

HY

中华人民共和国海洋行业标准

HY/T XXXXX—XXXX

蓝碳生态系统碳储量调查与评估技术规程
海草床

Technical code of practice for investigation and assessment of carbon stock in the
blue carbon ecosystems—Seagrass bed

(报批稿)

2020年11月20日

20XX - XX - XX 发布

20XX - XX - XX 实施

中华人民共和国自然资源部 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 调查方案	2
4.1 调查方案编制	2
4.2 调查范围和分区	2
4.3 调查内容	3
4.4 站位布设	3
4.5 调查时间及频率	3
5 有机碳含量调查	4
5.1 仪器和工具	4
5.2 样品采集	4
5.3 样品处理	5
5.4 样品分析	6
6 海草床面积调查	6
7 碳储量评估	6
7.1 碳库组成	6
7.2 生物量碳库	7
7.3 沉积物碳库	8
7.4 凋落物碳库	8
8 质量控制	9
附录 A（规范性）海草床碳储量调查与评估通用记录格式	10
附录 B（规范性）不确定性分析	17

前 言

本文件按照 GB/T1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国海洋标准化技术委员会(SAC/TC 283)归口。

本文件起草单位：国家海洋信息中心、中国科学院海洋研究所、自然资源部第四海洋研究所、国家海洋标准计量中心、国家海洋局天津海洋环境监测中心站、广西壮族自治区海洋研究所。

本文件主要起草人：赵鹏、周毅、江洪友、徐春红、朱祖浩、刘旭佳、张少峰。

蓝碳生态系统碳储量调查与评估技术规程 海草床

1 范围

本文件给出了海草床碳储量调查方案编制、有机碳含量调查、海草床面积调查、碳储量评估等内容、指标与方法。

本文件适用于海草床碳储量调查与评估。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 12763.1-2007 海洋调查规范 第1部分：总则

GB/T 16831-2013 基于坐标的地理点位置标准表示法

GB 17378.5-2007 海洋监测规范 第5部分：沉积物分析

HY/T 083-2005 海草床生态监测技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

海草床 seagrass bed

由生活在海洋中的沉水开花植物建群形成的生态系统。

[来源:HY/T 083-2005, 3, 有修改]。

3.2

碳库 carbon pool

沉积物、生物、水体和大气中储存二氧化碳或其前体的一个或多个组成部分。

3.3

碳储量 carbon stock

在特定时间和空间内，碳库内所包含有机碳的绝对数量。

3.4

生物量 biomass

特定面积或体积中生命有机体的质量总和。

3.5

地上生物量 aboveground biomass

海草地上部分叶片、叶鞘、花和果实的生物量。

3.6

地下生物量 belowground biomass

海草地下部分根状茎和根的生物量。

3.7

附生生物量 epiphyte biomass

着生在海草地上部分上的藻类及其他生物的生物量。

3.8

凋落物 litter

海草床生态系统中脱落死亡的叶片、叶鞘、根茎、根、花和果实等。

4 调查方案

4.1 调查方案编制

按照 GB/T 12763.1-2007 第 6 章的规定执行。

4.2 调查范围和分区

4.2.1 调查范围

调查范围应根据调查目的和调查对象确定。

调查范围的边界宜通过地图、海图、地形图、航空或卫星遥感影像以及文献、历史调查资料确定。对于缺乏资料的调查对象，须在实地踏勘和预调查的基础上确定边界。调查边界应精确绘制并标明经纬度，经纬度表示法及分辨率按照 GB/T 16831-2013 附录 D 和附录 E 规定执行。

4.2.2 调查分区

将存在异质性的调查区域划分为若干小区，同一小区内视为性质均一。分区需要考虑的因素包括：

- a) 生物多样性及健康状况；
- b) 现有及潜在的海域使用方式；
- c) 其他可能影响海草床碳储量的因素。

4.3 调查内容

需要调查的海草床碳库包括生物量碳库、沉积物碳库和凋落物碳库，其中生物量碳库包括海草地上生物量碳库和地下生物量碳库，以及附生生物量碳库。

4.4 站位布设

4.4.1 一般要求

调查站位布设应满足以下要求：

- a) 应符合调查目的及准确度的要求；
- b) 在保证准确度的前提下，确定最少站位数量；
- c) 应覆盖所有调查小区，并反映各小区的生态特征；
- d) 站位应布设在干扰少的地方；
- e) 应不危及到海草床斑块的生存；
- f) 应符合安全作业的要求。

