

活塞环组-缸套摩擦学系统仿真计算服务说明书

1.服务介绍

本仿真计算服务（简称：服务，下同）属于单次计算服务。能够对活塞环组与缸套组成的摩擦学系统提供运行工况下的摩擦学行为仿真，可用于高、中、低速发动机。

根据服务消费方输入的计算参数，输出在该计算条件下活塞环组-缸套系统的摩擦学特征参数，比如，摩擦副之间的最小油膜厚度，摩擦力，功率损失等。

服务能通过输入不同计算参数考察单一或者多个因素，如，缸压、活塞环型线、活塞环桶高、活塞环与缸套表面粗糙度等参数对该系统摩擦学特征的影响。服务支持活塞环组-缸套系统的低摩擦设计和优化。

服务适用于二/四冲程发动机，总环数可以提供从二至五 4 种不同情况中选择，适用性很强。

2.服务流程

服务消费方可以按照图 1 所示的流程启动一次在线服务：

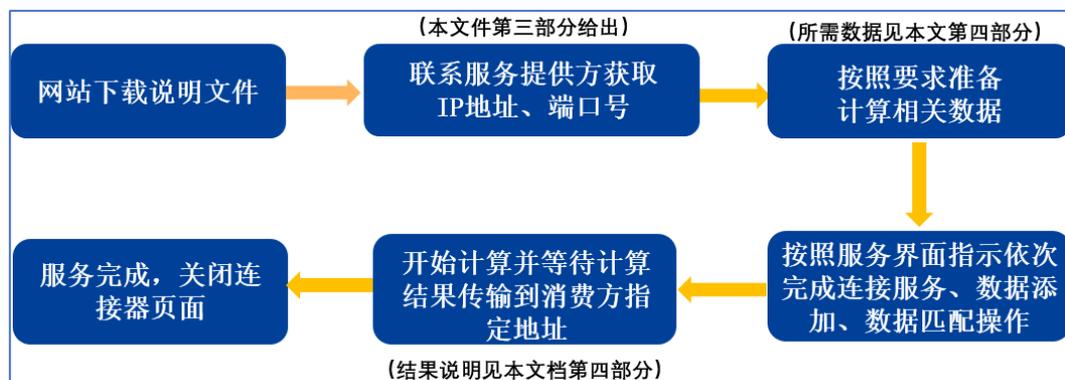


图 1 服务流程图

3. 获取 IP 地址、端口号以连接服务的联系方式

电话：15821915515
邮箱：zhanliu@sjtu.edu.cn

4.服务所需数据输入和结果输出说明

发动机活塞环组-缸套摩擦学系统是一个十分复杂的系统，仿真计算需要输入大量种类繁多的数据。服务消费方在启动服务之前，需要仔细阅读和完全理解本《说明文件》所做的规定，初次消费此服务时最好能先试行操作若干次并确认输入无误。本《说明文件》给出数据文件模板和数据说明文件模板供服务消费方用以建立自己的输入文件。采用模板时，数据文件模板中显示的数据缺省值是供各种不同机型采用，服务消费方输入数据时，只要用本次计算的对象机型的数据取代数据文件模板中对应的缺省值，而对其他缺省值则不必更改，处理后的数据文件模板即可作为输入文件使用；数据说明文件模板可以不加变化直接使用。

注意模板中文件的命名规则：数据文件的对应数据说明文件名仅在数据文件名后面加“-name”字样。

“数据输入”是将对象机型的数据在正确的位置写入正确的文件，“数据匹配”是在屏幕显示的服务界面上核对写入数据是否正确无误。

4.1 所需输入数据

服务消费方需要按照下述规定提供相关的计算参数及对应的数据说明。

注意：（1）由于所需准备的数据量比较大，服务消费方需要把数据按照下述规定区分类别写入不同的数据文件，以便后续数据匹配工作顺利开展。（2）建议使用给出的模板，数据说明文件模板可以直接使用，不必做任何改动，数据文件模板中的数据缺省值更新为对象机型对应的参数值。如果服务消费方要改变文件名，数据文件和数据说明文件的文件名要采用规定的命名模式，命名模式可以参考以下各节中的图。（3）下文中，黑色边框图片为数据文件，红色边框图片为数据说明文件模板。

4.1.1 冲程数和活塞环数

服务适用于二冲程或四冲程发动机，二至五道环组成的活塞环组缸套系统。服务消费方要根据对象机型建立数据文件和对应的数据说明文件。图2左侧为冲程数据文件模板，右侧为对应的数据说明文件模板。图3左侧为活塞环数数据文件模板，右侧为对应的数据说明文件模板。

