



中英码头船舶靠泊撞击能设计规范对比分析

李雪野，付 超

(中交水运规划设计院有限公司，北京 100007)

摘要：对比分析了中、英规范关于码头船舶靠泊撞击能设计方面的差异，并通过实例进行了验算。研究表明：中国水运行业规范对影响船舶靠泊撞击能的因素考虑不全，计算结果偏小，动能系数取值不尽合理。建议修订计算公式中系数的种类和取值。同时，为海外项目船舶靠泊撞击能设计提供理论参考。

关键词：船舶靠泊撞击能；对比分析；英国标准；中国规范

中图分类号：U 652.7 文献标志码：A 文章编号：1002-4972(2015)11-0072-03

Comparative analysis of codes for vessel berthing energy design of harbor between China and Britain

LI Xue-ye, FU Chao

(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: This paper compares and analyzes the differences of codes for vessel berthing energy design of harbor between China and Britain, and verifies the result by an engineering example. The study shows that the results calculated by Chinese codes are less than those calculated by British codes. Some influential factors of berthing energy are ignored in Chinese codes. Suggestion about amending some parameters in calculation in Chinese codes is proposed. Meanwhile, this paper may serve as reference for the vessel berthing energy design for harbors abroad.

Keywords: vessel berthing energy; comparison and analysis; British standard; Chinese code

随着我国水运行业海外业务量的增加，开拓海外水运市场的趋势愈加明显和迫切。研究中外设计规范的差异，既能为开拓海外市场提供工具，又能够为我国未来的规范修订提供参考。仅就船舶撞击能计算而言，全球港口常用的规范有英标、日标、国际航运协会相关规范等，均与我国规范存在差异。本文主要就中、英设计标准在港口船舶靠泊撞击能量计算方面存在的差异进行分析，以期对相关海外港口设计项目提供参考。

1 国内船舶靠泊撞击能计算

1.1 国内计算方法^[1]

依据 JTS 144-1—2010《港口工程荷载规范》，国内码头船舶靠泊撞击能为：

$$E=0.5\rho m v^2 \tag{1}$$

式中： E 为撞击能量(kJ)； m 为船舶排水量(t)，按与船舶计算装载度相应的排水量计算； v 为船舶碰撞护舷瞬间的速度(m/s)，应根据风、浪和水流条件，靠泊船舶排水量及拖船情况综合确定，当靠泊条件较好及有实际靠泊经验时，可按照规范中提供的数据选用； ρ 为有效动能系数，取0.7~0.8。

1.2 英标计算方法^[2]

英标体系中船舶靠泊撞击能计算主要依据 BS 6349-4 *Maritime structures*。该体系中船舶靠泊对护舷的撞击能量表达式为：

$$E=0.5C_m M (v_B)^2 C_E C_S C_C \tag{3}$$

式中： E 为撞击能量(kJ)； M 为船舶排水量(t)； v_B 为船舶正常靠泊时的靠泊速度(m/s)，根据靠泊

收稿日期：2015-04-15
作者简介：李雪野（1985—），女，硕士，工程师，从事港口航道工程设计研究。

码头是否有掩护、靠泊条件的难易, 以及船舶排水量等条件查表确定; C_s 为柔性系数, 取 0.9 ~ 1.0, 当护舷连续布置时取 0.9, 其他情况取 1.0; C_C 为泊位形状系数, 取 0.8 ~ 1.0, 开敞式高桩码头取 1.0, 实体码头取 0.8 ~ 1.0, 通常取 1.0; C_m 为船舶附加水体影响系数; C_E 为偏心系数。

其中, 船舶附加水体影响系数计算公式如下:

$$C_M = 1 + \frac{2D}{B} \tag{4}$$

式中: D 为船舶与计算装载度对应的吃水 (m); B 为船舶型宽 (m)。

船舶附加水体影响系数的取值对撞击能计算结果影响较大, 本文总结了英标、国际航运协会等文献对 C_m 的取值, 见表 1。

表 1 各标准规范中 C_m 取值	
出处	C_m 取值
英国规范 ^[2]	1.3 ~ 1.8
日本研究 ^[3]	1.7 ~ 2.0
$d = 1.5D, C_m = 1.5; d = 1.1D, C_m = 1.8$	
护舷设计指南 ^[4] (可线性内插) 其中 d 为码头前沿水深 (m); D 为船舶与计算装载度对应的吃水 (m)	

