

4-7

②

橡胶护舷设计中的几个技术和经济问题

左肖明

1653.92

摘要

概括介绍在码头护舷选型设计、布置设计中应注意的几个技术和经济问题,并阐述在大水位差码头设计中采用浮钢梁式系靠船橡胶护舷的经济合理性。

关键词

橡胶护舷 选型 布置 设计

码头, 护舷

ABSTRACT

Several technical and economical problems needing attentions in type selection and arrangement design of wharf fender are briefly introduced. It is expounded to adopt floating steel beam-type rubber fender in design of wharf with large range of stage, which is economical and rational.

橡胶护舷在港口工程中应用已较普遍,规范对其设计计算的原则也有规定,但橡胶护舷设计的问题既广泛又复杂,具体设计中应反复比较权衡,力求技术上、经济上都合理恰当。如果把橡胶护舷设计,只当作码头结构设计开始时确定反力大小的一个环节进行选型、计算,往往不仅对护舷设计的合理性,而且对码头结构设计,乃至对码头和船舶营运的安全和经济都会带来问题。为了有助于码头设计人员提出合格的设计,不发生易于出现的误解和错误,第24届国际航运会议委托专题国际委员会提出了专题报告《碰垫系统设计》(交通部水运工程科技情报网1988年出版中文版),对包括橡胶护舷在内的碰垫设计,提出了许多指导性意见和建议。我们在橡胶护舷的设计中,在符合现行规范的前提下,也可以参照这些意见和建议。现针对近年设计实践中时常遇到的橡胶护舷设计中的几个技术和经济问题,提出一些看法,供设计时参考。

1 关于选型设计

选型设计是要确定橡胶护舷的型式、规格,必须综合考虑的主要因素有:吸能要求、反力、变形、船壳允许压力、船与橡胶护舷间的摩擦系数、船壳形

状、船舶尺度变化范围、水位变幅、掩护程度(波浪、风、流的情况)、靠泊频繁程度、码头结构与布置情况,以及护舷系统、码头靠船结构的基建费用和营运维修费用等。这些因素中,大多有量的概念可供判断,但主要的还是吸能的计算以及相应的反力值大小的判断。目前国内外有关规范多规定了以能量法(或称动力法)对橡胶护舷的吸能要求作计算,要求对于船舶以一定的法向速度和角度来确定靠泊时的动能,或对于停靠船舶在波浪作用下动荡的动能,选用的橡胶护舷都必须具有足够的吸收能力。吸能时产生的反力,将作为支支护舷的靠船结构的荷载。能量法公式各国有关规范和我国87港工技术规范以及新修订的港口工程荷载规范(JTJ215-98)都采用,为大家所熟知,公式的基本形式为:

$$E_0 = \rho \frac{1}{2} M V_n^2$$

式中:

E_0 — 船舶的有效撞击能量(kJ);

ρ — 船舶的质量(t),一般按满载排水量计算;

V_n — 船舶靠码头时对码头撞击的法向速度(m/s)。

能量法公式应用时简单方便,关键在于对公式中

参数值的采用。

有效动能系数 ρ 在外国规范及有关资料中多表示为几个系数的乘积(例如为船舶偏心撞击回转折减系数 C_e × 附加质量系数 C_m × 船壳变形折减系数 C_s × 泊位结构系数 C_c)。我国规范加以简化, 归纳为一个系数 ρ , 取值 0.7 ~ 0.8, 可按具体情况采用该范围内某值。其变化幅度不大, 对能量计算的结果影响相对有限。

