# 54．静电场可以与引力场、重力场进行类比吗？

静电场、引力场、重力场都是保守力场，同样具有场强及势。最基本的静电场是点电荷的电场，最基本的引力场是质点的引力场，它们都是有心力场。重力场是匀强场，与匀强电场类似，二者有很多可比性。

在学习了静电场的描述以后，很多教师为了加深学生对场强和电势的理解，常常将静电场与重力场进行类比。其实，静电场与引力场可比的地方更多，只是由于中学阶段教科书中不出现引力场，因此常常局限于与重力场的类比。

## 一、电场与引力场的类比

静电场与引力场有很多相似之处，特别是最基本的静电场——点电荷的电场与最基本的引力场——质点的引力场，它们都是物质场，都是保守力场，都是有心力场，二者可比之处不少。

（1）静电场的场强定义为 *E* = ，对于点电荷 *Q* 的电场的场强 *E* = *k* ，如果是正电荷的电场，则各点场强方向都指向背离正电荷中心的方向，如果是负电荷的电场，各点的场强方向都指向负电荷中心的方向（即指向负点电荷本身）；引力场的场强定义为 *E*引力 = ，质量为 *M* 的质点的引力场场强 *E*引力 = *G* ，方向指向 *M* 的中心（即指向质点本身）。

（2）静电场的电势定义为 *φ* = ，对于点电荷 *Q* 的电场，电势 *φ* = *k* ，以无穷远处为为电势的零点，正电荷的电势为正值，负电荷的电势为负值；引力势定义为 *φ*引力 = ，质量为 *M* 的质点的引力势 *φ*引力 = − *G* 。以无穷远处为引力势零点，各点的引力势都为负值。

（3）检验电荷 *q* 位于静电场中的某点，它受到的电场力 *F* = *Eq*，其中 *E* 为该点的电场强度，如果 *q* 为正电荷，则电场力 *F* 的方向与 *E* 的方向相同，如果 *q* 为负电荷，则电场力 *F* 的方向与 *E* 的方向相反；它具有的电势能 *E*p = *φq*，其中 *φ* 为该点的电势，如果 *q* 为正电荷，则电势能 *E*p 的正负与 *φ* 的正负相同，如果 *q* 为负电荷，则电势能 *E*p 的正负与 *φ* 的正负相反。引力场的情况与此类似，令一个质量为 *m* 的质点位于引力场中的某点，它受到的引力 *F* = *E*引力*m*，具有的引力势能 *E*p = *φ*引力*m*。与静电场不同的是，两个质点间的相互作用力只能是引力而不能是斥力，以无穷远处为势能零点，两个质点的相互作用势能只能是负值，即与二者相距无穷远时相比，势能要减小。

（4）一个电荷在另一个电荷的电场中，由于相互作用而具有的势能是相互作用势能，简称互能，每一个点电荷还有自作用能，简称自能。不论是正点电荷还是负点电荷，其自能都是正值，这是因为多个基元电荷聚焦成一个带电物体的过程中，必须克服相互排斥的电场力做功，从而比起原来相距无穷远时电势能要增加。同样，任何两个物体都存在引力，有相互作用的势能，而任何一个宏观的质点，也都是由多个小的物质单元组合而成的，因此也有相互作用的自作用能——自能，与点电荷的自能不同的是：由原来相距无穷远的众多物质单元集合成一个物体的过程中，达些物质单元间的引力是做正功的，因此自能比起原来相距无穷远时的势能是减少的，从而质点的自能总是负值。

对于质点的自能是负值这个问题，有人可能觉得不好接受，难道有负能量吗？其实这是误解，势能是相对量，负值只是与规定的零势能点相比较而言的，我们规定物体相距为无穷远时势能为零，才有质点的自能是负值的结果。

## 二、静电场与重力场的类比

重力场也是保守力场，与静电场一样，也有场强与势，因此可以进行类比。重力场是匀强场，这与电场中的匀强电场类似，因此把静电场与重力场进行类比，除了场强与势的定义以外，还应该把匀强电场与重力场进行比较。

（1）描述场的性质的物理量

静电场的场强定义为 *E* = ，相应地重力场的场强定义为 *E*重力 = ，由于重力 *G* = *mg*，因此 *E*重力 = = *g*，其方向竖直向下。

静电场的电势定义为 *φ* = ，相应地，重力势定义为 *φ*重力 = = *gh*。

要注意的是，重力势是 *gh* 而不是 *h*。有人用等高线类比等势线，这是不准确的。等高线是地理概念，它由地面上相对海平面高度相等的点连接而成；等势线（我们纸上画出的是等势面与某个平面的交线，实际上是等势线）是物理概念，静电场中的等势面是电势相等的点组成的曲面，重力场的等势面是重力势相等的点组成的曲面，由于各地的重力加速度（重力场强度 *g*）稍有不同，因此等势线与等高线不是一回事。

（2）重力场与匀强电场

如果从场的分布来说，重力场与匀强电场类似，场强处处大小相等且方向相同，等势面（等重力势面）与重力场线垂直，是相互平行的平面。在重力场中，场强与重力势间的关系也与匀强电场中类似，有 *E*重力 = ，或 Δ*φ*重力 = *E*重力·*h*。

重力场与匀强电场也有不同之处：匀强电场是由两个平行金属板上所带的等量异种电荷所激发的，忽略边缘部分的影响，中间部分面电荷均匀分布，内部电场强度 *E* 正比于板上的面电荷密度，即 *E* ∝ ，式中 *Q* 为某一极板上所带电荷量，*S* 为极板的面积。重力场则是地球引力场在地面附近小范围内的一种近似：设地球质量为 *M*、半径为 *R*（*R* ≈ 6.4×106 m），则质量为 *m* 的物体在地面处受到的地球引力为 *F* = *G* ·*m*，重力场强度 *E*重力 = = *G* 。这是地球（质点）引力场强度的表达式，严格地说，质点的引力场是有心力场，引力场强度的方向都指向地心（地球的质心），地面上不同地点引力场强度的方向各不相同，但我们涉及的范围是地面附近很小的区域，在这个小区域内可以认为各处引力场强度的大小相等而方向相同。如此说来，重力场是近似的匀强场（只是由于地球相比地面上一个人短时间的活动范围而言，实在是太大了，因此重力场很接近匀强场，或说近似程度很高）。

这里还有另一层近似，那就是我们忽略了地球自转的影响。地面上的物体都随地球自转，如果把地心作为惯性参考系，则地面是转动的非惯性系，在地心参考系中考虑问题，要考虑惯性力 *F*惯 = − *ma*向，*a*向 = *mω*2*R*·cos*θ*，式中 *ω* 是地球自转的角速度，*θ* 是所在地的纬度。在 *θ* = 0° 处（即赤道处），*F*惯 最大，其方向与地球引力 *F* 的方向相反，在其他位置 *F*惯 的数值较小且方向与 *F* 的方向不在一条直线上。我们只粗略地估算一下赤道处 *a*向 的值：*ω* = = ≈ 7.3×10−5 rad/s，*a*向 = *ω*2*R* ≈ 3.4×10−3 m/s2，它大约只有重力加速度 *g* 值的 0.35%，即只计算地球引力 *F* 而忽略惯性力 *F*惯 误差不到千分之四，粗略地认为重力场强度 *E*重力 = *G* ，误差很小，这就是我们说重力场是地球引力场在地面附近小范围内的一种近似的原因。