



R32

中华人民共和国船舶行业标准

船用柴油机修理技术标准

1994 发布

1994 实施

中国船舶工业总公司 发布

中华人民共和国船舶行业标准

船用柴油机涡轮增压器修理技术要求

CB / T 3563-93

分类号: R32

1 主题内容与适用范围

本标准规定了船用柴油机涡轮增压器修理的技术要求。

本标准适用于船用柴油机的轴流式涡轮增压器和径流式涡轮增压器。

2 引用标准

GB1184 形状和位置公差 未注公差的规定

GB9239 刚性转子平衡品质 许用不平衡的确定

ZBJ91008 涡轮增压器转子平衡品质

CB555 船用柴油机涡轮增压器试验方法

CB / T3498 船用柴油机修理后试验技术要求

3 技术要求

3.1 零部件修理技术要求

3.1.1 转子轴

中国船舶工业总公司 1993-08-27 批准 1994-03-01 实施

3.1.1.1 转子轴的叶轮及油泵装配轴段对于二支承轴颈的轴心线 AB 的径向圆跳动 S (见图 1), 当直径 $d < 50\text{mm}$ 时应不超过 0.02mm , 当直径 $d > 50\text{mm}$ 时, 应不超过 0.03mm 。

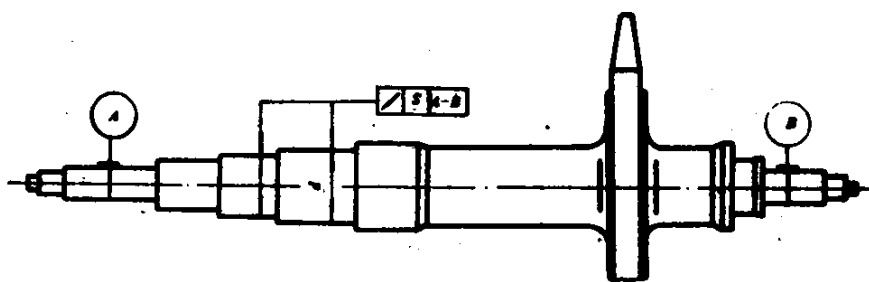


图 1

3.1.1.2 转子轴发生弯曲变形时允许矫正, 但应有消除内应力的有效措施, 并经无损探伤检查无裂纹, 矫正后轴的径向圆跳动量应符合 3.1.1.1 条规定。

3.1.1.3 转子轴的任何部位上不允许裂纹存在。但当裂纹发生在非配合轴段上且深度较浅, 轴的强度富裕时, 可将轴上裂纹磨去并修整圆滑。

3.1.1.4 转子轴与滚动轴承的配合不许松动, 经修复后的轴颈的表面粗糙度 $Ra < 0.8\mu\text{m}$ 。圆度及圆柱度误差应不大于 0.005mm , 轴颈与滚动轴承内圈的配合应按照增压器使用说明书的要求或表 1 规定。

表 1

mm

轴颈直径	$> 10 \sim 18$	$> 18 \sim 30$	$> 30 \sim 50$	$> 50 \sim 80$	$> 80 \sim 120$	$> 120 \sim 180$
允许偏差	$+0.015$ $+0.007$	$+0.017$ $+0.008$	$+0.020$ $+0.009$	$+0.028$ $+0.011$	$+0.028$ 0.013	$+0.033$ $+0.015$

3.1.1.5 采用滑动轴承或浮动轴承的增压器转子轴, 其轴

颈经磨损后的圆度和圆柱度误差应不超过 GB1184 的 11 级公差值，修复后的轴颈的圆度和圆柱度误差应不超过 GB1184 的 7 级公差值，或者按照表 2 的规定，轴颈表面粗糙度 $Ra < 0.8\mu m$ 。

表 2 mm

轴颈直径	<30	>30~50	>50~80	>80~120
磨损后圆度极限误差	0.033	0.039	0.046	0.054
修理后圆度公差	0.006	0.007	0.008	0.010

3.1.1.6 转子轴的轴颈及叶轮装配段、密封段、油泵装配段的表面上深度在 0.10mm 以内的伤痕允许抛光圆滑后继续使用，超出上述范围应按 3.1.1.7 条规定修理。

3.1.1.7 转子轴的轴颈过度磨损或磨损后圆度和圆柱度误差超过 3.1.1.5 条规定以及表面损伤程度超过 3.1.1.6 条规定时可以采用金属喷涂、电刷镀、无刻蚀镀铁等工艺修复。但电刷镀工艺不推荐用于滑动轴承轴颈修复。

3.1.2 轴流式涡轮叶片

3.1.2.1 涡轮叶片在图 2 中 I 区或 II 区范围内，产生变形的截面可以借助叶形样板整形，整形时尽量采用冷矫法。使用热矫法时，叶片应用中性火焰小心加热，加热最高温度为 650℃（黯红色），整形后应经检查无裂纹才使用。

