

## 关于德国KPK物理课程教学试点中几个热点问题的探讨

今天，我想简要地讨论一下与当前德国KPK物理课程教学试点有关的几个热点问题。由远及近地谈吧！

### 一. 中国应当成为一个物理强国

几个月前，我访问了欧洲，最近又去了一次北美洲。我在那里有机会亲耳听到这样一种声音：“中国将是下一个超级大国”。这与国内媒体报道的情况相符。应该说，大多数这样说的外国朋友，都是出于友好，出于善良美好的愿望或期待，是对于中国经济、社会发展的一种肯定。但是我觉得，我们在高兴之余对于这种说法应当保持一份清醒，甚至警觉。确实有极少数西方政客和媒体想要“忽悠”中国。他们希望中国人沾沾自喜、忘乎所以，制定错误政策，做出错误决定，然后可以从中渔利。其实，一个国家的GDP无论有多高，国民经济总量无论有多大，如果它的科技落后，那么就永远只能是一个发展中国家，没有可能成为超级大国。我以为，一个国家强大与否，它的科技先进与否，一个重要的衡量标准就是看它的物理学是否发达，物理教育是否先进。

在这里，我想引述“物理与工程”今年第5期上一篇文章中的一段话：“众所周知，当今世界各国国力的竞争，说到底就是科技实力的竞争，人才的竞争。物理学是整个科学技术发展的重要基础。一个国家能否真正崛起于世界强国之林，在很大程度上取决于它是否具备强大的科技实力，是否拥有一支物理基础知识扎实的科研和工程技术人员队伍。因此，物理课程和教学的改革对于实现科学现代化，对于建设一个强盛的国家具有重大的战略意义，切不可等闲视之”。

德国是一个老牌的物理强国，同时又是一个工业强国。二者之间的必然联系不言而喻。冷战结束之前的两个超级大国都是物理强国。前苏联的物理教材体系基本上是德国体系的翻版；美国是一个移民国家，它的情况与前苏联有点不同，但是它的物理学研究和发展始终与德国密切相关。许多著名的物理学家都具有在德国学习和研究的背景。在二战中发挥关键作用的两位美国物理学家都有着深厚的德国渊源：爱因斯坦直接促成了制造原子弹的“曼哈顿工程”；冯·卡门则是美国的航空航天和导弹之父（他原籍匈牙利，但在德国格丁根大学获博士学位，完成学业）。我国著名科学家钱学森就是卡门的学生和得力助手。

自然，在德国这样一个物理强国里，出现一套像KPK物理教程那样概念全新的物理教材决不会是一件偶然的事情，也绝对不会令人感到意外。问题在于这套教材能够在那样的环境中历经30余年非但屹立不倒，反而不断地取得稳步进展，活跃于国际物理学界。我由此得到的启发是：这一事实本身就足以证明KPK教程的强大生命力和很高的含金量。

### 二. 我国的物理教学改革势在必行

最近，我国物理学界有一个热门话题“钱学森之问”：为什么我们的学校总是培养不出杰出人才？作为一名力学家，钱老可能更关注物理学领域内杰出人才的培养。“钱学森之问”在物理学界所引起的反响也最大。但“钱学森之问”实际上涉及我国的教育体制，是关于整个中国教育事业发展的深刻命题，需要整个教育界乃至社会各界来共同破解。尽管各人观点不尽相同，但似乎有一点目前已经达成共识（有人称之为“温总理的初解”），那就是我们必须改革目前的教育理念和模式，努力培养学生的创新精神和创新能力；简言之，要突出“创新”二字。近年来，关于改应试教育为素质教育，减轻学生负担的呼声一浪高过一浪。从上到下，几乎人人都认识到应试教育的弊端和危害。我最近在杭州听到中科院院士清华大学朱邦芬教授的一席讲话。他直截了当地指出，依靠培训少数学生参加国际奥林匹克物理竞赛等做法出不了真正的人才，因为其实质还是搞应试教育搞题海战术这一套东西。不过令人费解的是，虽然大家都