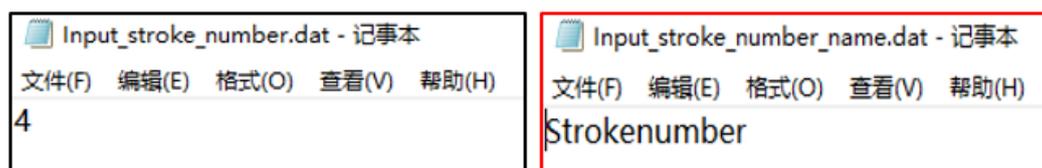


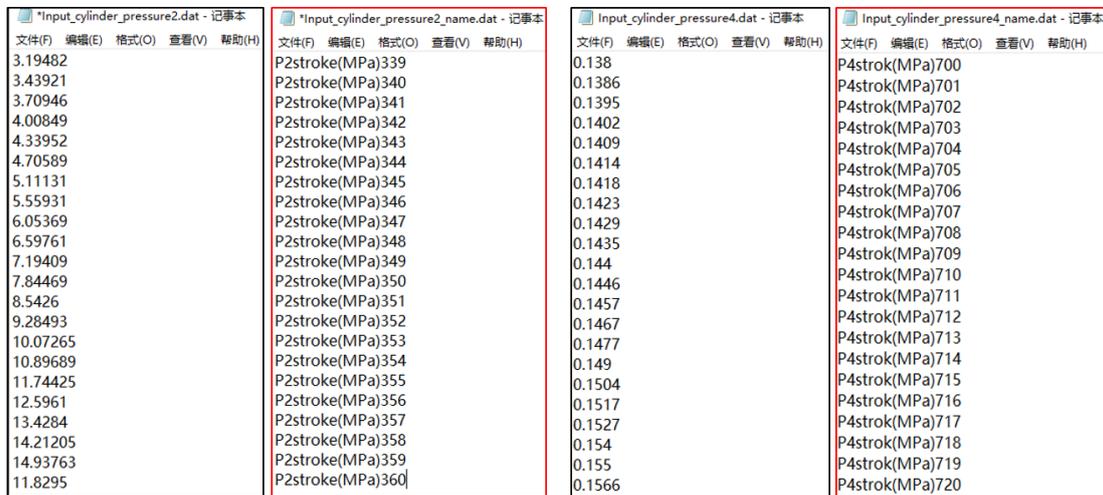
图2 发动机冲程数数据文件及数据说明文件模板



图 3 活塞环个数数据文件及数据说明文件模板

4.1.2 缸压数据

服务消费方要根据对象机型的冲程数，按照规定填写缸压数据。缸压数据的起始点是上止点位置，单位 MPa。二冲程机型要求缸压数据为 361 个，四冲程机型要求缸压数据为 721 个。图 4(a)左侧为二冲程缸压数据文件模板，右侧为与数据文件模板对应的数据说明文件模板。图 4(b) 为四冲程缸压数据文件模板和对应的数据说明文件模板。