3.1.2.2 涡轮叶片在凹面上撞击伤痕等少量缺陷允许修磨，磨去深度不得超过相应部位叶片厚度的 1/6，磨去面积的直径不得超过图 2 中 I 区高度 h 的 1/4。

3.1.2.3 下列的缺陷允许补焊：

- a 图 2 中 I 区内单个缺陷直径在 I 区高度 h 的 1/4

以内，最大深度在相应部位叶片厚度的 $1/4$ 以内，进气边缺陷直径在弦长 s 的 $1/10$ 以内；

b 图 2 中Ⅱ区内单个缺陷直径在Ⅱ区长度 T 以内、最大深度在相应部位叶片厚度的 $1/6$ 以内，进气边缺陷直径在Ⅱ区长度 T 的 $1/3$ 以内。

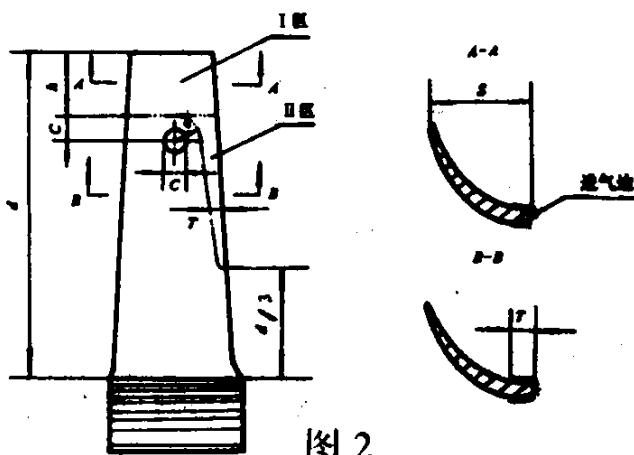


图 2

c-孔径； d-叶片有效长度

3.1.2.4 叶片焊补时应采用氩弧焊 (TIG)，焊接材料必须与叶片材质相同或化学成分及机械性能接近。

3.1.2.5 焊补后的叶片应修磨到正常尺寸，修磨后叶片表面粗糙度 $Ra < 3.2\mu m$ 。

3.1.2.6 所有经过修理的叶片必须用着色渗透法检查其表面有无裂纹，经检查发现产生裂纹的叶片不能重新焊补。

3.1.2.7 镶嵌式叶片出现裂纹、折断及损伤程度按 3.1.2.2 和 3.1.2.3 条规定无法修理时，一般应当更换新的叶片。更换叶片的同时，相应的锁紧片和拉筋也应换新。

3.1.2.8 焊接式涡轮叶片损坏程度与 3.1.2.7 条相同时，应将叶片从轮盘上挖去，重新焊装新的叶片。叶片焊装后应用着色渗透法检查焊缝周围有无裂纹，当发现有裂纹时应予消

除。

3.1.2.9 新叶片装妥后, 叶轮外径应按照增压器使用说明书规定的公差或表 3 规定进行最后加工。

表 3

mm

涡轮外径	< 300	> 300 ~ 500	> 500 ~ 750	> 750
允许偏差	0 -0.05	± 0.05	± 0.10	± 0.15

3.1.2.10 涡轮外径磨蚀后与罩壳的最大间隙比新装间隙之增大值 (即涡轮叶片顶部磨损量和罩壳磨损量的总和) 不得超过涡轮叶片有效长度的 1%。

3.1.3 涡轮盘

3.1.3.1 涡轮盘的任何部位上均不允许有裂纹存在。

3.1.3.2 装配式涡轮盘 (见图 3) 上的螺栓孔和定位销孔产生变形时, 允许扩孔和铰孔修复。定位销孔的表面粗糙度 $Ra < 1.6 \mu m$ 。更换的螺栓和定位销的材料机械性能应与原来的材料相符。

3.1.4 径流式涡轮叶轮

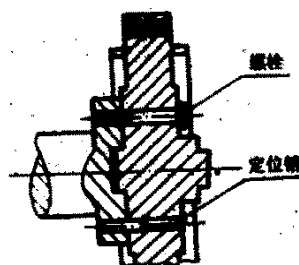


图 3

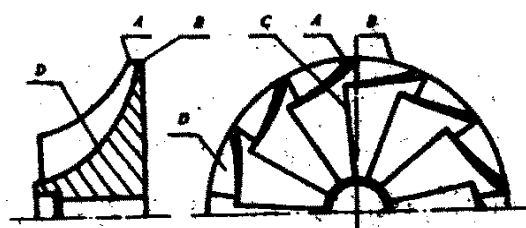


图 4

3.1.4.1 径流式涡轮叶轮的叶片表面上不得有裂纹存在。

3.1.4.2 叶轮边缘上（见图 4 中 A、B、C 处）及叶片间的底面上（见图 4 中 D 处）缺陷深度在 0.5mm 内，叶片表面的缺陷深度在相应部位的叶片厚度的 15% 以内，缺陷直径不大于 10mm，且每叶片上缺陷不超过 3 处，两叶片间的底面上不超过 6 处时，允许修磨。

