

# 目 录

1 熟悉您的测控仪.....	3
1.1 测控仪面板.....	3
1.2 测控仪的基本操作.....	6
1.2.1 测功器控制回路的基本操作.....	6
1.2.2 油门控制回路的基本操作.....	10
1.2.3 打印、远程控制和扭矩置零.....	13
1.2.4 报警限设置操作.....	14
1.2.5 PID 参数设置操作.....	17
2 测功器回路的控制模式与特性.....	19
2.1 测功器恒位置控制.....	19
2.2 测功器恒转速控制.....	20
2.3 测功器恒扭矩控制.....	21
2.4 测功器推进特性控制.....	22
3 油门回路的控制模式与特性.....	23
3.1 油门恒位置控制.....	23
3.2 油门恒转速控制.....	24
3.3 油门恒扭矩控制.....	25
4 如何选择控制回路的控制模式.....	26
4.1 控制模式选择的一般原则.....	26
4.2 典型发动机试验控制模式的选择.....	27
4.2.1 柴油机外特性试验.....	27
4.2.2 柴油机调速特性试验.....	28
4.2.3 柴油机负荷特性试验.....	29
4.2.4 其它特性试验.....	32
4.3 试验方案设计示例.....	32
4.3.1 试验要求.....	32
4.3.2 调速特性试验.....	33
4.3.3 外特性试验.....	33

4.3.4 负荷特性试验.....	33
5 如何整定控制回路的参数.....	35
5.1 整定控制回路参数的一般方法.....	35
5.2 测功器控制回路的整定.....	36
5.3 油门控制回路的整定.....	38
6 报警与异常情况处理.....	39
6.1 越限报警事件的处理程序.....	39
6.2 出错信息与处置方法.....	40
7 测控仪的维护和修理.....	42
7.1 如何校验测控仪.....	42
7.1.1 校正状态与面板定义.....	42
7.1.2 转速测量通道的校正.....	43
7.1.3 扭矩测量通道的校正.....	44
7.1.4 油压测量通道的校正.....	48
7.1.5 油温水温测量通道的校正.....	49
7.1.6 气温测量通道的校正.....	50
7.1.7 排温测量通道的校正.....	51
7.1.8 测控仪测量通道的远程校正.....	52
7.2 如何检修测控仪.....	53
7.3 如何处理常见故障.....	

## 说明：

在开始使用本测控仪以前，务必请您仔细阅读操作手册，掌握使用的方法和要领，以免造成不必要的损失，并使设备能更好的为您服务。

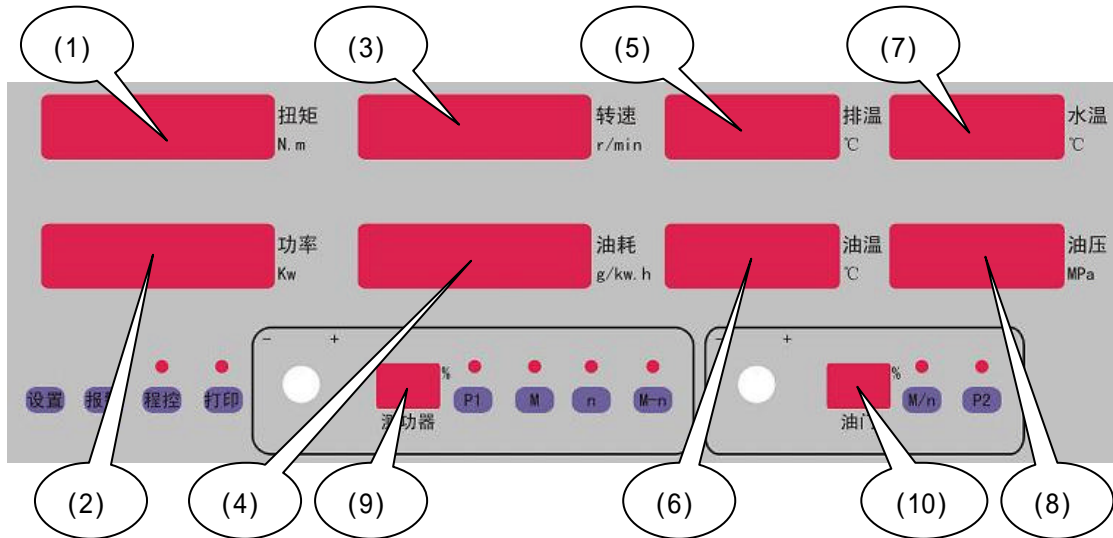
由于当今技术的飞速发展，本产品的技术规格如有适当变更将不提前通知，敬请谅解。

## 1 熟悉您的测控仪

### 1.1 测控仪的面板

#### 显示窗

测控仪面板布置如下，共设有 11 个 LED 显示窗，在设备运行时，显示测量参数和控制设定值。



#### 扭矩显示窗

显示扭矩测量值。设定状态下显示扭矩设定值，报警设定时显示扭矩报警值。

#### 功率显示窗

显示功率测量值。

#### 转速显示窗

显示转速测量值。设定状态时显示转速设定值，报警设定时显示转速报警值。

#### 比油耗显示窗

显示比油耗测量值。

#### 排气温度显示窗

显示排气温度测量值。

#### 机油温度显示窗

显示机油温度测量值。

#### 冷却水温度显示窗

显示冷却水温度测量值

#### 机油压力显示窗

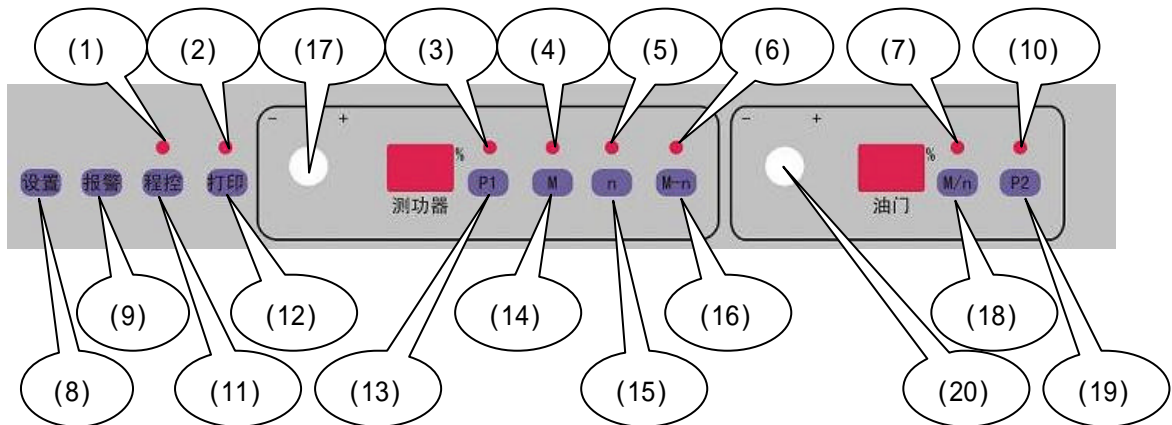
显示机油压力测量值。报警限设定时显示机油压力设定值。

**测功器位置显示窗**

显示测功器位置测量值百分数。对于水涡流测功器，对应水阀开度；对于电涡流测功器，则对应励磁电流大小。在设定状态，显示位置设定值。

**油门位置显示窗**

显示油门位置测量值的百分数。

**操作面板和状态指示灯****远程控制指示灯**

点亮时指示本机处于远程控制状态。此时通过本机面板操作的输入无效，测控仪从 RS485 ( 232 ) 串行接口接受控制指令。

**打印状态指示灯**

点亮时指示打印功能激活。测控仪逐行打印测试结果。

**测功器恒位置控制指示**

点亮时指示测功器控制回路处于恒位置控制模式。闪烁时表示处于位置设定状态。

**测功器恒扭矩控制指示**

点亮时指示测功器控制回路处于恒扭矩控制模式。闪烁时表示处于扭矩设定状态。

**测功器恒转速控制指示**

点亮时指示测功器控制回路处于恒转速控制模式。闪烁时表示处于转速设定状态。

暂无定义。

**油门恒转速 / 扭矩指示**

点亮时指示油门控制回路处于恒转速或恒扭矩控制模式。闪烁时表示处于设定状态。

**控制参数整定按钮**

按住使显示窗和操作面板处于 PID 参数设定状态。

**报警参数设定按钮**

按住使显示窗和操作面板处于报警值设定状态。

油门恒位置控制指示	点亮时表示油门控制回路处于恒位置控制模式。闪烁时表示处于油门位置设定状态。
本地/远程控制按钮	使测控仪在本地/远程控制方式间切换。
打印控制按钮	使测控仪逐行打印测量参数或退出打印状态。
测功器恒位置按钮	使测功器处于恒位置控制模式。
测功器恒扭矩按钮	使测功器处于恒扭矩控制模式。
测功器恒转速按钮	使测功器处于恒转速控制模式。
	暂无定义。
测功器回路设定旋钮	输入测功器控制回路的设定值等有关参数。顺时针转为增，逆时针转为减。
油门恒扭矩/转速按钮	使油门处于恒扭矩或恒转速控制状态。
油门恒位置按钮	使油门处于恒位置控制状态。
油门回路设定旋钮	输入油门控制回路的设定值等有关参数。顺时针转

## 电源开关和急停按钮

### 电源开关

按下后接通测控仪电源。

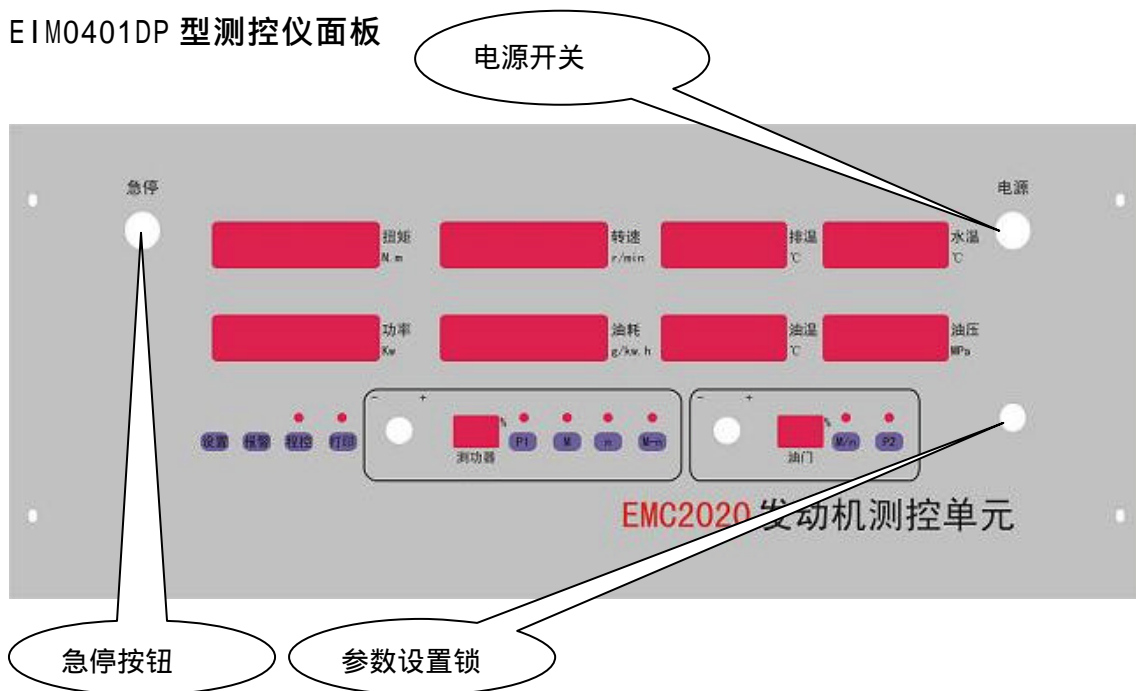
### 急停按钮

按下后执行发动机紧急停车程序。

### 参数设置锁

打开后方可设置 PID 及保存设置的参数。

## EIM0401DP 型测控仪面板




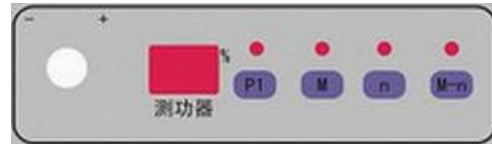
## 1.2 测控仪的基本操作

### 1.2.1 测功器控制回路的基本操作

#### 测功器恒位置控制

##### 如何切换到恒位置控制模式

按下  按钮，测功器恒位置指示灯亮，测功器控制回路切换到恒位置模式，同时自动取测功器位置测量值作为设定值。



##### 如何改变恒位置设定值

转动测功器设定旋钮，测功器恒位置指示灯闪烁，表明处于位置设定状态。此时测功器位置显示窗显示位置设定值。



旋转设定旋钮，位置显示窗显示的设定值按不同转向递增或递减。旋转速度越快，显示值变化得也越快。



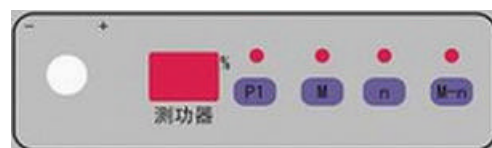
停止旋转设定旋钮，恒位置指示灯继续闪烁 2 秒钟。闪烁时位置显示窗继续显示位置设定值。



停止旋转设定旋钮 2 秒钟后，恒位置指示灯停止闪烁，此时位置显示窗恢复显示位置测量值（此时的测量值可能为原测量值与现设定值之间的某一值）。




很快控制回路自动将测功器实际位置调整到位置设定值。

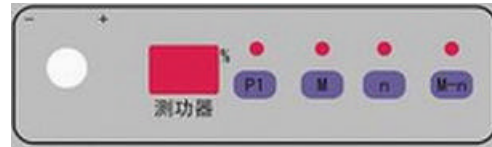


注：如采用负斜率修正，当转速实测值大于 1000r/min 时，测功器水门位置实测显示值会大于设定值。

## 测功器恒扭矩控制

### 如何切换到恒扭矩控制模式

按下  按钮，测功器恒扭矩指示灯亮，测功器控制回路切换到恒扭矩模式，如油门为恒位置控制模式，则自动取扭矩测量值作为扭矩设定值；如油门为恒扭矩控制模式，则将油门控制改为恒转速模式。



### 如何改变恒扭矩设定值

转动测功器设定旋钮，测功器恒扭矩指示灯闪烁，表明处于扭矩设定状态。此时测功器扭矩显示窗显示扭矩设定值。



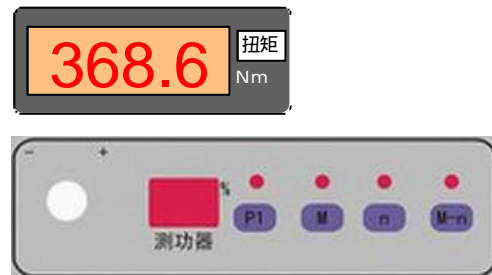
顺时针旋转设定旋钮，扭矩显示窗显示的设定值往上递增（逆时针旋转递减）。旋转速度越快，显示值变化得也越快。



