

第 1 节 总则和规定

A. 总则

1. 本机械装置建造规范适用于在德国劳氏船级社 (GL) 入级的船舶推进装置以及对船舶的运行和安全为必需的所有辅助机械和设备。

本规范也适用于经本社确认为与已入级者等效的机械。

2. 除以下详述的机械和设备外, 本规范还分别适用于对船舶或其货物的安全为必需的其它机械和设备。

3. 与本机械装置建造规范不符的设计, 只要这种设计经过本社进行适用性考核并确认是等效的, 也可以获得认可。

4. 按照新的原理研制和/或未经在船上充分试用的机械设备须取得本社的特别认可。

如果不能按 3 提供其适用性和等效的充分可靠的证据, 则这些机械将标以附加船级符号“exp.”, 并须加强观测。

5. 对 3 和 4 中所述的情况, 本社有权要求提交补充文件和进行专门使用检验。

6. 除本规范规定的要求外, 在由于发现了新问题或由于运行经历而需要提出要求时, 本社有权对所有各类机械设备提出进一步要求, 或者当本社认为有特殊理由时, 本社可以允许偏离本规范。

7. 本社规范以外的国家规范或规则不受影响。

B. 送审文件

1. 在开工建造之前, 应按照本章以下各节中规定的送审范围, 向 GL 提交机械装置的总布置图以及须经受检验的部件和装置的所有图样, 一式三份。

2. 图样上须载明审查所需要的全部数据。必要时, 应提交该装置的计算和说明。

3. 送审文件一经本社认可, 便对此工作的执行具有约束力, 其后的任何修改须在实施前经本社认可方能生效。

C. 环境条件

1. 运行条件, 一般要求

1.1 船上所有机械、设备和装置的选择、布置和安装应确保其在表 1.1~1.4 规定的环境条件下能无故障持续运行。

1.2 须考虑船体变形对机械装置的影响。

表 1.1 倾斜

装置、部件	倾斜角[°] ²			
	横向		纵向	
	静态	动态	静态	动态
主机和辅机	15	22.5	5	7.5
船舶安全设备、例如应急发电装置、应急消防泵及其驱动设备	22.5 ³	22.5 ³	10	10
配电装置、电气和电子设备 ¹ 以及遥控系统				
<p>¹ 倾斜角不超过 45° 时不应发生开关误动作或功能变化。</p> <p>² 横倾和纵倾可能同时出现。</p> <p>³ 在液化气和化学品运输船上，由于进水使船的最后横倾达到 30° 时，应急电源也必须维持工作。</p>				

表 1.2 水温

冷却介质	温度 (°C)
海水	+32 ¹
进入增压空气冷却器的增压空气冷却介质	见第 2 节 A.2
<p>¹ 对只在特殊水域使用的船舶，本社可同意取较低水温。</p>	

表 1.3 空气温度

大气压力=1000mbar

相对湿度=60%

装置、部件	安装位置	温度范围 (°C)
机械和电气装置 ¹	在围蔽处所	0~+45 ²
	在机械部件上	按照所在部位的特定条件
	在锅炉上	
	在高温或低温的处所内	
	在露天甲板上	-25~+45
<p>¹ 电子设备应按照确保在+55°C持续高温下无故障工作进行设计和检验。</p> <p>² 对指定只在特殊水域使用的船舶，本社可同意取较低的空气温度。</p>		

表 1.4 其它环境条件

位置	条件
在所有处所	有耐油气和盐雾空气的能力
	在表 1.3 所列的温度范围内以及在温度为 45°C，相对湿度 100%的条件下能无故障工作
	有经受凝结水的能力
在特殊保护的 控制室内	温度为 45°C，相对湿度为 80%
在露天甲板上	有经受暂时海水淹没和含盐水喷淋的能力

2. 振动

2.1 一般要求

2.1.1 机械、设备和船体结构通常承受振动载荷。在各种情况下，其设计、建造和安装都必须考虑这些载荷。

振动载荷不应危及各个部件的长期无故障使用。

2.1.2 如一部机器或一台设备在运转中产生振动，则振动的强度应不超过规定的限值。此规定的目的是为了防止振动机体、被连接组件、外部设备和船体部件因承受附加的、过大的振动载荷而导致过早故障或失效。

2.1.3 下述规定运用于频率为 2~300Hz 的振动。基本假定是：振荡频率为 2 Hz 以下的振动可认为是刚体振动，而振荡频率在 300 Hz 以上的振动通常只在局部出现，可认为是结构噪声。如在特殊情况下，这种假设不成立（例如：由单齿啮合频率在 300 Hz 以上的齿轮泵引起的振动），则类似地采用下述规定。

2.1.4 必须注意振动机体在整个运转范围内的振动载荷。

如果振动是由发动机引起的，则必须对发动机的整个转速范围及其整个功率范围（如合适）予以考虑。

2.1.5 下述方法大体上是标准化的。对振动载荷或振动机体振谱强度规定一替代量（参见 2.2.1）。此替代量可以与许用值或保用值相比较以验证其可用性。

2.1.6 2.1.5 中所述的方法只对实际情形作了不完全的考虑，目的是评定真实的交变载荷和交变力。在实际载荷与各替代量（机架外部的振幅、振动速度和振动加速度）之间并不存在简单关系。尽管如此，由于此方法似乎是目前唯一的一种可行的方法，因此我们仍采用它。鉴于这些原因，须明确指出只要相对于相关限值所使用的替

代量不超过这些限值，则由替代量的大小不能得出关于机器部件载荷或可靠性的任何结论，尤其是不能通过比较在发动机机架处测量的替代量来比较不同的活塞机的部件的载荷。

2.1.7 对于活塞机，下列说明仅适用于那些输出功率超过 100kW，且转速在 3000rpm 以下的机器。

2.2 评估

2.2.1 在评估机械、设备和船体结构所受的振动载荷时，振动速度 \hat{v} 一般用来作为主振动载荷的衡准。在评定振动机体产生的振谱强度时也使用同一衡准（参见 2.1.2）。

对于纯正弦振动的情况，振动速度的有效值 v_{eff} 可由下式计算：

$$v_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \hat{s} \cdot \omega = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \hat{v} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\hat{a}}{\omega} \quad (1)$$

式中：

\hat{s} — 振动位移幅值；

\hat{v} — 振动速度幅值；

v_{eff} — 振动速度的有效值；

\hat{a} — 振动加速度幅值；

ω — 振动角速度。

对于有多个谐振分量（1, 2, ..., n）的任何周期性振荡，振动速度的有效值可由下式计算：

$$v_{\text{eff}_i} = \sqrt{v_{\text{eff}_1}^2 + v_{\text{eff}_2}^2 + \cdots + v_{\text{eff}_n}^2} \quad (2)$$

其中， v_{eff_i} 是第 i 次谐振分量的振动速度的有效值。使用（1）式，对每一谐波计算其 v_{eff_i} 值。

根据主导情况而定，振动速度的有效值可由对于纯正弦振动的公式（1）得出或由对于任何周期性振动的公式（2）得出。

2.2.2 振动载荷的评估一般基于如图 1.1 所示

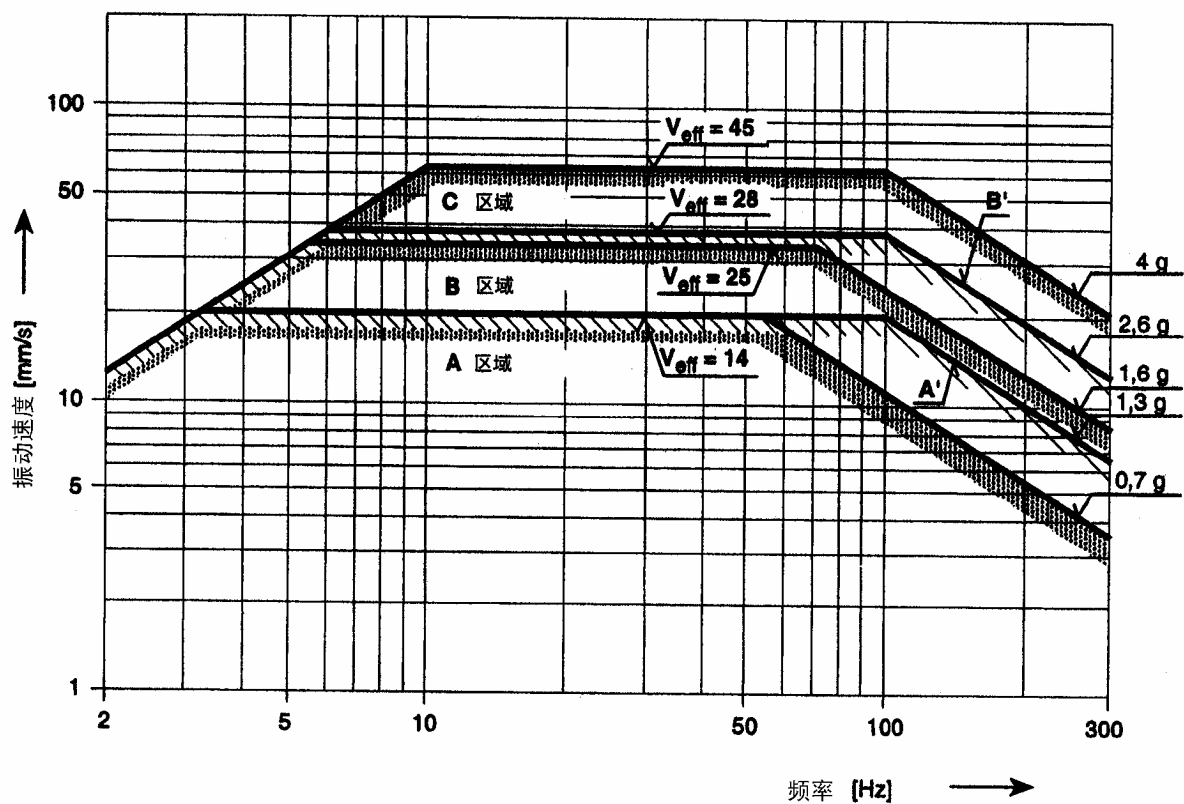


图 1.1 评估振动载荷的区域

表 1.5 图 1.1 中的区域边界的数值说明

区域	A	B	C	A'	B'
\hat{s} [mm]	<1	<1	<1	<1	<1
\hat{v} [mm/s]	<20	<35	<63	<20	<40
v_{eff} [mm/s]	<14	<25	<45	<14	<28
\hat{a} [$9.8m/s^2$]	<0.7	<1.6	<4	<1.3	<2.6

的由边界曲线所封闭的区域 A、B 和 C。表 1.5 中表明了区域 A、B 和 C 的边界曲线。如果要评估的振动由若干个谐振分量组成，则必须使用 2.2.1 规定的有效值。此值的评估应考虑频率在 2~300 Hz 范围内的所有重要谐振分量。

2.2.3 区域 A 可用于所有机械、设备和装置的评估。船用机械、设备和装置的设计至少应能承受区域 A 的边界曲线所对应的振动载荷。

否则，必须在 GL 同意的前提下，采取一些措施（振动阻尼等）将实际振动载荷降至容许水平。

2.2.4 活塞机作为振子必须单独考虑。在本规范中，考虑到 2.1.6 所述的限值，可用 2.2 提供的替代量对活塞机所产生的振动及随之传递到直接相连的周围设备（例如调速器、废气涡轮增压器和润滑油泵），以及相邻机器或装置（例如发电机、传送系统和管路）上的载荷进行评估。

2.2.4.1 在任何情况下，活塞机的制造厂必须保证直接相连的重要设备的振动载荷不超过容许值。活塞机的制造厂有责任按照 2.3 的规定向 GL 证明振动载荷是在容许的限值内。

2.2.4.2 如果活塞机的振动载荷在区域 A' 内，则不要求对直接相连的周围设备（参见 2.2.4）进行单独考虑或证明。本规范同样适用于紧靠发电机（参见 2.2.4）附近的机器和装置。

上述情况下，每次都应至少按区域 B' 的极限载荷来设计直接相连的周围装置，同时按区域 B 的极限载荷设计附近的机器。

如果个别直接相连的周围装置的容许振动载荷（2.2.4.1 中所述）在区域 B 的边界曲线之下，则必须通过实际振动载荷测量以证明装置的可用性。

2.2.4.3 如果活塞机的振动载荷在区域 A' 之外但仍在区域 B' 之内，则必须通过测量证明与之直接相连的周围装置没有承受超过区域 C 限值的载荷。

这种情况下，每次都应至少按区域 C 的限值载荷设计直接相连的周围装置，同时按区域 B 的限值载荷设计附近的机器。

对紧靠主振动机体附近的机器和装置要求有承受低于区域 B 边界曲线所对应的载荷的证明。

如果个别直接相连的周围设备或机器的容许振动载荷根据 2.2.4.1 中所述低于规定值，则必须通过测量实际振动载荷以证明其可用性。

2.2.4.4 如果活塞机的振动载荷在区域 B' 之外但仍在区域 C 之内，则必须确保直接相连的周围装置的振动载荷仍保持在区域 C 内。如此条件不能满足，则必须按 2.3 要求用更高的载荷对重要的周围装置进行设计。

应采取适当的措施（振动阻尼等），以确保可靠地防止相邻机器和装置出现过大的振动载荷。

2.2.4.3 规定的容许载荷（区域 B 或制造厂规定的更低值）仍然适用于这些装置。

2.2.4.5 对于直接相连的周围装置，GL 可以认可高于 2.2.4.2、2.2.4.3 和 2.2.4.4 规定的振动载荷值，但前提是活塞机的制造厂确保这些装置符合 2.2.4.1，并根据 2.3 的规定予以证明。

同样地，本规定也适用于相邻机器和设备，前提是相应的制造厂保证在较高的振动载荷下不超过容许值，并且根据 2.3 的规定提供证明。

2.2.5 对于安装在舵机舱或首侧推器舱中的装置、设备和零部件，由于它们要承受较高的振动载荷，其振动载荷的容许值可根据区域 B 的限值来评估，而不使用 2.2.3 的规定。应允许这类设备的设计按上述增加的载荷进行。

2.3 证明材料

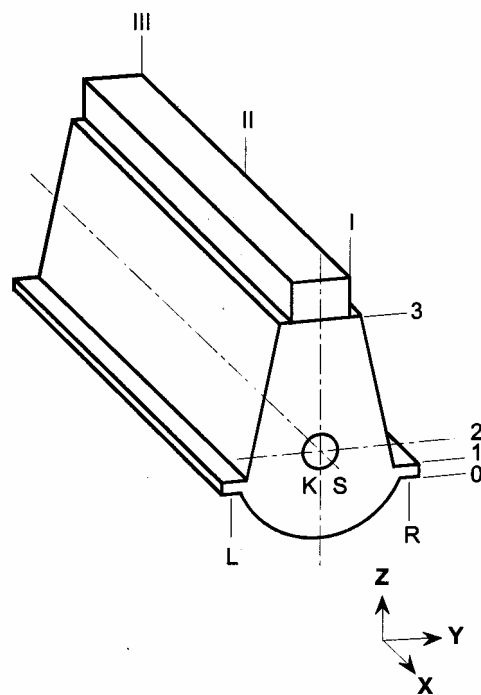
2.3.1 对于 2.2.4.1、2.2.4.4 和 2.2.4.5 的情形，可要求 GL 认可较高的振动载荷值，为此通常需要有制造厂或供应商对容许值作出有关的保证。

