分类，对“强弱证据”进行分类，然后才形成对“证据说服力”大小的整体判断。比如2010年安徽28题。

例4（2010年安徽省高考28题部分）（13分）某研究性学习小组在网上收集到如下信息：$Fe(NO_3)_3$溶液可以蚀刻银，制作美丽的银饰。他们对蚀刻银的原因进行了如下探究：

［实验］制备银镜，并与$Fe(NO_3)_3$溶液反应，发现银镜溶解。

［提出假设］

假设1：Fe^{3+}具有氧化性，能氧化Ag。

假设2：$Fe(NO_3)_3$溶液显酸性，在此酸性条件下NO_3^-能氧化Ag。

［设计实验方案，验证假设］

甲同学从上述实验的生成物中检验出Fe^{2+}，验证了假设1成立。请写出Fe^{3+}氧化Ag的离子方程式：_____。

乙同学设计实验验证假设2，请帮他完成表6中内容（提示：NO_3^-在不同条件下的还原产物较复杂，有时难以观察到气体产生）。

表6

实验步骤（不要求写具体操作过程）	预期现象和结论
①	若银镜消失，假设2成立。
②	若银镜不消失，假设2不成立。
……	

甲同学验证了假设1成立，若乙同学验证了假设2也成立。则丙同学由此得出结论：$Fe(NO_3)_3$溶液中的Fe^{3+}和NO_3^-都氧化了Ag。你是否同意丙同学的结论，并简述理由：_____。

试题从问题入手，为了解决问题提供了两种假设：“Fe^{3+}具有氧化性，能氧化Ag；$Fe(NO_3)_3$溶液显酸性，在此酸性条件下NO_3^-能氧化Ag”。第一种假设，有直接证据的支持——检验出Fe^{2+}，第二种假设，只有银溶解而没有pH相等情况下被还原的产物。那么两种假设的支持力度就不一样，结论就会不一样。当然，本题用硝酸铁腐蚀银做情境使隐含变量：氢离子浓度，从而使实验设计要求以定量方式研究定性的问题，如“pH相等情况下”进行对比实验。这也是试题的难点所在。

2.5 装置中运用控制变量的思想

新课程改革之前，实验装置只承载着实验知识与技能2个维度，学生只需理解静态时装置的功能，以及理解实验如何运行的动态要求；做到避免其他杂质的干扰以便达到实验目的。而对实验思想特别是“控制变量法”几乎无法涉及。

实验装置中气体的运行主要依靠“开关”控制流向，依据“气压”决定走向，至于容器的形状与体积的大小都可以“拓扑化”。所以“一种仪器多种用途、多种仪器一种用途”的现象是很普遍的。对照实验是实现变量的对比，不是试管与试管的对比、烧瓶与烧瓶的对比。如果是涉及定性的变量，只存在有无多少的关系；如果是涉及定量的变量，则要考虑数据的一致性或可比性。仪器的形状、大小，位置的摆放、开关的使用、条件的有无、接触点的处

理、仪器周围的环境、药品的种类与用量等，既可以影响、干扰判断或也可以成为判断的依据，其变化之大难以预测。比如2010年北京27题。

例5（2010北京市高考27题部分）为验证卤素单质氧化性的相对强弱，某小组用图3所示装置进行试验（夹持仪器已略去，气密性已检验）。

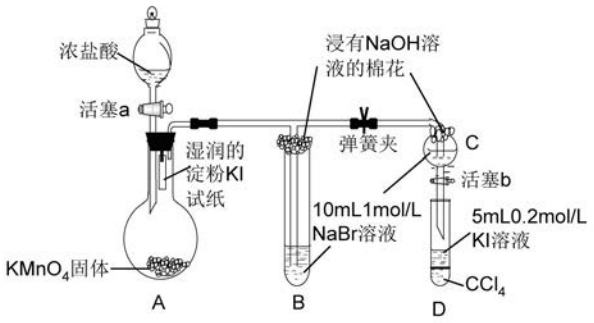


图3

试验过程：

Ⅰ. 打开弹簧夹，打开活塞a，滴加浓盐酸。

Ⅱ. 当B和C中的溶液都变为黄色时，夹紧弹簧夹。

Ⅲ. 当B中溶液由黄色变为棕色时，关闭活塞a。

Ⅳ ……

（5）过程Ⅲ实验的目的是_____。

装置B、C都指向10mL1mol/L的NaBr溶液，这是隐藏变量的方式。但是，理解为什么这样处理还需要经过较多步骤的推理。首先，理解实验的目的：验证卤素单质氧化性强弱。这个实验取材于人民教育出版社的必修2“卤素元素”的实验1-1[7]，但书上没有干扰因素存在。其次，要考虑实验中多种因素的相互干扰与制约。对比实验1-1与本装置，发现氯气会干扰溴置换出碘，这一步推理难度较大。然后，才可以去理解装置的作用——“怎样才能实现不对溴单质置换碘单质的干扰呢?”

