

## 19. 对《力场与时间有关系统的功能定理及其应用》一文的商榷

李学生 (Li Xuesheng)

山东大学副教授, 理论物理教师, 中国管理科学院学术委员会特约研究员, 北京相对论研究联谊会会员, 中国民主同盟盟员 (作者为中国科学院高能物理所研究员)

[xiandaiwulixue@21cn.com](mailto:xiandaiwulixue@21cn.com), [1922538071@qq.com](mailto:1922538071@qq.com)

**摘要:** 分析了《力场与时间有关系统的功能定理及其应用》存在的十五个严重错误, 希望《大学物理》尽快纠正这些错误, 正是这些错误将会误导读者。

[李学生 (Li Xuesheng). 19. 对《力场与时间有关系统的功能定理及其应用》一文的商榷. *Academ Arena* 2017;9(15s): 84-88]. (ISSN 1553-992X). <http://www.sciencepub.net/academia>. 19. doi: [10.7537/marsaa0915s1719](https://doi.org/10.7537/marsaa0915s1719).

**关键词:** 机械能守恒定律; 力学相对性原理; 显含时间; 势能零点; 质点动力学

**中图分类号:** O 313.1

**文献标识码:** A

2016年10月《大学物理》发表了中国科学院力学研究所、非线性国家重点实验室(LNM)、微重力国家实验室(NML)朱如曾研究员的文章《力场与时间有关系统的功能定理及其应用》<sup>[1]</sup> (下面简称文献[1]), 文章批评了我在《物理通报》曾经发表的文章<sup>[2]</sup>, 因此我在此做出答复并对文献[1]提出几个需要商榷的问题, 希望朱如曾研究员以及各位专家赐教。

1. 文献[1]的题目为《力场与时间有关系统的功能定理及其应用》, 根据题目应该是力场显含时间, 可是《大学物理》12月份发表的该文勘误为: “本文“有势力场与时间有关或无关”均指其势函数与时间有关或无关”, 说明势函数与时间相关. 该文的第一段指出: “对于既存在其他力, 而有势力场又与时间相关的系统, 机械能的变化自然应当由一种更为广泛的功能定理所决定.” 但是在(26)式下面一段话为——力场和势能函数的空间分布函数  $f$  和  $E_{\text{小球}pout}$  不仅与小球的坐标  $x$  有关, 还与参数  $x_0 = x_0' + Vt$  有关, 即显含时间  $t$ , 其物理图像是整个外力场  $f$  及其势函数  $E_{\text{小球}pout}$  在  $x$  空间以速度  $V$  随时间平移, 其物理根源是, 在地面上看, 胡克力场的源 (墙壁) 具有速度  $V$ .

在这里出现了三个显含时间的问题——**势函数显含时间、势能显含时间、力场显含时间**, 不知道作者到底是指哪一个显含时间? 作者本身也是不清楚的. 只有力场显含时间, 势函数才可能显含时间. 在文献[1]式(5)下面指出: “实际的内力势函数都不显含时间, 除非特殊假定”, 作者没有说明原因, 难道势函数是否显含时间可以随便假定? 定理2也是提出: “对于力场与时间相关的系统”, 难道在自由落体问题中电梯系测量到的重力场是变化的?

首先说力场显含时间, 力是伽利略变换的不变量, 重力是恒力, 不是显含时间的力, 无论在地面系和电梯系都不可能显含时间. 在弹簧振子问题中, 如果把弹簧振子系统放在小车上, 在小车系不是显含时间的力, 而“力是伽利略变换的不变量”, 所以在地面系也不可能显含时间. 只要力场不显含时间, 势函数也不可能显含时间. 势能更不可能显含时间, 如果作用在物体的力所做之功仅与力作用点的起始位置和终止位置有关, 而与其作用点经过的路径无关, 即不仅力有势, 且在相应的势能表达式中不显含时间, 该力则为保守力. 势能显含时间, 力就不是保守力, 可是弹力和重力是保守力是力学界公认的事实, 按照作者的观点, 需要修改全世界所有的教材. “势函数  $E_{\text{小球}pout}$ ”这种表示说明作者没有分清势函数和势能函数, 属于概念不清. 势函数和势能函数的区别参看文献[3], 本文不再展开。

