

指南编号/Guideline No.M-04(201510)



M-04

齿轮传动装置

生效日期/Issued date:2015 年 10 月 20 日

©中国船级社 China Classification Society

前言

CCS 产品检验指南规定了拟申请 CCS 认可/检验的船舶入级产品、授权法定产品的适用技术要求及检验试验要求。

本指南并不限制用户采用其它试验方法和要求,但相关试验方法及要求应不低于本指南的要求。

本指南由 CCS 编写和更新,通过网址 <http://www.ccs.org.cn> 发布,使用相关方对于本社指南如有意见可反馈至 mp@ccs.org.cn。

历史发布版本及发布时间: M-04 (201510) 2015 年 10 月 20 日

本版本主要修改内容: 新编

目 录

| | |
|-----------------|----|
| 1 适用范围..... | 4 |
| 2 认可和检验依据..... | 4 |
| 3 术语和定义..... | 4 |
| 4 图纸资料..... | 4 |
| 5 原材料及零部件..... | 6 |
| 6 焊接工艺评定..... | 6 |
| 7 设计技术要求..... | 6 |
| 8 强度要求..... | 12 |
| 9 典型样品的选取..... | 12 |
| 10 型式试验..... | 12 |
| 11 单件/单批检验..... | 17 |

齿轮传动装置

1 适用范围

本指南适用于具有倒顺换向、减速、离合和承受螺旋桨推力的锻钢内、外啮合渐开线直齿、斜齿和人字齿轮，传递功率大于等于 100kW 的主推进机械和发电机用辅机的齿轮传动装置，以及其变型产品（如离合器、减速齿轮装置等）的型式认可和产品检验。其他型式齿轮传动装置可参照本指南执行

2 规范性引用文件

2.1 中国船级社《钢质海船入级规范》（以下简称《海规》）

2.2 中国船级社《材料与焊接规范》（以下简称《材料规范》）

3 术语和定义

3.1 关于产品检验、设计认可、型式认可、原型试验、样品、单件/单批检验、最终检验等术语的定义，参见《海规》第一篇第 3 章 3.1.2 条；

3.2 关于产品性能参数等术语的定义，参见《海规》第三篇第 10 章及其附录。

4 图纸资料

申请方在提交《认可申请书》的同时还应按照本条要求提交如下图纸和技术文件。

4.1 下列图纸资料应提交批准：

- (1) 总图（纵、横剖面图）；
- (2) 小齿轮和大齿轮（包括齿圈，如有）零件图（包括齿轮承载能力计算所必需的参数）；
- (3) 齿轮轴图；
- (4) 轮毂图（如有）；

- (5) 传动轴及离合器和（或）联轴器图；
- (6) 其他动力传递部件图；
- (7) 齿轮传动装置的箱体图，包括承受螺旋桨推力的推力座体（如有）；
- (8) 刀具基本齿廓尺寸；
- (9) 齿轮承载能力计算书；
- (10) 齿轮轴强度计算书；
- (11) 离合器和（或）联轴器强度计算书；
- (12) 齿轮传动装置滑动轴承动态合力及其作用方向计算书；
- (13) 齿轮热处理工艺资料；
- (14) 箱体、齿轮、轴等主要零件材料技术资料（理化性能一览表及验收标准）；
- (15) 齿轮或齿轮传动装置箱体焊接工艺资料（如有）；
- (16) 齿轮传动装置自带油泵总图及冷却器总图，如果油泵、冷却器为外购附件，则提供相应型号与技术规格（额定传递能力 $\geq 0.735\text{KW/r/min}$ 的油泵、冷却器按 5.3 要求进行）；
- (17) 滑油系统原理图、冷却系统原理图、控制系统液压原理图及安全报警装置电气原理图（如有）；
- (18) 主要性能规格表；
- (19) 出厂试验大纲、交货验收技术条件、型式试验大纲。

4.2 下列图纸资料应提交备查：

- (1) 摩擦片传递扭矩计算；
- (2) 产品说明书及铭牌、出厂合格证（样本）等；

(3) 无损探伤标准（包括超声波探伤、磁粉探伤及着色检查）。

4.3 其它应提交的资料

4.3.1 有关工厂概况（包括工厂历史及现状）、产品生产历史的说明，如产品经过专门的验证或鉴定，可附上有关报告及证书。

4.3.2 质量控制计划——制造者应建立认可范围产品的质量控制计划并提交 CCS 审批。质量控制计划应按产品技术要求或标准，描述产品制造过程中的质量保证和控制的方法。该质量控制计划要包括认可后的检验计划，特别应反映 CCS 规范要求的检验和试验要求。