4.4.2 布设方法

常用的站位布设方法包括：

- a) 随机取样法：在每个小区中随机选择站位；
- b) 栅格取样法：用正方形或六边形的栅格覆盖小区，在栅格内随机选取一个点作为样方；
- c) 样线取样法：沿着与岸垂直的样线，在小区内取样。

一般使用随机取样法和栅格取样法，当环境要素沿某一方向发生规律性变化时，难以随机取样时，可采用样线取样法。

4.4.3 样方

样方应满足如下要求：

- a) 应根据海草植物种类、植株密度确定样方大小；
- b) 样方的大小应能够反映调查对象中不同小区和碳库组成的特征；
- c) 地上生物量、地下生物量和凋落物样方应一致；
- d) 凋落物样方可为海草地上生物量样方的一部分；
- e) 地下生物量采样可使用直径不大于 20 cm 的根系采样器；
- f) 沉积物柱状样直径宜在 50 mm~75 mm 之间；
- g) 样方宜采取随机、三角形、直线型方式布置；
- h) 应尽量减小对海草床的干扰和破坏；
- i) 每一站位应设置不少于 3 组平行样方。

4.5 调查时间及频率

应在海草植物生长旺季调查。全国范围的调查宜每 5 年开展一次。

5 有机碳含量调查

5.1 仪器和工具

仪器和工具主要包括：

- a) 卫星定位仪，单点优于 5 m；
- b) 照相机，防水深度优于 5 m；
- c) 动力柱状采样器；
- d) 冷冻干燥机或烘箱；
- e) 电子天平，感量 0.1 mg；
- f) 根系采样器；
- g) 电圆锯；
- h) 筛网，网眼宽 1 mm；
- i) 研钵；
- j) 干燥器；
- k) 标准筛，60 目；
- l) 游标卡尺；
- m) 钢卷尺；
- n) 其他实验室常用工具。

5.2 样品采集

5.2.1 调查信息记录

在每个调查站位均应记录相关信息，填写采样站位记录表（见附录 A 表 A.1），相关要求如下：

- a) 记录采集地点、采样日期、站位编号、采样人和植被类型等，使用卫星定位仪记录经纬度；
- b) 记录海草植物的样品号、样方面积、海草植物种类、优势种和茎枝数量等；
- c) 记录沉积物柱状样的样品号、经纬度、采样管材质、采样管长度、内径、采样管顶部距外侧沉积物表面距离（ l_1 ）和距采样管内部沉积物表面距离（ l_2 ）等；
- d) 使用照相机采集植株、叶片、生境照片等；
- e) 描述并记录海草健康状况，沉积环境、水动力条件特征等；
- f) 样品应有明确的标签，标签上注明样品名称、采样时间、批次、站位及采样人员等信息。对样品标识、编号、封条、现场记事本，监管记录和样品清单、以及使用的程序等，要有明确的要求。

5.2.2 生物量和凋落物采集

生物量和凋落物采集要求如下：

- a) 应根据所采集的海草物种根系长度确定采样深度，使用根系采样器采集固定深度以上的沉积物及植株，应尽量确保海草植株完整；
- b) 将样品置入筛网内，冲洗样品，去除沉积物；
- c) 分离植物样品与凋落物；
- d) 记录海草茎枝数，收集凋落物装入样品袋；
- e) 将海草植株分离为地上部分和地下部分，刮取叶片表面的附着生物。

5.2.3 沉积物样品采集

沉积物样品采集相关要求如下：

- a) 在与海草植物样品对应的生境内进行柱状样采样。对于较硬的砂石底质，宜使用动力柱状采样器；
- b) 采样深度一般为 100 cm。对于沉积物厚度小于 100 cm 的，按照实际深度采样；
- c) 确保采样管匀速进入沉积物。如遇到石块等障碍物阻碍采样管进入时，应重新选择采样点；
- d) 达到采样深度后，使用钢卷尺记录采样管达到的沉积物深度(l_1)以及采样管内沉积物厚度(l_2)，计算压实率 a ($a = l_2 / l_1$)；
- e) 用胶塞或堵头密封采样管顶部，取出采样管后应立即封堵底部，避免运输过程中样品流失。