3.1.4.3 涡轮轮缘擦伤或卷边，允许修整，修整后涡轮叶轮与罩壳的间隙不得超过新装配时的最大间隙的 1.3 倍。

3.1.5 压气机叶轮和导风轮

3.1.5.1 压气机叶轮及导风轮（以下简称叶轮）的任何部位上均不得有裂纹存在。

3.1.5.2 叶轮边缘上（见图 5 中 A、B、C 处）及两叶片间的底面上（见图 5 中 D 处）的缺陷深度在 0.5mm 以内、叶片表面的缺陷深度在相应部位叶片厚度的 15% 以内、缺陷直径不大于 10mm 时，允许修磨。

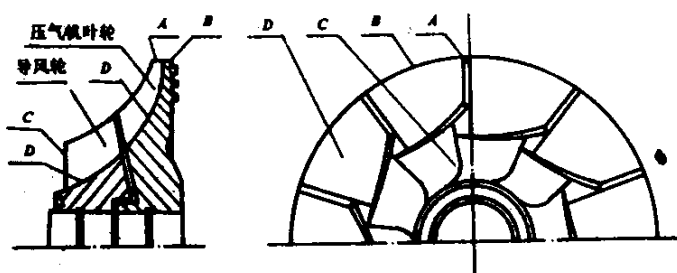


图 5

3.1.5.3 叶轮轮缘擦伤或卷边、允许修整，但修整后叶轮

与罩壳的间隙不得超过新装配时最大间隙的 1.5 倍。

3.1.6 喷嘴环

3.1.6.1 喷嘴环叶片因变形, 其喷嘴喉口面积与设计值之差不得超过 $\pm 2.5\%$ 时, 允许继续使用。

3.1.6.2 喷嘴环叶片表面上缺陷深度在其相应部位的叶片厚度的 30% 以内时, 可以修整, 使表面圆滑过度, 允许留下缺陷痕迹。

3.1.6.3 组装式喷嘴环叶片变形后, 其喷嘴喉口面积差值超过 3.1.6.1 条规定时, 应将叶片拆卸整形, 无法整形时应更换新叶片。整形或更换叶片后该处喷嘴环喉口面积应符合设计值。

3.1.6.4 铸入式喷嘴环叶片变形程度超过 3.1.6.1 条规定时允许整形, 整形后该叶片处喷嘴喉口面积应符合 3.1.6.1 条规定。整形后的叶片上不得存在裂纹。

3.1.6.5 组装式喷嘴环叶片的表面及榫头不得存在裂纹。

3.1.6.6 铸入式喷嘴环叶片的边缘出现图 6a 所示的裂纹时, 若裂纹长度 l 不超过叶片宽度的 $1/4$, 裂纹与边缘距离 E 不大于 5mm, 允许切去裂纹部分 (见图 6b) 修光切口, 继续使用, 但在全部叶片中不许超过 3 片, 且不连续分布。

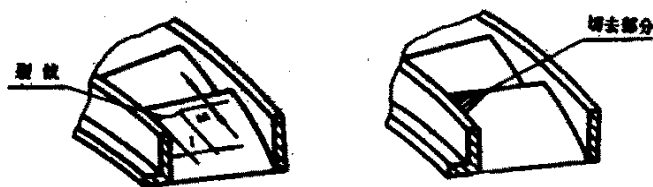


图 6

3.1.7 有叶扩压器

3.1.7.1 扩压器叶片表面上缺陷的深度不超过相应部分叶片厚度的 10%，叶片底板表面缺陷深度不超过其相应部分厚度的 20%时，允许修磨光滑后继续使用，但修光后其喉口面积差值应不超过设计值的 2%。

3.1.7.2 整体式的扩压器的叶片上不得有裂纹或严重腐蚀缺陷。

3.1.7.3 组装式扩压器的叶片出现裂纹、拆断或超过 3.1.7.1 条规定的缺陷时，应更换叶片，新换叶片处的喉口尺寸应符合设计值。

3.1.7.4 组装式扩压器的叶片应无松动，叶片有松动现象时，该叶片应重新调整、紧固或更换，经调整或更换的叶片的喉口尺寸应符合设计值。

3.1.8 涡轮叶轮罩壳

3.1.8.1 轴流式涡轮叶轮罩壳内孔表面磨损深度与涡轮叶片顶部磨损量的总和不超过涡轮叶片有效长度的 1%时，允许修光后使用。超过上述规定时应视叶片和罩壳的磨损情况，若间隙增大主要是罩壳磨损引起时，必须更换叶轮罩壳。

