

S-44  
6.1.0 版



国际海道测量组织  
海道测量标准

IHO



International  
Hydrographic  
Organization



由国际海道测量组织发布

中文版由中国海事局翻译

# 版权声明

© 版权归国际海道测量组织所有 2020 年

本出版物受版权保护。除根据《伯尔尼保护文学和艺术作品公约》（1886 年）允许使用的情况及以下情况外，未经国际海道测量组织（IHO）秘书处书面许可，不得以任何方式翻译、复制、改编、传播或商业利用本出版物的任何部分。本出版物中某些内容的版权可能归第三方所有，翻译和/或复制该内容须得到其所有者许可。

作为一般参考，可在不超过成本的情况下，对本出版物的全部或部分内容进行翻译、复制或分发。未经 IHO 秘书处和任何其它版权所有人书面同意，不得以盈利或收益为目的出售或分发这些副本。

如果根据上述条款对本出版物全部或部分内容进行复制、翻译或分发，则应包括以下声明：

*“IHO 秘书处代表国际海道测量组织（IHO），许可（许可证编号 07/2021）复制 IHO 出版物 S-44 6.1.0 版。国际海道测量组织（IHO）不对复本的正确性承担责任：如有疑义，请以 IHO 权威文本为准。虽然复本含有来自 IHO 的资料，但不能理解为 IHO 对其认可。”*

*“本文件或出版物是 IHO 出版物 S-44 的译本。IHO 未对此译本进行检查，不对其准确度承担责任。如有疑义，请查询 IHO 出版物 S-44 英文版。”*

未经 IHO 秘书处事先书面许可，不得在任何衍生产品中使用 IHO 徽标（Logo）或其它标志。

# 目 录

序言 .....	- 1 -
引言 .....	- 2 -
术语 .....	- 4 -
第 1 章 航行安全测量等级 .....	- 6 -
1.1 简介.....	- 6 -
1.2 2 等.....	- 6 -
1.3 1b 等.....	- 7 -
1.4 1a 等.....	- 7 -
1.5 特等.....	- 7 -
1.6 超等.....	- 7 -
第 2 章 水平和垂直定位 .....	- 9 -
2.1 简介.....	- 9 -
2.2 大地测量参考系统和框架.....	- 9 -
2.3 水平参考框架.....	- 9 -
2.4 垂直参考框架.....	- 9 -
2.5 海图和陆地测量垂直基准关联.....	- 10 -
2.6 不确定度.....	- 10 -
2.7 置信水平.....	- 10 -
第 3 章 深度，水深覆盖率，要素和底质 .....	- 12 -
3.1 简介.....	- 12 -
3.2 深度.....	- 12 -
3.2.1 深度测量.....	- 12 -
3.2.2 干出高度.....	- 12 -
3.2.3 最大允许垂直不确定度.....	- 12 -
3.3 要素探测.....	- 13 -
3.4 要素搜寻.....	- 13 -
3.5 水深覆盖率.....	- 14 -
3.5.1 100%水深覆盖率 .....	- 14 -
3.5.2 小于 100%水深覆盖率 .....	- 14 -
3.5.3 大于 100%水深覆盖率 .....	- 15 -
3.6 航行危险.....	- 15 -
3.7 海图目标对象的确认/排除.....	- 15 -
3.8 底质.....	- 16 -
第 4 章 水位和水流 .....	- 17 -
4.1 简介.....	- 17 -
4.2 水位（潮汐）预报.....	- 17 -
4.3 观测水位的归算.....	- 17 -
4.4 水流（潮流和海流）观测.....	- 17 -
第 5 章 垂直基准面以上的测量 .....	- 18 -
5.1 简介.....	- 18 -
5.2 对导航有重要意义的固定助航标志和地形要素.....	- 18 -
5.3 浮动助航标志.....	- 19 -

5.4 海岸线.....	- 19 -
5.5 对导航不太重要的要素.....	- 19 -
5.6 净空高度.....	- 19 -
5.7 角度的测量.....	- 19 -
第 6 章 元数据 .....	- 21 -
6.1 简介.....	- 21 -
6.2 元数据内容.....	- 21 -
第 7 章 表和技术指标矩阵 .....	- 23 -
7.1 简介.....	- 23 -
7.2 航行安全标准.....	- 23 -
7.2.1 水深测量标准.....	- 23 -
7.2.2 其它定位标准, 潮流和海流.....	- 23 -
7.3 表 1 - 航行安全测量最低水深标准 .....	- 24 -
7.4 表 2 - 航行安全测量的其它最低标准.....	- 26 -
7.5 矩阵描述.....	- 27 -
7.6 矩阵.....	- 28 -
附录 A 矩阵指南.....	- 31 -
A.1 简介.....	- 31 -
A.2 矩阵实现实例.....	- 32 -
A.2.1 矩阵表示.....	- 32 -
A.2.2 表格实例.....	- 32 -
A.2.3 文本字符串实例.....	- 35 -
A.2.4 矩阵实例.....	- 37 -
附录 B 质量管理指南.....	- 41 -
B.1 质量控制.....	- 41 -
B.2 设备.....	- 41 -
B.3 程序.....	- 41 -
B.4 人员.....	- 42 -
附录 C 先验和后验质量控制指南.....	- 43 -
C.1 先验不确定度.....	- 43 -
C.2 后验不确定度.....	- 43 -
附录 D 网格化水深测量注意事项.....	- 44 -
D.1 引言.....	- 44 -
D.2 定义.....	- 45 -
D.3 网格注意事项.....	- 45 -
D.3.1 网格分辨率.....	- 45 -
D.3.2 采样密度.....	- 46 -
D.3.3 网格覆盖率.....	- 46 -
D.3.4 海道测量员覆盖网格节点.....	- 47 -
D.4 网格化方法.....	- 47 -
D.5 网格不确定度.....	- 48 -
D.6 适用范围.....	- 49 -
D.6.1 测量数据采集.....	- 49 -
D.6.2 测量数据校验.....	- 49 -

D.6.3 测量数据成果.....	- 49 -
D.7 元数据.....	- 50 -

## 序言

本出版物(S-44)规定了适用于海道测量的标准,与国际海道测量组织(IHO)其它出版物一样,旨在提高航行安全和改善对海洋环境的认识与保护。

1957年第七届国际海道测量大会(IHC)开始正式讨论制定海道测量标准的问题。1968年1月,S-44第1版出版,题为《海道测量推荐精度标准》。此后,国际海道测量组织一直致力于定期更新这一标准以紧跟技术发展。自1968年首次发布以来,先后发布了四个版本:1982年发布的第2版,1987年发布的第3版,1998年发布的第4版和2008年发布的第5版。版本演进过程中保持了初版思想的连续性。

2016年12月20日,IHO发布第68/2016号通函,成立海道测量项目组(HSPT)来负责本标准的更新工作,并在第26/2017号通函中进一步明确了该团队的组成。HSPT有三个任务目标:一是评估S-44第5版;二是编制S-44第6版;三是如有必要可转为聚焦海道测量问题的常设工作组。HSPT项目组由IHO成员国代表、国际组织观察员(IFHS和FIG)、其它专家贡献者和IHO秘书处代表组成。

海道测量技术和要求持续发展,用户群体不断扩大。虽然海道测量人员在逻辑上会遵循这些变化,但S-44标准也需要不断完善,以保持海道测量国际标准的有效性。

新版本开发过程中,IHO海道测量项目组在完成IHO要求的工作内容的同时,还联系海道测量界并获得了IHO利益相关方(包括产业界)的意见。这些意见对于了解行业需求和推动本标准的版本更新至关重要。

2020年11月9日,IHO发布第36/2020号通函,建立了海道测量工作组(HSWG)。工作组的主要职责之一就是定期修订和维护S-44。因此,HSWG决定每两年对本标准进行一次修订评估。

## 引言

本出版物旨在提供一套海道测量标准，主要用于编制对保障航行安全与认识和保护海洋环境至关重要的航海图。它规定了根据预期用途应达到的最低标准。IHO 鼓励海道测量官方或组织在必要时制定更严格、更具体的要求，以作为国家或地区性的执行标准。本出版物不包含设备安装、测量实施或成果数据处理等方面的流程。如需这些信息，请查阅 IHO 出版物 C-13《海道测量手册》（可从 IHO 主页下载：[www.iho.int](http://www.iho.int)）。

在本版标准中，引入了一个全新的、更严苛的超等测量，超等测量的使用应该局限于有特殊情况和特殊要求的区域。其它航行安全测量等级的名称保持不变，但由于引入了水深覆盖率的概念，其解释与第 5 版有所不同。现在第 6 版中特等测量明确了水深全覆盖要求。此外，测量等级分为了垂直基准面以上和垂直基准面以下的要求。

本版旨在鼓励将 S-44 用于航行安全以外的用途。为了明确测量标准和规范的执行，引入了参数和数据类型矩阵的概念。但仅此矩阵并不是标准，在适当情况下可以将其视为自定义测量的一个参考，并为更广泛的测量分类提供了一个工具。从设计上讲它是可扩展的，可以在未来的 S-44 版本中继续发展。附件 A 提供了如何在测量规范和分类中使用矩阵的指南。

