

特种推进器及其效应



DMU

- 螺旋桨经过改善，发展出几种特种螺旋桨；
- 推进设备，经过科学合理的组合后，可有舵的功能。
- 常用的有双车推进器、转动导流管装置、Z型推进器、喷水推进装置等。



特种推进器及其效应



DMU

- Azipod



特种推进器及其效应



DMU

- Azimuth thruster

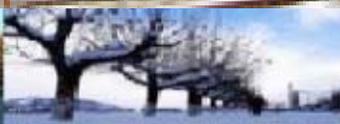


特种推进器及其效应



DMU

- Azimuth thruster



特种推进器及其效应



DMU

- Azimuth thruster
- 全回转对转舵桨

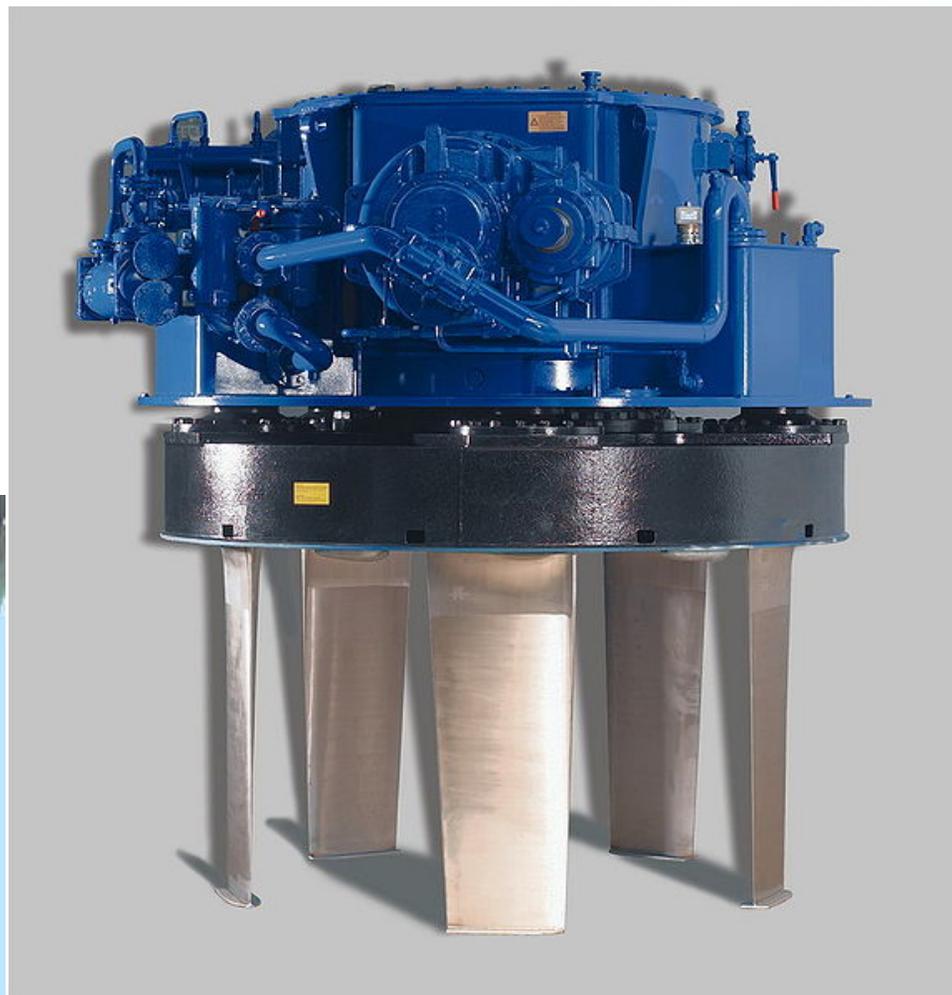


特种推进器及其效应



DMU

- (Voith-Schneider Propulsion) or Cycloidal propeller (摆线推进器)



特种推进器及其效应



DMU

- 双螺旋桨推进器及其效应
 - 双螺旋桨的布置及其特点
 - 双螺旋桨推进器效应
- **Z**型推进器
 - Z型推进器的构造
 - 双车Z型推进器推进模式及其效应



特种推进器及其效应



- 双螺旋桨推进器及其效应

- 双螺旋桨的布置及其特点

- 大大提高了船舶操纵性能及航行的安全可靠性能，特别是港内低速航行的操纵性能。
 - 载重量相同时，双桨双舵船吃水较浅。因此，对有些航道、港口可自由出入，无需减载。
 - 载重量相同时，双桨双舵航速较高。



特种推进器及其效应



DMU

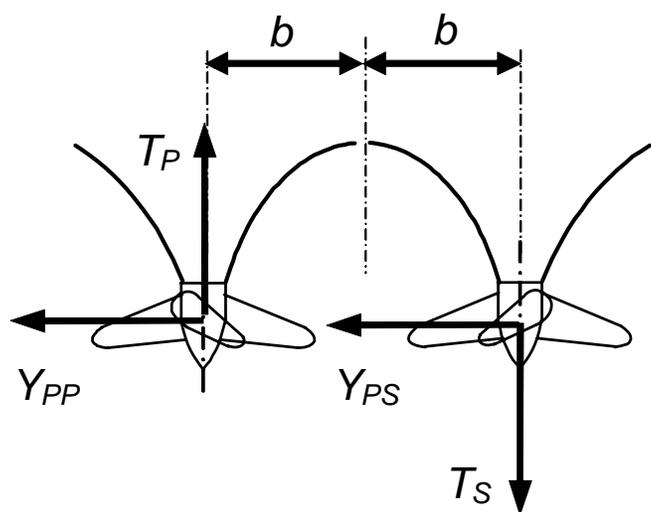
- 双螺旋桨推进器及其效应
 - 双螺旋桨的布置及其特点
 - 固定螺距螺旋桨多采用外旋推进方式；
 - 变螺距螺旋桨多采用内旋推进方式。
 - 思考：原因？



