

13~20 护舷材的选定与护舷布置 ——护舷设计探讨之二

顾澄志 乙663.3

在船舶作用于码头的有效撞击能量确定后,就可结合靠泊船的型深(吃水加干舷)、码头所在地区的水位变化和码头面标高以及拟采用的护舷布置方式——竖向布置、水平布置和混合布置,进行护舷材的选定,即护舷材类型的选择和规格的决定。

护舷材的型式很多,常用的有D型、V型、M型、DA型、 π 型、鼓型等。在通常情况下,为了吸收一定的有效撞击能量,往往有几种护舷可供选用。最后选哪一种,常受护舷材价格、供货情况以及业主使用习惯的影响。也就是说,在选择护舷材型式时,有效撞击能力的大小,既不是唯一的,甚至,也不是主要的、起决定作用的因素,所以,本文在这方面不作论述。

护舷材的规格,是指护舷材的高度、长度、直径等主要参数。在护舷材的型式选定后,具体规格的决定,就主要取决于有效撞击能量的大小和参与吸能的护舷材数量。

本文目的,就是试图提供选定护舷材规格的程序和方法。

一、计算靠泊船在不同装载时的有效撞击能量

虽然,有效撞击能量的大小与船靠泊时的排水量成正比,但由于实际承受撞击的护舷材数量,随着护舷布置方式,水位变化以及船舶装载情况的不同而改变,以致,实际承受撞击

的护舷,每单位长度应具有吸能能力,并不一定和排水量的大小成正比,甚至,可能出现相反的情况。

为此,笔者建议:对于不同的码头,可分别计算下列两种状态的有效撞击能量,以为选用护舷材的依据。

港区码头——满载到港和压载到港
船厂码头——压载试航和空载

二、允许、可能和实际承受撞击范围

如上所述,护舷布置方式、水位变化以及船舶装载情况都对实际承受撞击的护舷数量有着重要影响。

本文为便于论述,仅以竖向布置的护舷作为探讨对象。至于,横向布置和混合布置的护舷,则留待今后再作进一步研究。

为了探讨实际承受撞击范围,必须从允许承受撞击范围和可能承受撞击范围入手。今分述如下:

1. 允许承受撞击范围

即码头前沿所有允许安装护舷材的所在。就竖向护舷而言,其长度方向为每樁排架,高度方向则为每樁排架的自码头面至设计低水位以下0.3~0.5米这一区域(低于0.3~0.5米安装护舷就有困难)。

2. 可能承受撞击范围

虽然,允许承受撞击范围是一比较大的区



低和船的吃水与干舷的大小而不同。兹举例说明如下：
 某地区的最高水位为3.00米，设计低水位为±0.00米，码头面标高均取5.00米。
 今在该地区拟建码头两座，分别靠泊载重35000吨散货船和载重5500吨原油渣油船。两船的主尺度列于下表。

高度方向直接承受撞击的范围，随水位高

船 型	主 尺 宽 (米)						排水量 (吨)
	总 长	两柱间长	型 宽	型 深	艏楼半径	吃 水	
载重25000吨散货船	185.00	175.00	32.00	15.40	2.00	9.5 6.2	45800 28500
载重5500吨原油渣油船	127.40	121.00	22.00	5.80	1.40	4.0 2.6	7500 4600

注：表中分子为满载状态，分母为压载到港状态。

在不同水位时，码头在高度方向实际承受上列两种船型撞击的范围，见图1。

由图中可以看出：载重35000吨散货船由于有足够的吃水和干舷，不论在何种条件下，可能承受撞击范围均与允许承受撞击范围相一致，即5.5米。但是，载重5500吨原油渣油船，则由于型深仅5.8米，扣除船部后的平直段只有4.4米，因此，在任何情况下，可能承受撞击范围均小于允许承受撞击范围，最大为设计高水位时满载靠泊（4.4米）；最小为设计低水位时满载靠泊（2.3米）。

3. 实际承受撞击范围

即船靠泊时，护舷与船体接触的范围。故显然，实际承受撞击范围与护舷布置有密切关系。

布置护舷时，首先考虑的当然是满足吸能要求；其次，则是尽可能降低护舷费用。在此前提下，通常不在允许承受撞击范围内，将护舷材全部布满。所以，实际承受撞击范围不仅小于允许承受撞击范围，也必然小于可能承受撞击范围。