2.3.2 当必要时，GL 有权索要详细的证明材料（计算书、设计文件，测量数据等）。

2.3.3 可认为按 GL “电气装置和部件型式检验实施规则”进行的型式检验是被试振动载荷可用性的证明材料。

2.3.4 GL 可将长期无故障运转认为是所要求的可靠性和运转可信性的充足证明。

2.3.5 在任何情况下，活塞机的制造厂有责任向 GL 提供由活塞机所产生的振动谱级的证明材料。



测量端	L	面向连接法兰左侧
	R	面向连接法兰右侧
测量高度	0	台面
	1	基面
	2	曲轴高度
	3	机身顶部
发动机长度方向的测量点	I	连接法兰侧面 (KS)
	II	发动机中心
	III	连接法兰对侧 (KGS)

图 1.2 直列式活塞发动机图示

2.4 测量

2.4.1 如满足 2.2.4.2—2.2.4.4 规定的其它条件，则通常只要求输出功率高于 100 kW 的活塞机提供根据测量得出的证明材料。在必要时，GL 也可要求对输出功率较小的机器提供根据测定得出的证明材料。

2.4.2 每次测量都应在机器安装处且在实际使

用条件下进行。在验证时，活塞机所输出的功率应不小于额定值的 80 %。为便于检测任何共振现象，测量应在机器的整个转速范围内进行。

2.4.3 只要可以证明检验结果的可转换性，则 GL 可接受由不在安装处（例如在检验台上试车时）或在安装处但在不同的安装条件下根据测量得出的证明材料。

对于按惯例设计的弹性安装的活塞机,其检验结果一般被认为是具有可转换性的。

如果活塞机不是弹性安装的,但如其基本条件(类似的台面构造,类似的安装和管路等)满足,则仍承认结果的可转换性。

2.4.4 受活塞机影响或由其产生的振动载荷的评估通常与最大振动载荷的位置有关。图 1.2 表示了直列式活塞发动机通常要求的测量点。必须在三个方向进行测量。在有理由的情况下,可以例外地不包括所有测量点。

2.4.5 只要仪器设定与计及测量精度的测量值相适合,则可使用手工操作的机械式仪器进行测量。

一般应使用频率范围至少在 2—300 Hz 内可选择方向的线性传感器。只要考虑到响应特性,也可使用非线性传感器。

对于极低速运转的活塞机,也可要求在 0.5~2 Hz 范围内进行测量。但在此范围内的测量结果不能根据 2.2 进行评估。

2.4.6 最大载荷发生处的测量记录应与表列评估一道提交给 GL。

D. 机械装置的设计和建造

1. 部件的设计

1.1 所有部件必须能承受船上使用条件下所特有的载荷和载荷,例如由船的运动、振动、严重的腐蚀侵蚀、温度变化以及波浪冲击所引起的载荷和载荷,并必须按照本章中的规定确定尺寸。

在对部件尺寸无规范可循时,应采用工程实践中认可的规则。

1.2 如在设计用于不同的力、压力和温度(载

荷)的系统或装置之间有联系,则应装设用以防止设计参数较低的系统或装置出现过载荷的安全装置。为防止损坏,这些系统应装有超压、超温和/或超流量保护装置。

2. 材料

遵照本规范第 2 章的所有部件也必须符合本社第 II 部分—“材料和焊接技术”规范的要求。

3. 焊接

焊接部件的制造、焊接件制造厂家的认可以及焊工的测试应遵照本社“焊接”的规范第 1 至第 3 章进行。

4. 检验

4.1 机器及其组成零部件应经受结构和材料检验、压力和密封性检验及试航,以下各节所述的全部检验应在本社监督下进行。

对成批生产的零部件,本社可以同意用其它方法代替规定的检验方法,但所用替代方法必须经本社确认是等效的。

4.2 必要时本社有权要求扩大检验范围,包括要求对本规范中未明确规定要经受检验的零部件进行检验。

4.3 须经受强制性检验的零部件应该用经过检验的零部件更换。

4.4 主辅机在船上安装好之后,对机械及其附属设备的运转功能须进行验证。全部安全设备,除在制造厂于本社代表在场时已进行过充分检验者外,均须经受检验。

此外,整套机器装置须在海上试航中检验,并尽可能在预定的使用工况下进行。

5. 防腐蚀

暴露于腐蚀环境的零部件应该用耐腐蚀的材料制造,或者采取有效的防腐蚀措施。

6. 机械的可用性

6.1 船上机器的布置和配备应使其能借助船上可得到的设施从“瘫船”状态下投入运转。

所谓“瘫船”状态系指船上的全部机械设备包括电源都停止工作，且辅助能源如起动空气、蓄电池起动电流等都不能恢复船舶电力系统，重新启动辅助设备运转和使推进装置投入运转。

为了克服“瘫船”状态，可以利用一台应急发电机组，只要确保由此应急发电机组使应急电源能随时投入使用。

6.2 在“瘫船”状态下，必须确保推进系统和所有必需的辅助机械能在 30min 之内重新启动（见第 3 章第 3 节 C）。

7. 控制和调节

7.1 机械的配备必须保证能按操作要求对机械进行控制，且能满足制造厂所规定的使用工况。

7.1.1 对于主机以及对运行为重要之系统的控制设备，见第 3 章，第 9 节，B.3。

7.2 用于调节和控制系统的电源、气动力源或液动力源发生故障或波动时，或当调节或控制电路发生断路时，必须采取措施确保：

- 使设备保持在当时的设定工况点上，或者如有必要，使设备改变至对运转的不利影响为最小的一个设定点上（故障-安全工况）；
- 使被控制或操作的机器的输出功率或转速不会增加；以及
- 不会引起意外的起动过程。

7.3 手动操作

每一功能重要的自控或遥控系统必须也能进行手动操作。

8. 推进装置

8.1 操作设备

每一发动机控制平台应按如下功能设置：

- 能将推进装置调整至任一设定工作点；
- 能使推进方向反向；以及
- 能使推进装置和螺旋桨轴停止运转。

8.2 遥控

从驾驶室对推进装置的遥控应遵照“远洋船舶规范”，第 4 章，第 8 节的规定。

8.3 多轴和多机系统

应采取措施确保当一台推进发动机发生故障时其余发动机能保持运转，适当时应配有简便的转换系统。

对多轴系统，每一根轴都应备有锁定装置，以防当其处于停车状态时被拖转。

9. 盘车装置

9.1 机器应配有必要的盘车装置。

9.2 盘车装置须是自锁式的，驱动电动机应配有相应的制动器。

9.3 应装有自动联锁装置，以确保在盘车齿轮处于啮合状态时推进装置不可能起动。

10. 使用和维护说明

10.1 机械、锅炉和辅助设备的制造厂必须随同产品提供足够数量的使用和维护说明书及手册。

此外，对锅炉和燃油设备，应在其操作平台上设置一块表明最重要的操作说明的易于辨认的标牌。

11. 标记和标识

为了避免不必要的操作和转换的差错,在不直接显露功能的机械的各部分应作出适当的标记或挂上标牌。

12. 燃料

12.1 锅炉和柴油机运转用的液体燃料的闪点¹不可低于 60℃。

但对应急发电机组,其所用燃油的闪点可为 ≥ 43 ℃。

12.2 在特殊情况下,对有限航区船舶或采用经本社认可的预防措施船舶,其燃油的闪点可以在 43℃ ~ 60℃之间,但贮存和使用燃油的舱室的温度必须恒比燃油的闪点低至少 10℃。

12.3 使用取自液货的气体燃料时,必须遵照“远洋船舶规范”第 6 章的要求。

13. 制冷装置

不在颁发“制冷装置证书”之列的制冷装置应遵照“远洋船舶建造规范”第 10 章 C、D、F、J.1、M.1.5 以及 M.2.3 的规定。

E. 机舱和锅炉舱设备

1. 操作和监测设备

1.1 仪表、报警和指示系统以及操作装置应显示清楚,布置得当。应确保无眩目,特别是在驾驶室。

操作和监测设备应适当分组布置,以便于监视和控制动力装置的所有重要部分。

系统和设备的安装应遵照下列要求:

- 防潮和防尘;
- 避免过大的温度变化;
- 充分通风。

内部装有电气或液压设备或蒸汽管路或水管路的控制台和控制箱,其电气装置应对由于漏泄引起的损坏提供防护。对具有空调的机械和控制室应设有冗余的通风系统。

1.2 压力表

压力表的刻度应包容规定的检验压力,对于锅炉、压力容器和由安全阀保护的系统,其压力表应标出最大许用的工作压力。压力表的安装必须使它们能隔离与压力表相连的管子。

至压力表的管系的安装必须避免由于液体水击而影响读数。

2. 机械和锅炉的可接近性

2.1 机械、锅炉装置和设备必须可接近进行操作和维护。

2.2 在布置机器处所(基座结构设计,管路和电缆导管的布置等)以及设计机械和设备(滤器、冷却器等)的安装)时,应符合 2.1 的要求。

3. 发动机控制室

发动机控制室应至少设两个出口,其中之一也可用作脱险通道。

4. 照明

所有操作处所都必须有充足的照明,以确保便于读取控制和监测仪表的指示值。对此,参见“远洋船舶建造规范”,第 3 章第 11 节。

5. 舱底水井/舱底

5.1 舱底水井和舱底必须易于接近和易于清理,且易于可视或有充足照明。

5.2 位于电动机械下方的舱底结构必须设计得在船舶航行时的任何倾斜角和运动状态下都能防止舱底水浸入此机械。

5.3 对下列处所,应设舱底水位监测,且对超过限值,应在永久性有人的报警点予以显示:

¹ 60℃以下为闭杯闪点(闭杯检验)。

— “A”类无人机舱以及其它机舱（船级附加标志 AUT）应至少设 2 个舱底水位监测指示器。

（对“A”类机舱和其它机舱的划分，第 1 章，第 22 节，D.4.6）。

— 其它的无人机舱，例如低于载重水线的首侧推器舱和舵机舱，不管是否有船级附加标志 AUT，应至少设 1 个舱底水位监测指示器。

6. 通风

通风系统的设计和制造应遵照德国劳氏船级社“远洋船舶船上通风系统规则”。

7. 噪声抑制

按照有关的国家规则，应考虑确保船舶的运行不受发动机噪声的不可接受的损害。

F. 安全设备和防护措施

机械的安装和安全防护应保证能有效地消除发生事故的危险。除应遵照国家的有关规则²外，还应对下列情况予以特别注意：

1. 运动部件、飞轮、链、皮带传动和连杆，以及可能对操作人员构成事故危险的其它部件必须有防止触及的防护罩。那些没有隔热保护的机器的高温部分、热的管路和壳板等，例如空气压缩机的压力管路，也应有防护罩。

2. 当手动起动内燃机时，其起动步骤应确保在起动后此手动曲柄自动脱开。

对旋转设备应提供事故自动刹车安全电路。

3. 吹除与泄放装置的设计应保证被放泄介质安全地排出。

4. 在操作处所必须使用防滑花钢板或防滑覆盖物。

5. 工作通道、操作平台、楼梯以及其它敞开的操作区域应装有栏杆。平台或地板的外边缘，除非采取了能够防止人员和物品滑落的其它保护措施，否则应设有围槛。

6. 水位表必须设有保护装置。
水位表的吹洗设施必须能安全操作。

7. 安全阀和截止阀必须能安全操作。如有必要，应装有固定阶梯、楼梯或平台。

8. 应装设安全阀以防止出现过高的工作压力。

9. 蒸汽和给水管路、排气管路、锅炉及其它设备和输送蒸汽和热水的管路都应有效地予以隔热。隔热材料必须是不可燃的。可燃液体或湿汽可能渗入此隔热层的地方应予以适当保护，例如加上保护罩。

G. 通信和信号设备

1. 通话

船舶的操作站、机舱和舵机舱之间应配备通话设施，在所有的操作工况下，这些设施均应独立于船舶电源进行良好的船内通信（另见“远洋船舶建造规范”第 3 章第 9 节 C.5）。

2. 轮机员报警

必须能从机舱或发动机控制室向轮机员住舱发出报警（另见“远洋船舶建造规范”第 3 章第 9 节 C.5）。

3. 车钟

在机舱中操作的主机必须配备车钟。

多轴动力装置的每一单元都必须配备一车钟。局部控制站应配备一个应急车钟。

² 对于在联邦德国注册的船舶，德国海上职业联合会（See-BG）的事故预防规则（Unfall-Verhütungsvorschriften-UVV）适用。

4. 螺旋桨轴的转速指示器

在驾驶室和机舱中都应该有螺旋桨轴的转速和转向指示。小型推进装置可以免装这种指示器。

应在轴的转速表上标明转速禁区。见第 16 节。

5. 通信和信号设备的设计

换向、指令传递和操作的控制装置等应集中设置在操作平台上方便的位置。

在推进装置操作平台上应清晰地显示出换向控制的现状，“正车”或“倒车”。

在主机处于全负荷运转状态时，必须能在机舱内的任何地方都清晰地看到信号装置。

电气式指令传送、信号和报警系统的设计的详述见“远洋船舶建造规范”第 3 章第 9 节和第 4 章。

H. 建造规范应用说明

重要作用的辅机

重要作用的辅机指下列辅机，其为：

- 船舶运行所必需的，
- 推进装置运转所要求的，
- 对保持船舶安全必不可少的。

下列设备应划分并视为重要作用的辅机：

- 柴油和涡轮发电机
- 冷却水泵/冷却剂泵
- 润滑油泵
- 燃油增压泵和燃油输送泵

- 燃油和滑油分离器
- 起动空气和控制空气压缩机
- 辅助锅炉和废气锅炉
- 凝水泵、锅炉给水泵和锅炉水循环泵
- 热油泵
- 锅炉鼓风机
- 锅炉燃烧系统
- 主机辅助风机
- 废气涡轮增压器
- 废气动力涡轮机
- 舱底水和压载水泵
- 消防泵
- 泡沫泵
- 辅机和主机起动装置
- 机舱通风机
- 推进装置控制和调节设备
- 主机盘车装置
- 操舵装置
- 可调螺距螺旋桨液压泵
- 横向侧推器
- 锚机
- 舱壁关闭系统，船体关闭系统，船首和船尾跳板门驱动和控制设备
- 防横倾装置

对需有冷藏装置证书（KAZ）的货物制冷设备而言，作用重要的辅机包括：

- 制冷压缩机
- 冷却水泵
- 盐水泵
- 冷藏处所循环风机
- 制冷剂循环泵

第 2 节 内燃机和空气压缩机

A. 总则

1. 适用范围

本节规范适用于用作主推进装置和辅助装置的内燃机以及空气压缩机。

本规范中的内燃机系指柴油机。

燃烧柴油/气体燃料的双燃料发动机还需符合“远洋船舶规范”第 6 章第 16 节的要求。

2. 环境条件

在确定无限航区船舶用所有发动机的功率时，必须采用下列环境条件：

大气压力 1000mbar

吸入空气温度 45℃

吸入空气的相对湿度 60%

海水温度 32℃

（增压空气冷却介质-海水增压空气冷却器的进入温度）

3. 额定功率

3.1 柴油机的设计应以其在额定转速下运转时，所能产生的持续功率作为额定功率。柴油机应能在图 2.1 所示的功率范围①之内持续运转及在功率范围②之内短时运转。发动机制造厂应对功率范围作出规定。