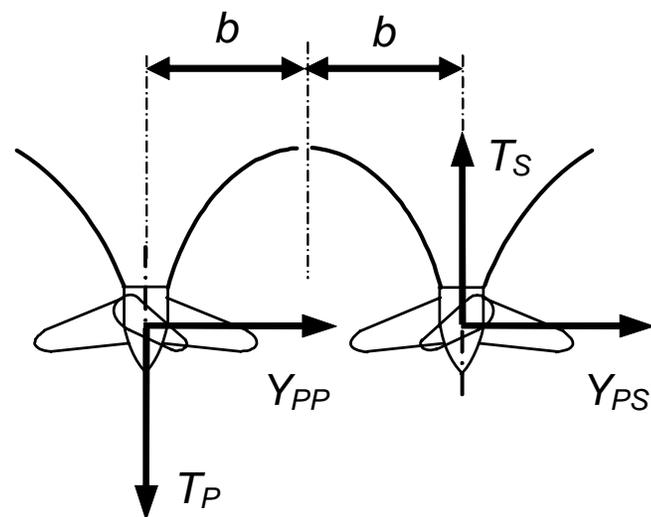
特种推进器及其效应



- 双螺旋桨推进器及其效应



(a)



(b)

双车 (FPP) 效应



特种推进器及其效应



DMU

- 双螺旋桨推进器及其效应
 - 双螺旋桨推进器效应
 - 双螺旋桨船的两个推进器推力的大小可分别进行控制；
 - 两个螺旋桨产生的推力不同或旋转方向相同时，进车推力或倒车拉力的不同组合将对船舶产生不同的效应。
 - 一桨进车，另一桨倒车，进行转船。
 - 对于外旋式**FPP**双螺旋桨船，利用一进一倒进行转船时，螺旋桨效应都有助于船舶的转动。
 - 同理，**CPP**双桨设为内旋。



特种推进器及其效应



DMU

- **Z 型推进器**

- Z 型推进器的构造

- 竖轴；
 - 上下两对锥型齿轮；
 - 导管螺旋桨；
 - 传动系统等组成



特种推进器及其效应



DMU

- **Z** 型推进器

- Z 型推进器特点是：

- 倒航推力与进航推力基本相同；

- 进退转换也非常迅速；

- 可产生侧向推力，从而起到舵的作用。



特种推进器及其效应



DMU

• Z型推进器

- 拖船和有些操纵性要求高的船舶大多装有两个Z型推进器，分别装置在船舶首尾中心线的两侧。
- 双车Z型推进器效应取决于两个推进器合力的大小、方向、作用点以及船舶的运动状态。
- 两个螺旋桨的推力方向为推力矢量与船舶首尾线之间的交角；
- 不同的组合不但可以改变合力的方向，而且可以改变合力的大小。