3.1.8.2 轴流式涡轮叶轮罩壳变形后，叶轮与罩壳的最大间隙不得超过 3.1.2.10 条的规定，罩壳内径小于原尺寸下限时允许修磨。

3.1.8.3 径流式涡轮叶轮罩壳（包括与涡轮壳体为一体的涡轮叶轮罩壳）型面磨损深度在 0.20mm 以内，面积不大于型面总面积的 25%时，允许修整使用。

3.1.8.4 径流式涡轮叶轮罩壳变形后，罩壳与叶轮的最大

间隙不得超过 3.1.4.3 条规定, 型面尺寸小于原尺寸的下限时允许修磨。

3.1.9 压气机叶轮罩壳

3.1.9.1 压气机叶轮罩壳的型面磨损深度与叶轮轮缘磨损量的总和不超过其新装配间隙的 50%, 其面积不超过型面总面积的 25%时, 允许修整光滑后使用。

3.1.9.2 压气机叶轮罩壳的型面变形后, 罩壳与叶轮的最大间隙不得超过增压器的说明书规定的极限间隙或新装配间隙的 1.5 倍。型面尺寸小于原尺寸下限时允许修理。

3.1.10 壳体

3.1.10.1 增压器壳体受腐蚀后, 其最小壁厚不小于设计壁厚的 50%, 壳体的冷却水腔经 1.5 倍工作压力 (但不少于 0.4MPa) 的水压试验合格时, 允许继续使用。

3.1.10.2 增压器涡轮壳体上局部的最小壁厚超过 3.1.10.1 规定或破损时允许焊补或用耐热粘结剂修补, 修理后的壳体必须按 3.1.10.1 条规定的试验压力进行水压试验, 合格后才能使用。

3.1.10.3 增压器涡轮壳体上产生裂纹时允许焊补, 焊补后应采用着色渗透法检查其焊缝处有无裂纹, 并进行 0.4MPa 的水压试验, 不得渗漏。

3.1.10.4 铝合金制造的压气机壳体上的裂纹、腐蚀等缺陷, 允许使用氩弧焊焊补修复, 焊补后应做着色渗透法探伤检查。

3.1.10.5 壳体冷却水腔内的防蚀锌块剩余体积不足原体积的 1/2 时, 应当更换。

3.1.11 滚动轴承

3.1.11.1 滚动轴承累计工作时间达到其额定使用寿命时应当更换新轴承。

3.1.11.2 滚动轴承应转动灵活, 无异常响声, 无过热, 轴承各零件应无损伤、腐蚀、裂纹、保持架松动等缺陷。

3.1.11.3 更换滚动轴承时应采用技术文件所规定的型号和精度等级, 一般应采用不低于 D 级精度轴承。

3.1.11.4 滚动轴承的减振片弹性应均匀良好, 无咬毛, 过度磨损和断裂等缺陷, 出现上述缺陷或间隙超过规定值时应当更换。更换减振片时应采用材料及技术性能与原来相同的减振片。

3.1.11.5 减振片表面上出现不密集的锈斑时, 允许磨光后继续使用。

3.1.12 滑动轴承

3.1.12.1 滑动轴承的径向间隙 C (见图 7) 不得超过增压器说明书规定的极限间隙或新装配间隙上限的 1.5 倍, 超过规定时应当修理或更换。

3.1.12.2 滑动轴承的滑动表面粗糙度 $Ra < 0.8 \mu m$ 。

3.1.12.3 滑动轴承的下部与轴颈应均匀接触, 其接触角 θ 应在 $45^\circ \sim 90^\circ$ 范围内, 轴向接触长度应不小于全长的 80%。不符合上述要求时, 允许修理, 但修理后其径向间隙应符合 3.1.12.1 条规定。

3.1.12.4 滑动轴承的合金层不得有裂纹、剥落、烧熔、严重腐蚀、脱壳等缺陷, 存在上述缺陷时应修理或更换。

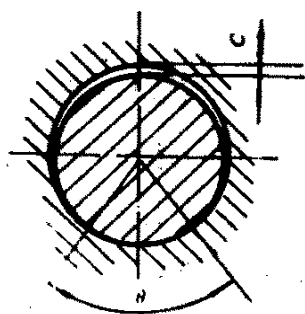


图 7

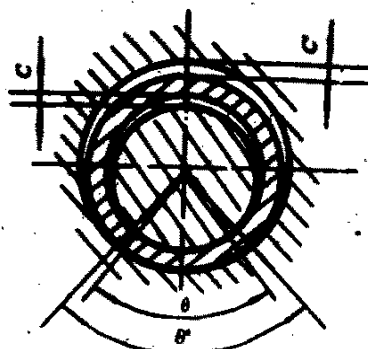


图 8

3.1.12.5 滑动轴承的滑动表面上径微的擦伤痕迹,深度和宽度不超过 0.1mm,长度不大于 10mm,数目不多于 5 条时允许修光后继续使用。

3.1.13 浮动轴承

3.1.13.1 浮动轴承的内间隙 C (见图 8) 不得超过增压器说明书规定的极限间隙或新装配间隙上限的 1.5 倍,浮动轴承的外间隙 C' 不得超过增压器说明书规定的极限间隙或新装配间隙上限的 1.3 倍。

3.1.13.2 浮环内外表面及壳体的滑动表面的粗糙度 $Ra < 1.6\mu m$ 。

3.1.13.3 浮环与轴颈及壳体的下部应均匀接触,其接触角 θ 及 θ' (见图 8) 应在 $45^\circ \sim 90^\circ$ 范围内,达不到上述要求时允许修理,但修理后其径向间隙应符合 3.1.13.1 条的规定。