a 二冲程

b 四冲程

图 4 缸压数据文件及数据说明文件模板

4.1.3 发动机参数

表 1 给出服务消费方要准备的发动机参数。服务消费方要如图 5 所示把数据和数据说明写入文件模板中。图 6 给出了活塞和缸套的几何参数示意图。

表 1 发动机参数表

名称	单位	推荐值
发动机转速	rpm	
曲柄半径	mm	
连杆长度	mm	
缸径	mm	
上止点缸套温度	°C	
下止点缸套温度	°C	
活塞头直径	mm	

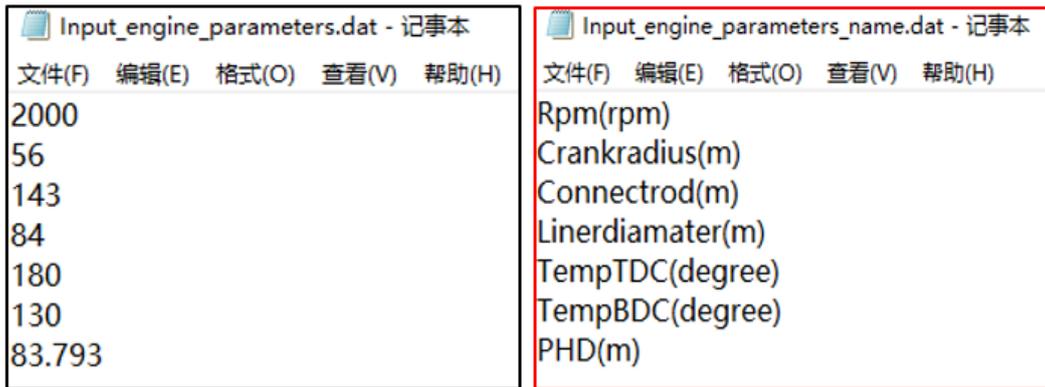


图 5 发动参数数据文件及数据说明文件模板

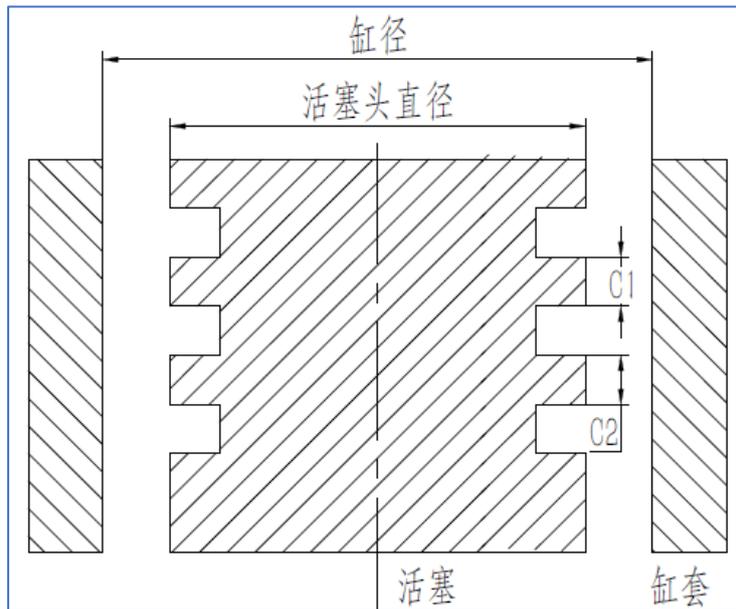


图 6 活塞和缸套几何参数示意图

4.1.3 润滑油编号

参考表 2，服务消费方要根据所用润滑油牌号确定其对应的编号并如图 7 所示写入数据文件模板中。

表 2 不同牌号润滑油所对应编号

润滑油牌号	编号	润滑油牌号	编号
0W20	1	10W30	9
0W30	2	10W40	10
0W40	3	10W50	11
5W20	4	20W10	12
5W30	5	20W20	13
5W40	6	20W30	14
10W10	7	20W40	15
10W20	8		



图 7 润滑油编号数据文件及数据说明文件模板

4.1.4 活塞环和缸套材料及表面参数

服务要求服务消费方在填写活塞环材料及表面参数的数据时，按照对象机型的环序，以对象机型的数据更改数据文件模板中的缺省值，并保留其余的缺省值不变。表 3 和表 4 分别给出了活塞环和缸套的弹性模量和泊松比。图 8 和图 9 分别给出了活塞环和缸套的弹性模量和泊松比数据文件模板及对应的数据说明文件模板。表 5 给出了活塞环和缸套的表面粗糙度。图 10 给出了活塞环和缸套的表面粗糙度数据文件模板及对应的数据说明文件模板。

表 3 活塞环和缸套弹性模量

名称	单位	推荐值
一环弹性模量	GPa	
二环弹性模量	GPa	
三环弹性模量	GPa	
四环弹性模量	GPa	
五环弹性模量	GPa	
缸套弹性模量	GPa	

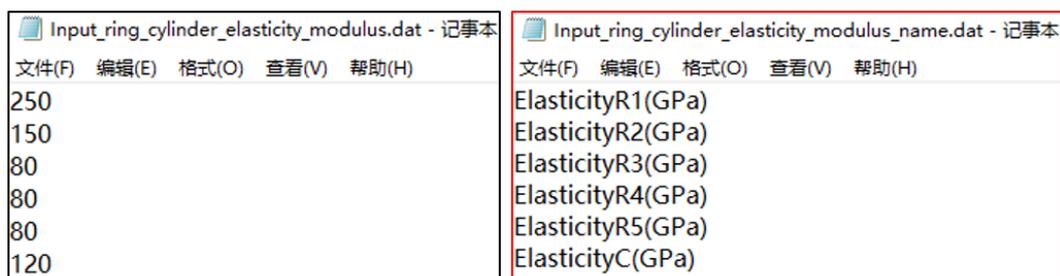


图 8 活塞环和缸套弹性模量数据文件及数据说明文件模板

表 4 活塞环和缸套泊松比

名称	单位	推荐值
一环泊松比		
二环泊松比		
三环泊松比		
四环泊松比		
五环泊松比		
缸套泊松比		



图 9 活塞环和缸套泊松比数据文件及数据说明文件模板

表 5 活塞环和缸套表面粗糙度

名称	单位	推荐值
一环粗糙度	μm	
二环粗糙度	μm	
三环粗糙度	μm	
四环粗糙度	μm	
五环粗糙度	μm	
缸套粗糙度	μm	

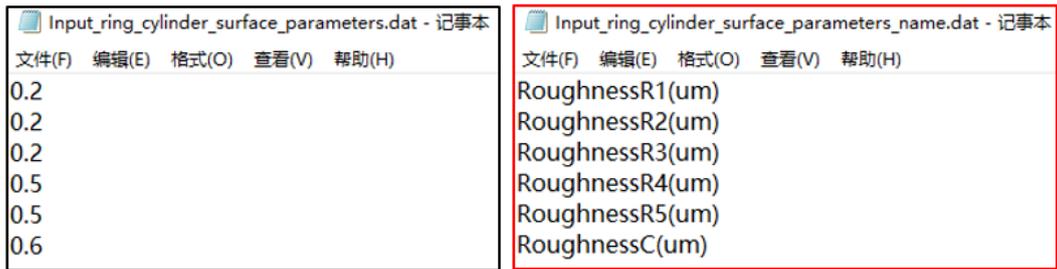


图 10 活塞环和缸套表面粗糙度数据文件及数据说明文件模板

4.1.5 活塞环几何参数

服务要求服务消费方在填写活塞环几何参数的数据文件模板时，都按照对象机型的环序，以实际机型的数据更改数据文件模板中的缺省值，并保留其余的缺省值不变。图 11 给出了活塞环几何参数示意图。表 6 和表 7 分别给出了活塞环轴向和径向宽度参数列表。图 12 和图 13 分别给出了活塞环轴向和径向宽度数据文件模板及对应的数据说明文件模板。表 8 给出了活塞环闭口间隙参数列表。图 14 给出了活塞环闭口间隙数据文件模板及对应的数据说明文件模板。