4.3.3 对申请 CCS 型式认可 A 的制造厂，还应提交一整套覆盖申请认可的产品的符合 ISO9000 标准或等效标准的质量管理管理体系文件，且其中所包含的按 CCS 规范要求进行检验和试验的程序文件应由 CCS 批准。

5 原材料及零部件

产品原材料及零部件应按照我社现行规范相关要求进行控制。

6 焊接工艺评定

焊接箱体应按《材料规范》的要求进行焊接工艺评定。

7 设计技术要求

7.1 材料要求

7.1.1 齿轮传动装置的轴、齿轮、大齿轮圈（若有）、联轴器等零件应用锻钢制成。其锻件应符合《材料规范》第 1 篇第 5 章的规定。

7.1.2 非表面硬化齿轮的大、小齿轮应有一定硬度差。大齿轮的抗拉强度不高于小齿轮的 85%，且不低于 490N/mm²。

7.1.3 表面硬化齿轮的芯部抗拉强度，高频淬火和氮化的应不低于 800N/mm²，表面渗碳的不低于 750N/mm²。

7.1.4 如拟采用合金钢锻件，其应符合《材料规范》第 1 篇第 7 章、第 8 章的要求。

7.2 结构要求

7.2.1 齿形应满足下列要求:

- (1) 齿根应圆滑过渡, 其圆角半径应不小于 0.25mm。
- (2) 当齿宽与小齿轮分度圆直径之比大于 1.5 时, 齿轮的齿端应进行倒角。
- (3) 符合下列情况之一者, 应对齿轮进行适当齿顶修缘:
 - ① 齿轮法向模数大于 6mm;
 - ② 小齿轮齿顶高与啮合总工作高度之比大于 0.65;
 - ③ 啮合总工作高度与法向节距之比大于 0.75。

7.2.2 齿面应满足下列要求:

- (1) 表面硬化的齿轮, 其硬化层应均匀分布并延伸至整个齿面和圆角部分。
- (2) 气体氮化齿轮的硬化层深度一般应大于 0.4mm。
- (3) 非氮化处理的表面硬化齿轮, 完工后齿轮硬化层深度一般应不小于 0.15mm。
- (4) 表面渗碳硬化齿轮, 其表面硬度应不低于 HRC58。

7.2.3 齿轮应满足下列要求:

- (1) 齿轮的制造精度, 用于柴油机传动时, 应不小于 7 级精度, 用于涡轮机的应不小于 GB/T 10095 规定的 6 级精度。
- (2) 齿圈和轮毂用螺栓联接固紧的齿轮, 传递扭矩的螺栓应为铰制螺栓, 其紧配合连接应有防松措施。

7.2.4 齿轮轴轴径计算应满足下列要求:

- (1) 扭力轴直径 d 应不小于按下式计算的值:

$$d = 100 \sqrt[3]{\frac{400 N_e}{n_e \sigma_b}} \text{ mm}$$

式中: N_e ——轴传递的最大持续功率, kW;

n_e ——轴传递 N_e 时的转速, r/min;

σ_b ——轴材料的最小抗拉强度, N/mm^2 , 一般应不超过 1100N/mm^2 。

- (2) 齿轮轴直径应按《钢质海船入级规范》第 3 篇第 11 章计算。
- (3) 齿轮采用键或是套合装配在轴上时, 配合处轴径应比 7.2.4(2)规定的直径增大 5%。
- (4) 大齿轮轴, 如由一个小齿轮或两个相隔小于 120° 角度的小齿轮传动时, 其齿轮轴承之间的直径应比 7.2.4(2)规定的大 15%; 如由两个彼此相隔大于 120° 的小齿轮传动时, 则齿轮轴承之间的直径应比 7.2.4(2)规定的大 10%。

7.2.5 箱体应满足下列要求:

- (1) 采用焊接结构的齿轮传动装置的箱体, 其施工工艺, 应符合 CCS《材料与焊接规范》的有关规定。
- (2) 齿轮传动装置箱体应有足够强度和刚度, 并应设有观察窗和适当的透气装置。
- (3) 对于推力轴承布置在齿轮传动装置内的结构, 箱体应适当加强。

