



交通航海职业技术教育教材（技工教育）

交通职业技术学校教学指导委员会航海类学科委员会组织编写

水手值班

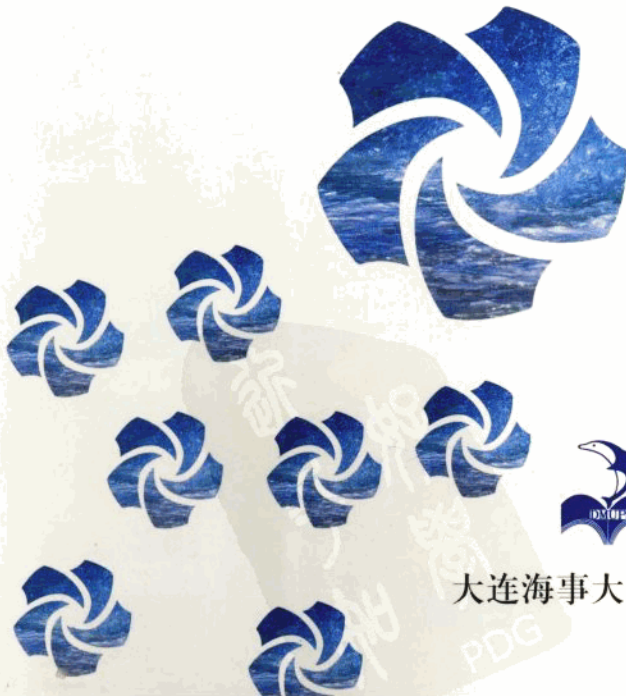
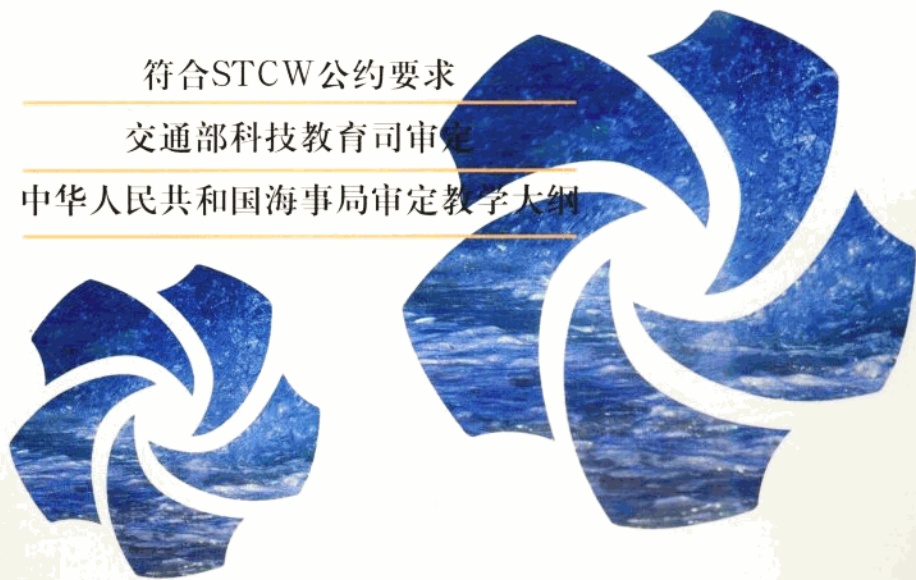
李维利 主编

谭日江 主审

符合STCW公约要求

交通部科技教育司审定

中华人民共和国海事局审定教学大纲



大连海事大学出版社

前 言

航海职业教育系列教材是交通部科教司为适应 STCW 78/95 公约和我国海事局颁发的《中华人民共和国海船船员适任考试、评估和发证规则》而组织编写的。编审人员是由交通职业技术学校教学指导委员会航海类学科委员会组织遴选的,都有较丰富的教学经验和实践经验。本系列教材编写的依据是交通部科教司颁发的《航海职业教育教学计划和大纲》(技工教育)。

本系列教材突出了以能力为本位的职业教育特点,注重实践教学环节,反映了当今航海技术发展的新知识和新技能,符合国际、国内相关公约和法规对支持级船员的要求,是我国中等航海职业教育中一套重要的系列教材。

本系列教材适用于招收初中毕业生、学制三年的航海职业教育,也可作为船舶水手、机工的培训教材。

虽然本系列教材的编审过程中进行了集体筹划,但仍会在某些方面存在着不足之处,在此,衷心希望广大教师、航运企事业单位的同行们提出宝贵的意见和建议,以利我们在再版时修改并进一步完善。

交通职业技术学校教学指导委员会航海类学科委员会

2000 年 12 月

编者的话

为了履行 STCW 78/95 公约的要求,根据中华人民共和国海事局制定的《中华人民共和国船员管理规则》、《中华人民共和国海船船员适任考试、评估和发证规则》、《中华人民共和国海船船员适任考试和评估大纲》中对值班水手评估科目的要求标准,天津海员学校、浙江航运技术学校和广州海运技术学校教师在交通中专航海类教材编审委员会的组织下,共同编写了本书。

水手值班是海洋船舶驾驶专业水手的主要专业课之一,《水手值班》一书突出实用、适用,重点放在对水手技能的培养上,具有知识面广、实践性强的特点。根据教学大纲的要求,在编写中力求体现必要的基础知识、基本理论和系统的专业训练相结合的原则,以适应新的公约要求。

本书共分六章,第一章、第二章、第四章、第五章、第六章由李维利编写,第三章由汪志明编写。

本书在编写中参照了《中华人民共和国船员培训管理规则》、《中华人民共和国海船船员适任考试、评估和发证规则》、《中华人民共和国海船船员适任考试和评估大纲》、《1972 年国际海上避碰规则》、《国际信号规则》、《1974 年国际海上人命安全公约》、《船艺》、《GMDSS 综合业务》等资料。