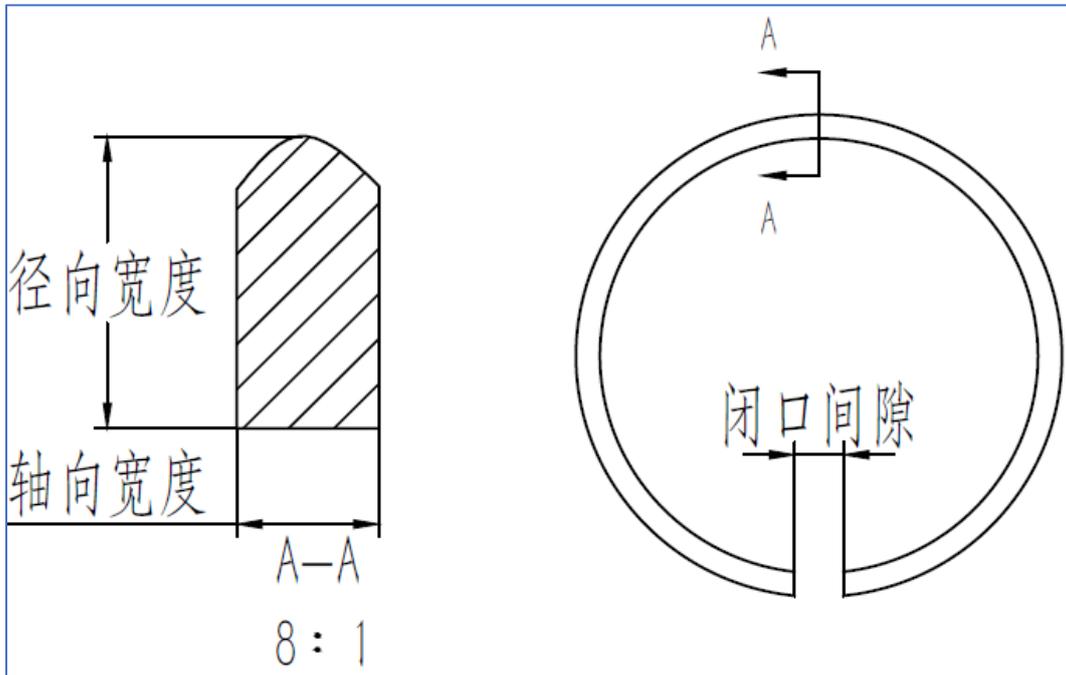


图 11 活塞环几何参数示意图

表 6 活塞环轴向参数

名称	单位	推荐值
一环轴向宽度	mm	
二环轴向宽度	mm	
三环轴向宽度	mm	
四环轴向宽度	mm	
五环轴向宽度	mm	



图 12 活塞环轴向宽度数据文件及数据说明文件模板

表 7 活塞环径向参数

名称	单位	推荐值
一环径向宽度	mm	
二环径向宽度	mm	
三环径向宽度	mm	
四环径向宽度	mm	
五环径向宽度	mm	



图 13 活塞环径向宽度数据文件及数据说明文件模板

表 8 活塞环闭口间隙

名称	单位	推荐值
一环闭口间隙	mm	
二环闭口间隙	mm	
三环闭口间隙	mm	
四环闭口间隙	mm	
五环闭口间隙	mm	



图 14 活塞环闭口间隙数据文件及数据说明文件模板

4.1.6 活塞环质量和切向弹力

要求服务消费方在填写活塞环的数据文件模板时，都按照对象机型的环序，以对象机型的数据更改数据文件模板中的缺省值，并保留其余的缺省值不变。表 9 和表 10 分别给出了活塞环质量和切向弹力参数列表。图 15 和图 16 分别给出了活塞环质量和切向弹力数据文件模板及对应的数据说明文件模板。