2. 文献[1]的定理2指出: “相对性原理虽然保证机械能守恒定理对于所有惯性系成立, 但是它不能保证机械能守恒的事实对于所有惯性系都成立.”, 换句话说就是“对于同一个物理过程在一个惯性系守恒, 在另一个惯性系不一定守恒”, 可是该文的例题1用非惯性系说明, 与定理要求的范围不符. 该文的例2利用外场处理是惯性系, 例1用外场处理是非惯性系, 前后矛盾. 既然这篇文章是研究惯性系的规律, 应当在惯性系里说明, 非惯性系与文章不符, 应该删去. 作者对于外场的概念不了解, 在自由落体运动中, 现在所有的力学教材都是按照外场处理, 即把地面系视为惯性系, 作者按照非惯性系处理, 说明概念不清. 按照作者的观点, 现在所有的力学教材都需要进行修改。

3. 文献[1]指出——从电梯 (非惯性参照系 (B)) 中看. 地面的坐标为

$$h_{\text{地面}B} = h_{\text{地面}B}(0) - V_0 t \quad (17)$$

直接利用定义1和(14)式 (或者对(2)式的第二式进行等时积分, 并利用约定1) 得B中重力势能

为

$$E_{poutB}=E_{pinB}=mg(h_{质点B}-h_{地面B})=mg(h_{质点B}-h_{地面B}(0)+V_0t) \quad (18)$$

(18)表明,  $E_{poutB}$  不仅与质点高度这一位形坐标  $h_{质点B}$  有关, 还显含时间  $t$ . 这是由于在电梯上看, 重力场的源(地球)是运动的. 又由于质点所受作为外力的惯性力所作之功可以忽略不计, 所以功能定理的公式(1)给出系统机械能  $E_B$  满足

$$\frac{dE_B}{dt} = \left( \frac{\partial E_{poutB}}{\partial t} \right)_{h_{质点B}} \quad (19)$$

其中

$$E_B = mg(h_{质点B} - h_{地面B}(0) + V_0t) + \frac{1}{2}mv_B^2 \quad (20)$$

将(18)式代入(19)式得

$$\frac{dE_B}{dt} = mgV_0 \quad (21)$$

此(近似)式与内力场处理的结果(11)一致, 表示系统的机械能不守恒.(19)式显示, 系统在电梯中看机械能不守恒的根源在于外力场的势函数显含时间, 而后者又根源于重力场源地球是运动的[9]. 地面系为何必须和电梯系选择相同的势能零点, 说明文献[1]的作者不明白坐标系的观点, 建立了坐标系, 等于选择了势能零点, 相对于坐标原点不变.

对此我谈一下个人观点——显然作者没有深刻理解相对性原理的内涵, 电梯里的观察者无需打电话询问地面的观察者询问如何建立的坐标系, 完全可以建立自己的坐标系, 零势面只要相对于他自己不变即可, 机械能也守恒, 只不过计算的结果守恒量与地面系不同, 只要守恒即可. 在一个惯性系中的任何自然规律在任何其他惯性系中都成立. 既然各惯性系都等价, 为何地面系的观察者不选择电梯系的零点? 按照作者的观点这样在地面系看来重力也显含时间, 地面系不守恒. 外场处理从来不管力源. 如果电梯里的观察者与地面的观察者关系不好, 不告诉对方如何选择零势面, 研究工作被迫停止了. 在一座小山的山顶和山脚测量同一自由落体的质点, 测量的势能必须相同吗? 我回顾一下爱因斯坦创立广义相对论的过程, 他怎么知道电梯外的观察者测量的数据. 按照该文的观点, 广义相对论和狭义相对论都是错误的, 他们都是观察者建立自己的坐标系, 即使坐标原点重合, 也不需要任何时刻坐标相同, 在力学中这也显然违背力学相对性原理.