第 6 版对 S-44 术语进行了修订，以便与计量学中常用的参考文献（如《测量不确定度表示指南》）更加一致。修订了助航标志平面定位标准，增加了助航标志垂直定位标准。在保持技术独立的同时，重点强调海道测量的主要组成部分。

虽然海道测量员在如何进行测量作业方面可能有一定的灵活性，但是否满足标准要求仍由主管当局决定。此外，测量员是测量过程的重要组成部分，必须具备足够的知识和经验才能按照标准要求作业。虽然测量资质和专业认证计划可能是进行此评估的基础，但衡量这一点可能会很困难。该领域的现有培训为（除其它外）由国际海道测量师和航海制图师能力标准委员会（IBSC）、国际海道测量组织（IHO）、国际测量师联合会（FIG）、国际制图协会（ICA）制定的 A 类和/或 B 类培训教程。

附件 B、C 和 D 中包含的信息为网格测深的质量控制、数据处理和注意事项

提供了一些指导。这些附件不是 S-44 标准不可分割的一部分，当其中的信息完全纳入 IHO 出版物 C-13《海道测量手册》时，将会予以删除。

这次第 6 版更新为 6.1.0，主要变更包括对术语参考框架/系统、不确定度组成和叠标线/引导线的澄清。此外，叠标线/引导线和扇形灯从第 5.6 节中删除，并放置在第 5.2 节中，因为它们都是基于固定导航辅助设备。这项工作由 HSWG 执行。

注：本标准新版本的发布不会使依据过往版本进行的测量成果作废，或者说不会使基于过往版本测量产生的航海产品的安全性失效。



## 术语

注：以下定义的术语是与本出版物最相关的术语。IHO 特别出版物 S-32《海道测量词典》对更多的术语进行了定义，如果此处未列出所需术语，则应查阅 S-32。如果下面列出的术语在 S-32 中有不同的定义，则应在相关标准中使用下面给出的定义。

在本出版物中，以下词语：

必须：表示强制性要求；

应：表示推荐性要求；

可：表示选择性要求。

仅在附件中使用的术语不包括在本术语表中，那些术语在附件中定义。

水深覆盖率：综合考虑测量模式和测量仪器的理论测量面积，采用系统的测深方法对某一区域进行测量的程度。

置信水平：测量值的真值落在测量值的规定不确定度范围内的概率。

改正：对数据进行补偿，以调整预估的系统影响。

误差：测量值与正确值或真实值之间的差异。误差可分为系统误差和随机误差。

要素：任何与周围区域不同的物体，无论是天然的还是人造的。

要素探测：系统探测特定尺寸要素的能力。

要素搜寻：为确定某一要素，使用系统方法对一个区域进行测量的程度。

元数据：描述数据集及其用途的数据。

偶然误差：测量过程中不同因素引起的噪声，这种误差无法控制，但可以用统计方法量化。

归算深度：观测深度加上所有与测量相关的改正、后处理并归算到恰当的垂直基准后的深度。

重要要素：对航行构成潜在危险的要素，或是人们期望看到海图或产品描绘的要素。

系统误差：测量误差中保持不变或以可预测方式变化的部分。

总水平不确定度（THU）：计算的总传播不确定度（TPU）在水平方向上的

分量。THU 是一个二维量，包括所有的水平测量不确定度。

总传播不确定度（TPU）：包括所有测量不确定度的三维不确定度。

总垂直不确定度（TVU）：计算的总传播不确定度（TPU）在垂直方向上的分量。TVU 是一个一维量，包括所有的垂直测量不确定度。

不确定度：描述一个测量值的真值在某一特定置信水平范围内的估计值，它表示为一个正值。

富余深度：船体最低点与海床、河床等的距离。

# 第 1 章 航行安全测量等级

## 1.1 简介

本章描述了官方海道测量机构或主管当局认可的航行安全测量等级分类，以提供能使水面船舶安全航行的导航产品和服务。由于要求随水深、地球物理特性和预期船舶类型的不同而不同，因此定义了五种不同的测量等级；每一种测量等级都是为满足一系列需求而设计的。

下文介绍了这五种测量等级，并描述了预期适用的区域。符合每个测量等级要求的最低标准见第 7 章（表 1 和表 2），同时在这一章中提供了增强和定制这些测量等级的一种新工具（技术指标矩阵）。

负责实施测量的官方海道测量机构或主管当局应选择最适合的测量等级以满足船舶在某一区域安全航行的要求。单一的测量等级可能不适合整个待测区域，在这种情况下，不同测量区域应明确规定不同的测量等级。例如，在超大型油轮（VLCC）穿越的海域，预计深度超过 40 米，可能会规定进行 1a 等测量。但是在少数情况下，如果测量员发现了深度小于 40 米的浅滩，按照特等测量甚至超等测量对这些浅滩及周遭海域进行测量可能更为合适。

在适用的情况下，为了完全满足 S-44 测量等级要求，一项海道测量作业必须符合该测量等级全部的水深测量和要素探测要求（表 1），以及同一测量等级的全部其它要求（表 2）。此外，必须结合以下各章的详细内容来阅读这些表格。每个测量等级特别是特等和超等所带来的挑战，是确定适当的测量方法，以达到规定的标准。

为确保测量系统化，即使规定水深覆盖率小于 100%，水深注记位置之间的水平距离也不得大于深度的 3 倍或 25 米，并以较大者为准。

### 1.2.2 等

这是最宽松的测量等级，适用于水深足够深，仅需以对海底进行一般描述的海域。测量区域至少需要均匀分布 5% 的水深覆盖率。建议在深度超过 200 米的区域进行 2 等测量。一旦水深超过 200 米，就不太可能存在大到足以影响水面船

船航行而未被 2 等测量探测到的要素。

### **1.3 1b 等**

1b 等测量适用于对计划通过的水面船舶来说，认为对海底进行一般描述就足够了的海域。测量区域至少需要均匀分布 5% 的水深覆盖率。这意味着某些要素不会被发现，尽管水深覆盖区域之间的距离会限制这些要素的大小。只有在认为富余深度不成问题时，才建议采用此测量等级。例如，如果某一区域的海底特征满足上述情况，那么该区域存在的海底要素几乎不会危及计划在该海域航行的水面类船舶。

### **1.4 1a 等**

该等级适用于海底要素可能会对预计通过的水面类船舶产生影响，但认为富余深度不是非常重要的区域。为了探测到特定尺寸的要素，需要进行 100% 的要素搜寻。只要能获得所有重要要素的最小深度，且水深测量能够充分描述海底地形的性质，那么小于或等于 100% 的水深覆盖率也是合适的。随着深度的增加，富余深度变得不那么重要，因此在水深大于 40 米的区域，需要探测的要素尺寸随着深度的增加而增加。可能需要进行 1a 等测量的区域包括沿海水域、港区、停泊区、航道和海峡。

### **1.5 特等**

特等适用于富余深度至关重要的区域。因此，需要 100% 的要素搜寻和 100% 的水深覆盖率，并且谨慎起见，特等测量需要探测的要素尺寸比 1a 等的要求更高。可能需要特等测量的海域有：停泊区、港区、重要航道和航运通道的关键区域。

### **1.6 超等**

超等海道测量是 IHO 特等测量的延伸，具有最严格的不确定度要求和数据覆盖要求。超等测量仅限于浅水区使用（港区、停泊区以及航道和海峡的关键区

域)，这些区域富余深度非常小且海底要素对船舶航行有潜在的危险，在此区域使用水柱信息有卓越的、最佳的效果。超等测量要求 200%的要素搜寻和 200%的水深覆盖率，谨慎起见需要探测的要素尺寸比特等测量要求更高。

## 第 2 章 水平和垂直定位

### 2.1 简介

定位是每项测量作业的基本内容，海道测量人员必须考虑大地测量参考框架、水平和垂直参考系统、它们与其它在用系统的关系（比如陆地测量基准），以及相关测量中固有的不确定度。

在本标准中，位置及其不确定度是指水深或要素的水平分量，而深度及其不确定度是指同一水深或要素的垂直分量。

### 2.2 大地测量参考系统和框架

位置应参考大地测量参考框架，他们可以是全球坐标系统或是区域坐标系统。

由于位置通常在复合坐标参考系/框架中引用，如大地坐标系/框架、重力坐标系/框架，高度基准系统/参考系，因此可以将其分解为水平和垂直分量。

### 2.3 水平参考框架

如果水平位置参考某一当地基准，则应明确该基准的名称和历元，并应实现该基准与全球参考框架（例如 ITRF2018、WGS84（G1762））或区域参考框架（例如 ETRS89、NAD83）。尤其是对于低不确定度测量来说，应考虑参考框架/历元之间的转换。

### 2.4 垂直参考框架

如果位置的垂直分量参考某一当地垂直基准，则应明确基准的名称和历元。位置的垂直分量（例如深度、干出高度）应参照适合该数据类型和预期用途的垂直参考框架。该垂直参考框架可基于潮汐观测（如 LAT、MWL 等），也可基于物理模型（即大地水准面）或参考椭球。