知道问题的严重性和急迫性，但却又似乎束手无策、一筹莫展，除了无奈，还是无奈。十多天前，我听到上海的一些中学生说他们比祥林嫂还要苦。另据报道，南京最近有7位中学生在公交车上集体拒绝让座给一位80多岁的老大爷，理由是他们的学习时间太长，做功课太累，书包太沉重。至于前些日子媒体报道的外地中学生跳楼自杀的事件更是触目惊心、发人深思。面对这样的现实，难道我们还能继续置若罔闻，无动于衷，无所作为下去吗？其实，应试教育不仅危害学生，也在危害着我们的教师。我最近两年有幸接触一些中学物理教师，对他们有了一些了解。第一印象是他们都十分繁忙，许多人身陷题海大战的第一线，处于“超负荷运转”状态。发达国家的物理教师对于工程技术知识一般都比较熟悉，理论与实际结合得比较好，但我们国家的物理教师在这些方面却相对欠缺（我手上有不少实例，不过今天没有时间一一列举）。一个重要原因就是他们受应试教育的束缚，把太多的时间精力耗费在题海大战上了。他们没有足够的时间去深入实践，去思考，去做研究项目，去发明创造。这实在是一个巨大的人才资源浪费，所造成的损失无法估量。在历史上有不少著名科学家其实出身于中学教师。我们今天有一支庞大的高学历的中学物理教师队伍。这是我们的宝贵资源，应该充分调动他们的积极性，发挥他们的潜力，让他们有所作为，为把中国建设成科技强国做出应有的贡献。今年8月，我在法国举办的一个国际物理教育会议（GIREP）上遇见一些中学物理教师，其中以来自日本的居多，但却没有一个来自中国。他们当中不少人有自己的研究项目，是来宣读他们的论文，做学术交流的。以上所有的事实都在明白地告诉我们，中国的教育改革势在必行，刻不容缓！因为这已经不仅是一个关系到培养杰出人才和发挥广大物理教师潜力的问题，而且也是关系到我们青少年的身心健康成长，即我们中华民族未来的大问题。综上所述，我们目前在物理课程和教学改革方面有两件最需要做的具体事情：一是创新，二是减负。

### 三. 正确把握物理教学改革的方向

据我所知，我国的中学物理课程和教学改革其实一直在断断续续地进行。只不过似乎总是找不到正确的方向，因而既缺乏新意，也看不出什么实际效果。有一位上海市教委教研室的领导曾经使用一个物理学术语来形容以往进行的物理课程改革——“位移等于零”。这是一句妙语，生动地道出了实情：改革来，改革去，最后还是回到坐标原点。我个人不但赞成，而且还觉得在某种程度上，“位移有点负”。因为据说现在的中学物理教科书里关于动量的概念仅一带而过，热学也只讲一点点。事实上，如果这些十分重要的内容份量过轻，那么就不仅会与现代科学技术的发展水平脱节，而且会直接影响学生的物理知识结构，影响教学质量。顺便提一句，在现代科学技术中，热学的地位和作用绝不亚于力学，在化工、节能、环保、新能源等领域里尤其如此。

那么，究竟应该怎样来改革我们的物理课程和教学呢？前面提到的创新和减负这两件事都要求我们摆脱应试教育的羁绊，把学生和教师从应试教育的束缚中解放出来。我国的应试教育目前实际上已经发展到接近极致的程度。我坚信“物极必反”的规律，坚信中国教育最终会与国际接轨，坚信应试教育是没有前途的，终将被素质教育所取代。因此，我们的教改必须跳出应试教育的怪圈，与之决裂，闯出一条新路；否则会有重蹈覆辙回到原点的危险。而且，我想我们还应当大胆采用先进教材，革新教学理念，提高教学效率，使物理课程变得既容易教，又容易学，让学生在同样的时间内学到更多知识，而且学得更扎实。当然，最好能够把创新和减负这两件事情捆在一起做。然而，这样的想法是否可行，这样的目标能否实现呢？有没有什么东西可供借鉴的呢？答案是肯定的。下面我想简要地谈一下我对德国KPK物理教程中几个热点问题的看法。