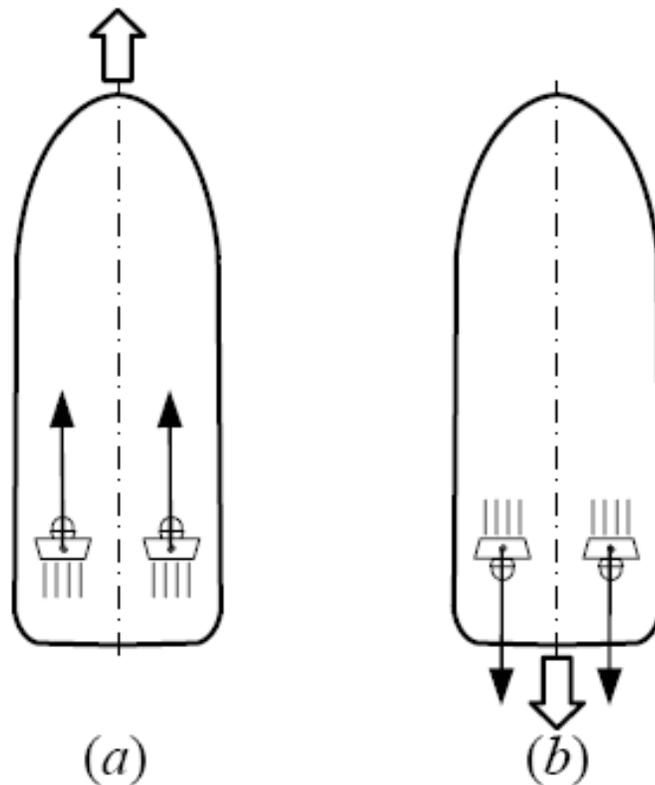


特种推进器及其效应



DMU

- **Z** 型推进器
 - 前进方向的推进



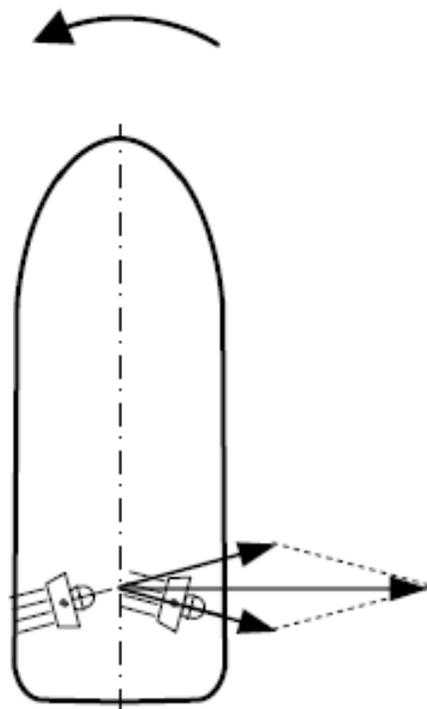
特种推进器及其效应



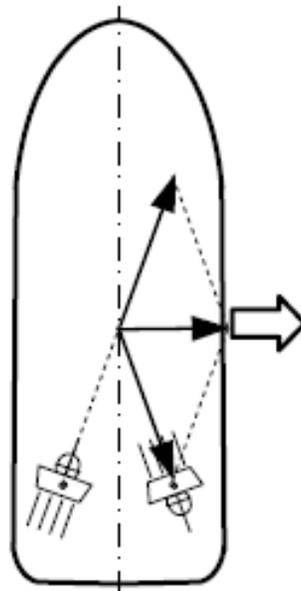
DMU

- **Z**型推进器

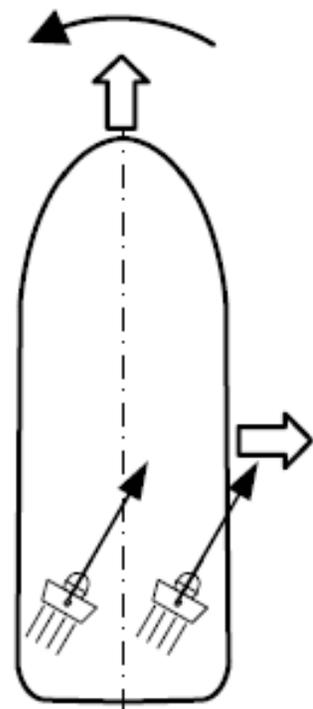
- 横向与转动方向的推进



(c)



(d)



(e)



港作拖轮及其效应

- 螺旋桨、舵和侧推器都是船舶所配备的常规控制设备，当外界影响超过这些设备的控制能力时，需要外部力量的协助。
- 目前，广泛用于船舶操纵运动控制的外部手段是拖船。
- 尤其是在港内操纵时，水域受限，船舶低速操纵性较差，拖轮是必要的助操手段。



港作拖轮及其效应

- 主要内容
 - 拖船的种类及特点
 - 港作拖船的种类
 - 港作拖船的特点
 - 拖船在操纵中的作用及协助方式
 - 拖船作用力及其效应
 - 船舶前进中的拖船效应
 - 拖船作用能力及其限制
 - 港内操船所需拖船功率和数量



拖船的种类及特点

- 拖船的种类
 - 按航区进行分类
 - 外海拖船
 - 远洋拖船
 - 沿海拖船
 - 港作拖船
 - 按用途进行分类
 - 运输拖船
 - 港作拖船
 - 救助拖船