## 2.5 海图和陆地测量垂直基准关联

为了准确、充分地利用水深数据，必须清楚地确定并描述海图和陆地测量垂直基准的联系或关系。IHO 关于基准面和水准点的决议（经修订的 3/1919 号决议）明确了在确定这些垂直基准连接时应遵循的惯例（如适用）。

经修订的第 3/1919 号重要决议可在 IHO 出版物 M-3 《国际海道测量组织决议》中查阅，可从国际海道测量组织主页 [www.iho.int](http://www.iho.int) 下载。

## 2.6 不确定度

在本标准中阐述的总不确定度(TPU)由两部分组成：总水平不确定度(THU)和总垂直不确定度(TVU)。TVU 和 THU 值必须理解为一个指定正负值的区间。

应采用统计方法，综合所有不确定度源来确定水平和垂直定位不确定度，分别获得 THU 和 TVU。95%置信水平下的不确定度必须与测量数据一起记录。

测量系统的性能应通过先验不确定度计算（THU 和 TVU）来证明。这些计算是预测性的，必须针对整个测量系统进行计算，包括所有仪器、测量和环境不确定度源。估算值应在测量期间更新，以反映风、浪等环境条件的变化，从而对测量参数进行适当的更改。

测量的最终不确定度值可包括先验和后验计算、明确的经验值（例如仅基于垂直深度的标准偏差），或上述值的某些组合。元数据不确定度应包括水平和垂直不确定度分量（TVU 和 THU）。

在本标准中，为便于使用，假定两个维度的允许水平不确定度相等。因此，假设误差为正态分布，位置不确定度表示为单个数值。

## 2.7 置信水平

在本标准中，术语置信水平并不是严格的统计学定义，而是等同于《测量不确定度表示指南》（JCGM 100:2008）第 6.2.2 节中讨论的术语“置信水平”或“覆盖概率”。

必须注意的是，置信水平（例如 95%）取决于数据的假定统计分布，并且对于一维（1D）和二维（2D）量的计算方法不同。在本标准中，假设误差呈正态

分布，一维量（如深度）的 95%置信水平定义为 1.96 倍标准差，而二维量（如位置）的 95%置信水平定义为 2.45 倍标准差。



## 第 3 章 深度，水深覆盖率，要素和底质

### 3.1 简介

水面船舶航行要求对深度和要素有准确的了解。在富余水深可能存在问题的情况下，水深覆盖率必须至少达到 100%，且必须进行要素探测，必须严格控制 and 理解深度不确定度。

为了自定义或强化航行安全测量等级或其它应用，可通过从矩阵中选择所需标准值来指定测量标准（见第 7.5 节及附件 A）。

### 3.2 深度

#### 3.2.1 深度测量

深度应理解为被归算至一个明确定义的垂直参考系内的深度。要素的深度应表示为该要素的最浅深度。

在浑浊度很高的水域，例如河口，最浅深度可基于水中的沉积物浓度来确定。

在特殊情况下，为了航行安全，可使用官方海道测量机构或主管当局认为能够确定某一区域或某一沉船安全深度的高精度方法（例如机械扫海法），如此方可保障深度的安全性。在这种情况下，采用的测量等级将由垂直测量不确定度决定。

#### 3.2.2 干出高度

在潮差较大的地区，高潮期间干出区域有时可以通航，干出区域内的高程也需要进行全面测量。根据测量环境和可用设备的情况，干出高度可以采用测深方式或地形测量方式进行测量。然而，无论采用何种测量方法，通航区域的最大不确定度不得超过干出区域以外淹没区域规定的的不确定度。

#### 3.2.3 最大允许垂直不确定度

考虑到影响深度测量的误差源既有与深度有关的，也有与深度无关的，下面

的公式用于计算最大允许的垂直测量不确定度。

下式中需引入参数“a”、“b”和深度“d”，才能计算出最大允许 TVU：

$$TVU_{\max}(d) = \sqrt{a^2 + (b \times d)^2}$$

其中

a 表示不随深度变化部分

b 为系数，表示不确定度中随深度变化部分

d 是深度

表 1 规定了每个测量等级用于计算归算深度最大允许 TVU 公式中的参数“a”和“b”，要求以 95%置信水平计算的深度测量的总垂直不确定度不得超过该值。

### 3.3 要素探测

要素探测的最低标准如表 1 所示。要素系统探测能力的基本形状参照了立方体，默认是一个正方体。

在评估一个测量系统的要素探测能力时，必须评估整个测量系统，包括设备、技术方法、作业程序和人员。通过收集数据评估任何拟用的测量系统探测重要要素的能力是官方海道测量机构或主管当局的职责。

规定的要素探测能力并不能完全决定哪些要素构成了航行危险物。在某些情况下，小于表 1 中规定大小的重要要素可被归类为航行危险物。因此，官方海道测量机构或主管当局也许认为有必要探测较小的重要要素，以便将未探测到的航行危险物的危害降到最低。但是，没有一个单独的测量系统能够确保探测到了所有的要素。如果担心海域内可能存在测量系统无法探测到的航行危险物，则应考虑使用其它测量系统。

### 3.4 要素搜寻

要素搜寻的最低标准如表 1 所示。

对于 1a 等，100%的要素搜寻可以通过非测深系统来实施。在这种情况下，任何搜寻到的重要要素都需要使用独立的测深系统进行最小深度值测量。如果条件允许，建议进行 100%的要素探测和 100%的水深覆盖。

为了发现本标准规定尺寸的要素，必须设计和实施大于或等于 100%的要素搜寻。如果需要大于 100%的要素搜寻，包括 200%的超等测量，可以通过高重叠度数据采集或通过测量中获得多个独立数据集来完成。

### 3.5 水深覆盖率

在这一版的 S-44 中引入了水深覆盖率的概念，以便使深度测量标准更加客观。水深覆盖率的获取需要使用测量和记录深度的传感器。表 1 规定了每种测量等级要求达到的最低水深覆盖率。

#### 3.5.1 100%水深覆盖率

100%水深覆盖率应解释为“完全”的水深覆盖。由于深度测量是离散的，基于固有的物理和测量仪器的局限性，100%水深覆盖率并不能保证连续的深度测量。

#### 3.5.2 小于 100%水深覆盖率

水深覆盖率小于 100%时，必须遵循系统的测量模式，以最大限度地使深度数据在整个测量区域均匀分布，且不得低于 5%。此外，海底底质（例如粗糙度、类型、坡度）和测量区域内的航行惯例要求必须尽早考虑并且要经常确定测量模式是否满足航行安全的要求，同时还能满足表 1 最低要求。为确保在水深覆盖率小于 100%的地方进行系统测量，图载水深位置之间的水平距离不应大于水深的 3 倍或 25 米，以两者中较大者为准。

就 1a 等而言，只要能获得所有重要地貌上的最小深度，且水深测量能充分描述海底地形的性质，则水深覆盖率小于或等于 100%是合适的。作为与测量系统无关的参数，水深覆盖率（以百分比表示）可用于所有测量等级。在第 5 版中，在 2 等和 1b 等中使用测线间距作为参数。在由测线间距到水深覆盖率百分比范围的过渡中，波束角 8 - 12° 的单波束作为一个现实的参考，测线间距为 3 - 4 倍水深<sup>1</sup>。因此，对于 2 等和 1b 等水深覆盖率要求，5%是合适的值。

---

<sup>1</sup> 举例说明：波束宽度 8° 的单波束回声测深仪，主测线测线间距为 3 倍水深，检查线测线间距 10 倍水深，根据公式，水深覆盖率是： $\%覆盖率 = \frac{测量区域}{总面积} = \frac{脚印直径 \times 线总长度}{总面积} = 2 \times \tan(8^\circ / 2)$

### 3.5.3 大于 100%水深覆盖率

超过 100%的水深覆盖率，包括超等的 200%，可以通过足够重叠的数据采集或在测量中获得多个独立数据集来完成。

## 3.6 航行危险

官方海道测量机构和主管当局在评估航行危险时，必须考虑当地预期的交通（如船舶吃水）以及水深的情况。

应充分收集对航行有潜在危险的要素的资料（例如：沉船或其它障碍物），以确保用适当的方法充分确定最小的深度和位置，同时满足表 1 中对应等级的最低要求。

鉴于当前的船舶规格，最浅深度大于 40 米的要素不太可能对水面航行构成危险。但是，应根据当地情况及其可能发生的变化不断重新评估这一论断。

负责测量质量的官方海道测量机构或主管当局可以规定一个深度界限，超过这个深度，就不需要进行详细的海底调查及要素探测。

## 3.7 海图目标对象的确认/排除

对于已在海图、文件、电子出版物或数据库中记录或显示的目标对象，建议对其存在性进行确认或排除，比如礁石、沉船、障碍物、助航物和可疑数据等海图上标明存在的物体。调查结果应在测量报告中加以说明。

可疑数据包括但不限于通常在海图中用 PA（概位），PD（疑位），ED（疑存），SD（疑深），或“据报”表示的数据。海图上的目标对象应根据其图上位置进行确认或排除。