3.2 持续功率是指发动机在制造厂规定的维修间隔内，在按照制造厂的规定进行维护的条件下能够持续发出的运行标准功率。

3.3 为了考核发动机的持续功率，应在试车台上以额定功率的 110% 的超负荷和对应的转速对发动机进行持续 1h 的超负荷检验。偏离此超负荷功率值需经本社同意。

3.4 主机在试车台上持续运转之后，通常应对其供油系统进行调整，使主机在装船后不能发出超负荷功率。

3.5 驱动发电机的柴油机也应进行上述超负荷运转，而且即使在装船后也必须能超负荷运转。

3.6 经本社认可，用于特种船舶和特殊用途的柴油机可以按非超负荷的持续功率设计（燃油限制功率）。

3.7 对每一台主机，都应备有一张功率图（图 2.1），其上标明发动机在使用条件下能够持续运转和短时运转的功率范围。

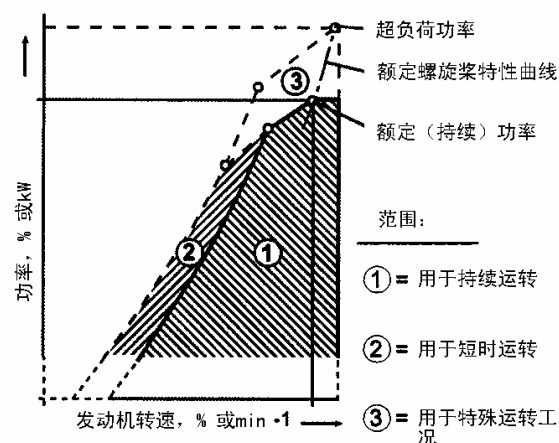


图 2.1 功率图示例

4. 燃料

4.1 液体燃料的使用应遵照第 1 节 D.12 中的规定。

4.2 燃料的处理和供应见第 11 节 G。

4.3 对于利用船上液货蒸发气作为燃料的发动机，见“远洋船舶规范”第 6 章第 16 节。使用其他气体燃料须得到本社的专门认可。

5. 发动机的可达性

发动机在机舱中的布置应使发动机制造厂所提供的用于发动机检查和维护的全部安装孔和检查口都可接近。

B. 送审文件

1. 对每一种型号的发动机，其制造厂应向本社提交表 2.1 所列的图纸和文件资料供认可 (A) 或参阅 (R) 之用。

2. 对每一种型号的按许可证制造的发动机，其领有许可证者至少应向本社提交下列文件：

- 与表 2.1 对应的所有文件和图纸 (如涉及到)，指出由领证者和颁证者所用的有关图纸；
- 所有经修改的零件图，如可能，对照表 2.1 并提供颁证者允许修改的说明；
- 提交一套完整的图纸给本社地方检验办公室，作为检验和检验的基础。

3. 内燃机的型号规格用下列数据定义：

- 制造厂的型号标识；
- 气缸直径；
- 活塞冲程；
- 燃料喷射方式；
- 可使用的燃料；
- 工作循环 (4 冲程或 2 冲程)；
- 气体交换方式 (自然吸气或增压)；
- 额定转速下的每缸额定功率和最高有效平均工作压力；
- 增压方式 (脉冲增压系统或定压增压系统)；
- 增压空气冷却系统；
- 气缸布置 (直列或 V 形)。

4. 在发动机型号由本社初始认可后，只需将表 2.1 所列的体现重要设计修改的文件再提交审查。

5. 如认为必要，本社可要求提交其他文件资料

6. 废气涡轮增压器、各种热交换器、发动机驱动泵等须由相应的制造厂向本社申请认可。

C. 曲轴设计

1. 设计方法

1.1 曲轴应设计成能承受发动机在额定功率下产生的应力。曲轴的计算应按照“德国劳氏船级社关于柴油机曲轴计算指南”，1995 年版。也可以采用其他计算方法，但其计算得出的曲轴尺寸不得小于用上述指南所得的计算结果。

1.2 根据 1.1 的规定设计的曲轴，其端轴承以外的轴段可以用大的过渡圆角 ($r \geq 0.06d$) 或过渡圆锥与邻接的轴径相适应。

1.3 特殊结构的曲轴和特殊型式发动机的曲轴的设计方法应取得本社的同意。

2. 组合曲轴的套合连接

应按本社“关于内燃机曲轴计算的指南”，1995 年版，设计组合曲轴的套合连接，

3. 螺旋连接

3.1 拼装曲轴

拼装曲轴的装配只能采用精配螺栓。

3.2 功率输出端法兰联轴节

用于连接功率输出端法兰联轴节的螺栓，通常根据第 4 节 D 设计成精配螺栓。

如无法使用精配螺栓时，本社可同意使用等效的摩阻传动。

表 2.1 送审文件

序号	A/R	名 称	数量	备注（见表末）	
1	R	本社表格 F144 和 F144/1 中要求的各项内容 （对于申请内燃机认可）	3		
2	R	发动机的横剖面	3		
3	R	发动机的纵剖面	3		
4		基座或曲轴箱			
	R	铸造的	1		
	A	焊接的，包括焊接细节和说明	3		
5	A	推力轴承组装图	3	3	
6		推力轴承座			
	R	铸造的	1	3	
	A	焊接的，包括焊接细节和说明	3	3	
7		机架/机体			
	R	铸造的	1	1	
	A	焊接的，包括焊接细节和说明	3	1	
8	R	拉杆螺栓	1		
9	R	气缸盖/头组装图	1		
10	R	气缸水套或发动机本体	1	1	2
11	R	气缸衬套	1		2
12	A	曲轴细节（对应于每一气缸的）及曲轴计算书数据表	3		
13	A	曲轴组装图（对应于每一气缸的）	3		
14	A	推力轴或中间轴（如与发动机构成一体）	3		
15	A	联轴器螺栓	3		
16	A	平衡块，包括紧固螺栓	3		
17	R	连杆的细节	3		
18	R	连杆，组装图	3	2	
19	R	十字头组装图	3	2	
20	R	活塞杆组装图	3	2	
21	R	活塞组装图	1		
22	R	凸轮轴传动，组装图	1		
23	A	主要零件的材料规格，包括材料的非破坏性检验 和压力检验的资料	3		
24	A	基座螺栓的布置（只对主机）	3		
25	A	起动空气系统的布置原理图或其他等效文件	3	6	
26	A	燃油系统的布置原理图或其他等效文件	3	6	
27	A	滑油系统的布置原理图或其他等效文件	3	6	
28	A	冷却水系统的布置原理图或其他等效文件	3	6	
29	A	发动机控制和安全系统的原理图	3	6	
30	R	排气管路的防护与隔热，组装图	1		
31	A	高压燃油管路的防护，组装图	3	4	
32	A	曲轴箱防爆安全阀的布置	3		5
33	R	使用和维护手册	1		
¹ 仅对一个气缸。					
² 仅在横剖面和纵剖面上没有充分表示清楚结构细节时需提交。					
³ 指与发动机构成一体但不与机座构成一体的情况。					
⁴ 对所有发动机。					
⁵ 仅对缸径>200mm 的发动机，或曲轴箱容积≥0.6m ³ 的发动机。					
⁶ 如果是发动机制造厂提供，则指整个系统。					
A 认可					
R 参阅					

4. 扭转振动、临界转速

见第 16 节。

D. 材料

1. 认可的材料

1.1 柴油机零件所用材料的机械性能必须符合本社材料规范第 2 章。允许用于制造各种零件的材料及对其所要求的最低性能见表 2.3。

1.2 性能不符合规定的材料只有经本社的特殊认可方能使用。本社要求提交这些材料之适用性的证明。

2. 材料检验

2.1 对单个生产的发动机，下述零部件应予以本社代表在场的情况下进行材料检验：

1. 曲轴；
2. 传递主动力的曲轴联轴器法兰（不与曲轴一体的）；
3. 曲轴联轴器螺栓；
4. 钢制或铸钢或球墨铸铁制的活塞或活塞顶；
5. 活塞杆；
6. 连杆及附连的轴承盖；
7. 十字头；
8. 钢和铸钢制的气缸衬套；
9. 钢和铸钢制的气缸盖；
10. 焊接底座：

— 板材和锻钢或铸钢制的轴承座横梁；
11. 焊接的机架和曲柄箱；
12. 焊接的气缸体框架；
13. 拉杆螺栓；
14. 螺栓和双头螺栓：

— 气 缸 盖

- 十字头
- 主轴承
- 连杆轴承；

15. 钢或铸钢制的凸轮轴传动齿轮和链轮。

2.1.1 应按表 2.2 进行材料检验。

表 2.2 材料检验

气 缸 直 径	应检验的零部件(编号与 D.2.1 中的表相对应)
≤300mm	1-6-10-11-12-13
>300≤400mm	1-6-8-9-10-11-12-13-14-15
>400mm	全部零部件

2.1.2 此外，构成发动机之一部分的起动空气系统和其他压力系统的管路和零部件也应进行材料检验（见第 11 节）。

2.2 对单个生产的发动机，下列零部件应按表 2.4 和表 2.5 规定进行材料无损检验：

1. 底座上的铸钢件，例如轴承座横梁，包括其焊缝；
2. 整锻曲轴；
3. 全组合曲轴的铸造、轧制或锻造部分；
4. 半组合曲轴的铸造锻造部分；
5. 连杆；
6. 活塞杆；
7. 钢或铸钢的活塞顶；
8. 拉杆螺栓（在两倍螺纹长度范围内的每一螺纹）；
9. 承受交变载荷的螺栓，例如：

— 主轴承螺栓

— 连杆螺栓

— 十字头轴承螺栓

— 气缸盖螺栓
10. 钢或铸钢的气缸盖；
11. 钢或铸钢的凸轮轴传动齿轮。

表 2.3 认可的材料和检验证书类型

认可的材料	本社规范	部 件	检验证书**		
			GL(3.1.C)	3.1B	2.2
锻钢 $R_m \geq 360 \text{ N/mm}^2$	第 3 节, C	曲轴	X	—	—
		连杆	X	—	—
		活塞杆	X ³	X ⁴	—
		十字头	X ³	X ⁴	—
		活塞和活塞顶	X ³	X ⁴	—
		气缸盖/气缸头	X	—	—
		凸轮轴传动轮	X ³	X ⁴	—
轧制圆钢或锻圆钢 $R_m \geq 360 \text{ N/mm}^2$	第 3 节, C	拉杆螺栓	X	—	—
		螺栓和双头螺栓	X	—	—
专用级铸钢 $R_m \geq 440 \text{ N/mm}^2$ 以及 专用级锻钢 $R_m \geq 440 \text{ N/mm}^2$	第 4 节, C 第 3 节, C	组合式曲轴的曲柄和曲柄臂	X	—	—
铸 钢	第 4 节, C	轴承座横梁 (可焊接)	X	—	—
		活塞和活塞顶	X ³	X ⁴	—
		气缸盖/气缸头	X ¹	X ²	—
		凸轮轴传动轮	X ³	X ⁴	—
球墨铸铁 优先用铁素体类型 $R_m \geq 370 \text{ N/mm}^2$	第 5 节, B	机体	—	X ¹	—
		底座	—	X ¹	—
		气缸体	—	X ¹	—
		活塞和活塞顶	X ³	X ⁴	—
		气缸盖/气缸头	—	X ¹	—
		飞轮	—	X ¹	—
		阀体	—	X ¹	—
片状铸铁 $R_m \geq 200 \text{ N/mm}^2$	第 5 节, C	机体	—	—	X
		底座	—	—	X
		气缸体	—	—	X
		气缸套	—	—	X
		气缸盖/气缸头	—	—	X
		飞轮	—	—	X
造船钢 厚度 $\leq 35 \text{ mm}$ 所有 GL 级 别钢板	第 1 节, B	焊接的底座	X	—	—
造船钢 厚度 $> 35 \text{ mm}$ 的 GL B 级钢板		焊接的机架	X	—	—
焊接组件用非合金结构 钢	第 1 节, F	焊接的箱体	X	—	—
<p>* 详细内容见本社规范, 第 II—1 篇, 金属材料, 第 2 章</p> <p>** 检验证书型式, 见 DIN 50049 或 EN 10204</p> <p>¹ 仅对缸径大于 300mm。</p> <p>² 对缸径 $\leq 300 \text{ mm}$。</p> <p>³ 仅对缸径 $> 400 \text{ mm}$。</p> <p>⁴ 对缸径 $\leq 400 \text{ mm}$。</p>					

2.2.1 经本社验船师和制造厂双方同意，对根据经验最易出现缺陷的部位应按表 2.4 的规定进行磁粉检验或着色检验。

表 2.4 磁粉检验

气缸直径	应检验的零部件（编号按以上 D.2.2 中所列者）
≤400mm	1-2-3-4-5
>400mm	全部零部件

2.2.2 对表 2.5 规定的零部件，制造厂应进行超声波检验，且应提交由制造厂签字的合格证书。

表 2.5 超声波检验

气缸直径	应检验的零部件（编号按以上 D.2.2 中所列者）
≤400mm	1-2-3-4-7-10
>400mm	1-2-3-4-5-6-7-10

2.2.3 发动机重要零件的焊缝须用经认可的方法进行检验。

2.2.4 如有理由怀疑发动机任何零部件的完好性，则除上述检验之外，还可要求用经认可的方法对其进行无损检验。

2.3 用锻件或铸件焊接制成的曲轴须经本社的特别认可。制造厂和焊接工艺规程都必须取得认可，材料和焊接应经检验。

E. 检验和试航

1. 制造检验

1.1 具有 GL 入级的所有发动机的制造应在本社的监督下进行。

1.2 如发动机制造厂已由本社认可为“批量生产发动机供应厂商”，则其所供应的发动机应按照本社的“批量生产发动机检验规则”1987 年 7 月版 C 节进行检验。

2. 压力检验

内燃机的各零部件应按照表 2.6 中规定的压力进行压力检验。

3. 型式认可检验（TAT）

3.1 一般要求

安装船上的发动机必须经 GL 型式检验。为此，应根据 3.1.2 进行型式认可检验。

3.1.1 型式认可检验的前提

型式认可检验的前提是：

- 要检验的发动机符合本系列的具体要求且是经过适当优选的；
- 在由发动机制造厂进行工厂检验时，已进行了为确保可靠连续使用所必须的检查和测量，且已将主要检查结果通知 GL；
- 根据第 2 节 B 要求提交的文件，GL 已对图纸进行了必要的认可。

3.1.2 型式认可检验范围

型式认可检验分为如下三个阶段：

- A 阶段—内部检验
内部的试车和功能试验并在型式检验期间须向本社提交的运转数据包括内部检验期间的检验小时数。
- B 阶段—型式检验
应予本社代表在场时进行该项检验。
- C 阶段—零部件检查
检验完成后重要零部件须提交 GL 验查。按 3.4 的要求，型式检验后应提交检查的发动机零部件的运行小时数应予以说明。