2.6 曲线斜率反映了控制变量的思想

定量实验在新考试大纲中定位为一种科学方法——“了解定量研究的方法是化学发展为一门科学的重要标志”[8]，可见其地位之高。有定量研究必有数据表征，坐标曲线就是科学研究常用的一种数据表征方法。要理解曲线的实际意义，必须实现曲线与一般数据之间的意义转换[9]，因为曲线的意义更具隐蔽性。

如果曲线是某种变量干预的结果，就会带来多重干扰。解读曲线意义，并与条件对接，寻找内在因素，这种连环的推理方式造就试题的难度与区分度。试题既可以给定清晰的条件而隐蔽曲线的意义；也可以给定不清晰的条件而简化曲线意义。其基本组合情况如表7。

下面以2010年江苏省高考15题为例。

例6（2010年江苏省高考15题部分）（12分）高纯$MnCO_3$是制备高性能磁性材料的主要原料。实验室以MnO_2为原料制备少量高纯$MnCO_3$的操作步骤如下：

（1）制备$MnSO_4$溶液：

在烧瓶中（装置见图4）加入一定量MnO_2和水，搅拌，通入SO_2和N_2混合气体，反应3h。停止通入

表7 含曲线的实验试题命制的基本组合方式

试题情境	实验条件变量判断	曲线意义转换	组合数
情境陌生	实验条件变量判断简单	曲线意义转换简单 曲线意义转换复杂	基本组合共8种
	实验条件变量判断较难	曲线意义转换简单 曲线意义转换复杂	
情境熟悉	实验条件变量判断简单	曲线意义转换简单 曲线意义转换复杂	
	实验条件变量判断较难	曲线意义转换简单 曲线意义转换复杂	

SO_2，继续反应片刻，过滤（已知 $MnO_2 + H_2SO_3 = MnSO_4 + H_2O$）。

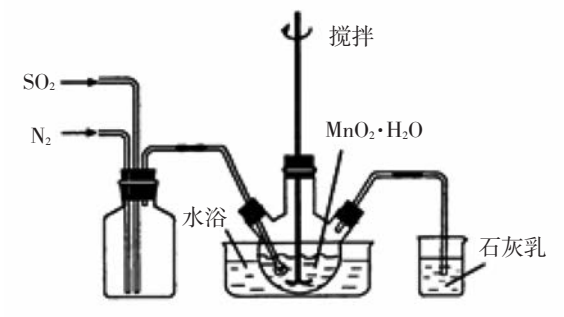


图4

①石灰乳参与反应的化学方程式为_____。

②反应过程中，为使SO_2尽可能转化完全，在通入SO_2和N_2比例一定、不改变固液投料的条件下，可采取的合理措施有_____、_____。

③若实验中将N_2换成空气，测得反应液中Mn^{2+}、SO_4^{2-}的浓度随反应时间t变化如图5。导致溶液中Mn^{2+}、SO_4^{2-}浓度变化产生明显差异的原因是_____。

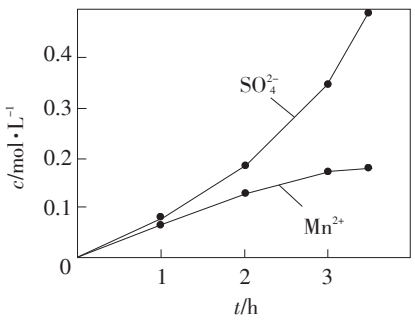


图5

本试题实验情境简单，装置易于理解。而且变量已经给定——“若实验中将N_2换成空气”，但曲线的意义转换较难。首先，必须理解1h前发生的化学反应，然后定量判断$n(Mn^{2+})$、$n(SO_4^{2-})$的关系。