本书可作为航海类中专、技校学生学习用书和评估用书,也可供航海工作者、有关院校教师参考。

编者

2000 年 10 月

目 录

第一章 水手操舵	(1)
第一节 舵设备.....	(1)
第二节 操舵仪.....	(13)
第三节 舵令与操舵.....	(16)
第四节 舵设备的试验与检查保养.....	(18)
第二章 信号与号灯、号型	(22)
第一节 国际信号规则简介.....	(22)
第二节 旗号通信.....	(30)
第三节 常用海船号灯、号型.....	(36)
第四节 船舶的主要声号和灯光信号.....	(41)
第三章 船舶应急设备操作	(48)
第一节 消防设备.....	(48)
第二节 救生设备.....	(56)
第三节 船舶堵漏.....	(75)
第四节 应变部署和弃船.....	(81)
第五节 烟火信号.....	(84)
第六节 卫星应急系统简介.....	(87)
第七节 搜救应答器.....	(91)
第四章 船员职务规则和岗位职责	(94)
第一节 甲板部普通船员职务规则.....	(94)
第二节 船员岗位职责.....	(97)
第三节 安全生产规则.....	(107)
第四节 船舶航政管理.....	(115)
第五章 船舶防污染	(124)
第一节 国际防止船舶造成污染公约(MARPOL 73/78)的基本要求.....	(124)
第二节 我国防止船舶污染海洋的主要法规.....	(131)
第三节 防污染应急.....	(136)
第六章 航行及操作设备	(141)
参考文献	(170)
常见航海国家国旗	(封二、封三)
国际信号旗	(封底)

第一章 水手操舵

随着世界经济和科学技术的高速发展,带动了海运业的迅速发展,世界船舶种类、数量和吨位大幅度增加。据联合国贸易发展组织的最新统计,世界船队正以每年平均3%的速度递增,预计到2001年总吨位将达到9.2亿吨。因船舶在有限的水域内航行,相对通航密度将进一步增加,船舶碰撞、搁浅和触礁事故更易频繁发生,且95%以上是人为因素造成。为了船舶安全,预防海上事故的发生,国际海事协商组织(简称IMO)于1995年6月通过了《1978年海员培训、发证和值班标准国际公约》的1995年修正案《STCW 78/95》公约,中华人民共和国港务监督局于1997年颁布了《中华人民共和国海船船员适任考试、评估和发证规则》,此项公约和国家制定的规则都对船员的基本安全知识和技能提出了更高的要求,特别对值班水手的操舵工作提出了更具体、更严格的要求。为此,要求船员对船舶的操舵设备有深刻的认识,以确保航行安全。

第一节 舵设备

舵设备(rudder and steering gear)是船舶的主要操纵设备,其作用是在航行中保持航向和改变航向。舵设备包括舵、转舵装置、舵机和操舵装置的控制系統4部分组成。舵设备的好坏,直接关系到船舶航行的安全。

一、舵(rudder)的类型与结构

(一)舵的种类

舵的种类很多,一般按下述4种方法分类。

1. 按舵杆轴线位置分

(1)不平衡舵(unbalanced rudder):又称普通舵。其舵叶全部位于舵杆轴线之后。这种舵需要较大的转舵力矩和舵机功率,只适用小船,见图1-1-1(a)。

(2)平衡舵(balanced rudder):舵杆轴线位于舵叶的前后缘之间,在舵杆轴线之前的舵叶面积为平衡部分,其与舵叶总面积之比叫平衡比度,一般约占舵叶总面积的 $1/4 \sim 1/3$ 。这种舵减少了转舵力矩,所需的舵机功率也相应减少。因此,在海船上得到广泛的应用,见图1-1-1(b)。

(3)半平衡舵(semi-balanced rudder):这种舵的下半部为平衡舵,上半部为不平衡舵。适用于尾柱形状比较复杂的船舶,见图1-1-1(d)。

2. 按舵叶剖面形状分

(1)平板舵(flat-plate rudder):又称单板舵。舵叶由一块钢板和在钢板两面交替安装的横向加强筋等构成,如图1-1-2。

这种舵的舵叶与舵臂、舵臂与舵杆均用电焊连接,舵杆与舵钮锻成一体。舵钮上有舵销,用于将舵连接在船尾的舵柱上或舵臂的舵钮上。

(2)流线型舵(streamline rudder):是舵叶剖面呈流线型的复板舵。这是因为流线型能减少水涡旋的作用,即减少阻力。同时为了减轻重量,都做成空心水密,以减少舵承上的压力,减

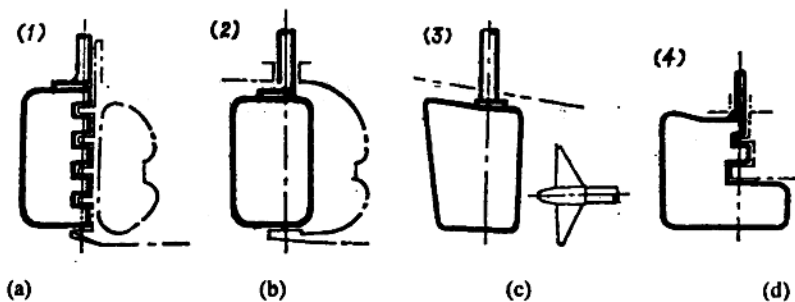


图 1-1-1 舵的种类

轻舵机的负荷。为了保证舵叶的强度和线形,流线型舵内部先用水平隔板和垂直隔板按线形做成骨架,再将两块流线型的外壳板直接焊接在骨架外面。目前海上运输船舶多采用普通流线型平衡舵。见图 1-1-3。

3. 按舵叶的支承情况分

(1)多支承舵(hinged rudder):指与船体尾柱连接有 3 个以上支承点的舵,如不平衡舵。见图 1-1-1(a)。

(2)双支承舵(double bearing rudder):有两个支承点的舵。上支承点一般是在船体上;下支承点在舵根处。见图 1-1-1(b)。

(3)悬挂舵(under-hung rudder):舵叶全部悬挂在舵杆上。见图 1-1-1(c)。

(4)半悬挂舵(partially under-hung ruder):下支承的位置在舵的半高处。见图 1-1-1(d)。

4. 特种舵

特种舵的类型很多,除保持舵的性能之外,还有其他特殊用途。下面介绍 4 种。

(1)反应舵(reaction rudder):这种舵的舵叶前缘以螺旋桨的轴线为界,上下分别向左右舷相反方向扭曲一角度,它的作用相当于一个导流叶,使尾流中的轴向诱导速度增大,增加推力。见图 1-1-4(a)。

(2)整流帽舵(bulb rudder):在流线型舵上正对螺旋桨轴部分装设一个形如对称机翼的旋转体,俗称整流帽。它有利于改善螺旋桨后面的乱流情况,从而提高螺旋桨的推力,改善船尾的震动情况,可提高航速 0.2~0.7 kn,见图 1-1-4(b)。