文献[1]认为: 重力场源地球是运动的. 这说明作者没有正确区分伽利略变换和洛伦兹变换. 力学相对性原理是对于绝对时空而言, 此时观察者运动而力场不变, 即力是伽利略变换的不变量, 力的坐标不能随着观察者的运动而变化, 这一点与狭义相对论中的相对性原理不同, 不能简单把伽利略变换看成洛伦兹变换的极限情况, 量变引起质变, 否则可能把不显含时间的力变成显含时间的力, 从而力就不是伽利略变换的不变量(例如当把弹簧固定在墙上时, 在小车系看来不考虑墙的运动). 在伽利略变换中场坐标不变而质点的坐标变化, 场或者说力的坐标与质点的坐标不一样, 运动质点(小球)的坐标随时间变化, 不是场力  $F$  随时间变化, 重力、弹簧弹力和万有引力等都是稳定场, 不是显含时间的力场. 在机械能定理中可以有显含时间的力, 在机械能守恒定律中不能有显含时间的力. 由于牛顿力学适用于绝对时空, 因此场或者力的坐标必须是相对于力源静止坐标系里的坐标(因此力是伽利略变换的不变量包括力场的性质不变), 质点坐标是观察者坐标系里的坐标, 这一点和相对论不同, 在相对论中场的坐标和质点坐标都是观察者坐标系里的坐标, 伽利略变换和洛伦兹变换在这一点上是有区别的, 不能仅仅看做是洛伦兹变换的低速近似, 伽利略变换只研究质点坐标, 不研究场(或者力)的坐标. 文献[10]也犯有同样的错误. 朗道的书《力学》中说, 在惯性参考系中自由运动的质点, 由于时间和空间的均匀性和各向同性, 表征它所用的拉格朗日函数不显含时间和广义坐标和速度的方向.

4. 文献[1]作者没有正确理解势能的概念, 在例题1中作者得出了“在不同的惯性系中的重力势能相等”这一错误的结论,  $E_{物体pout} = mg(h + V_0t) = mgh$ , 在重力势能  $E_{物体pout} = mgh$  中  $h$  为矢量(向量), 不是标量(两点间的距离), 是重力与位移的标量积(数量积), 否则重力势能变成了矢量(向量)了, 作者在公式(11)中的运算也可以看出是矢量. 由于  $h$  是一个矢量——质点的位移, 因此不同坐标系测量的位移可以不同, 因此各个坐标系测量的势能也可以不同. 重力场虽然不是匀强场, 但是由于重力变化较小, 默认是匀强场, 已经做了理想化处理, 因此研究重力势能无需考虑重力源——地球.

文献[1]指出: “由于引力和距离都是伽利略不变量, 因此引力的等时积分即势能也是伽利略不变量.” 功是力对于位移积分, 文献[1]利用引力对于距离积分得出的能量为矢量, 与世界力学教材的表述不一致! 既然

是位移,应该是电梯系的观察者测量的位移,因此势能不是伽利略变换的不变量.现在全世界所有的力学教材中势能都是用保守力的功定义,文献[1]的定义1是另起炉灶,国际上还没有认可.

5.在自由落体运动中,假设地面没有人,电梯里的观察者测量质点的机械能不守恒,能量来自于哪里(电梯系按照惯性系计算)?能量守恒定律比牛顿定律更基本!!现在所有的力学教材都认为地面系是惯性系(对于自由落体这样简单的力学实验,因为我们不知道地球的质量,实验对于地球运动的影响忽略,牛顿也是这样认为的,现在根本测量不到如此高的精度),按照文献[1]的观点,牛顿是错误的,世界力学教材需要修改!!