实际承受撞击范围愈大，选用的护舷材规格就可愈小；反之，护舷材规格就应较大。由于实际承受撞击范围可有多种选择，故护舷材规格的选定与设置也将有多种可能。

三、护舷材的初选

其程序是：首先掌握船舶在各种状态下，对码头产生的有效撞击能量；再根据各种水位时的可能承受撞击范围，得出每单位长度护舷材必须具有的吸能能力。然后，分别以其最大值作为选用护舷材的依据，最后，从多种可供选择的护舷材组中，初步选定护舷材的规格、数量和布置。

今继续依上述两例说明如下。

1. 有效撞击能量

按《港口工程技术规范》(1987)的公式和《护舷设计探讨之一》推荐的ρ值进行计算如下：

$$E_0 = \frac{1}{2} M V_0^2 \times \rho$$

式中：E₀——船舶作用于护舷的有效撞击能量（千牛顿×米）；

M——船舶靠泊时质量（吨）。载重35000吨散货船满载到港为45800吨，压载到港为28500吨。载重5500吨原油渣油船满载到港为7500吨，压载到港为4600吨；

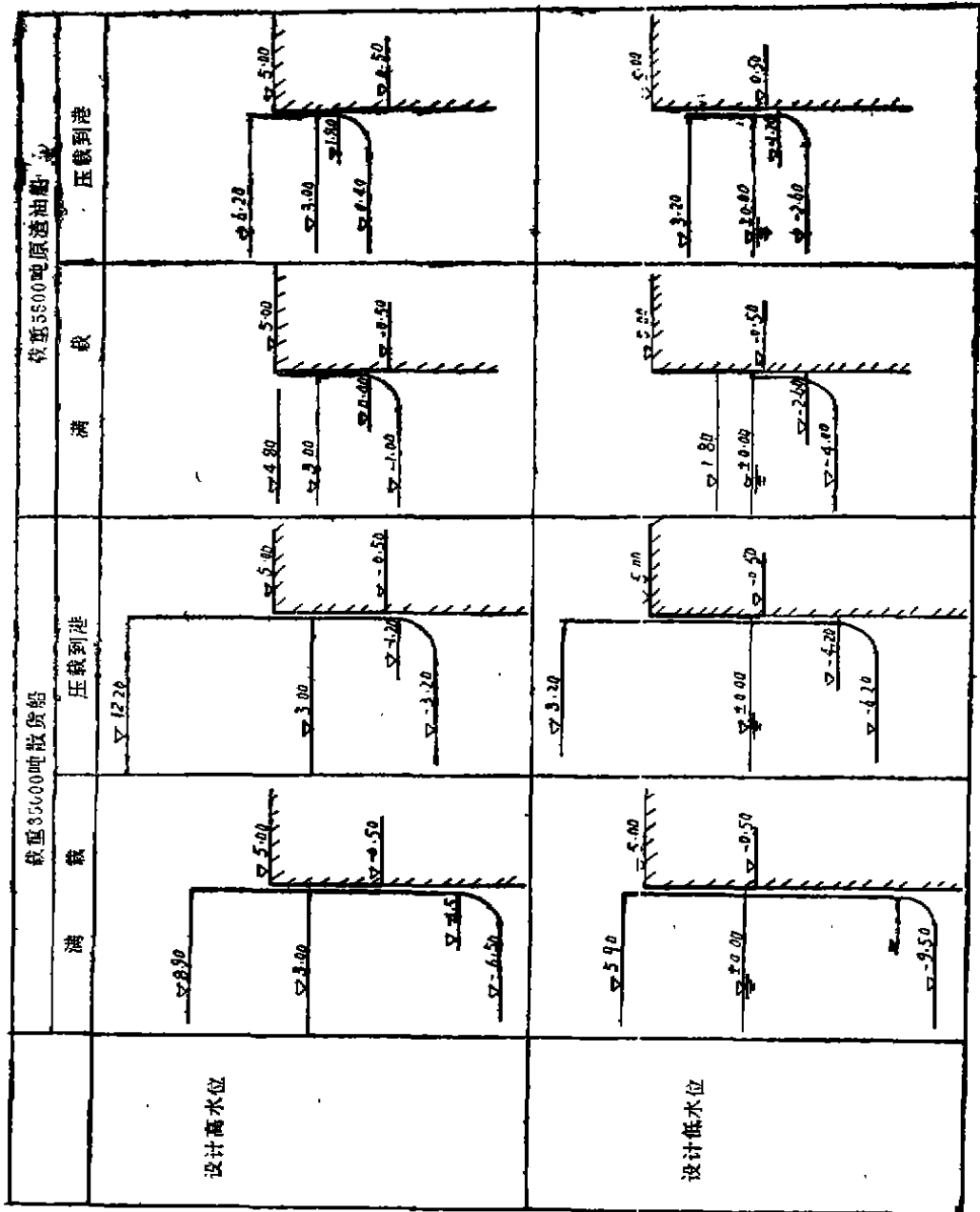


图 1



V_0 ——船舶靠泊时法向瞬间速度 (米/秒)。载重35000吨散货船取0.10米/秒,载重5500吨原油渣船取0.15米/秒;
 ρ ——有效动能系数,载重35000吨散货船满载到港取0.73,压载到港取0.75,载重5500吨原油渣船满载到港取0.77、压载到港取0.78;由此得出的结果列于下表:

单位:千牛顿×米

	满载到港	压载到港
载重35000吨散货船	167.17	106.88
载重5500吨原油渣船	64.97	40.37

2. 每单位长度护舷应具有吸能能力
 根据上表所示有效撞击能量和在各种状况下码头可能承受撞击的范围,可以得出每单位长度护舷至少应具有吸能能力。

单位:千牛顿×米/米