7.2.6 啮合精度

齿轮齿面啮合应均匀, 柴油机和涡轮机齿轮传动装置的齿轮副接触斑点分别不低于 GB/T 10095 规定的 7 级精度和 6 级精度。

7.2.7 连接要求应符合下列规定:

- (1) 齿轮传动装置输出轴的联轴器若用油压套合到轴上时，则其实际过盈量 δ 应符合《海规》第 3 篇 11 章第 3 节的规定。若是热套合，则该计算公式中的 0.03 一项可不计入。
- (2) 大齿圈与轮毂的套合、轮毂与轴的套合及齿轮传动装置内的其他套合配合，设计时相对滑移的安全系数应不小于 $2.8C$ ，其中 C 为系数，规定如下：
 - (3) $C=1$ ，对燃气轮机和电动机驱动的齿轮以及用液压或电磁或高弹性联轴器驱动的齿轮；
 - (4) $C=1.2$ ，其他情况。
- (5) 齿轮传动装置内的联轴器、离合器的要求应符合《海规》第 3 篇 11 章第 3 节的规定。

7.3 无损检测

7.3.1 完工后直径超过 200mm 的齿轮锻件，切齿前应进行超声波检测。

7.3.2 表面硬化轮齿和完工后的非表面硬化轮齿均应进行磁粉检测或着色检测。

7.3.3 成品直径等于或大于 250mm 的输入轴、中间轴应进行超声波检测。

7.4 热处理

应符合 CCS《材料与焊接规范》的第一篇第 5 章有关规定

7.5 系统布置与安全报警装置

7.5.1 润滑与冷却系统应满足下列要求：

- (1) 滑油系统和冷却系统的结构和布置应符合《海规》第三篇 1.2.1.1 的规定。
- (2) 润滑油应能可靠地被输送到所有轴承，啮合齿轮及其他要求润滑的部滑动轴承油槽的布置应计入轴承动态合力的影响。

- (3) 柴油机齿轮传动装置的滑油系统应是独立的。
- (4) 具有独立的压力循环润滑系统的齿轮传动装置，应装设 1 台备用滑油泵。如果同时装有多台齿轮传动装置时，可只装设 1 台备用滑油泵。
- (5) 压力润滑系统中应设有滑油温度计和油压压力表。
 - ① 液压系统（若有）应设有工作油压力表。
 - ② 飞溅润滑的油池应设有油面指示器。
- (6) 额定传递能力 $\geq 0.735\text{KW/r/min}$ 的齿轮传动装置压力润滑系统中应设有滤器，并应能在不中断供应过滤油的情况下清洗滤器。涡轮机齿轮传动装置的润滑系统应设有磁性滤器。
- (7) 齿轮传动装置的润滑油温度应不高于 70°C ，采用滚动轴承时应不高于 80°C 。
- (8) 齿轮传动装置体内不允许有可拆卸的冷却水接头。

7.5.2 报警

齿轮传动装置应设有滑油低压报警装置。输入功率大于 1470kW 的齿轮传动装置，应设有滑油高温报警装置。

7.5.3 应急装置

液压控制的齿轮传动装置,应有应急的机械联接机构，以便在液压系统出现故障时仍能保证船舶具有一定的航行能力。

7.5.4 标记

可倒顺齿轮传动装置的操纵处，应有指示倒、顺方向的标记。一般手轮柄向前移动或手顺时针转动时，指船舶前进方向。

7.6 性能要求

- 7.6.1 可倒顺的齿轮传动装置其任意换排的转速应不低于额定转速的 50%。

7.6.2 可倒顺的齿轮传动装置其换向时间应不大于 15s(换向时间系指在正常换向转速下, 从正车(或倒车)操纵开始到倒车(正车)开始运转为止)。

7.6.3 可倒顺的齿轮传动装置应能传递 70%的正车额定功率的倒车功率。

7.6.4 采用摩擦元件的离合器, 在正常运转时不应有打滑现象; 在空车运转时, 其带排扭矩不应使其连接的推进轴系有带转现象。

7.6.5 齿轮传动装置离合器所传递的最大扭矩, 一般不应小于额定传递扭矩的 1.5 倍。

7.6.6 齿轮传动装置在运转过程中, 不得有异常振动、冲击、噪声、发热和油水渗漏。

7.6.7 齿轮传动装置外表面的油漆应美观、牢固、均匀、色泽一致, 不得有起层和剥落。

7.6.8 齿轮传动装置应设置观察油温、油压的直读式仪表, 仪表板应具有良好的减振功能。

7.7 试验

7.7.1 材料试验

化学成分和材料试验应符合 CCS《材料与焊接规范》的有关规定。

7.7.2 齿轮平衡试验应满足下列要求:

- (1) 齿轮应进行静平衡试验. 齿轮分度圆处线速度大于 25m/s 时, 则应进行动平衡试验。试验应将齿轮与联轴器从动部分装配在一起后进行。剩余动不平衡量应不超过:

$6.0m/n \times 10^2$ N.mm, 适用于柴油机齿轮传动装置;

$2.4m/n \times 10^2$ N.mm, 适用于涡轮机齿轮传动装置;

式中: m—旋转部件的质量, kg;

n—试验部件的最大工作转速, r/min。

- (2) 柴油机齿轮传动装置中,整体锻造的齿轮和齿圈套合的整体锻造轮体的齿轮,若为同心加工,且横截面形状一致,则可不进行平衡试验。

7.7.3 齿轮啮合试验

齿轮应进行啮合试验,齿轮的接触斑点应不小于《海规》第三篇表 10.4.3.1 规定。

7.7.4 台架试验

齿轮传动装置应按 CCS 批准的型式试验大纲进行台架试验,参见本指南第 10 条及第 11 条。

8 强度要求

齿轮强度评定应符合《海规》第三篇第 10 章附录 1《齿轮强度评定》的规定。对于传递功率小于 100kW 的主推进机械和发电机用辅机的齿轮传动装置,齿轮承载能力计算可不满足本条要求。

9 典型样品的选取

初次认可时,一般每一系列齿轮箱应选一台样机进行型式试验。所选样机在技术参数上应能覆盖其所在系列;结构、制造工艺上具有代表性,体现工厂的加工能力和制造水平。

10 型式试验

10.1 试验项目

10.1.1 型式试验项目一般应包括:

- (1) 空载运行试验;
- (2) 负荷试验;
- (3) 离合性能试验;
- (4) 换向试验;

- (5) 空车带排试验;
- (6) 温度试验;
- (7) 压力试验;
- (8) 机械应急装置试验;
- (9) 噪音试验;
- (10) 报警装置的试验;
- (11) 可靠性试验;
- (12) 拆检;
- (13) 复试。

10.1.2 型式试验项目的减免

(1) 初次认可

初次认可时,一般应进行上述 10.1.1 条中所适用的全部试验项目。如满足以下条件,制造厂可以向 CCS 书面申请减免部分试验项目,验船师应根据工厂的生产情况、产品的生产历史及使用记录等给予考虑,并将意见及制造厂书面申请一起传真至总部建造入级处,在获得总部建造入级处同意批复后方能对该试验项目进行减免:

- ① 申请认可的制造厂能够提供近期内由权威检测机构(如国家质量技术监督局,或国防科技试验室等)出具的相应试验项目的试验报告;
- ② 认可申请方能够提供近期由 IACS 成员签署的相应试验项目的试验报告。

(2) 认可证书换新时

若产品设计未发生改变且 CCS《海规》对该类产品的技术要求无变化，可以免除型式试验，但 CCS 保留可要求重新进行型式试验的权力。

10.2 型式试验的方法和要求

10.2.1 试验场所

工厂试验台位如作为认可试验场所，应能完成型式试验大纲规定的试验项目。CCS 将对其试验能力、检测手段以及试验人员情况等方面进行核查并确认满足要求。否则，试验应在 CCS 认为具备条件的场所进行。

10.2.2 试验方法

(1) 空载运行试验

在齿轮传动装置输入转速为 50%、75%和 100%额定转速下，正、倒车各运转 10min。

(2) 负荷试验

齿轮传动装置一般应在输入转速为 100%额定转速，负荷为 100%额定功率下，正车运行 2h，倒车运行 1h；在 100%额定转速，110%额定功率下正车运行 1h。在试验中，每 1/2h 记录一次润滑油温度和润滑油压力。

(3) 离合性能试验

① 离合器储备系数的测定，可用以下方法测定：

- (a) 在额定输入转速下，以逐渐增加负荷使离合器打滑，记录离合器开始打滑时的最大转矩 T_{max} ，并按下式计算储备系数 β ：

$$\beta = T_{max} / T_n$$

其中： T_n - 离合器公称转矩 N.m.