3.1.14 推力轴承

3.1.14.1 推力轴承的轴向间隙不得超过增压器说明书规定的极限间隙或新装配间隙上限的 1.3 倍,且不得超过涡轮叶轮、压气机叶轮、密封环和气封片等部件的轴向间隙。

3.1.14.2 推力轴承滑动面与推力环接触面积应不小于相应总面积的 75%，达不到上述要求时允许研刮修理，但必须保证推力轴承的轴向间隙不超过 3.1.14.1 条的规定。

3.1.14.3 推力轴承滑动面和推力环的表面粗糙度 $Ra < 0.8\mu m$ 。

3.1.14.4 推力轴承的合金层上不得存在裂纹、剥落、烧熔和严重腐蚀，合金层与本体应结合牢固，不得有脱壳现象，产生上述缺陷时应当修理或更换。

3.1.14.5 推力轴承滑动面上深度和宽度不大于 0.1mm、长度在 10mm 以内的擦伤痕迹，数量不超过 5 条时，允许修光后继续使用。

3.1.15 气封片

3.1.15.1 气封片应平直无扭曲变形。当气封片顶部产生轻微的扭曲变形时，允许矫直后继续使用，变形严重无法矫直时应当更新。

3.1.15.2 气封片的径向间隙 C （见图 9）和轴间间隙 C' （见图 10）达到增压器使用说明书规定的最大间隙值时应当更换。

3.1.15.3 更换气封片时，各道气封的接头应当相互错开，气封片装妥后，其外径尺寸应按照增压器使用说明书中所规定的公差或表 4 规定进行最后加工。

表 4

mm

气封外径	<100	>100
允许偏差	0 -0.05	0 -0.10

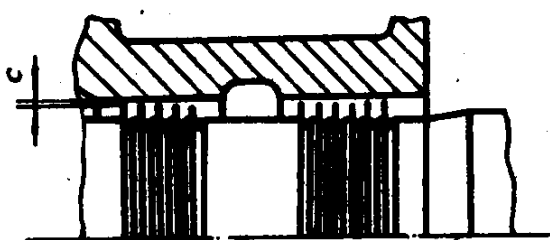


图 9

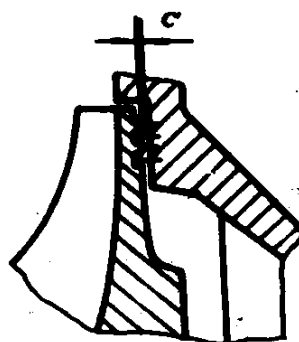


图 10

3.1.16 多槽式密封装置

3.1.16.1 密封衬套与转子轴间的径向间隙 C (见图 11) 达到增压器使用说明书所规定的最大间隙值时应当更换新的密封衬套。

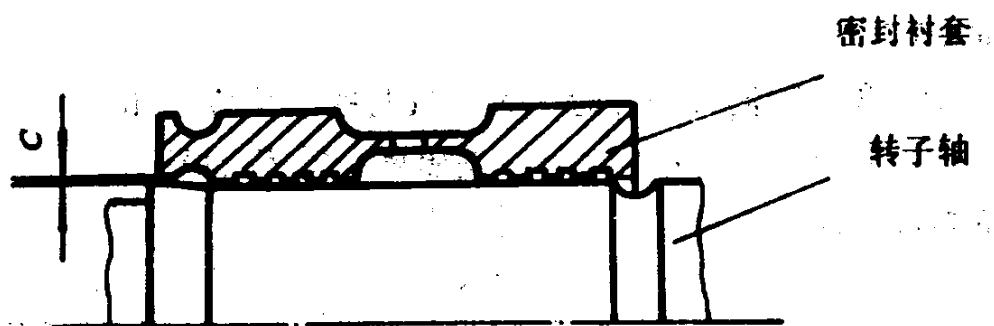


图 11

3.1.16.2 密封衬套上的沟槽应无裂纹、缺损、严重擦伤和腐蚀等缺陷, 存在上述缺陷时应当更新。表面上轻微腐蚀和

划痕允许修整后继续使用。

3.1.17 活塞环式密封装置

3.1.17.1 活塞环弹性应均匀良好，在拆卸状态下环平面应平面应平直，平面接触面积不少于相应平面总面积的 75%。

3.1.17.2 活塞环安装后其开口间隙 D （见图 12）及活塞环与环槽间的轴间间隙 C （见图 13）应不超过增压器使用说明书所规定的最大允许值。

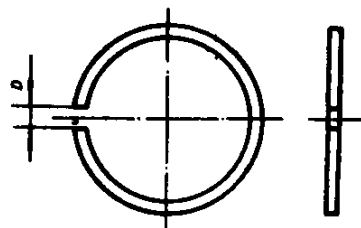


图 12

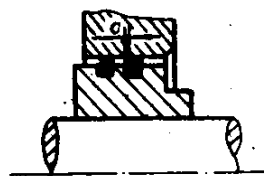


图 13

3.1.17.4 活塞环表面上轻微的腐蚀或伤痕，允许修光，腐蚀和擦伤程度严重或产生裂纹时应当换新。

3.2 增压器转子在下列情况下应进行动平衡校验。

- a 转子部件受机械损伤时。
- b 转子轴及涡轮叶片修理后。
