



中华人民共和国国家标准

GB/T 6072.4—2012/ISO 3046-4:2009
代替 GB/T 6072.4—2000

往复式内燃机 性能 第4部分:调速

Reciprocating internal combustion engines—Performance—
Part 4:Speed governing

(ISO 3046-4:2009, IDT)

2012-09-03 发布

2013-01-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目次

前言 Ⅲ

1 范围 1

2 术语、定义、符号和脚标 1

 2.1 调速系统 1

 2.2 调速参数 1

 2.3 发动机稳态转速 3

 2.4 动态转速特性 5

 2.5 符号和脚标 6

3 调速系统的分级 7

4 动态转速特性 7

5 其他规则和附加要求 7

6 调速系统的技术要求 7

7 调速系统的试验 8

8 调速系统的性能分级和稳态限值 8

参考文献 12

前 言

GB/T 6072《往复式内燃机 性能》由以下各部分组成:

- 第1部分:功率、燃料消耗和机油消耗的标定及试验方法 通用发动机的附加要求;
- 第3部分:试验测量;
- 第4部分:调速;
- 第5部分:扭转振动;
- 第6部分:超速保护。

本部分是 GB/T 6072 的第4部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 6072.4—2000。与 GB/T 6072.4—2000 相比,主要内容变化如下:

- 删除了规范性引用文件,增加了参考文献;
- 将术语、定义、符号、脚标整合为一章,并对内容进行了重新编辑;
- 增加、删除或修改了部分术语和定义。

本部分使用翻译法等同采用 ISO 3046-4:2009《往复式内燃机 性能 第4部分:调速》(英文版)。

本部分做了下列编辑性修改:

- 订正了表1脚注的内容;
- 补充了公式编号;
- 参考文献改用与国际标准有对应关系的我国标准表示。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国内燃机标准化技术委员会(SAC/TC 177)归口。

本部分起草单位:玉柴机器股份有限公司、潍柴动力股份有限公司、上海内燃机研究所、雪龙集团有限公司。

本部分主要起草人:陆寿域、王建平、陈云清、计维斌、邓斌、胡惠祥、乔亮亮、郭华、莫宗华、陈民忠。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 6072.4—2000。

往复式内燃机 性能 第4部分:调速

1 范围

GB/T 6072 的本部分规定了往复式内燃机调速系统要求和参数的分级,以及典型发动机转速的术语和定义。特殊用途发动机可提出附加要求。

GB/T 6072 的本部分适用于陆用、铁路牵引和船用往复式内燃机,但不包括驱动筑路机械、土方机械、农业和工业用拖拉机、道路车辆和航空用发动机,也不包括自调式发动机和仅要求限制最高转速或最大供油量的发动机。

GB/T 6072 的本部分规定了压燃式发动机(柴油机)的要求,对火花点燃式发动机和双燃料发动机可提出特殊要求。

注1: 往复式内燃机交流发电机组调速系统的性能和参数参见 GB/T 2820.2 和 GB/T 2820.5。

注2: 与超速保护装置有关的典型发动机转速的术语和定义参见 GB/T 6072.6。

2 术语、定义、符号和脚标

下列术语、定义、符号和脚标适用于本文件。

注: 有关超速装置的术语和定义参见 GB/T 6072.6。

2.1 调速系统

2.1.1

发动机调速器 engine speed governor

在发动机特定工况下,通过实际转速与整定转速的比对,对输入发动机的燃料量进行修正,以调节发动机的实际转速,使其趋近整定转速的装置。

注1: 参见 GB/T 6809.7—2009 中 3.1.1。

注2: 调速器可按以下分类:

- a) 按转速感应和输出信号放大(参见 GB/T 6809.7—2009,3.3.1);
- b) 按动态特性(传递函数)(参见 GB/T 6809.7—2009,3.6.2);
- c) 按与发动机用途相关的功能(参见 GB/T 6809.7—2009,3.3.3)。