5.2.4 样品贮存与运输

运输前，锯除采样管上部空余部分，密封并标识管顶和管底；运输中，样品应在 4 °C 左右避光保存，横放运输；运回实验室后，样品应及时处理或在 -20 °C 条件下保存。

5.3 样品处理

5.3.1 生物量和凋落物样品制备

生物量和凋落物样品制备应填写附录 A 中表 A.2，并按如下要求进行：

- a) 使用电子天平分别称量地上生物量、地下生物量和附着生物量样品和凋落物样品，记录湿重；
- b) 将样品置于烘箱(70°C~80°C)烘干，直至恒重，记录干重；
- c) 干燥后的样品粉碎，过 60 目标标准筛，置于小型密封袋中密封，放入干燥器中待测。

5.3.2 沉积物样品制备

5.3.2.1 分样

分样应填写附录 A 中表 A.3，相关要求如下：

- a) 使用电圆锯沿采样管长轴切割管壁，切割深度应与管壁厚度一致，尽量避免管壁碎屑污染样品；
- b) 两条切割缝夹角宜在 (120~150) °之间，避免样品坍塌；对于含水率较高的样品，可冷冻后切割；
- c) 沿切割缝打开采样管前，应叩击采样管壁，避免样品与采样管粘连；
- d) 打开采样管后，应进行拍照，描述并记录沉积特征；
- e) (0~50) cm 深度的沉积物，以 5 cm 为间距分层；(50~100) cm 深度的沉积物分为一层，共计 11 个样品；
- f) 以 5cm 分层的，取每层中间 3 cm 厚样品，(50~100) cm 的，选取 75 cm 深度处样品 3 cm，使用游标卡尺记录样品厚度 (h)，称取样品湿重 (m)。

5.3.2.2 干样品制备

干样品制备应填写附录 A 中表 A.3，相关要求如下：

- a) 取部分样品，剔除沉积物样品中的砾石和肉眼可见的动植物残骸，称重，记录湿重 (m_w)；
- b) 将样品置于冷冻干燥机中冻干或烘箱(50~60)°C 中烘干至恒重，记录干重 (m_d)；
- c) 将干燥后的样品粉碎，过 60 目标标准筛，置于密封袋中，放入干燥器中待测。

5.4 样品分析

5.4.1 沉积物干容重

沉积物干容重按式（1）计算：

$$\rho = m \times (m_d/m_w) / [\pi \times (d/2)^2 \times h] \quad (1)$$

式中：

ρ ——沉积物干容重，单位克每立方厘米（ g/cm^3 ）；

m ——样品湿重，单位克（ g ）；

m_d ——用于制备干样的样品干重，单位克（ g ）；

m_w ——用于制备干样的样品湿重，单位克（ g ）；

d ——沉积物采样管内径，单位厘米（ cm ）；

h ——样品厚度，单位厘米（ cm ）。

5.4.2 总有机碳分析

总有机碳分析分为重铬酸钾氧化-还原容量法和热导法，按照 GB 17378.5-2007 18.1 和 18.2 规定执行，得到的结果是沉积物干样的有机碳含量（质量分数，%），根据分析结果填写附录 A 中表 A.4 和表 A.5。

6 海草床面积调查

海草床面积调查按照 HY/T 083-2005 5.4.2 规定执行，调查结果填入附录 A 中表 A.6。海草床面积按式(2)计算：

$$S = \sum_{i=1}^N S_i \quad (2)$$

式中：

S ——海草床总面积，单位为公顷（ ha ）；

N ——海草床总斑块数量，单位为个；

S_i ——第 i 个海草床斑块的面积，单位为公顷（ ha ）。

7 碳储量评估

7.1 碳库组成

海草床碳库由生物量碳库、沉积物碳库和凋落物碳库组成，碳储量按式（3）计算，并填写附录 A 中表 A.7：

$$C_{sg} = C_{bio} + C_{sed} + C_{lit} \quad (3)$$

式中：

C_{sg} ——海草床碳库碳储量，单位为兆克碳（ Mg C ）；

- C_{bio} ——生物量碳库碳储量，单位为兆克碳 (Mg C)；
 C_{sed} ——沉积物碳库碳储量，单位为兆克碳 (Mg C)；
 C_{lit} ——凋落物碳库碳储量，单位为兆克碳 (Mg C)。