停止旋转设定旋钮，恒扭矩指示灯继续闪烁 2 秒钟。闪烁时扭矩显示窗继续显示扭矩设定值。



停止旋转设定旋钮 2 秒钟后，恒扭矩指示灯停止闪烁，此时扭矩显示窗恢复显示扭矩测量值（此时的测量值可能为原测量值与现设定值之间的某一值）。




很快控制回路自动将测功器实际扭矩值调整到等于扭矩设定值。

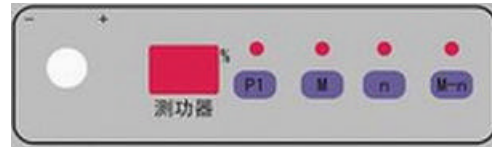




## 测功器恒转速控制

### 如何切换到恒转速控制模式

按下  按钮，测功器恒转速指示灯亮，测功器控制回路切换到恒转速模式，如油门为恒位置控制模式，则自动取转速测量值作为转速设定值；如油门为恒转速控制模式，则将油门控制改为恒扭矩模式。

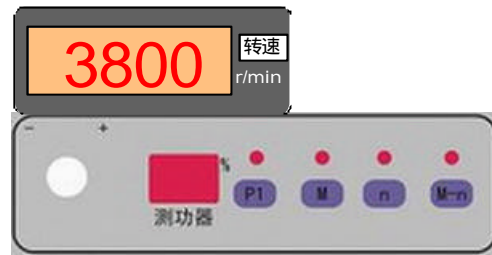


### 如何改变恒转速设定值

转动测功器设定旋钮，测功器恒转速指示灯闪烁，表明处于转速设定状态。此时测功器转速显示窗显示转速设定值。



继续旋转设定旋钮，转速显示窗显示的转速设定值开始递增或递减。旋转速度越快，显示值变化得也越快。



停止旋转设定旋钮，恒转速指示灯继续闪烁 2 秒钟。闪烁时转速显示窗继续显示转速设定值。



停止旋转设定旋钮 2 秒钟后，恒转速指示灯停止闪烁，转速显示窗恢复显示转速测量值（此时显示的测量值可能为原测量值与现设定值之间的某一值）。




很快控制回路自动将测功器实际转速值调整到等于转速设定值。



## 1.2.2 油门控制回路的基本操作

### 油门恒位置控制

#### 如何切换到油门恒位置控制模式

按下  按钮，油门恒位置指示灯亮，油门控制回路切换到恒位置模式，同时自动取油门位置测量值作为设定值。



#### 如何改变油门恒位置设定值

转动油门设定旋钮，油门恒位置指示灯闪烁，表明处于位置设定状态。此时油门位置显示窗显示位置设定值。



旋转设定旋钮，位置显示窗显示的设定值递增或递减。旋转速度越快，显示值变化得也越快。

停止旋转设定旋钮，恒位置指示灯继续闪烁 2 秒钟。闪烁时油门位置显示窗继续显示油门位置设定值。



停止旋转设定旋钮 2 秒钟后，恒位置指示灯停止闪烁，此时油门位置显示窗恢复显示油门位置测量值（此时的测量值可能为原测量值与现设定值之间的某一值）。




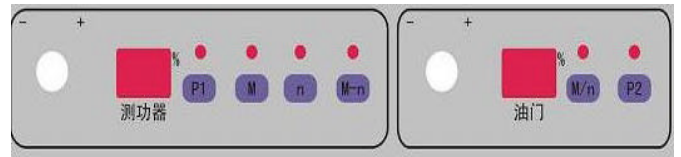
很快控制回路自动将油门实际位置值调整到等于油门位置设定值。



## 油门恒转速控制

### 如何切换到油门恒转速控制模式

当测功器回路处于恒位置、恒扭矩或推进特性控制模式时，按下  按钮，本按钮上方指示灯亮，表示油门控制回路切换到恒转速模式，同时自动取转速测量值作为设定值。



### 如何改变油门恒转速设定值

转动油门设定旋钮，油门恒转速指示灯闪烁，表明处于转速设定状态。此时转速显示窗显示转速设定值。



旋转设定旋钮，转速显示窗显示的设定值递增或递减。旋转速度越快，显示值变化得也越快。



停止旋转设定旋钮，恒转速指示灯继续闪烁 2 秒钟。闪烁时转速显示窗继续显示转速设定值。



停止旋转设定旋钮 2 秒钟后，恒转速指示灯停止闪烁，此时转速显示窗恢复显示转速测量值（此时的测量值可能为原测量值与现设定值之间的某一值）。




很快油门控制回路自动将实际转速值调整到等于转速设定值。



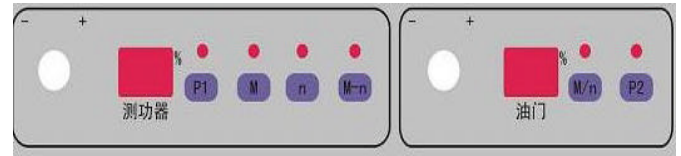
## 油门恒扭矩控制

### 如何切换到油门恒扭矩控制模式

当测功器回路处于恒转速控制模式时，按下  按钮，

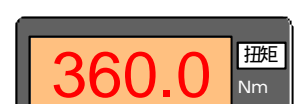
本按钮上方指示灯亮，表示

油门控制回路切换到恒扭矩模式，同时自动取扭矩测量值作为设定值。



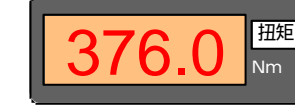
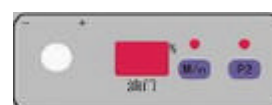
### 如何改变油门恒扭矩设定值

转动油门设定旋钮，油门恒扭矩指示灯闪烁，表明处于扭矩设定状态。此时扭矩显示窗显示扭矩设定值。

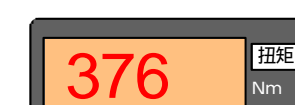


旋转设定旋钮，扭矩显示窗显示的设定值递增或递减。旋转速度越快，显示值变化得也越快。

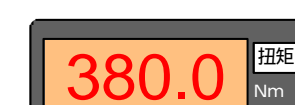
停止旋转设定旋钮，恒扭矩指示灯继续闪烁 2 秒钟。闪烁时扭矩显示窗继续显示扭矩设定值。



停止旋转设定旋钮 2 秒钟后，恒扭矩指示灯停止闪烁，扭矩显示窗恢复显示扭矩测量值（此时的测量值可能为原测量值与现设定值之间的某一值）。




很快油门控制回路自动将实际扭矩值调整到等于扭矩设定值。

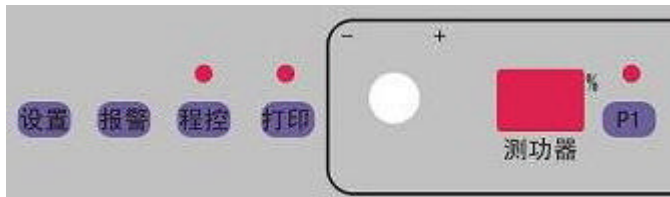


### 1.2.3 打印、远程控制和扭矩置零


#### 如何打印测量数据

##### 自动定时打印

按一下  按钮，按钮上方的打印指示灯亮，测控仪进入自动打印状态。打印机每隔 1 分钟自动打印一行实测数据。



##### 单次打印


在非打印状态下，连接两次  按钮，使打印指示灯一亮一灭，则打印机打印输出一行实测数据。

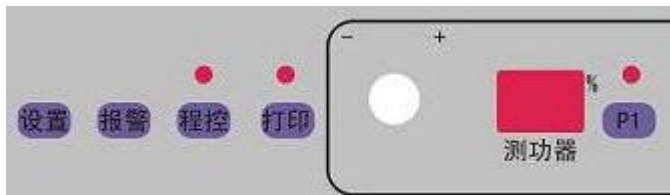
#### **注意**

测控仪打印输出接口上必需连有 EPSON 或兼容打印机并准备就绪。


#### 本地/远程控制切换

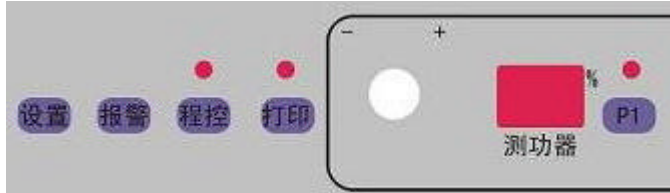
##### 进入远程控制状态

在非远程控制状态下按  按钮，远程控制指示灯亮，测控仪进入远程控制状态。此时测控仪只从串行口接收测功器控制回路和油门控制回路的控制指令，及报警限和 PID 参数设置指令，而测功仪面板操作只能查看上述参数，不能修改上述参数。




### 退出远程控制状态


当测控仪处于远程控制状态时，按一下  按钮，远程控制指示灯熄灭，表示已退出远程控制状态，返回至本地控制状态。此时测控仪恢复所有面板操作功能。



### 扭矩置零

先同时按住报警 

按钮和设置  按钮，

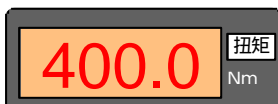
再按一下扭矩设定 


按钮，测控仪以当前扭矩测量值作为零点值。

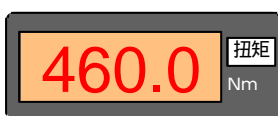



### 1.2.4 报警限设置操作

#### 扭矩报警上限设置



按住报警  按钮，扭矩显示窗显示扭矩上限报警值。



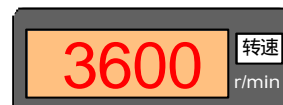
在按住报警  按钮的同时，旋转测功器设定旋钮，扭矩上限报警值递增或递减。将报警值调整到期望值。

松开报警按钮，扭矩显示窗恢复显示扭矩测量值。

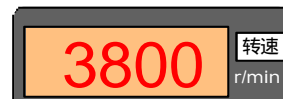


### 转速报警上限设置

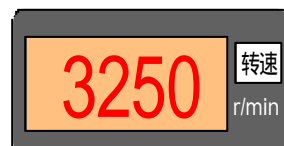
按住报警按钮，转速显示窗显示转速上限报警值。




在按住报警按钮的同时，旋转油门设定旋钮，转速上限报警值递增或递减。将报警值调整到期望值。





松开报警按钮，转速显示窗恢复显示转速测量值。



## 机油压力报警值设置

按住报警  按钮，油压显示窗显示机油压力下限报警值。



在按住报警  按钮的同时，不断按动  按钮，机油压力下限报警值递增。将报警值调整到期望值。




松开报警按钮，油压显示窗恢复显示机油压力测量值。







## 1.2.4 PID 参数设置操作

### PID 参数的显示


按住设置  按钮，油温显示窗显示 SP-、SI- 或 Sd-，表示当前处于 P、I 或 d 显示/设置状态。此时测功器位置显示窗和油门位置显示窗分别显示测功器控制回路和油门控制回路当前控制模式下的比列、积分或微分参数。

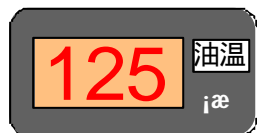
下图中，油温窗显示 SP-，测功器恒位置指示灯亮，则表明测功器位置显示窗显示的是测功器恒位置控制模式的 P 参数。





在按住设置  按钮的状态下，每按一下  按钮油温显示窗的显示按 SI Sd SP SI... 的顺序跳变一档，同时测功器位置窗和油门位置窗相应的显示与油温显示窗对应的 P、I、D 参数。





松开设置  按钮，油温显示窗恢复显示机油温度测量值，测功器位置显示窗和油门位置显示窗分别显示各自的位置测量值。



## PID 参数的调整

在按住设置  按钮的同时，旋转测功器设定旋钮，配合  按钮的操作，可改变测功器控制回路当前控制模式的 P、I、D 参数。



在按住设置  按钮的同时，旋转油门设定旋钮，配合  按钮的操作，可改变油门控制回路当前控制模式的 P、I、D 参数。



## 2 测功器回路的控制模式与特性

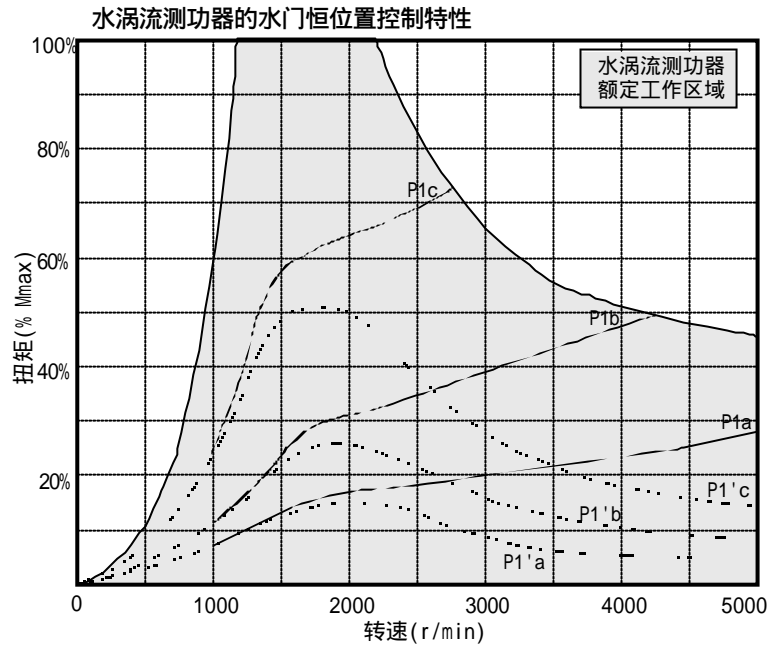
测功器控制回路共有 4 种控制模式可供选用。

### 2.1 测功器恒位置控制

#### 水涡流测功器的恒位置特性

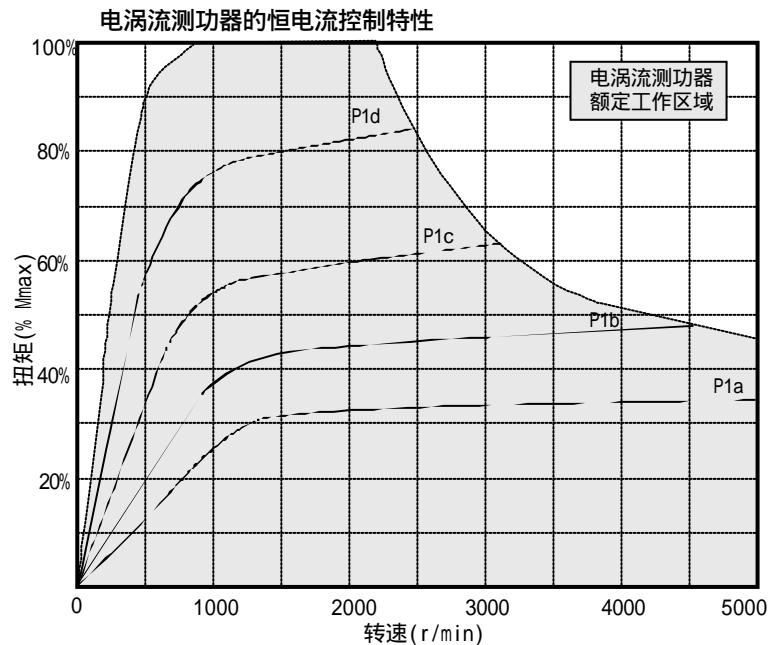
恒水阀位置开度时测功器的自然 M-n 特性如右图中虚线所示。其中  $P1'x$  为未经校正的测功器恒水阀位置控制时的自然特性曲线族。注意位置设定值  $P1'a < P1'b < P1'c$ 。