- c 涡轮部分叶片或全部叶片更换后。
- d 压气机叶轮及导风轮修理或更换后。

3.2.2 转子动平衡的品质

3.2.2.1 最高工作转速低于等 I 阶临界转速的增压器转子，其平衡品质等级按照表 5 的规定。增压器转子的许用质心偏移 e_{per} 按附录 A（补充件）查找。

3.2.2.2 当增压器最高工作转速达到转子第 I 阶临界转速时，转子的平衡品质应按表 5 规定的等级值的 60%。

表 5

增压器最大转速 n r/min	平衡品质等级 G	不平衡偏心速度 V_e mm/s
<9000	G2.5	2.5
9000~29000	G6.3	6.3
>29000~47000	G10	10
>47000~75000	G16	16

3.2.3 增压器转子动平衡时, 其转子校正平面的许用不平衡量的分配按照 ZBJ91008 的附录 B(参考件)进行计算。

3.3 涡轮增压器总装技术要求

3.3.1 增压器总装前, 各项装配间隙应经检查并确认符合增压器使用说明书或 3.1 条的有关规定。

3.3.2 转子组装后, 应校验压气机叶轮的端面跳动量, 其值应不超过表 6 的规定。

表 6

mm

叶轮外径	<250	>250~500	>500~750	>750~1000
允许跳动量	0.12	0.15	0.20	0.25

3.3.3 增压器转子装复前应检查涡轮端与压气机端的轴承座孔的同轴度, 其误差应不超过 GB1184 的 7 级公差值, 轴承座孔同轴度超差时允许采用镶套方法修复。

3.3.4 增压器转子装复后应检查其轴向串动量 A (见图 14), 对于滑动内支承的增压器, 其值应不超过 3.1.14.1 条的规定。滚动轴承外支承的增压器, 其转子轴向串动量应调整在使用说明书所规定的范围。

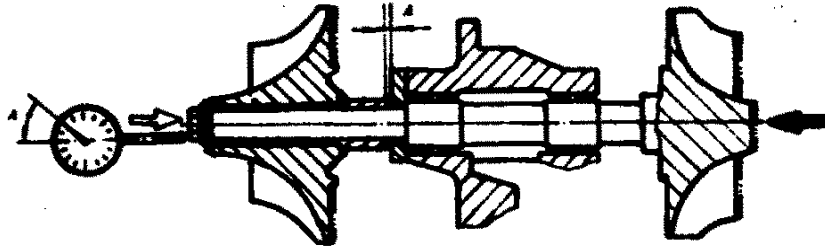


图 14

3.3.5 增压器总装时应检查并调整压气机叶轮与出气壳的间隙 L 、压气机叶轮背面与气封板的间隙 M 。参照附录 B (参考件) 测量, 其极限值不得超过新装配间隙上限的 1.5 倍。

3.3.6 带离心轴泵的滚动轴承外支承增压器, 其轴承组装后, 甩油盘的定位圈的径向跳动 B_1 应不超过 0.04mm, 吸油管接头的内孔的径向跳动 B_2 应不超过 0.06mm (见图 15)。

3.3.7 带齿轮油泵的增压器组装后应检查油泵轴端的径向跳动 B (见图 16), 其值不应超过 0.02mm。

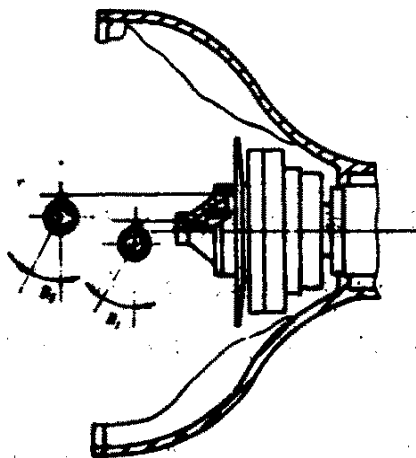


图 15

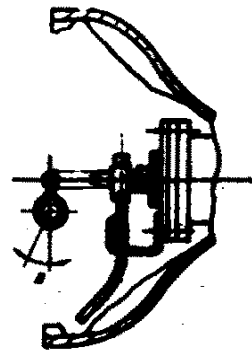


图 16

4 增压器修理后的试验要求

4.1 涡轮增压器检修后应随配套的柴油机一起进行试验。
试验的工况和要求按照 CB/T 3498 的规定进行。

4.1.1 试验时, 测量并记录下列数据 (因结构限制者除外) ;

- a. 柴油机转速, r/min ;
- b. 柴油机功率, kW ;