#### 四. 关于德国KPK物理课程教学实验中若干热点问题的探讨

卡尔斯鲁厄 (Karlsruhe) 是德国西南部与法国和瑞士毗邻的一座美丽城市, 那里有一所同名的著名大学, 它就是德国卡尔斯鲁厄物理教程 (Der Karlsruher Physikkurs, 简称KPK) 的诞生地。由于时间的限制, 在这里我只能重点地谈一下我对当前在KPK教学实验中产生的几个最热门问题的一些看法。

##### 1. KPK的起因

物理学知识量的迅猛增长和相对固定的物理教学课时数之间的矛盾, 始终是物理教育界所面临的一个难题。开发KPK物理教材的初衷就是试图破解这道难题。解决方法无非有两种可能: 一是分科, 二是简化。前者的弊端明显, 基本上不可行; 后者却大有潜力可挖。物理课程的简化包含两个主要方面: 首先是对现有的物理知识进行梳理, 根据物理学的最新研究成果和发展将一些过时的概念和多余的内容清理掉, 即所谓的甩掉历史包袱, 从而实现“减肥瘦身”, 在内容上或数量上实行简化。其次是通过理顺课程的结构寻找某些内在的规律, 从概念上和认知结构上进行简化, 使课程变得既容易教, 又容易学, 从而精简物理教学本身, 节省耗费在教和学上的时间和精力。相比之下, 第二种简化更具价值, 效果更为显著, 意义更为深远。作为卡尔斯鲁厄大学物理教育研究所的所长, 赫尔曼 (F. Herrmann) 教授在继承前人研究成果的基础上, 经过多年努力, 编写成功了一套体现上述两种简化的KPK物理教材。由此可见, KPK与教改的关系十分密切。实际上, 它本身就是物理教学改革产物。

这里, 有两件事应予以说明。第一, 在开始时, 赫尔曼教授只着眼于第一种简化, 即寻找过时的概念, 甩掉历史包袱。他当时主持一份科学评论期刊的一个专栏, 每月写一篇文章评论一个新发现的过时概念。但随着数量的不断积累, 产生了质变, 逐渐向第二种简化的方向转化。第二, 在KPK教程诞生之前, 事实上就有一些物理学家提出过若干现在被认为是KPK核心概念的理论。比如, 普朗克 (Max Planck) 在他于1908年出版的著作中就提出了动量流的概念, 并且指出力就是动量流的强度。1911年, 时任英国物理学会主席的卡林达 (H. L. Callendar) 就在他的著作中将熵定义为一个人人们 (包括初学者) 容易掌握的物理量。自20世纪60年代起, 卡尔斯鲁厄大学的法依克 (Gottfried Falk) 教授开始就相关问题发表了一系列理论研究文章。他与赫尔曼教授之间的交流切磋一直保持到他去世为止。

##### 2. 立足经验 贴近生活

KPK的作者主张物理教学应当注重感性认识, 强调物理概念要建立在日常生活经验的基础之上, 要让学生感到他们所学的知识实实在在, 通俗易懂, 从而激发学习兴趣。KPK作者认为, 应当避免在课程一开始就引入一系列定义和相关名词术语, 引入抽象的概念。因为那样不但无助于学生掌握物理知识, 反而促使他们把那些难以消化的东西演变为教条, 去死记硬背应付解题。其必然结果是使学生感到枯燥乏味, 渐渐失去学习的兴趣和动力, 从而影响教学效果。