7.2 生物量碳库

生物量碳库碳储量按式 (4) 计算：

$$C_{bio} = C_{abo} + C_{bel} + C_{epi} \quad (4)$$

式中：

- C_{bio} ——生物量碳库碳储量，单位为兆克碳 (Mg C)；
 C_{abo} ——地上生物量碳库碳储量，单位为兆克碳 (Mg C)；
 C_{bel} ——地下生物量碳库碳储量，单位为兆克碳 (Mg C)；
 C_{epi} ——附生生物量碳库碳储量，单位为兆克碳 (Mg C)。

其中，地上生物量碳库碳储量按式 (5) 计算：

$$C_{abo} = \sum_{n=1}^i \omega_{C_{org,i}} \times M_{sp,i} \times S_i / (S_{sp,i} \times 10) \quad (5)$$

式中：

- C_{abo} ——地上生物量碳库碳储量，单位兆克碳 (Mg C)；
 $\omega_{C_{org,i}}$ ——第 i 个海草小区样方植物地上部分有机碳质量分数，单位为百分比 (%)；
 $M_{sp,i}$ ——第 i 个海草小区样方内植物地上部分干重，单位为克 (g)；
 S_i ——第 i 个海草小区的面积，单位公顷 (ha)；
 $S_{sp,i}$ ——第 i 个海草小区植物样方面积，单位平方米 (m^2)。

地下生物量碳库碳储量按式 (6) 计算：

$$C_{bel} = \sum_{n=1}^i \omega_{C_{orgb,i}} \times M_{spb,i} \times S_i / (S_{sp,i} \times 10) \quad (6)$$

式中：

- C_{bel} ——地下生物量碳库碳储量，单位兆克碳 (Mg C)；
 $\omega_{C_{orgb,i}}$ ——第 i 个海草小区样方植物地下部分有机碳质量分数，单位为百分比 (%)；
 $M_{spb,i}$ ——第 i 个海草小区样方内植物地下部分干重，单位为克 (g)；
 S_i ——第 i 个海草小区的面积，单位公顷 (ha)；
 $S_{sp,i}$ ——第 i 个海草小区植物样方面积，单位平方米 (m^2)。

附生生物量碳库碳储量按式 (7) 计算：

$$C_{epi} = \sum_{n=1}^i \omega_{C_{orge, i}} \times M_{spe, i} \times S_i / (S_{sp, i} \times 10)$$

(7)

式中:

- C_{epi} ——附生生物量碳库碳储量, 单位兆克碳 (Mg C);
 $\omega_{C_{orge, i}}$ ——第 i 个海草小区样方附生生物量有机碳质量分数, 单位为百分比 (%);
 $M_{spe, i}$ ——第 i 个海草小区样方内附生生物干重, 单位为克 (g);
 S_i ——第 i 个海草小区的面积, 单位公顷 (ha);
 $S_{sp, i}$ ——第 i 个海草小区植物样方面积, 单位平方米 (m^2).

7.3 沉积物碳库

沉积物碳库碳储量按式 (8) 和式 (9) 计算:

$$C_{sed} = \sum_{n=1}^i C_{col, i} \times S_i \times 100$$

(8)

$$C_{col, i} = \sum_{n=11}^j \omega_{C_{som, j}} \times \rho_j \times H_j$$

(9)

式中:

- C_{sed} ——沉积物碳库碳储量, 单位兆克碳 (Mg C);
 $C_{col, i}$ ——100cm 或实际调查深度的柱状样有机碳含量, 单位为克每平方厘米 (g/cm^2);
 S_i ——第 i 个海草小区的面积, 单位为公顷 (ha);
 $\omega_{C_{som, j}}$ ——第 j 层沉积物有机碳质量分数, 单位为百分比 (%);
 ρ_j ——第 j 层沉积物干容重, 单位为克每立方厘米 (g/cm^3);
 H_j ——第 j 层沉积物厚度, 单位为厘米 (cm)。第 1 至 10 层厚度为 5cm, 第 11 层厚度为 50cm 或 50cm 以深的样品实际厚度。