法向速度 V_n 则是至关重要的一个参数。 V_n 的大小对船舶靠泊的安全、橡胶护舷乃至码头结构设计的技术合理性与经济性, 都有很大关系。因此, 各国规范和我国规范, 对 V_n 的取值都作了慎重规定。一些国外规范, 对某一船舶吨级往往规定取 V_n 为某一数值; 我国规范则对某一船舶吨级的某种条件(有掩护或开敞), 规定 V_n 取值为某一范围。在规范的制订和修订中, 对 V_n 的取值都进行过大量的调查、研究。从实测统计资料分析, 同一吨级船舶的 V_n 值差别较大, 而且地理位置的不同, 更加大了这种差别。我国幅员辽阔, 规范规定同一吨级船舶 V_n 值有一定的赋值范围, 是根据不同港口的统计数据, 并对应规范规定的安全系数或可靠度进行校准计算后确定的, 较适应我国的具体情况。但正是因为规范中 V_n 数值有一定的范围, 便使设计者在设计操作中面临一个对某一吨级船舶的 V_n 取什么数值的问题。从能量法公式中已可看出: 靠船有效动能 E_0 与 V_n 的平方成正比, V_n 变化 10%, 则 E_0 变化 21%, 而规范中某一吨级船舶的 V_n 值上下限相差往往较大, 上限值/下限值对河船或海船在有掩护港口为 120% ~ 150%, 海船在开敞式港口则达 180% ~ 208%, 取值对 E_0 计算结果影响很大(按上述 V_n 的上下限比值计算出的 E_0 值可相差 144% ~ 432%), 从而对橡胶护舷的选型、反力大小、码头靠船结构计算等影响很大。

笔者以为, 这确实是设计者得慎重思考的问题, 思考的途径, 仍然是从橡胶护舷和码头结构的使用要求、船舶靠泊的要求和特点等处着想。

首先应当区分船舶正常靠泊撞击和事故性撞击, 设计当然应当以正常作业为标准, 但操作中, 有的设计者, 甚至有的业主, 都提出过采用比规范规定的上限值还大的 V_n 值, 使码头即使在事故中也撞不坏, 这是值得商榷的。德国 EAU 中明确规定: “设计时不考虑事故性的船舶撞击力, 只需考虑正常的船舶撞击力”, 日本港口设施标准则将频繁发生的靠岸速度引起的护舷反力作为一般荷载, 而将较大的、不常发生的靠岸速度引起的反力作为特殊荷载考虑。英国标准《海工建筑物》指出, 对于由于船舶失控漂移而发生

灾害性撞击是否设防, 应结合它所产生的后果(包括修理费用)来考虑。我国规范中规定的 V_n 数值范围, 也不包含事故性撞击时的法向速度。所以, 设计中应当考虑的是正常的船舶靠泊条件。如果当地确有易发生异常船舶荷载的可能, 则应考虑设专门的防撞结构设防。对于一般的码头来说, 如果普遍地提高标准采用过大的 V_n 、过大的护舷和码头结构以防止事故损失, 从经济上来说, 是要求码头业主预付了本应由事故肇事人赔付的投资增大部分及其利息, 修理费和其他损失赔偿费等, 显然是不合理的。

正常靠船条件下 V_n 的取值, 当然应当是在规范规定的上下限范围内。在此范围内取那一个数值, 也应当进行具体分析。一般地说, 如果有当地的确实资料, 确有把握, 可以取中间某值甚至下限值; 否则, 取上限值较为稳妥。

按正常靠船的 V_n 进行计算和设计, 可以使护舷、靠船结构和码头有相应于规范规定安全系数或可靠度的一定安全储备。但是, 由于船舶荷载的特殊性, 还有必要再适当增大一点安全储备。虽然不考虑事故性的靠船撞击, 但设计中可以考虑一种姑且称之为“有限非正常靠泊”的情况。这种情况虽然超出了正常靠泊的范围, 但偶尔也可能发生, 其时靠船法向速度 V_n 略超设计选定的 V_n 值, 如果原设计是很经济合理的, 则此时橡胶护舷会吸能量不足, 反力可能迅速增加, 护舷及其配件、靠船构件等都可能局部损坏, 安全度相应降低。针对这种情况, 虽然规范中没有规定, 但设计中却可以考虑, 例如将已按规范和具体分析选定的 V_n 值增大 10% 作校核计算, 选用吸能量略大的护舷, 在一般情况下, 这样处理不会增加很多投资, 却提高了码头抵抗虽非严重事故却又偶尔有限地超出常规靠船速度时的安全度。