2.1.2

转速整定装置 speed-setting device

根据用途或所需调节的类别,可调节调速器设定点的装置。

注: 改写 GB/T 6809.7—2009,定义 3.1.2。

2.1.3

扭矩校正 torque control

在转速低于发动机标定转速下,对从燃料喷射系统获得的最大自然供油量曲线所作的修正。

注: 改写 GB/T 6809.7—2009,定义 3.5.3。

2.2 调速参数

2.2.1

标定调速率 declared speed droop

$\delta n_{st,r}$

标定空载转速与标定功率时标定转速的差值。用固定整定转速时标定转速的百分数表示。用式(1)计算:

$$\delta n_{st,r} = \frac{n_{i,r} - n_r}{n_r} \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:
 n_r —— 标定转速;
 $n_{i,r}$ —— 标定空载转速。

注: 参见表 1、图 4 和图 5。

2.2.2 并联运行的负载分配 load sharing in parallel operation

ΔP
单台发动机承担的功率比例与所有发动机承担的总标定功率之差,用百分数表示,按式(2)计算:

$$\Delta P = \left[\frac{P_a}{P_r} - \frac{\sum P_a}{\sum P_r} \right] \times 100 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:
 P_a —— 单台发动机的实际输出功率;
 P_r —— 单台发动机的标定功率。

2.2.3 最大作用力 maximum force

在任意规定行程位置时,调速器输出端的作用力最大值。
[GB/T 6809.7—2009,定义 3.4.1]

2.2.4 最大扭矩 maximum torque

在任意规定行程位置时,调速器输出轴的扭矩最大值。
[GB/T 6809.7—2009,定义 3.4.2]

2.2.5 转速整定范围 range of speed setting

Δn_s
由转速整定装置决定的最低可调空载转速与最高可调空载转速之差。
注: 参见 2.3.7 和 2.3.10。

2.2.6 转速整定变化率 rate of change of speed setting

在转速整定范围内可以使整定转速改变的速率,用标定转速的百分数表示,用式(3)计算。

$$V_n = \frac{n_{i,max} - n_{i,min}}{n_r t} \times 100 \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:
 n_i —— 空载转速;
 n_r —— 标定转速;
 t —— 时间。

注 1: 参见 GB/T 2820.2—2009,第 3 章。
注 2: 对船用主机,转速整定变化率按具体用途、制造厂和(或)客户要求而定(例如对操纵和常规加速/减速均有不同的转速整定变化率)。

2.2.7 调速器输入信号 speed governor input signal

用以度量发动机瞬时转速而输入调速器的信号。
注: 改写 GB/T 6809.7—2009,定义 3.2.1。

2.2.8

调速器输出信号 speed governor output signal

用以调节供油量而由调速器输出的信号。

注：改写 GB/T 6809.7—2009, 定义 3.2.2。

2.2.9

稳态转速波动率 steady state speed band

β_n

在恒定功率下, 转速围绕其平均值波动的包络线宽度 Δn , 用标定转速 n_r 的百分数表示, 用式(4)计算:

$$\beta_n = \frac{\Delta n}{n_r} \times 100 \dots\dots\dots (4)$$

- 注 1: 参见图 6。
- 注 2: 往复式内燃机在整个运行范围内的稳态转速波动率的运行限值, 取决于功率输出和发动机与从动机的连接与否, 并且还与往复式内燃机的标定转速有关。
- 可以区分为下列几种情况:
- a) 发动机与从动机械连接:
 - 1) $n < 0.5 n_r$;
 - 2) $n \geq 0.5 n_r$ 和 $P \geq 0.25 P_r$;
 - 3) $n \geq 0.5 n_r$ 和 $P < 0.25 P_r$ 。
 - b) 发动机不与从动机械连接, 并按最低可调控空载转速运转。

图 1~图 3 所示曲线系根据经验绘制而成。也可按式(5)用百分率表示:

$$\beta_n = c n_r^{-m} \dots\dots\dots (5)$$

式中 c 和 m 在 a)、b) 规定情况下的值列于表 1 中。

注 3: c 和 m 的值取决于系统的转动惯量、调速器的能力和发动机在整个转速范围内的功率输出。因此, 仅对最终用户有用。

2.2.10

工作能力 work capacity

将调速器输出轴或拉杆推至有效全行程时, 调速器所提供的最大有用功。

2.3 发动机稳态转速

2.3.1

标定空载转速 declared no load speed

高怠速 high idling speed

$n_{i,r}$

当转速整定在标定转速时的发动机空载稳定转速。

2.3.2

标定转速 declared speed

n_r

发动机发出标定功率时的转速。

[GB/T 1883.1—2005, 定义 11.1.2]