经过控制回路对自然特性的负斜率进行修正后测功器恒水阀位置设定时的自然 M-n 特性如右图中实线所示。其中  $P1x$  为负斜率修正后的测功器恒水阀位置特性曲线族。同样  $P1a < P1b < P1c$ 。



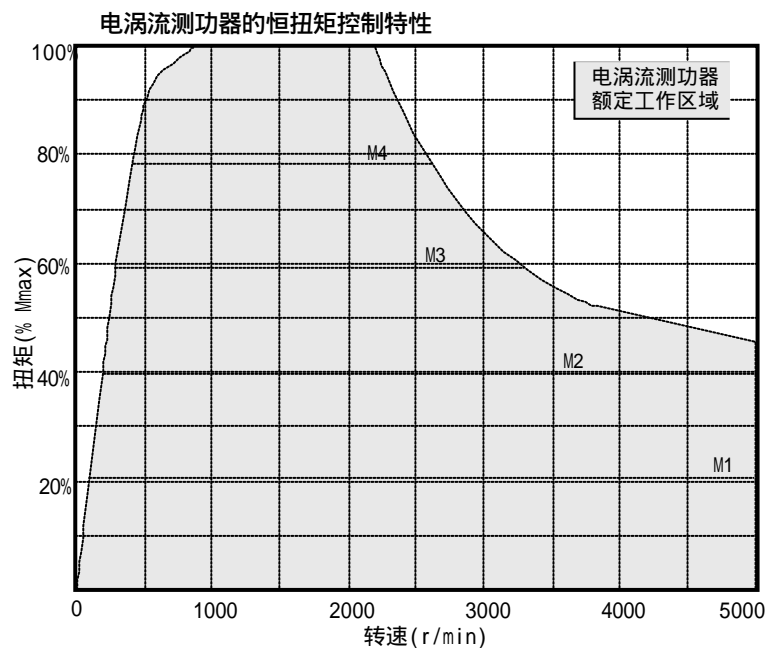
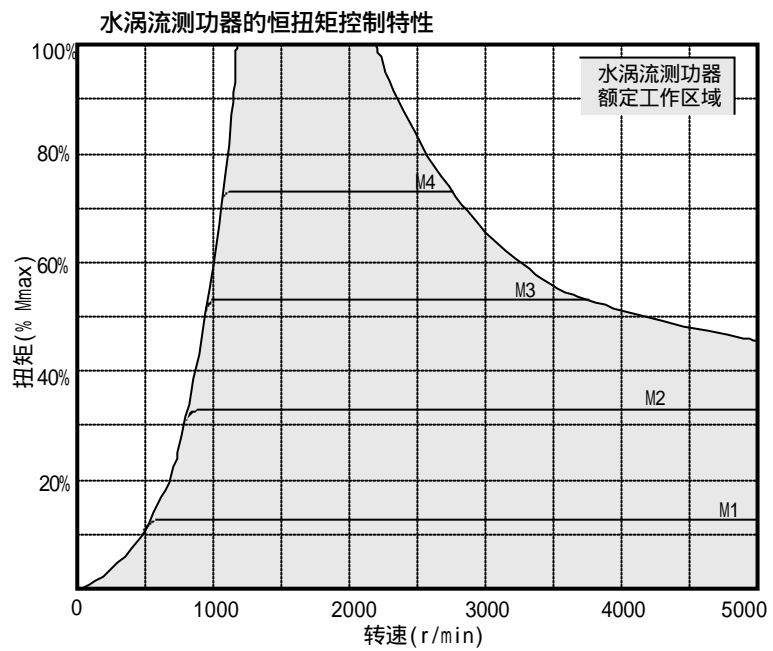
#### 电涡流测功器的恒位置特性

恒电流时测功器的自然 M-n 特性如右图所示。



## 2.2 测功器恒扭矩控制

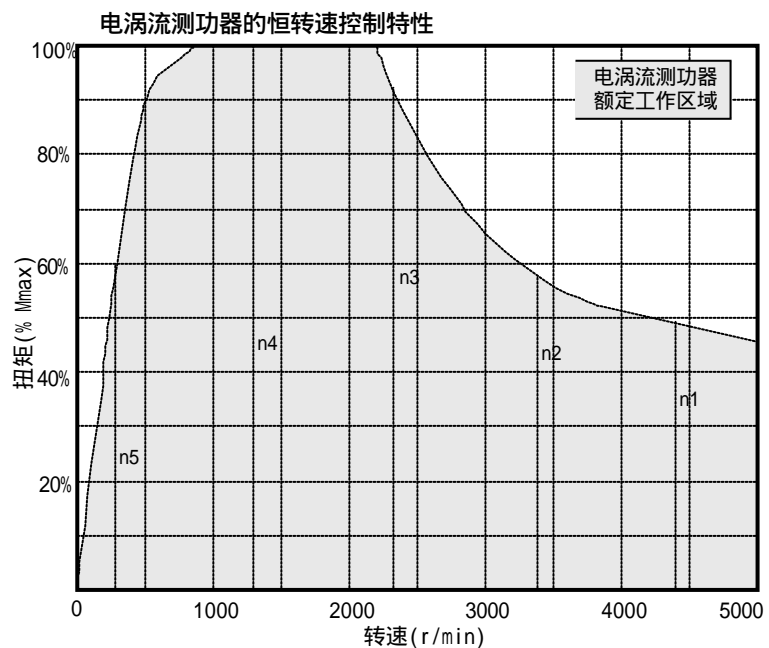
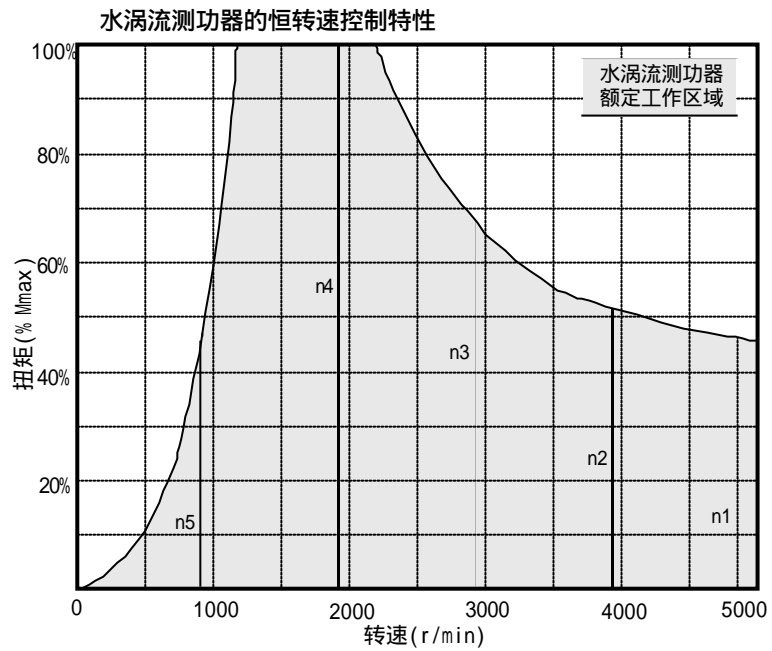
测功器恒扭矩控制模式对发动机产生的制动负荷特性在  $n$ - $M$  图上测功器工作区域内呈一水平特性曲线族，如下图 M1 至 M4 所示。在低速区，特性曲线族汇集于测功器工作区域包线上。进行发动机试验时，只要运行工况点落在发动机和测功器共有的工作区域内，且满足稳定平衡的条件，则不论发动机运行时和输出转速如何变化，在测功器控制回路闭环调节的作用下一定保持发动机的输出扭矩为一恒定值。



## 2.3 测功器恒转速控制

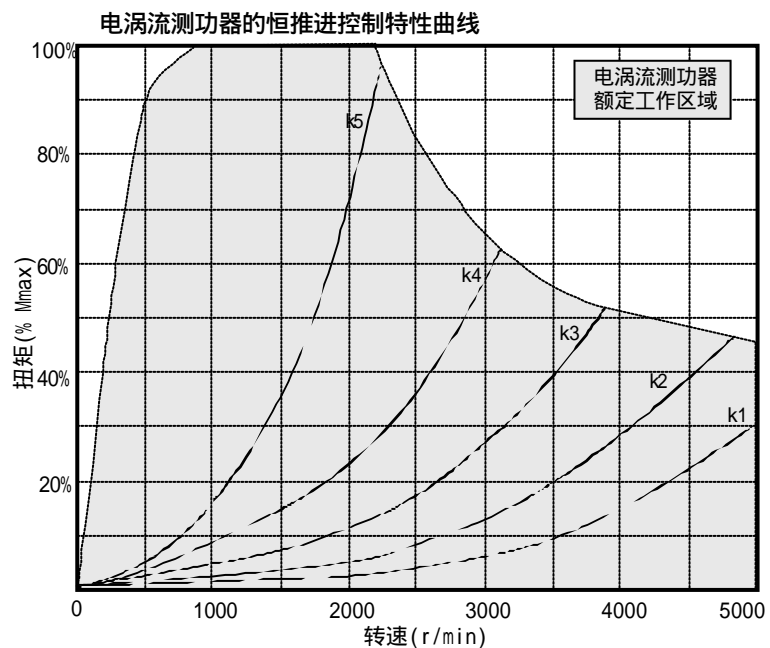
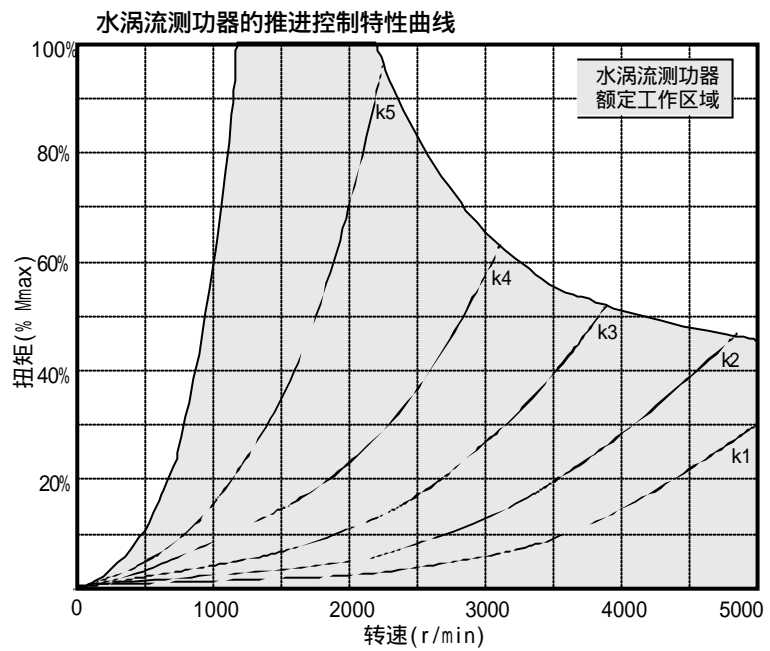
测功器恒转速控制模式对发动机产生的制动负荷特性在  $n$ - $M$  图上测功器工作区域内呈一垂直特性曲线族，如下图  $n1$  至  $n4$  所示。在发动机试验时，只要运行工况点落在发动机和测功器共有的工作区域内，且满足稳定平衡的条件，则不论发动机运行时的输出扭矩如何变化，在测功器控制回路闭环调节的作用下一定保持发动机的输出转速为一恒定值。

恒转速设定值  $n$  的取值范围为  $0-n_{max}$ ， $n_{max}$  为测控仪设定的转速上限值。



## 2.4 测功器推进特性控制

测功器推进特性控制模式时对发动机产生的制动负荷特性在  $n$ - $M$  图上测功器工作区域内呈二次特性曲线族，如下图  $k1$  至  $k5$  所示。在发动机试验时，只要运行工况点落在发动机和测功器共有的工作区域内，且满足稳定平衡的条件，则不论发动机运行时的输出扭矩或转速如何变化，在测功器控制回路闭环调节的作用下一定保持发动机的输出扭矩与转速为二次方关系，即  $M=kn^2$ 。  $k$  取值范围为  $0-2M_F/n_F^2$ 。

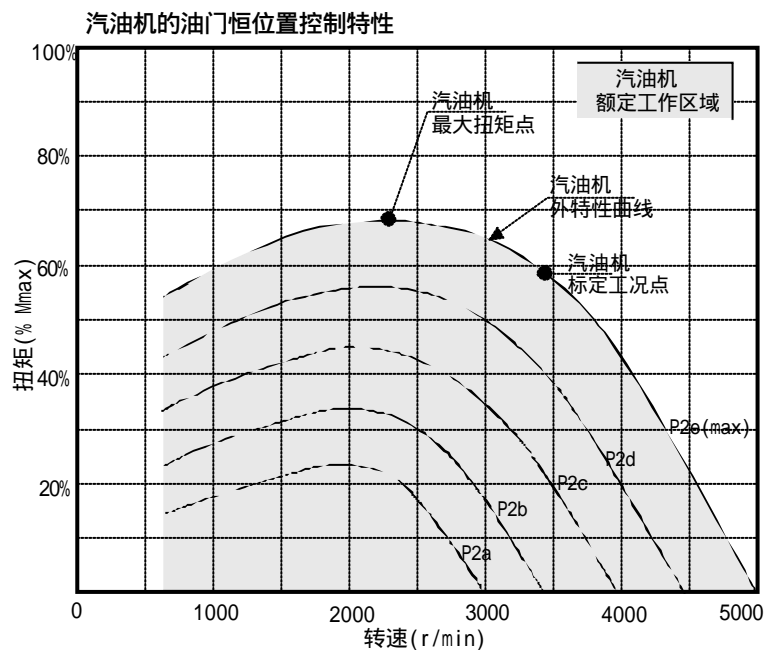
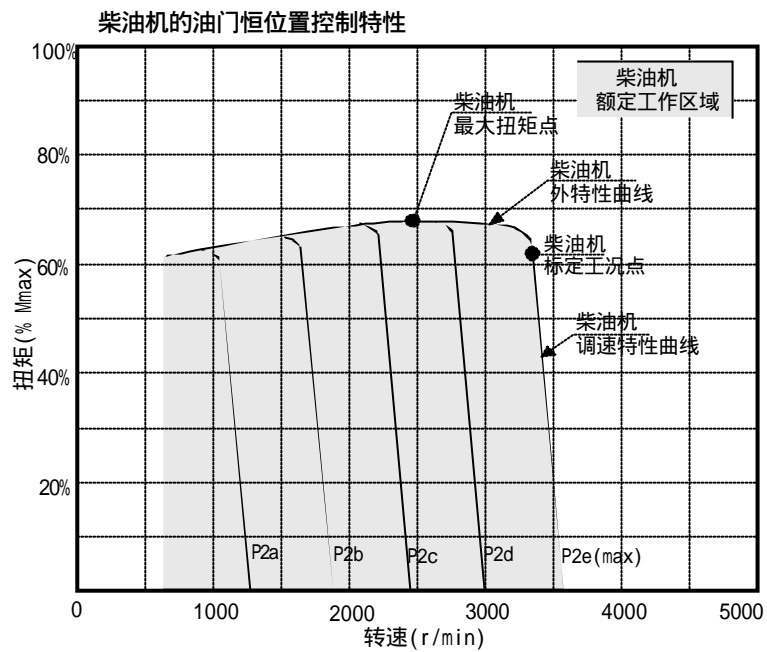