综上, 橡胶护舷选型最主要的一条原则应是, 在船舶正常靠泊条件下, 按规范规定并考虑当地具体情况确定合理的 V_n 数值, 按此计算并选用橡胶护舷的吸能量、型号、规格以及反力等, 在此基础上, 建议用比确定的 V_n 值略大的数值进行校核计算, 使橡胶护舷的吸能量有一定的富裕而又不过于多余。

选型中还应考虑的船壳容许压力和护舷与船壳间的摩擦系数问题也应足够重视。

关于考虑船壳容许压力的原则应当是: 在正常靠泊情况下, 船壳受橡胶护舷反力的作用时不发生塑性变形, 关键在于确定船壳容许压力的数值。目前这方面的资料和规定不多见, 设计者往往找到一个参考数值就作数, 而无法顾及不同种类、不同大小船舶船壳

压力的不同。《碰垫系统设计》有一章专述此事，可供参考。一般情况下，护舷对船壳的压力小于容许压力的条件多可满足。但要特别关注油船，尤其是液体化工船，当不能满足此条件时，应适当加大防撞板的面积。

橡胶护舷和船侧钢板间的摩擦引起码头临水面的剪力。此剪力的存在，对橡胶护舷本身的剪切，对护舷配件、靠船构件乃至码头结构都不利。营运中多发现由此造成的损坏。因此应当尽量降低此剪力。直接的方法就是在橡胶护舷前面设尼龙、环氧树脂、聚四氟乙烯板等摩擦系数小的贴面板。它们与钢板的摩擦系数比橡胶与钢板的摩擦系数（0.3~0.4）小很多。虽然价格略贵，但从总的说来却是经济的。还有，在摩擦力作用或船舶以一定角度靠岸时常引起橡胶护舷的倾斜压缩。某些品种橡胶护舷在倾斜压缩时吸能量会折减。设计中应予考虑。

选型设计中，还应考虑船舶尺度变化的范围、船壳形状、水位变化幅度以及码头靠船结构等。这些又与橡胶护舷的布置设计有关。

2 关于布置设计

橡胶护舷的布置，既应当对船舶和码头结构都防护周全，又在满足吸能量的前提下尽量减少护舷的个数。一方面是为了减少投资，另外也是考虑一些品种橡胶护舷的吸能—反力特性。例如鼓型和V型橡胶护舷都有当变形仅20%~30%、吸能量还很小的时候，反力已达最大值的特点。如果在一个地方集中地布置多个护舷，使靠船时同时接触并压缩这些护舷，则很可能这几个护舷还未能满足吸收船舶有效能量时，反力却均已发生了最大值。结构承受了数倍反力。对此，日本港口设施技术标准特别予以指明。要求在设计和布置时应注意这种反力成倍增加的情况；我国规范则规定要按“与船舶接触的橡胶护舷设施”确定对码头的撞击力。也是要求设计者注意，船舶可能接触压缩了几个橡胶护舷，便应考虑可能发生了成倍的反力。这一点对于以船舶撞击力为设计荷载的高桩码头等尤应注意。