	载重35000吨散货船		载重5500吨原油渣船	
	满载到港	压载到港	满载到港	压载到港
设计高水位	30.39	19.43	14.77	12.62
设计低水位			28.25	10.91

3. 护舷材的初选

如前所述,护舷材的选择可以多种多样。两个极端,即:以计算所得有效撞击能量的最大值以及按可能承受撞击范围所得每单位长度护舷材应具有吸能量的最大值,来选择护舷材的规格和数量。

	载重35000吨散货船码头		载重5500吨原油渣船码头	
	按单位长度吸收全部有效撞击能量	DA-A800H×1000(185千牛顿×米/米) 一根	SA1000H×1000(25千牛顿×米/米) 一根	DA-A500H×1000(72千牛顿×米/米) 一根
按在可能在撞击范围内吸次全部有效撞击能量	SM800H×1000(181千牛顿×米/米) 一根		SM500H×1000(70千牛顿×米/米) 一根	
	DA-A400H×1000(46千牛顿×米/米) 四根		DA-A400H×1500(69千牛顿×米/米) 一根	
	SA400H×1000(41千牛顿×米/米) 三根		SA400H×2000(82千牛顿×米/米) 一根	
	SA400H×1500(41千牛顿/米×米) 一根		SM400H×1500(68千牛顿×米/米) 一根	
	SM400H×1000(45千牛顿×米/米) 四根		DH500×2000(70千牛顿×米/米) 一根	
	DH500×1000(35千牛顿×米/米) 五根			

以上任何一组护舷材,均可满足承受最大有效撞击能量的需要。选哪一组为宜。笔者建议:载重35000吨散货船码头应选DA-A400H×1000四根组,理由如下:

- (1) 与其他多个护舷材组相比,不仅重量最轻、费用最低,并且,有较大的富裕能力;
- (2) 与单个护舷材组相比,则具有更大的适应能力,能满足小船靠泊的需要。