(3)主动舵(active rudder):这种舵在舵叶的后端装有一个导管,导管内装设一个小螺旋桨,此螺旋桨由设置在舵叶内的电动机驱动,转舵时导管内的螺旋桨随之转动并发出推力,其优点是:提供侧向推力,提高船舶的回转力矩,减小旋回圈;对船舶的操纵性能帮助较大,在船舶低速停车情况下,其作用尤为明显;船舶倒车时可控制或减少偏转;在靠离码头时可以推船缓行,获得主机达不到的低速,非常有利于靠离。见图 1-1-4(c)。

(4)襟翼舵(flap-type rudder):它是仿效飞机的襟翼,在普通主舵后缘装一个成为襟翼的副叶所组成的。当主舵叶转动一个 δ 角时,副舵叶绕主舵叶的后缘转出一个更大的 β 角(称襟角),产生更大的流体动力。因此具有较大的转船力矩,而转舵的力矩很小,需要的舵机功率较小。见图 1-1-4(d)。

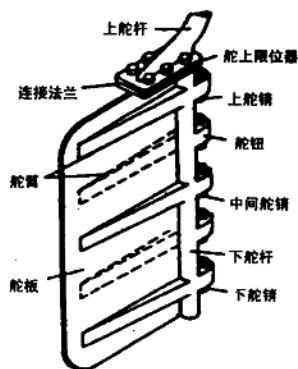


图 1-1-2 平板舵

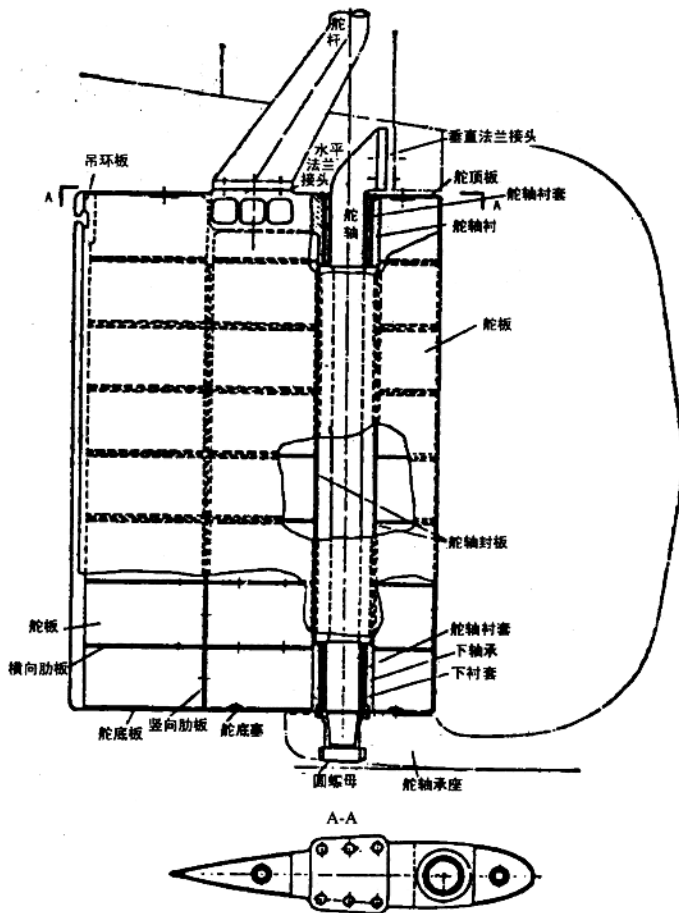


图 1-1-3 流线型舵

(二) 舵的结构

舵的结构主要由舵叶、舵杆和舵承 3 部分组成。

1. 舵叶 (rudder blade)

现代船舶都采用流线型舵叶,以减少阻力,提高推进效率。为保证其强度和线形,用水平隔板和垂直隔板组成骨架,将两块流线型的外壳板直接焊接在骨架外面。

舵叶焊成后,每个密封部分都按规范要求进行了密性实验,常用灌水法和充气法。

密性实验合格后,通常在舵叶内灌沥青,以防舵叶内部锈蚀。为了灌注方便,在舵叶的上部和下部开有小孔,并配有不锈钢(黄铜)制成的栓塞。

为了便于舵叶的安装和拆卸,在舵叶上还开有钢管构成的绳孔,或在尾端上开有凹槽。见图 1-1-3。

2. 舵杆 (rudder stock)

舵杆是舵叶转动的轴,并用以承受和传递作用在舵叶上的力以及舵传递给转舵装置的力,同时也是连接舵叶和转舵装置的传动杆。为了便于拆装,通常把舵杆分为上舵杆和下舵杆两

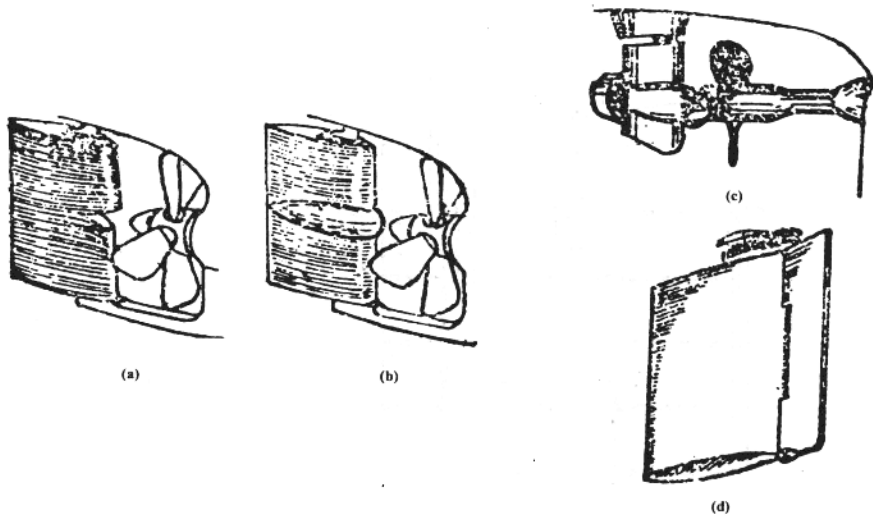


图 1-1-4 特种舵

段制造,然后用法兰接头连接。

上舵杆的顶端称舵头。舵头通过舵杆套筒伸至舵机房与转舵装置相连接。上舵杆的下端是法兰接头,与舵叶连接。其连接的形式有 3 种:垂直嵌接、水平法兰连接和垂直法兰连接,如图 1-1-5,目前大多采用水平法兰连接。当舵杆和舵叶各转到相反舷的最大舵角时,上下法兰边缘之间有 30 mm 的间隙,可以不必拆卸舵杆而能将舵卸下。法兰连接时,至少用 6 只螺栓,为了防止法兰螺母脱落时螺栓也脱落,安装时螺母应在下方,并用水泥包搪妥。作为一种备用手段,在法兰间尚需装设前后方向的键块。