$MnO_2 + H_2SO_3 = Mn^{2+} + SO_4^{2-} + H_2O$

可以得出$n(Mn^{2+}):n(SO_4^{2-})$为1∶1。在1h至2h之间SO_4^{2-}增多，根据得失电子守恒只有MnO_2做氧化剂显然无法满足要求，引入O_2做氧化剂才能进一步解释。问题是试题要求分析“导致溶液中Mn^{2+}、SO_4^{2-}浓度变化产生明显差异的原因”。什么是“明显差异”？是指曲线上的3h之后，溶液SO_4^{2-}浓度变化远大于Mn^{2+}。而此时仅用一个变量（O_2）是无法解释的，意味着还有隐藏得很深的变量在起到重要作用——使反应 $O_2 + 2SO_2 + 2H_2O = 4H^+ + 2SO_4^{2-}$ 迅速加快进行。只有引入Mn^{2+}做催化剂这个陌生度很高的变量才好解释。所以曲线的蕴藏非常丰富，在定性和定量2个维度上都能巧妙地隐含多步推理过程。

2.7 数据设计暗藏控制变量的思想

事物变化的原因总是复杂的，是多个变量共同影响的结果，所以相互对照实验是实践常用的试验方法。因为它具有丰富地对比组，容易淘汰无关变量，缩小认知的范围，逐步逼近事物的原因。在命制试题时，如果变量达到或超过2个因素，一般采用表格表征，否则语言拖沓、字数过多且描述不清。

利用数据表征变量是近年来高考试题命制的趋势之一。从数据的变化中寻找变量，从数据的对比中发现原因。当然，数据是最含有隐藏性的，它总是和不同的化学反应原理、条件联系在一起，有时还会产生“矛盾”。所以对数据及其规律的“挖掘”显得非常重要，因为数据不但是原因的反映，也是规律的反映；同时也是错误规律的反映。“数据挖掘”的3个作用是：排除无关变量，对寻找新变量的启发作用，发现数据之间的特征或规律。这3个作用既是试题命制的考虑因素，也是相关解题的思维过程。下面例7、例8、例9解释以上三方面的作用。

表8

混合溶液	实验A	实验B	实验C	实验D	实验E	实验F
4mol·L^{-1}H_2SO_4/mL	30	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5
饱和$CuSO_4$溶液/mL	0	0.5	2.5	5	V_6	20
H_2O/mL	V_7	V_8	V_9	V_{10}	10	0

例7（2010年课表卷28题第(5)小题）

(5)为了进一步研究硫酸铜的量对氢气生成速率的影响，该同学设计了如下一系列实验。将表8所给的混合溶液分别加入到6个盛有过量Zn粒的反应瓶中，收集产生的气体，记录获得相同体积的气体所需时间。

①请完成此实验设计，其中：V_1= ___，V_6= ___，V_9=___；

②反应一段时间后，实验A中的金属呈___色，实验E中的金属呈___色；

③该同学最后得出的结论为：当加入少量$CuSO_4$溶液时，生成氢气的速率会大大提高。但当加入的$CuSO_4$溶液超过一定量时，生成氢气的速率反而会下降。请分析氢气生成速率下降的主要原因 _____。

从数据表格中可以发现唯一变量是硫酸铜的浓度，但是现象确是："当加入少量$CuSO_4$溶液时，生成氢气的速率会大大提高。但当加入的$CuSO_4$溶液超过一定量时，生成氢气的速率反而会下降。"显然需要利用这个现象排除无关变量。浓度不是真的原因，因为它引起两个截然相反的结果。少量硫酸铜可以加快反应，是因为与Zn反应生成铜，铜锌形成原电池的原因。当硫酸铜增多到一定量时，有需要排除"原电池"这个原因了，需找到固体接触面积这个原因。所以说，这个"数据挖掘"过程，就进行了两次有效地排除，找到合理解释的原因。这就是命制试题时设计的"数据挖掘"。

而例8不但要经历排除阶段，还要经历到第二个阶段——启发阶段。见例8。

例8（2010年江苏省21B第(3)小题）

(3) 下列给出了催化剂种类及用量对甲苯硝化反应影响的实验结果(见表9)。

① $NaHSO_4$催化制备对硝基甲苯时，催化剂与甲苯的最佳物质的量之比为_____。

②由甲苯硝化得到的各种产物的含量可知，甲苯硝化反应的特点是_____。

③与浓硫酸催化甲苯硝化相比，$NaHSO_4$催化甲苯硝化的优点有_____、_____。

试题并没有无效变量，命制设计了2种变量——"催化剂种类及用量"，定性与定量的结合。当几个变量以数据的形式呈现时，需要找出"最优用量"或"最佳催化剂"。这就是先排除次佳，再找到最佳。完成"排除不佳"的任务，需要对数据经过多次粗略地比较；然后，精确比较数据，找出最佳。试题没有设置大的干扰，所以无论是排除还是启发都较容易。