6.文献[1]指出:“为了进一步理解势能数值在地面和升降机中相等这一关键概念,可以以公共的无限远处为势能的零点,分别在地面系和升降机中对地球引力进行精确的等时积分.”这段话说明作者没有区别重力和万有引力,在自由落体问题的研究中,不能仅仅把重力看作地球对于质点的万有引力在低空的近似,重力是万有引力与地球自转产生的惯性力的合力,研究机械能守恒定律与力学相对性原理的关系时,可以把重力和万有引力看作没有关系的两个力.万有引力可以地月系统或者卫星围绕地球运动(忽略空气阻力等非保守力因素)为例进行研究.在自由落体运动中,重力看作恒力,如果从无穷远点积分过来,显然为无穷大.研究万有引力问题我们才选择无穷远点为势能零点.

7.机械能守恒定律是牛顿运动定律的推论,牛顿运动定律是满足伽利略变换的,因此机械能守恒定律也满足伽利略变换.文献[1]否定了这一点,就等于否定了整个经典力学.文献[1]的作者应该实际推导一下机械能守恒定律或者看一下任何一本力学教材的推导,哪一步不满足伽利略变换?文献[1]的结论如果正确,需要修改所有的力学教材.

8.文献[1]没有区分内场和外场的概念,在自由落体运动外场处理中依然考虑力源——地球,本质上仍然是内场.外场处理就是不管力源,把地面系视为惯性系,尽管重力场不是无界均匀力场,但是在地面附近按照无界均匀力场处理.

9.文献[1]在2.1中指出:“在电梯系中看,地球有速度( $-V_0$ ),故惯性力对地球所作功率是  $mgV_0$ ,这是不能忽略的”,这个能量的变化相对于地球的动能而言,是微乎其微,为何不能忽略呢?仅仅由于地球质量的变化产生的误差也将远远大于这一项.

10.文献[1]得出在自由落体问题中地面系不守恒——只是近似守恒,这和目前世界上所有的力学教材矛盾,现在几乎所有的中学生都知道在地面系看来自由下落的质点的机械能守恒.文献[1]得出地面系和电梯系都不守恒,与定理1的题意——“一个惯性系守恒,另一个惯性系不一定守恒”没有关系.该文的作者认为地面系不守恒,不符合作者所证明的定理的哪个条件——质点受到除重力以外的力或者显含时间?

文献[1]指出:“文献[10]的例1对于同一问题采用了外力场处理,但是与本文的定义1及约定1不同,在电梯中和地面上势能零点各取本参考系的原点,从而得到了地面系和电梯系机械能都守恒的结果.但是这只是地面附近可近似视为均匀场的一种局部巧合.如果精确考虑,或范围扩大一点,地面系和电梯系中重力场便不能视为均匀场,此时即使采用文献[10]的势能零点取法,那么地面系机械能守恒,但是电梯系中重力场及其势能将显含时间,这违反了机械能守恒定理的条件(6),由定理1知机械能不守恒!”我们都知道重力场尽管不是严格的均匀场,但是大家都按照均匀场对待,文章认为是巧合,说明答案是正确的!!!范围再大一点,就不是重力场了,与研究问题无关,说明文献[1]作者前后矛盾,环顾左右而言他!如果重力场在电梯系显含时间,那么在电梯系计算动能,为何不考虑这一点?前后必须自洽!文献[1]的定义1——“在外力场概念下质点的重力势能就是内力场概念下质点与地球之间的相互作用势能”与现在所有力学教材中势能的定义不等价!!

11.文献[1]指出:“该文的例2对于固联于运动车厢的斜面上的滑块,为了凑合出地面上看系统机械能也守恒的荒谬结论,将斜面作用于滑块的约束力所做之功独出心裁地说成是以“约束力势能的减小”为代价.事实上,如果一定要定义一个“约束力势能”的话,那就只有斜面的弹性势能.然而由于刚性的斜面没有形变,其弹性势能永远为零,无法减小.”