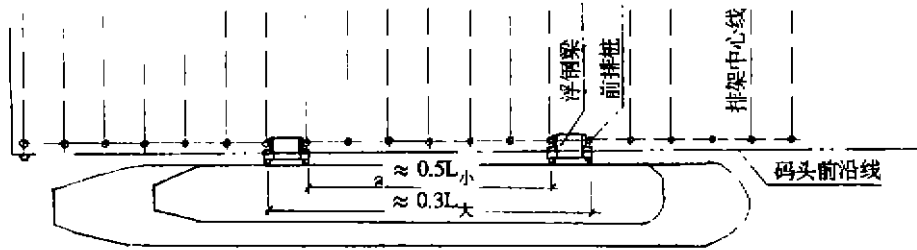
橡胶护舷的布置，主要是设计好护舷在水平方向

和垂直方向的间距和位置，保护船舷不撞擦码头构件和设施。

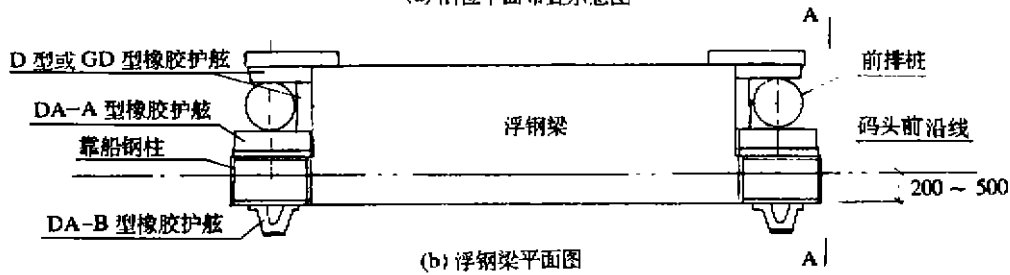
在水平方向，主要考虑靠泊船首或船尾曲舷部分接触压缩相邻两个橡胶护舷后船舷撞不到码头。对高桩梁板式码头，橡胶护舷多按排架间距布置。一般排架间距为6~10m时当无问题。但目前多将整个泊位的每一个排架上都布置橡胶护舷。尤当水位差很大的码头，每一个排架上从设计低水位起向上布置很多个橡胶护舷。这样就使投资增加很多，而且几乎无法避免船侧舷板竖向同时接触压缩多个护舷而使一个排架上反力大增的情况；有的工程曾将排架上竖向连置改为间断布置或大小护舷间隔布置，以尽量缩短接触长度，但效果并不理想，而且又产生了船舶托护舷导致易损的问题。

针对这种较难设计的大水位差高桩梁式码头的护舷布置，本文提出如附图所示设计。即在浮钢梁上布置橡胶护舷。浮钢梁的位置基本按靠船墩位置布置，使之满足泊位设计船型要求的靠船墩间距的较小值（附图a中为 $0.3L_{\text{大船}}$ ）；为兼顾较小船舶的停靠，两处浮钢梁上橡胶护舷的内距可按小船要求的靠船墩间距的较大值（附图a中为 $0.5L_{\text{小船}}$ ）。如果该泊位大小船长度相差较大，还可以将浮钢梁增设两跨或几跨。浮钢梁的前沿应凸出码头前沿线外0.2~0.5m。在竖向，浮钢梁随水位涨落，并无卡住之虞。已为多年使用实践证明。但浮钢梁干舷高度小，贴于水面，靠船时驾台上难以看见，尤当船舶空载时更甚；浮钢梁上的橡胶护舷象贴在船舶肚皮下面一样，针对这一情况，图b及c中设计在浮钢梁两端增设靠船钢柱，柱上下端均设橡胶护舷，为船舶提供较长的竖向支撑，且可将钢立柱涂上醒目的色彩以利靠船。另外，附图中b及c可以看出，靠船的DA-B型橡胶护舷和贴紧桩身的DA-A型橡胶护舷成对布置，可收到吸能量成倍增加而反力不变的效果，是一种值得采用的办法。

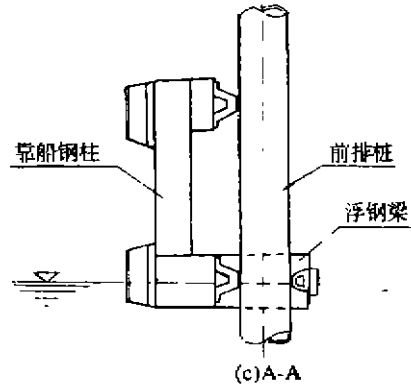
当然，设计中的技巧和需要处理的细节还很多。重要的是按本专业的基本理论和技术，结合工程的情况，综合分析，加上巧思妙想，才能设计得合理、经济。



(a) 泊位平面布置示意图



(b) 浮钢梁平面图



(c) A-A

附图 大水位差高桩梁板式码头浮式系靠船橡胶护舷布置图