没有关于搜寻范围的经验公式能涵盖所有情况。对于目标对象的确认或排除，建议搜寻半径至少为报告危险的估计位置不确定度的 3 倍。如果在搜寻半径内没有定位或显示出海图的目标对象，则建议排除。

官方海道测量机构和主管当局有责任在海图上的目标对象删除前，通过收集

---

$\times (1/3 + 1 / (3 \times 10)) = 0.051 = 5.1\%$   
本公式仅作为示例提供，不构成标准的一部分。

数据以评估海图上的目标对象是否已被充分排除。

### 3.8 底质

在潜在锚泊区、其它关键区域以及怀疑海底结构对所需的要素探测有显著影响的区域应确定底质。底质特征分析方法包括：物理取样（PHY）与目视（VIS）和/或实验室（LAB）分析、基于传感器（如后向散射或反射）的推理技术（INF），或基于底质实况采样（INF<sub>w</sub>/GT）和目视解译（VIS）和/或实验室（LAB）分析的推理技术。

底质采样间隔应满足预期产品对海底底质表征的需求（如海图）以及海底地质推断的需求（海洋地质学）。基于推理技术的底质采样不需要有规则的采样模式或间距。采样间距可采用平均值或最大值。如果在特定区域已进行底质采样，例如锚地或其它感兴趣的测量区域，则应记录采样区域的界限。

目前 IHO 没有针对底质特征描述方法及底质采样密度安全航行的标准。然而，矩阵可以用于对此类工作的任务确定和等级划分。根据海底的自然特性和构造以及该区域的预期用途，适合的参数会有很大的不同。测量人员应通过判断来确定适当的底质特征描述方法及底质采样密度，以充分描述该区域的特征。

## 第 4 章 水位和水流

### 4.1 简介

在本章中，水位是在支持深度测量值垂直基准的背景下考虑的，而不是把水位测量作为一个离散的数据集来定义潮汐谐波等，这在其它 IHO 文件中均有涉及。无论采用何种技术进行测量，任何海道测量都必须考虑潮汐和其它水位变化对水深数据 TVU 的影响。安全航行经常需要水流观测值的支持，当测量要求中有规定时，这些观测必须满足本标准中提出的参数要求。

确定海图和陆地测量垂直基准面关系的相关要求，见第 2.5 节。

### 4.2 水位（潮汐）预报

潮汐模型的建立和维护、潮汐表的制作需要水位观测数据。观测水位的时间应尽可能长，最好不少于 30 天。

### 4.3 观测水位的归算

当观测/预报的水位或潮汐用于将测量水深归算至基准面时，在计算 TVU 时必须考虑这些数值的不确定性。观测值优于预测值。

### 4.4 水流（潮流和海流）观测

应在水流可能超过 0.5 节的关键区域观测水流（潮流和海流）的流速和流向。例如，在港口和航道的入口，航道方向变化处，在锚地和码头附近。当沿岸和近岸潮流和海流的强度足以影响水面航行时，建议对其进行测量。

任意位置的水流（潮流和海流）应测量到足以满足测量区域正常水面航行要求的深度。如果是潮流，则应同时观测潮高和气象条件。建议观测周期至少为 30 天。水流（潮流和海流）的速度和方向必须按表 2 中定义的 95%置信水平予以测量。如果有理由认为其它因素（例如季节性河流流量）影响了水流，则应对整个变化周期进行测量。

## 第 5 章 垂直基准面以上的测量

### 5.1 简介

为了安全、有效地航行和锚泊，必须进行垂直基准面以上的测量。下一节将介绍对导航具有特别重要作用的地形测量和大地测量。相应的允许不确定度（适用的 THU 和 TVU）定义见表 2。

在可能的情况下，应该获取这些要素的附加信息，如图纸或照片，以支持测量。

海图和陆地测量垂直基准面转换关系要求见第 2.5 节。

### 5.2 对导航有重要意义的固定助航标志和地形要素

固定助航标志包括，但不限于：立标，昼标，灯光和灯塔。

对航行有重要意义的地形要素是显著要素、地标和目标对象，有助于在有限空间内系泊、靠泊和操作的以及能为航行提供帮助的目标物。

可以为导航提供某些帮助但不是专用导航设备的显著要素，可能包括但不限于，显著的自然地理要素、人工地物和陆地方位标，如：烟囱、火炬、小山或山顶、杆、纪念碑、塔、炼油厂、宗教建筑、筒仓、单体建筑、罐、油库和风车。

此类地物要素对导航的重要性（第 5.5 节）取决于该地物要素的个体特征和周围环境。

主要港口、停泊处和靠泊设施包括但不限于：折流坝、防浪堤、顺岸码头、突堤式码头、系缆桩、桩、系船柱、滑船台、船坞、闸口和防波堤。

可以考虑用地形测量手段定位干出的要素（包括岩石），使之成为对航行有重要意义的地形要素。

这些对导航有重要意义的固定助航标志和重要的要素允许的 THU 和 TVU 见表 2。

### 5.3 浮动导助航标志

浮动导助航标志包括但不限于：浮标，活节式灯桩，渔场和浮船坞。

对于漂浮物标，测得的位置不确定度要明显低于其摆动范围（物体所允许的运动）。在计算这些物标的平均位置时，必须考虑水流、风和水位引起的摇摆。

这些物标位置允许的 THU 如表 2 所示。允许的 TVU 不适用于这些测量。

### 5.4 海岸线

IHO 海道测量词典（S-32）一般将海岸线定义为海岸与海水的交界线。IHO 国际海图规则（INT）和 IHO 海图规范（S-4）更为具体地描述了其为高潮线，或没有明显潮汐或水位变化的平均水位线。海岸线也可以定义为低潮线。海岸线位置允许的 THU 如表 2 所示。本标准范围内，TVU 不适合以上测量内容。

### 5.5 对导航不太重要的要素

对导航不太重要的要素是不明显的要素，可以提供参照和附加信息，但不太可能帮助导航。如第 5.2 节所述，同一类型的地形要素，其对航行显著/重要与否，取决于其个体特征和周围环境。对导航不太重要的地形要素可能包括但不限于不明显的地标，如：烟囱、火炬、小山或山顶、杆、纪念碑、塔、炼油厂、宗教建筑、筒仓、单体建筑、罐、油库和风车。这些物标位置所允许的 THU 和 TVU 见表 2。

### 5.6 净空高度

架空障碍物，如桥梁和电缆，可能对航行造成危害。

净空高度（包括相关的横向净空）定位所允许的 THU 和 TVU，见表 2。

### 5.7 角度的测量

角度的测量包括但不限于：扇形灯可见的扇区和弧度，引导线和安全界线（灯光和标示）的对准。



以上角度测量所允许的 THU 见表 2。 TVU 不适用于以上测量。

## 第 6 章 元数据

### 6.1 简介

元数据是确保测量数据被正确理解和用于绘制海图或其它目的的基础。本标准确定了为航行安全而进行的海道测量应提供的最低元数据标准。如果有额外的元数据可以使用，应该包括这些元数据，以提高测量数据在其它用途中的价值。元数据的示例如 6.2 所示。

### 6.2 元数据内容

元数据可以以任何格式提供，例如在测量报告中或以特定的元数据文件嵌入。所选格式应当支持检索、易于理解和具备软件兼容性。各地的官方海道测量机构或主管当局可以采用此处规定之外的元数据要求，但应制定和记录用于其测量数据的额外元数据清单。下面的表格可以看作是一种模式，但不是最终的数据模型。

元数据应该是综合的，但至少应该包括以下信息：

类别或组	描述
测量类型	例如：航行安全、航道、勘测/草图、检测
垂直/深度测量技术	例如：单波束测深仪、多波束、潜水员、水砣、扫海钢索、摄影测量、卫星遥感测深、激光雷达
测量达到的等级	参照 S-44 标准
水平、垂直基准及独立模型的使用	包括建立与基于 ITRS（例如 WGS84）和历元信息的大地参考框架的联系（如果使用地方基准）。
可达到的不确定度（95% 置信水平）	包括水平和垂直部分：总传播不确定度在水平和垂直方向上的分量。
要素探测能力	以米为单位
要素搜寻	已搜寻测量面积的百分比
水深覆盖率	已覆盖测量面积的百分比
测量日期范围	测量开始和结束日期
测量实施方	测量员、测量单位、测量主管当局
数据所有权	例如：出资方或政府单位

网格属性	可交付的网格成果（例如：分辨率、测量方式、可用图层、不确定度）
数据密度	关于原始数据密度的平均值或取值范围的描述（例如：每个表面单元可以接受的点数）
使用约束	例如：无、分类、不用于导航或者受限制

元数据最好是数字测量记录的组成部分，并且符合“IHO 元数据标准”。如果这种方法不可行，类似的信息应当包括在测量文档中。

## 第 7 章 表和技术指标矩阵

### 7.1 简介

相较于以前的版本，本版本的 S-44 以表格形式呈现航行安全测量规范的关键要素。该版本有两个表格（1 和 2），并提供了一个全新的技术指标矩阵，为航行安全以外的其它类型的海道测量实施增加了灵活性。新的矩阵可定制和增强航行安全测量标准。