## 3 油门回路的控制模式与特性

### 3.1 油门恒位置控制

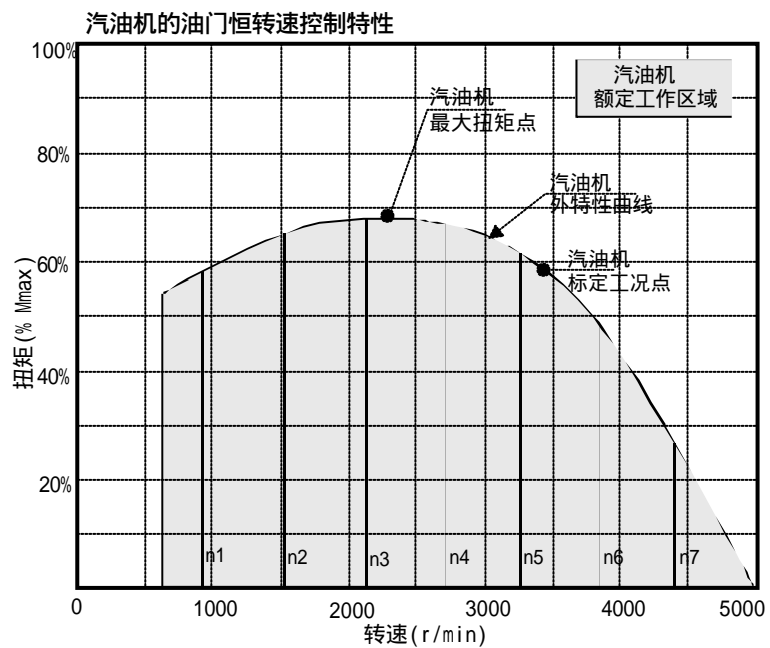
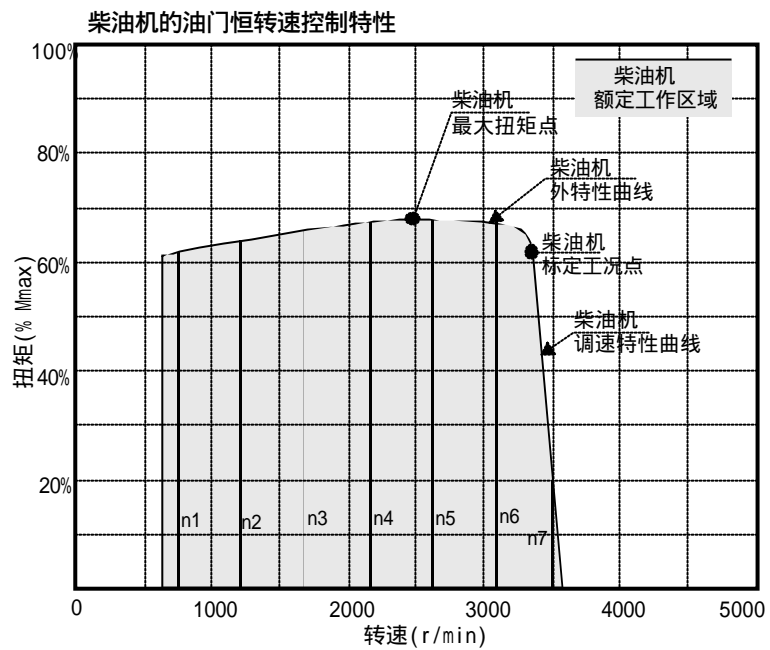
油门恒位置控制模式使发动机运行在其本身固有的输出特性曲线族上。对于柴油机而言，油门在每一恒定位置下形成的输出特性曲线可分为两段，调速特性曲线段和外特性曲线段。调速特性曲线段为高压油泵调速器起作用的部分，在  $n-M$  图上以垂直走向为主；外特性曲线段为柴油机以最大供油量工作的区域，在  $n-M$  图上以水平走向为主。

汽油机在油门恒位置下形成的输出特性曲线形似一变化平缓的山包。



### 3.2 油门恒转速控制

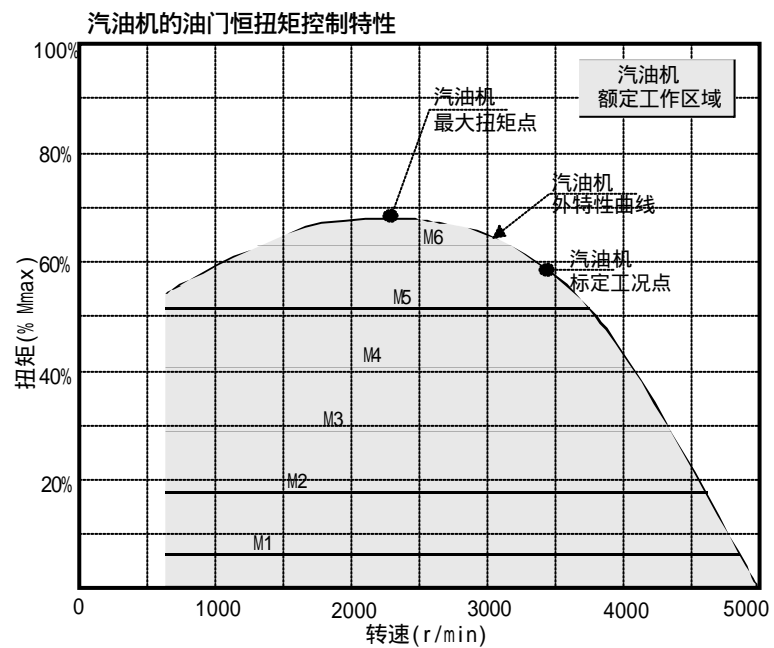
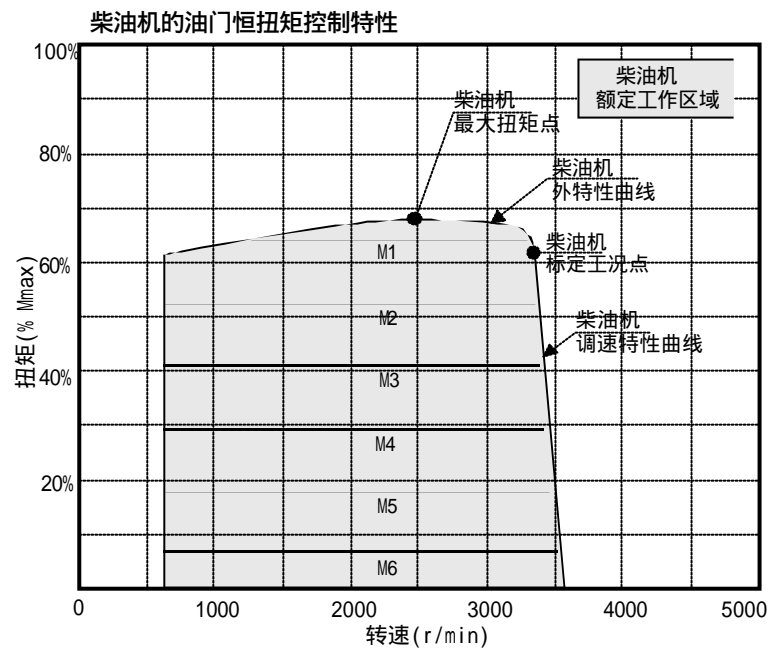
在发动机的额定工作范围内,油门恒转速控制模式使发动机的输出特性曲线在  $n$ - $M$  图上成为垂直特性曲线族。不论输出负载如何变化,只要工况点不跑出发动机的额定工作区域及满足稳定平衡的条件,油门控制回路总是能将发动机的输出转速稳定在一恒定值上。换言之,油门恒转速控制回路起到发动机调速器的作用,在这种油门控制模式下的发动机其稳定调速率为零。





### 3.3 油门恒扭矩控制

在发动机的额定工作范围内,油门恒扭矩控制模式使发动机的输出特性曲线在 n-M 图上成为水平特性曲线族。不论输出转速如何变化,只要工况点不跑出发动机的额定工作区域及满足稳定平衡的条件,油门控制回路总是能将发动机的输出扭矩稳定在一恒定值上。换言之,油门恒转速控制回路起到发动机调速器的作用,配上测控仪油门恒转速控制回路的发动机其稳定调速率为零。



## 4 如何选择控制回路的控制模式

### 4.1 控制模式选择的一般原则

测功器及其控制回路构成了对发动机的制动负载。测功器在不同的控制模式下运行即意味着为发动机提供了不同的制动负载特性。

对发动机而言，油门控制回路与发动机的配合改变了发动机的输出负载特性。油门控制回路运行于不同的控制模式使发动机具有了不同的输出负载特性。

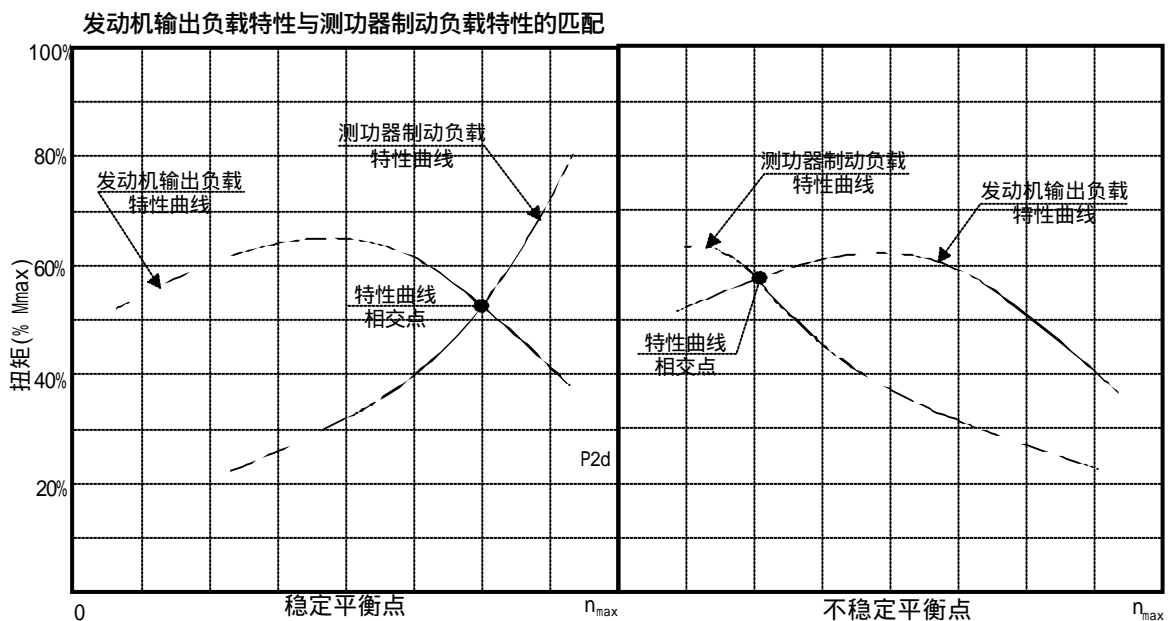
要使发动机—测功器形成的系统正常工作，必须同时满足下列两个条件：

#### 发动机输出特性曲线与测功器制动特性曲线相交

在台架试验时，选择了发动机在某种油门控制模式下运行，即表示发动机的输出负载特性一定在该油门控制模式特性曲线族的某一条曲线上。同样，如选择了让测功器在某种控制模式下运行，即表示测功器的制动负载特性一定为该控制模式特性曲线族的某一条曲线。台架运转时发动机—测功器机组恒速运转，说明发动机的输出扭矩一定等于测功器的制动扭矩。因而，此时发动机的输出负载特性曲线与测功器的制动负载特性曲线一定应该有一相交点。

#### 当运行工况偏离交点时，系统应产生回复力矩

下图为特性曲线相交的两种不同情况。左图中，如因某种原因造成发动机转速的升高，发动机的输出扭矩将下降。而在同样的转速下，测功器的制动扭矩却将上升。由于此时测功器的制动扭矩大于发动机的输出扭矩，必将使发动机的转速下降，回到原来的交点处。该迫使发动机回到原工况点的扭矩差，即为系统的**回复力矩**。有这样特性的相交点，称为**稳定平衡点**。



右边的情况恰好相反。当发动机工况因转速升高而偏离交点时，输出扭矩上升。在同样的转速下，测功器的制动扭矩却反而下降。因制动扭矩小于输出扭矩，发动机的转速不仅不能回到平衡点，反将继续偏离平衡点，此时系统产生的是**偏离力矩**。这样的相交点称作**不稳定平衡点**。

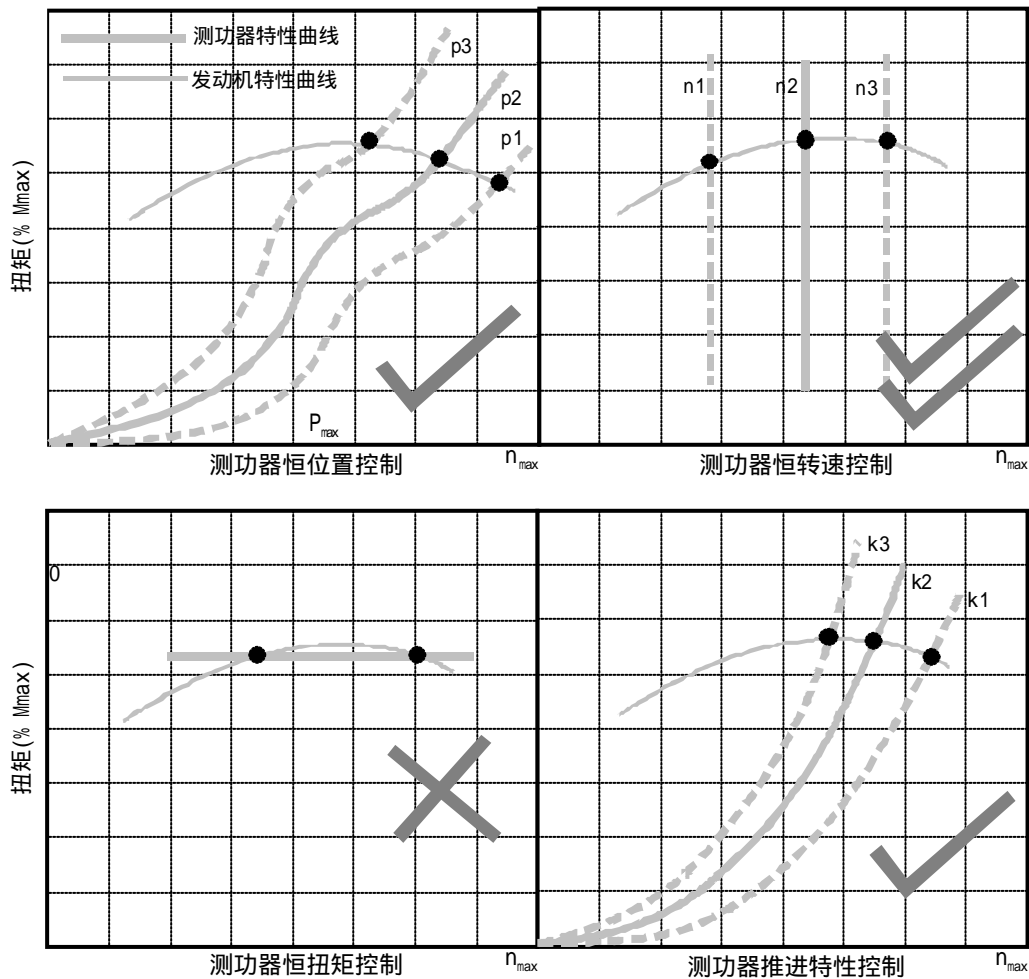
## 4.2 典型发动机试验时控制模式的选择

### 4.2.1 柴油机外特性试验

将发动机油门拉到最大位置进行试验得到输出特性曲线称为外特性曲线。显然，做外特性试验时油门控制回路应采用恒位置控制模式，并将油门设定到极限位置。

测功器采用恒位置控制模式。发动机特性曲线与测功器特性曲线能产生交点且为稳定平衡点，系统能稳定工作。但此时发动机和测功器均工作在开环状态，控制系统对测功器和发动机本身原因造成的扰动无抑制能力。另外，因测功器水阀位置与转速的关系是不确定的，测功器设定时不直观。