表 2.6 压力检验¹

零 部 件		检验压力 P _P [bar] ²
气缸盖：冷却水腔 ³		7
气缸衬套：整个冷却水腔 ⁵ 的全长		7
气缸水套：冷却水腔		4，至少为 1.5P _{e, zul}
排气阀：冷却水腔		4，至少为 1.5P _{e, zul}
活塞：冷却水腔（如果可行，与活塞杆装配之后）		7
燃油喷射系统	泵体：受压侧	1.5P _{e, zul} 或 P _{e, zul} + 300 (取较小者)
	阀	1.5P _{e, zul} 或 P _{e, zul} + 300 (取较小者)
	管子	1.5P _{e, zul} 或 P _{e, zul} + 300 (取较小者)
液压系统	排气阀液压传动的高压管系	1.5P _{e, zul}
废气涡轮增压器，冷却水腔		4，至少为 1.5P _{e, zul}
排气管，冷却水腔		4，至少为 1.5P _{e, zul}
冷却器，两侧 ⁴		4，至少为 1.5P _{e, zul}
主机驱动的泵（滑油、水、燃油及舱底水泵）		4，至少为 1.5P _{e, zul}
起动和控制用空气系统		安装前，1.5P _{e, zul}
¹ 通常，应以液压压力检验，如设计或检验性能要求修改这些检验要求，则将予特殊考虑。 ² P _{e, zul} [bar]— 受试零部件的最大允许工作压力。 ³ 对于锻钢制的气缸盖，也可接受压力检验以外的其他检验方法，例如合适的无损检验和作严格记录的尺度检查。 ⁴ 增压空气冷却器只在有水侧进行检验。 ⁵ 对于离心浇注气缸衬套，可用抗裂检验取代压力检验。		

3.2 A 阶段— 内部检验

在内部检验期间应进行功能检验和运转数据的收集。应使发动机在其制造厂认为重要的载荷点处运转，同时记录有关的运转数据，载荷点应根据发动机的使用范围进行选择。

对使用重油的发动机，应以适当的形式证明其适用性。

3.2.1 正常情况

正常情况包括额定功率的 25%、50%、75%、100%和 110%的载荷点：

- a) 沿额定（理论）螺旋桨曲线，且在推进发动机恒速运转时，和
- b) 驱动发电机的发动机额定转速且调速器调定值不变时；以及
- c) 发动机制造厂规定的允许运转范围的极限点的检验。

3.2.2 紧急运转状况

对于涡轮增压发动机，当涡轮增压器损坏时，在下述情形下测定发动机的可输出功率：

- 对有一个涡轮增压器的发动机，当转子被阻或被拆除时；
- 对有两个或以上涡轮增压器的发动机，当损坏的涡轮增压器被关断时。

注：

发动机制造厂应说明可输出功率是否是持续的。如有时间限制，则应指明允许的运转时间。

3.3 B 阶段— 型式检验

在型式检验期间，3.3.1~3.3.3 中所列的所有检验都应予本社代表在场时进行。应记录每一试验所得的结果并由本社代表签署。对此程序的任何变动都须经本社同意。

3.3.1 载荷点

发动机运转的载荷点应与功率/转速图一致（图 2.2）。

当在各个载荷点检验发动机时，要测定和记录的数据必须包括为评估所需的全部参数。

在每一载荷点上发动机运转的时间取决于发动机的尺度和测量运转数据的时间。每次测定都应在发动机达到稳定运转状态后进行。

通常，可设定每一载荷点运行时间为 0.5h。

以 100% 输出功率（额定功率）按 3.3.1.1 运转时，其运行时间需 2h。在每次检验中，至少应记录两组读数，每组间隔 1h。

如在不独立气缸润滑的条件下，发动机能连续地运转，而不丧失其运转的安全性，则在型式检验中应包括对此性能的证明。

3.3.1.1 额定功率（持续功率）

此额定功率定义为在 100% 扭矩和 100% 转速（额定转速）下，100% 的输出，对应于载荷点 1。

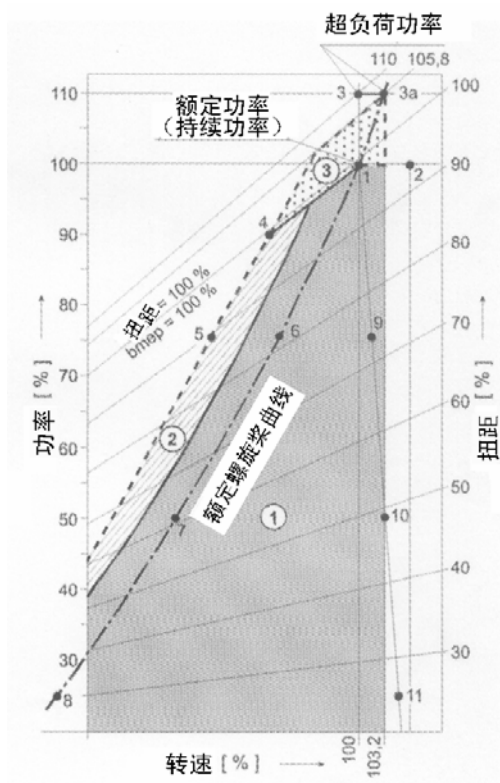
3.3.1.2 100% 功率

在最大允许转速下，100% 输出的运行点，对应

于载荷点 2。

3.3.1.3 最大允许扭矩

最大允许扭矩一般在 100% 转速下，110% 的输出功率时得到，对应于载荷点 3，或在最大允许功率（一般为在按额定螺旋桨曲线的转速下 110% 的功率），对应于载荷点 3a。



- ① 持续运转范围
- ② 间歇运转范围
- ③ 在特殊用途中短时间超负荷运转范围

图 2.2 功率/转速图

3.3.1.4 间歇运转的最小允许转速

间歇运转的最小允许转速必须如下调整：

- 在 100% 扭矩，对应于载荷点 4；
- 在 90% 扭矩，对应于载荷点 5；

3.3.1.5 部分载荷运转

对部分载荷运转即在按额定螺旋桨曲线的转速下，75%、50% 和 25% 的额定功率，对应于载

荷点 6、7 和 8；以及在调速器调定值不变时的额定转速下，对应于载荷点 9、10 和 11。

3.3.2 应急运转

在 3.2.2 所述情况下运转时，最大可输出功率必须：

- 在按符合额定螺旋桨曲线的转速下；
- 在调速器调定值不变时的额定转速下。

3.3.3 功能检验

应进行下列功能检验

- 在按额定螺旋桨曲线下的发动机最低转速的确定；
- 不可逆转发动机的起动检验以及可逆转发动机的起动和逆转检验；
- 调速器检验；
- 安全系统检验，特别是对超速和润滑系统出故障时的检验。

3.4 C 阶段— 部件检查

型式检验后，立即对直列式发动机的一个气缸的零部件或 V 型发动机的两个气缸的部件进行如下检查：

- 活塞，移出并拆检；
- 十字头轴承，拆检；
- 曲柄轴承和主轴承，拆检；
- 气缸衬套，在安装状态下检查；
- 气缸盖及其阀，拆检；
- 控制机构，凸轮轴和曲柄箱，开盖检查。

注：

如本社代表认为必要，可要求对发动机作进一步的拆检。

3.5 型式检验的结果应写入送交本社的报告中。

3.6 批量生产发动机的型式认可检验

3.6.1 系列制造的缸径 $\leq 300\text{mm}$ 的发动机，应按本社的“批量生产发动机的规则”进行型式检验。

3.6.2 进行型式检验时，受试发动机应配齐全部规定的设备。如果在检验台上发动机不能按要

求装备齐全，则未装上的设备可以在同一系列的另一台发动机上进行验证。

3.7 重新型式检验

如一业经型式检验和运转验证的发动机的额定功率（持续功率）增加 10% 以上，则应重新进行型式检验。功率增加的认可包括对有关图纸的审查。

4. 工厂试车

4.1 通常发动机应在本社的监督下在制造厂的检验台上进行试车，这种试车的范围规定如下，例外情况应得到本社同意。

4.2 工厂试车范围

在试车期间，应由发动机制造厂测量和记录每一载荷点的运转数据，将全部结果编辑成验收认定书，且由发动机制造厂颁发。

对各个载荷点的测量每次均应在稳定运转状况下进行。应在 100% 功率（额定转速下额定功率）下读数两次，读取间隔至少 30min。

4.2.1 直接驱动螺旋桨的主机

工作点必须按 a) 至 e) 调整，功能检验必须按 d) 至 f) 进行。

- a) 100% 功率（额定功率）
在 100% 发动机转速（额定发动机转速） n_0 下：
达到稳定状态后至少运转 60min；
- b) 110% 功率
在 $n = 1.032n_0$ 下：
在达到稳定状态后至少运转 45 分钟；

注：

在检验台试车后，一般应将输出限制在额定功率（100% 功率）以下，以使发动机不可能超负荷使用（见 A.3.4）。

- c) 按额定螺旋桨曲线的 90%、75%、50% 和 25% 的功率；
- d) 起动和逆向操纵（见 H.2.4）；
- e) 调速器和独立的超速保护装置的检验；
- f) 发动机停机装置检验。

4.2.2 电力驱动螺旋桨的主机

应在调速器调定值保持不变的额定转速下对下列工况进行检验：

- a) 100% 功率（额定功率）：
达到稳定工况后至少运转 60min；
- b) 110% 功率：
达到稳定工况后至少运转 45 min；

注：

在检验台试车后，应调节驱动发电机的发动机的输出功率，使其在安装到船上后的使用中可提供超负荷（110%）功率，且总能符合调速特性及发电机保护装置的要求（见 A.3.5）。

- c) 75%、50% 和 25% 的功率和空转；
- d) 起动检验（见 H.2.4）；
- e) 调速器和独立超速保护装置检验；
- f) 发动机停机装置检验。

4.2.3 辅助驱动发动机和驱动发电机的发动机

检验的范围必须按 4.2.2 的要求进行。

对柴油发电机组的检验，另见“远洋船舶规范”第 3 章第 18 节 A4。

4.3 根据所涉及装置的型式，本社有权提出专门检验计划。

4.4 对于主推进发动机和驱动发电机的发动机，须验证额定功率作为最小功率。

4.5 部件检查

在试车后，应随机选取某些部件提交检查。

应检查曲柄臂变形情况。

5. 船上试车（坞内试车和试航）

在发动机制造厂所规定的跑合程序结束后，进行如下面规定的试车：

5.1 试航的范围

5.1.1 驱动固定螺距螺旋桨的主推进发动机

必须进行下列检验：

- a) 在额定转速 n_0 下：
至少 4h，以及
在对应于正常巡航持续功率的发动机转速下：
至少 2h；
- b) 在发动机转速 $n = 1.032 n_0$ 下：
30min，
如发动机调节允许（见 A.3.4）
- c) 确定最小的工作转速；
- d) 起动和逆转操纵（见 H.2.4）；
- e) 在试航期间，螺旋桨逆转，最小转速 $n = 0.7 n_0$ 下：
10min；
- f) 监测和安全系统的检验。

5.1.2 驱动可调距螺旋桨或可逆转齿轮箱的主推进发动机

5.1.1 条适用（如合适）。

应在不同的螺距下检验可调距螺旋桨。如对组合器的操作有要求，则应通过测量来绘制和确定组合器曲线。

5.1.3 驱动推进用发电机的主发动机

应在调速器调定值保持不变的额定转速下对下列工况进行检验：

- a) 100% 功率（额定功率）
至少 4h，以及
在正常巡航持续功率下
至少 2h；
- b) 110% 功率
30min；
- c) 在试航期间，螺旋桨反转，在 70% 额定螺旋桨转速的最小转速下
10 min；
- d) 起动操纵（见 H.2.4）；
- e) 监测和安全系统的检验。

注:

检验应基于被驱动发电机的额定功率。

5.1.4 驱动辅机和发电机的发动机

这些发动机应至少进行 4h 的运转检验。在检验中,要求有关机组在其额定功率下运转较长的一段时间。

应验证发动机能提供 110%额定功率,且对于船上发电机组,应考虑使此发电机过载保护系统动作所需的时间。

5.2 如果将机械装置设计成能燃烧渣油或其他特种燃油,则应验证主辅发动机燃烧这些油的适宜性。

5.3 考虑到特殊的工况,例如拖曳、拖网等,可扩大船上试车的范围。

5.4 接地

必须确保曲轴/轴系与船体之间电位差(电压)不超过发动机制造厂为运行中的主发动机所规定的限值。应提供适当的接地装置,包括允许电压的限值监测。

F. 安全装置

1. 发动机转速控制和超速保护

1.1 主发动机和辅发动机

1.1.1 每台柴油发动机(驱动发电机的除外)必须装有调速器或调节器,以使发动机的转速不能多于额定转速的 15%。

1.1.2 除常规调速器外,额定功率为 220kW 或以上且能脱离离合器或驱动调距桨的每台主机,还必须装有一独立的超速保护装置,并调整得使发动机转速不能多于其额定转速的 20%。

本社可认可等效的装置。

1.2 驱动发电机的发动机

1.2.1 驱动发电机的每台柴油机应装有一个调速器,以防止当发动机突然全部卸载时,发动机的瞬态转速变化率 δ_{rs} 不超过额定转速的 10%。稳态转速变化率 δ_r 可不超过 5%。

1.2.2 除常规调速器外,每一台功率大于 220kW 的柴油机还必须装有独立于常规调速器的超速保护装置,用以防止柴油机的转速多于其额定转速的 15%。

1.2.3 柴油机必须适合于船舶电气系统的特殊要求并根据这些要求进行设计。

在发动机负荷分两阶段接入时,下述程序适用:发动机从空载状态立即增加到 50%额定发电机负荷,随后增加其余的 50%负荷,但应满足 1.2.1 和 1.2.4 的要求。

只有在下述条件下,才可接受分两阶段以上接入负荷(见图 2.3):

- 船舶电气系统设计得能使用这些发电机组;
- 在船舶电气系统的设计中为分两阶段以上接入负荷提供充足的范围,并且这一点在检查图纸时已予认可;
- 在船上试车时要验证完好的功能。因此须考虑当船舶电气系统出故障和重新接入时接通重要工作电器的系统负荷。
- 此外,在发电机并联运行且其中一台失效的情况下,应对船舶电气系统的安全性予以验证。

