



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 702—2005

船舶液货计量舱容量

Ship's Liquid Cargo Tank Capacity

2005 - 09 - 05 发布

2006 - 03 - 05 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

船舶液货计量舱容量检定规程

**Verification Regulation of
Ship's Liquid Cargo Tank Capacity**

JJG 702—2005
代替 JJG 702—1990

本规程经国家质量监督检验检疫总局于 2005 年 9 月 5 日批准，并自 2006 年 3 月 5 日起实施。

归口单位： 全国流量容量计量技术委员会

起草单位： 广州船舶舱容检定站

中国计量科学研究院

国家船舶舱大容积计量站

广东省计量测试学会

本规程委托全国流量容量计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

林石芹 （广州船舶舱容检定站）
刘子勇 （中国计量科学研究院）
张跃华 （国家船舶舱大容积计量站）

参加起草人：

梁乐才 （广州船舶舱容检定站）
陈奕钦 （广东省计量测试学会）
叶恒琨 （广州船舶舱容检定站）
钟桂明 （广州船舶舱容检定站）
陆永刚 （国家船舶舱大容积计量站）
孙庆文 （国家船舶舱大容积计量站）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语	(1)
4 概述	(3)
5 计量性能要求	(3)
5.1 检定结果的扩展不确定度	(3)
5.2 可测高度	(3)
6 通用技术要求	(3)
6.1 安全技术要求	(3)
6.2 计量口技术要求	(3)
6.3 液货舱技术要求	(3)
6.4 液货舱图纸资料	(4)
7 计量器具控制	(4)
7.1 检定条件	(4)
7.2 检定项目	(5)
7.3 容量检定方法	(5)
7.4 检定结果处理	(16)
7.5 检定周期	(16)
附录 A 计量管安装方法	(17)
附录 B 经纬仪和全站仪测量原理	(18)
附录 C 检定记录表参考格式一	(20)
附录 D 检定记录表参考格式二	(24)
附录 E 检定证书内页参考格式	(27)
附录 F 船舶液货计量舱容量表参考格式一	(32)
附录 G 船舶液货计量舱容量表参考格式二	(33)

船舶液货计量舱容量检定规程

本规程参照采用国际法制计量组织（OIML）第 95 号国际建议（R95）《船舶舱——通用要求》。

1 范围

本规程适用于新建、改建和使用中的船舶液货计量舱容量的首次检定和后续检定。

2 引用文献

OIML R95 《Ship's tanks——General requirements》国际建议 R95 《船舶舱——通用要求》；

使用本规程时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 术语

3.1 液货计量舱

船舶用来装运液体货物的船舱。本规程中出现的“液货舱”、“计量舱”、“船舱”、“舱”等均为同一含义。

3.2 小型舱

单舱总容量小于或等于 300m^3 的液货舱。

3.3 大型舱

单舱总容量大于 300m^3 的液货舱。

3.4 垂直测量轴

手动或自动测量时所穿过的一条垂直线。如有计量管，它贯穿于计量管中心线。

3.5 计量口

为对舱内液面高度进行测量，设在船甲板面上的一个开口。

3.6 上部基准点

垂直测量轴与计量口上平面的交点，通常作为测量空高时的基准点。

3.7 下部基准点

垂直测量轴与计量舱舱底水平垫板上平面或舱底板面的交点，通常作为测量实高时的基准点。

3.8 计量基准高度

上部基准点与下部基准点之间的垂直距离，以 H 表示。

3.9 规则舱

几何形状规则的液货计量舱。

3.10 部分规则舱

下部不规则，中上部规则的液货计量舱。

3.11 不规则舱

除规则舱及部分规则舱外的液货计量舱。

3.12 计量舱高

下部基准点至主甲板下缘平面的垂直距离，以 H_0 表示。

3.13 正浮状态

船舶艏艉、左右舷吃水深度相等。

3.14 垂线间长

艏艉垂线间的水平距离，以 L_{BP} 表示。

3.15 型宽

船体两侧型表面（不包括船体外板厚度）之间垂直于中线面的最大水平距离，一般指横舢剖面处，以 B 表示。

3.16 型深

在甲板边线最低点处，自龙骨板上表面至上甲板边线的垂直距离，一般指横舢剖面处，以 D 表示。

3.17 凸形甲板

不伸到船舷两边具有凸形形状的甲板结构形式。

3.18 甲板拱高

甲板的横向拱度，其值以各肋骨号处甲板中线与甲板边线距基平面（龙骨基线）高度差表示，一般指横舢剖面处的拱高，以 H_f 表示。

3.19 纵中剖面（中线面）

通过船宽中央的纵向垂直剖面。

3.20 横舢剖面（中站面）

通过垂线间长中点的横向垂直剖面。

3.21 基平面

通过船长中点龙骨板上缘或船体型表面最低点，且平行于设计水准面的平面，它与纵中剖面、横舢剖面垂直。

3.22 总容量

船舱在正常的工作条件下，在标准温度（20℃）时，直到溢出为止所能容纳的液体最大体积。

3.23 标称容量

船舶在正常的工作条件下，在标准温度（20℃）时，舱内液面高度等于计量舱高时所对应的液体体积。

3.24 死量

船舶在正浮状态下，在标准温度（20℃）时，计量管下部基准点水平面以下的液体体积。

3.25 液面高度（实高）

下部基准点至自由液面的垂直距离。

3.26 空档高度（空高）

上部基准点至自由液面的垂直距离。

3.27 高差值

容量比较法检定时,第 $N+1$ 次注水后舱内液面高度减去第 N 次注水后舱内液面高度。

3.28 容量比较法

容量比较法是以水为介质,通过标准金属量器来直接传递容量值。

3.29 几何测量法

几何测量法是用钢卷尺或经纬仪等仪器对液货舱的几何尺寸进行测量。测量数据经专用计算机软件处理,给出液货舱在不同纵倾状态下不同液面的舱容量值。

3.30 混合测量法

在一个舱内同时采用容量比较法和几何测量法进行检定的方法,称为混合测量法。

4 概述

4.1 船舶液货计量舱是由船体、纵横水密舱壁组成的容器。按其几何形状可分为规则舱、部分规则舱和不规则舱;按总容量可分为小型舱和大型舱。

4.2 检定原理有容量比较和几何测量两种。

4.3 经检定合格后的船舶液货计量舱可作为计量器具用于贸易结算、收发交接。

5 计量性能要求

5.1 检定结果的扩展不确定度

5.1.1 小型舱检定结果的扩展不确定度不大于 0.3% , $p=0.95$;

5.1.2 大型规则舱检定结果的扩展不确定度不大于 0.2% , $p=0.95$;

5.1.3 大型不规则舱检定结果的扩展不确定度不大于 0.4% , $p=0.95$;