- c.增压器速, r/min ;
- d.增压器涡轮进出口废气温度, $^{\circ}C$;
- e.增压器涡轮进出口废气压力, MPa ;
- f.增压器压气机出口空气温度及扫气温度, $^{\circ}C$;
- g.增压器压气机出口空气压力及扫气压力, MPa ;
- h.增压器滑油温度, $^{\circ}C$;
- i.增压器滑油压力, MPa ;
- j.增压器冷却水进出口温度, $^{\circ}C$;
- k.增压器冷却水进出口压力, MPa ;
- l.环境温度, $^{\circ}C$;
- m.大气压力, MPa ;
- n.相对湿度, %;
- o.增压器转子惰转时间。

4.1.2 增压器各项工作参数应满足柴油机各种工况下要求。

4.1.3 增压器在运转中应无漏气、漏水、漏油现象, 没有异常的振动和噪声, 不得有喘振现象。

4.2 增压器大修后, 当用户要求台架验收且承修单位具备条件时, 应按照 CB555 第六章进行试验。试验结果应与原机出厂验收试验的参数基本相符。

5 增压器检修后应提交的技术文件

增压器检修完工后, 承修单位应向用户提供如下技术文件:

- a.增压器检修记录;
- b.增压器转子动平衡校验报告;
- c.增压器随柴油机配套试验记录。

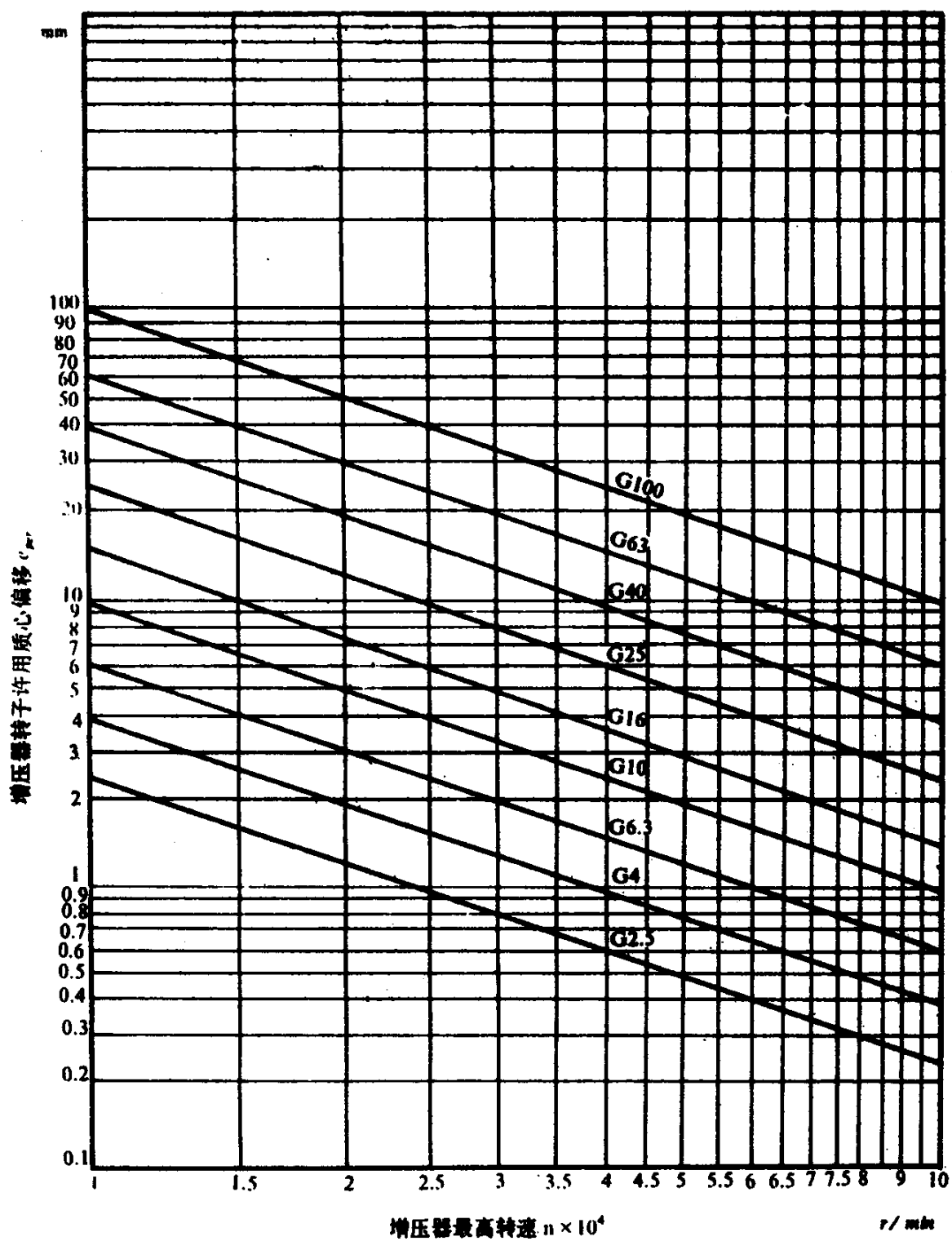


图 A1

附录 B

间隙 L 和 M 的测量

(参考件)