表 9 活塞环质量

名称	单位	推荐值
一环质量	kg	
二环质量	kg	
三环质量	kg	
四环质量	kg	
五环质量	kg	



图 15 活塞环质量数据文件及数据说明文件模板

表 10 活塞环切向弹力

名称	单位	推荐值
一环切向弹力	N	
二环切向弹力	N	
三环切向弹力	N	
四环切向弹力	N	
五环切向弹力	N	

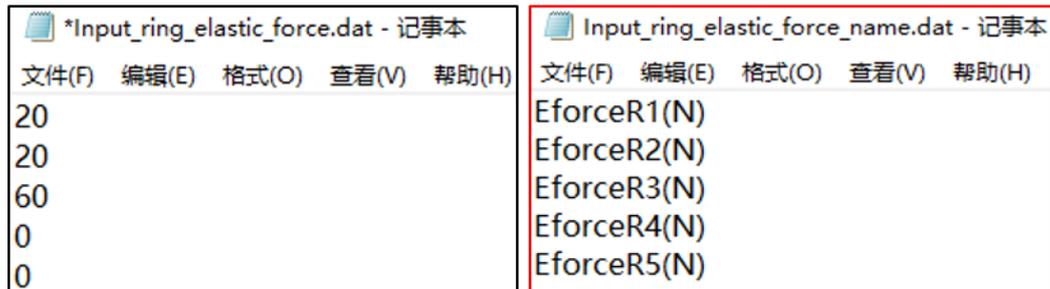


图 16 活塞环切向弹力数据文件及数据说明文件模板

4.1.7 活塞环环间距

图 6 给出了环间距的示意图。表 11 给出了相邻活塞环之间的环间距列表。图 17 给出了环间距数据文件模板及对应的数据说明文件模板。对象机型的数据与数据文件模板中的缺省值处理方法同前。

表 11 活塞环环间距

名称	单位	推荐值
一环与二环	mm	
二环与三环	mm	
三环与四环	mm	
四环与五环	mm	



图 17 环间距数据文件及数据说明文件模板

4.1.8 活塞环型线

关于活塞环型线，本服务给服务消费方提供了四种选择，四种型线及对应的编号如表 12 所示。服务消费方根据对象机型，选择每道活塞环的型线编号，并把对应的编号顺序写入文件中，如图 18 所示。对象机型的数据与数据文件模板中的缺省值处理方法同前。

表 12 型线表达方式编号及含义

编号	型线
1	抛物线函数描述的型线
2	鼻型型线
3	直线型线
4	测点数据描述的型线



图 18 活塞环型线编号数据文件及数据说明文件模板

下面给出每种型线格式的详细说明：

(1) 抛物线函数描述的型线

对于型线为抛物线函数，图 19 中的 B 为活塞环轴向宽度(单位:mm)， W 为活塞环径向宽度(单位:mm，参见图 11)。服务消费方需要给出活塞环桶高 C (单位:um) 以及偏心量 Os (单位:mm)。其中往左偏， Os 为负数，反之，为正数。表 13 和表 14 分别给出了桶高和偏心量的数据列表。图 20 和图 21，给出了 1 环至 5 环的桶高和偏心量数据文件及对应的数据说明文件模板。对象机型的数据与数据文件模板中的缺省值处理方法同前。