2.3.3

接合转速 engaging speed

n_c

从动机械与发动机连接时的发动机转速。

2.3.4

发动机转速 engine speed

n

规定时间内曲轴旋转的转数。

[GB/T 1883.1—2005, 定义 11.1]

2.3.5

快怠速 fast idling speed

$n_{i,f}$

提高的最低可调空载转速。

注：该转速常常用于发动机的冷启动和预热时。采用手动或自动调整可达到。

[GB/T 6809.7—2009, 定义 3.6.1.13]

2.3.6

着火转速 firing speed

n_{sf}

利用与燃料供给系统分开的外部能源,将发动机从静止状态加速到可以自行运转的发动机转速。

[GB/T 1883.1—2005, 定义 11.1.5]

注：着火转速(和起动转速)取决于发动机起动时的温度和工作条件及所采用的起动系统。

2.3.7

超载转速时的最高可调空载转速 highest adjustable no-load speed based on overload speed

$n_{i,ov}$

将转速整定在超载转速时的发动机最高空载稳定转速。

注：对发电机组,此转速可由调速器的转速整定装置选定(参见 GB/T 2820.2)。

2.3.8

怠速 idling speed

发动机空载时的稳态转速。

注：改写 GB/T 1883.1—2005, 定义 11.1.4。

2.3.9

最低可调转速 lowest adjustable speed

$n_{p,min}$

当发动机与从动机连接并按螺旋桨曲线或另行规定的功率曲线运行时,可由转速整定装置选定的发动机最低稳定转速。

2.3.10

最低可调空载转速 lowest adjustable no-load speed

低怠速 low idling speed

$n_{i,min}$

当转速整定在最低可调转速时的发动机最低空载稳定转速。

注 1：对发电机组,此转速由调速器的转速整定装置选定(参见 GB/T 2820.5)。

注 2：改写 GB/T 6809.7—2009, 定义 3.6.1.8。

2.3.11

最低满载持续转速 lowest continuous full-load speed

$n_{f,l}$

发动机在满载(油量操纵杆置于额定功率)时的最低允许稳定转速。

2.3.12

部分功率最低持续转速 lowest continuous at partial power

$n_{p,l}$

发动机按螺旋桨曲线或另行规定的功率曲线运行时的最低允许持续稳定转速。

2.3.13

空载转速 no-load speed

n_i

最大扭矩转速 speed at maximum torque

n_{tq}

发动机在最大供油量位置时(包括可能有附加扭矩校正油量)按最大扭矩运行的转速。

2.3.14

部分功率转速时的空载转速 no-load speed based on speed at partial power

$n_{i,p}$

将发动机转速整定在部分功率转速 n_p 时的空载稳定转速。

2.3.15

超载转速 overload speed

n_{ov}

发动机发出由制造厂标定的超载功率时的转速。

2.3.16

部分功率转速 speed at partial power

n_p

发动机在标定转速与最低可调转速之间的稳定转速。

2.3.17

起动转速 starting speed

n_s

当燃料齿条置于止点位置时,用起动系统使发动机(和与其机械连接的辅助设备一起)能加速达到的最高转速。

注1: 起动转速(和着火转速)取决于发动机起动时的环境温度和运行条件及起动装置的类型。

注2: 起动转速会受辅助装置功率要求的影响,因而会比着火转速高。

2.4 动态转速特性

2.4.1

上冲转速 overshoot speed

$n_{d,max}$

当功率从大到小或转速从低到高变化时出现的最高瞬时转速。

注: 改写 GB/T 6809.7—2009, 定义 3.6.2.2。

2.4.2

加载时转速回复时间 speed recovery time on load increase

$t_{n,in}$

减载时转速回复时间 speed recovery time on load decrease

$t_{n,de}$

在规定负载变化后,转速偏离稳态转速波动率到再次持久进入新转速下规定的稳态转速波动率之间的时间间隔。

2.4.3

加载时(－)或减载时(＋)瞬态转速差(按初始转速计) transient speed difference(from initial speed)on load increase(－) or on load decrease(＋)