5.2 可测高度

为了保证扩展不确定度满足 5.1 的要求,液货计量舱内液体的最小可测高度应大于 500mm。

6 通用技术要求

6.1 安全技术要求

受检船舶建造应符合国家船舶检验局(或船级社)有关规范的要求,并持有本船航运证书。

6.2 计量口技术要求

6.2.1 载重量小于 3000 吨的受检船舶必须安装计量管。安装方法详见附录 A。

6.2.2 计量管位置应尽可能接近通过液货舱各水平剖面的型心,或装在液货舱的后半部且靠近中线面处。对不规则小型舱则计量管位置必须安装在接近通过液货舱各水平剖面的型心处。

6.2.3 计量口要有明确的标记或标识。

6.3 液货舱技术要求

6.3.1 分隔液货舱的舱壁及过舱管系不应泄漏和渗透。

6.3.2 若液货舱内设置非油（水）密舱壁或制荡舱壁，则该舱壁上的开孔位置和孔的面积应能使舱壁两侧液体高度保持一致。

6.4 液货舱图纸资料

申请检定必须提供以下能反映船舶实际建造或改建情况的图纸及资料，包括：

- 反映实船型线的图样（型线图、型值表）；
- 反映实船液货舱布置情况的图样（总布置图）；
- 反映实船液货舱结构的图样（基本结构图、分段结构图、舱壁结构图等）；
- 反映实船液货舱管系的图样（液货舱管系分布图）；
- 反映实船液货舱加热系统的图样（液货舱加热管系布置图）；
- 反映实船液货舱液位测量装置位置的图样。

7 计量器具控制

计量器具控制包括：首次检定和后续检定。

7.1 检定条件

7.1.1 检定现场的风浪、温度、湿度等不应影响测量结果的准确度。

7.1.2 船舱内的残油和其他沉积物要清除干净，并经安全部门检测，符合相关安全作业要求，保证舱内有充足的氧气，确保检定人员的安全。

7.1.3 检定过程应停止船上影响容量检定的其他工作。

7.1.4 检定过程船舶应尽可能处于正浮状态。

7.1.5 采用容量比较法检定时标准量器应放置于水平、安全的地方。

7.1.6 采用容量比较法检定时注入舱内的水应为干净的淡水。

7.1.7 检定使用的仪器设备必须得到有效控制，所需设备见表 1。

表 1 检定设备表

	设备名称	测量范围	技术要求
主要设备	标准量器	200L、500L、1000L 或 2000L（基本等量的不锈钢标准量器二个）	0.05%
	钢卷尺	5m、10m、20m、30m	I 级
	测深钢卷尺	5m、10m、20m、30m	I 级
	电子经纬仪或全站仪	(1.7 ~ 50) m	2" ($2 + 2 \times 10^{-6} L$) mm
	激光测距仪	(1.7 ~ 50) m	± 1.5 mm
	钢直尺	300mm、1000mm	± 0.2 mm
	游标卡尺	(0 ~ 300) mm	± 0.02 mm
	深度卡尺	(0 ~ 200) mm	± 0.02 mm
	测厚仪	(1.5 ~ 50) mm	± 0.1 mm
	温度计	(0 ~ 50) °C	最小分度值为 0.2 °C

表 1 (续)

	设备名称	测量范围	技术要求
配套设备	水准仪	(1.7 ~ 50) m	$\pm 3''$
	试水膏		一秒内显示分界面
	管型测力计	(0 ~ 100) N	最小分度值为 2N

7.2 检定项目

首次检定和后续检定的项目相同, 应按照本条要求进行。

7.2.1 外观检查

检查液货舱, 外观应符合 6.1 ~ 6.3 的技术要求。同时目测确定液货舱是小型舱、大型舱、规则舱或不规则舱。

7.2.2 容量检定项目见表 2。

表 2 容量检定项目一览表

序号	项 目	几何测量法	容量比较法	混合测量法
1	计量基准坐标测量	+	+	+
2	舱宽测量	+	-	+
3	舱长测量	+	-	+
4	舱高测量	+	-	+
5	凸型甲板测量	+	-	+
6	甲板拱高测量	+	+	+
7	舱内构件测量	+	-	+
8	舱内附件测量	+	+	+
9	部分容量测量	-	+	+
10	测量数据处理	+	+	+
注: 表中“+”表示需检项目,“-”表示不需检项目。				

7.3 容量检定方法

a) 小型舱检定方法

规则舱, 一般采用容量比较法检定, 50m^3 以上可用几何测量法检定。

部分规则舱, 其下部不规则部分采用容量比较法检定; 其上部规则的部分可采用容量比较法或几何测量法检定。

不规则舱, 采用容量比较法检定。

b) 大型舱检定方法

大型舱, 一般采用几何测量法或混合测量法检定。

7.3.1 几何测量法

测量前准备工作及注意事项：

- a) 测量前应清除钢板表面上所有影响测量结果的杂物，如铁锈、油污等。
- b) 选取船体坐标系，如图 1 所示。

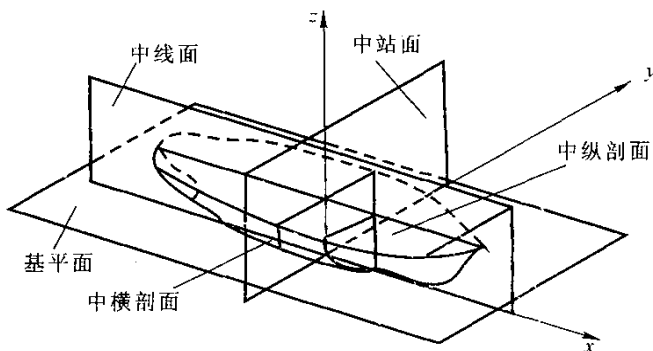


图 1 船体坐标系示意图

- c) 在被测舱上设定基点及各有关的测量位置。

d) 各个检定项目的测量点（层）应均匀分布。每个尺寸必须重复测量两次，两次测量值之差应不大于 1mm，并取其平均值。对于型线变化较大及变形严重的部位，应增密测量点数，使之能反映变化（变形）的实际情况。每次测量值均应按仪器的检定证书进行修正。

e) 如使用钢卷尺测量，应使钢卷尺与钢板的温度达到动态热平衡；测量时，钢卷尺施加与其检定时相同的拉力。如用钢卷尺进行无依托测量时，根据力平衡原理，可按公式（1）修正示值。

$$\Delta L_1 = -\frac{L_v^3}{24} \times \frac{R^2}{p^2} \times 9.806^2 \times 10^3 \quad (1)$$

式中： ΔL_1 ——钢卷尺无依托测量时的示值修正值，mm；

L_v ——钢卷尺测得的示值，m；

R ——钢卷尺单位长度的重量，kg/m；

p ——拉力，N。

经修正后的最终实际量值 L_p 应为

$$L_p = L_v + \Delta L_1 + \Delta L_2 \quad (2)$$

式中： ΔL_2 ——钢卷尺检定证书给出的修正值，mm。

f) 如用经纬仪测量（测量原理见附录 B），由于是以测量角度为主，因此受温度、气压的影响可忽略，但钢卷尺的温度影响必须考虑。首先应根据当时现场温度对钢卷尺进行修正，随后将测量数据按钢线膨胀系数修正至 20℃ 时的值。

g) 如用全站仪（包括各类红外、激光类测距设备）测量（测量原理见附录 B），应根据不同的气象条件对测量结果进行修正。并根据被测物的线膨胀系数换算至 20℃ 时的值。