嵌在舵叶内的下舵杆称舵轴。舵轴代替舵柱。舵叶套着舵轴并绕着舵轴转动。舵轴上端用垂直法兰接头与船体连接,下端用螺帽固定在尾柱承座上。

3. 舵承(rudder carrier)

舵承是用来支持舵杆和舵的重量并保证船体水密的设备。按其位置可分为上舵承和下舵承两种。如图 1-1-6 所示。

上舵承位于舵头处,舵机间的甲板上。它由止推滚珠轴承和垂直滑动轴承所组成,滚珠轴承承受舵的重量,垂直滑动轴承则承受侧向力。

下舵承位于舵杆穿过船体的外板处,在舵杆筒口或舵杆筒内,它是一个垂直滑动轴承,用来承受侧向力,并加有填料以保证水密。悬挂舵一般用于小型船,都采用上、下两个舵承,而且还在舵的下部装有一个舵针(舵销),并有止推环,以减少摩擦阻力。

二、转舵装置与止舵装置

(一)转舵装置

转舵装置是将舵机的动力传递给舵杆,从而使舵转动的装置。它的形式一般有舵柄式、舵扇式、索链式和螺杆式等。

舵柄(tiller)或舵扇(quadrant)是任何形式的转舵装置中最基本的部件,舵柄有直舵柄和横舵柄之分。图 1-1-7 中可以看到直舵柄和舵扇的装置。

索链式就是由人力舵机或蒸汽舵机,通过舵索或舵链,牵动舵柄或舵扇来达到转舵。

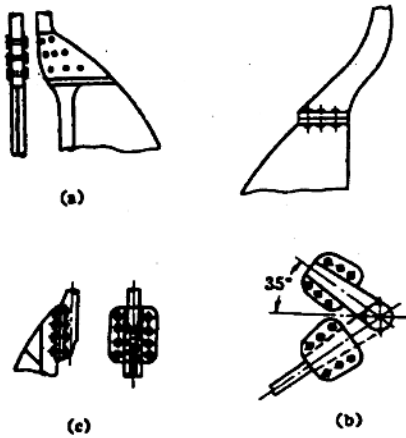


图 1-1-5 舵杆的连接

(a)垂直嵌接 (b)水平法兰连接 (c)垂直法兰连接 1-电动舵机;2-舵扇;3-上舵承;4-舵杆;5-舵杆套筒;6-下舵承

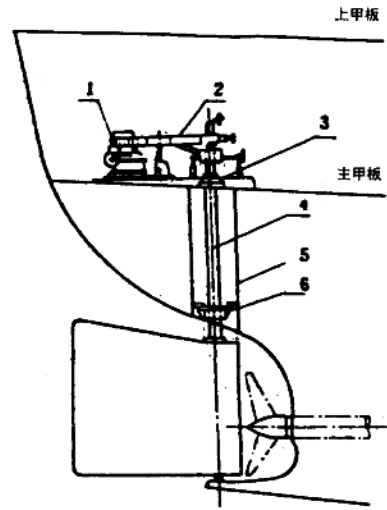


图 1-1-6 舵装置布置图

螺杆式是由手舵轮或舵机转动螺杆,使两根拉杆作反方向的运动,牵动横舵柄,从而达到转舵的目的。过去在中小型的船上都用它来做太平舵的操舵器。见图 1-1-8。

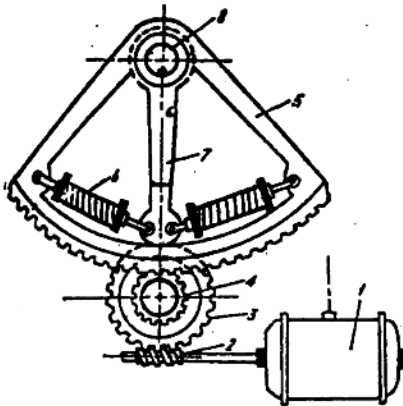


图 1-1-7 直舵柄和舵扇的装置

1-电机;2-蜗杆;3-蜗轮;4-齿轮;5-舵扇;
6-缓冲弹簧;7-舵柄;8-舵杆

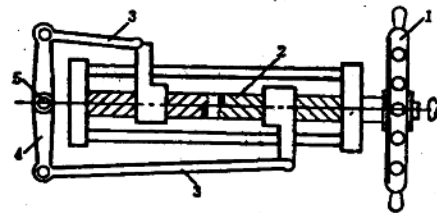


图 1-1-8 螺杆式转舵装置

1-舵轮;2-螺杆;3-拉杆;4-横舵柄;5-上舵杆

(二) 止舵装置 (rudder chock)

止舵装置是用来限制最大舵角的装置。止舵器可以设在舵叶或下舵杆与舵柱的上部,其极限舵角为 $35^{\circ} \sim 38^{\circ}$ 。在舵上设置止舵器,因为位置所限,难以得到相当大的接触长度,所以往往在甲板上焊上角铁,并镶以硬木,以限制舵柄或舵扇的转动范围,称甲板舵角限位器。见图 1-1-9。

采用电动舵机者,都在舵角极限位置处装上限位开关。如电动液压舵机,在活塞上装有限

位开关,当活塞移动到转舵极限时,则顶动开关,切断电路,舵机立即停止工作,回舵后又能接通电路,恢复舵机工作。

造船规范规定:流线型舵的极限舵角为 32° ,平板舵为 35° 。舵机上的止舵器应符合这个规定:舵上的应比甲板上的大 1.5° ,甲板上的止舵器应比舵机上的再大 1.5° 。

三、舵机

舵设备中除上述的舵叶、舵承、转舵装置等设备外,还有机电设备部分的舵机和操纵机构。舵叶转动某一角度,是由舵机来驱动的。舵机一般都设在船尾舵机间内。舵机的种类可分为蒸汽舵机、电动舵机、电动液压舵机和液压舵机等。下面就电动舵机和液压舵机做一简要的介绍。