至于,载重5500吨原油渣船码头,当以DA-A400H×1500一根组为宜。但其数量尚需按满足不同水位时的靠泊要求,通过布置,予以适当增加。

护舷材的布置见图2a、b。

但也有人认为:为了降低对码头的作用

力,应尽量选用吸能量高而数量少的护舷材组。也就是,分别选用DA-A800H×1000一根和DA-A500H×1000一根的护材组。其布置如图3a、b。

四、护舷材的选定

1. 额定吸能量的修正

由于,护舷材样本所提供的额定吸能量和反力,都是护舷材垂直受压时所具有的性能。但是,如前所述,船舶实际靠岸时往往与码头前沿相夹一靠泊角度,因此,除所谓“平行靠泊”外,船舶对护舷的撞击作用,都不是垂直作用于护舷的。所以,直接依据样本所提供

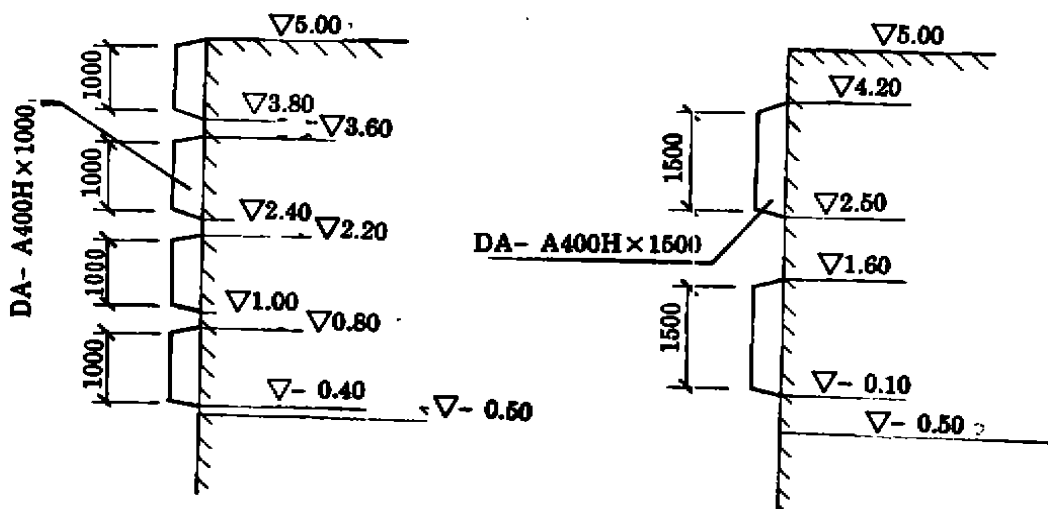


图 2

a. 载重35000吨散货船码头

b. 载重5500吨原油渣船码头

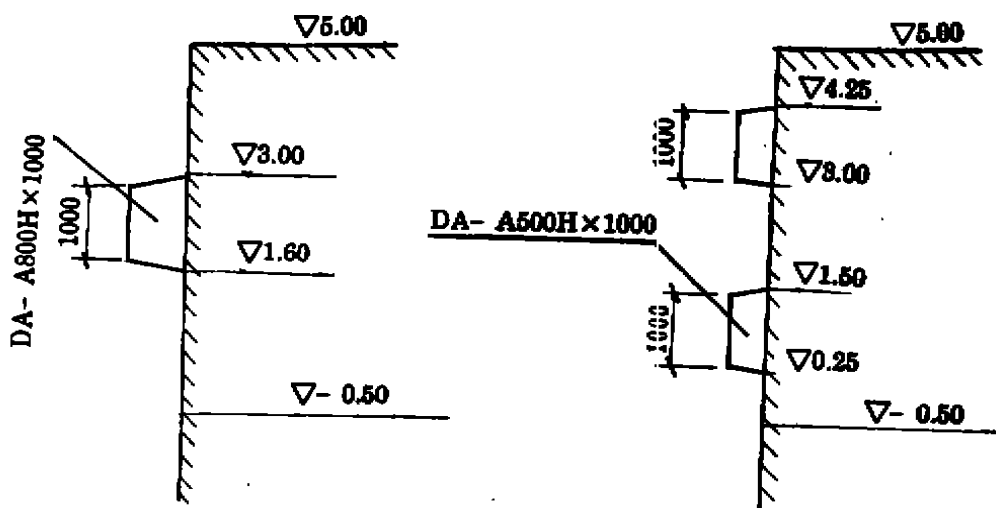


图 3

a. 载重35000吨散货船码头

b. 载重5500吨原油渣船码头

的性能来选用护舷材，显然，不符合实际。

为了对护舷材性能作出必要修正，以满足不同靠泊角度时的需要。各制造厂都进行了大量试验，并对各种护舷材在不同倾斜压缩时的吸能量和反力提出了修正系数，详见附件：倾斜压缩时护舷材吸能量和反力的修正。