- (b) 在额定输入转速和额定负荷下，逐渐降低离合器的工作

压力，使离合器开始打滑，记录离合器开始打滑时的工作压力 P_1 ,MPa

计算公式： $\beta = P_n/P_1$

其中 P_n -离合器额定工作时的工作压力，MPa

(4) 离合器接合特性试验（在空负荷工作下试验）

在转速不低于 50% 额定转速，正常工作油温时，测量正、倒车接合和脱排的工作油压力曲线，记录离合器接合时间，脱开时间，其应满足设计要求。

(4) 换向试验

齿轮传动装置输入转速为 50%-60% 额定转速，负荷为所配柴油机推进特性曲线相应负荷，作正、倒车换向各三次，换向时间应不大于 15s。

(5) 空车带排试验

齿轮传动装置在额定转速、空负荷下，操纵手柄分别以顺车及倒车操纵至停车位置，离合器带排扭矩不得大于额定扭矩的 1.5%。

(6) 温度试验

齿轮传动装置高速轴/低速轴轴承外圈温度、滑油温度、高速轴/低速轴轴承外圈温度与滑油温度之差以及相同转速的轴承外圈温度差，不得超过满足经 CCS 批准的技术文件要求。

(7) 压力试验

在最低稳定工作转速和额定转速下，低油温、正常工作油温、高温下测量齿轮传动装置的工作油压和润滑油压，测定其压力波动情况，其结果应满足经 CCS 批准的技术文件要求。

(8) 机械应急装置试验

在不小于 75% 额定转速，不小于 42% 额定负荷的工况下，用机械方式压紧摩擦片，增加润滑油量至满线以上 30~50mm，连续运转 4h，试验结束后，进行拆检。