拖船的种类及特点

- 古董拖轮
 - 蒸汽机
 - 明轮



拖船的种类及特点



DMU

- 加拿大军用拖轮



拖船的种类及特点



DMU

- 顶推



拖船的种类及特点



DMU

- 内河顶推



拖船的种类及特点

- 拖船其工作性质是提供推力或拖力，在船型、推力、操纵性等方面有其本身的特点。
- 主要特点
 - 较大的拖力
 - 良好的操纵性



拖船的种类及特点



- 船型特点

- 拖船船体较短

- 港作拖船长宽比(L/B)一般在2.5~3.5 之间
 - 外海拖船在3.5~5.0 之间。

- 水线面较大

- 港作拖船船体水下呈半椭圆体形状，且水下侧面积集中于船中附近
 - 外海拖船船体水下呈细长体形状，且水下侧面积分布于整个船长

- 推进器功率较大

- 港作拖船的单位排水量分配的主机功率(kW)一般为4.0 以上
 - 外海拖船一般在1.8~2.9 之间。

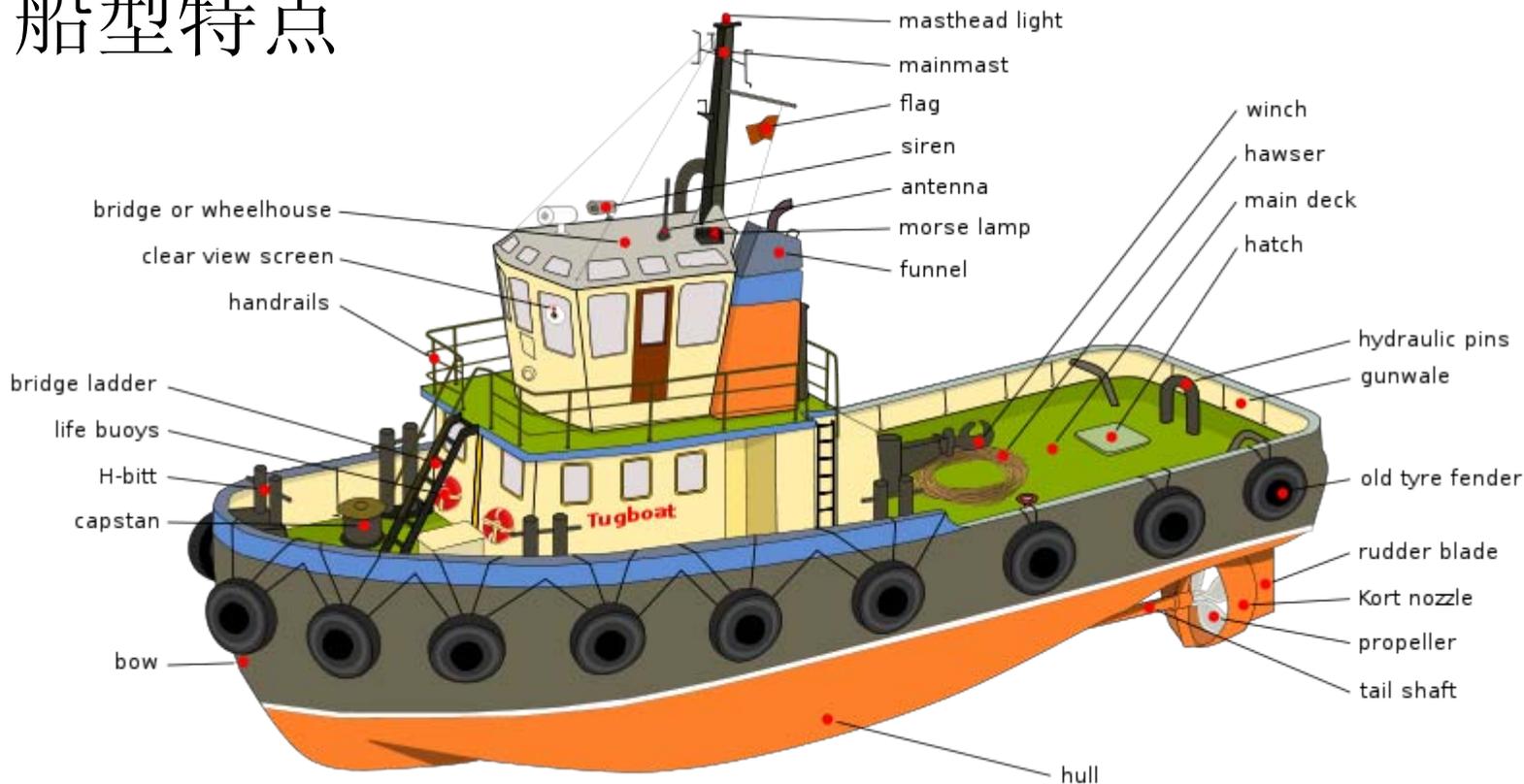


拖船的种类及特点



DMU

● 船型特点



港作拖船的种类



- 推进器的数量
 - 单桨拖船
 - 单螺旋桨拖船操纵性较差，很少用于港作拖船，主要用于拖带无动力船
 - 双桨拖船
 - 绝大部分港作拖船为双推进器



港作拖船的种类



- 推进器的类型

- 传统拖轮

- 固定螺距螺旋桨(FPP)拖船
 - 可变螺距螺旋桨(CPP)拖船
 - 可进行顶推、傍拖和直拖，操纵性差

- 现代拖船

- Z型推进器(ZP)拖船
 - 平旋推进器(VSP)拖船
 - 港内船舶操纵应用最广泛，操行优良



港作拖船的种类



- 推进器的位置
 - 拖曳拖船(tractor tug)
 - “首推进”，如VSP 拖船及少数ZP 推进器
 - 拖缆出自船尾
 - 顶推拖船(pushing tug)
 - “尾推进”，传统拖船及多数ZP 推进器
 - 拖缆出自船首
 - 多用途拖船
 - 既适用于顶推，又适用于拖曳
 - 全回转尾推进拖船ASD(azimuth stern drivetug)，与ZP 拖船区别不大，船首和后甲板各装有一个绞缆机，有的ASD 拖轮用一个拖钩代替尾部绞缆机。



港作拖船的特点



DMU

- 港作拖船的船型尺度及特性参数
 - 船型尺度较小，但船宽相对较大
 - 机器功率较大
 - 自航船速较低



港作拖船的特点



- 港作拖船的推力特性
 - 以系柱推力(bollard pull) 表示最大推力，简记为*BP*；
 - 导管定距桨或变距桨进车推力最大，但倒车推力只有进车推力的45%(最大可达65%)，并且不能产生横向推力；
 - 其次是ZP 拖船，倒车推力可达进车推力的90~95%，且可产生较大的横向推力；
 - VSP 拖船的进车推力最小，但其倒车推力可达进车推力的90%以上，且各方向的推力分布较为均匀。



拖船在操纵中的作用



DMU

- 协助船舶通过航道或受限水域
 - 从航道或港外进入港内
 - 通过水上桥下通航孔或船闸等
- 协助船舶靠泊或离泊操纵
 - 接近泊位或泊位前沿回旋掉头水域
 - 回旋掉头以及靠泊或离泊等操纵