7.3.1.1 计量基准点位置及相关尺寸的测量

a) 计量基准点位置及相关尺寸的测量按图 2 进行。

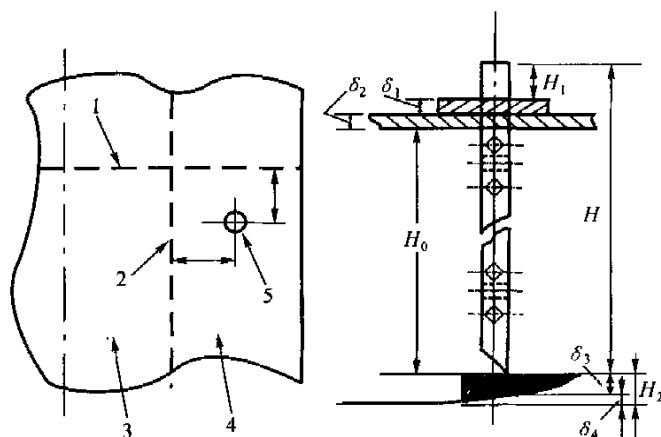


图 2 计量基准点位置及相关尺寸示意图

1—横舱壁；2—纵舱壁；3—中舱；4—边舱；5—计量管

b) 下部基准点距舱底平面高度 H_2 的测量

H_2 由垂直测量轴舱底水平垫块厚度 δ_3 和垂直测量轴与舱底板面交点距基平面的高度 δ_4 组成。

$$H_2 = \delta_3 + \delta_4 \quad (3)$$

①在舱内用深度卡尺测量 δ_3 ，均布测量四个方向取平均值。

②若垂直测量轴与舱底板面的交点处距基线高度为 0mm，即 δ_4 等于 0mm，则 δ_3 与 H_2 相等。

若垂直测量轴与舱底板面的交点处距基线高度不为 0mm，则以船舶基平面为基准，激光经纬仪（或水准仪）上的读数 d_1 、 d_2 相应于从基平面到水准仪的照准平面间的垂直距离。

$$\delta_4 = d_1 - d_2 \quad (4)$$

③在舱内用钢卷尺测量计量管中心线与邻近横舱壁间的垂直距离 L_1 和邻近纵舱壁间的垂直距离 L_2 。

c) 上部基准点位置测量

①用钢直尺测量上部基准点至计量口处甲板上覆板上缘的高度 H_1 ，均布测量四个方向取平均值。

②用深度卡尺测量甲板上覆板厚度 δ_1 ，均布测量四个方向取平均值。

③用超声波测厚仪测量计量口处的甲板厚度 δ_2 。

d) 用测深钢卷尺沿垂直测量轴测量上、下部基准点之间的基准高度 H 的值。

e) 计量舱高 H_0 用下式计算：

$$H_0 = H - H_1 - \delta_1 - \delta_2 \quad (5)$$

f) 用游标卡尺或钢直尺测量计量管的内径、孔径、孔距或条形孔的孔宽。

7.3.1.2 舱宽测量

a) 规则舱舱宽测量

①舱底部宽度沿内底板上缘或接近舱底的水平面测量，测量点应包含纵壁纵向拐点（槽形纵壁除外）且每舱测量点数不少于四个。

②在舱内不同高度的水平剖面上测量舱的宽度，水平剖面应包含横向垂直剖面拐点且舱水平剖面的测量层数不少于三层，每层水平剖面的测量点应包含该层水平面纵壁拐点（槽形纵壁除外），且每层测量点数不少于四个。

③舱顶部宽度的测量应尽可能在舱内进行，若在甲板上测量，则应将测得的甲板弧长，根据所测位置的拱高进行修正，算出舱顶部的实际宽度。每舱测量点应包含纵壁纵向拐点（槽形纵壁除外），且每舱测量点不少于四个。

b) 不规则舱舱宽测量

①舱底部宽度分三层测量。第一层为舱底宽度测量。如实肋板高度不小于 400mm，则第二层测量高度为二分之一实肋板高度，第三层测量高度为实肋板高度；否则第二层测量高度为实肋板高度，第三层测量高度为二倍实肋板高度。每层测量点数为舱内实肋板的档数，且不少于五个。

②在舱内不同高度的水平剖面上测量舱的宽度。每舱水平剖面的测量层数不少于五层，每层水平剖面上的测量点数为舱内实肋板的档数，且不少于五个。

③舱内不同高度的水平剖面应尽可能均匀分布，在一舷侧曲率变化大处，可适当增加水平剖面的层数。

④舱顶部宽度的测量应尽可能在舱内进行。若在甲板上测量，则应将测得的甲板弧长，根据所测位置的拱高进行修正，算出舱顶部的实际宽度。每舱测量点数为舱内实肋板的档数，且不少于五个。