以力学为例, KPK教材不从力的概念入手, 而是首先引入动量的概念。这是因为组成动量的两个量质量和速度的定义简单清晰, 其概念很容易与日常生活经验直接联系起来, 学生一学就懂。动量及其时间变化率动量流 (momentum current) 的概念本身也简单明了, 便于学生掌握。相比之下, 传统物理学中力的概念要复杂得多, 它的定义显得相当费劲, 一开始就不得不讨论力的种类、作用效果和要素等等, 使得力的概念的建立颇具难度。这种形似“严格”, 实为“繁琐”的定义, 难以使学生真正掌握。实践表明, KPK力学更容易为师生所接受, 教学效果能得到显著改善。另一个例子是热学中熵的概念。众所周知, 在传统教材中熵一直被认为是一个抽象难学的概念, 被戏称为“熵透脑筋”。然而在KPK中, 由于作者将熵与人们日常生活中所感受到的热 (量) 的

概念直接联系起来，因而使教师教得容易，学生学得轻松。我相信已经参与KPK教学实验的各位老师一定对此深有体会。为了强调上述两个KPK的显著特点，赫尔曼教授将它们归纳为两句口号：**力学教学从动量开始！热学教学从熵开始！**

### 3. 类比 —— 贯穿KPK物理教材的一根主线

KPK教材的另一独特之处是广泛采用类比（analogy）这一科学方法。KPK的作者通过类比将物理学各分支学科之间在结构上的相似性和规律性凸显出来，或者说将他们之间实际存在着的内在有机联系这一本质揭示出来，从而把它们整合在一个统一的结构框架内。事实上，这种可类比性所反映出来的是物理学的精彩和壮美，是客观世界或宇宙间的统一与和谐，意义十分深远。当然，这也就是为什么有人把KPK称作“统一和谐的物理学”的原因所在。就物理教学而言，它的积极意义同样是显而易见的。因为这种统一的结构不但有利于学生的理解和记忆，而且还能帮助学生融会贯通和举一反三，产生触类旁通的效果，即只要牢固掌握一门分支学科，就比较容易掌握其它各门分支学科，从而大大提高学习效率，改进学习效果。下面这张类比表在KPK教程中占有重要地位。我建议大家每当产生疑惑的时候，不妨多看它几眼。

各分支学科之间的类比

分支学科	广延量	强度量	流	能流
电学	电荷量Q	电势U	电流I	$P = U, I$
力学	动量p	速度v	动量流F	$P = v, F$
热学	熵S	温度T	熵流 $I_s$	$P = T, I_s$

先请各位看一看表中处于第二列的几个“广延量”。大家知道，电学是从电荷开始讲的。这张类比表给我们的一个启发是：力学是否应当从广延量动量开始，热学是否应当从广延量熵开始讲呢？这个问题的答案刚才其实已经给出，因此前面的两句口号现在可以增加一句“**电学教学从电荷开始！**”而成为为三句了。再比如有不少老师对于KPK中的熵（热量）这个量有时会感到困惑，我建议你们注意一下它在类比表中的位置。很明显，它与电荷量和动量对应，因而肯定不应该是能量的概念（其量纲也不是能量的量纲，得乘上温度才是）。但在传统物理学里，热量与能量是相当的（热功当量）。当然，这其实是不正确的！请看下面的插图（其中图-1引自G. Job的“新概念热力学”）：

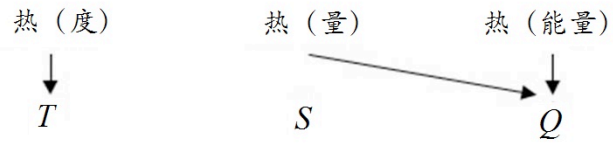


图-1 传统热力学的困境

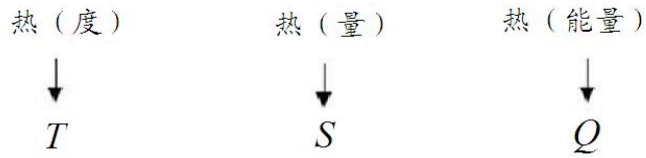


图-2 在KPK热力学中，困境得到解除

如图-1所示，在传统热力学中有三个量可以使用“热 (heat)”这个词来描述，它们分别用符号 $T$ 、 $S$ 和 $Q$ 来表示。当“热量”这个术语被赋予具有能量性质的物理量 $Q$ 之后，困难就出现了。这种情况可以比喻为将两条腿穿在同一只裤腿