(一) 电动舵机 (electric steering engine)

电动舵机由制动装置、舵扇、缓冲弹簧、电动机、减速箱等部件组成,如图 1-1-7 所示。其中缓冲弹簧的作用是用来吸收波浪对舵的冲击力。这种舵机具有结构简单、操作简便、工作可靠、维护方便等优点,但提供的转矩和功率不能太大,故这种电动舵机多为中小型船采用。

(二) 电动液压舵机或液压舵机 (hydraulic steering gear)

电动液压舵机主要由油缸、活塞、油泵、电动机、管路等部件组成。这种舵机的特点是具有转矩大、转动灵敏、动作平稳、无噪音、操作方便、易于遥控、能实现无级调速、工作可靠等优点,惟加工要求精度高,维护较繁。目前多用于大型、高速和转舵力矩大的船。

液压舵机种类很多,根据液压舵机推舵时油缸运动形式不同,分往复式和转叶式两大类,如图 1-1-10 和 1-1-11。

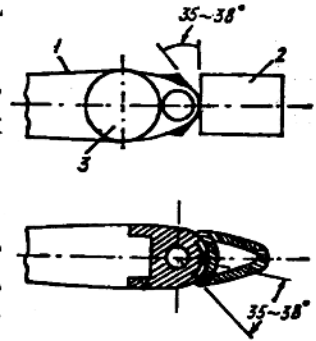


图 1-1-9 甲板舵角限位器

1-舵;2-尾柱;3-舵杆

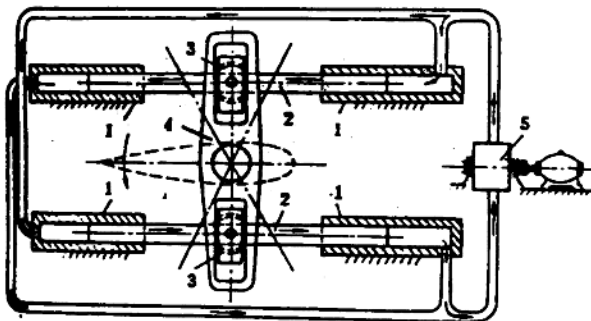


图 1-1-10 往复式四缸液压舵机示意图

1-油缸;2-活塞;3-球窝关节;4-舵柄;5-泵

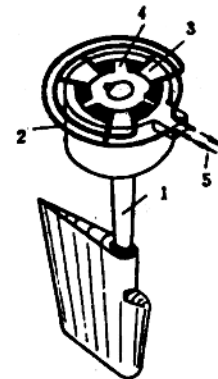


图 1-1-11 转叶式液压机示意图

1-舵杆;2-缸体;3-定叶;4-转叶;5-油管

四、操舵装置的控制系統

舵机一般都设在船尾舵机间内,故从驾驶室控制舵机的工作必须要由一套操舵控制系统来完成,目前船舶所具有的操舵装置的控制系統类型有液压和电动两类,而电动中又可分为随动、手动和自动 3 种操舵方式。

(一) 液压操舵装置控制系统

液压操舵装置控制系统(hydraulic telemotor)由发送器和受动器两部分组成。发送器设在驾驶台,受动器设在舵机间,两者用铜管连接,铜管中利用水和甘油的混合液作为传递能量的介质。

1. 发送器

发送器是将驾驶台中操舵的信息传输给受动器的装置。分单缸式和双缸式两种。

2. 受动器

受动器是接受发送器的操舵信息,并控制舵机工作的装置。分移动活塞式和固定活塞式两种。

3. 使用时的注意事项

(1)开航前应核对正舵的位置,即每次开航前必须核对舵轮、舵机和舵的位置,使它们三者保持一致。当舵在正中时,舵轮上的舵角指示器应指示零度,发送器的活塞和受动器的液缸都位于中间位置,否则应进行校正。

(2)船到港后应将发送器的旁通阀打开,使液缸上下部的油液沟通,以免有人误扳舵轮,损坏操舵装置。

(3)当温度变化较大时,液缸内的液体压力会有过高或过低现象,应通过吸入阀和安全阀进行补给或溢出油液。

4. 常见的故障

(1)管系中混入了空气,会导致滑脱现象,即实际舵角与发送器的舵角指示器的读数不一致。解决办法:将发送器的活塞置于中央位置,打开通往手摇泵与充液管上的阀,并同时将发送器顶部的空气旋塞打开,然后用手摇泵向系统中注油,当旋塞的孔口开始溢油时,盖上旋塞拧紧,然后继续泵至 $3.5\sim 4.0\text{ kg/cm}^2$ 的压力即可。如果还不能解决问题,应检查一下管路是否有破漏现象,若有,应及时修补,然后再按上述做法重新充液。

(2)活塞皮碗漏油,会产生不协调现象,应更换皮碗。

(3)补给阀弹簧失效,会使系统不协调,应检查更换。

(4)旁通阀泄露,会使油压降低,不能正确指示读数,应检修补漏。

(5)安全阀不紧,会使油液跑漏,压力降低,出现指示读数的偏差,应拧紧。

(6)活塞阻力太大,会使系统不协调,传动起来非常吃力,系统装置易损坏,应及时修复。

(7)油压过高或过低,会导致整个系统不协调,应用油泵调至 $3.5\sim 4.0\text{ kg/cm}^2$ 的压力。

(二) 电操舵装置的控制系統

目前海船上普遍采用的是电操舵装置的控制系統。它的优点是:轻便灵敏,工作可靠,维修方便,更重要的是这种系統便于用集成电路板、芯片或电脑控制,有利于实现操舵自动化。

采用电操舵装置控制系统的船舶,一般都有两套独立的操舵控制系统。当一套操舵控制系统发生故障时,立即可以转换到另一套操舵控制系统。这两套系統称为随动操舵控制系统和手柄操舵控制系统。