### 7.2 航行安全标准

表 1 定义了水深测量的最低标准。位置和水流测量等其它的最低标准见表 2。两个表格必须与本文正文一起阅读理解。

如上所述，表 1 和表 2 所确定的所有标准均包含在技术指标矩阵内，定义值的范围可用于增强或定制航行安全测量。虽然可以以此目的使用矩阵，但它的使用不能降低航行安全测量等级所确定的最低标准。有关如何使用技术指标矩阵的指南，请参阅附件 A。

#### 7.2.1 水深测量标准

表 1 定义了航行安全测量的最低水深测量标准。这些标准的目的是明确的，但在设计上技术是独立的。测深数据（表 1）所达到的等级可独立于其它位置数据（表 2）所达到的等级进行评估，以免降低海图和产品的测深质量。表 1 见下。

#### 7.2.2 其它定位标准，潮流和海流

表 2 定义了垂直基准以上的与航行安全测量相关的导助航设施、构筑物和地形定位的最低标准。还包括与引导线、扇形灯及既定航线或航向上使用的类似的导助航设施有关角度测量的最低标准。最后，规定了潮流和海流方向和速度测量的要求。这个标准仅适用于需要进行此类测量时使用。表 2 见下。

### 7.3 表 1 - 航行安全测量最低水深标准

请结合本标准一并阅读，m = 米，所有不确定度为 95%置信水平，\* = 矩阵引用。

$$TVU_{\max}(d) = \sqrt{a^2 + (b \times d)^2}$$

TVU: a 表示不随深度变化部分

b 为系数，表示不确定度中随深度变化部分

d 是深度

引用	标准	2 等	1b 等	1a 等	特等	超等
第一章	典型水域描述	对海底进行一般描述 即可以满足需要的水域	对可能通过该水域的船舶，其富余深度不认为是问题的水域。	富余深度不是问题，但可能存在通航所关注的要素的水域。	富余深度是至关重要的水域。	有严格的最低富余深度和操纵受限的水域。
2.6 节	水深 THU [m]+[水深百分比]	20m+10%的水深 *Ba5, Bb2	5m+5%的水深 *Ba8, Bb3	5m+5%的水深 *Ba8, Bb3	2m *Ba9	1m *Ba10

2.6 节 3.2 节 3.2.3 节	水深 TVU (a) [m]和[b]	a=1.0m b=0.023 *Bc7, Bd4	a=0.5m b=0.013 *Bc8, Bd6	a=0.5m b=0.013 *Bc8, Bd6	a=0.25m b=0.0075 *Bc10, Bd8	a=0.15m b=0.0075 *Bc12, Bd8
3.3 节	要素探测 [m]或[水深百分比]	未规定	未规定	水深 40m 以内, 立方体 边长 > 2m, 超过 40m 时 为水深的 10% *Be5, Bf3 超过 40m	立方体边长 > 1m *Be6	立方体边长 > 0.5m *Be9
3.4 节	要素搜寻 [%]	推荐但非必须	推荐但非必须	100% *Bg9	100% *Bg9	200% *Bg12
3.5 节	水深覆盖率 [%]	5% *Bh3	5% *Bh3	≤ 100% * ≤ Bh9	100% *Bh9	200% *Bh12

## 7.4 表 2 - 航行安全测量的其它最低标准

请结合本文件全文一并阅读。表 2 中的各类标准仅适用于需要测量的情况。

m = 米，所有不确定度为 95%置信水平，\* = 矩阵引用。

引用	标准	不确定度分量	2 等	1b 等	1a 等	特等	超等
5.2 节	固定的目标物，助航标志，垂直参考基准上对航行有重要作用的要素。	THU[m]	5m *Pa4	2m *Pa6	2m *Pa6	2m *Pa6	1m *Pa7
		TVU[m]	2m *Pb2	2m *Pb2	1m *Pb3	0.5m *Pb4	0.25m *Pb5
5.3 节	浮动的目标物和导助航设备	THU[m]	20m *Pc2	10m *Pc3	10m *Pc3	10m *Pc3	5m *Pc4
5.4 节	海岸线（高潮线、低潮线、平均海面等）	THU[m]	10m *Pd2	10m *Pd2	10m *Pd2	10m *Pd2	5m *Pd3
5.5 节	在垂直基准面以上，对于航行不太重要的要素	THU[m]	20m *Pe2	20m *Pe2	20m *Pe2	10m *Pe3	5m *Pe4
		TVU[m]	3m *Pf1	2m *Pf2	1m *Pf3	0.5m *Pf4	0.3m *Pf5
5.6 节	净空高度	THU[m]	10m *Pg1	10m *Pg1	5m *Pg2	2m *Pg3	1m *Pg4
		TVU[m]	3m *Ph1	2m *Ph2	1m *Ph3	0.5m *Ph4	0.3m *Ph5
5.7 节	角度测量	度	0.5 度 *Pi4				
4.4 节	流向	度	10 度 *Wa1				
4.4 节	流速	节	0.1 节 *Wb5				

## 7.5 矩阵描述

技术指标矩阵提供了一系列可供选择的标准，用于海道测量测深参数和其它类型数据的采集、报告和交付。该系统的引入是为了海道测量任务分配和评估中适应新兴技术以及为航行安全以外的目的而进行的海道测量方面提供灵活性和个性化。在设计上，它是可以拓展的，可以在未来的 S-44 版本中演进。该矩阵既可作为具体指导测量的工具，也可作为完成测量后对数据进行分类的工具。

值得注意的是仅靠矩阵并不能确定任何海道测量标准。航行安全测量标准（如表 1 和表 2 所定义）参考了矩阵准则，而矩阵可用于定制和增强这些最低标准。在本标准中，目前没有定义为航行安全以外的目的（例如：地球物理、石油和天然气、疏浚和岩土工程）而定义的测量标准。但是，表中提出的准确度范围是为了适应这些测量并为海道测量任务分配和评价提供一个通用框架。

此外，随着新的航海产品和相关产品规范/数据模型（例如电子海图（ENC）和 S-101 新一代电子海图产品规范）的出现，船员将可获得其它类型的信息。矩阵可用于帮助定义和分类这些不断发展的产品中的各种数据。

有关如何使用技术指标矩阵的指南和其它信息，请参阅附件 A。



## 7.6 矩阵

海道测量矩阵。请结合本文件全文一并阅读，m = 米，所有不确定度为 95%置信水平。

	标准	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>B</b>	<b>水深测量</b>														
a	深度 THU[m]	500	200	100	50	20	15	10	5	2	1	0.5	0.35	0.1	0.05
b	深度 THU[深度百分比]	20	10	5	2	1	0.5	0.25	0.1						
c	深度 TVU “a” [m]	100	50	25	10	5	2	1	0.5	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05
d	深度 TVU “b” 备注 1	0.20	0.10	0.05	0.023	0.02	0.013	0.01	0.0075	0.004	0.002				
e	要素探测[m]	50	20	10	5	2	1	0.75	0.7	0.5	0.3	0.25	0.2	0.1	0.05
f	要素探测[深度百分比]	25	20	10	5	3	2	1	0.5	0.25					
g	要素搜寻[%]	1	3	5	10	20	30	50	75	100	120	150	200	300	
h	水深覆盖率[%]	1	3	5	10	20	30	50	75	100	120	150	200	300	

备注 1: 使用参数 “b” 作为深度的百分比，需要将其乘以 100。

	标准	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>P</b>	<b>垂直基准面以上的其它位置信息</b>														

a	固定助航物或重要要素的 THU[m]	50	20	10	5	3	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01		
b	固定助航物或重要要素的 TVU[m]	3	2	1	0.5	0.25	0.1	0.05	0.01						
c	浮标和其它漂浮物的 THU[m]	50	20	10	5	2	1	0.5							
d	海岸线 THU（高潮线、低潮线、平均海面等）[m]	20	10	5	1	0.5	0.25	0.1							
e	非重要的航行要素 THU[m]	50	20	10	5	3	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01		
f	非重要的航行要素 TVU[m]	3	2	1	0.5	0.3	0.25	0.1	0.05	0.01					
g	净空高度、叠标线和扇形灯高度的 THU[m]	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01					
h	净空高度、叠标线和扇形灯高度的 TVU[m]	3	2	1	0.5	0.3	0.1	0.05	0.01						
i	角度测量[度]	5	2.5	1	0.5	0.2	0.1	0.05							

	标准	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>W</b>	<b>潮流</b>														
a	流向[度]	10	7.5	5.0	2.5	1.0	0.5	0.25	0.10						
b	流速[节]	2	1	0.5	0.25	0.10									

	标准	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
N	底质														
a	底质分析法 备注 2	PHY - VIS	PHY - LAB	PHY - VIS & LAB	INF	INF w/ GT (VIS)	INF w/ GT (LAB)	INF w/ GT (VIS & LAB)							
b	底质采样 频率[m] 备注 2	As Rep to GT	10000	5000	2500	1852	1000	500	250	100	75	50	25	10	5

备注 2: PHY = 物理采样, VIS = 目视分析, LAB = 实验室分析, INF = 推理技术, w/ = 用, GT = 底质实况资料, As Rep to GT = 根据需要对海底情况进行各种推理技术 (参考 3.8 节)。