⑤若舱顶部舷侧为圆形形状，则需测量此圆弧半径。

c) 若纵舱壁为槽形舱壁时，所测得的宽度值应按实际情况进行修正。

d) 舱内不同高度测量点纵向位置应尽可能在同一横向垂直平面内。

7.3.1.3 舱长测量

a) 舱底部长度沿舱底内板上缘或与中内龙骨平行的舱底纵骨或旁内龙骨边缘的水平面测量，每舱的测量点数不少于三个。

b) 在舱内不同高度的水平剖面上测量舱的长度。每舱水平剖面的测量层数不少于三层；每层水平剖面上的测量点数不少于三个。

c) 舱顶部长度的测量，应尽可能在舱内进行，若在甲板上测量，则应将测得的甲板弧长，根据所测位置的脊弧进行修正，得到舱顶部的实际长度。

d) 若横舱壁为槽形舱壁时，所测得的长度值应按实际情况进行修正。

7.3.1.4 舱高测量

舱的高度沿垂直于基本面的直线测量，测量点位置为每舱顶部宽度测量点处。

7.3.1.5 凸形甲板测量

凸形甲板测量的纵向位置为舱高测量位置。在每个纵向位置的凸形甲板线与横剖面交线上测出凸形甲板的宽度与高度。若凸形甲板水平剖面有拐点，则应增加该拐点处凸

形甲板的高度和宽度的测量。

7.3.1.6 甲板拱高测量

甲板拱高的测量可在舱内进行,也可在舱顶甲板上测量,测量点的纵向位置为舱高测量位置。每个纵向位置的甲板线与横剖面交线上至少测三个点。

7.3.1.7 舱内构件的测量

测量舱内肋骨、肋板、纵桁、纵骨、垂直桁、扶强材、横梁等构件的主要尺寸及位置。

7.3.1.8 舱内附件的测量

测量舱内加热管系、输液管系、阀件等主要尺寸及位置。

7.3.1.9 测量数据处理

a) 舱的剖面面积计算

① 由直线圆弧组成的剖面

在不同的液面高度下,由矩形和扇形所组成的面积相加而成。

② 对于一般型线的剖面

采用分段二次曲线拟合型线的方法,即 $y = f(z)$ (见图 3),其面积计算公式为

$$A_i = \int_0^{z_i} y dz \quad (6)$$

式中: A_i —— z_i 液面高度下的面积。

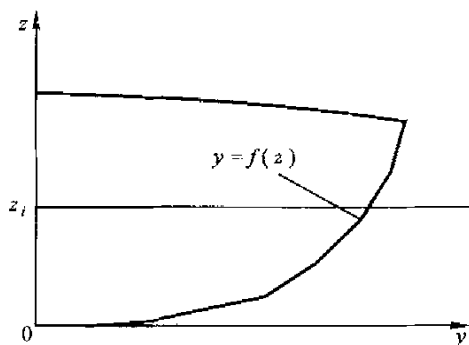


图 3 液货舱的横剖示意图

当船舶纵倾时 (图 4), x_3 剖面处液面高度 z_3 的计算:

$$z_3 = z_4 - (x_3 - x_4) (T_A - T_F) / L_{BP} \quad (7)$$

式中: z_4 ——计量管处的液面竖坐标值;

x_3 ——剖面所在位置的纵坐标值;

x_4 ——计量管所在位置的纵坐标值;

T_A ——船艏吃水;

T_F ——船艉吃水。

③ 梁拱部分面积 (见图 5)

抛物线拱高面积按式 (8) 计算:

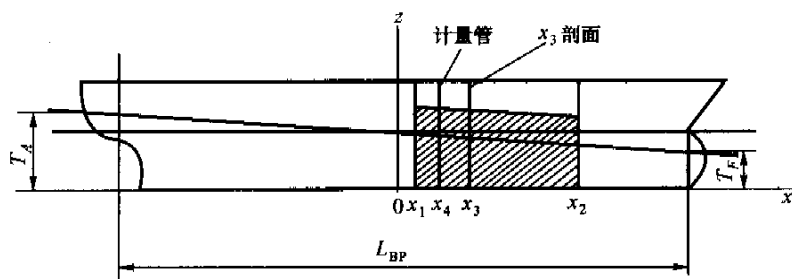


图4 液货舱的纵剖示意图

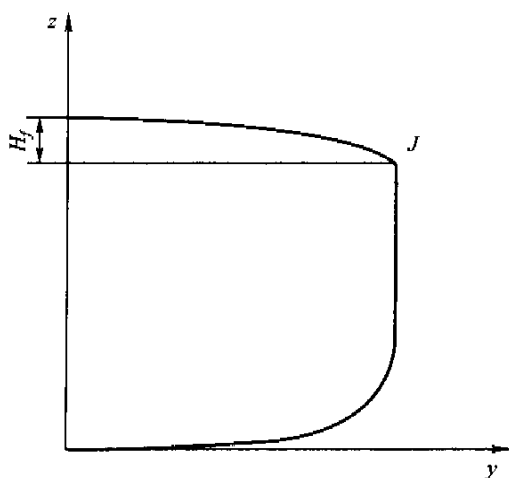


图5 梁拱示意图

$$A_f = \frac{2}{3} \times H_f y(J) \quad (8)$$

式中： A_f ——梁拱与过甲板边线交点的水平线之间所包围的面积；

H_f ——拱高；

$y(J)$ —— J 点处 y 坐标值。

其他形式的拱高面积可用相应实际几何图形计算公式求得。若有凸形甲板需加在凸形甲板部分面积。

b) z_i 液面高度下舱容量计量

$$V_i = \int_{x_1}^{x_2} A_i dx \quad (9)$$

式中： V_i —— z_i 液面高度下的舱容量；

x_1 ——舱后壁所在位置的纵坐标值；

x_2 ——舱前壁所在位置的纵坐标值。

c) 满舱时容量计算

$$V = \int_{x_1}^{x_2} (A_j + A_f) dx \quad (10)$$

式中：V——满舱时容量；

A_j ——甲板边线高度下的面积。

d) z_i 液面高度下舱净容量计算

$$V_{0i} = V_i - V'_i \quad (11)$$

式中： V_{0i} —— z_i 液面高度下舱的净容量；

V'_i —— z_i 液面高度下的扣除物（如构件、附件）体积。

满舱时净容量计算：

$$V_0 = V - V' \quad (12)$$

式中： V_0 ——满舱时净容量；

V' ——满舱时扣除物体积。

7.3.2 容量比较法

注意事项：

a) 开、关标准量器阀门时，应随时观察标准量器进、出水系统工作是否正常。

b) 注水过程要保证舱内舱壁、阀门水密，如发现穿漏时，应停止注水，待修好后重新检定。

c) 一个舱的注水工作要求连续进行，不可中断。

d) 为保持船舶随时处于正浮状态，左右两舱应同时注水。

e) 任何情况下，全船舱内注水总量不能超过该船总载重量（即不可超载）。

7.3.2.1 舱体部分参数测量

a) 计量舱高 H_0 的测量。测量结果记入记录表四（见附录 C）。

①用测深钢卷尺测量计量口基准高度 H 值。

②用钢直尺测量上部基准点至甲板计量口覆板面的高度 H_1 ，均布测量四个方向的值，取其平均值。

③用测深卡尺测量计量口处主甲板上覆板的厚度 δ_1 ，均布测量四个方向的值，取其平均值。

④用测厚仪测量计量口处甲板的厚度 δ_2 。

⑤计量舱高 H_0 用下式计算：

$$H_0 = H - H_1 - \delta_1 - \delta_2 \quad (13)$$

b) 测量主甲板下液货油管的尺寸，并将测量结果记入记录表四。

c) 用水准仪在主甲板面上测量甲板拱高，对于型宽小于或等于 10m 的小船也可用拉直线方法测量甲板拱高，并将测量结果记入记录表四。

7.3.2.2 容量测量

a) 将标准量器放稳并调水平后，用水将标准量器及出口管线润湿，在滴流状态下等待约 2min 后，关闭标准量器出口阀。

b) 将水注入标准量器中，并测量标准量器内水温 t_1 。

c) 打开标准量器的出口阀, 将水注入舱内, 在滴流状态下等待约 2min 后, 关闭标准量器出口阀。

d) 在标准量器内的水完全注入舱内 (1~3) min 后, 待舱内液面较稳定时测量舱内相对应的液面高度, 连续测量二次, 读数相差不得超过 2mm, 取平均值。否则应继续测量, 直至二个以上读数相差不得超过 2mm 时为止, 取平均值。把测量数据记录在记录表三 (见附录 C) 内, 并测量被检船舱内平均水温 t_2 。

e) 重复 a) 至 d) 过程, 并计算出与上一次注水后舱内液面高度的差值, 即每次注水的高差值。高差值计算按式 (14) 计算。

$$\Delta h = h_{i+1} - h_i \quad (14)$$

式中: Δh ——高差值;

h_i ——第 i 次注水后舱内液面的高度值;

h_{i+1} ——第 $i+1$ 次注水后舱内液面的高度值。

f) 注水直到舱内液面高度等于计量舱高时完成注水量。

7.3.2.3 测量数据处理

a) 数据分析

将舱高分成若干区段, 水平剖面平均面积值变化不超过 1% 的为一区段, 同时参照舱内附件的起迄点进行划分, 在液位测量中, 虽不受附件影响, 但高差值出现突变时该值可能出现比较大的偶然误差, 应与附近的几个高差值分为同一区段。

b) 容量的计算

①当标准量器中平均水温与被检舱内平均水温差值小于或等于 2℃ 时, 用下式计算部分容量 V_i :

$$V_i = V_B N_i \quad (15)$$

式中: V_B ——标准量器 20℃ 时的容量值, L;