7.4 凋落物碳库

凋落物碳库碳储量按式 (10) 计算:

$$C_{lit} = \sum_{n=1}^i \omega_{C_{orgl, i}} \times M_{spl, i} \times S_i / (S_{sp, i} \times 10)$$

(10)

式中:

- C_{lit} ——凋落物碳库碳储量, 单位兆克碳 (Mg C);

$\omega_{C_{org},i}$ ——第 i 个海草小区样方附生生物量有机碳质量分数，单位为百分比（%）；

$M_{spl,i}$ ——第 i 个海草小区样方内附生生物干重，单位为克（g）；

S_i ——第 i 个海草小区的面积，单位公顷（ha）；

$S_{sp,i}$ ——第 i 个海草小区植物样方面积，单位平方米（m²）。

8 质量控制

8.1 不确定度分析

应尽可能降低碳储量调查与评估的不确定性，并进行不确定度分析。碳储量结果的不确定度分析方法见附录 B。

8.2 数据管理

采样记录表、分析记录表及调查报告等原始数据记录经审核无误后，记录人员、计算人员对其出具的数据负责并签字，校对人员对其检校结果负责并签字。

采样方案、采样记录表、分析记录表、调查报告等原始数据记录文件，定期统一归档存档。

要建立全程质量控制程序，制定相应质量保证、质量控制、核证程序方案。

附录 A
(规范性)
海草床碳储量调查与评估通用记录格式

海草床碳储量调查与评估通用记录格式见表A.1~A.7。

表A.1 采样记录表

1、基本信息						
采样地点	省 市		采样日期	年 月 日		
站位编号			采样人	记录人		
植被类型			优势种			
其他物种			水深	盐度		
2、柱状沉积物采样 (平行样数量: 个)						
采样柱材质		长度/cm		内径/mm		
采样管编号 a		东经 E		北纬 N		
外侧深度/cm		内侧深度/cm		压实率/%		
描述				照片名		
采样管编号 b		东经 E		北纬 N		
外侧深度/cm		内侧深度/cm		压实率/%		
描述				照片名		
采样管编号 c		东经 E		北纬 N		
外侧深度/cm		内侧深度/cm		压实率/%		
描述				照片名		
3、植被采样						
物种名称:			样方面积			
平行样编号 a	地上生物量		地下生物量		附生生物	
	凋落物		株数			
平行样编号 b	地上生物量		地下生物量		附生生物	
	凋落物		株数			
平行样编号 c	地上生物量		地下生物量		附生生物	
	凋落物		株数			
备 注						

表A.2 植物和凋落物样品处理分析记录表

采样地点						分析时间							
站位编号						平行样数量							
物种						密度/株/m ²							
采集人/记录人						分析人/记录人				审核人			
序号	样品类型	样品编号	干重 g	样品瓶 编号	样品瓶重 g	酸化前重 g	酸化后重 g	包样重 mg	有机碳含量 %				
平行样 a													
1	地上生物量												
2	地下生物量												
3	附生生物量												
4	凋落物												
平行样 b													
5	地上生物量												
6	地下生物量												
7	附生生物量												
8	凋落物												
平行样 c													
9	地上生物量												
10	地下生物量												
11	附生生物量												
12	凋落物												
注：可根据平行样数量增加行。													

表A.3 沉积物样品记录表（预处理）

采样管编号				样品长度/cm				内径/cm	
处理时间				记录人				审核人	
序号	样品层 cm	样品厚度 (h) cm	样品重 (m) g	坩埚 编号	坩埚重 g	取样湿重 (m_w) g	取样干重 (m_d) g	干容重 ρ g/cm ³	
1	0~5								
2	5~10								
3	10~15								
4	15~20								
5	20~25								
6	25~30								
7	30~35								
8	35~40								
9	40~45								
10	45~50								
11	50~100								
12								
备注									

表A.4 沉积物样品记录表（有机碳分析）

采样管编号					分析人/记录人		
分析时间					审核人		
序号	样品层 cm	样品瓶编号	样品瓶重 g	酸化前重 g	酸化后重 g	包样重量 mg	有机碳含量($\omega_{C_{som, j}}$) %
1	0~5						
2	5~10						
3	10~15						
4	15~20						
5	20~25						
6	25~30						
7	30~35						
8	35~40						
9	40~45						
10	45~50						
11	50~100						
12	……						
备注							