DMU

拖船在操纵中的协助方式

- 拖带(pulling)
 - 直拖(direct pulling)
 - 斜拖(indirect pulling)
- 傍拖
 - 提供动力
 - 协助船舶保向
- 顶推



拖船在操纵中的协助方式



DMU

- 拖帶(pulling)
 - 直拖



Bundesarchiv, Bild 183-1983-0330-002
Foto: Sindemann, Jürgen | 30. März 1983



拖船在操纵中的协助方式



DMU

- 拖帶(pulling)
 - 斜拖



拖船在操纵中的协助方式



DMU

- 拖帶(pulling)

- 普通FPP 和CPP 拖船由于其推进器推力方向仅为前后两个方向，故仅适用于直拖方式，不适用于斜拖方式。
- VSP 和ZP 拖船由于其推进器推力方向是全方位的，故不但适用直拖方式，也适用于斜拖方式。





- 拖带(pulling)

- 为了充分发挥拖船的效率，保证操纵的灵活性，并免拖缆负荷过大，应使拖缆有较小的俯角；
- 一般情况下俯角应小于 15° ，即拖缆长度应大于被拖船拖缆出口至水面高度的4倍；
- 即使被拖船拖缆出口至水面的高度很低，拖缆也不应少于1.5倍拖船长度。



拖船在操纵中的协助方式



DMU

- 拖带(pulling)应用

- 当船舶无动力时，拖船系在被拖船船首，为被拖船提供动力；
- 拖船系在被拖船船尾，协助船舶减速或后退；
- 在受限水域，当船舶转向困难，同时需要减速时，拖船系在被拖船船尾或尾舷侧，协助船舶减速、转向；
- 当大型船舶进行离泊操纵时，或吹拢风较大离泊时，两艘或多艘拖船系在被拖船舷侧，协助船舶横向移动；
- 在受限水域，当船舶需要掉头回转时，单拖船或两艘拖船系在被拖船舷侧，协助船舶掉头。



拖船在操纵中的协助方式



DMU

- Notch tug 顶推





DMU

拖船在操纵中的协助方式

- 顶推



拖船在操纵中的协助方式



DMU

- 几种形式:

- 船舶进速较低时，单拖船系在被拖船艉部舷侧，保持拖船始终与被拖船首尾线垂直，协助被拖船转向或回转转掉头；
- 船舶退速较低时，单拖船系在被拖船艏部舷侧，协助被拖船转向或回转转掉头；
- 大型船舶进行靠泊操纵，拖船在被拖船舷侧协助船舶横向移动
- 在受限水域，两艘拖船或多艘拖船分别系在接近船首和船尾的相反舷侧，协助船舶回旋掉头。



拖船在操纵中的协助方式



DMU

- 傍拖



拖船在操纵中的协助方式



DMU

- 傍拖形式：
 - 拖船系在被拖船的两舷，为被拖船提供动力；
 - 在受限水域航行或通过航道时，拖船系在被拖船船尾两舷侧向推进，协助船舶保向；
 - 接近泊位过程中，拖轮在船舶一舷傍拖，协助保持船位。



拖船在操纵中的协助方式



DMU

- 组合拖曳



拖船作用力及其效应

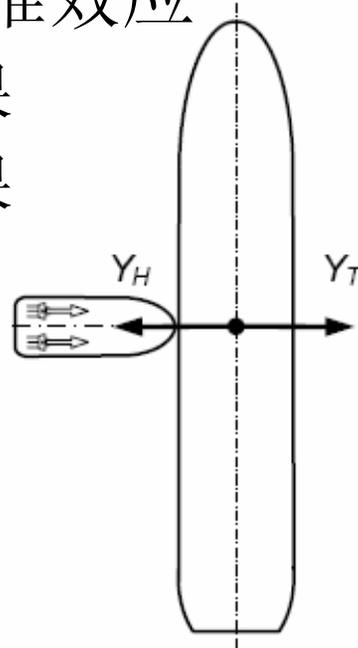


DMU

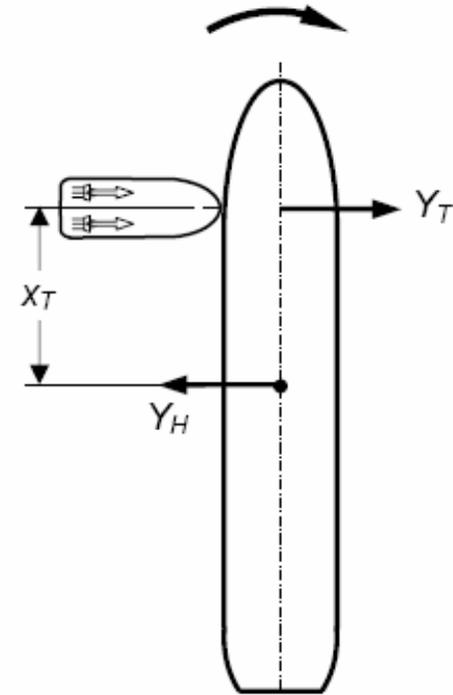
- 船舶静止中拖船效应

- 单拖船顶推效应

- 横移效果
 - 转船效果



(a)



(b)