B1 使转子处于不受轴向力状态, 测出转子轴端面至吸气端面的距离 K (图 B1a)。

B2 旋松连接螺钉 (旋出长度约 5mm), 将转子轴向左推移至间隙 L 消失, 测量此时转子轴端面至吸气壳端面的距离 K_1 (图 B1b), 则 $L = K - K_1$ 。

B3 拆下轴端螺母及甩油环, 将转子轴向右拉动至间隙 M 消失, 测量此时转子轴端面至吸气壳端面的距离 K_2 (图 B1c, 则 $M = K_2 - K$ 。

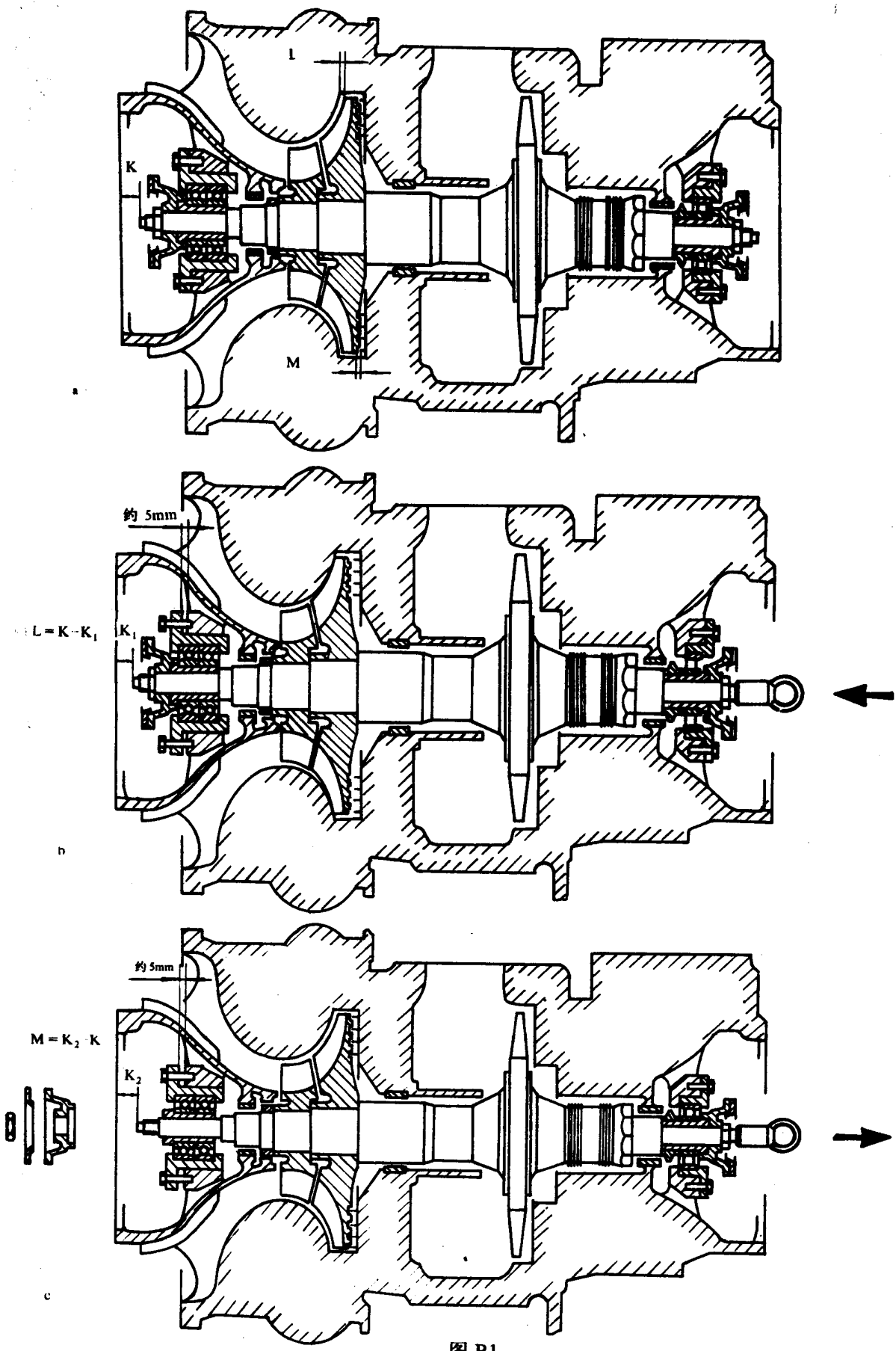


图 B1

附加说明:

本标准由中国船舶工业总公司 603 所提出。

本标准由天津修船研究所归口。

本标准由广州文冲船厂负责起草。

本标准主要起草人: 陈冲。