δn_{dyn}

在随负载改变的调速过程中,下冲转速(或上冲转速)与初始转速的瞬时转速差。

注:瞬态转速差用初始转速的百分比表示,加载时为负值,减载时为正值,分别用式(6)和式(7)计算:

$$\delta n_{\text{dyn}}^- = \frac{n_{\text{d,min}} - n_{\text{i,p}}}{n_{\text{p}}} \times 100 \dots\dots\dots (6)$$

$$\delta n_{\text{dyn}}^+ = \frac{n_{\text{d,max}} - n_{\text{i,p}}}{n_{\text{p}}} \times 100 \dots\dots\dots (7)$$

2.4.4

下冲转速 undershoot speed

$n_{\text{d,min}}$

当功率从小到大或转速从高到低变化时出现的最低瞬时转速。

注:改写 GB/T 6809.7—2009,定义 3.6.2.1。

2.5 符号和脚标

2.5.1 符号

下列符号适用于本文件。

- c —— 计算稳态转速波动率的常数
- m —— 计算稳态转速波动率的指数常数
- P_{a} —— 单台发动机的实际输出功率
- P_{r} —— 单台发动机的标定(额定)输出功率
- Δn —— 恒定功率时转速在平均值上下波动的包络线宽度
- ΣP_{a} —— 并联运行时全部发动机实际输出的功率总和
- ΣP_{r} —— 并联运行时全部发动机的标定(额定)功率总和

2.5.2 脚标

下列脚标适用于本文件。

- a —— 实际的
- c —— 联机的
- de —— 减少
- dyn —— 动态
- f —— 满载
- i —— 空载(怠速)
- in —— 增加
- l —— 最低
- n —— 转速
- ov —— 超载
- p —— 部分负载
- r —— 标定(额定)
- s —— 起动
- sf —— 着火

st ——静态偏差(调速率)

tq ——扭矩

3 调速系统的分级

3.1 调速系统应按下列特性或品质进行分级和评定：

- a) 输出信号的转速敏感性和放大作用；
- b) 动态特性(传递功能)；
- c) 与发动机用途相关的功能。

另外,应明确所用转速整定装置的类型。

3.2 压燃式发动机调速系统示例见图 4 和图 5。往复式发动机恒速运行的示例参见 GB/T 2820.2—2009 中图 1。

4 动态转速特性

动态转速特性(见图 6)取决于：

- a) 往复式内燃机是否装有涡轮增压系统；
- b) 往复式内燃机在标定功率时的制动平均有效压力(P_{me})；
- c) 调速器特性；
- d) 从动机械的工作特性；
- e) 往复式内燃机和从动机械的转动惯量；
- f) 往复式内燃机与从动机械之间的连接。

由于发动机制造厂不知道从动机械的工作特性,本部分无法提出发动机瞬态特性的技术要求或评价数值。

5 其他规则和附加要求

下面规定了除第 6 章~第 8 章所述外的附加要求。

——对必须符合船级社规范的船舶和海上设施用发动机,应遵守船级社的附加要求。客户在订货前应指明该船级社。

——对不定级发动机,这些附加要求在所有情况下均应由制造厂与客户共同商定。

如需满足其他有关当局,例如检测或立法机构规定的特殊要求,客户在订货前应指明该主管部门。

任何进一步的附加要求应经制造厂与客户共同商定。

6 调速系统的技术要求

客户或发动机制造厂应根据第 8 章要求,规定调速系统的运行限值和精度要求。通常由发动机制造厂选择调速系统来满足这些要求。

转速整定范围 Δn_s 应视发动机用途(见图 4 和图 5)由发动机制造厂与客户共同商定。

全部发动机在单根轴上并联运行时,发动机的负载分配取决于调速率和所装调速器整定装置的精度。利用自动负载分配装置可降低限定值。当调节调速器和转速整定装置时,发动机在最低可调转速时的最小功率和在标定转速时的标定功率的限定值都较小。为使负载分配时保持限定值,调速率应在表 1 规定限值范围内。

7 调速系统的试验

调速系统应在验收或必要时进行试验,也可按合同商定由发动机与从动机联机运行时进行试验(参见 GB/T 6072.1)。试验时应检验并记录各项限值。

8 调速系统的性能分级和稳态限值

调速系统的动态特性取决于用途和从动机械,GB/T 6072 的本部分只规定了稳态限值(见表 1)。发电机组的限值参见 GB/T 2820.2—2009 的第 16 章。