1.2.4 发动机转速必须在 5s 之内处于稳态,并在允许的稳态转速变化率 δ_r 范围之内。

当稳定转速变化率不超过与该机组功率相应之转速的 $\pm 1\%$ 时,即认为达到了稳态。

1.2.5 并联发电机组的柴油机调速器特性曲线不得出现大于“远洋船舶建造规范”第 3 章第 1 节 F.1 中规定的偏差。

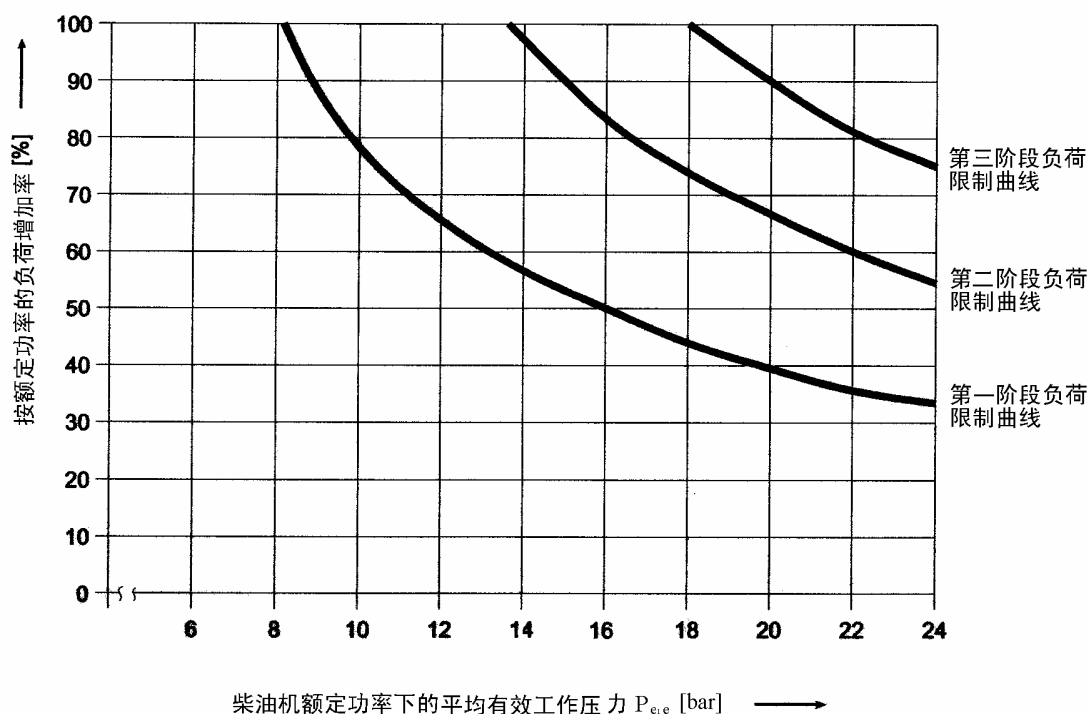


图 2.3 四冲程柴油机按平均有效工作压力从空载分段加载至额定功率的限值曲线

1.2.6 安装用于备用电路发电机组必须在发动机处于冷态时，仍满足备用功能要求，起动和加载过程应在约 30s 内完成。

1.2.7 应急发电机组也必须完全满足上述调速器的要求，但起动和加载过程须在约 45s 内完成。

1.2.8 1.2 中所述发动机的调速器必须能在发动机的整个功率范围内将发动机调整到额定转速，且最大偏差为 5%。

1.2.9 可调装置的速度变化率必须允许在一足够短的时间内保证完全同步。在整个功率范围内转速特性应尽可能为线性。用于并联运行的发电机，转速变化特性相对于其理论线性的恒定偏差在任何范围内不可超过额定转速的 1%。

与 1.1 和 1.2 有关的注：

a) 额定功率和相应的额定转速与发动机在有关系统中的运转工况有关。

独立超速保护装置系指一个其所有零件，包括传动机构都在功能上独立于常规调速器的装置。

1.3 电动/电子调速器的应用

1.3.1 用于控制相关发动机的调速器及其调节机构应适合于本建造规范中规定的运转工况及发动机制造厂的要求。

调速器系统应满足 1.1 和 1.2 中规定的相对于各别应用所要求的调速状态。

电子调速器及其调节机构应经型式检验。

对电源的要求，见“远洋船舶规范”第 3 章第 9 节 B.8。

1.3.2 对主机的要求

对于推进装置，为确保发生故障后对转速进行连续控制或迅速恢复控制，应至少满足下述要求之一：

- a) 调速器系统具有一独立的备用系统，
- 或
- b) 有一个带独立保护电源的手动转换用冗余的调速器组装，

或

- c) 有一整套预设定的调速器组装作为备用,

或;

- d) 发动机具有一适于操纵的手动进油控制系统。

即使调速器系统出现故障,发动机的运转状态也不得出现危险,即发动机转速及功率不得增加。

调速器系统中应装设指示其故障的报警。

1.3.3 对驱动发电机的辅助发动机的要求

每台辅助发动机必须装有其本身的调速系统。

一旦调速器系统出现故障,喷射泵进油必须置于零位。应装设用于指示调速器系统故障的报警装置。

1.3.4 应考虑从瘫船状态下起动操作所必需的特殊工况(见“远洋船舶规范”第 3 章,第 3 节 B.1.7)。

2. 气缸超压检测装置

2.1 气缸直径大于 230mm 之发动机的每一气缸应装有一个气缸超压控制阀。这些阀的响应阈值应调定在额定功率下燃烧压力以上不大于 40%。

2.2 可以用有效组合的气缸超压的声/光报警装置代替气缸超压控制阀,但此种报警装置必须为已通过本社型式检验者。

3. 曲轴箱的进气和透气

3.1 曲轴箱的进气

不允许曲轴箱进入空气(对气体发动机,见“远洋船舶规范”第 6 章第 16 节)。

3.2 曲轴箱的透气

3.2.1 如设有曲轴箱透气系统,则其净开口尺寸应尽可能小。

3.2.2 如为监视油蒸气浓度等而采取抽吸滑油蒸气的措施,则曲轴箱内的负压不可超过 2.5 mbar。

3.2.3 不得将两个或以上发动机的曲轴箱透气管连接在一起。

3.2.4 对二冲程发动机,其曲轴箱的滑油蒸气不得进入发动机扫气总管。

4. 曲轴箱安全装置

4.1 对气缸直径大于 200mm 或曲轴箱容积 $\geq 0.6\text{m}^3$ 的所有发动机,其曲轴箱内应装设超压安全阀。

与曲轴箱连通的所有其他空间,例如凸轮轴传动或其他传动用的齿轮箱或链条箱,如其容积超过 0.6m^3 ,应设置附加安全阀。

4.2 气缸直径 $>200\text{mm}$, 但 $\leq 250\text{mm}$ 的发动机的曲轴箱的每一端必须至少设一安全阀,如果曲轴的曲柄超过 8 个,则在曲轴箱中央部位应增设一个安全阀。

气缸直径 $>250\text{mm}$, 但 $\leq 300\text{mm}$ 的发动机,至少应靠近并每隔一个曲轴曲柄装一安全阀,且最少为两个。

气缸直径 $>300\text{mm}$ 的发动机,必须至少靠近每一曲轴曲柄装一安全阀。

4.3 每一安全阀的自由通流截面积必须至少为 45cm^2 。

装在发动机曲轴箱上的各超压安全阀的总自由通流截面积与曲轴箱容积之比不可小于 $115\text{cm}^2/\text{m}^3$ 。

与 4.1 和 4.3 有关的注:

- a) 在估算曲轴箱的总容积时,可扣除曲轴箱内固定零部件的体积。
- b) 与曲轴箱相连通的且总通流截面积与其容积之比大于 $115\text{cm}^2/\text{m}^3$ 的空间不必算作独立的空间。在计算总自由通流截面积时,各单独通路的小于 45cm^2 的通流截面积应忽略不计。
- c) 每一所需的安全阀可用不超过两只通流截面积较小的安全阀代替,只要每一安全阀的自由通流截面积不小于 45cm^2 。

4.4 曲轴箱安全装置必须是否簧式的或已定型的阀类。其在使用中处于关闭状态时必须油密并必须防止空气进入曲轴箱。安全装置必须使其开启时喷出的气流偏转方向,例如可借助于一个挡板,以防站在近旁的人员受到伤害。

引起安全装置动作的曲轴箱超压应尽可能低(最高为 0.2bar)。

4.5 曲轴箱门及附件的尺寸必须使其不会由于箱内导致安全装置动作的超压而产生永久性变形。

4.6 应该在发动机操纵平台上或发动机两侧(如合适)设置警告牌,告诫有关人员不能在发动机停车后立即打开曲轴箱门和/或观察孔盖板,只有经过足够长的冷却时间后才能打开。

5. 起动空气系统的安全装置

为了防止因起动阀失效而在起动空气系统中发生爆炸,起动空气系统中应装有下列设备:

5.1 每台发动机的起动空气管路上应装一个隔离止回阀。

5.2 气缸直径>230mm 的发动机应按下述方式设置阻火器:

- a) 在直接可逆转发动机上,紧靠每一气缸的起动阀前部安装;
- b) 在不可逆转发动机上,紧靠每一发动机的主起动空气管路进气口前部安装。

5.3 可由本社认可等效的安全装置。

6. 润滑油系统中的安全装置

额定功率为 220kW 或以上的每台发动机应设有当润滑油供应一旦中断时能使发动机自动停车的装置。驱动应急发电机组和应急消防泵的发动机例外。

7. 扫气总管安全装置

二冲程发动机的扫气总管应装有超压安全装置。

G. 辅助系统

1. 通则

辅助管路系统和其所属的滤器布置参见第 11 节。

2. 燃油管路

2.1 一般要求

2.1.1 只有金属密封面式管接头或经认可为等效的管接头才能用于喷油管路。

2.1.2 给油和回油管路应按供油系统中不会产生不允许的压力波动进行设计。如有必要,发动机应装设经本社认可的波动缓冲器。

2.2 保护套

2.2.1 不管内燃机的用途和位置如何,所有外部的燃油喷射管路(在高压油泵与喷射阀之间的高压管)应由套管保护,且使任何燃油漏泄时能:

- 安全地收集;
- 无压地泄放; 以及
- 有效地监测。

2.2.2 如果给油和回油管路中的压力变化 >20bar,则这些管路也应加装保护套。

2.2.3 如软管用作保护套,则必须验证软管适用于其用途,且经本社认可。

2.3 燃油漏泄泄放

通常,应有合适的设计措施确保漏泄的燃油能有效地泄放,且不会进入发动机的润滑油系统。

2.4 加热器、隔热、再循环

向发动机输送预热燃油的管路,包括喷油管路应予隔热,以防热损失,且必要时,可设置加热器。

也应配备燃油循环设施。

3. 滤器布置

3.1 直接安装在发动机上的燃油、滑油滤器

不应位于旋转部件上方或者紧靠热的部件。

3.2 如 3.1 所述的布置并不可行,则应对旋转零件和热的部件进行足够的防护。

3.3 在燃油滤器的下方应安装适当规格的滴油盘。对润滑油滤器,如其被打开时会漏油,则也应设置滴油盘。

3.4 对于双腔或多腔可转换滤器,应设有能确保在使用一腔时,在其打开并排油之前,有一安全的降压装置。为此,通常应使用截止阀,并且任何时候都必须清楚地指示哪些腔在工作和哪些腔不工作。

4. 滑油系统

4.1 对润滑油系统的一般要求以及对润滑油的净化、冷却等的要求,见第 11 节 H;

4.1.1 以自身的油底壳作为储油柜的发动机必须装设能确定其油位,且如有必要,应能在运转过程中向油底壳内加注润滑油。必须设有能将油底壳中的油完全泄放的设施。

4.1.2 不允许两台或多台发动机的曲轴箱合用一根润滑油泄放管路。

4.2 装设滑油泵的发动机的设备应符合第 11 节 H.3 的要求。

4.2.1 由发动机驱动的主滑油泵应设计成能在发动机的整个运行范围内保证润滑油的供应。

4.2.2 自身驱动主滑油泵的主机应备有独立驱动的备用油泵。

4.2.3 在多主发动机且具有单独滑油系统的装置中,只要主滑油泵的布置能使用船上现有设施进行更换,则可允许在船上携带准备安装的备用泵。

5. 冷却系统

5.1 对自带冷却水泵的发动机的设备和对冷却水系统的设计,见第 11 节的 I 和 K。

5.1.1 由发动机驱动的主冷却水泵应能在发动机整个运行范围内保证冷却水供应。

5.1.2 自身驱动主冷却水泵的主机应配备有独立驱动的备用水泵,或者备有能够将其冷却水系统连接于独立驱动的备用水泵的设施。

5.1.3 在多主发动机且具有独立的淡水冷却水系统的装置中,只要主淡水冷却水泵的布置能使用船上现有设施进行更换,则可允许在船上携带准备安装的备用泵。必须配置截止阀以使主淡水泵与淡水冷却水系统隔离。

5.2 如果冷却空气抽吸来自机舱,则冷却系统设计中的室温应至少取 45℃。

空气冷却发动机的排出空气不应使发动机所在处所的温度升高到不允许的程度。排出的空气通常应经过专用管道引向开敞大气。

5.3 如果发动机所在的处所内装有燃油的设备,还应遵照第 9 节 A.5 中的规定。

6. 增压空气系统

6.1 废气涡轮增压器

6.1.1 废气涡轮增压器的制造和检验应符合第 3b 节的要求。

6.1.2 在发动机的整个运转范围内,废气涡轮增压器的转速不可在临界转速区。

6.1.3 在废气涡轮增压器的起动和停车过程中也必须确保其润滑油供应。

6.1.4 即使在发动机低转速下,也必须以某种方式对主机供应增压空气,以确保其可靠的运转。

如有必要,二冲程发动机应配有直接驱动的或独立驱动的扫气鼓风机。

6.1.5 如果在低转速范围内或当船舶处于机动操纵状态时,发动机只有依靠独立驱动的增压空气鼓风机才能运转,则应设置一台备用的增压空气鼓风机或设计一台经过认可的相当装置。

6.1.6 当涡轮增压器发生故障时,主发动机必须能应急运转。

6.2 增压空气的冷却

6.2.1 增压空气冷却器的制造和检验应符合第 8 节的要求。

6.2.2 应设有用于在发动机制造厂规定的温度范围内调节增压空气温度的设施。

6.2.3 具有增压空气冷却器的发动机,其增压空气管应设有足够的泄放设施。

6.3 灭火设备

十字头发动机的与气缸相通的扫气箱应与一经认可且独立于机舱灭火系统的灭火系统相连接(见表 12.1)。

7. 排气管路

7.1 排气管路应以隔热和/或冷却的方法保证任一点的表面温度不超过 220℃。

隔热材料必须是不可燃的。

7.2 排气管路的一般规则载于第 11 节 M。

H. 起动设备

1. 通则

发动机起动设备必须能只用船上具有的设施从停车状态起动发动机。

2. 用压缩空气起动

2.1 用压缩空气起动的主机应至少配备两台起动空气压缩机,其中至少有一台必须是独立于主机而驱动的,且其至少必须能提供所需总功率的 50%。

2.2 起动空气压缩机的总功率应能在 1h 内将按 2.4 或 2.5 设计的起动空气瓶(如适用)从大气压力充气至其最终压力。

通常,应装设功率相等的数台空气压缩机。

此规定不适用于可能设置的为满足 H.1 中规定的应急空气压缩机。

2.3 如果主机用压缩空气起动,则可供使用的起动空气应储存在至少两个容量大致相等的空气瓶中,且各空气瓶可以单独使用。

2.4 空气瓶的总容量应在不对其进行补充的情况下,能足以对每一可逆转主发动机提供不少于 12 次“前进”和“后退”交替进行的连续起动和对连接可调螺距螺旋桨或其他无反向力矩设备的每一不可逆转主发动机提供不少于 6 次的起动。