表A.5 沉积物样品记录表（计算表）

采样管编号				计算人/记录人	
计算时间				审核人	
序号	样品层 cm	干容重 (ρ) g/cm ³	有机碳含量 ($\omega_{C_{som, j'}}$) %	沉积物厚度 (H_j) cm	层含碳量 g/cm ²
列号		A	B	C	A×B×C
1	0~5			5	
2	5~10			5	
3	10~15			5	
4	15~20			5	
5	20~25			5	
6	25~30			5	
7	30~35			5	
8	35~40			5	
9	40~45			5	
10	45~50			5	
11	50~100			50	
12				
柱状样含碳量 ($C_{col, i}$)					
g/cm ²					

表A.6 海草床面积汇总表

地点	省 市		站位编号	
经度			纬度	
数据类型			分辨率	
数据号				
日期	年 月 日		时间	
潮汐类型			最低潮时间	
物种			透明度	
人员及分工			审核人	
环境描述				
序号	小区编号	小区描述 (水深、植被等)	水深/m	面积 (S_i) /ha
总面积/ha				

表A.7 碳储量汇总表

地点	省 市		站位编号	
经度			纬度	
物种			时间	
计算人/记录人			审核人	
序号	碳库类型	面积 (S_i) ha	碳含量 Mg C/ha	碳储量 Mg C
列号	/	A	B	A×B
1	小区 1		/	
1.1	生物量碳库	/		
1.1.1	地上生物量	/		
1.1.2	地下生物量	/		
1.1.3	附生生物量	/		
1.2	沉积物碳库	/		
1.3	凋落物碳库	/		
2	小区 2		/	
2.1	生物量碳库	/		
2.1.1	地上生物量	/		
2.1.2	地下生物量	/		
2.1.3	附生生物量	/		
2.2	沉积物碳库	/		
2.3	凋落物碳库	/		
.....
合计				

附录 B (规范性)

不确定性分析

B.1 降低不确定性

应尽可能降低碳储量调查与评估的不确定性，主要途径包括：查明对不确定性有重大影响的部分；确定产生不确定性的关键环节，评估关键环节不确定性对总不确定性的贡献；提高数据的代表性；使用更精确的测量方法；提高数据的量；确保仪器仪表准确定位和校准，消除已知的偏差；提高调查和分析人员的业务能力和水平。

B.2. 量化不确定性

通过估算统计学上的置信区间量化不确定性，以数据平均值±百分比的区间表示，方法为：

- a) 选择置信度，通常选择的置信度介于95%~99.73%，宜采用95%的置信度；
- b) 确定 t 值， t 值与测量样本数（ n ）的对应关系见表B.1；

表B.1 t 值与测量样本数的对应关系

测量样本数(n)	3	5	8	10	50	100	∞
95%置信度下 t 值	4.30	2.78	2.37	2.26	2.01	1.98	1.96

- c) 按式（B.1）计算样本平均值 \bar{X} ，按式（B.2）计算标准偏差 S ：

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k \tag{B.1}$$

$$S = \left[\sum_{k=1}^n (X_k - \bar{X})^2 / (n - 1) \right]^{1/2} \tag{B.2}$$

式中：

\bar{X} —— 样本平均值；

n —— 测量样本数；

X_k —— 第 k 个测量值。

S —— 标准偏差。

- d) 通过样本平均值和标准变差来计算相关置信区间，方法为 $[\bar{X} - S \cdot t / \sqrt{n}, \bar{X} + S \cdot t / \sqrt{n}]$ ；以上区间宜转换成不确定性范围，并以±百分比来表示。

B.3 合并不确定性

当某一估计值为 n 个估计值之和或差时，按式 (B.3) 计算该估计值的不确定性；当某一估计值为 n 个估计值之积时，按公式 (B.4) 计算该估计值的不确定性：

$$U_c = \sqrt{\sum_{n=1}^n (U_{sn} \cdot \mu_{sn})^2} / \left| \sum_{n=1}^n \mu_{sn} \right| \quad (\text{B.3})$$

$$U_c = \sqrt{\sum_{n=1}^n U_{sn}^2} \quad (\text{B.4})$$

式中：

U_c ——合并的不确定性；

U_{sn} ——第 n 个估计值的不确定性；

μ_{sn} ——第 n 个估计值。