

6-13 所示。孔的表面粗糙度应符合图样要求，孔的锥度方向应与螺栓安装方向一致，即顺锥度。

表 6-13 螺栓、螺栓孔加工精度 单位：mm

螺栓直径		<30	30~50	50~70	70~100
配合值		0~0.01	-0.005~+0.005	-0.015~0	-0.02~0.005
螺 孔	圆柱度	0.02	0.02	0.03	0.03
	圆度	0.01	0.01	0.02	0.02
螺 栓	圆柱度	0.015	0.015	0.02	0.02
	圆度	0.01	0.01	0.015	0.015

检验方法：用内径分厘卡测量孔的上下、左右两个方向，以及孔长度方向的数值，其结果应符合表 6-13 所示的要求，并作好原始记录。

锥形螺栓孔的锥度检查可在锥形螺栓表面涂色油，检查锥形螺栓孔色油接触情况，要求接触均匀。

(3) 法兰螺栓加工检验

①按法兰孔配制螺栓，圆柱形螺栓孔所配的螺栓应保证与孔有 0~0.01mm 范围内的过盈量。其过盈量可参见表 6-13 所示。

②圆柱形螺栓孔、圆锥形螺栓孔与螺栓的配合，要求接触均匀，且接触面积在 75%以上。

③圆锥形螺栓安装后，大端锥体必须凸出法兰平面 5~10mm，以保证有修配余量。用 0.03mm 塞尺检查锥体大端，局部可插入，深度不得超过 3mm。

④圆柱形螺栓装配后，圆柱体前端平面应缩进法兰平面 6~12mm。

⑤螺栓头和螺母的支撑平面应紧密接触，用 0.05mm 塞尺检查，应在 75%周长上不能插进。

⑥检验方法：圆柱形螺栓与螺栓孔的配合可用内外径分厘卡测量。螺栓圆柱体前端平面与法兰平面的距离，可用钢皮尺或游标卡尺测量螺栓圆柱体长度与法兰尺寸之差获得。螺栓与螺栓孔接触的检查方法：将紧配螺栓安装后，再拆下来，看螺栓与螺栓孔的接触情况。

(4) 螺栓制造检验

①法兰连接螺栓的材料必须经验船师认可。

②锻造后应进行热处理，并做力学性能试验。

③螺纹应严格按环塞规要求进行加工与检验。

④螺栓加工完毕后，应对螺栓表面进行磁粉探伤检验，并出具探伤报告。

⑤向船级社申请船用产品检验，验船师根据工厂提交的图样、材质报告、热处理报告、无损探伤报告和加工尺寸记录检验认可后，在螺栓规定部位敲上船检认可标记。由船级社签发产品检验合格证书。

三、轴系拉线检验

主机轴系定位，目前经常使用的有轴系拉线法和轴系照光法，以确定轴系中心，进行尾轴管镗孔及主机定位。下面阐述的是轴系拉线检验方法。

(一) 检验内容

1. 检查拉线前应具备的条件。
2. 检查轴系中心线与舵系中心线的相交度或垂直度是否符合要求。
3. 确定尾轴管镗孔中心（要经过钢丝挠度修正），划出尾轴管切削圆并测量尾轴管的厚度及偏差。

(二) 检验方法与要求

1. 拉线前应具备的条件

(1) 对船体建造进度的要求

①机舱前壁以后和上甲板以下的船体结构的主要焊接工作和矫正工作应结束；机舱前舱壁向船首的一条环形大接缝焊装结束。

②主船体尾部区域的双层底、尾尖舱，机舱内与船体连接的舱室和箱柜的密性试验工作应结束，固体压载安装固定。

③船体基线挠度应在规定范围内，机舱前舱壁与尾尖舱轴壳之间全长范围内的挠度差为±25mm，相邻横舱壁之间挠度差为±15mm。划出船体基线与船体中心线并做出标志。拆去上述区域所有的临时支撑。

④除上述要求外，其他船体结构施工仍可根据船厂建造进度进行，但在轴系找中时，凡影响轴系找中的上层建筑的吊装工作应停止。

(2) 对周围环境的要求

①由于气候温差会使船体变形，故拉线要求在不受阳光暴晒、温度急剧变化情况下进行，一般在晚间或阴天进行找中比较适宜，以避免船体变形影响轴系中心线的准确性。

②拉线时应停止所有会发出严重噪声和振动的作业。

(3) 钢丝线挠度修正

目前建造的万吨级船舶，轴系拉线长度大致在 20~35 米左右。若用  $\phi 0.8\text{mm}$  的钢丝线拉线，拉紧力选用 600N，经计算，中间处的挠度分别为 3.3~10.18mm。轴系长度较长的船舶，挠度值更大，为此，要轴系保持中心直线线，就要根据轴系拉线时各轴承点所处位置进行挠度修正，以确保轴系直线性。

挠度修正值可按下式计算：

$$y = g \cdot X(L - X) / 0.99 \cdot 2G$$

式中  $y$ —挠度修正值 (m)；

$g$ —钢丝线单位重量 (N / m)；

$L$ —钢丝两基准点间的距离 (m)；

$X$ —所求挠度到基准点距离 (m)；

$G$ —钢丝拉紧力 (N)。

钢丝线拉紧力和单位重量可从表 6 — 1 4 中规定选用。

表 6 — 1 4 钢丝线重量、拉紧力表

钢丝直径 (mm)	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
钢丝线单位重量(N/ m)	0.0154	0.0222	0.0302	0.0395	0.0499	0.0617
推荐拉紧力(N)	196.0 ~294.2	294.2 ~392.3	392.3 ~490.4	539.4 ~637.5	686.5 ~784.6	833.6 ~931.7