请问约束力是否是保守力?难道是耗散力或者显含时间的力?只要是保守力就可以定义势能.在这个习题中,在小车系看来,由于斜面的支持力始终不做功,因此小滑块在斜面上运动回到出发点时支持力做功始终等于0,因此在小车系看来支持力是一个保守力.由于力是伽利略变换的不变量,因此在地面系看来约束力也是保守力.定义势能未必有形变,静摩擦力也是保守力<sup>[5]</sup>,显然也没有形变.在力学中只要没有把机械能转为其他形式的能量的力就是保守力.在机械能守恒定律中的保守力是指保守力的合力<sup>[6]</sup>,难道重力沿斜面方向的分力也不是保守力?

12. 文献[1]例题 2 中指出：作为内力势能的弹性势能只有弹簧长度决定.可是这是内势能，对于外势能不成立.外势能的定义为——势能的减少等于保守力做的功，而不同的惯性参照系保守力做的功可以不相等，势能为何一定相等呢？在弹簧振子中由于不考虑弹簧质量，因此弹性势能本质是属于振子而不是弹簧（在地面系的证明中可以看出这个问题，如果把  $k$  换成  $m\omega^2$ ，可以明显得出动能和势能都属于振子），当然由于它们连接在一起，可以等效认为属于弹簧，但是不能认为弹性势能仅仅由弹性形变决定.经典的弹性势能公式是观察者相对于弹簧的固定端静止推导出来的，当观察者在弹力方向上的分速度不等于 0 时是否成立，作者没有推导为何认为一定成立呢？如果认为弹性势能只有弹簧长度决定，显然违背了牛顿力学.在弹簧秤中我定义劲度系数时虽然是两端都受力，但是我认为一端固定，认为计算另一端受力使弹簧发生形变，如果认为厢壁做功，此时是两端受力使其发生形变，显然是错误的.

13. 文献[1]在例 2 外场处理中，当小车的方向反向运动或者小滑块从下面向上运动时，按照文献[1]的计算在地面系看来系统的机械能应当减少，此时质点的机械能是否转化为电能或者化学能？这可是新的能量转化方式.

14. 文献[1]在例 2 的分析中谈到了文献[4]，坚持认为该文是正确的，作者认为这篇文章是从实物模型出发的，这篇文章显然是错误的，弹簧振子是研究简谐振动的典型模型，简谐振动是质点在线性回复力的作用下的运动，是质点动力学问题，势能显然属于质点，而文献[4]研究起弹簧的弹性势能，属于准多体动力模型，典型的概念不清.文献[4]认为墙壁对于弹簧做功造成能量不守恒，可是弹簧没有质量无法对其做功.文献[7]也认可“功是质点的位移与力的标量积”.在这个习题中，弹簧忽略质量，显然没有势能的问题.文献[1]从力场模型出发，势能属于质点，属于质点动力学问题，两篇文章自相矛盾.文献[1]作者认为是从力场模型出发，在这种分析方法中墙壁对于弹簧和弹簧对于质点的作用力是同一个力，文献[4]的方法中他们是两个力，前后矛盾.我们可以把牛顿第二定律和欧姆定律进行类比，合外力相当于电压，质量相当于电阻，加速度相当于电流.这是理想化模型，导线抽取电阻、电感等属性后用电器的电压等于电源两端的电压一样.类似于不考虑电阻的导线不能承担电压和消耗能量一样，轻质弹簧不能单独承受力<sup>[8]</sup>，也不能储存能量<sup>[9]</sup>，千万不要认为弹簧振子中的弹簧具有势能，忽略动能.

