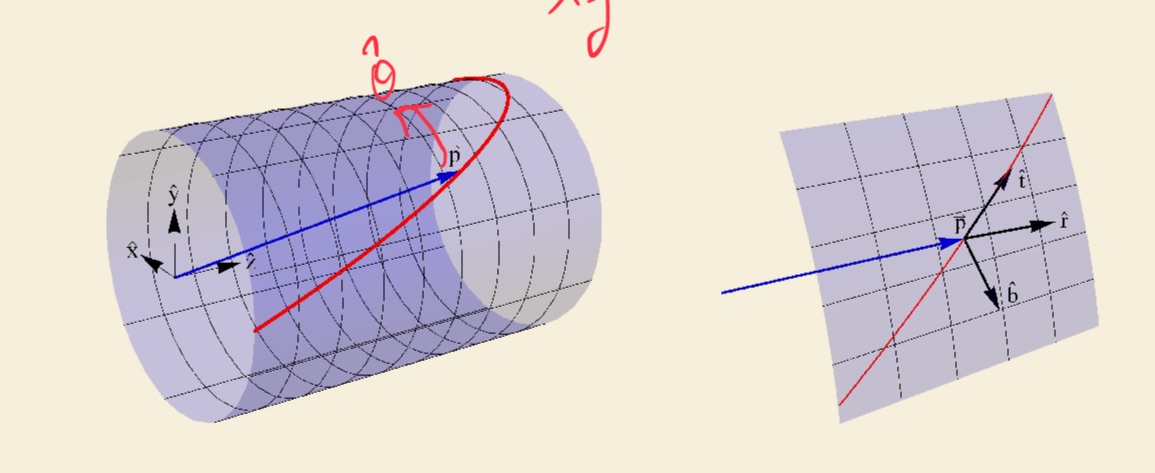
AG-CCT建模基础知识

**参数路径(生成线圈时走的轨迹)**



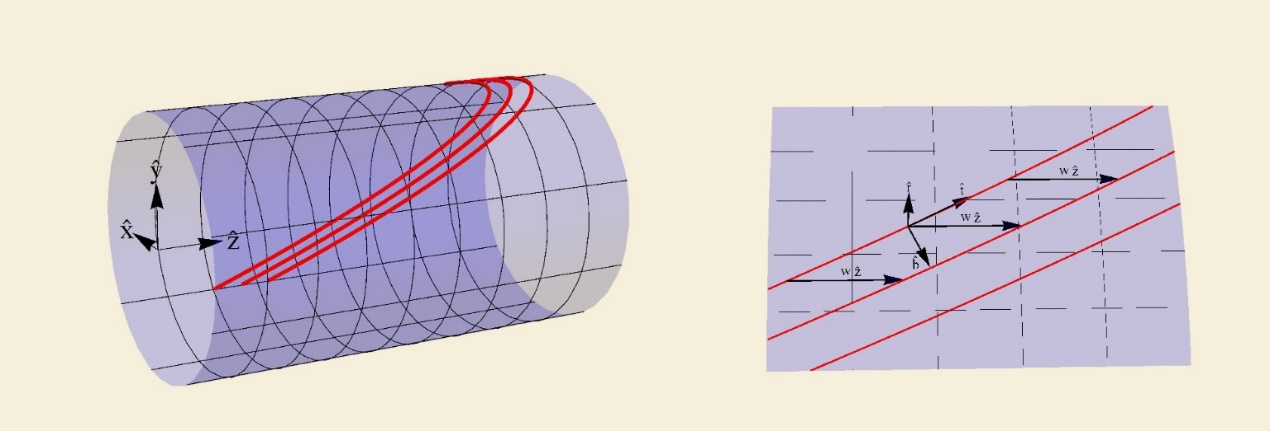
线圈位于圆柱面上。原点O在圆柱轴线上，**P** 为O点出发的矢量，指向线圈当前位置，θ 为方位角，r为圆柱半径，**z** 为轴线矢量， 表示线圈运动在轴向的投影，则有

图中可以看出线圈的起点(-r,0,0)，此时

定义矢量 **t** 为线圈切向矢量

定义矢量 **b** 为法向矢量，同时垂直于 和 **t** 。

补注： 构成右手系。



的周期性 (见上图)，即

至于线圈间距离δ()，即 (已推，红色部分很重要，已证明，不会顺推)

**二维平均电流密度**

设线圈电流为I0。利用线圈间路径，可以定义平均电流密度，即

注意红色部分即由中红色式子给出，最后为对的展开**。**可以看到电流密度存在两个分量，一个位于方位角方向，是一个常量(大小与线圈间距有关)，由它产生**螺线管磁场**；另一个位于轴向，它是方位角的函数，产生横向场。