调速精度要求按下列 4 种性能等级进行确定:

- M1:在发动机宽广转速范围内要求调速精度较低(见图 1);
- M2:在发动机宽广转速范围内要求调速精度一般(见图 2);
- M3:在发动机宽广转速范围内要求调速精度较高(见图 3);
- M4:调速精度要求由制造厂与客户共同商定。

客户应选用能满足要求的最低性能等级。

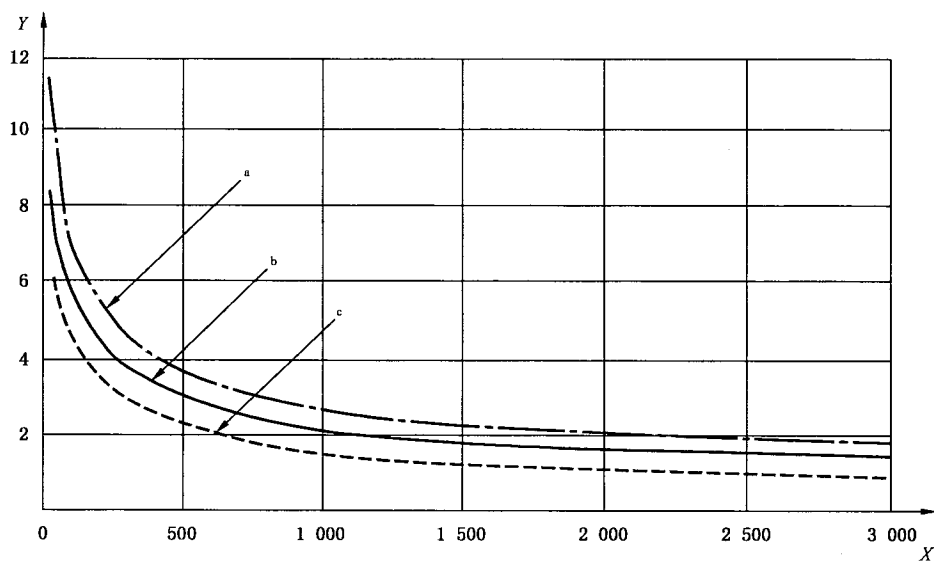
注:调速器工作特性精度会受调速器热漂移和往复式内燃机负载变化的影响。因此,假定所有测量均在稳定温度和稳定负载下进行。