里时所产生的跛足效应。如果这位“残疾人”要想走路，那么他就必须借助于“拐杖”，如焓和自由能等（其实本来是不需要引入这些量的）。现在再回过头来看看我们的类比表，如果把热量的箭头指向S，那么一切就都顺理成章了（见图-2）。所以，这张表似乎具有帮助我们“正本清源”、“拨乱反正”的功效。再来看一个例子，那就是牛顿三大定律。如果把这些定律中的力更换成动量流（强度），那么我们就有：

1. 只要没有任何动量流入或流出一个物体，那么该物体的动量 $p$ 就保持恒定不变。
2. 物体动量的变化率 $dp/dt$ 等于流入该物体的动量的变化率，即动量流（强度） $F = dp/dt$ .
3. 每当有动量在A和B两个物体之间流动时，流入物体A的动量流 $F_A$ 总是等于流出物体B的动量流 $F_B$ .

不难看出，上述三条定律合在一起所表述的不过就是动量守恒原理。当然这种表述方式与力的表述方式相比，要简单明了得多。现在，我们再来使用一下类比表，看看与动量对应位置上电（荷）量的情况。如果我们把上述三条定律中的动量换成电量 $Q$ ，那么立刻可以得到，

1. 只要没有任何电量流入或流出一个物体，那么该物体的电量 $Q$ 就保持恒定不变。
2. 物体电量的变化率 $dQ/dt$ 等于流入该物体的电量的变化率，即电流（强度） $I = dQ/dt$ .
3. 每当有电量在A和B两个物体之间流动时，流入物体A的电流 $I_A$ 总是等于流出物体B的电流 $I_B$ .

很明显，上述三条合在一起所表述的不过就是电荷守恒原理。如果我们说这就是电学三大定律，人们一定会发笑。事实上，从来没有人这样想过，更没有人这样说过。因为这是完全没有必要的。通过这样的类比，我们反过来对于牛顿三大定律的真实含义、地位和作用看得比以往更清楚了。现在请大家思考并辨别一下，有人说牛顿三大定律是力学，乃至整个物理学的支柱或基础，这种说法是否有点言过其实甚至名不副实呢？所以这个例子表明，KPK类比表似乎还可以起到某种“拨开迷雾见青天”、“显露原形”的作用。

综上所述，可知我们的类比表确实身手不凡，用处不小。实际上，这张表的覆盖范围还可以扩大，无论在纵向还是横向上都可以。这些将有待于今后讨论，更有待于在座各位今后做深入研究，不断创新。

#### 4. 关于动量流强度和力

动量流强度和力所描述的实际上是同一个物理量。在KPK物理学中，动量和动量流的概念在先，动量流强度（力）的概念在后。与传统物理学相比，这样的次序顺理成章，有利于教与学。但是由于力这个字长期广泛使用，习惯已成自然，所以不可能也不必要完全不使用它。正因为如此，虽然在KPK教材中不需要使用力的概念，但也并不回避、排斥力这个术语，反而在适当的地方将它介绍给读者（如初中版第3.11节，高中版第2.10节），让他们看清力的本质。不过，这绝不意味着动量流和传统意义上的力这两个概念可以混用。在KPK教材中只用动量流的概念来阐述物理原理，解释物理现象。传统物理学中力的定义在那里是完全摒弃不用的，也就是说，力这个术语的含义已经在那里变为动量流强度，已经是“旧瓶装新酒”了。这一点必须加以强调。KPK教程是其作者站在现代物理学最新成就的制高点上，在严格审视传统物理学及其发展史的基础上，重新构建起来的一套教材。它提升了教师和学生对于物理学的认