**电流密度及其产生的磁场**

主旨：利用需要的磁场，反推和表达式。中略。

二极场

其中，称为中平面倾斜角定义为

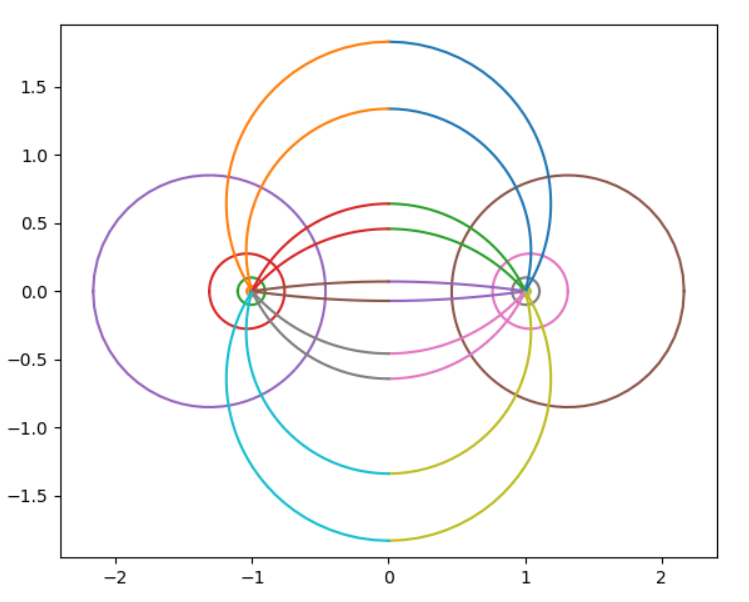
产生二极场

以及螺线管场

四极场

四极场梯度

**双极点坐标系&圆环坐标系**

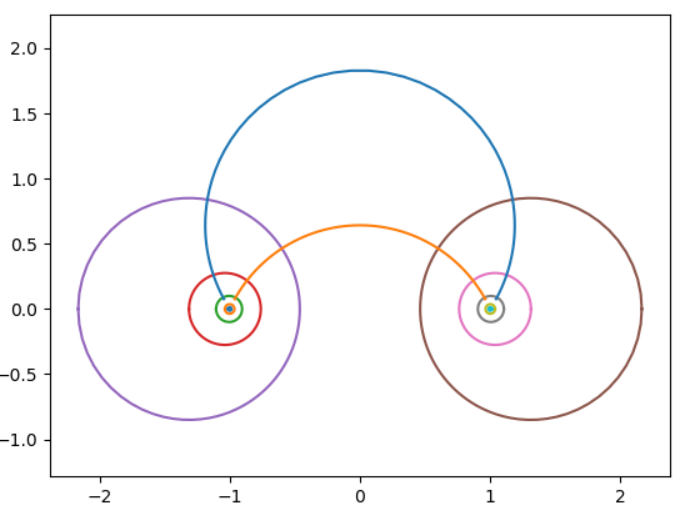


**双极坐标系**(ξ,η)[[1]](#footnote-1)。首先确定极点(可见图中两个红点)，它在直角坐标系中为(±a,0)，有(ξ,η)->(x,y)换算关系，如下

几何关系不是很清晰，这里就我的观察简记如下(认真读下去一等能看懂，尤其是第一段，在后面的弯曲CCT中会用到)。

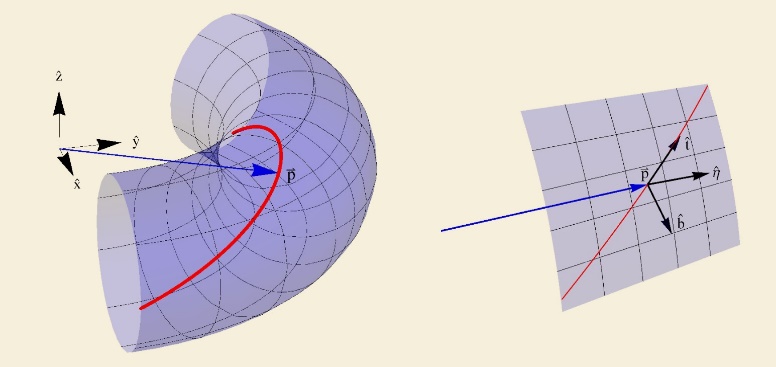
固定η，ξ从0->2pi，将画出一个圆，圆心在x轴上，且包含一个极点(极点不是圆心)。当η>0时，圆位于y轴右侧，η值越小，圆半径越大(注意圆心并不是极点，而且也不固定)，ξ从0->2pi变化时，具体来说，它从图中蓝点出发，沿箭头运动，并最终画出一个整圆(注意，画圆的速度不是恒定的，也就是说ξ从0->pi/2，并不是画出1/4圆)。当η<0时，情况和η>0时正好关于y轴对称。η=0，很明显，它就是一个在y轴上运动的点了，而η->∞，则圆逐渐缩小，收缩到一个极点。