发动机制造厂应指明在表 1 规定的限值范围内发动机从起动到可控所需的正常时间。

如根据发动机用途无需规定该时间或需缩短该时间,则该时间和所需采取的技术措施应由发动机制造厂与客户共同商定。

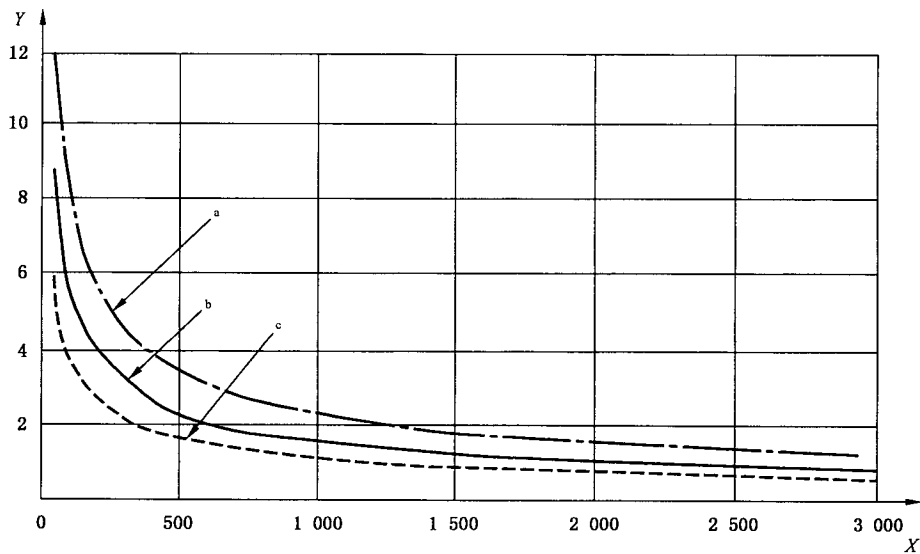
表 1 运行限值

参 数	符号	单位	性能等级下的运行限值						
			M1		M2		M3		M4
标定调速率 ^a (见 2.2.1)	$\delta n_{st,r}$	%	≤ 15		≤ 10		≤ 5		AMC ^b
稳态转速波动率(见 2.2.9)	β_n	%	见图 1		见图 2		见图 3		AMC ^b
发动机与从动机械连接时的稳态波动率	—	—	<i>c</i>	<i>m</i>	<i>c</i>	<i>m</i>	<i>c</i>	<i>m</i>	AMC ^b
$n < 0.5n_r$	—	—	48	0.440	70	0.545	48	0.530	AMC ^b
$n \geq 0.5n_r$ 和 $P \geq 0.25P_r$ ^c	—	—	39	0.455	49	0.540	40	0.550	AMC ^b
$n \geq 0.5n_r$ 和 $P < 0.25P_r$ ^c	—	—	48	0.440	70	0.545	48	0.530	AMC ^b
发动机不与从动机械连接并以空载最低可调转速运行时的稳态转速波动率	—	—	68	0.460	104	0.550	63	0.530	AMC ^b
转速整定变化率(见 2.2.6)	V_n	%/s	AMC ^b		AMC ^b		AMC ^b		AMC ^b
并联运行的负载分配(几台发动机驱动一根轴 ^b)(见 2.2.2)	ΔP	%	≤ 10		≤ 10		≤ 10		AMC ^b
对用轴驱动发电机组的动力装置,瞬态转速变化率和负载分配(与发电机组并联工作时)应由制造厂和客户商定。									
^a 某些用途无标定调速率(即无差控制)。									
^b 由制造厂与客户商定。									
^c 由于技术条件关系(例如各发动机功率输出各不相同,而转速控制特性无法完全适应并联运行),可由制造厂与客户协商规定较大的 ΔP 值。但在这种情况下,不得超过小发动机在相应工况下允许输出的功率。									



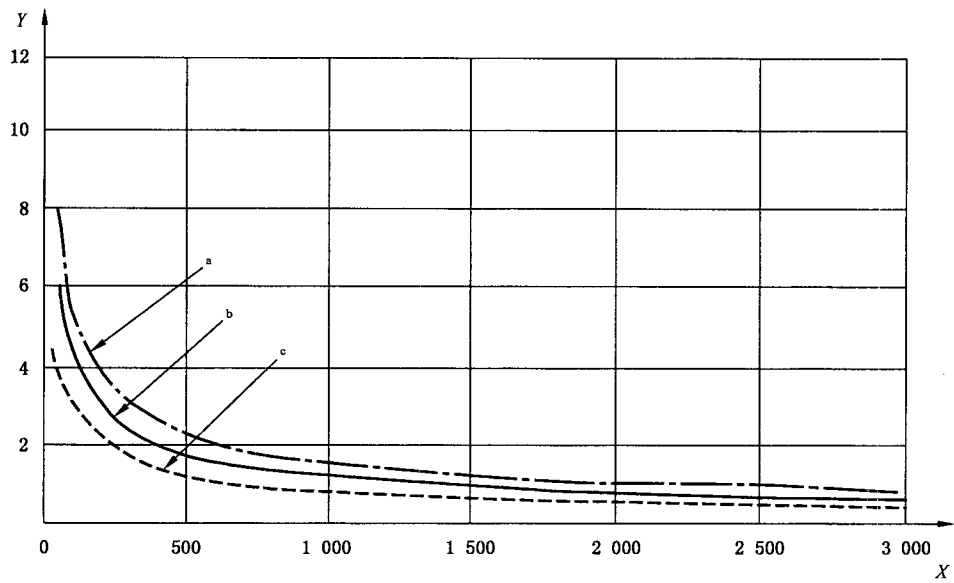
标号说明：
X——标定转速， $n_r(\text{min}^{-1})$ ；
Y——稳态转速波动率， $\beta_a(\%)$ 。
^a 发动机不与从动机械连接。
^b $n < 0.5n_r$ ，或 $n \geq 0.5n_r$ 和 $P < 0.25P_r$ 。
^c $n \geq 0.5n_r$ 和 $P \geq 0.25P_r$ 。