修正后的吸能量计算如下：

$$E_{\alpha} = E_{\text{额}} \times \rho_{\alpha}$$

式中： E_{α} ——靠泊角度为 α 时的护舷材吸能量（千牛顿×米/米）；

$E_{\text{额}}$ ——护舷材样本上的额定吸能量（千牛顿×米/米）；

ρ_{α} ——靠泊角度为 α 时的吸能修正系数。

2. 对初选护舷材的复核和调整

今假设上述两码头的船舶靠泊角度均为 6° 。



三。复核初选时确定的护舷材规格是否满足要求。

根据附件中，沈阳普利司通有限公司提供的〈DA—A型护舷倾斜压缩性能〉，得出吸能量修正系数为85%。于是，初选时选用的护舷材吸能量应修正如下：

载重35000吨散货船码头：

选用DA—A400H×1000四根

$E_a = 46 \times 0.85 = 39.1$ 千牛顿×米/米四根的总吸能量为156.4千牛顿×米。小于船舶作用于码头的有效撞击能量，也就是不能满足要求。解决的办法是改为三根1.0米，一根1.5

米。

选用DA—A800H×1000一根

$E_a = 185 \times 0.85 = 157.25$ 千牛顿×米/米
小于要求的吸能量。解决办法改1.0米长为1.5米长。

载重5500吨原油渣船码头：

选用DA—A400H×1500一根（布置时，由于满足各种水位时的靠泊要求而设两根）

$E_a = 69 \times 0.85 = 58.65$ 千牛顿×米/米

不能满足要求。解决办法，将护舷材长度由1.5米改为2.0米。

选用DA—A500H×1000一根（由于同样

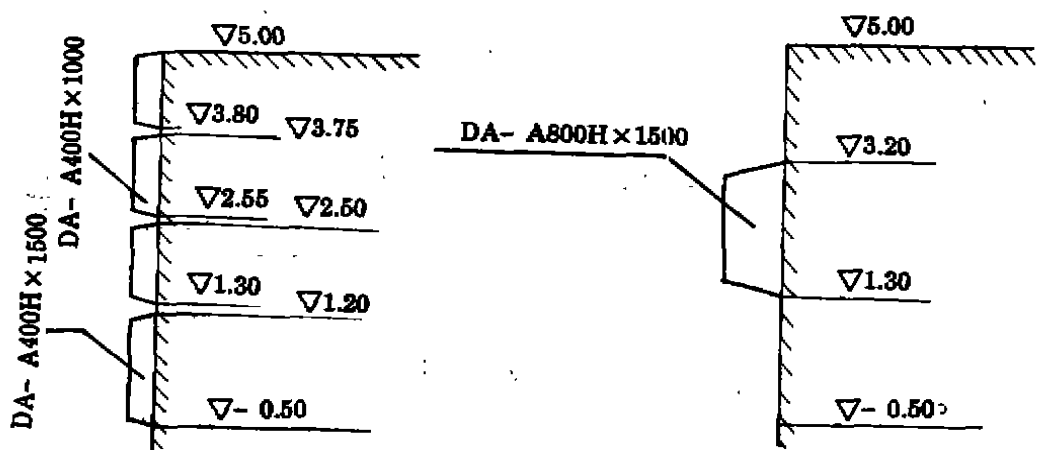


图4 载重35000吨散货船码头

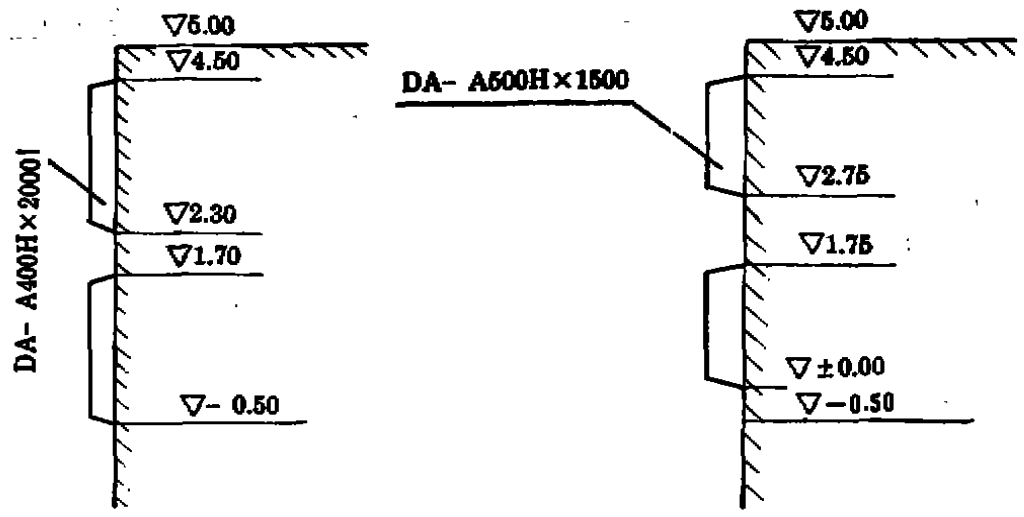


图5 载重5500吨原油船码头

理由，实际设置两根）

$$E_0 = 72 \times 0.85 = 61.2 \text{ 千牛顿} \times \text{米/米}$$

也不满足要求。解决方法是将长度由1.0米改为1.5米。

所以，上述两码头最终选定的护舷材规格、数量及其布置，应如图4、5所示。

3. 两种选材的比较

由于，在同样吸能的前提下，规格较小、

	载重3500吨散货船码头		载重5500吨原油渣船码头	