发动机外特性曲线与测功器各种控制特性曲线的匹配



测功器采用恒转速控制模式。交点为稳定平衡点，系统能稳定工作。控制品质好，能直接输入试验点的转速设定值，是首选的控制模式。

测功器采用恒扭矩控制模式。最大扭矩点以上的转速区域有稳定平衡点，但两曲线基本接近平行，容易将发动机压熄火。一般情况下不要采用这种控制模式。

测功器采用推进特性控制模式。交点为稳定平衡点，系统能稳定工作。不能直观的设定试验点。

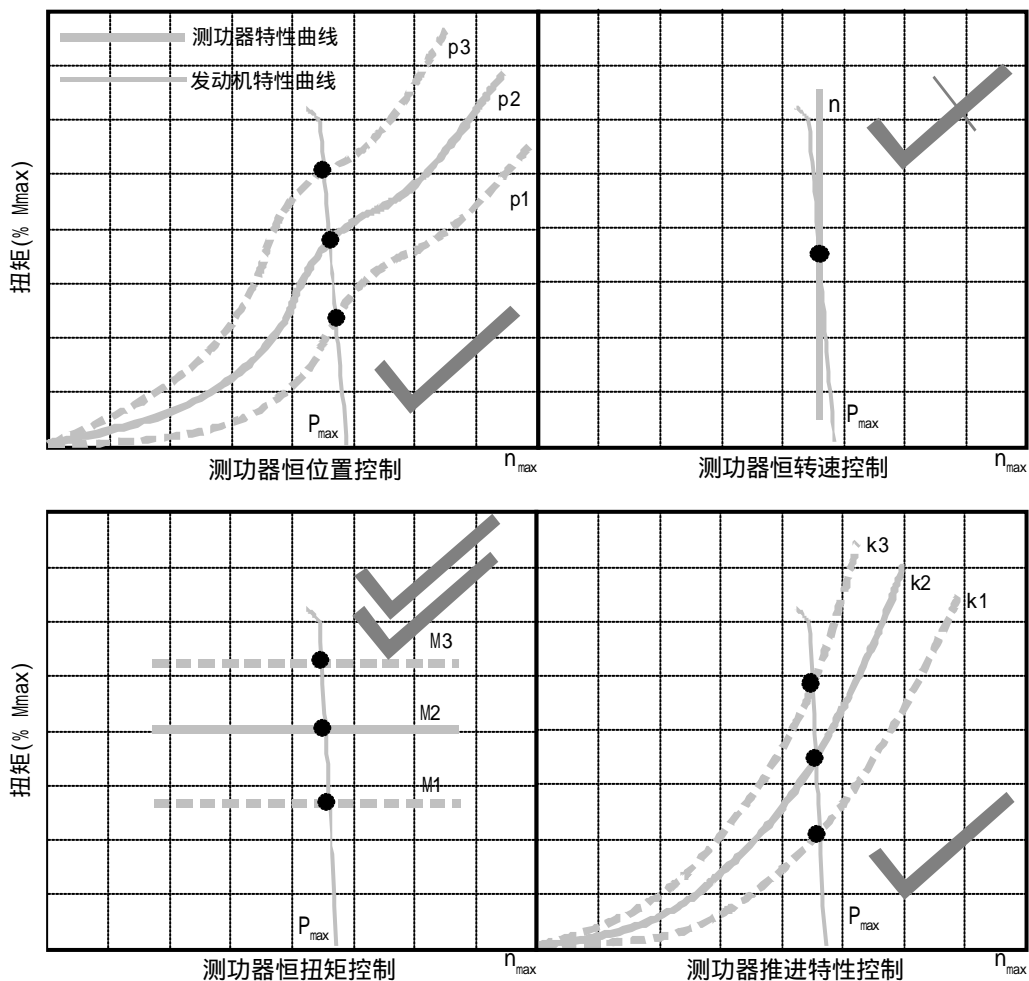
#### 4.2.2 柴油机调速特性试验

运行在在油门开度最大，柴油机标定工况点转速以上的区域，是油泵调速器起作用的区域，对应的输出特性曲线称为柴油机的调速特性曲线。

测功器采用恒位置控制模式。交点为稳定平衡点，系统能稳定工作。但此时发动机和测功器均工作在开环状态，控制系统对测功器和发动机本身原因造成的扰动无抑制能力。另外，因测功器水阀位置与转速的关系是不确定的，测功器设定时不直观。

测功器采用恒转速控制模式。交点为稳定平衡点，系统能稳定工作。但因两曲线接近平行，油门又处于开环状态，柴油机稍有波动将会引起扭矩较大的变化。

柴油机调速特性曲线与测功器各种控制特性曲线的匹配



测功器采用恒扭矩控制模式。交点为稳定平衡点，系统能稳定工作。控制品质好，能直接输入试验点的扭矩设定值，是首选的控制模式。

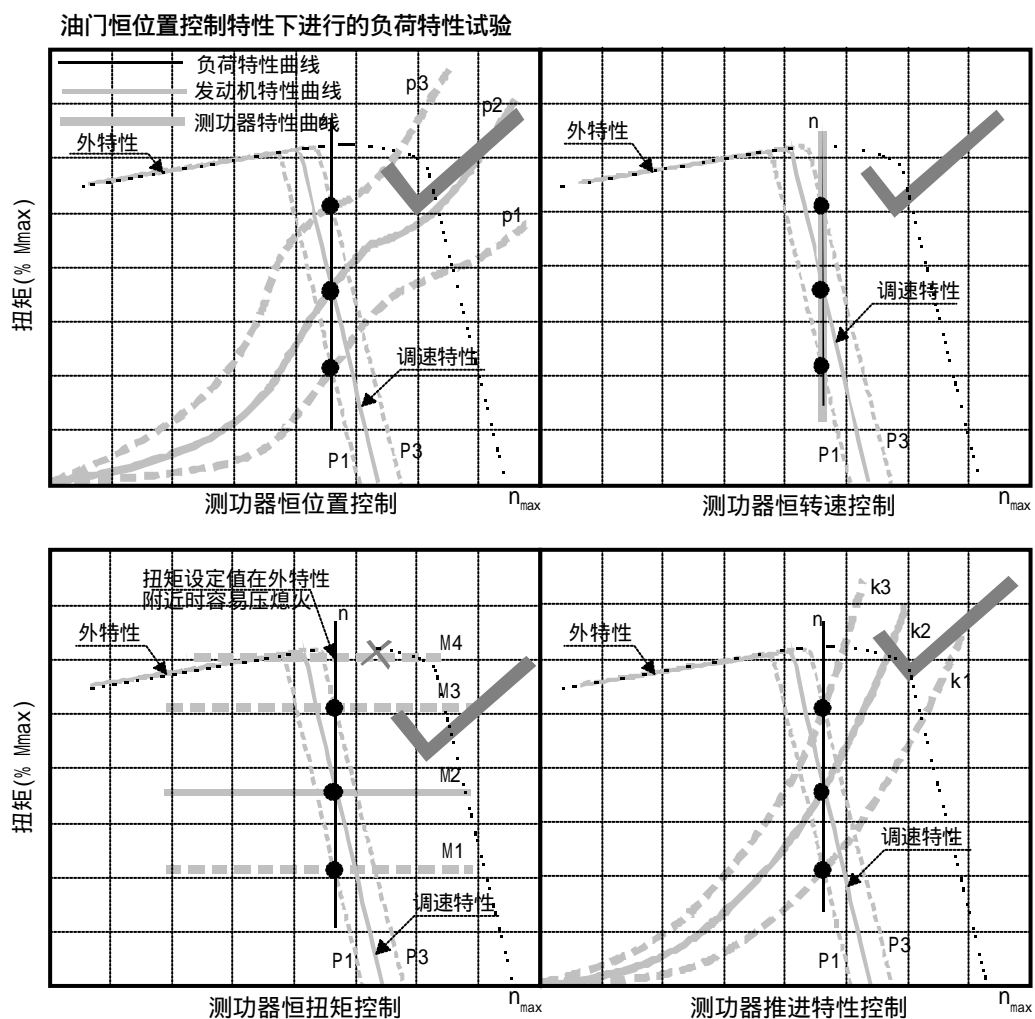
测功器采用推进特性控制模式。交点为稳定平衡点，系统能稳定工作。不能直观的设置试验点。

#### 4.2.3 柴油机负荷特性试验

##### 油门恒位置控制模式下的负荷特性试验

测功器采用恒位置控制模式。交点为稳定平衡点，系统能稳定工作。但此时发动机和测功器均工作在开环状态，控制系统对因供油、供水、供电原因造成的扰动无抑制能力。另外，不能直接设定试验点的转速和扭矩值。

测功器采用恒转速控制模式。交点为稳定平衡点，系统能稳定工作。但因两曲线接近平行，油门又处于开环状态，柴油机稍有波动将会引起扭矩较大的变化。不能直接设定试验点的扭矩值



测功器采用恒扭矩控制模式。交点为稳定平衡点，系统能稳定工作。控制品质好，能直接输入试验点的扭矩设定值。但在最大外特性曲线附近不能采用这种控制模式，否则容易将柴油机压熄火。不能直接设定试验点的转速值。

测功器采用推进特性控制模式。交点为稳定平衡点，系统能稳定工作。不能直接设定试验点转速和扭矩值。

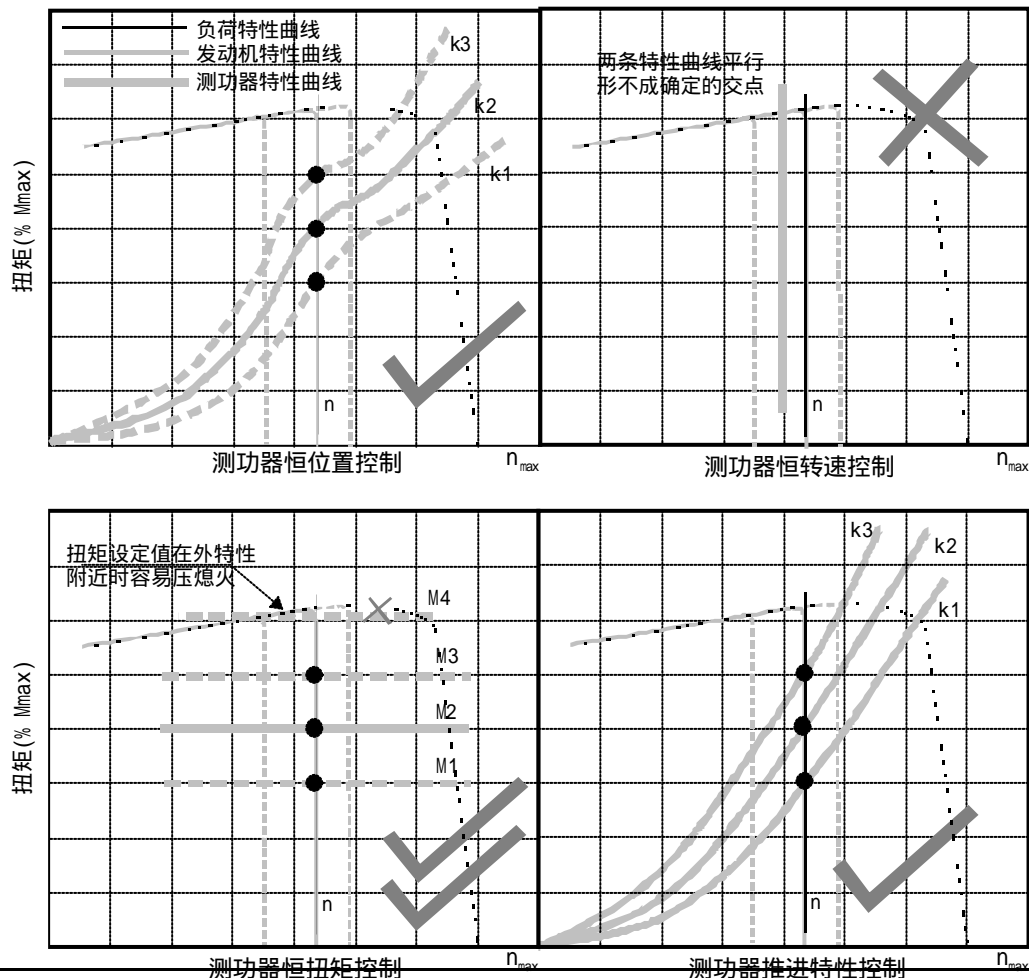
### 油门恒转速控制模式下的负荷特性试验

测功器采用恒位置控制模式。交点为稳定平衡点，系统能稳定工作。但此时测功器工作在开环状态，控制系统对测功器本身原因造成的扰动无抑制能力。不能直接设定试验点的扭矩值。

测功器采用恒转速控制模式。两曲线平行无交点，无法正常工作。

测功器采用恒扭矩控制模式。交点为稳定平衡点，系统能稳定工作。控制品质好，能直接输入试验点的扭矩和转速设定值。但在最大外特性曲线附近不能采用这种控制模式，否则容易将柴油机压熄火。在非外特性曲线附近为首选的控制模式。