图 1 性能等级 M1 的运行限值



标号说明：
X——标定转速， $n_r(\text{min}^{-1})$ ；
Y——稳态转速波动率， $\beta_a(\%)$ 。
^a 发动机不与从动机械连接。
^b $n < 0.5n_r$ ，或 $n \geq 0.5n_r$ 和 $P < 0.25P_r$ 。
^c $n \geq 0.5n_r$ 和 $P \geq 0.25P_r$ 。

图 2 性能等级 M2 的运行限值



标号说明：

X——标定转速， n_r (min^{-1})；

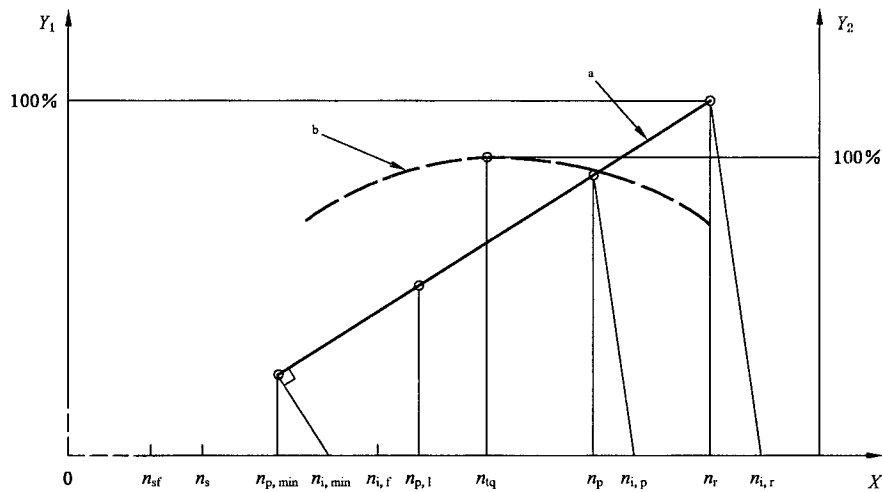
Y——稳态转速波动率， β_n (%)。

^a 发动机不与从动机械连接。

^b $n < 0.5n_r$ ，或 $n \geq 0.5n_r$ 和 $P < 0.25P_r$ 。

^c $n \geq 0.5n_r$ 和 $P \geq 0.25P_r$ 。

图 3 性能等级 M3 的运行限值



标号说明：

X ——发动机转速， n (min^{-1})；

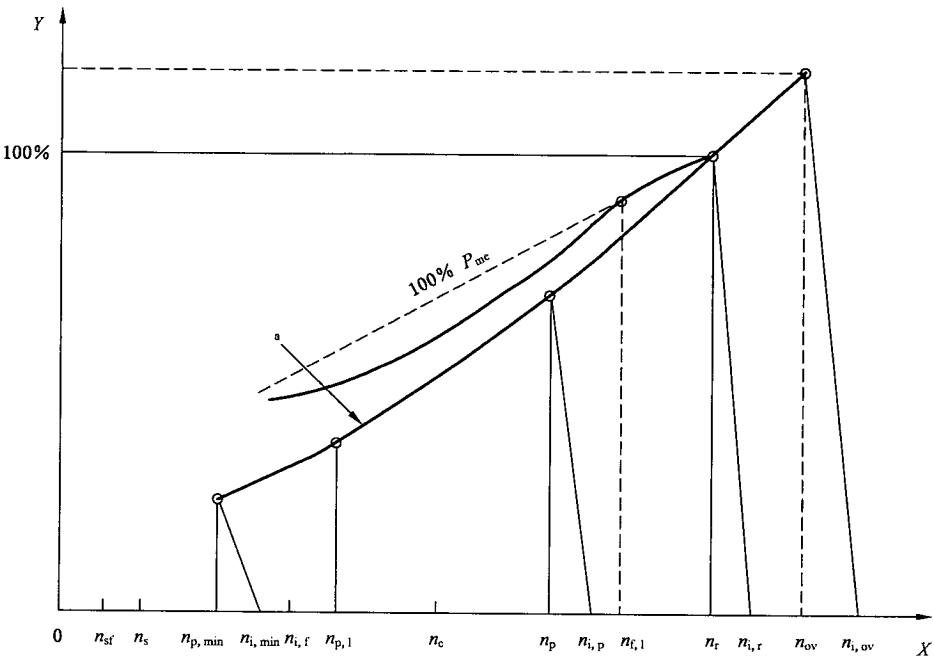
Y_1 ——发动机功率；

Y_2 ——发动机扭矩。

^a 发动机功率曲线。

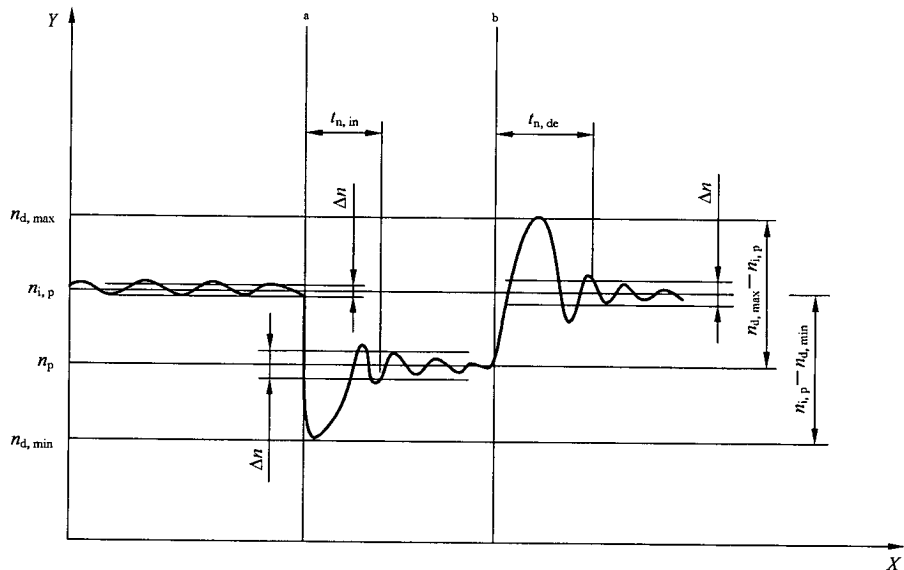
^b 发动机扭矩曲线。

图 4 操纵杆在规定位置时的压燃式发动机



标号说明：
X——发动机转速， $n(\text{min}^{-1})$ ；
Y——发动机功率。
a 标称螺旋桨曲线。

图 5 使用固定螺距螺旋桨的压燃式发动机



标号说明：
X——时间， $t(\text{min})$ ；
Y——发动机转速， $n(\text{min}^{-1})$ 。
a 功率增加。
b 功率减小。

图 6 动态转速特性

参 考 文 献