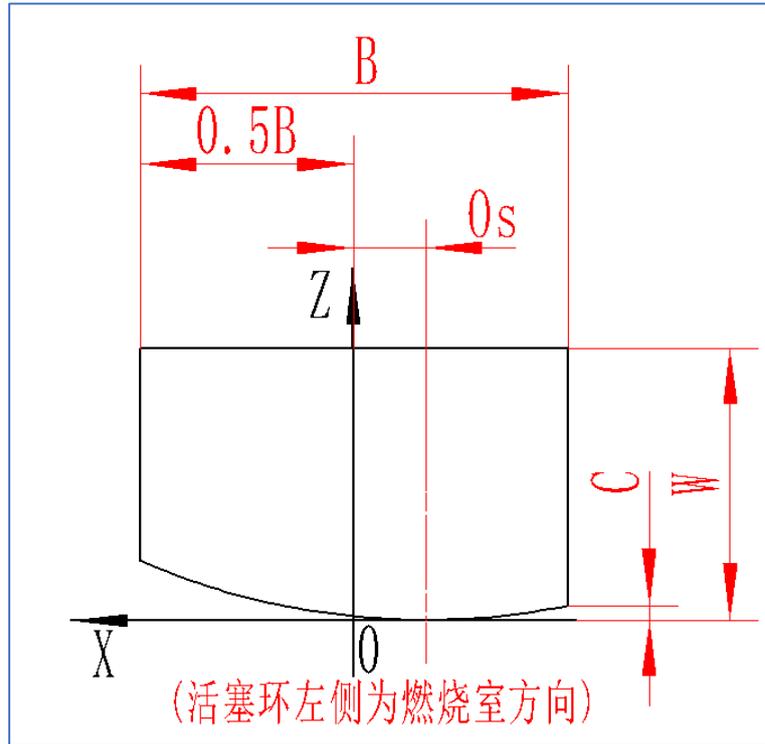


图 19 抛物线型线示意图

表 13 活塞环桶高

名称	单位	推荐值
一环桶高	μm	
二环桶高	μm	
三环桶高	μm	
四环桶高	μm	
五环桶高	μm	



图 20 活塞环桶高数据文件及数据说明文件模板

表 14 偏心率

名称	单位	推荐值
一环偏心率	mm	
二环偏心率	mm	
三环偏心率	mm	
四环偏心率	mm	
五环偏心率	mm	



图 21 偏心率数据文件及数据说明文件模板

(2)鼻型型线

对于鼻型型线，图 22 中的 B 为活塞环轴向宽度(单位:mm)， W 为活塞环径向宽度(单位:mm，参见图 11)。服务消费方要给出环左侧油楔高度 H_1 (单位:um)和宽度 B_1 (单位:mm)，右侧油楔高度 H_2 (单位:um)和宽度 B_2 (单位:mm)。表 15 和表 16 分别给出了油楔高度和油楔宽度的数据列表。图 23 为左右油楔高度数据文件及对应的数据说明文件模板。图 24 为左右油楔宽度数据文件及对应的数据说明文件模板。对象机型的数据与数据文件模板中的缺省值处理方法同前。

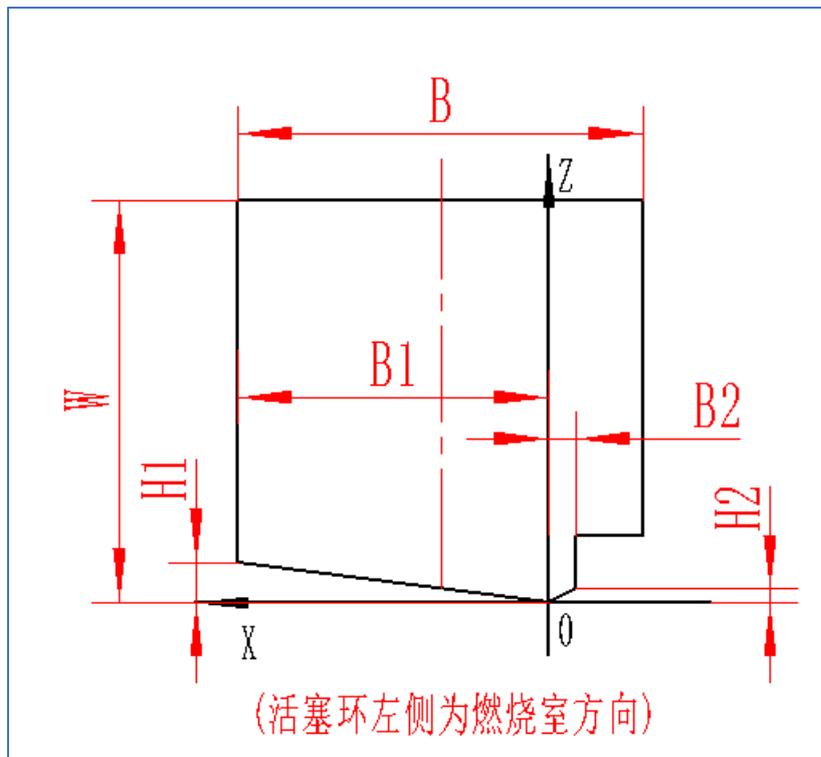


图 22 鼻型结构活塞环示意图

表 15 鼻型环油楔高度

名称	单位	推荐值
一环左侧高度	μm	
一环右侧高度	μm	
二环左侧高度	μm	
二环右侧高度	μm	
三环左侧高度	μm	
三环右侧高度	μm	
四环左侧高度	μm	
四环右侧高度	μm	
五环左侧高度	μm	
五环右侧高度	μm	

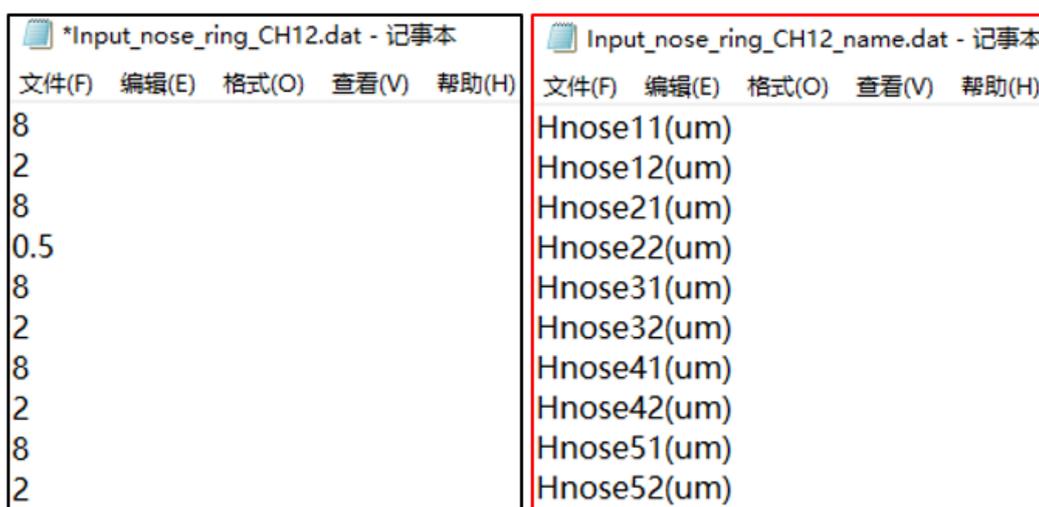


图 23 油楔高度数据文件及数据说明文件模板

表 16 鼻型环左右油楔宽度

名称	单位	推荐值
一环左侧宽度	mm	
一环右侧宽度	mm	
二环左侧宽度	mm	
二环右侧宽度	mm	
三环左侧宽度	mm	
三环右侧宽度	mm	
四环左侧宽度	mm	
四环右侧宽度	mm	
五环左侧宽度	mm	
五环右侧宽度	mm	