油门恒转速控制特性下进行的负荷特性试验



测功器采用推进特性控制模式。交点为稳定平衡点，系统能稳定工作。不能直接设定试验点的扭矩值。

**油门恒扭矩控制模式下的负荷特性试验**

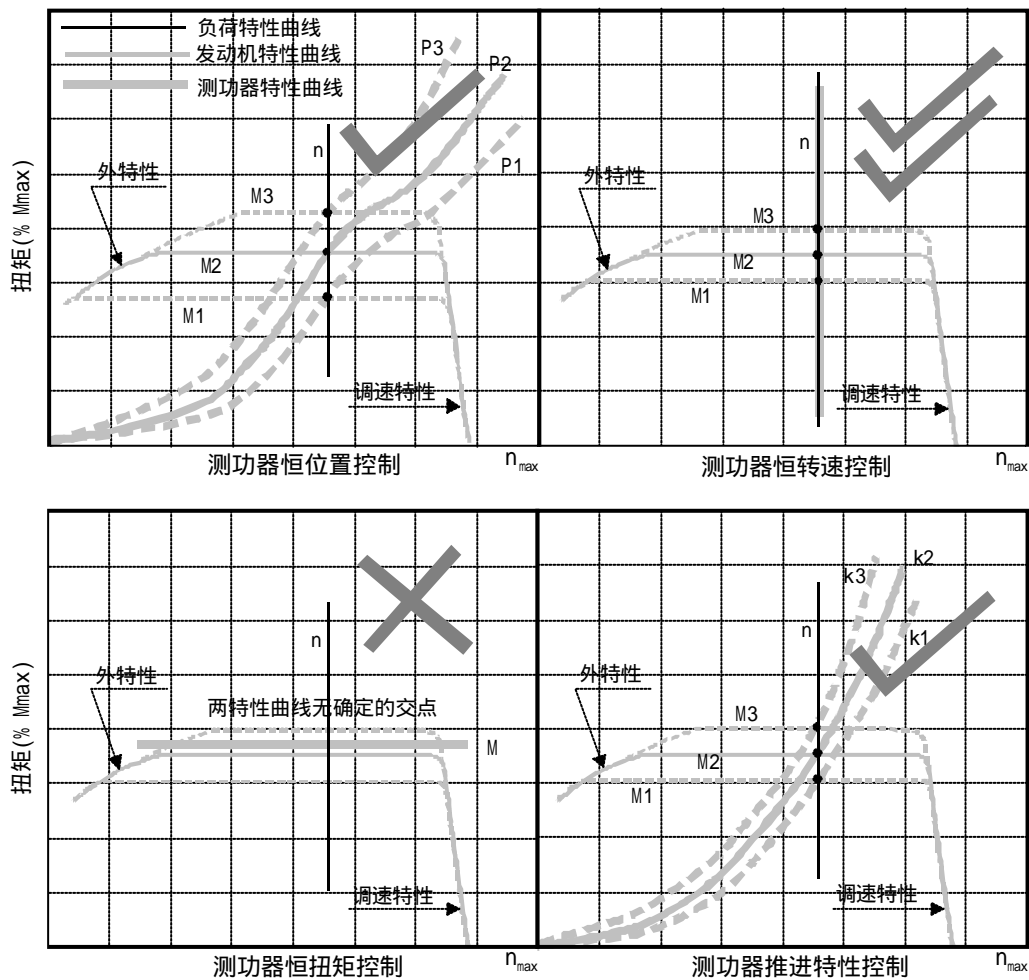
测功器采用恒位置控制模式。交点为稳定平衡点，系统能稳定工作。但此时测功器工作在开环状态，控制系统对因供电供水原因造成的扰动无抑制能力。另外，不能直接设定试验点的转速值。

测功器采用恒转速控制模式。交点为稳定平衡点，系统能稳定工作。控制品质好，能直接输入试验点的转速和扭矩设定值，为首选的控制模式。

测功器采用恒扭矩控制模式。两曲线平行无交点，无法正常工作。

测功器采用推进特性控制模式。交点为稳定平衡点，系统能稳定工作。不能直接设定试验点的转速值。

油门恒扭矩控制特性下进行的负荷特性试验



综上所述，在用点工况试验的方式进行柴油机负荷特性试验时，比较理想的控制模式匹配有两种方案，一是采用油门恒扭矩控制模式与测功器恒转速控制模式匹配；二是采用油门恒转速控制模式与测功器恒扭矩控制模式匹配，但对外特性曲线附近的试验点应将控制模式匹配转到第一种方案。

#### 4.2.4 其它特性试验

##### 汽油机速度特性试验

汽油机速度特性试验油门与测功器控制回路的匹配情况与柴油机外特性试验相似，可首选采用测功器恒转速控制模式与油门恒位置控制模式相配合。

##### 发动机的推进特性试验

测功器控制回路采用推进特性控制模式，油门控制回路既可采用恒位置模式，也可采用恒转速模式。

### 4.3 试验方案设计示例

下面以额定转速 3000r/min，额定扭矩 340Nm 的 6105 柴油机为例，讨论在 EIM0401 型试验系统上进行几项典型试验的方案。

#### 4.3.1 试验要求

要求完成调速特性试验和万有特性试验。

万有特性试验由一组负荷特性试验和外特性试验组成。由于用 EIM0401 (0301) 型测控仪进行试验效率非常高，可以适当的多做几条试验曲线，每条曲线上多做几个点，以减少试验过程的随机误差，提高综合试验精度，并有利于万有特性曲线的绘制。

##### 调速特性试验：

从标定工况点到最高转速点共做 8 个点。

##### 外特性试验：

从标定工况至 1000r/min 共做 9 个点。

##### 负荷特性试验：

从 3000r/min 至 1000r/min 每隔 250r/min 做一条曲线，共计 9 条曲线。每条曲线以基本等间隔做 8 至 10 个点。



总共 11 条曲线，平均每条曲线费时约 25 至 30 分钟，加上柴油机预热时间，完成全部试验大约需时 5 至 6 小时。

#### 4.3.2 调速特性试验

##### 试验方法：

将柴油机调定在标定工况下稳定运转，使之达到热平衡。卸去全部负荷，使其转速达到最高空载转速，然后逐步增加负荷直至标定工况。从空载到标定工况共取 8 个试验点，打印记录各试验点的转速、扭矩等参数。

##### 试验步骤：

将控制模式设为测功器恒扭矩，油门恒位置。

将油门位置设定到最大值，扭矩设定为柴油机标定扭矩。使柴油机在该状态下运行数分钟。

将扭矩设定值减为零，2-3 分钟后重复按测控仪打印按钮，使之连续打印三次。

将扭矩设定值调到下一个工况点，其余同。

重复 步骤直至做完调速特性的全部试验点。

#### 4.3.3 外特性试验

##### 试验方法：

将柴油机调定在标定工况下稳定运转，使之达到热平衡。然后在保持油门处于最大位置不变的情况下逐步降低转速直至 1000r/min。按 250r/min 的间隔共取 9 个试验点，打印记录各试验点的转速、扭矩、油耗等参数。

##### 试验步骤：

将控制模式设为测功器恒扭矩，油门恒位置。将油门位置设定到最大值，扭矩设定为标定点扭矩。让柴油机在此状态下运行数分钟，待热稳定后重复按测控仪打印按钮，使之连续打印三次。

将测功器控制模式切换为恒转速。转速设定为 2750r/min。使柴油机在该状态下运行数分钟，待 2-3 分钟后重复按测控仪打印按钮，使之连续打印三次。

将转速设定值调到下一个工况点，2-3 分钟后重复按测控仪打印按钮，使之连续打印三次；

重复 步骤直至做完外特性曲线上的全部试验点。

#### 4.3.4 负荷特性试验

##### 试验方法：

从 3000r/min 这条曲线开始，逐条往下做。以 2750r/min 这条曲线为例，先将工况调整

到最大负荷点上，然后逐点往下试验，逐点打印记录各试验点的转速、扭矩、油耗等参数。

**试验步骤：**

将控制模式设为测功器恒转速，油门恒扭矩。将转速设定为 2750r/min，扭矩设定为最大负荷点的数值。让柴油机在此状态下运行数分钟，待热稳定后重复按测控仪打印按钮，使之连续打印三次。

将扭矩设定值调整到次大点。待工稳定后按测功器控制回路的恒扭矩控制按钮，使控制模式切换到测功器恒扭矩，油门恒转速。使柴油机在该状态下运行 2-3 分钟后重复按测控仪打印按钮，使之连续打印三次。

将扭矩设定值调到下一个工况点，2-3 分钟后重复按测控仪打印按钮，使之连续打印三次；  
重复 步骤直至做完该负荷特性曲线上的全部试验点。

## 5 如何整定控制回路的 PID 参数

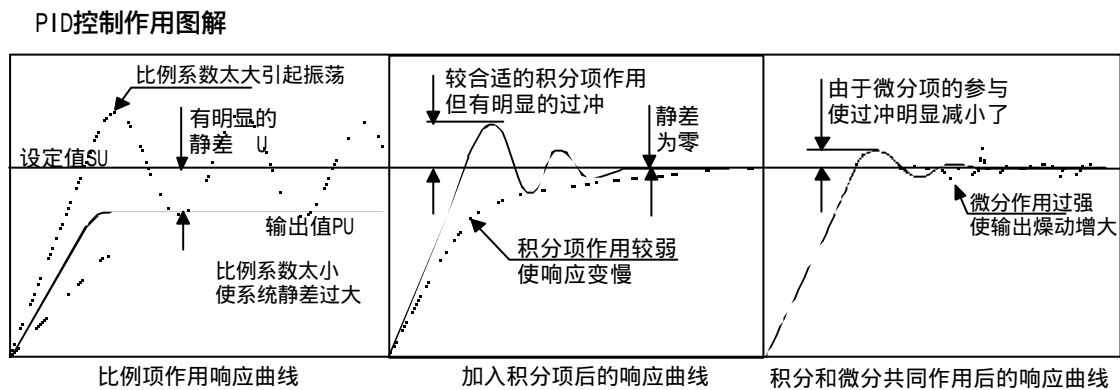
### 5.1 整定控制回路的一般方法

采用 PID（即比例、积分、微分）控制规律的控制器的，当控制器与受控对象构成闭环控制回路时，为保证系统运行时具有最佳的动态和静态品质，需根据受控对象的具体情况对控制回路的比例系数和积分、微分时间常数进行整定。

系统的动态品质主要由比例系数决定。整定比例系数的目的，就是要在保证稳定工作的前提下，使系统具有最快的响应速度和最小的静差（设定值与实际输出值间的差值）。

积分项的作用在于消除系统的静差。积分项的作用太强，会引起系统工作的不稳定（振荡）；积分项作用太弱，则消除静差所花费的时间太长。整定积分时间常数就是为了在保证系统稳定工作的前提下，使控制回路消除静差的时间尽量短。

微分项起到抑制振荡，减小回差的作用。微分作用太弱，效果不明显；微分作用太强，则由于对系统噪声的放大作用，会使系统工作显得烦躁不安。



EIM0401 型测控仪将 P、I、D 系数（表征 P、I、D 作用强弱）按作用强弱分为 0-31 共 32 档（EIM0301 为 16 档），此处代码 0-31 称为 P、I、D 参数。各不同的控制模式均需各自独立的整定一套 PID 参数。

#### **P 参数的整定—找出接近临界振荡点的 P 值，使静差最小，响应最快**

在整定 PID 参数时，应按比例、积分、微分的顺序进行。首先整定比例参数。在寻找最佳比例参数时，为避免积分和微分作用的影响应将积分和微分的作用减到最小。在整定时如事先不知道比例参数的大致范围，宜将比例参数从小到大调整，每试一个值时应将受控变量的设定值大幅度的变化，如未出现振荡，则可再增大，直至找到开始振荡的那一档后，将比例参数向下退两档，即为最佳比例参数。

### **I 参数的整定—找出接近临界振荡点的 I 值，使响应到设定点的时间最短**

整定好 P（比例）参数后，在最佳 P 参数下整定 I（积分）参数。同样应将积分参数从小到大调整，每试一个值时应将受控变量的设定值大幅度的变化，如未出现振荡，则可再增大，直至找到开始振荡的那一档后，将积分参数向下退两档，即为最佳积分参数。

### **D 参数的整定—找出适宜的 D 值，能明显抑制过冲，又不产生明显噪动**

最后整定 D（微分）参数。在最佳 P、I 参数下，将微分参数自小到调整。但 D 参数调整不象 P、I 参数调整那样有明显的振荡界限。随着 D 值的增大，不会出现周期性的振荡现象，而是出现越来越明显的随机噪动。因而 D 参数调整时不必象 P、I 参数整定那样寻求最佳临界值，只需感觉对过冲有明显的抑制而又不出现明显的噪动即可。

## 5.2 测功器控制回路的整定

测功器控制回路的整定应遵循先内环，后外环的原则。恒位置控制回路作为测功器控制回路的内环，在整定其它控制模式的 PID 参数时，必须先将测功器恒位置控制模式的 PID 参数整定好。

### 测功器恒位置控制 PID 参数的整定

由于是水涡流测功器的水门执行器或电涡流测功器的励磁线圈与测控仪的位置控制回路构成闭环控制系统，测功器恒位置 PID 参数的整定与发动机的特性无关，因而整定工作不必在发动机运转情况下进行。整定测功器恒位置 PID 参数可使测功器控制回路与水门执行器或励磁线圈的特性取得最佳的匹配。

测功器恒位置 PID 参数一般情况下在出厂时已预置好，用户使用时不必再作调整。若由于某种原因造成 PID 参数的不匹配，则可按第 5.1 节介绍的方法重新进行整定。但需注意的是整定时不必将 I 值整定到临界值。这是因为恒位置控制回路中传递环节相对较少，使得比例系数相对可取得较大，因而仅在比例项的作用下系统静差就已相当小；而如将积分系数取得过大，反而可能影响水门执行器的响应速度。建议将测功器恒位置控制 I 值取为 10（EIM0301 为 5）。

### 测功器恒转速控制 PID 参数的整定

整定测功器恒转速控制 PID 参数可使测控仪转速控制回路与发机构成的闭环系统取得最佳的匹配。在进行不同机型发动机的试验时，如出现响应过慢或工作不稳定的情况，则需对 PID 参数进行重新整定。

按照 5.1 节的方法整定测功器恒转速回路的 PID 参数时，应注意下列几个问题：

由于该控制回路为一高阶系统，一般只能取比较小的 P 参数。在无积分项作用的情况下将会有较大的静差，以至于无法运行到发动机的某些工作区域。因此在整定 P 参数时，可以先预置少量的积分。

由于发动机的控制特性在全工作范围内不同的区域差别极大，在整定 PID 参数时一定要在不同的区域试验，寻找保证各区域均能稳定工作的最佳参数。

由于单比例作用下系统会有较大的静差，系统最终的控制性能对积分作用的依赖性就显得特别大。因此需尽量将 I 值整定到最佳。

在整定测功器恒转速控制回路时，为避免油门控制回路的干扰，应将油门回路的控制模式置于油门恒位置方式。

在整定测功器恒转速控制回路时，必须确保测功器恒位置控制回路已整定至最佳状态。

如柴油机采用的是两级式调速器，整定 PID 参数时应特别注意高速区、低速区与过渡区域的控制特性。

## 测功器恒扭矩控制 PID 参数的整定

整定测功器恒扭矩控制 PID 参数的方法和要求与恒转速控制类似。但在整定时需注意扭矩设定值不要太接近发动机的最大扭矩点，以免不慎将发动机压熄火。

## 测功器推进特性控制 PID 参数的整定

整定测功器推进特性控制 PID 参数的方法和要求亦与恒转速控制类似。

## 5.2 油门控制回路的整定

与测功器控制回路相同，在整定油门控制回路其它控制模式的 PID 参数时，必须先将油门恒位置控制模式的 PID 参数整定好。

### 油门恒位置控制 PID 参数的整定

与测功器恒位置控制回路不同的是，在油门执行器与测控仪油门位置控制回路构成闭环控制系统时，由于发动机油门机构弹簧反力作用在油门执行器上，油门 PID 参数整定时应在执行器与发动机油门联动的情况下进行。对于运行柴油机的试验台，最好是在柴油机运转的情况下进行。