拖船作用力及其效应

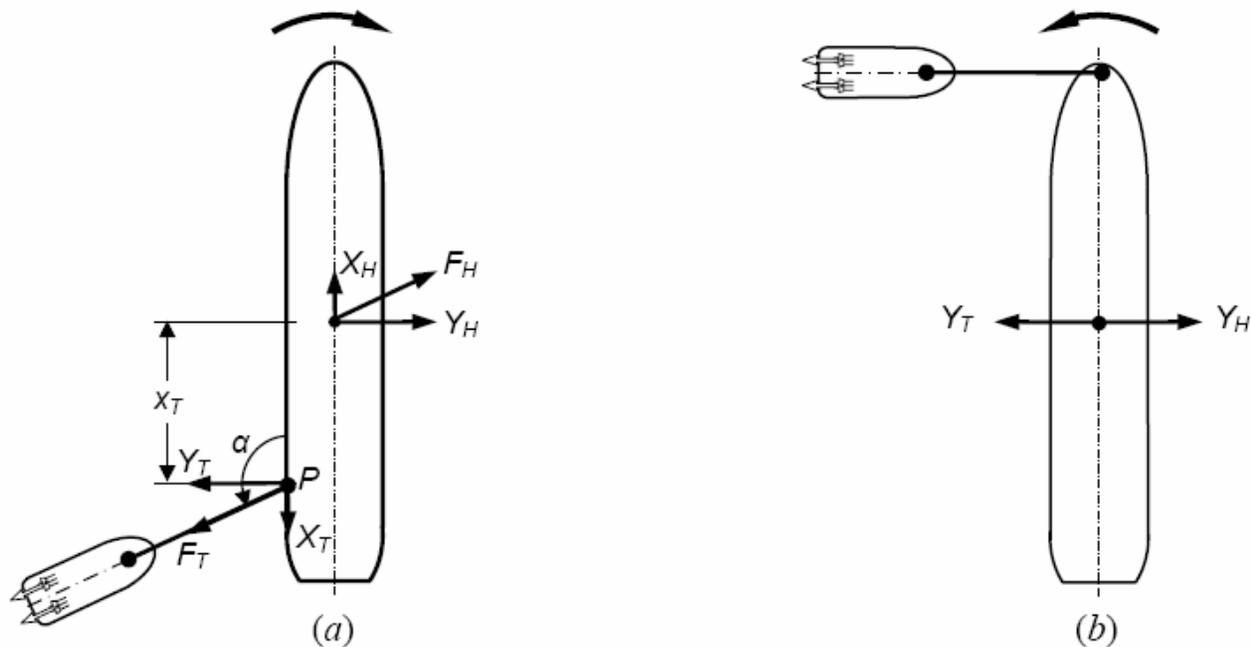


DMU

• 船舶静止中拖船效应

— 单拖船拖带效应

- 平移和转船效应取决于拖力作用点、拖力角以及拖力的大小

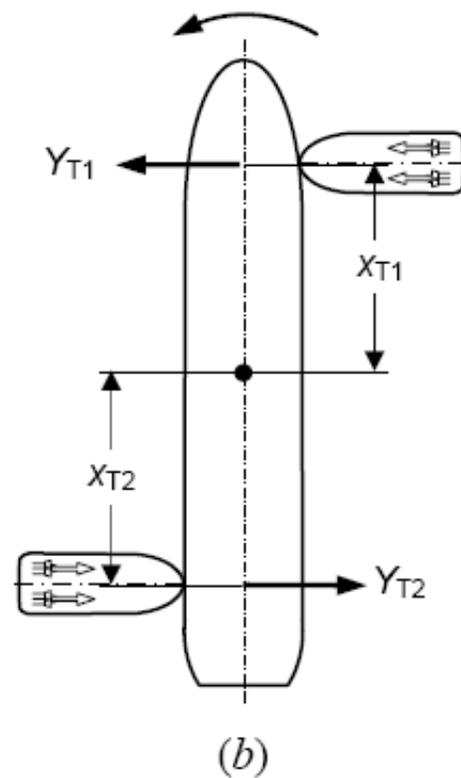
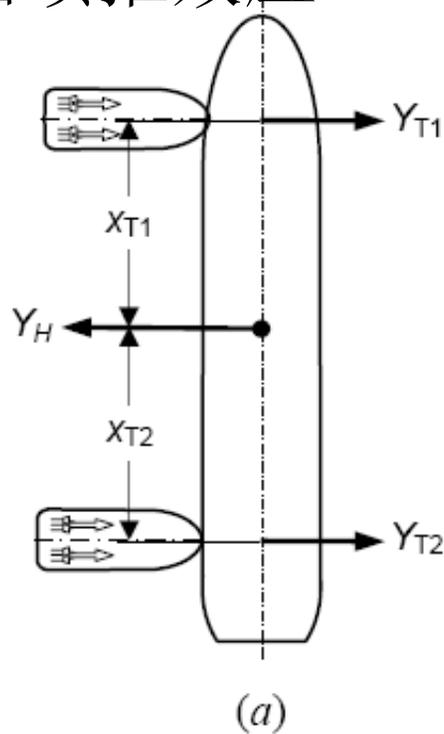