图 24 油楔宽度数据文件及数据说明文件模板

(3) 活塞环型线为水平直线

对象机型的数据与数据文件模板中的缺省值处理方法同前。

(4) 活塞环型线以测点数据描述

如果使用测量数据作为输入，数据单位为 μm ，数据量为 1001，以列的形式写入，如图 25 所示。同时要求型线数据从燃烧室方向的端面开始向下排列，如图 26。对象机型的数据与模板数据文件中的缺省值处理方法同前。

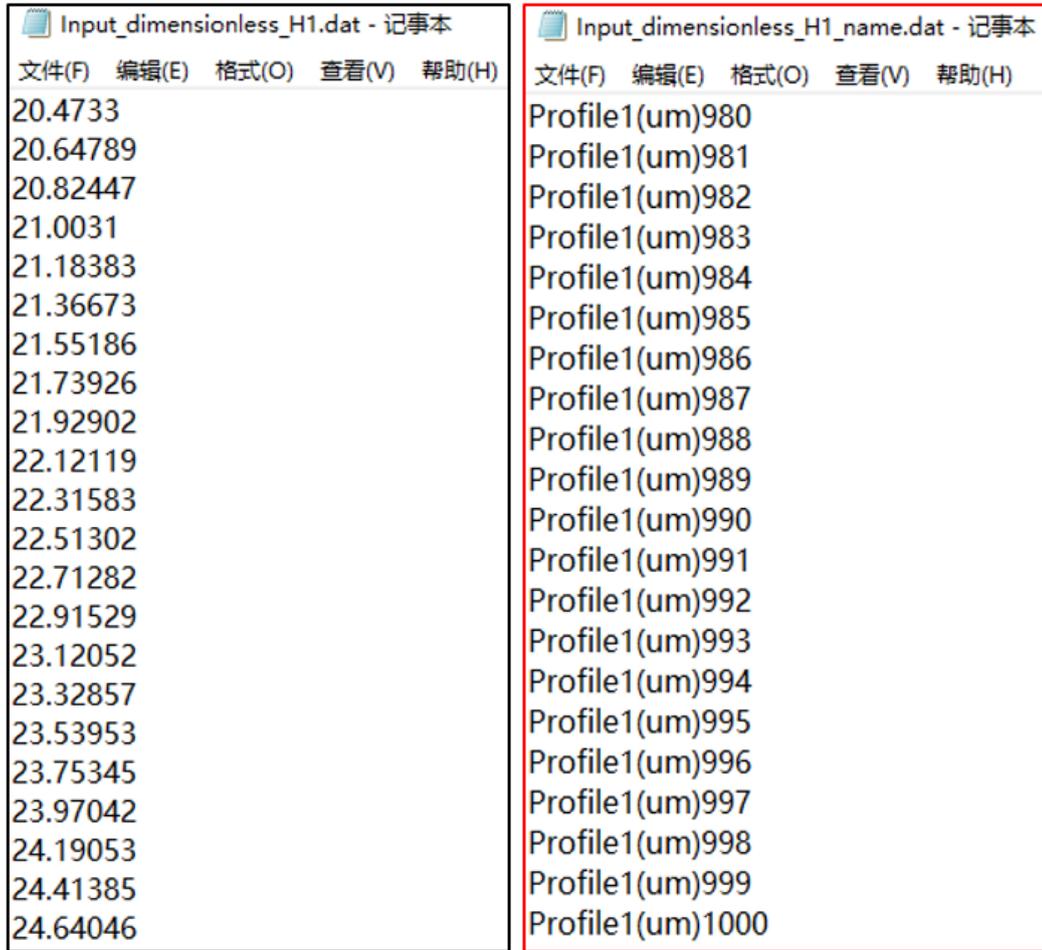


图 25 活塞环型线测点数据文件及数据说明文件模板

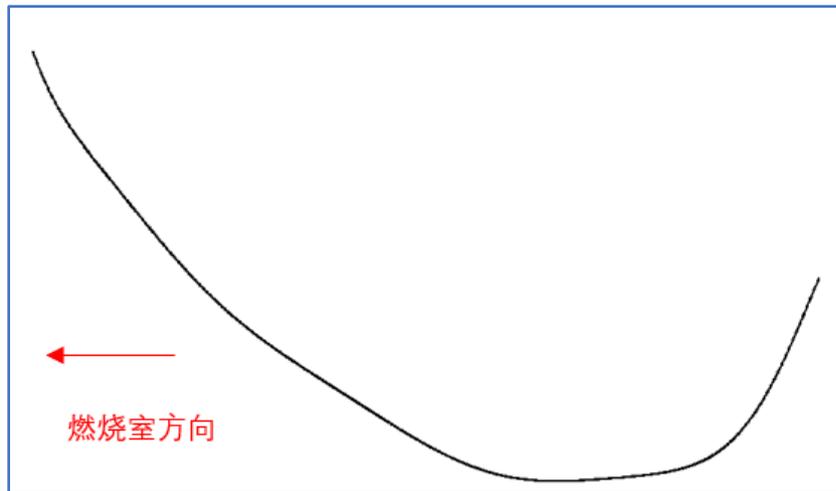


图 26 活塞环收敛楔朝向展示

4.1.9 环间和曲轴箱气体温度

表给 17 给出了活塞环环间和曲轴箱气体温度的列表。图 27 给出了环间和曲轴箱气体温度数据文件模板及对应的数据说明文件模板。对象机型的数据与数据文件模板中的缺省值处理方法同前。

表 17 环间和曲轴箱气体温度

名称	单位	推荐值
一环上端	摄氏度	
一环与二环之间	摄氏度	
二环与三环之间	摄氏度	
三环与四环之间	摄氏度	
四环与五环之间	摄氏度	
曲轴箱	摄氏度	



图 27 环间和曲轴箱气体温度数据文件及数据说明文件模板

4.2 计算结果输出说明