油门恒位置控制 PID 参数可按第 5.1 节介绍的方法进行整定。与测功器恒位置控制同样的是整定时亦不必将 I 值整定到临界值。建议将油门恒位置控制 I 值取为  $10 \times EIM0301$  为 5)。

### 油门恒转速控制 PID 参数的整定

整定油门恒转速控制 PID 参数可使测控仪转速控制回路与发机构成的闭环系统取得最佳的匹配。在进行不同机型发动机的试验时，如出现响应过慢或工作不稳定的情况，则需对 PID 参数进行重新整定。

按照 5.1 节的方法整定油门恒转速回路的 PID 参数时，应注意下列几个问题：

由于该控制回路为一高阶系统，一般只能取比较小的 P 参数。在无积分项作用的情况下将会有较大的静差，以至于无法运行到发动机的某些工作区域。因此在整定 P 参数时，可以先预置少量的积分。

由于发动机的控制特性在全工作范围内不同的区域差别极大，在整定 PID 参数时一定要在不同的区域试验，寻找保证各区域均能稳定工作的最佳参数。

由于单比例作用下系统会有较大的静差，系统最终的控制性能对积分作用的依赖性就显得特别大。因此需尽量将 I 值整定到最佳。

在整定油门恒转速控制回路时，为避免测功器控制回路的干扰，应将测功器回路的控制模式置于测功器恒位置方式。

在整定油门恒转速控制回路时，必须确保油门恒位置控制回路已整定至最佳状态。

如柴油机采用的是两级式调速器，整定 PID 参数时应特别注意高速区、低速区与过渡区域的控制特性。

### 油门恒扭矩控制 PID 参数的整定

整定油门恒扭矩控制 PID 参数的方法和要求与恒转速控制类似。

## 6 报警与异常情况处理

### 越限报警事件的处理程序

#### 扭矩越限报警

##### 越限报警

当检测到的扭矩测量值大于设定的扭矩报警上限值时，输出开关量的报警信号，并向串行口送出扭矩报警状态信号。

##### 越限报警指示状态的撤消

在越限事件消除后，输出的开关量报警信号复位，测控仪恢复正常测量显示状态。

#### 转速越限报警和紧急停车

##### 越限报警

当检测到的转速测量值大于设定的转速报警上限值时，输出开关量的报警信号，并向串行口送出转速报警状态信号。

##### 越限报警指示状态的撤消

在越限事件消除后，输出的开关量报警信号复位，测控仪恢复正常测量显示状态。

##### 紧急停车程序

测控仪对转速越限情况进行积分处理。当检测到  $(n-n_{MAX})dt>400$  时，执行紧急停车程序，自动将测功器和油门控制回路置于恒位置控制模式，油门位置设定值置 0，测功器位置设定值置 50，输出开关量的停车信号，并向串行口送出急停状态信号。

##### 紧急停车状态的撤消

在急停事件消除后，按一下红色的报警按钮，输出的开关量报警信号和停车信号复位。

#### 机油压力越限报警和自动回怠速

##### 越限报警

在转速大于 600r/min 时，当检测到的机油压力测量值小于设定的扭矩报警下限值时，输出开关量的报警信号，并向串行口送出油压报警状态信号。

### 越限报警指示状态的撤消

在越限事件消除后，输出的开关量报警信号复位，测控仪恢复正常测量显示状态。

### 回怠速程序

测控仪对油压越限情况进行积分处理。当检测到  $(P_{MIN}-P)dt>0.2$  时，执行紧急停车程序，自动将测功器和油门控制回路置于恒位置控制模式，油门位置设定值置 0，测功器位置设定值置 0，并向串行口送出回怠速状态信号。

### 回怠速状态的撤消

在回怠速事件消除后，按一下红色的报警按钮，输出的开关量报警信号复位。



## 7 测控仪的校验与维修

### 7.1 如何校验测控仪

（注：本节内容仅对 EMC2020 型测控仪有效）



为了修正测控仪本身的硬件误差及外接传感器的系统误差，EMC2020 型测控仪的各测量通道均设有零点校正和增益校正功能。下表列出了各测量通道的误差分配及校正范围。

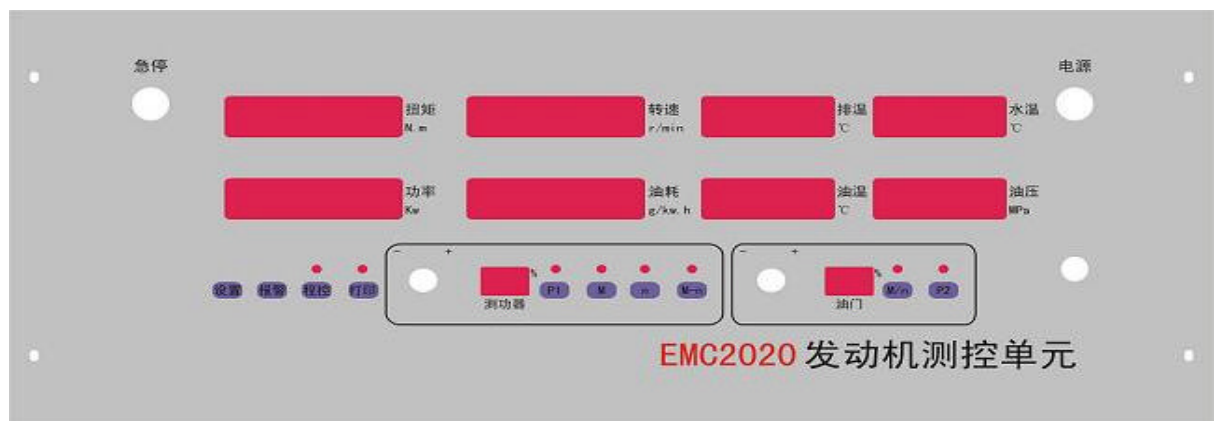
EMC2020 型测控仪测量通道系统误差分配及校正范围

项目	零点系统误差分配及校正范围				增益系统误差分配及校正范围				
	仪表误差	传感器误差	传递误差	校正范围	仪表误差	传感器误差	传递误差	校正范围	校正分辨率
转速	无	无	无	无	±0.2%	无	无	±0.5%	±0.01%
扭矩	±0.3%	±5%	±2%	±10%	±0.3%	±1%	±1%	±3%	±0.1%
油压	±0.5%	±1%	±1%	±2%	±0.3%	±1%	±1%	±3%	±0.1%
油温	±0.5%	±1%	±3%	±5%	±0.3%	±1%	±1%	±3%	±0.1%
水温	±0.5%	±1%	±3%	±5%	±0.3%	±1%	±1%	±3%	±0.1%
气温	±0.5%	±1%	±3%	±5%	±0.3%	±1%	±1%	±3%	±0.1%
排温	±0.5%	±1%	±2%	±3%	±0.3%	±1%	±1%	±3%	±0.1%

#### 7.1.1 校正状态与面板定义

##### 如何进入校正状态

在测控仪断电状态下，同时按住设置  按钮与报警  按钮，打开测控仪电源，进入通道校正状态。测控仪面板显示状况如下。



## 校正状态下的面板定义

### 扭矩显示窗

显示经校正后的扭矩测量值。

### 转速显示窗

显示经校正后的转速测量值。

### 排气温度显示窗

显示经校正后的排气温度测量值。

### 机油温度显示窗

显示经校正后的机油温度测量值。

### 冷却水温度显示窗

显示经校正后的冷却水温度测量值。

### 机油压力显示窗

显示经校正后的机油压力测量值。

### 气温显示窗

显示经校正后的大气温度测量值。

### 校正状态指示窗

显示“SET-”表示本机处于测量通道校正状态。

### 零位指示窗

显示当前被校正参数的零点修正值。

### 校正参数选择旋钮

选择当前校正参数。

### 零点校正按钮

将当前校正参数的实测值作为零点修正值。

### 校正系数确认按钮

调节过校正系数后，需按本按钮才能使输入的校正系数有效。

### 校正系数确认指示

点亮时表示校正系数显示窗显示的为经确认的有效增益校正系数。

### 校正系数显示窗

显示当前校正参数的校正系数。校正系数为 50 时无校正量，比 50 每大一个字修正一档，每小一个字负修正一档。每档修正量见上表。

### 校正系数调节按钮

调整当前被校正参数的增益校正系数。

### 7.1.2 转速测量通道的校正

进入校正状态后会发现转速显示窗在闪烁，表示转速为当前被校正参数。因转速无需零点校正而仅需进行增益校正，所以零位指示窗显示 0000，且零点校正按钮无作用。

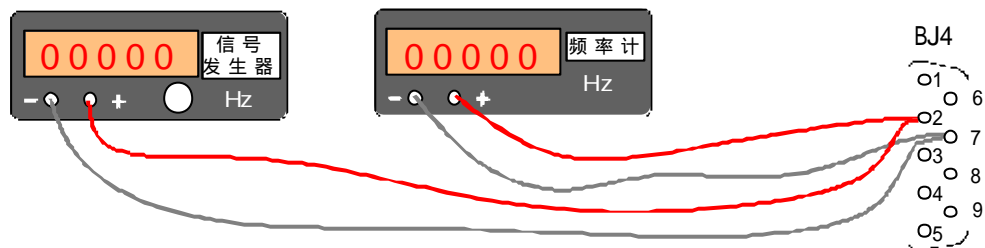
#### 所需校验设备：

1. 能输出正弦波信号的低频信号发生器 一台；
2. 数字频率计 一台。

#### 标定：

将正弦信号发生器的输出信号接到测控仪的转速输入端，输入测控仪的信号幅度范围应在  $V_{p-p}=300-1000\text{mV}$  之间，输入信号的直流分量为零。同时用频率计测量输入到测控仪的信号。

在测控仪的量程范围或实用范围内大致均分的取若干个分点，将信号发生器的输出频率逐个调整到这些点上，记录频率计的读数为  $f_i$ ，测控仪的读数为  $n_i$ 。



转速通道校正时的联接


#### 测试数据处理

按下式计算增益校正量：

$$k=10000X(f_i/n_i-1)$$

计算出的  $k$  值即为在原增益校正系数基础上应校正的档数。将  $k$  值四舍五入后加上原校正系数，即为新的校正系数值。

#### 增益校正

将  $k$  值四舍五入后加上原校正系数，即为新的校正系数值。用校正参数调节旋钮输入新的校正系数，确认无误后按确认  按钮，测控仪记忆新的校正系数并按新的校正系数显示转速测量值。

### 7.1.3 扭矩测量通道的校正

#### 扭矩增益校正

扭矩增益校正有两种不同的做法，一种是测控仪误差的校正，目的是考核和修正测控仪本身的精度，标定源为电压信号，从测控仪扭矩通道输入；另一种是扭矩测量系统的误差校正，目的是考核和修正从测功器到测控仪总体的测量精度，标定源是加载在测功器校正力臂上的砝码。

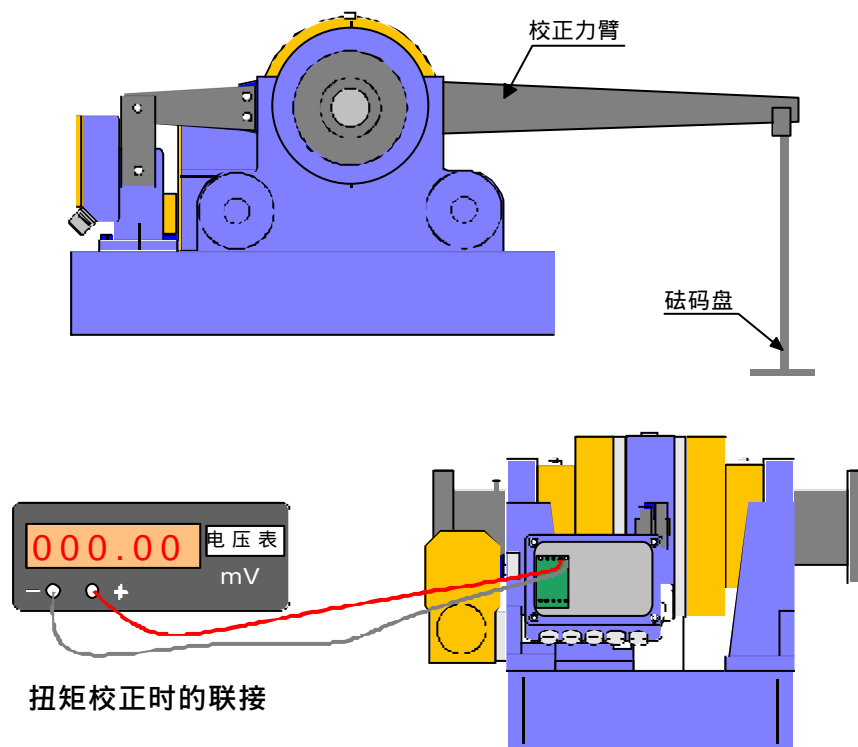
这里只介绍砝码校正的方法，用电压校正的原理和方法与之相仿。

#### 所需校验设备：

1. 5 至 10 块（组）等值的砝码，应能将测功器加载到实用工作范围或额定工作范围；
- 2.（如需分别考核测功器和测控仪）准确度优于 0.1mV，分辨率优于 0.01mV 的高精度数字电压表。

#### 准备工作：

1. 脱开测功器和柴油机的联接，装上测功器校正力臂和砝码盘；
2. 将电压表置于合适的量程，输入端接到测功器的扭矩输出端；
3. 将电压表、测控仪和测功器通电预热 30 分钟。
4. 准备好砝码和记录表格。
5. 在校正状态用校正参数选择旋钮将扭矩显示窗置为闪烁状态，表示扭矩为当前被校正参数。此时零位指示窗显示的为当前扭矩零点校正值，校正系数指示窗显示的为当前扭矩增益校正系数。



扭矩标定记录表

	=	)		!	}	†	;	;	'	}	)	0
砝码重量	$l_i$ (kg)	0										
名义电压	$l_i$ (mV)											
名义扭矩	$l_i$ (Nm)											
第 1 次 加载读数	$l_{1i}$ (mV)											
	$l_{1i}$ (Nm)											
第 1 次 卸载读数	$l_{0i}$ (mV)											
	$l_{0i}$ (Nm)											
第 2 次 加载读数	$l_{2i}$ (mV)											
	$l_{2i}$ (Nm)											
第 2 次 卸载读数	$l_{0i}$ (mV)											
	$l_{0i}$ (Nm)											
加载均值	$V_{IAi}$ (mV)											
	$M_{IAi}$ (Nm)											
卸载均值	$V_{DAi}$ (mV)											
	$M_{DAi}$ (Nm)											
输出均值	$V_{Ai}$ (mV)											
	$M_{Ai}$ (Nm)											
滞后误差	$DV_i$ (mV)											
	$DM_i$ (Nm)											
绝对误差	$EV_i$ (mV)											
	$EM_i$ (Nm)											
原零点修正值		原增益修正系数			最大绝对误差 %			最大滞后误差 %				
现零点修正值		现增益修正系数			实测增益 Nm/kg			增益修正量 k				