较长轴系也可以采用投射仪与拉钢丝线相结合的方法。

2. 轴、舵系拉线

轴系拉钢丝线与舵系拉钢丝应同时进行。拉轴系及舵系钢丝线的基准点要求如图 6-3 所示，轴系找中的尾部基准靶应布置在尾部零号肋骨的后方，在舵系中心之后的 h 点。首基准靶布置在机舱内前部 G 点，基准靶应牢固固定。靶芯应与船体中心线平行或重合，允许偏差±1mm。舵系则按舵机平台之上与舵销承座之下两个理论基准点。上述拉线基准点需经检验员确认，车间按此基准点进行轴系与舵系的拉线。

3. 检验要求：

(1) 轴系中心线与舵系中心线相交度不大于 3mm。两线垂直度不大于 1mm/m。

检验两线相交度可用钢带尺，检查十字线垂直度可用预先制作的十字形样板，也可用其它几何测量法。

(2) 确定尾轴管镗孔中心。根据轴系钢丝线确定尾轴管中心（注意要经挠度修正）的检验方法，如图 6-4 所示，根据钢丝线，用钢直尺在尾轴管平面划双十字线，然后在尾轴

管内孔放入中心木架，将尾轴管平面的双十字线反划到中心木架上，再按挠度修正值，借高定出中心点，按此中心点在尾轴管端面划切削圆及检查圆并在线上打上圆冲眼。

另一种检验方法是在拉线时预先在尾轴管内放入一个划线套筒，钢丝通过该划线套筒孔，拉线后高速划线套筒内孔与钢丝线同心（一般用内卡钳测量），然后再按挠度修正值借高（用外径分厘卡及内卡钳测量借高量），根据该套筒用专用划线工具在尾轴管端面划切削圆及检查圆并在线上打上圆冲眼，见图 6-5 所示。

用上面两种方法划线后，要测量切削圆至尾轴管外缘的尺寸，尾轴管厚度应符合中国船级社《钢质海船入级与建造规范》的规定，即尾轴管厚度在镗削完毕后应不小于  $t=0.1d+60(\text{mm})$

式中  $t$ —轴壳壁厚度 (mm);

$d_s$ —推进轴的直径(mm)。

在轴系长度小于 15 米时，轴系拉线可直接用上面介绍的拉钢丝线的方法来确定轴系的理论中心线。这个方法虽然是一种老的方法，但因操作简便，不需要特殊的设备，所以沿用至今。



图 6-3 轴系拉线示意图



图 6-4 用划双十字线确定中心



图 6-5 用划线套筒专用工具确定中心

1—钢丝； 2—划线套筒； 3—检查圆； 4—切削圆

对于轴系长度大于 15 米的大中型船舶，拉线法仅作为检查轴系与舵系的相交度和垂直度，及检查基座垫片厚度等初步确定中心之用。由于各测量点要随拉线位置修正，且修正量大，会影响轴系中心线的精度，为此在通过拉线初步定出中心的基础上，须采用投射仪照光确定轴系中心。

#### 四、轴系中心线的定位检验

投射仪照光找正轴系中心的最大优点是准确度高，且操作方便。目前我国万吨级以上

的大型船舶（轴系长度一般都在 35 米以上）或精度要求高的船舶，在完成拉钢丝线初步找中后，都采用投射仪照光确定轴系中心。

#### （一）投射仪及照光的工具检验

光学投射仪应有认可的计量单位的检定合格证，且在有效期内。

照光用的光靶十字线应经认可的计量单位校准，其十字线与圆应同心。

外圆与支架套筒的间隙应在规定范围内。

#### （二）照光前应具备的条件

照光前，船体的建造进度与照光环境要求，可参见本节轴系拉线前应具备的条件。

轴系照光的前后两个基准点 G、h，见图 6-6 所示，该基准点由船体制造部门提供，作为投射仪找中心线的依据。

#### （三）检验内容

1. 光学投射仪调整中心应与船体制造部门提供的两个基准点的中心保持同一个中心，其偏差应在规定范围内。

2. 以调整好的光学仪中心为基准，逐个调整尾轴管轴承端面处的光靶中心，使其与光学仪中心一致。

3. 按照光靶中心划出各道轴承端面的镗削圆及检验圆。

#### （四）检验方法与要求

##### 1. 调整投射仪中心



图 6-6 轴系照光示意图

投射仪按 G、h 两个基准点调整同心（可经过拉轴系钢丝线将 h 点移植到轴壳后端，即图上 A 点），将其十字线分别投到 A、G 二点，与靶上的十字线重合，若偏差不大于  $\pm 0.5\text{mm}$ ，可认为投射仪中心已调好。

##### 2. 调整尾轴管端面光靶中心

投射仪中心调整好后，应将投射仪十字线投到尾轴管前、后轴承壳两端面的光靶上。调整靶芯位置，使靶芯上十字线完全与投射仪上的十字线同心。用同样方法调整好所有轴承端面的投射光靶中心。

##### 3. 划出轴承端面的加工圆及检验圆。

按投射仪中心调整好尾轴管端面的照光靶后，将照光用的十字型靶芯取出，换上专用划线工具，按图样尺寸在轴管端面划出切削圆和检验圆，并在两个圆上敲上圆冲眼。划线时检查员应在场，以检查划线及敲圆冲的准确性。划线专用工具可参见图 6-5 所示。

### 五、尾轴管镗孔检验

大中型船舶的尾轴管或隔舱壁加强垫板等是与船体整体焊在一起的，以尾轴管或隔舱壁孔端面上所划出的镗孔圆和检查圆作为镗排校中的依据，进行镗孔加工，使尾轴管中心符合轴系中心。

#### （一）镗孔准确度要求

镗孔质量与镗孔工具，包括镗排、支承架、传动装置等的准确度有密切关系，因此在