	DA-A00H×1000×3 1500×1	DA-A400H×1500×1	DA-A400H×2000×1	DA-A500H×1500×2
每排架上的护舷材重量(公斤)	924	1220	780	920
实际承受撞击的护舷材达到额定变形时作用于码头的反力(吨)	123.6	82.5	55.0	51.6
适应能力	较强，可适应载重3500吨以下的各种船靠泊。	较差，干舷小于1.5米的船在低水位时就难以靠泊		

说明：载重5500吨原油渣船码头中，护舷达到额定变形时作用于码头的反力，是按一根护舷计算的。

数量（长度）较多的护舷材作用于码头的力，通常大于规格较大、数量（长度）较少的护舷材，因此，作为一个整体来说，在最后选定护舷材的规格和数量（长度）时，必须考虑由于作用力的不同，对码头造价和施工难易等方面

所引起的差异。同时，还应考虑这一作用力是否在船体舷部允许承受的范围之内。只有在全面权衡各方面的利弊得失后作出的选择，才是合理的、最后的选择。

附件 倾斜压缩时护舷材吸能和反力修正系数

1. D型和V型护舷材(上海世界橡胶厂)

种类 护舷材 变形 (%)	D 型 护 舷				V 型 护 舷			
	修正系数							
	6°	10°	15°	20°	5°	10°	15°	20°
ER	0.667	0.400	0.333	0.267	0.667	0.553	0.553	0.553
	0.667	0.400	0.333	0.267	0.667	0.553	0.553	0.553
CR	0.775	0.553	0.412	0.268	0.725	0.621	0.518	0.414
	0.880	0.710	0.490	0.370	0.761	0.652	0.501	0.351
10	0.782	0.650	0.502	0.338	0.844	0.712	0.560	0.423
	0.900	0.757	0.664	0.442	0.919	0.760	0.600	0.480
20	0.860	0.687	0.560	0.400	0.919	0.780	0.680	0.540
	0.913	0.747	0.668	0.561	0.919	0.720	0.760	0.600
30	0.885	0.708	0.587	0.422	0.839	0.750	0.715	0.518
	0.903	0.723	0.620	0.523	0.775	0.711	0.687	0.452