**标定：**


1. 对测功器预加载三次，即将全部砝码逐块加载到砝码盘，然后逐块卸载，如此重复三次；
2. 加载重量为  $W_1$  的第 1 块（组）砝码，待读数稳定后记录电压表电压示值为  $V_{11}$  和测控仪扭矩读数  $M_{11}$ ；
3. 加载第 2、3、……直至第  $N$  块（组）砝码（累积重量为  $W_2$ 、 $W_3$ 、……、 $W_N$ ，每次加载待读数稳定后记录电压表电压示值分别为  $V_{12}$ 、 $V_{13}$ 、……、 $V_{1N}$  和测控仪扭矩读数分别为  $M_{12}$ 、 $M_{13}$ 、……、 $M_{1N}$ ；
4. 卸载第  $N$  块（组）砝码，待读数稳定后记录电压表电压示值为  $V_{0N-1}$  和测控仪扭矩读数  $M_{0N-1}$ ，注意此时应将读数记在卸载后第  $N-1$  块（组）砝码的位置上；
5. 卸载第  $N-1$ 、 $N-2$ 、……直至第 1 块（组）砝码，每次卸载待读数稳定后记录电压表电压示值和测控仪扭矩读数。
6. 重复第 2 至 5 步，进行第二次测试。

### 测试数据处理


1. 计算两次加载的均值  $V_{IAi}=(1V_{Ii}+2V_{Ii})/2$  ,  $M_{IAi}=(1M_{Ii}+2M_{Ii})/2$   $i=1$  至  $N$
2. 计算两次卸载的均值  $V_{DAi}=(1V_{Di}+2V_{Di})/2$  ,  $M_{DAi}=(1M_{Di}+2M_{Di})/2$   $i=0$  至  $N-1$
3. 计算每点的输出均值  $V_{Ai}=(V_{Ii}+V_{Di})/2$  ,  $M_{Ai}=(M_{Ii}+M_{Di})/2$   $i=1$  至  $N-1$
4. 计算每点的滞后误差  $DV_i=(V_{Di} - V_{Ii})$  ,  $DM_i=(M_{Di} - M_{Ii})$   $i=1$  至  $N-1$
5. 计算实际增益  $G_v=(V_{Ai} - V_{A1})/(W_i - W_1)$  mV/kg ,  $G_M=(M_{Ai} - M_{A1})/(W_i - W_1)$  Nm/kg  $i=2$  至  $N-1$
6. 计算每点的绝对误差  $EV_i=(W_i - W_1) * G_v - V_{A1}$  ,  $EM_i=(W_i - W_1) * G_M - M_{A1}$  ,  $i=2$  至  $N-1$
7. 计算增益校正系数  $k=1000X(1 - G_M/G_{M0})$

### 增益校正

前面计算出的  $k$  值即为在原增益校正系数基础上应校正的档数 将  $k$  值四舍五入后加上原校正系数，即为新的校正系数值。

用校正参数调节旋钮输入新的校正系数，确认无误后按确认  按钮，测控仪记忆新的校正系数并按新的校正系数显示扭矩测量值。

### 零点校正

在校正完增益系数以后，卸下测功器校正力臂，使测功器实际扭矩加载为零状态后，按一下零点校正  按钮，测控仪记忆新的零点校正值，并显示校零后的扭矩值。

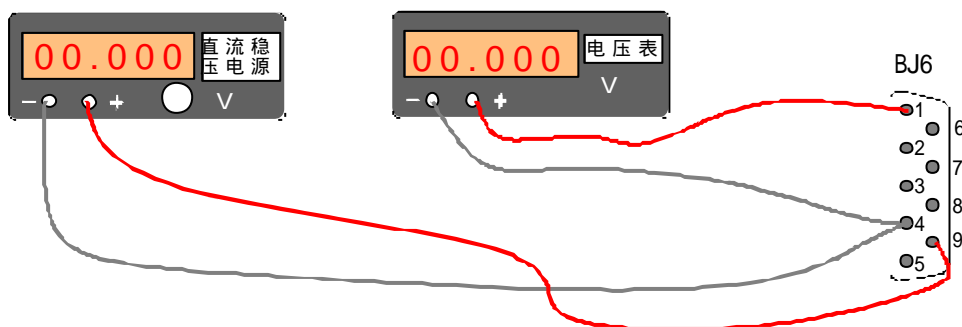
## 7.1.4 油压测量通道的校正

### 所需校验设备：

1. 分辨率为 1uV，准确度为 10uV 的高精度直流数字电压表 一台；
2. 高稳定度低压直流可调稳压电源或电压表标定用电压源 一台。

### 准备：

1. 将可调电压源接到机油压力测量通道输入端。将数字电压表并接在通道输入端。



### 机油压力通道校正时的联接

2. 将测控仪通电并使之进入校正状态。接通稳压电源和数字电压表电源。
3. 在校正状态用校正参数选择旋钮将机油压力显示窗置为闪烁状态,表示机油压力为当前被校正参数。此时零位指示窗显示的为机油压力的当前零点校正值,校正系数指示窗显示的为当前机油压力的增益校正系数。

#### 标定：

按下表输入热要求,从零点开始由小到大,逐点调整电压源输出电压,使数字电压表读数偏差不超过  $\pm 10\mu\text{V}$ 。并逐点记录电压表读数为  $V_i$ ,测控仪排气温度示值为  $t_i$ 。

序号 变量	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
标称压力 $P_{0i}$ (kPa)	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
标称电压 $V_{Ti}$ (V)	0.500	0.900	1.300	1.700	2.100	2.400	2.700	3.100	3.400	3.700
电压表读数 $V_i$ (V)										
测控仪示值 $P_i$ (kPa)										


#### 测试数据处理

按下式计算增益校正量：


$$k=1000X(1-250X V_i / ( P_i - P_0 ))$$

计算出的  $k$  值即为在原增益校正系数基础上应校正的档数。

#### 增益校正

将  $k$  值四舍五入后加上原校正系数,即为新的校正系数值。用校正系数调节旋钮输入新的校正系数,确认无误后按确认  按钮,测控仪记忆新的机油压力增益校正系数并按新的校正系数显示机油压力测量值。

#### 零点校正

在校正完增益后,将输入电压调到 0.500V,待读数稳定后按零点校正  按钮,测控仪记忆新的机油压力零点校正值,并显示校零后的机油压力测量值。

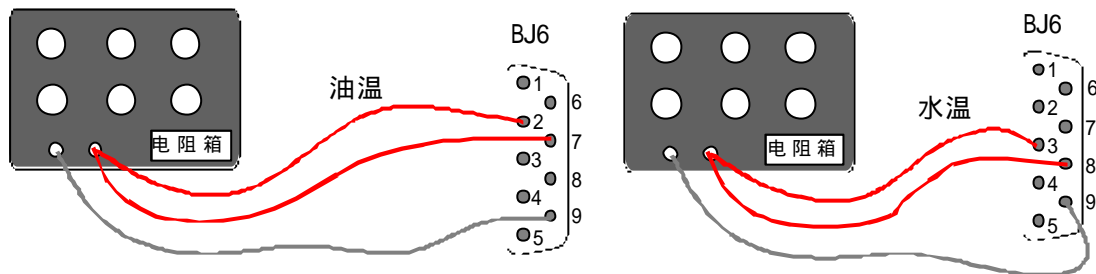
### 7.1.5 油温、水温测量通道的校正

#### 所需校验设备：

0.1 分度的直流电阻箱 一台；

#### 准备：

1. 将电阻箱接到待校正的温度测量通道输入端。如在现场标定，为最大限度的减少引线电阻对测量结果的影响，最好将电阻箱在传感器的位置接入。
2. 将测控仪通电并使之进入校正状态。
3. 在校正状态用校正参数选择旋钮将需校正的温度显示窗置为闪烁状态，表示该温度为当前被校正参数。此时零位指示窗显示的为该温度的当前零点校正值，校正系数指示窗显示的为当前该温度的增益校正系数。



油温和水温通道校正时的联接

#### 标定：

1. 将电阻箱阻值调整到 100  $\Omega$ ，记录测控仪温度示值为  $t_0$ ；
2. 将电阻箱阻值调整到 138.5  $\Omega$ ，记录测控仪温度示值为  $t_{100}$ 。


#### 测试数据处理

按下式计算增益校正量：

$$k=1000-10X(t_{100}-t_0)$$

计算出的 k 值即为在原增益校正系数基础上应校正的档数。

#### 增益校正

将 k 值四舍五入后加上原校正系数，即为新的校正系数值。用校正系数调节旋钮输入新的校正系数，确认无误后按确认  按钮，测控仪记忆新的温度增益校正系数并按新的校正系数显示温度测量值。

#### 零点校正

在校正完增益后，将电阻箱阻值调整到 100  $\Omega$ ，待读数稳定后按零点校正  按钮，测



控仪记忆新的零点校正值，并显示校零后的温度值。

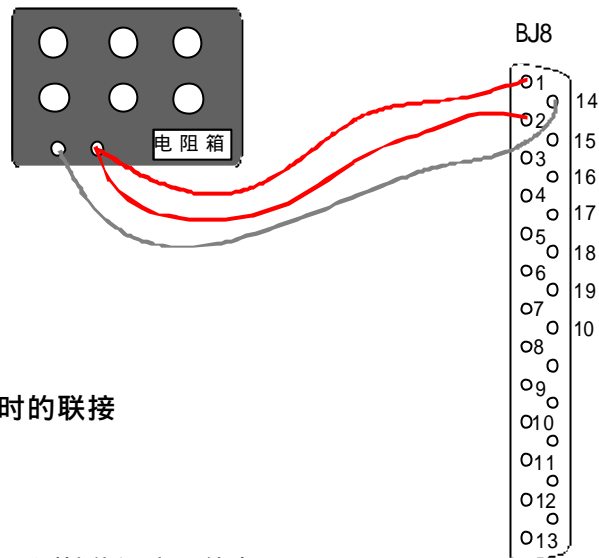
### 7.1.6 气温测量通道的校正

#### 所需校验设备：

0.1 分度的直流电阻箱 一台；

#### 准备：

1. 将电阻箱接到待校正的温度测量通道输入端。如在现场标定，为最大限度的减少引线电阻对测量结果的影响，最好将电阻箱在传感器的位置接入。
2. 将测控仪通电并使之进入校正状态。
3. 在校正状态用校正参数选择旋钮将大气温度显示窗置为闪烁状态，表示大气温度为当前被校正参数。此时零位指示窗显示的为大气温度的当前零点校正值，校正系数指示窗显示的为当前大气温度的增益校正系数。



气温通道校正时的联接

#### 标定：

1. 将电阻箱阻值调整到 100  $\Omega$ ，记录测控仪温度示值为  $t_0$ ；
2. 将电阻箱阻值调整到 130.8  $\Omega$ ，记录测控仪温度示值为  $t_{80}$ 。


#### 测试数据处理

按下式计算增益校正量：


$$k=1000-10X(t_{80}-t_0)$$

计算出的 k 值即为在原增益校正系数基础上应校正的档数。

#### 增益校正

将 k 值四舍五入后加上原校正系数，即为新的校正系数值。用校正系数调节旋钮输入新的校正系数，确认无误后按确认  按钮，测控仪记忆新的大气温度增益校正系数并按新的校正系数显示大气温度测量值。

#### 零点校正

在校正完增益后，将电阻箱阻值调整到 100  $\Omega$ ，待读数稳定后按零点校正  按钮，测控仪记忆新的零点校正值，并显示校零后的大气温度值。

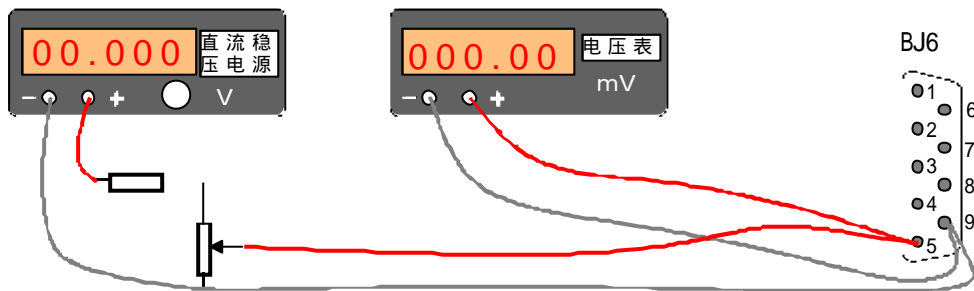
### 7.1.7 排温测量通道的校正

#### 所需校验设备：

- 1.分辨率为 1 $\mu$ V，准确度为 10 $\mu$ V 的高精度直流数字电压表 一台；
- 2.高稳定度低压直流可调稳压电源或电压表标定用电压源 一台。

#### 准备：

- 1.将可调电压源接到排气温度测量通道输入端。如用稳压电源做标定电压源，则应在电源输出端加接分压电路，使输入电压调整范围在 0-40mV 范围。将数字电压表并接在测温通道输入端。
- 2.将测控仪通电并使之进入校正状态。接通稳压电源和数字电压表电源。
- 3.在校正状态用校正参数选择旋钮将排气温度显示窗置为闪烁状态，表示排气温度为当前被校正参数。此时零位指示窗显示的为排气温度的当前零点校正值，校正系数指示窗显示的为当前排气温度的增益校正系数。



排温通道校正时的联接

#### 标定：

按下表要求调整电压源，从零开始由小到大，逐点输入热电势值，使数字电压表读数偏差不超过  $\pm 10\mu$ V。并逐点记录电压表读数为  $V_i$ ，测控仪排气温度示值为  $t_i$ 。

排温标定记录表

序号 变量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
温度 $t_{0i} ( )$	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
输入热电势 $V_{Ti} (mV)$	0mV	4.095	8.187	12.207	16.395	20.640	24.902	29.128	33.277	37.325
电压表读数 $V_i (mV)$										
测控仪示值 $t_i ( )$										


**测试数据处理**

按下式计算增益校正量：


$$k=1000 \times (1-800/33.277 \times V_i / (t_i - t_0))$$

计算出的 k 值即为在原增益校正系数基础上应校正的档数。

**增益校正**

将 k 值四舍五入后加上原校正系数，即为新的校正系数值。用校正系数调节旋钮输入新的校正系数，确认无误后按确认  按钮，测控仪记忆新的大气温度增益校正系数并按新的校正系数显示大气温度测量值。

**零点校正**

在校正完增益后，将输入电压调到 0mV，待读数稳定后按零点校正  按钮，测控仪记忆新的排温零点校正值，并显示校零后的排气温度值。

**7.1.8 测控仪测量通道的远程校正**

为简化校正过程，测控仪可通过串行接口由上位计算机对各测量通道进行校正。具体方法详见有关软件使用说明书（该软件需由用户另行购买）。