固定ξ，η从-pi>pi，会从一个极点出发，到另一个极点画出一段圆弧，弧心在y轴上。当ξ>0时，圆弧在x轴上方，它从图中左侧红点出发，沿着红色箭头方向，运动到右侧的红点，ξ约大，则圆心角越小(如下图，蓝线ξ=1，橘线ξ=2)，看来ξ->无穷，就变成极点间的线段了。至于ξ<0时，情况正好和x轴对称。至于η在±pi以外的运动，我不太清楚发生了什么。



圆环坐标系。首先把双极点坐标系中的y轴换成z轴[[2]](#footnote-2)，以y轴为旋转轴，右手大拇指指向y轴正方向，四指弯曲握拳，此时四指旋转方向定位φ方向，至此定义了圆环坐标系(ξ,η,φ)。

这时，固定η，且η>0，则ξ从0->2n·pi，就是一个不断转圈的圆。若ξ增大时，φ也变化，此时即在弯曲CCT线圈路径上运动。在圆环坐标系中，参数化运动方程为



原本的直线CCT，确定位置上的一点，现在是。在点建立局部坐标(**t**

,**η**,**φ**)，其中**t**为线圈切向，**η**垂直于点所在曲面，方向向外，而**b**点是为了满足右手系而找的矢量。这样(**t**,**η**,**φ**)构成右手系。

的周期性。回顾直线CCT，周期性为，因此理所当然弯曲CCT的周期性条件是

似乎是每转一圈，方向就转过 。至于线圈间距，不再是一个常量，最小值为

注意为双极坐标系中极点；为倾斜角，定义如下

**考虑磁场，确定**

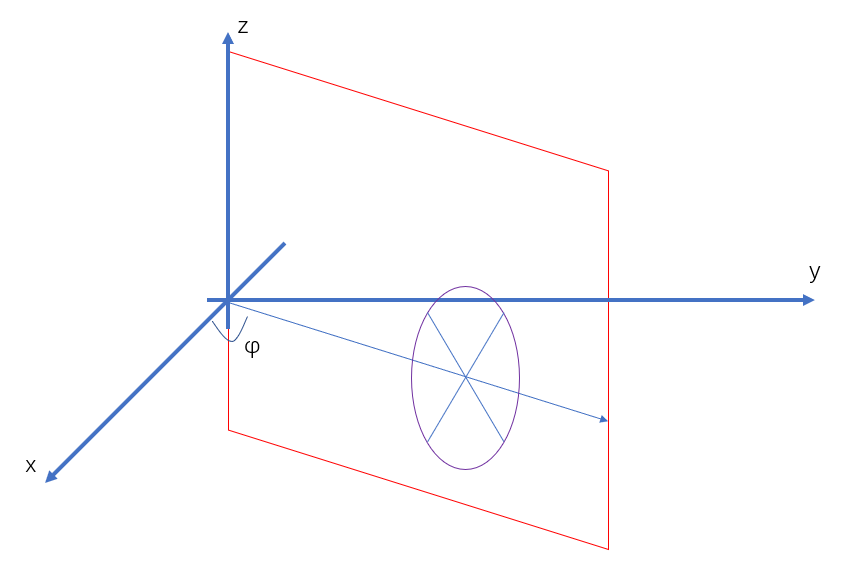
得到如下运动方程。

其中n=1，为二极场；n=2，为四极场。具体表达式为

补充，弯曲CCT的半径，R = a·coth(η0)

(ξ,η,φ)->(x,y,z)坐标变换

可见原点为弯曲CCT的半径。(注意区分线圈半径和CCT半径[[3]](#footnote-3))



1. ξ /ksi/, η /eta/ [↑](#footnote-ref-1)
2. 为什么要换？好问题。一开始用(x,y)是因为双极点坐标系是平面坐标系，所以用x/y，以免令人困惑。之后转换为圆环坐标系后，为了和直线CCT的坐标保持一致，所以y轴换为z轴，仅仅是为了描述方便而已。新y轴怎么确定，右手系确定之。 [↑](#footnote-ref-2)
3. 线圈半径，即绕制时，所缠绕的圆柱的半径。弯曲CCT的半径，即弯曲的圆柱的曲率半径，也是理想粒子通过时的偏转半径。 [↑](#footnote-ref-3)