当一次服务完成后，计算结果会自动传输到服务消费方指定地址下的文件夹中。计算完成后，输出五个数据文件，如图 28 所示，从上至下依次代表一环至五环的计算结果汇总。服务消费方可根据对象机型的环序，查看计算结果，对象机型环数以外的计算结果没有意义。表 18 给出了文件中符号的含义。关于计算结果的分析，可以参考可下载的活塞环组-缸套系统摩擦学仿真分析案例。

如果因为输入的数据存在问题，或者在服务连接，数据匹配时出现错误，输入数据超出给定的范围，比如，活塞环个数大于 5、小于 2 或者为小数等错误，导致计算无法顺利开展，计算会立即终止。此时，传递到服务消费方指定的结果储存地址的是报错文件，如图 29(a)所示。服务会把相关错误的详细内容写入报错文件，如图 29(b)所示。服务消费方可以根据错误提示进行修正，重新输入和启动计算。

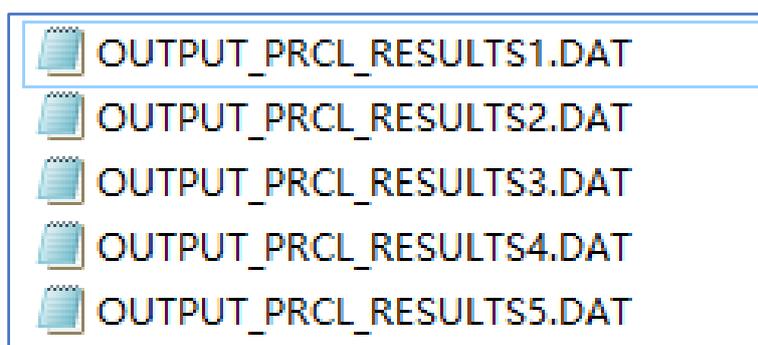
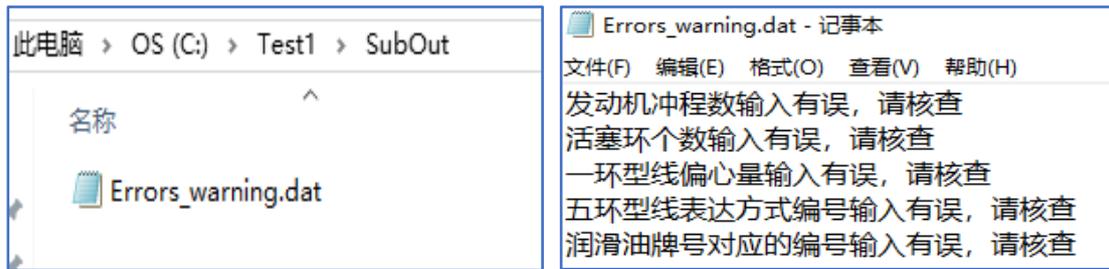


图 28 计算结果文件

表 18 计算结果包含内容汇总

符号	含义	单位
CA	曲轴转角	<i>angle</i>
U	活塞速度	<i>m/s</i>
H_{min}	最小油膜厚度	μm
F_{hyd}	流体承载	N
F_{asp}	微凸体接触承载力	N
$Load$	载荷	N
Fri_{hyd}	流体摩擦力	N
Fri_{asp}	微凸体接触摩擦力	N
$Frict$	总摩擦力	N
PL	功率损失	W
P	环间压力	MPa



(a) 报错文件

(b) 报错内容

图 29 报错文件及报错内容