拖船作用力及其效应



DMU

- 船舶静止中拖船效应
 - 双拖船顶推效应



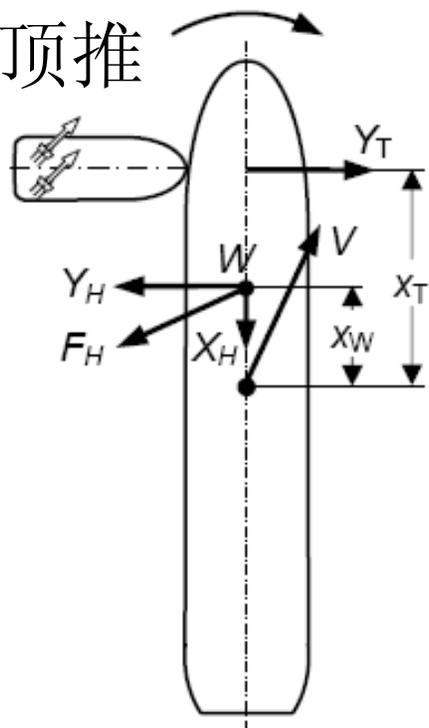
拖船作用力及其效应



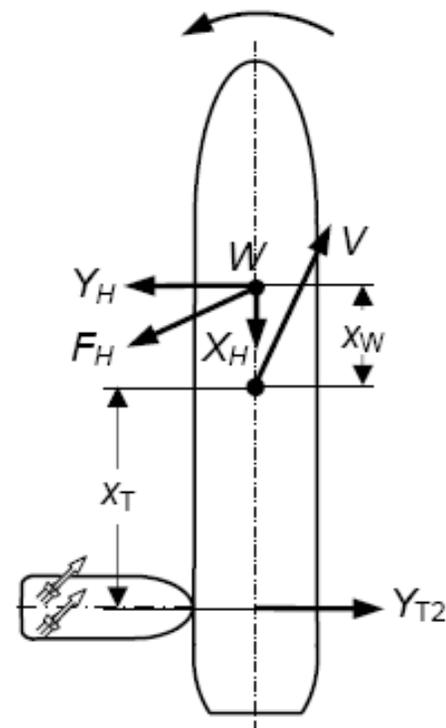
DMU

- 船舶前进中的拖船效应

- 单拖船顶推



(a)



(b)



拖船作用力及其效应



- 船舶前进中的拖船效应

- 单拖船顶推效应

- 拖船推力作用点在船中之前，水动力中心也在船中之前，水动力的横向分力的力矩与拖轮拖力相反；
 - 拖船推力作用点在船中之后，水动力中心越远离船中，转船力矩越大；
 - 由此可见，单拖船在舷侧顶推前进中的船舶时，拖船位于船尾比位于船首的转船效应大，船速越高，两者的差别越大。



拖船作用力及其效应

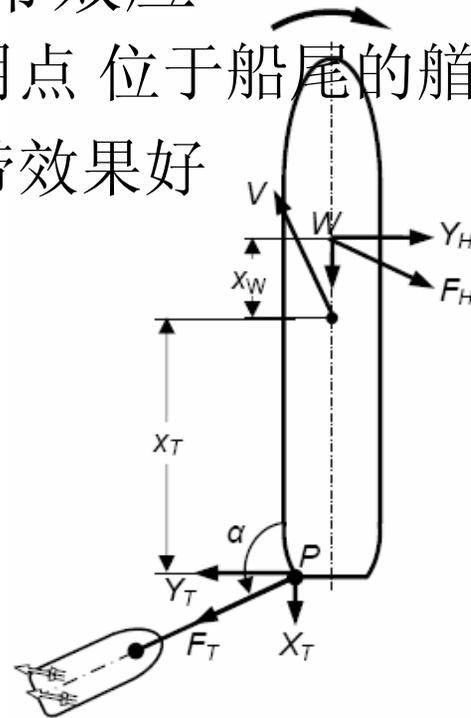


DMU

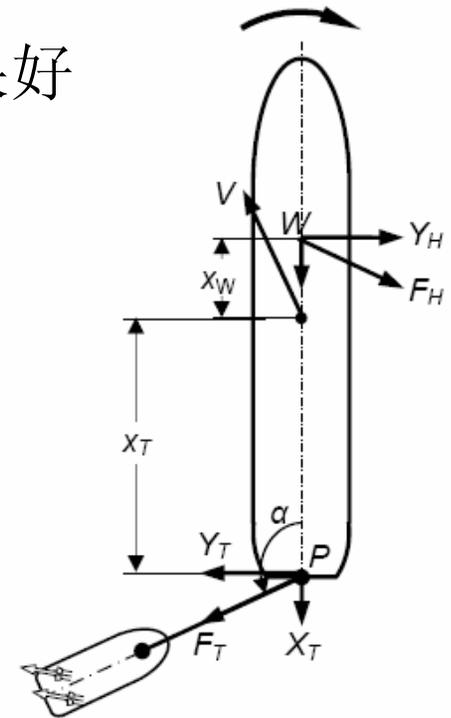
- 船舶前进中的拖船效应

- 单拖船拖带效应

- 拖力作用点 位于船尾的艏艉线上效果好
 - 船尾拖带效果好



(a)