2.5 对于多发动机装置,在本社同意的条件下,每一发动机的起动操作次数可根据推进装置的原理予以减少。

2.6 如辅机或气动调节和操纵设备或气笛装置的起动空气系统由主起动空气瓶供气,则在计算主起动空气瓶的量时,应对此系统的耗气量予以适当注意。

2.7 除 2.6 所述之外的其他空气消耗量较高的装置不可与主起动空气系统相连。对此类装置应提供单独的空气源。与此规定不符时应取得本社的同意。

2.8 起动空气储存容量的近似计算可采用 L 中所列公式。

3. 电气起动设备

3.1 若主机采用电力起动, 则应设置两组相互独立的起动蓄电池。蓄电池的布置应使其相互不可能并联。每组蓄电池都必须能使主机从冷态起动。

起动蓄电池的总容量必须足以在 30min 内, 在无需再充电的条件下使主机起动, 其起动次数与 2.4 或 2.5 中对压缩空气起动所规定的次数相同。

3.2 如两台或两台以上辅发动机采用电起动, 则应至少设两组相互独立的蓄电池。如主机设有起动蓄电池, 则辅发动机可以使用这些蓄电池。

蓄电池容量必须足以起动每台发动机至少三次。如果只有一台辅发动机采用电起动, 则一台蓄电池已足够。

3.3 起动蓄电池只能用于起动 (以及预热, 如采用) 以及与发动机有关的监测设备。

3.4 应采取措施确保蓄电池始终处于充电状态且对充电状态进行检测。

4. 应急发电机组的起动

4.1 应急发电机组的设计应使其即使在 0°C 温度下也能立即起动。

如果机组只能在较高的温度下起动, 或有可能出现更低的环境温度, 则应设置加热设备, 以确保立即可靠地起动。

在所有气候和航行条件下, 必须保证机组处于运转准备状态。空气出入开口处的防火风闸必须仅在起火时关闭, 其他所有时间均应打开。为此, 应设一警告牌。在自动防火风闸的动作取决于机组运行的此情况下, 不需设此警告牌。空气出入口不得装设水密盖。

4.2 要求能自动起动的每一台应急发电机组应设有经本社认可的自动起动系统, 其容量应

足以供机组连续起动至少 3 次 (见“远洋船舶规范”第 3 章第 7 节 D.6)。

此外, 应设有第二能源。如果机组也可以手动起动, 则这一要求可予免除。

4.3 为了保证起动设备的有效性, 必须确保:

- a) 电力和液压起动系统由应急配电板供电;
- b) 压缩空气起动系统通过一个止回阀从主和辅压缩空气瓶或从应急空气压缩机供气, 而应急空气压缩机由应急配电板供电;
- c) 起动、充电和储能设备布置在应急发电机舱内。

4.4 如未规定自动起动, 则可采用可靠的手动起动装置, 例如人工曲柄、弹簧加载起动器、手操液压起动器或利用点火填充筒的起动器。

4.5 如直接手动起动并不可能, 则应按照 4.2 和 4.3 设置起动系统, 在这种情况下, 起动操作可由手动开始。

4.6 应急发电机组的起动器只可用于此目的。

5. 应急灭火机组的起动

5.1 驱动应急消防泵的柴油机的设计应使其能在 0°C 下以手动可靠起动。

如果柴油机只能在较高的温度下起动, 或有可能出现更低温度, 则应设有加热设备, 以确保可靠地起动。

5.2 如应急灭火机组不可能用人工曲柄进行手动起动, 则应设有一经本社认可的起动装置, 该装置应能使机组在 30min 内至少起动 6 次, 且在前 10min 内应起动 2 次。

I. 控制设备

1. 主机

1.1 控制站

为向推进装置提供应急操纵,应设置一个能对该装置进行操纵和监测的就地控制站。

1.1.1 在主机就地控制站上应在明显位置设有下列参数的指示器:

- 转速/转向;
- 滑油压力;
- 燃油压力;
- 气缸冷却水压力
- 活塞冷却介质的压力;
- 增压空气压力;
- 起动空气压力;
- 控制空气压力。

1.1.2 在就地控制站上或直接在发动机上应设有下列温度指示器:

- 滑油进口;
- 气缸冷却水出口;
- 活塞冷却介质出口;
- 增压空气冷却器的增压空气进口;
- 增压空气冷却器的增压空气出口;
- 发动机燃油进口 (仅对燃用重油的发动机);
- 排气温度。

如尺寸允许,在每缸出口和增压器进口/出口均设有。

1.1.3 在采用齿轮传动和调距桨系统的情况下,应设有应急操纵所需的就地控制指示器和控制设备。

1.1.4 在转速表上应以红色标出临界转速范围。

1.2 机器控制室/控制中心

如果已命名的装置具有为遥控操纵或控制的推进系统用的控制站,则应安装列于 1.1.1、1.1.2 和 1.1.3 款中的控制指示器。

1.3 桥楼/驾驶中心

1.3.1 在控制站区域中应提供推进系统的重要操纵参数。

1.3.2 应设有下列单独的控制设备:

- 主机转速/转向;
- 轴系转速/转向;
- 螺距 (指可调螺距螺旋桨);
- 起动空气压力;
- 控制空气压力。

1.3.3 对总输出不超过 600 kW 的发动机装置,经 GL 同意可放宽要求。

2. 辅发动机

作为最低要求,在发动机上应明显地设有下列控制器:

- 滑油压力;
- 燃油压力;
- 气缸冷却水压力;
- 气缸冷却水温度 (出口);
- 发动机进口的燃油温度 (仅指燃用重油发动机)。

J. 报警

1. 通则

1.1 下列要求适用于无任何自动化程度,已按常规操作设计的机械装置。

1.2 在这些要求的内容中,报警一词是指运行参数异常的声光报警。

2. 报警的范围

报警应在超出下列限值时发出信号:

2.1 主机

2.1.1 低限:

- 滑油压力;
- 气缸冷却水压力;
- 活塞冷却介质压力;

- 起动空气压力；
- 控制空气压力。

2.1.2 高温限值：

- 滑油进口；
- 气缸冷却水出口；
- 活塞冷却介质出口；
- 增压空气冷却器的增压空气出口；
- 废气（在废气增压器出口后面）。

2.2 辅发动机

低限：

- 滑油压力；
- 气缸冷却水压力和流量。

K. 发动机对中/机座

1. 对于发动机的安装与其船体基座上的固定应符合本社最新版的“推进装置基座规则”。
2. 发动机每次安装在基座并对中后，应通过测量曲柄臂的挠变校核曲轴的对中。

为此应注意：

- a) 船的吃水/装载状态；

- b) 发动机的状态—冷态/预热/工作热态。

3. 如发动机制造厂没有规定曲柄臂挠变允许值，则应根据本社的参考值进行评定。

4. 曲柄臂挠变的参考值

4.1 不管各种不同型式发动机制造厂提出的曲柄臂挠变允许值为多少，评定对应于变形部分长度 r_0 的曲柄臂挠变的参考值可取自图 2.4。

只要不超过此参考值，就可认为曲轴和曲轴轴承承受允许的附加应力。

4.2 测量曲柄臂挠变的注意事项

曲柄臂挠变应在 $R + \frac{d_w}{2}$ 处测量（见图 2.5）。

只有在两个相对的曲柄位置上进行测量，所得出的曲柄臂挠变 Δ_a 才有意义，（见图 2.5）。也就是说，在校准曲轴的安装和轴承磨损时，为了评价垂向对准和轴承定位情况，应在 0 和 3 之间进行测量，而为了评价轴承的横向偏移，应在 2 和 4 之间进行测量。由于受到连杆的妨碍，无法对 0 点进行测量时，可采用 1' 和 1'' 点测量值的平均值

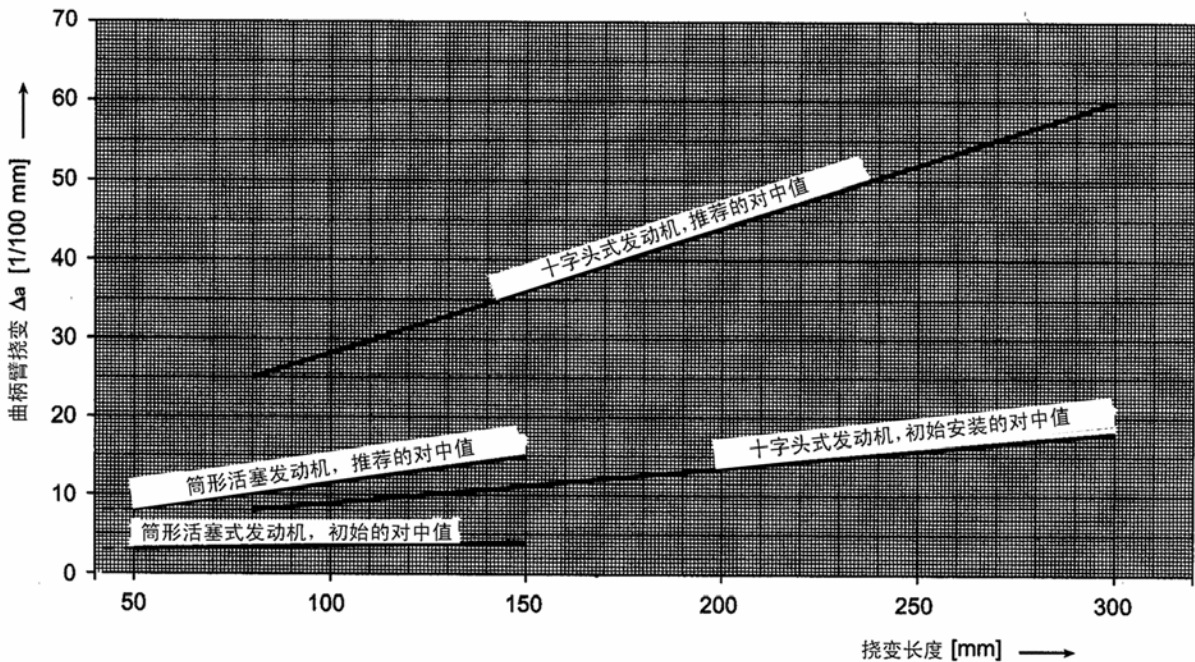


图 2.4 曲柄臂挠变的参考值

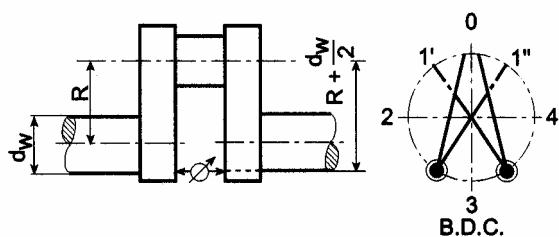


图 2.5

4.3 曲柄臂挠变长度 r_0 的确定

解释性注:

- 整锻曲轴按图 2.6 的 A、B 和 C 确定。
- 半组合曲轴按图 D 确定。

符号:

- R — 曲柄半径, mm;
- H — 活塞冲程 ($2R$), mm;
- d_k — 曲柄销直径, mm;
- d_w — 主轴颈直径, mm;
- d_N — 套合环带的直径, mm;
- W — 曲柄臂轴向厚度, mm;
- B — 在 $R/2$ 处的曲柄臂宽度, mm;
- T_i — 曲柄臂 (曲柄销处) 切入深度, mm;
- T_a — 曲柄臂 (主轴颈处) 切入深度, mm;
- s — 曲柄销/主轴颈的搭叠量, mm;

如果曲柄销和主轴颈的搭叠量为负值 ($s < 0$), 曲柄臂挠变长度 r_0 按 A 用下式确定:

$$r_0 = 0.5(H + d_k + d_w) - W \left(\sqrt{\frac{2d_k}{W} - 1} + \sqrt{\frac{2d_w}{W} - 1} \right) \quad (7)$$

在曲柄臂有切入的情况下, 式 (7) 中的 W 用 W^* 替代:

$$W^* = 0.5(2 \cdot W - T_i - T_a) \quad (8)$$

对图中 D 所示的半组合曲轴, 式 (7) 中根号内的 d_w 用 d_w^* 来替代:

$$d_w^* = \frac{1}{3}(d_N - d_w) + d_w \quad (9)$$

在曲柄臂有切入的情况下, W 值也应按式 (8) 以 W^* 来替代。

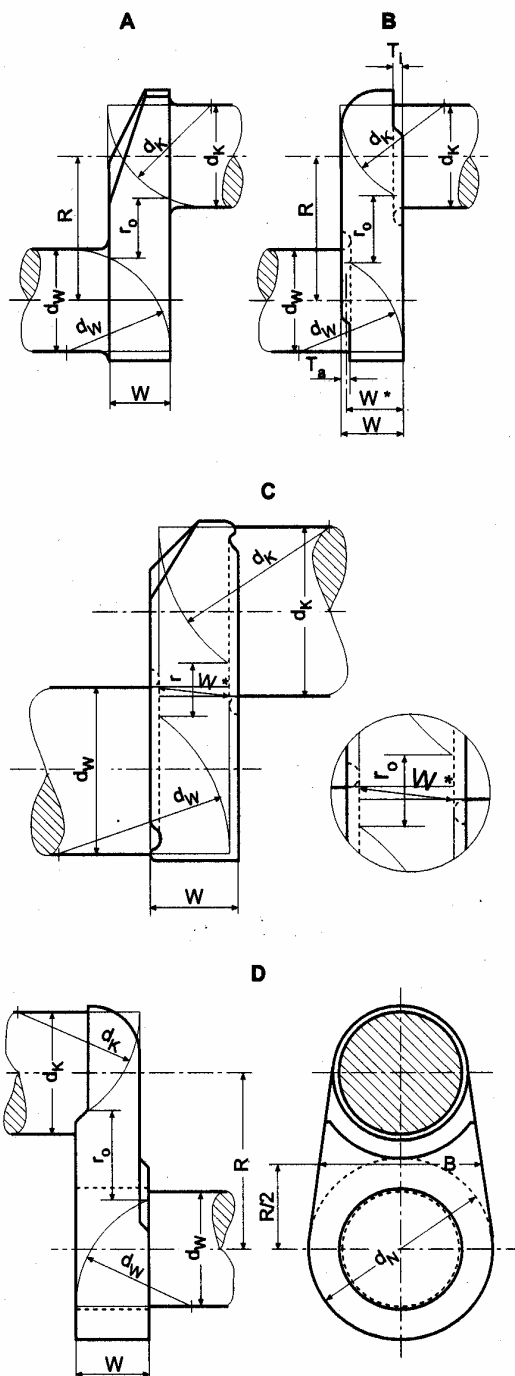


图 2.6

如果图中 C 所示之曲轴的曲柄销和主轴颈的搭叠量为正值 ($s \geq 0$), 则式 (7) 中的 W 值应以下式的 W^* 替代:

$$W^* = \sqrt{(W - T_i - T_a)^2 + [0.5(d_k + d_w - H)]^2} \quad (10)$$

对常规设计, 如果

$B/d_w = 1.37 \sim 1.51$, 适用于整段曲轴,

$B/d_w = 1.51 \sim 1.63$, 适用于半组合曲轴,

则在 r_0 的正常计算中 B 的影响已在图 2.4 的 Δ_a 中考虑了。

如果 B/d_w 值偏离了上述范围 (例如圆盘状, 椭圆状曲柄臂等), B 对刚性的影响应通过一个虚拟曲柄臂厚度 W^{**} 来考虑, W^{**} 用下列公式求取, 且应替代式 (7) 中的 W :

$$W^{**} = W^* \cdot \sqrt[3]{\frac{B}{d_w} - 0.44}, \text{ 适用于整锻曲轴} \quad (11)$$

$$W^{**} = W^* \cdot \sqrt[3]{\frac{B}{d_w} - 0.57}, \text{ 适用于半组合} \quad (12)$$

曲轴

L. 起动空气供应量的近似计算

1. 可逆转发动机推进装置用起动空气

假定起动空气瓶中的初压为 30bar 及终压为 9bar, 一台可逆转主机起动空气供应量的初步计算可按下式进行:

$$J = a \cdot \sqrt[3]{\frac{H}{D}} \cdot (z + b \cdot p_{e,e} \cdot n_A + 0.9) \cdot V_h \cdot c \quad (13)$$