N_i ——第 i 区段中注入水的次数。

当标准量器中平均水温与被检舱内平均水温差值大于 2℃ 时, 需用下式计算部分容量 V_i :

$$V_i = V_B N_i [1 + \beta_1 (t_1 - 20) + \beta_2 (20 - t_2) + \beta_w (t_2 - t_1)] \quad (16)$$

式中: V_B ——标准量器 20℃ 时的容量值, L;

N_i ——第 i 区段中注入水的次数;

β_1 ——标准量器的体积膨胀系数 (℃⁻¹), 不锈钢一般取 $50 \times 10^{-6}/\text{℃}$, 碳钢一般取 $36 \times 10^{-6}/\text{℃}$;

β_2 ——被检船舱的体积膨胀系数 (℃⁻¹), 取 $36 \times 10^{-6}/\text{℃}$;

β_w ——水在 ($t_1 \sim t_2$)℃ 范围内的平均体积膨胀系数 (℃⁻¹), 一般取 $\beta_w = 0.0002/\text{℃}$;

t_1 ——在第 i 区段中标准量器内水的平均温度, ℃;

t_2 ——在第 i 区段中被检船舱内水的平均温度, ℃。

②区段高度值的计算

$$h_i = h_{ib} - h_{ia} \quad (17)$$

式中: h_{ib} ——第 i 区段的止点高度值, mm;

h_{ia} ——第 i 区段的起点高度值, mm。

③计算每一区段的毫米高度容量(简称毫米容量),完成分段毫米容量计算。毫米容量的计算方法如下:

$$V_{i(mm)} = V_i / h_i \quad (18)$$

式中: $V_{i(mm)}$ ——第 i 区段的毫米容量值, L/mm;

V_i ——第 i 区段部分容量, L;

h_i ——第 i 区段高差值, mm。

④根据毫米容量计算表各区段的毫米容量值编制容量表(格式见附录 F)。

⑤船舶发生纵倾时,为了减少计量管不在自由液面几何中心点引起的误差,应对舱内液面高度进行修正。修正公式如下:

$$\Delta h_{BP} = (T_A - T_F) \times \Delta L / L_{BP} \quad (19)$$

式中: Δh_{BP} ——吃水差修正值;

T_F ——艏吃水;

T_A ——艉吃水;

ΔL ——计量口距液货舱几何中心的纵向距离。

注:

1. 计量口在舱几何中心后修正值符号为负,否则为正;

2. 当 $|(T_A - T_F) / L_{BP}| > 0.05$ 时,不予修正,应调整船舶吃水差。

7.3.3 混合测量法

7.3.3.1 测量过程

a) 按 7.3.2.1 (或 7.3.1.1、7.3.1.6 和 7.3.1.8) 测量舱体部分参数,记录在记录表四(见附录 C)。

b) 舱上部规则部分用几何测量法按 7.3.1.2 ~ 7.3.1.5 和 7.3.1.7 测量,但要求舱长与舱宽的测量层数一致,且每层舱长(宽)的测量点要均布。测量数据记录在记录表一和记录表二中。

c) 舱下部不规则部分用容量比较法按 7.3.2.2 测量,但要求注水液位高度应高于上部规则部分最低测量层(即分界线) 300mm 以上。

7.3.3.2 测量数据处理

a) 舱下部不规则部分容量

舱下部不规则部分测量数据处理按 7.3.2.3 进行。

$$V_{h_1} = \sum_{i=1}^n V_i \quad (20)$$

式中: h_1 ——规则部分和不规则部分的分界线高度。

b) 舱上部规则部分容量

①以相邻两测量层为一区段(见图 6、图 7),根据该区段上下高度水平剖面的舱长

(宽、高) 测量数据, 计算出该区段容量。

$$\text{第 } i \text{ 区段下高度 (高度 } h_i \text{ 处) 平均舱长: } \bar{a}_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{i,j}}{n} \quad (21)$$

$$\text{第 } i \text{ 区段下高度 (高度 } h_i \text{ 处) 平均舱宽: } \bar{b}_i = \frac{\sum_{j=1}^m b_{i,j}}{m} \quad (22)$$

上二式中: $a_{i,1}, a_{i,2}, \dots, a_{i,j}, \dots, a_{i,n}$ ——高度 h_i 处舱长测量值;

$b_{i,1}, b_{i,2}, \dots, b_{i,j}, \dots, b_{i,m}$ ——高度 h_i 处舱宽测量值;

n ——该层舱长测量点数;

m ——该层舱宽测量点数。

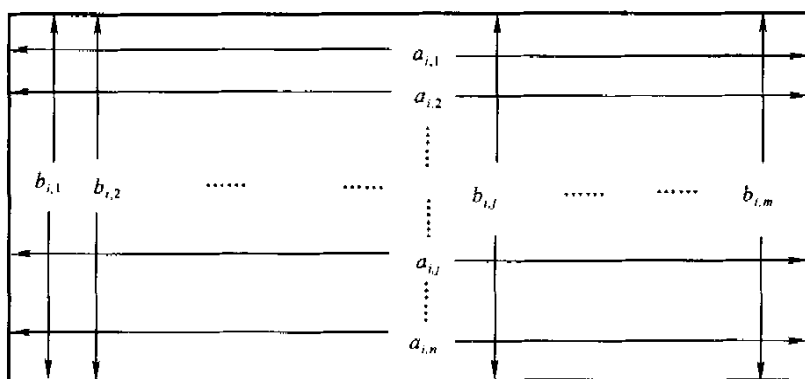


图 6 高度 h_i 处舱长 (宽) 测量水平剖面示意图

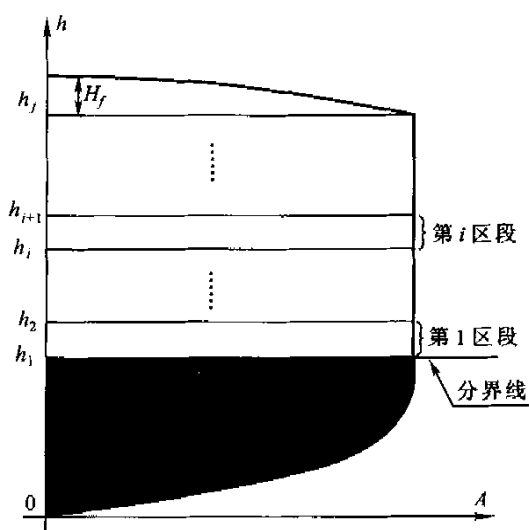


图 7 舱长 (宽) 测量垂直剖面示意图

$$\text{第 } i \text{ 区段上高度 (高度 } h_{i+1} \text{ 处) 平均舱长: } \overline{a_{i+1}} = \frac{\sum_{j=1}^n a_{i+1,j}}{n} \quad (23)$$