1. 随动操舵控制系统

随动操舵控制系统由5部分组成。

(1)信号发生源:包括操舵轮、电阻电桥部分。主要作用是操纵舵轮提供源信号。

(2)信号放大部分:包括放大器等电子元件。主要作用是对源信号进行放大。

(3)信号接收执行部分:包括继电器开关、舵机、舵机电源、舵。主要作用是用放大的信号控制继电器开关,控制舵机的运转方向,从而控制舵的转动方向。

(4)信号反馈部分:包括舵角反馈发送器等电子元器件。主要作用是用来反馈舵的转动情况,将信号反馈给信号发生源。

(5)电源部分:包括交流船电等。

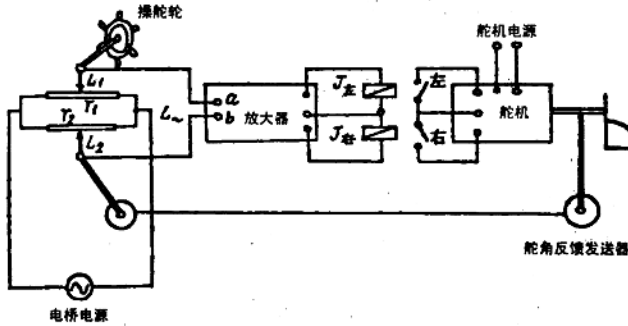


图 1-1-12 电操舵装置工作原理

其工作原理如图 1-1-12 所示。由舵轮控制的电阻滑动触臂 L_1 可在电桥电阻 r_1 上移动,电阻 r_1 和电阻 r_2 组成电桥,由交流电源船电供电。电动滑动触臂 L_2 由舵角反馈发送器控制,可在电桥电阻 r_2 上移动。当 L_1 和 L_2 分别位于各电阻中点时,由 L_1 和 L_2 引入放大器接线端 a 和 b 两点的电压为零,此时舵机不工作。如果转动舵轮,滑动触臂 L_1 在电桥电阻 r_1 上移动后电桥失去平衡,因而在放大器 a 、 b 两点输入操舵信号电压 U ,经放大整流后输出直流控制电压至继电器。根据舵轮转向不同,输出的控制电压的正负值也不一样,因而控制继电器的开关的信号也不一样,控制舵机的信号也使舵机向信号指示的方向转舵。舵转动后,舵角反馈发送器发挥作用,将信号反馈回来后,驱动电动滑动触臂 L_2 在电阻 r_2 上滑动,直至 L_1 和 L_2 同位,电桥恢复平衡状态,输入放大信号电位 $u = 0$,舵机停止工作,使舵停止在所需的舵角上。回舵时,按相反的方向转动舵轮,舵机也作反向运转,使舵回到正中位置。

这套系统的最大特点是具有舵角反馈系统。

2. 手柄操控制系统

如图 1-1-13 所示。手柄控制系统是直接控制继电器工作,使舵机转动的系统。其最大特点是没有舵角反馈系统,操舵手柄相当于继电器的开关。操舵时,当舵角指示器到达所需的舵角时,要立即将手柄恢复到中央位置。

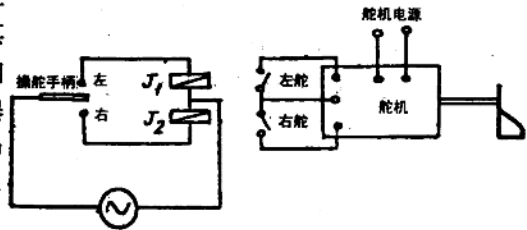


图 1-1-13 手柄操舵控制系统

该系统的工作原理是:由直流船电供电。操舵手柄位于中间位置时,舵机不工作;当手柄与继电器 J_1 接通时,使左舵的触点闭合,启动舵机转出左舵角。当左舵角转至所需角度时,立即将手柄放回到中间的断电的位置,舵机立即停止工作,保持舵角不变。

如果需要回舵,应将手柄向右,使继电器 J_2 接通,右舵触点闭合,舵机电源经右舵触点启动舵机,使舵向右回转。当舵角指示器指示正舵时,立即将手柄回到中间断电位置。

手柄操舵控制系统又称应急舵,是在自动、随动操舵控制线路发生故障时使用的。应急操舵装置通常设有两套操舵手柄,一套设在驾驶室的主操作台上;另一套设在舵机间。因为应急操舵通常使用手柄操纵,所以也称为手柄操舵。

3. 自动操舵装置控制系统

自动操舵装置简称自动舵,如图 1-1-14 所示。其特点是在原随动控制系统的基础上,增加了计算机系统和航向反馈系统。用计算机将舵角反馈系统反馈回来的施舵情况数据和航向反馈系统反馈回来的航向变化情况数据进行统计,然后与原定的航向进行比较。如果有差异,则计算机自动控制系统再次施舵,直至调整到原定的航向为止。自动操舵控制系统的优点是操舵准确度高,能较准确地长时间地保持在指定航向上,相对缩短航程;减少舵工的劳动强度;便于实现自动化,为将来能实现无人驾驶船舶打下基础。

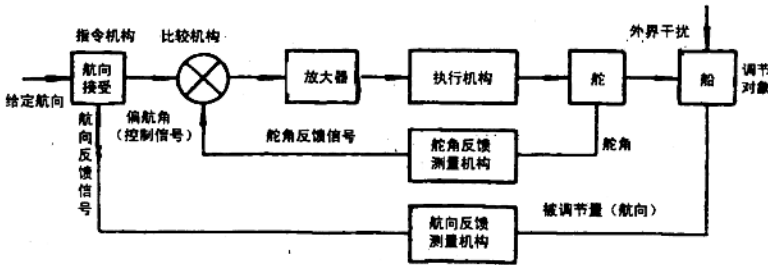


图 1-1-14 自动舵系统方框图

(1) 自动舵的种类

自动舵的种类很多,按照船舶航向的检测元件分,有陀螺罗经、磁罗经和地磁感应发送器为检测元件的自动舵。因为磁罗经和地磁感应发送器受地磁影响较大,误差大,航区有一定限制,所以只在一些沿海的小型船上使用。目前沿海和远洋较大船舶均采用陀螺罗经为检测元件的自动舵,其特点是精度高,不受航区和地磁影响,但结构较复杂,价格较高。下面仅就陀螺罗经的自动舵进行简单介绍。

使用陀螺罗经的自动舵,按其调节规律分 3 类:

① 按船舶偏航角 φ 来调节的自动舵

这种自动舵采用“比例”控制系统,偏航角 α 和偏航角 φ 成正比,即:

$$\alpha = -K_1 \varphi$$

式中: K_1 —— 比例系数;

“ - ” —— 偏舵的方向与偏航的方向相反。

比例系数 K_1 可能根据船舶类型、海况、装载情况的不同进行选择 and 调整,这种“比例舵”的优点是结构简单,工作可靠,但稳定航向的过程较慢,精度较差,即所给出的偏舵角 α 只是根据偏航角 φ 的大小而定,而没有考虑偏航角速度的影响,因而在自动操舵时,船舶会周而复始地绕给定航向摇摆,航迹成“S”形曲线,故新型的自动舵都已不采用这一形式。