(9) 噪音试验

在其顺车工况额定负荷时，距齿轮传动装置 1 米处的噪声限值应满足图 10.2.2(9)要求(如用户另有要求，可与制造厂商定)。

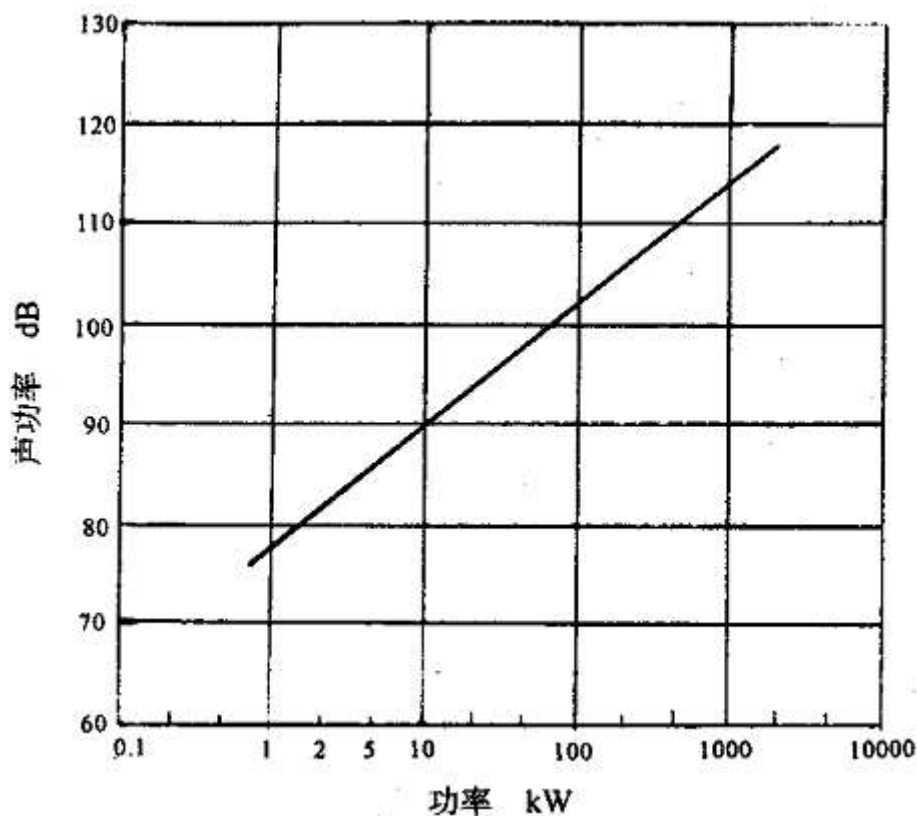


图 10.2.2(9) 噪声限值

(10) 报警装置的试验

对于设有高油温和/或低油压报警装置的齿轮传动装置应对其报警温度和压力进行测定，也允许采用模拟试验。

(11) 可靠性试验

① 负荷运转试验

新设计齿轮传动装置的首台样机，需做 50h 负荷试验。每 10h 为一个循环。在额定工况下，每个循环，正车运转 9h，倒车运转 1h。5 个循环试验结束后，做 1h 的 110%超负荷。

② 连续换向试验

按换向试验要求，作正、倒车连续换向不小于 100 次，每次换向时间应不超过 15s。

(12) 拆检

全部项目试验完毕后，解体检查以下项目：

- ① 齿轮传动装置齿面的啮合情况；
- ② 离合器摩擦片磨损情况，并测量其厚度；
- ③ 轴承；
- ④ 润滑油清洁情况；
- ⑤ 其它零件的外观检查。

(13) 复试

拆检装复后，按制造厂要求进行跑漏试验。

11 单件/单批检验

11.1 CCS 对齿轮传动装置采取单件/单批的检验方式，只有已经制造厂检验/试验合格并已达到可交付状态的齿轮传动装置，方可申请 CCS 产品检验。

11.2 对获得 CCS 型式认可 B 的制造厂的产品单件/单批检验

11.2.1 检验项目

- (1) 检验项目按照认可时批准的出厂试验大纲进行，至少包括以下试验：

- ① 空载运行试验;
- ② 负荷试验(若出厂试验时, 工厂试验台最大功率小于产品额定功率, 则额定功率试验的功率应为该试验台最大功率。不必进行超负荷试验);
- ③ 换向试验 (如有时);
- ④ 空车带排试验;
- ⑤ 温度试验;
- ⑥ 压力试验;
- ⑦ 噪声测试;
- ⑧ 报警装置试验 (如有时);
- ⑨ 拆检(根据产品结构型式确定)。

试验方法同 10.2.2。

- (2) 上述试验可以由制造厂独立完成并出具完整的试验报告提交验船师审核;
- (3) 验船师的抽检数量视工厂报检数量而定。原则上, 对于批量生产的产品可按同一系列 2%的比例抽取, 但不得少于 2 台。对于单件小批量生产的, 可视具体情况而定, 但一般每一型号至少应抽 1 台。抽检产品应按上述试验项目进行复验或在制造厂试验时现场见证。
- (4) 制造厂每次申请单件/单批检验时同时应提交下列文件供验船师审核:
 - ① 主要零件材料质量证明书;
 - ② 主要零件加工检查记录;
 - ③ 齿轮热处理检验报告;

- ④ 齿轮无损探伤报告；
- ⑤ 齿轮计量报告；
- ⑥ 整机装配检验报告；
- ⑦ 工厂试车报告。

在现场验船师觉得有必要时，可要求对上述一项或多项内容进行抽查见证。

11.3 对获得 CCS 型式认可 A 的制造厂的产品检验

11.3.1 其检验方式主要以报告审核为主，所有试验项目应由制造厂独立完成。制造厂应在交付产品前向 CCS 提交检验申请，并同时提交 11.2.1 (1)、(4) 中的试验报告和检验报告，由 CCS 验船师进行报告审核；

11.3.2 获得 CCS 型式认可 A 的制造厂应按《规范》第一篇第 3 章第 4 节的要求，按时申请 CCS 进行定期审核。

11.4 对未获得 CCS 认可的制造厂的产品单件/单批检验

11.4.1 检验内容应包括审图和型式试验。

11.4.2 审图

制造厂应按照本指南 4.1、4.2 条的审图要求向 CCS 提交相关的图纸/技术资料。

11.4.3 型式试验

对申请产品检验的船用齿轮传动装置，应至少按系列随机抽取 1 台进行本指南第 10 条所要求的全部型式试验项目。

11.4.4 对未被抽取到的船用齿轮传动装置应至少按照本指南 11.2 条的要求进行检验及试验。