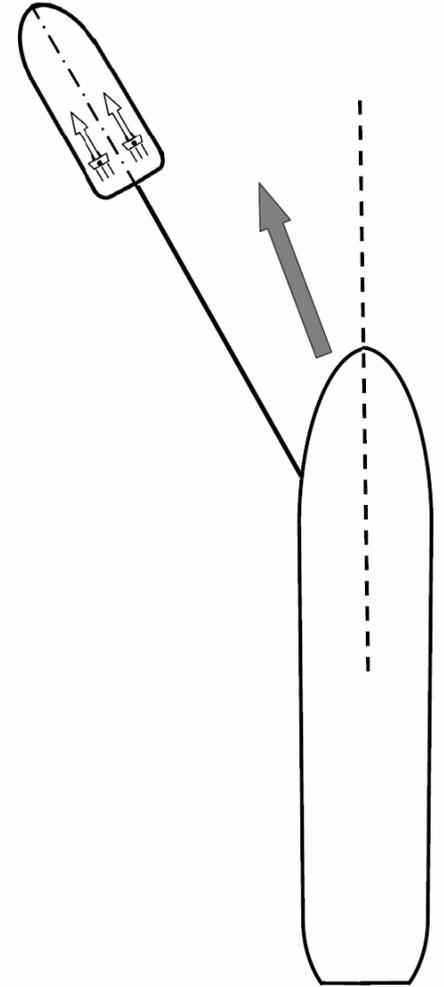
(b)



拖船作用力及其效应



- 船舶前进中的拖船效应
 - 单斜拖船舶一端
 - 拖带的方向与船舶移动方向并不一致；
 - 纵向阻力小于横向，纵向移动速度大于横向；
 - 大船运动方向相对拖缆更靠近首尾线



拖船作用力及其效应



- 拖船作用能力及其限制

- 拖船效应的极限船速

- 船速较高时，拖船一般很难保持垂直顶推姿态；
 - 拖轮的系柱推力最大，船速增加，推力下降；
 - 顶首时，船速越高，水动力中心越远离船中，转船力矩越小，大船不易转向，船速达到一定值时，拖船不但将失去转船效果，而且可能起到相反的作用；
 - 大船极限航速**5-6kn**（使用侧推器的极限航速为**4kn**）



拖船作用力及其效应



DMU

- 拖船作用能力及其限制

- 波浪对拖船拖力或推力的影响

- 拖船的纵摇、横摇和垂荡运动影响拖船的姿态；
 - 影响拖船最大拖力或推力的发挥；
 - 在拖缆上造成较大的负荷，严重时可能发生断缆的情况



拖船作用力及其效应



- 拖船作用能力及其限制

- 波高限制

- 有义波高为0.5m 以下，拖船基本能发挥100%的作用；
 - 有义波高达1.0m 时，降至无波浪时的80%；
 - 有义波高达到1.5m 时，拖力将降至50%，推力将降至60%；
 - 有义波高达到2.0m 时，拖船基本无法正常作业。
 - 一般规定有义波高不宜超过1.5m。



拖船作用力及其效应



DMU

- 港内操船所需拖船功率和数量
 - 应考虑的因素
 - 港口地理条件
 - 船舶条件
 - 自然环境条件



拖船作用力及其效应



DMU

- 港内操船所需拖船功率和数量

- 所需拖船总功率和数量

- 小型船舶，1~2 艘

- 实用估算方法：每万吨载重量大概需要1000马力

DWT1 万吨级船舶： $DWT \times 10\%$ (hp) 或 $GT \times 15\%$ (hp)
 $DWT) \times 7.4\%$ (kW) 或 $GT \times 11\%$ (kW)

VLCC 满载时： $DWT \times 5\%$ (hp)

VLCC 空载时： $DWT \times 7\%$ (hp)



拖船作用力及其效应



DMU

- 港内操船所需拖船功率和数量

- 所需拖船总功率和数量统计结果

- 杂货船一般属于小型船舶，平均拖船数量不超过2艘；
- 船长290m 的集装箱船所需拖船总拖力50~150t，平均拖船数量2~3 艘，侧推器可使所需拖船总推力相应减少。
- 船长为200m 的油船和散货船所用拖船总拖力和平均数量分别约为60~170t 和2~3 艘；
- 船长为300m 或以上时约为130~235t 和3~5 艘。



拖船作用力及其效应



DMU

- 港内操船所需拖船功率和数量
 - 所需拖船总功率和数量统计结果
 - 载重量为2万吨级船舶，拖船总拖力和平均数量分别约为50~100t 和1~2艘；
 - 10万吨级船舶分别约为90~180t 和2~3艘；
 - 15万吨级船舶分别约为120~220t 和3~4艘；
 - 20万吨级船舶分别约为140~250t和4~5艘；
 - 30万吨级以上船舶分别约为150~250t 和5~6艘。



使用拖轮的注意事项



DMU

- 拖缆及其系带
 - 强度、防止突然受力
- 防止倒拖和横拖
- 拖轮就位良好
 - 尽量远离重心，但不可过分靠近首尾，大船强度（受力点）
- 解拖后收绞尾拖缆
 - 尽快收绞



本章作业



- 何谓滑失？对螺旋桨推力、排出流、舵效有何影响？。
- 试述沉深、伴流、排出流横向力产生的原因、条件及作用规律。
- 绘草图说明右旋**FPP**单桨船利用车、舵减小掉头区的方法。
- 绘出倒车停船轨迹，并说明为何呈现这样的形状。
- 何谓舵效？简述影响舵效的因素。
- 拖轮顶首协助前进中大船转首，为何存在大船前进速度的极限航速？