式中:

J — 一起动空气瓶的总容量, dm^3 ;

D — 气缸直径, mm;

H — 活塞冲程, mm;

V_h — 一个气缸的扫气容积 (如系双作用发动机, 指气缸上部分的扫气容积), dm^3 ;

$P_{e, zul}$ — 一起动空气瓶的最大允许工作压力, bar;

z — 气缸数;

$p_{e,e}$ — 额定功率下气缸的平均有效工作压力, bar;

应采用下列 a 值:

— 对二冲程发动机 $a=0.4714$

— 对四冲程发动机 $a=0.4190$

应采用下列 b 值:

— 对二冲程发动机 $b=0.059$

— 对四冲程发动机 $b=0.056$

应采用下列 c 值:

如 $P_{e, zul}=30 \text{ bar}$, $c=1$,

如果未设减压阀, $P_{e, zul} \neq 30 \text{ bar}$, 则:

$$c = \frac{0.0584}{1 - e^{(0.11 - 0.05 \cdot \ln P_{e, zul})}}$$

e — 尤拉数 (2.718……) [-]

如果设有减压阀, 使压力 $p_{e,zul}$ 降至起动压力 p_A , 则应采用图 2.7 所示 “ c ” 值。

应采用下列 n_A 值:

$n_A = 0.06 \cdot n_0 + 14$ 如 $n_0 \leq 1000$;

$n_A = 0.25 \cdot n_0 - 176$ 如 $n_0 > 1000$;

n_0 — 额定转速, rpm。

2. 不可逆转发动机推进装置用起动空气

对于每台驱动可调螺距螺旋桨或起动时无阻力矩的不可逆转主发动机, 计算的起动空气供应量可减至 0.5J, 但此值不少于 6 次起动所要求的量。

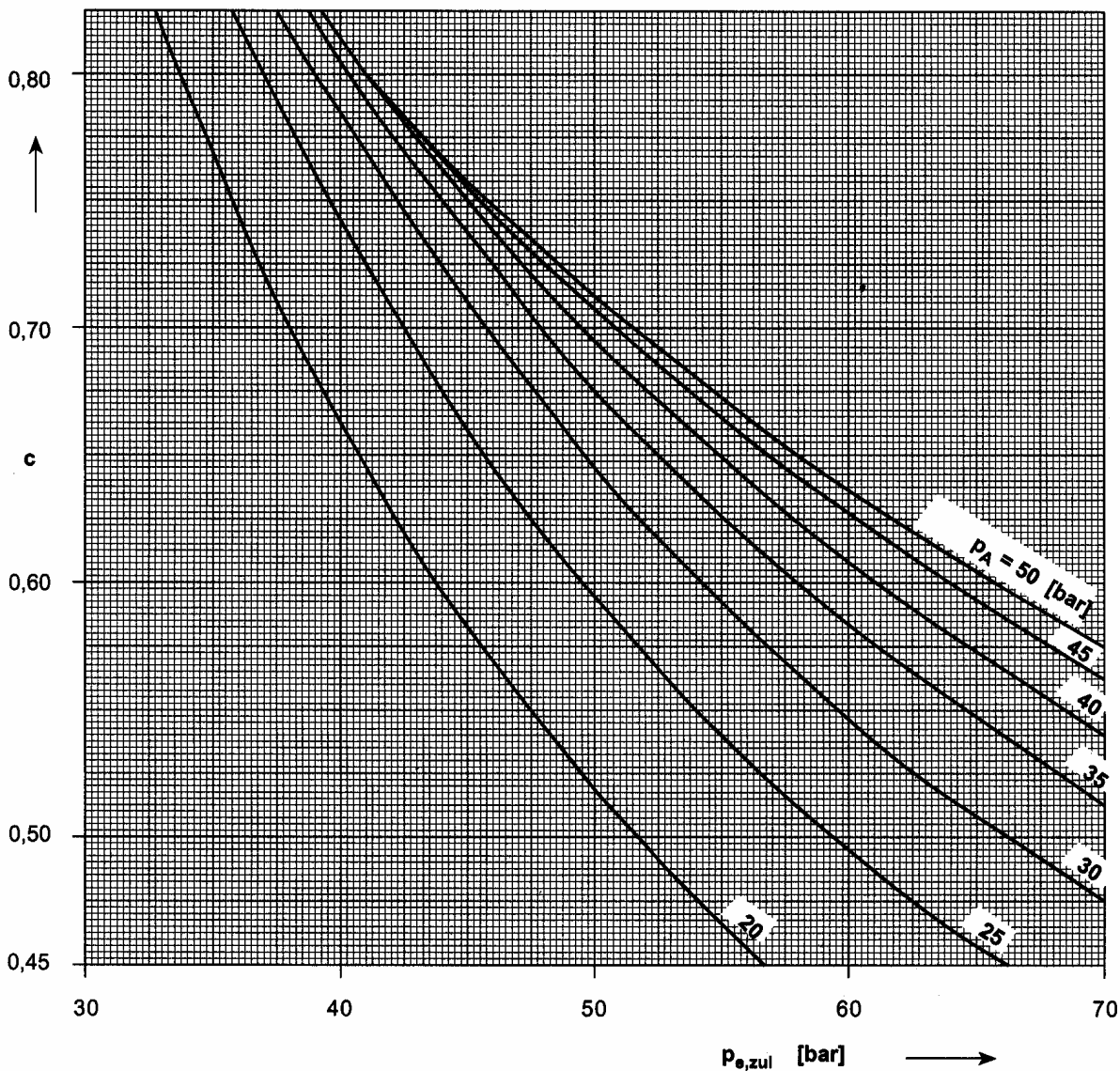


图 2.7 装有减压阀时的“c”的值

M. 空气压缩机

1. 通则

1.1 适用范围

本规范适用于常规的船用往复式空气压缩机。如果拟安装的空气压缩机不能采用下列规定和计算公式，则本社要求提供说明它们适于船用的证据。

1.2 送审文件

应向本社提交每一种类型的空气压缩机的纵、横

剖面图和曲轴、连杆图各一式三份。

2. 材料

2.1 认可的材料

通常，往复式空气压缩机的曲轴、连杆应当用钢、铸钢或球墨铸铁制造。如果使用特殊合金铸铁，则须得到本社的同意。

2.2 材料检验

在曲柄销的计算直径 $>50\text{mm}$ 的曲轴上，应进行材料检验。对曲柄销直径 $\leq 50\text{mm}$ 的曲轴，工厂证书就足够了。

3. 曲轴的尺寸

3.1 主轴颈和曲柄销的直径应按下式确定：

$$d_k = 0.126 \sqrt[3]{D^2 \cdot p_c \cdot C_1 \cdot C_w \cdot (2 \cdot H + f \cdot L)} \quad (1)$$

式中：

d_k — 一曲柄销/主轴颈的最小直径，mm；
 D — 单级空气压缩机的缸径，mm；
= D_{Hd} ，适用于双级分置活塞式压缩机中的第二级缸径，

= $1.4 D_{Hd}$ ，适用于双级阶梯活塞式压缩机的一阶活塞（图 2.8），

= $\sqrt{D_{Nd}^2 - D_{Hd}^2}$ ，适用于双级差动活塞式的压缩机（图 2.9），

p_c — 设计压力 PR，适用于 40 bar 及以下；

H — 活塞行程，mm；

L — 一个曲柄由两个轴承支承时，两主轴
承中心线之间的距离，mm，当两曲柄
由两主轴承支承而又处于不同角度
时， L 应取 $L_1=0.85L$ ；或当 2 根或 3
根连杆装在同一个曲柄上时，则取
 $L_1=0.95L$ ；

f = 1.0，气缸直列，
= 1.2，气缸中心线夹角为 90°
= 1.5，气缸中心线夹角为 60°
= 1.8，气缸中心线夹角为 45° } V-或W型

C_1 — 一系数，按表 2.7 选取；

Z — 气缸数；

C_w — 一材料系数，按表 2.8 或表 2.9 选取；

R_m — 最小抗拉强度，N/mm²。

3.2 如果由于曲轴结构形式合理而使其强度
提高，则可允许较小的 d_k 值。

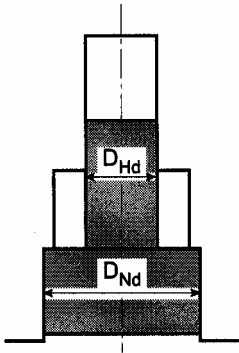


图 2.8

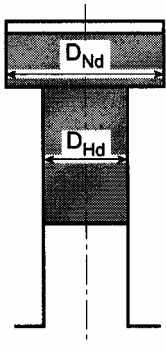


图 2.9

表 2.7 C_1 值

z	1	2	4	6	≥ 8
C_1	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4

表 2.8 钢曲轴的 C_w 值

R_m	C_w
400	1.03
440	0.94
480	0.91
520	0.85
560	0.79
600	0.77
640	0.74
≥ 680	0.70
720 ¹⁾	0.66
≥ 760 ¹⁾	0.64

¹⁾ 只适用于模锻曲轴。

表 2.9 球墨铸铁曲轴的 C_w 值

R_m	C_w
370	1.20
400	1.10
500	1.08
600	0.98
700	0.94
≥ 800	0.90

4. 结构及附件

4.1 一般要求

4.1.1 如系水冷式, 冷却器的尺度应以至少 32 °C 的海水温度为设计依据, 如系风冷式, 应以至少 45 °C 的空气温度为设计依据, 但当船舶航线的温度状态要求更高的温度, 或压缩机或冷却空气进口的位置要求更高的温度时为例外。

用淡水冷却, 则冷却水进口温度应不超过 40 °C。

4.1.2 除非其设置开式排水, 否则压缩机的冷却水腔和冷却器必须设有安全阀或足够截面积的安全爆裂片。

4.1.3 高压级空气冷却器不应安放在压缩机的冷却水腔内。

4.2 安全阀及压力表

4.2.1 压缩机的每一级都必须装有一个不能被隔断的合适的安全阀, 用以防止多于最高允许工作压力 10%, 即使在出气管关闭的情况下, 亦应能如此。安全阀的压力调定值必须锁定, 以防未经授权的改变。

4.2.2 压缩机的每一级都必须设一压力表, 刻度盘上必须标出最高允许工作压力。

4.2.3 如果压缩机的每一级由若干气缸组成, 而且各缸都能独立关闭, 则每一缸都必须设置安全阀和压力表。

4.3 油润滑压力腔的空气压缩机

4.3.1 直接在各级出口处测得的压缩空气温度, 多级机不可超过 160 °C; 单级机不可超过

200 °C。排出压力在 10 bar 及以下的, 温度可提高 20 °C。

4.3.2 功率消耗超过 20kW 的压缩机应装设温度表, 如有可能, 温度表应装在单独的出口接头处。如这不切实可行, 则它们应装在压力管路进口端。温度表上应标出最高允许温度。

4.3.3 所有压缩机的末级后面都应装汽水分离器和后冷却器。

4.3.4 在汽水分离器、后冷却器以及两级之间的压缩空气腔的最低处必须设排泄装置。

4.4 铭牌

每台压缩机都应装有铭牌, 其上载明:

- 制造厂
- 制造年份
- 有效吸气率, (m^3/h)
- 输出压力, (bar)
- 转速, (rpm)
- 功率消耗 (kW)。

5. 检验

5.1 压力检验

5.1.1 气缸和气缸衬套应以 1.5 倍的该级最终压力进行水压检验。

5.1.2 压缩机的中冷器和后冷器的空气腔应以 1.5 倍的该级最终压力进行水压检验。

5.2 最终检验及检验

压缩机应在本社监督下在其制造厂进行性能检验, 并应提交最终检验。

第 3a 节 热力涡轮机/汽轮机

A. 总则

1. 适用范围

本节规范适用于主和辅汽轮机。

对于小功率汽轮机，本社保留对与本规范不符之处予以认可的权利。

2. 送审文件

对每台汽轮机装置，都应以下 a) 至 f) 中所列文件一式三份提交本社认可：

- a) 汽轮机的总装图和剖面图；
- b) 转子、机箱、隔板、叶片、阀、机座以及主冷凝器的详图（对于齿轮系，见第 5 节）；
- c) 运转特性和临界转速的详细说明；
- d) 对承受最大载荷的部件，须备有足够安全裕度的证明。对于在高达约 400℃ 温度下工作的部件，其相应强度特性为在较高温度下的屈服点；对于在更高温度下工作的部件，则为持久蠕变强度，或者对于在使用温度下工作 100000 小时的部件，则应变为 1% 的蠕变极限。
- e) 焊接部件的焊接情况细节；
- f) 如有要求，叶片的振动计算。

对于蒸汽进口温度在 250℃ 及以下的小型辅助汽轮机，一般提交汽轮机的剖面图即可。对每台汽轮机装置应提交热流程图，且至少对每种型号汽轮机提交一套操作说明。

B. 材料

1. 认可的材料

1.1 转动部件

汽轮机转子、转盘和轴应由锻钢制成。

小型汽轮机的转子也可用特等铸钢。汽轮机叶片、包箍、扎线和阻尼线应用耐蚀材料制成。

1.2 静止部件

高压汽轮机机箱和操纵阀、速关阀以及节流阀的机体均应用耐高温钢或铸钢制成。中压汽轮机和低压汽轮机的机箱也可以用球墨或灰铸铁制成，视压力和温度而定。

隔板应用钢、铸钢、球墨铸铁或灰铸铁制成，视温度和载荷而定。亦可同意用焊接结构的钢或铸钢部件。

灰铸铁和球墨铸铁可用于 300℃ 及以下的蒸汽温度。

2. 材料的检验

2.1 下列部件应按照本社的材料规范进行检验：

- a) 转子、转盘、轴、压配环、叶片、齿形联轴器等旋转件和其他承受动载荷部件以及阀杆和阀锥；
- b) 机箱、隔板、喷嘴和喷嘴箱、导向叶片、汽轮机汽缸螺栓、机座和轴承座等静止部件；
- c) 冷凝器的管子和管板。

对于蒸汽进口温度在 250℃ 及以下的小型辅助汽轮机，检验范围可限于转盘和轴的材料。

C. 设计和建造原则

1. 基座

齿轮传动汽轮机装置基座的设计和建造应使汽轮机与齿轮箱之间仅可有微量的相对移动,且可由适当的联轴器加以补偿。

2. 配合表面的结合

汽缸的结合面必须形成紧密结合,而不使用任何中间垫料。

3. 轴承润滑

轴承的润滑不得受邻近热部件或蒸汽的损害。

对润滑油系统,见第 11 节, H。

4. 连接

管路与汽轮机的连接不应使过大的力和力矩传递至汽轮机上。

5. 泄水

汽轮机和与之连接的管路系统应设有适当的泄水设施。

6. 盘车机构

主推进汽轮机应设有能作双向转动的盘车机构。辅助汽轮机的转子必须至少能用手盘转。

7. 转子间隙的测量

每台汽轮机在制造厂车间总装后,应测定其转子的位置和间隙。在使用说明书中应标明此间隙。

8. 振动

在汽轮机装置的运行转速范围内不得产生过大的弯曲振动或影响整个装置的振动¹。

D. 倒车和应急运转

1. 主推进装置的倒车功率

1.1 主推进装置必须具有足够的倒车功率。如果倒车自由航行的转速至少能达到额定正车转速的 70%并至少持续 30min,则可认为倒车功率是足够的。

1.2 对装有倒车齿轮传动装置、可调螺距螺旋桨或电力传动系统的主推进装置,倒车不得引起推进装置的任何超载。

2. 应急运转装置

对单桨船上的多缸汽轮机,应布置成当其中任一汽缸供汽切断时仍能确保安全运转。为此,应备有能将蒸汽直接供给低压汽轮机的措施或将高压或中压汽轮机的排气直接通往冷凝器的措施。