## 附录 A 矩阵指南

### A.1 简介

在 7.6 节所描述的矩阵包括一系列可供选择的海道测量参数/数据类型标准。它由以下数据类别组成：水深测量、其它定位信息、水流和底质。

这些标准是通过引用矩阵单元格中一系列字母数字代码得到的。一个标准需要三个字符来引用一个单元地址。

1. 第一个字符是表示数据类别的大写字母。
2. 第二个字符是按行引用预期标准的小写字母。
3. 第三个字符是按列引用预期标准值的数字。

字符串应该只包含测量标准和分类所需的参数和数据类型。如果没有单元格引用，则表示不需要相关条件，并且在所需的公式中应使用“0”。

表 A1-矩阵类型和表述

	类型	描述
<b>B</b>	水深	深度和要素
<b>P</b>	其它位置信息	垂直基准面以上的特殊地物位置
<b>W</b>	水流	水流的流向和流速
<b>N</b>	底质	底质特征

Criteria	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>P</b> OTHER POSITIONING ABOVE THE VERTICAL REFERENCE									
a Fixed Aids, Features Significant to Navigation <b>THU</b> [m]	50	20	10	5	3	2	1	0.5	0.2
b Fixed Aids, Features Significant to Navigation <b>TVU</b> [m]	3	2	1	0.5	0.25	0.1	0.05	0.01	
c Floating Aids and Objects <b>THU</b> [m]	50	20	10	5	2	1	0.5		

Figure A1 - Example: (Pb4) derivation of Fixed Aids, Features Significant to Navigation TVU = 0.5 m

图 A1：例：（Pb4）为固定助航标志或重要要素的 TVU = 0.5 米

## A2 矩阵实现实例

### A.2.1 矩阵表示

矩阵实现可以通过多种表示形式进行，包括：示意图、表格、文本字符串和阴影矩阵。

### A.2.2 表格实例

下表展示了“矩阵实现”的两个实例。1a 等测量和自定义规格。此表包括与矩阵单元格关联的值。尽管在测量技术标准中提供这些值很有帮助，但对于交流需求来说，这些并不是必需地。彩色单元格突出显示了 1a 等测量与自定义规范的不同，后者要求更高。

<b>B</b>	水深	1a 等值	矩阵单元	自定义	矩阵单元
a	深度 THU[m]	5	Ba8	5	Ba8
b	深度 THU[深度百分比]	5	Bb3	5	Bb3
c	深度 TVU “a” [m]	0.5	Bc8	---	---
d	深度 TVU “b”	0.013	Bd6	0.010	Bd7
e	要素探测[m]	2 (≤40 米)	Be5 (≤40 米)	1≤40 米)	Be6
f	要素探测[深度百分比]	10 (>40 米)	Bf3 (>40 米)	10	Bf3
g	要素搜寻[%]	100	Bg9	100	Bg9
h	水深覆盖率[%]	≤100	≤Bh9	100	Bh9
<b>P</b>	<b>其它位置信息</b>				
a	固定助航物或重要要素的 THU[m]	2	Pa6	2	Pa6
b	固定助航物或重要要素的 TVU[m]	1	Pb3	1	Pb3
c	浮标和其它漂浮物的 THU[m]	10	Pc3	10	Pc3
d	海岸线 THU (高潮线、低潮线、平均海平面等) [m]	10	Pd2	10	Pd2
e	非重要的航行要素 THU[m]	20	Pe2	5	Pe4
f	非重要的航行要素 TVU[m]	1	Pf3	1	Pf3
g	净空高度、叠标线和扇形灯高度的 THU[m]	5	Pg2	5	Pg2
h	净空高度、叠标线和扇形灯高度的 TVU[m]	1	Ph3	1	Ph3
i	角度测量[度]	0.5	Pi4	0.5	Pi4
<b>W</b>	<b>水流</b>				
a	流向[度]	10	Wa1	5	Wa3
b	流速不确定度[节]	0.1	Wb5	0.1	Wb5
<b>N</b>	<b>底质</b>				

a	底质分析法	---	---	推理技术和 根据需要对 海底情况进 行各种推理 技术（直观 分析和实验 室分析）	Na7
b	底质采样频率[m]	---	---	根据需要对 海底情况进 行各种推理 技术	Nb1

### A.2.3 文本字符串实例

下面的文本字符串展示了“矩阵实现”的实例：1a 等测量以及一个众源数据集的例子。

#### 1a 等测量矩阵文本字符串实例：

根据 S-44 矩阵分类为：

Ba8, Bb3, Bc8, Bd6, Be5 ( $\leq 40\text{m}$ ), Bf3 ( $> 40\text{m}$ ), Bg9,  $\leq$ Bh9, Pa6, Pb3, Pc3, Pd2, Pe1, Pf3, Pg2, Ph3, Pi4, Wa1, Wb5.

根据测量区域和规范要求，并不是所有的参数都需要测量，因此可以分为几个单独的部分。根据 S-44 矩阵分类为：

水深测量：Ba8, Bb3, Bc8, Bd6, Be5 ( $\leq 40\text{m}$ ), Bf3 ( $> 40\text{m}$ ), Bg9,  $\leq$ Bh9

固定目标物、助航物以及在垂直基准面以上的重要要素：Pa6, Pb3

浮标和其它漂浮物：Pc3

海岸线：Pd2

在垂直基准面以上的非重要要素：Pe2, Pf3

净空高度和叠标线，扇形灯高度：Pg2, Ph3

角度测量：Pi4

水流：Wa1, Wb5

#### 众源数据集实例：

采用单波束回声测深仪和无声速剖面改正的深水众源测深数据集，可由 TVU 和 THU 进行分类（如果不是系统测量，那么覆盖范围是没有用的）：

根据 S-44 矩阵分类为：Ba3, Bc5, Bd3

#### 引用

用于数据集分类的文本字符串应对 S-44 测量等级或矩阵有着清晰的引用，突出显示测量等级的任何差异。

实例：根据 S-44 矩阵分类为（Ba8, Bb3...）或者根据 S-44 测量等级和矩阵分类为：特等测量，Ba12（在本例中，Ba12 显示为特等测量的进一步增强）



备注：单独使用文本字符串有较高翻译错误的可能性。

### A.2.4 矩阵实例

例如：1b 等测量使用技术指标矩阵，m = 米，所有不确定度为 95%置信水平，图中橙色为 1b 等单元格。

	标准	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>B</b>	<b>水深</b>														
a	深度 THU[m]	500	200	100	50	20	15	10	5	2	1	0.5	0.35	0.1	0.05
b	深度 THU[深度百分比]	20	10	5	2	1	0.5	0.25	0.1						
c	深度 TVU “a” [m]	100	50	25	10	5	2	1	0.5	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05
d	深度 TVU “b” 备注 1	0.20	0.10	0.05	0.023	0.02	0.013	0.01	0.0075	0.004	0.002				
e	要素探测[m]	50	20	10	5	2	1	0.75	0.7	0.5	0.3	0.25	0.2	0.1	0.05
f	要素探测[深度百分比]	25	20	10	5	3	2	1	0.5	0.25					
g	要素搜寻[%]	1	3	5	10	20	30	50	75	100	120	150	200	300	

h	水深覆盖率[%]	1	3	5	10	20	30	50	75	100	120	150	200	300	
---	----------	---	---	---	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	--

备注 1:使用参数“b”作为深度的百分比, 需要将其乘以 100。

	标准	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>P</b>	垂直基准面以上的其它位置信息														
a	固定助航物或重要要素的 THU[m]	50	20	10	5	3	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01		
b	固定助航标志或重要要素的 TVU[m]	3	2	1	0.5	0.25	0.1	0.05	0.01						
c	浮标和其它漂浮物的 THU[m]	50	20	10	5	2	1	0.5							
d	海岸线 THU (高潮线、低潮线、平均海平面等) [m]	20	10	5	1	0.5	0.25	0.1							
e	非重要的航行要素 THU[m]	50	20	10	5	3	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01		
f	非重要的航行要素 TVU[m]	3	2	1	0.5	0.3	0.25	0.1	0.05	0.01					
g	净空高度、叠标线和扇形灯	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01					

	高度的 THU[m]														
h	净空高度、叠 标线和扇形灯 高度的 TVU[m]	3	2	1	0.5	0.3	0.1	0.05	0.01						
i	角度测量[度]	5	2.5	1	0.5	0.2	0.1	0.05							

	标准	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>W</b>	<b>水流</b>														
a	流向[度]	10	7.5	5.0	2.5	1.0	0.5	0.25	0.10						
b	流速[节]	2	1	0.5	0.25	0.10									

	标准	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>N</b>	<b>底质</b>														
a	底质分析法 备 注 2	物理采 样-直观 分析	物理采 样-实验 室分析	物理采 样-直观 分析和 实验室 分析	推理技 术	推理技 术和根 据需要 对海底 情况进 行各种 推理技 术(直观	推理技 术和根 据需要 对海底 情况进 行各种 推理技 术(实验	推理技 术和根 据需要 对海底 情况进 行各种 推理技 术(直观							