$$\text{第 } i \text{ 区段上高度 (高度 } h_{i+1} \text{ 处) 平均舱宽: } \overline{b_{i+1}} = \frac{\sum_{j=1}^m b_{i+1,j}}{m} \quad (24)$$

上二式中: $a_{i+1,1}, a_{i+1,2}, \dots, a_{i+1,j}, \dots, a_{i+1,n}$ ——高度 h_{i+1} 处舱长测量值;

$b_{i+1,1}, b_{i+1,2}, \dots, b_{i+1,j}, \dots, b_{i+1,m}$ ——高度 h_{i+1} 处舱宽测量值;

n ——该层舱长测量点数;

m ——该层舱宽测量点数。

$$\text{第 } i \text{ 区段舱长平均值: } \overline{a_{i0}} = \frac{\overline{a_i} + \overline{a_{i+1}}}{2} \quad (25)$$

$$\text{第 } i \text{ 区段舱宽平均值: } \overline{b_{i0}} = \frac{\overline{b_i} + \overline{b_{i+1}}}{2} \quad (26)$$

第 i 区段 (高度 h_i 至 h_{i+1} 之间) 容量:

$$V_i = \overline{a_{i0}} \overline{b_{i0}} (h_{i+1} - h_i) \quad (27)$$

注: 1) 式中 $h_{i+1} \leq h_j$ (甲板边线高度);

2) $i=1$ 时, $h_i = h_1$ (规则部分和不规则部分的分界线高度)。

②第 i 区段 (高度 h_i 至 h_{i+1} 之间) 舱内净容量计算

$$V_{0i} = V_i - V'_i \quad (28)$$

式中: V_{0i} ——第 i 区段舱内净容量;

V'_i ——第 i 区段应扣除附件体积。

③分界线高度 h_1 至甲板边线高度 h_j 之间舱内净容量计算

$$V_0 = \sum_{i=1}^n V_{0i} \quad (29)$$

式中: V_{0i} ——高度 h_i 至 h_{i+1} 之间舱内净容量;

n ——液货舱在高度 h_1 至 h_j 之间测量的分层数。

④梁拱部分容量计算

拱高部分容量由相应实际几何图形计算公式求得。如梁拱为抛物线梁拱, 按 7.3.1.5 中的方法计算, 也可用式 (30) 计算:

$$V_f = \frac{2}{3} \cdot H_f \overline{a_j} \overline{b_j} \quad (30)$$

式中: H_f ——拱高;

$\overline{a_j}$ ——甲板边线高度 h_j 处平均舱长;

$\overline{b_j}$ ——甲板边线高度 h_j 处平均舱宽。

⑤梁拱部分净容量计算

$$V_{0f} = V_f - V'_f \quad (31)$$

式中: V_{0f} ——梁拱部分净容量;

V_f ——梁拱部分应扣除附件体积。

c) 总容量计算

$$V = V_{h1} + V_0 + V_{of} \quad (32)$$

式中： V_{h1} ——容量比较法测量舱下部不规则部分（分界线高度 h_1 以下）容量；

V_0 ——几何测量法测得在高度 h_1 至 h_j 之间舱内净容量；

V_{of} ——几何测量法测得梁拱部分净容量。

7.4 检定结果处理

7.4.1 经检定符合本规程要求的液货舱，发给检定证书和对应的容量表，作为计量舱使用。

7.4.2 经检定不符合本规程要求的液货舱，发给检定结果通知书，其内页格式同检定证书，并注明不合格项目，不得作为计量舱使用。

7.4.3 检定证书及其相对应的容量表一正本二副本。

7.4.4 检定证书内页格式见附录 E。

7.5 检定周期

a) 船舶液货计量舱的检定周期一般不超过 3 年，对于载重量等于或大于 3000t 的油船，检定周期可延长至 6 年。

b) 液货舱改建、严重变形或计量基准点发生变化时应申请进行后续检定。

附录 A

计量管安装方法

船舶浮在水面，特别是在装卸作业过程中，随着装卸量的变化随时都有可能发生纵倾或横倾，给液货舱内液面高度的测量带来一定困难。为减少测量误差，从几何理论可以得出，测量点落在液货舱液面几何中心点上可使液面高度测量误差减小。因此，计量管应安装在接近通过液货舱各水平剖面的几何中心并与船底板垂直，上接液货舱面板下连底板，但具体到某些船舶，在这个中心点上可能有障碍物。例如：船底处可能有肋骨、龙骨、肋板等，船面（甲板）上可能有横梁、纵桁、油管等。当出现这种情况时，为了不损害船舶强度，应以尽量靠近中心为原则，避开障碍物。计量管一般采用直径为（50~100）mm 的钢管，且计量管的管壁应开有交叉的洞孔或条形孔，洞孔的直径应大于 10mm，两孔的间距不大于 100mm，条形孔宽为（8~10）mm。计量管的安装示意图如下：

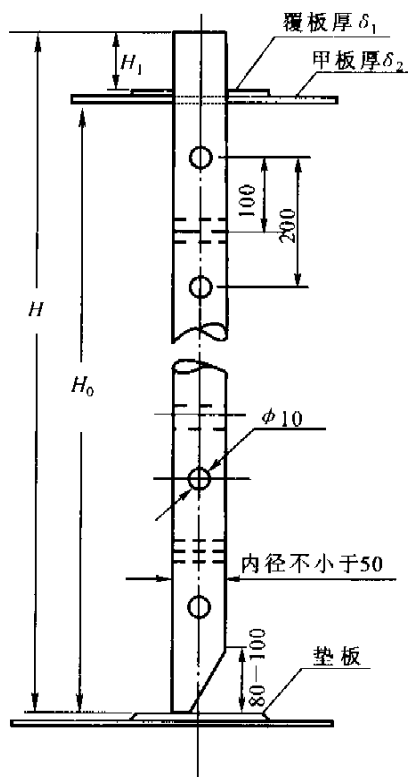


图 A.1 计量管示意图

附录 B

经纬仪和全站仪测量原理

B.1 经纬仪测量舱宽(长)的基本原理

两经纬仪 P_1 和 P_2 , 以 P_1 为坐标原点(轴系交点), P_1 、 P_2 连线在水平方向的投影为 x 轴, 过 P_1 的铅垂方向为 z 轴, 由此构成测量坐标系。 P_1 、 P_2 互瞄及分别观测目标点 P 的观测值(水平方向值, 垂直方向值)分别为 γ_{AB} 、 α_{AB} 、 γ_{BA} 、 α_{BA} 、 γ_{AP} 、 α_{AP} 、 γ_{BP} 、 α_{BP} (如图 B.1)。