② 按船舶偏航角 φ 和偏航角速度 $\frac{d\varphi}{dt}$ 来调节的自动舵

这种舵采用“比例”和“微分”控制系统。偏舵角 α 的大小与偏航角 φ 的大小和船舶偏航角速度 $\frac{d\varphi}{dt}$ 的大小成正比。即：

$$\alpha = -(K_1\varphi + K_2 \frac{d\varphi}{dt})$$

式中： K_1 ——比例系数；

K_2 ——微分系数；

“-”——表示偏舵的方向与偏航的方向相反。

这种舵除了考虑了偏航角的因素外，还考虑了偏航角速度的因素，即：偏航角 φ 越大，给出的偏舵角 α 越大；船舶偏航角速度 $\frac{d\varphi}{dt}$ 越快，给出的偏舵角 α 越大。因此，这种舵能及早地克服船舶的惯性，减少偏摆，稳定航向的过程比较快，提高了灵敏度和精度，也减轻了舵机频繁工作的负担，提高了舵机的寿命，减少了故障率。现在船上使用的自动舵，大多属于这一类型。

③按船舶偏航角 φ 、偏航角速度 $\frac{d\varphi}{dt}$ 及偏航角积分 $\int \varphi dt$ 来调节的自动舵

这种自动舵采用“比例—微分—积分”控制系统。除了继承“比例—微分”的优点之外，“积分”的作用是在船舶一舷受到持续力矩、产生单侧偏航的情况下，自动累计偏航角 ($\int \varphi dt$)，使舵机转出一个压舵舵角，以消除单侧偏航的影响。

偏舵角 α 的大小与偏航角的 φ 的大小，船舶偏航角速度 $\frac{d\varphi}{dt}$ 的大小以及偏航角积分 $\int \varphi dt$ 成正比。即：

$$\alpha = -(K_1\varphi + K_2 \frac{d\varphi}{dt} + K_3 \int \varphi dt)$$

式中： K_1 ——比例系数；

K_2 ——微分系数；

K_3 ——积分系数；

“-”——表示偏舵的方向与偏航的方向相反。

这种自动舵既能加快给舵速度，又能自动压舵消除偏角，是比较完善的新型的自动舵，但其结构复杂，造价高，因此一般只在新型的要求较高的船舶上使用。

(2) 自动舵的调节

自动舵在使用时，是通过自动舵面板上的调节旋钮进行的，而且在使用时，必须根据海况、载况和船舶的旋回性的情况进行调节，为此，我们必须熟悉这些旋钮。

① 灵敏度调节 (sensitivity control)

又称天气调节和航摆角 (yawing) 调节，是调节自动舵系统开始投入工作的最小偏航角 (航摆角)。允许船舶在一定航摆角范围内不发出给舵信号，即调节系统死区的大小。死区调得很小时，灵敏度就高。在良好海况下，灵敏度可以调高些，船舶的偏航能及时克服，航迹走得直；反之，在恶劣的海况下，航向偏摆得厉害；灵敏度太高，会使舵机频繁启动，不间断地工作，容易损坏舵机。因此，海况恶劣，灵敏度调低些，即航摆角或死区调大些。

在大多数自动舵灵敏度旋钮上，有 1~11 的数字刻度，“1”表示灵敏度最高；“11”表示灵敏

度最低。其调节量:无风浪时放在1~2的位置;有风浪时放在3~4的位置;大风浪时放在5~6的位置。

②舵角调节(rudder angle control)

舵角调节又称比例调节。是用于选择当船舶偏航后采用多大舵角使船返回原航向的装置,即调节的是自动舵偏舵角和偏航角的比例。

在大多数自动舵舵角调节旋钮上,有1~5的数字刻度,旋钮指在“2”上,表示比例为1:2,即偏航角为1°,偏舵角为2°。一般情况下用2或3,满载时取小些,空载时取大些;大风浪时取大些;舵叶浸水面积小,船舶操纵性能不好时,取大些。

③反舵角调节(counter rudder control)

船舶向回舵方向转动时,由于船舶的惯性,使超过原航向的偏航角过大时,需要再操一个反舵角来克服船舶回转时的惯性。

采用机械元件运算的自动舵在反舵角调节钮的刻度板上有1°~11°的数字,一般天气用5°~6°;大风浪时用7°,大船、重载船的惯性大,采用的数字大些。

采用电器元件运算的自动舵是通过“微分调节旋钮”去完成上述工作的。其刻度板上有0、1、2、3、4挡,其中“3”的微分作用最强,给舵速度最快。大船、重载、旋回惯性大时微分调节要大些;轻载时可以小些。海况恶劣时,微分钮要调小或调至零。

④压舵调节(checking the helm control)

即用一个固定信号使舵叶偏转一个固定的角度,以抵消单侧偏航的作用。在有不对称的偏航情况下,没有积分环节自动压舵的自动舵,使用压舵调节钮向左或右压舵。压舵的大小视实际需要而定,所压的舵角可以从舵角指示器上读出。

⑤航向改变调节(course control)

即在使用自动舵时改变航向的旋钮。旋钮上一般刻有1°~10°的刻度,如需向右改变5°,则首先按下旋钮,向右转到5°处,等船舶转到给定航向时,指针能自动回零,不需要人工复位(机械式调节的自动舵,则应将旋钮按下去,用人工转至0°位置)。航向改变调节只供小角度的变向,如需改变较大角度时,应分次进行,一般每次只改变10°。

⑥零位修正调节(zero set control)

用来修正自动舵中航向指示刻度盘与陀螺罗经的同步误差。自动舵的指令来自航向信号,而船舶航向以陀螺罗经为准。当自动舵上的航向指示器(分罗经)与主罗经不同步,将产生误差。调节时,应先取下螺帽,用专用钥匙插入,旋转刻度盘,使它的读数与陀螺罗经一致。然后将调节旋钮的指针拨回零位。

五、舵力

舵设备是操纵船舶的主要设备之一,舵设备的作用是:保持航向或改变航向。其特点是进行长时间的远程定向航行,此时需要用小舵角来保持指定航线的航向;对航行于狭水道或港内的船舶,则需要频繁的用舵来改变航向,而紧急避让时,则需用大舵角来做紧急旋回。