偏心系数计算公式如下:

$$C_E = \frac{K^2 + R^2 \cos^2 \gamma}{K^2 + R^2} \tag{5}$$
$$K = (0.19C_b + 0.11)L \tag{6}$$

式中: C_b 为方形系数, 可以按照船型查表确定; L 为船舶垂线间长度 (m); R 为船舶质心至靠泊点的距离 (m); γ 为靠泊方向与 R 之间的锐角夹角 (°)。

以上计算对于正常操船过程是有效的, 但是实际靠泊过程中, 很有可能发生非正常靠泊情况, 例如船舶 (或拖船) 的发动机发生故障、锚缆或拖缆断裂、风或水流条件突然改变、人为因素等。考虑到实际操船靠泊过程中有非正常操作的可能性, 通过上述公式计算出的靠泊能量, 需乘以安全系数方能成为设计依据, 大船的安全系数建议取 1.5, 小船的安全系数建议取 2.0, 即

$$E_D = (1.5 \sim 2.0)E \tag{7}$$

式中: E_D 为考虑安全系数的设计撞击能。

2 实例

2.1 设计条件

国外某集装箱港口采用重力式码头结构, 码头顶高程 3.0 m, 设计港池底高程 -16.5 m, 最高天文潮 0.55 m, 最低天文潮 -0.38 m, 结构断面见图 1。工程所在地流速 0.36 m/s, 波浪周期 6.0 s, 有防波堤掩护。设计船型参数见表 1。

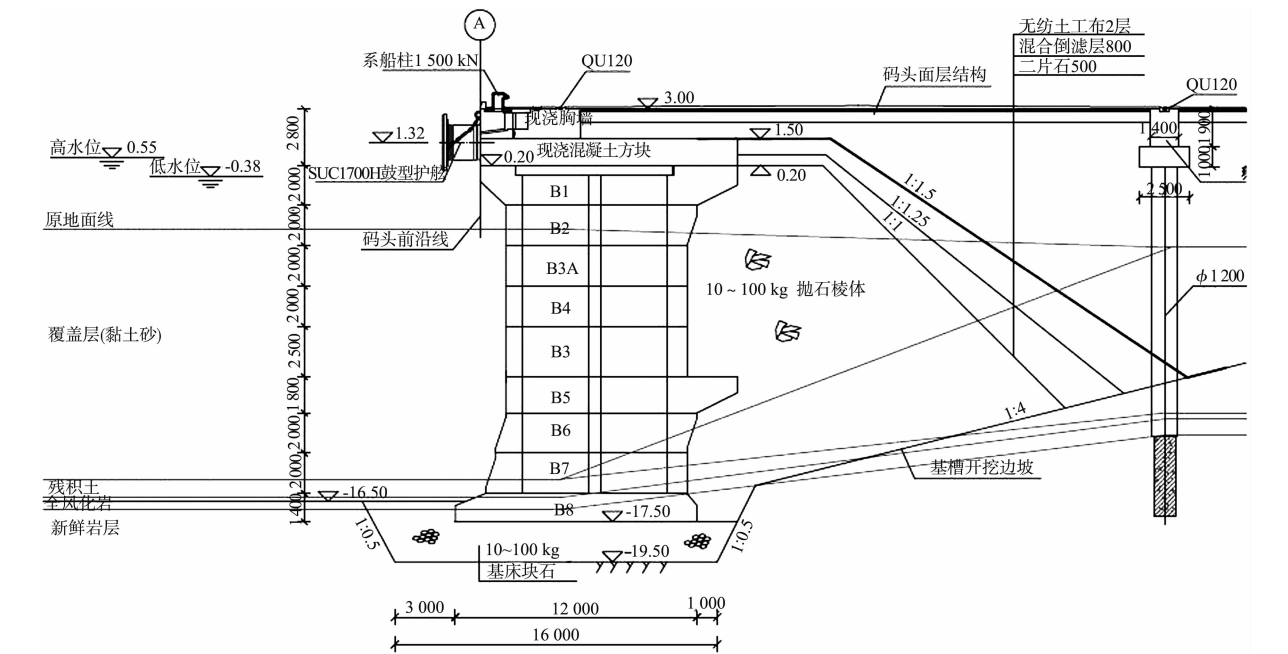


图 1 码头断面 (尺寸: mm, 高程: m)

