

Orbit的基础结构

R.B. White, Jan 2007

导心代码Orbit, 使用在环形密闭等离子体理论中得到的导向中心方程, 帝国学院出版社2001, 已经改进, 不再局限于布泽尔坐标. 它可以使用equal arc, PEST或任何其他直线场坐标 ψ_p , θ , ζ , 它们与平行速度和能量一起完全指定粒子位置和速度. 导心方程仅取决于B场的大小, 而不取决于组件. 该代码使用四阶Runge Cutta集成例程. 它分为主程序Orbit.F, 它本质上是一个注释很多的名录和一组用于选择运行类型, 诊断, 数据存储和输出的开关. 子程序包含在initial.f, deposit.f, collisions.f, perturb.f, step.f, record.f和orbplot.f中. 输出数据存储为orbit.out, 并绘制文件file.plt的所有文件. Makefile将接受编译器pgf90, pathf90和lf95, 会删除所有这些文件, 这样就不存在前一次运行的误导性数据. 因此, 如果您希望保留输出, 则必须在运行后重命名或存储输出. 文件orbit.out包含粒子数据, 包括速度, 质量, 电荷, 陀螺仪频率, 陀螺仪半径, 所有平衡数据和所有运行参数, 包括运行中止的原因.

- 读取平衡文件
- 加载粒子, 如果需要的话添加扰动和波纹
- 高级粒子和收集数据
- 输出数据

从 /u/ftp/pub/white/Orbit 目录下可以得到文件的备份.
要提交作业修改脚本批处理, 修改Orbit.F以选择所需的运行.
输入 'make', 然后输入 'qsub -q sque'进行批处理.

I. 平衡

均衡是使用mex2eqs创建的, 由Alex Pletzer编写并由Doug Mccune维护. Mex2eqs读取TRANSP或EFIT数据, 并生成文件map01.cdf, 由eqs.f读取. 程序eqs.f读取map01.cdf并生成Orbit所需的样条数据. 它也可以在没有map01.cdf的情况下产生解析的Shafranov漂移托卡马克平衡. 平衡数据不包括场波纹. 如果需要波纹, 则必须使用eqs.f中提供的分析表达式拟合. 包括在等弧坐标map01ea.cdf和布泽尔坐标map01bz.cdf中的NSTX平衡文件, 以及由eqs.f, spdata.ea和spdata.bz生成的样条数据.

II. 主程序, ORBIT.F

主程序允许选择运行的类型和长度, 粒子分布, 场扰动和散射算子. 通过设置主要的开关来进行选择. 有四种类型的可用运行, 由 `bf nplot` 选择, 但如果需要其他诊断, 最好的方法是启动 `nplot` 的新值, `nplot = 6`, 并添加开关以选择 `dep6` 来存放粒子, `rcrd6` 收集你想要的数
据, 并 `plot6` 生成绘图文件.

`nplot = 1` 但例子轨道,
`nplot = 2` 局部扩散和损失数据,
`nplot = 3` 场的庞加莱图,
`nplot = 4` 模导致的分布变化,
`nplot = 5` 自举电流,

粒子参数

`npri = 1000` : 粒子数
`zpri = 1.D0` : 质子带电量 `prot = 1.D0` : 质子质量
`ekev = 20.D0` : 能量 (KeV)
`iseed = 0` : 随机数种子.
 用于分布和散射运算符.
`ntor = 6` : 模拟运行时间, 在轴上环形输运
`bkg = 3.557` : 场强 (kGs) - 场可以缩放
`npert = 1` : 扰动选项. 0 代表没有扰动
`pamp = 1` : 势能幅度 (Kev) , `npert = 0` 代表不使用.
`ndist = 4` : 1=shell distrib, 2=sampleddep, 从 TRANSP 数据读取.
 3=poincare, 4=alphas
`polo = .5*pw` ! `nplot = 1, 2` 时, 为初始通量面, `pw` = 最后的通量面.
`p1 = .6*pw` ! Poincare 最小表面
`p2 = .95*pw` ! Poincare 最大表面
`pchi = .6D0` ! 单粒子初始俯仰角

`dele = 5.D-8` : 每个时间步长的能量消耗. 任何代码修改或扰动的包含都应当被检查能量是否守恒. 调整时间步长以保持能量损耗 dE / E 小于 `dele`. 请注意, 所有粒子都有自己的时钟, 它们不是同时存在的. 如果需要时间同步, 则必须使用 `dele > 1` 强制所有时间步长为 `dt0`, 在 `initial.f` 中设置. 每个环形传输时间的默认值为 200 步, 除非插入具有大 `n` 值的扰动, 否则这是足够的. 应该检查运行参数为 `dele = 5e-8` 的单个粒子以查看什么时间步长给出可接受的能量损耗, 然后相应地设置 `dt0`. 如果使用时间依赖性扰动, 则不再保留能量, 因此需要大于 1 的 `dele`. 应使用零频率控制节能.