注：ER——能量修正系数 CR——反力修正系数

2. DA 型护舷材 (沈阳普利司通有限公司)

DA--A型护舷倾斜压缩性能

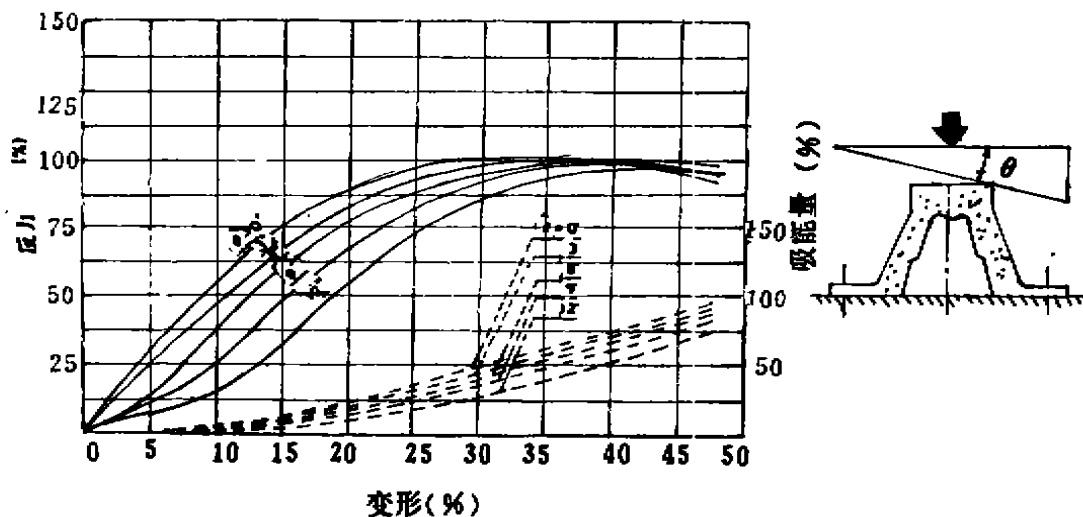


图 6

注: 上述曲线表示正52.5%变形时不同角度压缩的反力和吸能量的修正系数

DA—A型护舷倾斜压缩性能选

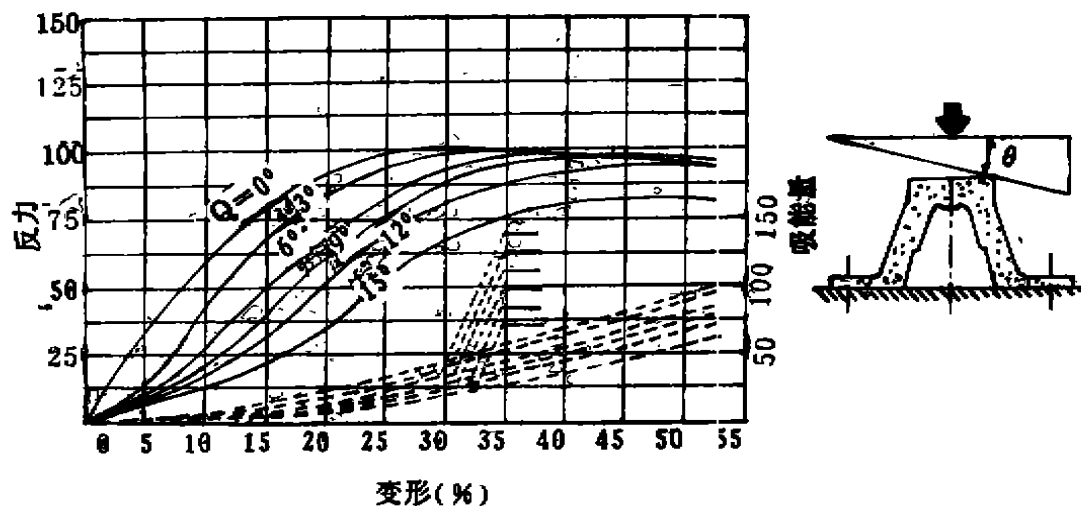


图 7

注: 上述曲线表示在47.5%变形时不同角度压缩的反力和吸能量的修正系数

3. 鞍型护舷材(日本Bridgestone 公司)

20