- [1] GB/T 1883.1—2005 往复式内燃机 词汇 第1部分:发动机设计和运行术语
 - [2] GB/T 2820.2—2009 往复式内燃机驱动的发电机组 第2部分:发动机
 - [3] GB/T 2820.5—2009 往复式内燃机驱动的发电机组 第5部分:发电机组
 - [4] GB/T 6072.1 往复式内燃机 性能 第1部分:功率、燃料消耗和机油消耗的标定及试验方法 通用发动机的附加要求
 - [5] GB/T 6072.6 往复式内燃机 性能 第6部分:超速保护
 - [6] GB/T 6809.7—2009 往复式内燃机 零部件和系统术语 第7部分:调节系统
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
往复式内燃机 性能 第 4 部分:调速
GB/T 6072.4—2012/ISO 3046-4:2009

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100013)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)
网址 www.spc.net.cn
总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235
读者服务部:(010)68523946
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

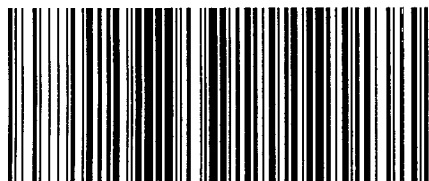
*

开本 880×1230 1/16 印张 1.25 字数 26 千字
2013 年 1 月第一版 2013 年 1 月第一次印刷

*

书号: 155066 · 1-45929 定价 21.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 6072.4-2012