知结构。它的科学性、逻辑性、合理性、包容性和实用性都在传统物理学之上。换言之，它源于传统物理学，但高于传统物理学。事实上，这也正是为什么一些先学KPK后来改学传统物理学的学生从未遇到过任何困难的根本原因所在。我觉得，对于学过传统物理学的学生适当地进行二者概念（比如动量流强度与力）之间的对比教学，有助于他们加深对物理概念和现象的理解，有利于显示KPK的先进性和优越性，从而增强他们学习KPK的信心，产生积极效果。令人欣慰的是，在最近于上海金山中学举行的KPK公开教学示范活动中，这种对比教学取得了成功，获得了与会教师和领导的认可。当然，KPK与传统物理学不宜在同一课堂里平行教学，因为这样做不仅会使学生产生概念混乱，感到无所适从，而且连教师自己也会被搞糊涂的。平行教学实际上不是在简化物理教学，而是在使之复杂化；是增负，而不是减负，而且有限的课时数也不允许这样做，因而难以实现。

另外要提请大家注意的一个重要事实是，汉语和英语（或德语）的语言文字之间的差别。英语的词汇是由字母（letter）构成的，而汉语的词汇是由字（character）构成的。所以在KPK教学中，完全不必害怕使用力这个字。在汉语中，许多带有“力”字的术语在英语里事实上与“force”这个词并无关系。例如，应力（stress），测力计（dynamometer），重力（gravity），等等。这就是为什么我经常建议大家多查看英文（最好是德文）原文从而摆脱理解上的困惑或者避免“被卡住”的原因之一。当然更重要的原因是有些译文与原文之间有较大差别，直接影响读者了解KPK的“原汁原味”，掌握其精神实质。

#### 5. 物质型物理量（substance-like quantity）

所谓物质型物理量，是KPK作者为广延量（extensive quantity）所起的另外一个名字。其意图是突出此类物理量的一个共同特性：我们可以把它们想象成一种“物质”来加以处理。或者说得更专业一点，我们可以对它们应用“物质模型（substance model）”。这种做法的主要目的是要使它们与物质守恒（物质不灭）定律以及连续性方程建立联系，让它们在空间内“流”起来。为了能够使用数学分析这个工具，我们还必须把此类物理量想象成“连续介质”，即一种连续地分布在空间内的假想物质。大家知道，实物都是有分子结构的，是不连续的，里面包含有很大的空隙。所以以前有人把它们翻译为“实物型物理量”是不妥当的。科学概念必须依靠语言文字表达其意义，名词术语是语言的基石，概念的符号。译名如果不妥，势必会影响整门学科表述的准确达意，甚至造成误解，因此切不可掉以轻心。

物质型物理量在KPK物理学中占有极其重要的地位。它们是构建KPK物理学的“顶梁柱”。物质型物理量与它们的“流”以及相应的强度量一起，作为物理学各分支学科的中心物理量，构成了类比表的主干部分，成为开展各种类比的基础或出发点。KPK物理学中所包含的物质型物理量有质量、能量、动量、角动量、电荷量、熵和物质的量等。

### 五. 结论

德国KPK物理学源于传统物理学，但高于传统物理学。在上海一批中学里的教学试点实践表明，只要主讲教师认真备课，牢固掌握KPK物理课程的概念体系，切实更新教学理念，就的确可以实现既容易教，又容易学的目标，做到激发学生的学习兴趣，使他们在同样的时间内学到更多物理知识，而且学得更扎实，从而显著提高教学效率。在整个教学试点的过程中，KPK物理课程的科学性和先进性得到了较好的体现。教学实验的初步成功进一步证明了KPK物理教程是一部不可多得的优秀物理教材，值得我们借鉴。目前将它引入我国适逢其时，适得其所。我相信通过对它的引进、研究和消化吸收，必定能够有力地推动我们的物理课程和教学改革，促进我国早日实现物理教学现代化。