						分析)	室分析)	分析和 实验室 分析)							
b	底质采样频率[m] 备注2	As Rep to GT	10000	5000	2500	1852	1000	500	250	100	75	50	25	10	5

备注 2: PHY = 物理采样, VIS = 目视分析, LAB = 实验室分析, INF = 推理技术, w/ = 用, GT = 底质实况资料, As Rep to GT = 根据需要对海底情况进行各种推理技术。

## 附录 B 质量管理指南

注：本附件不是 S-44 标准的组成部分，当其中的信息完全纳入 IHO 出版物 C-13 《海道测量手册》时，将予以删除。

**质量控制：**根据规则要求对成果进行测试，以保持产品符合标准的质量评估程序。

### B.1 质量控制

质量控制不仅仅需要证明测量的最终结果在 S-44 规定的范围内。为了达到要求的质量，有三个影响质量的重要因素：材料、程序和人员。所有因素都是海道测量产品质量控制的关键。质量控制不仅仅是指标和计算，而是对影响测量的所有因素的全面概述。

### B.2 设备

使用的设备必须能够产生符合规定标准的数据。首先，必须包括所有设备的总传播不确定度和用于得出报告测量值的改正值。在计算总传播不确定度时，必须考虑到测量介质的时间影响和空间影响。通过对某一特定环境下的总传播不确定度的先验计算，来确定仪器设置是否满足质量要求。如果在测量前不能计算出不确定度，则必须采取其它方法描述已达到的不确定度，以验证能否满足标准要求。

其次，使用的设备应无（系统）误差，这些误差必须通过校准和检定来确定。

使用经过校准的设备获取满足质量要求的数据，这是质量控制过程的第一步。测量前最好在实地（现场）检查整个系统，每当在测量过程中出现疑问时同样也要检查。

### B.3 程序

使用标准化的海道测量数据采集和处理程序可以减少误差的风险。通过对全

过程的描述，可以对过程早期阶段发生的误差进行检查和测试。这对于之后无法检测到的误差来说非常重要。

程序可以包括用于外部审核和数据产品标准化的完整流程表。在程序中，必须允许后验质量检查。

## **B.4 人员**

所有测量工作必须由有资格的人员实施。这些人员必须经过培训并有作业能力。正规资格是首选，如 A 级和 B 级认可的课程，但经证实的工作经验也可以。个人专业资格认证方案也应予以考虑。

## 附录 C 先验和后验质量控制指南

注：本附件不是 S-44 标准的组成部分，当其中的信息完全纳入 IHO 出版物 C-13 《海道测量手册》时，将予以删除。

S-44 标准是指先验和后验结果的质量标准。在本指南中，简要介绍了如何确定先验不确定度和后验不确定度。确定不确定度对于海道测量中使用的任何技术都是必要的，确定方法可能因所用的测量技术不同而存在较大差异。

### C.1 先验不确定度

先验不确定度是基于影响测量的所有因素的最佳实践估计理论值。测量中使用的每一种仪器和环境影响都会使总不确定度增加。测量前计算水平和垂直方向的总不确定度，可以向海道测量人员确认所选的设备在测量区域环境中能否达到测量标准的要求。如果达不到测量标准，则可能需要针对该特定环境采用其它设备或测量技术。

在测量过程中，应对设备和环境不确定度的估计进行调整或评估。通过这种调整，可以改善先验不确定度。

### C.2 后验不确定度

从根本上说，海道测量人员最感兴趣的是后验不确定度。

在参考区域之外，不可能从数据集中确定后验不确定度。数据集是最终结果，它包含了整个过程中涉及到的所有误差，但不可能从数据集中计算出后验不确定度。有许多技术和程序可以检查海道测量数据集，它们可以为数据集的可信度提供证明，然而没有任何工具可以计算出一个未知区域的后验不确定度。

一项预备工作是检查整个系统的性能，确保它能按照规定的等级，满足水平、垂直最小规定和要素探测的要求。为防止测量时出现任何垂直偏差，应使用众所周知的参考区域，并定期对这些参考区域进行检定。

在测量过程中，应考虑通过评估测量系统的时空重复性来确认垂直模型的有效性。



## 附录 D 网格化水深测量注意事项

**注：**本附件不是 S-44 标准的组成部分，当其中的信息完全纳入 IHO 出版物 C-13 《海道测量手册》时，将予以删除。

**参考文献：**编写本附件时采用了下列参考文献的内容。

IHO S-100，通用海道测量数据模型—3.0.0 版。

IHO S-102，水深表面产品规范—1.0.0 版。

IHO B-11，IHO-IOC GEBCO Cook Book--2018 年 9 月版

ISO 19107:2003 地理信息—空间模式

ISO 19115:2003 地理信息—元数据

ISO 19123:2005 地理信息—覆盖几何和函数模式。

开放式航行水面工作组，需求文档—1.0 版

开放式航行水面工作组，规范格式文件--水深属性网格对象(BAG)的描述—1.6.3 版。

开放式航行水面工作组，用于 BAG 文件的扩展可变分辨率网格—1.2 版。

数字高程模型技术和应用：DEM 用户手册—第 3 版

GEBCO - 常见问题：

[https://www.gebco.net/about\\_us/faq/#creating\\_a\\_bathy\\_grid](https://www.gebco.net/about_us/faq/#creating_a_bathy_grid)

### D.1 引言

随着海道测量数据样本密度的增加，海底表示方法已从选取水深和等深线等矢量产品转向网格化的水深模型。现在水深测量的结果通常以数字网格或不同分辨率的网格系列的形式储存。这些网格通常包括节点的深度和不确定度，还可能包括样本标准差、样本密度、网格节点附近的浅点采样值等附加信息，甚至包括允许在潮汐基准和参考椭球之间进行转换的信息。对于许多海道测量机构来说，现在的生产工作流程侧重于将这些网格化的水深模型作为替代全分辨率水深文件的数据源。利用网格化的测深数据可以缩短生产时间，因为这些数据提供了轻量级的数字包信息。

网格化的水深模型也用于小比例尺的应用，如区域海底特征分析。在许多情况下，这些网格是观测的采样数据、测量的网格数据、估计的数据和插值的数据的组合。本附件不讨论这些类型网格编译的注意事项，因为关于这一主题的大量信息由负责大洋测深总图（GEBCO）的 IHO-IOC 联合指导委员会保管。

## D.2 定义

**区域表示法：**网格数据的表示方法，其中整个单元格被假定为相同的值，只有在单元格的边界才会发生变化。（《DEM 用户手册》）

**水深模型：**用坐标和深度对海底地形进行数字表达。

**网格：**由两组或多组曲线组成的网络，其中每一组的成员以系统的方式与其它组的成员相交。（ISO 19123）

**网格单元：**定义在网格线之间间隙内的区域。（ISO 19123）

**网格线配准：**网格节点以网格线交点为中心的配准方法。（GEBCO）

**网格节点：**一个数据点，具有网格定义和配准所引用的精确地理位置。网格内包含的值描述了该位置的选定信息。（ONSWG）

**漏测区：**在某一海道测量中，测深线或测深点之间间距超过最大允许范围的无意识未测区域（IHO 词典 S-32）。

**像素中心配准：**网格节点以网格单元为中心的配准方法。（GEBCO）

**曲面表示法：**网格化数据的表示方法，其中网格节点代表每个单元质心处的表面值。单元中心之间的区域被假定为介于相邻单元之间的值（《DEM 用户手册》）。

**不确定度类型：**用于计算与网格节点相关联的不确定度的计算类型。

## D.3 网格注意事项

### D.3.1 网格分辨率

网格化的水深模型通常是预先定义的深度范围使用固定分辨率生成的。当在给定的深度范围内选择固定分辨率时，往往会做出折衷，最终无法同时为最浅和最深水深选择网格分辨率。

除了每个深度范围的固定分辨率外，最近在水深数据处理方面的努力使得可以生成可变分辨率的网格水深模型。这些模型可以根据预先确定的深度范围使用固定分辨率生成（如独立网格），也可以使用基于深度和测得的数据密度的自动化方法来自动生成。

当测量要求需要探测设定尺寸的要素，并且最终网格化的测深模型将代表测量结果时，网格内准确的要素表示就会要求网格单元大小不大于网格测深模型所要描述的要素大小，但建议使用要素一半大小的单元。

网格分辨率的选择也应考虑到输入样本的水平不确定度，以及在所选择的网格方法或算法中使用这种不确定度的方法。

最终应根据网格的预期用途来确定网格分辨率，因此，测量可能需要不同分辨率的网格来满足多种目的。

### **D.3.2 采样密度**

官方海道测量机构或主管当局负责确定可接受的数据密度要求，以便准确地描述重要的海底要素，并负责确定网格节点局部附近深度的可靠估计，以便漏测区数据不会被网格分辨率所掩盖。这一决定要求测量人员在使用传感器之前验证其要素探测性能，包括选择和使用合适的采集参数。

如果要采用统计网格方法，则应通过每个区域可接受样本的最小阈值（如大于或等于每个节点 5 个样本）来规定可接受的数据密度。数据密度要求还应说明达到这一密度所需的网格内节点的百分比，例如，网格内所有节点中至少有 95% 的节点应达到最低要求密度。