为了保证这样的应急运转,应设有能防止汽轮机和冷凝器的压力和温度超过容许值的适当设备。

E. 机动操纵和安全设备

1. 机动操纵和控制设备

1.1 应有联锁机构,以防止蒸气同时进入正车和倒车汽轮机。在机动操纵过程中可允许正车和倒车阀瞬间同时进汽。

1.2 用以驱动液压机动操纵设备、速关系统和控制系统的工作流体必须适用于所有运转温度,且可燃性低。

1.3 用于装有可调螺距螺旋桨、离合器或电力传动系统的主推进装置的汽轮机应装有调速器,以防止突卸负荷时转速上升至急停转速。

1.4 驱动发电机的汽轮机(电力推进用的除外),由于全负荷降至零负荷而引起的转速上升,再恢复到稳态运行工况时不得超过 5%。由

¹ 对振动的评定可以 VDI 规则 2056“机器的机械振动的评定衡准”或其他等效标准作为依据。

于全负荷突变为零负荷所引起瞬态转速上升不可超过 10%，且必须距急停转速有足够裕度。

2. 安全装置

2.1 主推进汽轮机必须装有速关装置，以在下列情况下自动切断蒸汽供应：

- a) 超速。应防止超速高于额定值 15% 以上；
- b) 转子轴向位移过大；
- c) 冷凝器压力增加过大；
- d) 冷凝器水位过高；
- e) 润滑油压力下降过多。

2.2 在 a) 和 b) 情况下，速关机构必须由汽轮机轴触动。

2.3 还必须能在汽轮机旁和从总控制平台手动开启速关机构。

2.4 速关机构的复位只能在控制阀处于关闭位置时在汽轮机旁或从控制平台进行。

2.5 建议应装设一个与过高振动速度响应的报警系统¹。

2.6 应装设联锁机构，以保证盘车机构啮合时主汽轮机不能起动。

2.7 在排汽管路和旁路进汽管路上应装设自动机构，以防止当主进汽阀关闭时蒸汽进入汽轮机。

2.8 驱动辅机的汽轮机必须至少装设速关机构，以防止出现 2.1a 和 2.1d 所述的事件，排气压力过分上升必须触动速关机构。

2.9 应只有当速关机构处于待命状态时才可起动任何一台汽轮机。

3. 其他规范

根据其自动化程度、设备的范围和设计，还应遵照本规范第 4 章“自动化”的规定。

F. 控制和监测设备

1. 布置

每一主推进装置的控制和监测设备应设置在控制平台上。

2. 设备的范围和设计

根据其自动化程度，设备的范围和设计应遵照本规定第 4 章“自动化”的规定。

3. 控制和指示仪表

当盘车机构啮合时，控制平台上必须以光信号显示这种状态。

汽轮机和管路泄放阀应为自动动作或者应成组结合，且可从控制平台操作。

4. 辅助汽轮机的设备

驱动辅机的汽轮机应根据第 2 和 3 条配备必要的控制和监测设备。

G. 冷凝器

1. 设计

冷凝器的设计应使进汽速度不会过分冲击冷凝器的管子。应避免管子出现过分的下垂和振动，为此，例如可以使用管子支承板。

水室和蒸汽室必须开设检查和清理窗孔，在水一侧应具有防腐蚀保护。

对于单排式汽轮机装置，必须采取适当措施，以防止冷凝水流回低压汽轮机内。

2. 冷却水供应

冷凝器的冷却水供应须遵照第 11 节 I 中的规定。

H. 检验

1. 汽轮机转子的检验

1.1 热稳定性检验

整体锻制的转子或焊接的转子应经受热稳定性检验，以检查它们的轴向稳定性。

1.2 平衡

精加工完毕并装好叶片和有关转动件以备总装的转子应予验船师在场的情况下进行动平衡检验²。

1.3 冷态超速检验

汽轮机转子应在高于额定转速至少 15% 的转速下进行至少 3min 的检验。本社可以接受转动件在超速下所受应力的计算证明，以代替实际的超速检验，但其设计中应进行可靠的计算，且转子已经过无损检验，并已断定其确无缺陷。

2. 压力检验和密封性检验

2.1 所有精加工完毕的汽缸部件应予验船师在场的情况下进行水压检验。

检验压力 p_p 计算如下：

$$p_p = 1.5 p_{e,zul},$$

如 $p_{e,zul} \leq 80\text{bar}$;

$$p_p = p_{e,zul} + 40\text{ bar},$$

如 $p_{e,zul} > 80\text{bar}$;

$p_{e,zul}$ — 最大许用工作压力，bar。

对于速关阀、操纵阀和控制阀的箱体，检验压力应为锅炉的最大许用工作压力（认可压力）的 1.5 倍。这类阀的密封性能应在阀关闭时以 1.1 $p_{e,zul}$ 的压力进行检验。

2.2 低压汽轮机排气端在运行中承受冷凝器压力的汽缸部分应在 $p_p = 1.0\text{bar}$ 的压力下进行检验。

2.3 冷凝器的蒸汽侧和水侧应分别经受水压检验，检验压力应为：

$$p_p = 1.0\text{bar} \quad \text{蒸汽侧}$$

$$p_p = 1.5 p_{e,zul} \quad \text{水侧}$$

I. 试车

1. 工厂试车

如汽轮机在制造厂进行试运转，则其操纵机构、安全装置和控制设备的正常功能均应在试运转中加以验证，这种验证最迟应在汽轮机装到船上之前进行。

2. 船上试车

2.1 主汽轮机应在系泊试车以及随后的试航中进行下列检验：

- a) 在额定转速下至少运转 6 小时；
- b) 换向机动操纵；
- c) 在系泊试车或试航中，倒车转速至少要等于正车额定转速的 70%，且持续 20min 左右。

在倒车及随后的正车运行中，蒸汽压力和温度以及相对膨胀不得达到足以危及汽轮机运行安全性的量值。

2.2 汽轮机驱动的发电机或辅机应至少在其额定功率下运行 4h，并在 110% 额定功率下运转 30min。

² 对平衡的评定可参照 VDI 指南 2060 “对于转动刚体平衡的评定准则”或其他等效指南

第 3b 节 涡轮机/燃气轮机和废气涡轮增压器

A. 总则

1. 适用范围

下列规定适用于主和辅燃气轮机，如合适，亦适用于废气涡轮增压器。

对于小功率燃气轮机和废气涡轮增压器，本社保留对与规范不符之处予以认可的权利。

2. 送审文件

对于每一燃气轮机装置，都应以下 a) 至 f) 中所列文件一式三份提交本社认可：

- a) 装配图和剖面图；
- b) 转子、壳体、叶片、燃烧室和热交换器的详图；
- c) 包括控制和安全装置在内的燃油系统和润滑油系统的布置图；
- d) 带系统说明的起动设备；
- e) 包括涡轮机和压气机在额定功率和相应转速下运行的压力和温度曲线在内的运转工况的详细说明，以及超越额定功率规定值的许用瞬时运转工况的详细说明；
- f) 以计算和其他方法提供的证明，例如，以在涡轮机和压气机的叶轮上进行的爆裂试验的结果数据形式对承受最严重载荷的部件提供其具有足够安全裕度的证明。对于涡轮机的导流叶片、叶片以及叶轮，应将作为计算依据的工作寿命与在额定功率下材料所承受的温度一并提交；
- g) 焊接部件的焊接情况细节；
- h) 试验顺序。

每种型式的燃气轮机，都应向本社提供一套操作说明。

对于个别情况，本社可根据设备的设计和用途保留要求提供额外文件的权利。

B. 材料

1. 认可的材料

燃气轮机的材料必须满足运转工况对发动机各部件的要求。在选择材料时，应考虑到零部件在运转中所经受的诸如蠕变、热疲劳、氧化和腐蚀的影响。应向本社提供材料的化学和机械特性以及所采用的热处理的细节，作为所用材料适用性的证明。如采用复合材料，应对其制造方法加以说明。

2. 材料的试验

轴、涡轮机和压气机的叶轮、导流叶片和叶片、涡轮机和压气机的壳体、燃烧室和热交换器的材料应在 GL 的监控下进行试验，或者按照燃气轮机制造厂所规定，由本社所认可的试验规程进行试验。

对涡轮增压器的材料试验也可参见“废气涡轮增压器的试验指南”第 B 节。

C. 设计和建造原则

1. 基座

齿轮燃气轮机装置的基座的设计和建造应使燃气轮机与齿轮箱之间仅可有微量的相对移动，且可由适当的联轴器加以补偿。

2. 空气供应

在进气管道内，应装设防止异物进入压气机和涡轮机的设施。尤其应采取能够充分降低燃烧

空气含盐度的措施。应提供用于把压气机和涡轮机内的沉积物清除出去的清洗设备。

3. 燃烧室

必须确保燃烧室可以接近，应能在不拆除燃气发生器的条件下检查火焰管。

4. 轴承润滑

轴承的润滑不可受到热气体或邻近的热部件的损害。

漏油和油气的清除不应使其与热部件接触。对滑油系统，见第 11 节 H。

5. 起动设备

燃气轮机应装设起动设备，使之能从“停车”状态下起动。

6. 盘车机构

主推进燃气轮机应装有盘车机构

辅助燃气轮机的转子必须至少能用手盘转。

7. 管子连接

燃气轮机的管子连接不应使过大的力或力矩传递至燃气轮机上。

8. 燃油

应将燃气轮机制造厂规定使用的燃油品级和处理燃油所需用的设备通知本社。

对燃油，另见第 1 节 D.12。

9. 振动

在运行转速范围内不得引起不允许的弯曲振动或影响整套装置的振动。¹

10. 检查孔

建议装设检查孔，以便能用专用设备，例如内孔表面检查仪或类似设备检视燃气轮机或压气机的内部而无需拆卸。

D. 倒车、应急运转

1. 应急运转

在多轴装置中，一根轴的故障不得妨碍其余轴系的独立继续运转。

在具有两台或多台主燃气轮机的单轴装置中，应确保当一台燃气轮机失效时其余机组能独立地继续运转。

在只有一台主燃气轮机的单轴装置中，应与本社达成有关应急运转设备的专门协议。

E. 控制和安全设备

1. 控制设备

1.1 配有可调螺距螺旋桨，离合器或电力传动系统的主推进燃气轮机应装设调速器，以防止在突然卸载时转速突增到急停转速。

1.2 驱动发电机的燃气轮机（电力推进用的除外），由于全负荷变为零负荷而引起的转速上升，再恢复到稳态运行工况时不得超过 5%。由于全负荷突变为零负荷所引起的瞬态转速上升不可超过 10%，且必须离急停转速有足够裕度。

2. 安全装置

2.1 燃气轮机应装有一速关装置，以在下列情况下自动切断燃油供应：

- a) 燃气轮机超速。应防止超速高于额定值 15% 以上；
- b) 润滑油压力下降过多；

¹ 对振动的评定，可以 VDI 规则 2056 “机器的机械振动的评定衡准”或其他等效标准作为依据。

c) 运转时火焰消失;

d) 隔板的温度过高。

2.2 此速关装置还必须能从机舱的控制平台进行手动操作。

2.3 起动必须按预定程序自动地进行。必须配备能确保该程序(达到点燃转速、点燃、火焰监测)得以正确执行的联锁。

2.4 应设有用以在发生下列情况时触发报警的设备;

a) 燃气发生器出口处的气体温度超过最高容许值;

b) 涡轮机轴承的润滑油温度过高。

c) 隔板的温度过高。

在情况 a) 下, 如果燃气轮机功率降低不是自动实现, 则此报警器应触发“降低输出功率”的信号。

建议配备一个过高振动速度响应的报警系统。

2.5 经本社同意, 小功率燃气轮机的速关装置和报警设备的范围可予减小。

F. 控制和监测设备

1. 布置

每一主推进装置所需的控制和监测设备都应设置在控制平台上。

2. 监测设备的范围

应为运行的可靠控制所必需的数据读取和/或记录设置监测设备。应至少设有下列监测设备:

- 压气机进气口处的空气压力和温度;
- 燃气发生器出口处的燃气压力和温度以及润滑油的压力和温度;
- 燃气发生器和动力燃气轮机转子的转速。

应设有定期记录燃气发生器出口处燃气温度的设备。

3. 辅燃气轮机用的设备

用于驱动辅机的燃气轮机须遵照 1 和 2 的有关要求。

G. 维修

1. 维修计划

应向本社提交一份维修计划, 规定应对燃气轮机进行的维修工作以及其间隔时间。

H. 检验

1. 试验范围

1.1 材料试验

对材料进行试验的范围在 B.2 中规定。

1.2 无损试验

对转动零件和壳体所进行的无损试验的范围应征得本社的同意。

1.3 平衡

燃气轮机和压气机的转子应在待装配的状态下校验平衡。

1.4 冷态超速试验

涡轮机和压气机的叶轮应在高于额定转速至少 15% 的转速下进行至少 3min 的试验。

废气涡轮增压器的涡轮机和压气机的叶轮应在高于最高工作转速 20% 的转速下进行至少 3min 的试验。

本社可以接受转动件在超速下所受应力的计算证明, 以代替实际的超速试验, 但其设计中应进行可靠的计算, 且转动件已经过彻底的无损试验, 断定其确无缺陷。

1.5 压力试验和密封性试验

精加工完毕的气缸部件和热交换器应在 1.5 倍最大许用工作压力的压力下进行水压试验。如果已由其他方法证实气缸部件具有足够的强

度, 则可在 1.1 倍最大许用工作压力的压力下进行密封性试验。

废气涡轮增压器的冷却水腔应在 4bar 的压力 P_P 下进行试验, 但最低应为 $1.5P_{e,zul}$ 。

2. 批量生产的废气涡轮增压器的试验

对于批量生产的废气涡轮增压器, 其制造厂可以通过申请被认可为批量生产废气涡轮增压器的供应者。在核准的范围内, 制造厂必须证明其满足本社的“废气涡轮增压器试验指南”中所提出的要求。

I. 试车

1. 工厂试车

1.1 燃气轮机应在制造厂尽可能在其工作温度下进行试运转。

安全和控制设备的正常动作应在试运转中加以验证。

1.2 废气涡轮增压器应在最大工作转速和工作温度下进行 20min 的试验。

2. 船上试车

2.1 主燃气轮机应在系泊试车以及随后的试航中根据经本社总部同意的试验程序进行下列试验:

- a) 在额定转速下的耐久试验;
- b) 起动机动操纵;

对个别情况, 本社有权要求进行附加试验。

2.2 驱动发电机或辅机的燃气轮机应在额定功率下至少运转 1h, 并在 110% 额定功率下运转 30min。