`if(nplot.eq.4) dele = 5, dele 大于 1 给出固定时间步长, 这是瞬时分布判定所需的.`

碰撞

$ncol = 0$! 没有碰撞. $ncol=1$, 只有能量依赖 (energy dependency only)
 $ncol = 2$ 全轮廓法
 $col = 1.D0/(50*tran)$: 俯仰角散射频率
 $drag = 0.D0/(200*tran)$: 减速频率
 对于 $ncol = 2$ 参照 collisions.f 里的scatr 和 函数 denb, deni, tempi, tempe
 $massb = 2$! 背景等离子体质量 (mass)
 $chgb = 1$! 背景等离子体电荷
 $imp = 0$! $imp=1$ 杂质种类, 0=没有杂质
 $massi = 5$! 杂质质量
 $chgi = 5$! 杂质电荷
 $eion = 1.1$! ion energy in kev for plots

A. 单例子轨道, $nplot=1$

设置 $nplot = 1$ 会自动将运行限制为包含单个粒子, 使用 $pitch = pchi$ 在曲面polo上启动, 并调用诊断程序rcrd1. 数据以 $dt1$ 的时间间隔记录, 在initial.f中设置, 默认值为 $.01 * tran$, $nplot = 1$. 记录的数据是时间, 能量变化, 时间步长, $\psi_p, \zeta, \theta, \lambda, B, q$. 这可以很容易地增加或改变. 请参阅record.f中的rcrd1. 在运行结束时, 此数据将写入文件traj1.plt和traj2.plt以进行后处理.

B. 局部扩散和例子损失, $nplot=2$

对于 $nplot = 2$, 单能粒子最初均匀地分布在单个通量表面上. 例程rcrd2执行从该表面到时间的均方位移的运行总和, 平均螺距分布和平均能量变化. 这些可以很容易地改变或扩充. 数据以 $nskip$ 步长的间隔记录, 在set1, initial.f中设置, 默认情况下在运行过程中产生200个绘图点. 在运行结束时, orbplot.f中的例程plot2写入绘图数据集diffusion.plt. 丢失的粒子数据存储于lost.plt中, 因此可以绘制丢失粒子的分布.

C. 庞加莱图, $nplot=3$

对于庞加莱图, 粒子会自动设置为具有非常低的能量并且 $ptch=1$, 因此它们只需跟随场线. 它们具有 psi_p 在 $p1$ 和 $p2$ 之间均匀地分布, $p1$ 和 $p2$ 在main中设置. 每当粒子穿过 $\zeta = 0$ 时, 数据就会在record.f中的rcrd3中收集. 在运行结束时, 绘图数据由文件poincare.plt中orbplot.f中的plot3写入

D. 通过扰动修改分布, nplot=4

要探究TAE模式等模式对粒子分布的影响, 可以通过在存在模式的情况下运行初始分布一段时间来生成优秀的统计数据, 然后在每次运行的剩余时间收集分布数据. 这产生了修改的分布函数的时间平均数据. 默认情况下, 在运行时的最后一部分收集数据, 请参阅orbit.F中对rcrd4的调用.

E. 局部自举电流, nplot=5

这是局部自举电流的 δf 计算. 见本书第8章. 电流归一化为圆形平衡中小碰撞频率的理论值.

III. 设置, INITIAL.F

这些例程计算运行的初始常量等. 通常这里不需要改变

IV. 加载粒子, DEPOSIT.F

使用ndist选择, deposit.f中可用的分布是均匀分布在一个通量表面上的单能分布, 由shelldep给出, 均匀分布在两个边界表面p1和p2之间的分布, 由poindep给出, 从TRANSP直接读取粒子分布的可能性, sampledep给出, 和单能 α 粒子分布, 可选择径向轮廓.

可以使用简单的蒙特卡罗程序构造空间, 能量或间距的任何分布.

简单给出粒子分布的粒子 以 $dn/d\psi = f(\psi)$ 为形式构建 ψ , 只要使用

$$\frac{dn}{d\psi} = \frac{dn}{dx} \frac{dx}{d\psi} = f(\psi) \quad (1)$$

选择 $x = \text{ranx}()$ 给出粒子的 x 均匀分布, 即 $dn/dx = \text{constant}$. 积分得到 $x = \int f(\psi) d\psi$. 反转这个得到 $\psi(x)$, 必要时使用数值形式. 然后, 该程序将放置具有所需分布的颗粒. 选择积分常数以调节放置的范围.

```
do 10 k = 1,nprt
5      continue
      x = ranx()
      ptry = psi(x)
      prob = f(ptry) ! must be normalized to be less than one
      dum = ranx()
      if(prob.lt.dum) go to 5
```

```

    psi(k) = ptry
10    continue

```

类似地, 可以构造分布, 其是所有变量, 包括能量, 螺距和位置的函数. 由于生成仅在运行开始之前进行一次, 因此代价并不高.