令水平角 A 、 B 为

$$A = \gamma_{AB} - \gamma_{AP}; \quad B = \gamma_{BP} - \gamma_{BA}$$

P 点的三维坐标为

$$X = \{ \sin B \cos A / \sin(A + B) \} b_p$$

$$Y = \{ \sin B \sin A / \sin(A + B) \} b_p$$

$$Z = 0.5 \times \{ \sin B \cot \alpha_{AP} + \sin A \cot \alpha_{BP} \} \sin(A + B) b_p + h_p$$

式中: b_p ——基线长(即两仪器 P_1 、 P_2 的水平间距), 上式 b_p 可以通过一已知长度的钢卷尺用类似上述方法导出;

h_p ——两仪器 P_1 、 P_2 高差, $h_p = 0.5 \times (\cot \alpha_{AB} - \cot \alpha_{BA}) b_p$ 。

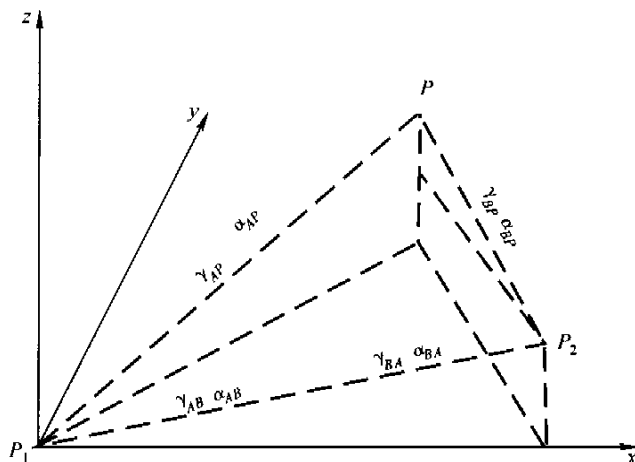


图 B.1 经纬仪测量原理图

图中 γ 、 α 值为经纬仪水平方向值与垂直方向的观测值

这样系统的测量坐标系被确定, 通过测出所需各个点的坐标, 就可以计算出相应的舱长、舱宽等数值。

B.2 全站仪测量舱宽(长)的基本原理

全站仪测量采用极坐标方法, 由全站仪测出目标点的水平角, 垂直角和斜距(见图 B.2)。

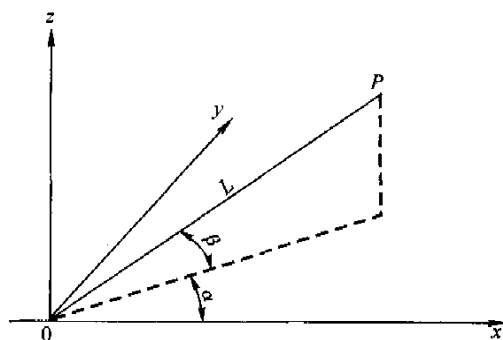


图 B.2 全站仪测量原理图

三维坐标的表示：

$$X = L \cos \beta \cos \alpha$$

$$Y = L \cos \beta \sin \alpha$$

$$Z = L \sin \beta$$

式中： α ——水平方向角度值；

β ——垂直方向角度值；

L ——经纬仪系统原点至 P 点距离。

通过二点坐标值可以解算出相关的舱宽（长）。

附录 C

检定记录表参考格式一

船舶液货计量舱容量检定记录表（一）

船名：

舱号：

mm

计量基准高度						计量舱高			
一、舱长测量数据：						测量尺编号			
距纵舱壁									
距基线高	长	长	长	长	长	长	长	长	
二、舱宽测量数据：						测量尺编号			
距后舱壁									
距基线高	宽	宽	宽	宽	宽	宽	宽	宽	
备注：									

检定：

审核：

检定日期：

min

检定: _____ 审核: _____ 检定日期: _____

船舶液货计量舱容量检定记录表 (四)

船名：

[illegible]

检定:

审核:

检定日期:

附录 D

检定记录表参考格式二

液货舱主尺寸测量记录表

船名_____ 舱号_____

舱宽测量 位置（肋号）	测量高度	设计值	测量值		平均值	建造误差
			1	2		

舱长测量位置	测量高度	设计值	测量值		平均值	建造误差
			1	2		

舱高测量 位置（肋位）	甲板边线高度		凸形甲板边线高度		甲板中线高度	
	左	右	左	右	左	右

船体甲板尺寸测量记录表

船名 _____ 舱号 _____

位置 (肋位)	设计值	主甲板宽度		凸型舱宽度		凸型舱高度	
		左半宽	右半宽	右半宽	整宽	左	右

位置 (肋位)	设计值	凸型舱长度		主甲板长度	
		左	右	左	右

计量管位置及有关尺寸测量记录表

船名 _____ 舱号 _____ mm

测量名称	测量值				平均值
	1	2	3	4	
H					
H_1					
δ_1					
δ_2					
H_2	δ_3				
	δ_4				
L_1					
L_2					

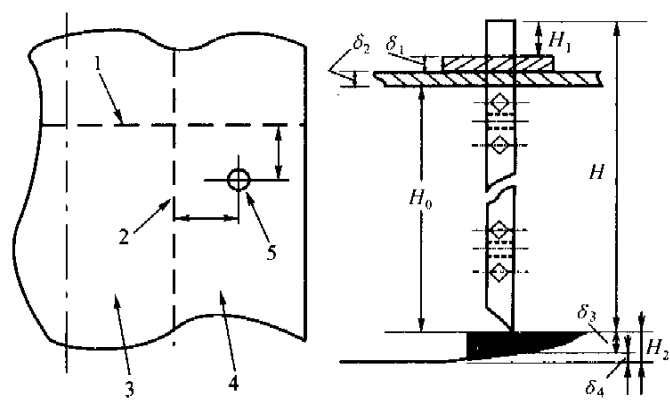


图 D.1 计量管位置及结构示意图

1—横舱壁；2—纵舱壁；3—中舱；4—边舱；5—计量管

附录 E

检定证书内页参考格式

检定结果说明

一、本证书所包括的舱数：_____个

总容量：_____ L

扩展不确定度：_____

二、本舱容表依据中华人民共和国国家计量检定规程 JJG 702—2005《船舶液货计量舱容量》检定计算。

三、本舱容表所示容量是标准温度 20℃ 时的表载容量，非 20℃ 温度时应按实际情况对舱容进行修正。

液体温度为 t ℃ 时舱体热膨胀修正如下：

$$V_t = V_b [1 + 3\alpha (t - 20)]$$

式中： V_t ——液体温度为 t ℃ 时，对舱体热膨胀修正后的体积， m^3 ；

V_b ——经纵倾修正后的舱容表中的体积， m^3 ；

t ——舱壁平均温度，℃；

α ——舱体材料的线膨胀系数， $1/^\circ\text{C}$ ；取 $\alpha = 0.000012/^\circ\text{C}$ 。

四、当船舶存在纵倾（横倾应尽量避免）时，应查对应纵倾的容量表或在查表前对检尺高度进行修正。

检尺高度修正公式： $H = H_i + \Delta h_{BP}$

式中： H ——舱容检尺时经纵倾修正后的液面高度，mm；

H_i ——舱容检尺时的液面高度，mm；

Δh_{BP} ——吃水差修正值，mm。当计量口在舱几何中心后符号为负，反之为正。当 $| (T_A - T_F) / L_{BP} | \geq 0.05$ 时，不予修正，应调整船舶吃水差。