在船舶保持正舵直进的情况下,如果围绕船体的水流是左右对称的,则作用于船舶左右舷的力也是平衡的,船将做直线运动。当舵转出某一舵角 δ 时,在舵的周围将出现涡流,舵两侧的水流速度将产生差异,迎水流一面的流速比背水流一面的流速慢,根据流体力学原理,流速越慢,压力越大。因此,迎水流一面的压力增加而背水流一面的压力减低,如图1-1-15所示,其压力差值即为舵的垂直压力 P ,水流同时与舵面产生摩擦阻力 r ,由于垂直压力与摩擦阻力

作用的结果,将舵推向舵背一侧,此力称为舵力 R 。

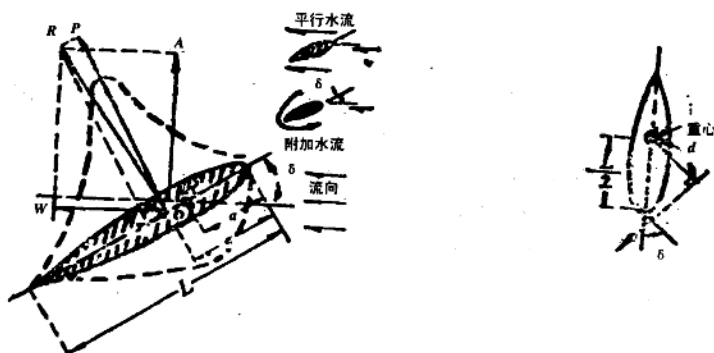


图 1-1-15

舵力 R 在垂直于运动方向的分力,称为升力;而平行于运动方向的分力,称为阻力 W 。舵力大小与舵角 δ 、舵面积 F 、舵的前进速度和舵的断面形状等因素有关。船舶在正舵直进中转舵后,由于舵力的出现,将产生一个绕船舶重心的旋回力矩,此力矩叫初始旋回力矩。

迄今为止,各国学者通过实验给出了舵力的计算公式,beaufoy 对普通舵的试验,得出压力 P 的近似公式为:

$$P = K \cdot F \cdot V^2 \cdot \sin \delta \quad (\text{kg})$$

式中: K ——舵力系数,一般取 58.8;

F ——舵叶浸水面积, (m^2);

V ——舵的前进速度或水相对于舵的速度 (m/s), 即舵速;

δ ——水对舵的冲角或舵角 ($^\circ$)。

根据上式,则可求出初始旋回力矩的公式:

$$N = P \cdot d = K \cdot F \cdot V^2 \cdot \sin \delta \times \frac{1}{2} L \cdot \cos \delta = \frac{1}{4} K \cdot F \cdot V^2 \cdot \sin \delta$$

那么,究竟多大舵角为最佳呢? 由上式可知,初始旋回力矩的大小与舵力系数,舵叶浸水面积、舵速、舵角的大小成正比。当 $\delta = 45^\circ$ 时, $\sin 2\delta$ 为最大值,如果没有其他因素,则在 45° 时,旋回力矩 N 最大。但是,由于舵力系数 K 在旋回初期随舵角增大到 45° 左右时,其值反而减少,而且舵的阻力大为增加,从而需要增大舵机功率,因而,除港内作业船或特殊船外,其他船舶的有效最大舵角一般为 35° 左右,超大型船常以 40° 为满舵旋回的最大舵角。

思考题:

1. 舵设备的作用是什么? 它由哪几部分组成?
2. 什么叫平衡比度? 平衡舵的平衡比度是多少?
3. 流线型舵的特点是什么? 目前海上运输船普遍使用的是哪种舵?
4. 主动舵的优点有哪些?
5. 舵的结构由哪 3 部分组成?
6. 舵杆和舵承的作用是什么? 其中的垂直滑动轴承承担什么作用?
7. 转舵装置的作用是什么?
8. 什么是任何形式的转舵装置中最基本的部件?

9. 止舵装置的作用是什么?
10. 造船规范对止舵器有何要求?
11. 电动舵机的特点是什么? 适用于什么船?
12. 舵扇上的缓冲弹簧起什么作用?
13. 电动液压舵机的特点是什么? 适用于什么船?
14. 操舵装置控制系统的作用是什么? 由哪两部分组成?
15. 液压操舵装置控制系统的使用注意事项有哪些?
16. 电操舵控制系统的种类和特点是什么?
17. 随动操舵控制系统的特点是什么?
18. 手柄操舵控制系统的特点是什么?
19. 自动舵的特点有哪些? 种类有哪些?
20. 航摆角调节钮作用是什么? 如何使用?
21. 舵角调节钮作用是什么? 如何使用?
22. 反舵角调节钮作用是什么? 如何使用?
23. 压舵调节钮、航向改变调节钮作用是什么? 如何使用?
24. 究竟多大舵角为最佳? 初始旋回力矩的大小与哪些因素有关?
25. 什么是舵速?

第二节 操舵仪

各种类型的操舵仪都是由自动舵、罗经、舵机组合起来的,并且都具有自动、随动和手柄(应急)3种操舵方式。目前有多种品牌的操舵仪,如国产红旗-4型自动操舵仪、安许茨自动操舵仪等,操作步骤基本上是相同的。图 1-2-1 为红旗-4 型操舵仪;图 1-2-2 为安许茨自动舵面板;图 1-2-3 为 102-816 型安许茨自动舵面板。

一、操舵仪的使用操舵程序

自动舵只能是在船长或值班驾驶员按照自动舵的使用规定,认为有必要的情况下才能使用。使用自动舵前,都是用随动舵进行操舵的。而应急操舵是在随动舵失灵时才使用。

(一)随动操舵

(1)通知机舱接通驾驶室自动舵电源,然后把驾驶室的双电源开关(即机组转换开关)放在“1”或“2”的位置上。一般较大型的船舶操舵装置都有两套不同动力的机组。平时只使用一套,另一套备用。

(2)将操舵仪的电源开关放在随(自)动位置。

(3)将操舵仪的操舵方式选择开关放在“随动”位置。

(4)转动手轮即可操舵。

(二)自动舵操舵

从随动舵转换为自动操舵时:

(1)注意压舵和航向改变旋钮均应在“0”位上。分罗经应与主罗经刻度一致。夜间用灯光调节钮将面板的照明亮度调至最佳。

(2)将灵敏度调高些。