表 2 设计船型资料

集装箱船/ 万 DWT	设计船型主尺度/m			
	总长 L	型宽 B	型深 H	满载吃水 T
10	346	45.6	24.8	14.5
7	300	40.3	24.3	14.0
5	293	32.3	21.8	13.0
1	141	22.6	11.3	8.3

2.2 计算结果

采用国内规范 JTS 144-1—2010《港口工程荷载规范》和英标 BS 6349-4 *Maritime structures* 计算的结果见表 3。

表 3 船舶撞击能量计算结果

标准	设计船型/ 万 DWT	ρ (国标)或 f (英标)*	撞击能 E/kJ	设计撞击能** E_D/kJ
国标	10	0.70	539	539
	7	0.75	616	616
	5	0.80	504	504
	1	0.80	198	198
英标	10	0.88	547	820
	7	0.96	627	941
	5	0.97	613	920
	1	1.08	372	744

注：* $f = C_m C_E C_S C_C$ ；** 英标计算设计撞击能 E_D 采用的安全系数依照船型从大至小分别为 1.5、1.5、1.5、2.0。

1) 国内规范撞击能标准值计算结果略小于英标计算结果，船舶越大两种规范的计算结果越相近，船舶越小两种规范的计算结果相差越明显，动能系数 ρ 取值小于英标中计算出的结果 ($f = C_m C_E C_S$)。

2) 英标考虑了非正常靠泊状况下的安全系数，因此其撞击能设计值明显大于国内规范计算结果。

3 中英船舶靠泊撞击能对比

水运工程设计中确定船舶撞击能量主要有 4 种方法：动力学方法、统计学方法、物理模型试验方法、数学模型方法^[5]。中、英规范均采用动力学方法确定船舶撞击能量。

动力学方法的基本公式是 $E = 0.5 mv^2$ ，而传递到码头结构即护舷上的有效撞击能，需要考虑更多的因素^[2]。如果船舶的船身能够完全平行于码头岸线，即靠泊速度完全垂直码头岸线，那么

撞击能通过基本公式即可求得^[6]。但是实际上，船舶靠泊时船身与岸线之间的夹角通常在 $0^\circ \sim 10^\circ$ ，有些小船甚至会以更大的角度靠船，这样的“偏心靠泊”会对撞击能在船岸之间的传递产生影响，因此偏心靠船时应该考虑偏心的影响，即公式中应考虑偏心系数；船体运动的过程中可能会带动部分海水一同运动，也会对撞击能产生影响，因此撞击能公式中应考虑船舶附加水体影响系数；另外，动能量的传递与码头结构形式也有关联，尤其是结构的柔性（例如护舷的布置形式：连续布置和间断布置）和结构的形状（例如透空式或实体式），其对海水运动的影响不同。

英标 BS 6349-4 较为全面地考虑了影响船舶靠泊撞击能的多种因素，即 $E = 0.5 f m v^2$ ， $f = C_m C_E C_S C_C$ ；而我国规范 JTS 144-1—2010《港口工程荷载规范》中，船舶靠泊撞击能的影响因素只用了有效动能系数 ρ 来概括。对比可见，英标规范 BS 6349-4 考虑的因素更为全面，能够更好体现实际影响。计算结果表明，国内规范中有效动能系数 ρ 取 $0.7 \sim 0.8$ ，相较于英标中的系数 ($f = C_m C_E C_S C_C$) 取值较小。

英标 BS 6349-4 在设计中考虑了安全系数，即考虑了种种突发状况条件下靠船的可能性，我国规范在此方面没有明确规定，因此，在一定程度上也导致了计算结果的差异。

4 结语

1) 相较于英标 BS 6349-4 *Maritime structures*，我国规范 JTS 144-1—2010《港口工程荷载规范》计算的船舶有效撞击能结果偏小。中英标准的差异会影响护舷选型，并有可能对码头结构产生影响。因此，在进行海外项目设计时，应与相关方充分沟通，了解业主需求，严格执行合同要求的规范标准。

2) 在进行有效动能计算的过程中，用有效动能系数 ρ 概括所有的影响因素比较笼统，物理意义不十分明确。而且相较于英标，有效动能系数的取值偏小，建议细化有效动能影响因素。