五、在舱容表所列纵倾和高度的范围内，对于不能直接从表中查阅的容量，应按内插法求得。

六、当液面高于舱内输油管系时，舱容表所示容量不包括所属该舱输油管系内的液体。

七、舱号表述

左一舱～左五舱，分别为 No.1 C.O.T. (P) ～ No.5 C.O.T. (P)；

右一舱～右五舱，分别为 No.1 C.O.T. (S) ～ No.5 C.O.T. (S)；

左污油舱和右污油舱，分别为 SLOP T. (P)、SLOP T. (S)。

八、为了保证扩展不确定度要求，液货计量舱内液体的最小可测量高度应大于 500mm。

九、舱的安全装载高度由使用单位自行决定。

十、舱改建或严重变形后应申请复检。

液货舱布置示意图 (例)

一、液货舱

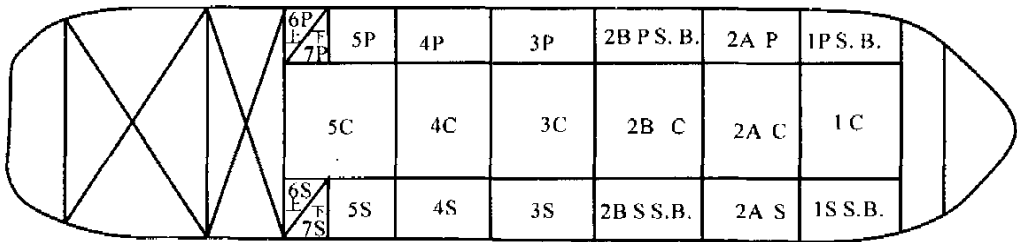


图 E.1 液货舱平剖图

二、双层底

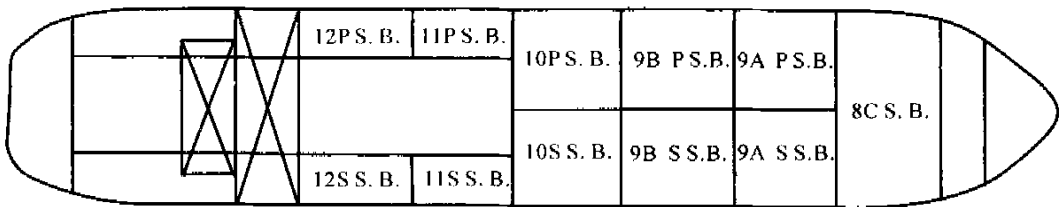


图 E.2 双层底平剖图

三、中轴线切面

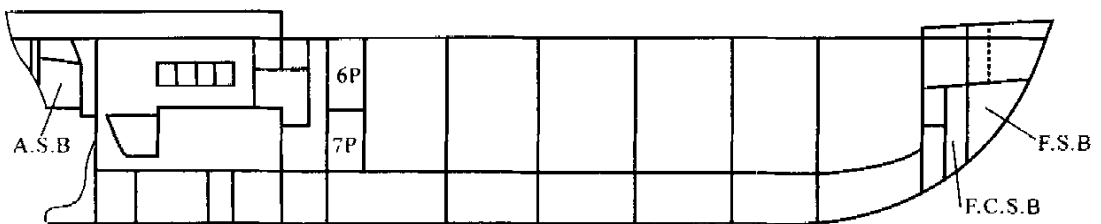
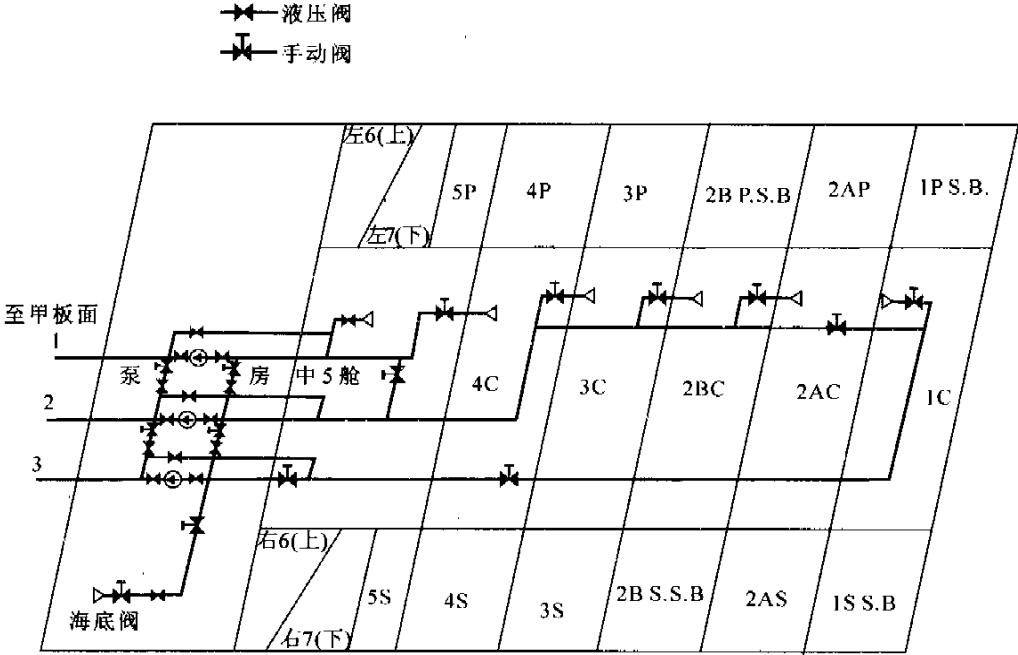


图 E.3 中轴线切面图

四、计量基准高度参数表

[illegible]

液货舱内货油管系布置图（例）



此图不包括扫舱管路

图 E.4 液货舱舱内货油管系布置图

液货舱总容量表

L

舱 号	容 量
合 计	

注：本证书容量表容量不包括各舱内管系容量。

液货舱货油管系容量表

L

舱 号	进油管容量	出油管容量
合 计		

III-100