在函数中, 有一个函数maxwell(tdum), 它从Kewell中的'温度'tdum的麦克斯韦分布中产生一个随机能量值. 因此, 通过en(k)= maxwell(tdum)的常规设定粒子能量将给出麦克斯韦分布的能量. 注意, 如果使用能量分布, 则时间步长必须适应最快的粒子.

V. 扰动, PERTURB.F

对于ORBIT, 扰动必须是 $\delta B = \nabla \times \alpha(\psi, \theta, \zeta) B$ 的形式, 通常使用 $\alpha = \sin(n\zeta - m\theta - \omega t)$ 形式的谐波. 这种形式恰好产生垂直于平衡通量表面的分量, 负责磁岛, 并且自动分散. 它是所有低beta MHD扰动的良好代表. 在perturb.f中, 每个时间步都会调用一个程序来将场扰动添加到场中, 以及构造MHD或电阻型的分析扰动的方法. 请参阅perturb.f中的spln. 程序readptrb将从外部数据集ptrb.dat读取扰动幅度. 数据集ptrb.dat提供了样本2次谐波TAE模.

VI. 碰撞, COLLISIONS.F

```

ncol = 1 给出了一个简单的俯仰角散射算子
col = 1.D0/(50*tran)
将碰撞频率设为传输时间的1/50. 减速以同样的方式给出.
drag = 1.D0/(200*tran)
ncol = 2, 使用Rosenbluth psi函数给出了更精细的碰撞算子, 必须提供密度和温度曲线.
这些程序都在collisions.f中.

```

VII. 诊断, RECORD.F

```

rcrd0 - 记录初始粒子数据
rcrd1 - 以dt1的间隔记录单个粒子数据
rcrd2 - 记录通量表面的均方位移
      作为平均俯仰角和能量变化
rcrd3 - 在  $\zeta = 0$  时记录数据, 为了庞加莱图
rcrd4 - 执行分布的时间平均,
      在运行后期的指定时间开始
rcrd5 - 自举电流数据 可以轻松修改这些程序. 要添加新诊断, 只需复制其中一个, 称之

```

为rcrd6, 进行必要的修改, 并以相同的方式引入nplot = 6.

VIII. 输出, ORBPLOT.F

plot1 - 单粒子数据, 时间间隔为dt1, 写在traj1.plt 和traj2.plt里
plot2 - 写入磁通表面的均方位移以及扩散中的平均间距和能量变化
plot3 - 生成 poincare.plt, 庞加莱数据
plot4 - 生成分布的时间平均值, 从distave.plt中的指定时间开始写入运行.
plot5 - 自举电流和时间, boot.plt.

可以轻松修改这些程序. 要添加新诊断, 只需复制其中一个, 称之为plot6, 然后引入nplot = 6.

IX. 使用SUPERMONGO进行后处理

超级蒙戈是罗伯特·卢普顿在普林斯顿大学写的. 它是一个简单的绘图程序, 可生成postscript文件, 并以Pascal编写. 有一些程序的副本可以处理由Orbit生成的所有file.plt输出文件和代码. 那些迷恋IDL的人可以读取相同的输出文件并使用IDL来获取图.

Super Mongo的一个优点是它支持Latex, 因此很容易生成用于发布的图. 所有的supermongo文件都是file.p. 在unix设备上的PPPL支持Super Mongo. 只需键入sm, 然后输入一个类型**input file.p**, 即可显示该图. 一行开头的英镑符号使该行无效. 因此第一行

```
device postencap :SY@: :OF@: new.ps
```

将输出转换为postscript文件new.ps, 但如果前面有一个井号, 则输出只会进入屏幕进行检查. 正常的程序是绘图直到满意, 然后使第一行生效, 并根据需要重命名new.ps. turns the output into the postscript file new.ps, but if preceded by a pound sign the output only goes to the screen for checking. The normal procedure is to play with the plot until it is acceptable, then make this first line operative, and rename new.ps as desired.

提供的super mongo文件为

diff.p	< $d\psi_p^2$ >的扩散和时间的关系
dist.p	空间中的初始, 最终或平均粒子分布
lost.p	粒子损失和时间的关系
harmonics.p	扰动的谐波
poin.p	庞加莱图
trajxz.p	极向截面中的粒子轨迹数据
trajtop.p	粒子轨迹数据顶视图
trajt.p	例子轨道数据和时间的关系

distave.p	均匀分布
equilibrium.p	平衡形态
profiles.p	平衡剖面
histogram.p	二进制粒子的分布, 包含 ψ_p, θ , 等
scatr.p	高级碰撞算子的剖面
boot.p	自举电流

这些文件可以轻松修改来画其他特性.