### **D.3.3 网格覆盖率**

官方海道测量机构或主管当局负责界定数据间隙或漏测区数据。该定义应通过不存在深度的连续节点数来描述海底区域。

当使用预先定义深度范围的固定分辨率生成网格化的测深模型时，相邻网格之间应存在重叠区，以确保相邻网格之间不会产生覆盖范围的空白。

### D.3.4 海道测量员覆盖网格节点

在使用统计网格方法时，网格算法有可能忽略某个感兴趣要素上的一个重要浅点深度。在许多水深数据处理软件包中都有工具可以覆盖节点值，并手动强制模型选择浅点深度。官方海道测量机构或主管当局负责确定何时覆盖阈值是适合的。有些阈值是基于不确定度的，例如，只有当节点值和最近的浅点样本之间的差异超过允许的总垂直不确定度（TVU）时，才会覆盖统计学上重要的节点深度值。其它阈值可根据收集数据集所要支持的产品规模来定义。对要素选取和节点覆盖方法的说明应与网格化的测深模型一起提交，以便最终用户确定该模型是否符合预期用途。

## D.4 网格化方法

对于密集和稀疏的数据集，存在几种可能的网格化方法。官方海道测量机构或主管当局负责根据最终网格数据集的预期目的确定合适的方法。这一决定应考虑网格划分方法或算法在所选软件包中的实现，还应考虑选定软件中网格节点表示方法和图示方法。

下文列出了在对测深数据集进行网格化时常用的一些方法：

- 最浅水深法是在给定影响区域内检查深度估计，并将最浅水深值分配给节点位置。由此得出的曲面代表了整个给定区域的最浅深度。最浅水深值通常用于航行安全的目的。
- 最深水深法是在给定影响区域内检查深度估计，并将最深水深值分配给节点位置。由此得出的曲面代表了整个给定区域的最深深度。在后处理过程中，经常使用深度曲面来识别数据集中的异常值。
- 基本平均法计算每个网格节点的平均深度，其中单元内的所有水深值都具有相同的权重。
- 统计中位数法通过按顺序排列贡献样本并选择中值来计算节点的深度。
- 基本加权平均法计算每个网格节点的平均深度（使用测深位置到节点位置的距离倒数作为加权模式）。在给定的影响范围内，对贡献的深度估计进行加权平均，计算出最终的节点值。

- 总传播不确定度（TPU）加权平均值法利用每个贡献的深度估计值的高度和相关的总传播不确定度，计算每个节点位置的加权平均深度。
- 不确定度和水深估计量联合算法（CUBE）利用每一个贡献水深值的高度和相关的总传播不确定度来计算兴趣区域的一个或多个假设。由此产生的假设用于估计每个节点位置的统计代表性深度。
- 最近邻域法确定兴趣区域内距离节点最近的测深点的深度值。这种方法不考虑其它邻近点的值。
- 自然邻域插值法在感兴趣的区域内识别并加权（作为最小多边形表面的逆函数—Voronoi 分布—围绕测深值）一个子集，以插值最终的节点值。
- 多项式趋势网格法尝试拟合多项式趋势，或通过一组输入数据点拟合最佳曲面。这种方法可以将趋势映射到数据较少或没有数据的区域，但当数据集内没有明显的趋势时，这种方法就不能很好地发挥作用。
- 样条函数网格法使用数学函数来估计节点深度，以最小化曲面的整体曲率。最终的“平滑”表面根据贡献的输入估计深度值精确延伸。这种样条函数算法被认为是一种稀疏数据网格方法。
- 克里金网格法是一种地理统计插值方法，它从一组已知深度的分散点中生成一个估计曲面。

## D.5 网格不确定度

与网格化的测深模型内所包含的深度值有关的不确定度可以用各种方法来描述，其中可能包括：

原始标准差是指对节点有贡献的样本标准差。

标准差估计函数是由假设算法（如 CUBE 的不确定度标准输出）捕捉的样本标准差。

成果不确定度是标准差估计函数不确定度和其它方式的混合，这些方式可能包括原始标准差，以及用于生成代表节点的假设样本子集的平均垂直不确定度。

历史标准差是基于历史/归档数据的估计标准差。

也可以指定其它不确定度类型。不确定度估计方法应在所附网格元数据中加以记录。

上面列出的不确定度类型描述了节点深度的垂直不确定度。如果水深资料没有以合适的网格分辨率来表示，所得到的网格可能显示出比预期更高的不确定度数值，例如，在急剧倾斜的水深线上，节点不确定度数值可能比预期更高。

如果需要，可以通过计算对网格节点有贡献的样本的水平不确定度值的基本或距离加权平均值来获得网格节点的水平不确定度。

## **D.6 适用范围**

网格化的测深模型是海道测量的常见产品；然而，在测量数据集最终确定之前，模型表示的效用就已经开始了，因为这些数据也可以在测深采集期间用来验证测量要求，并在数据集校验工作中证明数据集的质量。

### **D.6.1 测量数据采集**

网格化的测深模型可以提供关于正在进行的海底样本密度和重要海底要素识别的宝贵信息。可以利用这些模型来评估在何处以及在多大程度上实现了测深覆盖，确定要素搜索的目标，以及哪些地方存在漏测区。为了在离开测量区域之前确定外业数据的完整性，有必要在测量作业期间对这些项目进行监测。

### **D.6.2 测量数据校验**

网格化的测深模型可以作为一种比较工具，用于检查测量中深度数据的一致性，以及是否存在偶然和系统的数据集误差。这些模型还可以作为相邻测量之间和不同采集传感器之间的比较工具。完成高分辨率网格化的数据和传统的点数据之间的比较可以提供差异化的统计数据，并在未来产品更新的优先方案中提供帮助。比较网格深度和相关的节点不确定度是用于确定测量数据集是否也符合所需的不确定度阈值的另一种常用方法。

### **D.6.3 测量数据成果**

如本附件所述，有测量日志、报告和其它元数据的网格化的测深模型足以作为测量的权威成果和可交付成果。网格化的模型还可作为生成产品的直接输入，

用于支持航行安全和其它海洋环境目标的保护。

## **D.7 元数据**

为确保网格化的测深模型适用于包括但不限于航行安全的目的，需要有适当级别的元数据来描述数据集。IHO S-102（水深表面产品规范）提供了源自 S-100、ISO 19115 和 ISO 19115-2 的元数据要素。S-102 中描述的元素包括强制性、可选性和条件项。根据本规范，网格化的测深模型的结论性元数据将包括数据集描述信息、深度校正类型、不确定度分量、网格参考和坐标系信息，以及时间描述、网格构建方法和产品生成责任人的信息。

海道测量项目组主席 Christophe VRIGNAUD（法国，Shom）在副主席 Nickolás DE ANDRADE ROSCHER（巴西，DHN）和 IHO 秘书处的支持下，感谢下列专家（按字母顺序排列）的贡献：

Sejin AHN, 韩国（KHRA）  
Anderson BARBOSA DA CRUZ PEÇANHA, 巴西（DHN）  
Erik BISCOTTI, 意大利（IIM）  
Vidar BØE, 挪威（NHS）  
James CHAPMAN, 英国（UKHO）  
Andrew COULLS, 澳大利亚（AHO）  
Rodrigo DE CAMPOS CARVALHO, 巴西（DHN）  
Cristina MONTEIRO, 葡萄牙（IH）  
David DODD, 专家贡献者（IIC 技术）  
Marco FILIPPONE, 专家贡献者（Fugro）  
Maxim FRITS VAN NORDEN, 专家贡献者（南密西西比大学）  
Fabien GERMOND, 专家贡献者（iXblue）  
Megan GREENAWAY, 美国（NOAA）  
Florian IMPERADORI, 法国（Shom）  
Iji KIM, 韩国（KHOA）  
Jean LAPORTE, 专家贡献者（ARGANS）  
Kwanchang Lim, 韩国（KHOA）  
John LOOG, 荷兰（NLHO）  
Jean-Guy NISTAD, 德国（BSH）  
JongYeon PARK, 韩国（KHOA）  
Hugh PARKER, 专家贡献者（Fugro）  
David PARKER, 英国（UKHO）  
Stephen PARSONS, 加拿大（CHS）  
Alistair PHILIP, 英国（UKHO）  
Ronan PRONOST, 法国（Shom）  
Misty SAVELL, 美国（NGA）  
Thierry SCHMITT, 法国（Shom）  
Iain SLADE, 专家贡献者（IFHS）  
Diego TARTARINI, 意大利（IIM）  
Matthew THOMPSON, 美国（NAVOCEANO）  
David VINCENTELLI, 专家贡献者（iXblue and IFHS）  
James WALTON, 专家贡献者（AML）  
Neil WESTON, 美国（NOAA）  
Enrico ZANONE, 意大利（IIM）  
Anders ÅKERBERG, 瑞典（SMA）  
Hans ÖIÅS, 瑞典（SMA）

特别感谢 Richard POWELL（美国，NOAA）拍摄的封面图片。

版本 6.0.0 至 6.1.0 由 HSWG S-44 起草团队完成修订