例9充分体现了"数据挖掘"的第三个阶段的要求。

例9（2007年广东省22题）"碘钟"实验中，$3I^- + S_2O_8^{2-} = I_3^- + 2SO_4^{2-}$的反应速率可以用$I_3^-$与加入的淀粉溶液显蓝色的时间$t$来度量，$t$越小，反应速率越大。某探究性学习小组在20℃进行实验，得到的数据如表10：

(1)该实验的目的_____。

表9

催化剂	n(催化剂)/n(甲苯)	硝化产物中各种异构体质量分数(%)			总产率(%)
		对硝基甲苯	邻硝基甲苯	间硝基甲苯	
浓H_2SO_4	1.0	35.6	60.2	4.2	98.0
	1.2	36.5	59.5	4.0	99.8
$NaHSO_4$	0.15	44.6	55.1	0.3	98.9
	0.25	46.3	52.8	0.9	99.9
	0.32	47.9	51.8	0.3	99.9
	0.36	45.2	54.2	0.6	99.9

表10

实验编号	1	2	3	4	5
$c(I^-)$/mol·L^{-1}	0.040	0.080	0.080	0.160	0.120
$c(SO_4^{2-})$/mol·L^{-1}	0.040	0.040	0.080	0.020	0.040
t/s	88.0	44.0	22.0	44.0	t_2

(2)显色时间t_2=_____。

(3)温度对该反应的反应速率的影响符合一般规律,若在40℃下进行编号③对应浓度的实验,显色时间t_2的范围为____(填字母)

A. <22.0s　　B. 22.0~44.0s

C. >44.0s　　D. 数据不足,无法判断

(4)通过分析比较上表数据,得到的结论是_____。

试题只涉及2种反应物浓度的变量,而且每组数据之间都有规范的数据联系,所以定性判断非常容易。但是,试题着重考察的是数据规律。需要深刻理解数据之间的强联系。并建立数学模型:

$$\upsilon = K\,c(SO_4^{2-}) \times c(I^-)$$

学生只满足定性理解,而不会做这种深度挖掘。这也是对实验数据的"片面理解",对"对照实验"的浅层理解所致,没有形成完整的控制变量的思想方法所致。以上有关对"控制变量"的试题命制基础性解释,希望对正常的课堂教学有所裨益、有所启发;也期待高考试题命制得更精彩、更具创造性。

参考文献

[1][8] 教育部考试中心,主编. 2013普通高等学校招生全国统一考试大纲[M]. 北京:高等教育出版社. 2013:150-180.
[2] 陈晓平. 贝叶斯方法与科学合理性[M]. 北京:人民出版社. 2010:41-49.
[3] 中华人民共和国教育部制订. 普通高中化学课程标准(实验)[M]. 北京:人民教育出版社. 2003:34.
[4] 教育部考试中心,主编. 高考化学测量研究与实践[M]. 北京:高等教育出版社. 2002:228-234.
[5] 宋心琦,主编. 化学反应原理[M]. 北京:人民教育出版社. 2007:20-24.
[6] 洛林·W.安德森,等,编著. 蒋小平,等,译. 布卢姆教育目标分类学(修订版)/分类学视野下的学与教及其测评[M]. 北京:外语教学与研究出版社. 2010.62-64.
[7] 宋心琦,主编. 化学②[M].北京:人民教育出版社.2007:8-9.
[9] 张秀球. 坐标图对试题难度的影响及启示[J].化学教育,2012.(4):46-47.

"Control Variables Method"and the Development of Chemistry Paper in College Entrance Examination

ZHANG Xiuqiu

Abstract: Ever since the reform of the new national curriculum, great importance in inquisitive teaching has been attached, inquisitive learning has initially formed, and College Entrance Examination reform has begun to unfold. The thoughts of Controlling Variables began to reflect in the college entrance examination paper, and it was well demonstrated in the experiment design, experiment process, communication expression as well as experimental evaluation process, especially in the new situations like form, data, curve and phenomenon. And the experiment devices all of these have a creative design. Thoughts of controlling variables, in both qualitative test and quantitative experiments, in "Explicit" proposition and "Hidden" proposition, in open and relatively closed proposition, are well grasped in all of these propositions. And these thoughts are also able to support, guide and promote the classroom teaching and its reform.

Keywords: College Entrance Examination; Inquiry Learning; Control Variables; Control Experiment; Experiment Test

(责任编辑　周黎明)