15. 力学相对性原理仅仅涉及牛顿运动定律及其推论（动量定理与动量守恒定律、动能定理与功能原理（含机械能守恒定律）、角动量定理与角动量守恒定律、声波运动方程、流体的欧拉方程等质点动力学规律），不涉及运动学规律等非牛顿运动定律的推论，例如非牛顿运动定律推论的胡克定律不具有伽利略变换的不变性.文献[1]没有认识到这一点，误认为胡克定律也具有伽利略变换的不变性，得出弹力是显含时间的错误——“考虑到弹簧本身的动能忽略不计，对于小球和车厢壁而言，弹簧的唯一作用是以小球与其平衡点的距离为自变量按照胡克定律同时向小球和车厢壁提供相反的作用力，因此在地面和小车上可以分别用在相应的位形空间  $(x)$  和  $(x')$  中假设车厢壁与小球之间存在服从胡克定律

$$f = f = -k(x' - x_0) = -k(x - x_0) \quad (22)$$

（其中  $x_0$  和  $x_0' = x_0 - vt$  分别为小球的平衡位置在地面和小车上的坐标）的有势力场取代弹簧实体的存在，从而系统可以被描述为质量为  $m$  的小球（质点）在车厢壁所提供的，遵从胡克定律式（22）的有势力场中运动.”如果把胡克定律表示为弹力的大小与形变大小成正比，那么胡克定律适用于所有惯性系，但此时就不是位移，“其中  $x_0$  和  $x_0' = x_0 - vt$  分别为小球的平衡位置在地面和小车上的坐标”就错了.由于力和距离是伽利略变换的不变量，而位移不是伽利略变换的不变量，因此需要正确理解胡克定律，区分位移和距离两个概念.两种表述方式并非始终等价，当观察者相对于弹簧的固定端静止时二者等价，笔者建议把胡克定律表述为“**弹力的大小与形变大小成正比**”较好.

综合上面的分析，文献[1]最重要的错误有两点——其一没有正确区分伽利略变换和洛仑兹变换，前者力场不变（例如不能说成墙在运动），后者力场可以变化；其二不理解相对性原理，势能零点相对于观察者不变，不是相对于力源不变.前面对文献[1]中若干说辞进行了辨析，但笔者感到一丝茫然.基本概念和基本理论是一门课程最核心的内容，文献[1]是一篇存在多个概念不清，思路混乱，前后矛盾的文章，按照这种观点进行教学，属于误人子弟、毒害年轻一代.

从辨析中可以看出，中国科学院力学研究所研究员、博士生导师、《力学进展》常务副主编和《大学物理》编辑部的审稿专家，仍然对这些教学核心内容理解不到位，竟然配发编者的话，希望所有教师在教学中讲授，任由这种现象的发生是社会的悲哀，是未来的不幸.愿教师个人、学校、社会、国家对能够关心基本教学，投入更多的时间和资源！也盼刊物认真组织审稿，以免浪费广大师生的时间和精力！斯是幸甚！

#### 参考文献：

1. 朱如曾.力场与时间有关系统的功能定理及其应用.大学物理，2016（10）：11~16.

2. 李学生, 师教民. 对一道中学生物理竞赛试题答案的商榷[J]. 物理通报, 2014(9): 119~120.
3. 张佩礼. 谈谈势能函数和势函数的概念. 物理与工程, 1988 (1): 37~42.
4. 朱如曾. 弹簧振子相对于运动惯性系的机械能不守恒——关于“对一道中学生物理竞赛试题答案的商榷”的商榷, 物理通报, 2015年(4): 84~87.
5. 赵凯华, 罗蔚茵, 新概念物理教程, 高等教育出版社, 2004年第二版, 113~114.
6. 张翠. 斜面上下滑滑块机械能守恒问题新解. 物理通报, 2016(9): 115~117.
7. 蔡伯濂. 关于讲授功和能的几个问题[J]. 工科物理教学, 1981(1), 7~13.
8. 赵志栋, 陈光红. 轻弹簧之“困境”. 物理通报, 2016 (5) : 98~101.
9. 唐龙. 例说能量的系统性和相对性. 物理教师, 2016 (6) : 18~19.
10. 刘瑞金. 机械能相关问题的讨论. 淄博学院学报 (自然科学与工程版), 2001 (12) : 47~50.

To the force field is work-energy theorem for systems with time related force field and its application "is debatable

5/4/2017