ICS 03.220.40
R 61
备案号:

JT

中华人民共和国交通运输行业标准

JT/T 790—2010

多波束测深系统测量技术要求

Technical requirements for multibeam echosounder system surveying

2010-12-08 发布　　2011-03-01 实施

中华人民共和国交通运输部　发布

目　次

前言 …… Ⅲ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 1
4　一般要求 …… 2
5　系统配置要求 …… 3
6　测量要求 …… 4
7　数据处理 …… 6
8　资料检验 …… 7
9　上交资料 …… 7
附录 A(资料性附录)多波束水深测量测深极限误差图 …… 8
附录 B(资料性附录)多波束水深测量主、检比对极限误差图 …… 9
附录 C(资料性附录)多波束测深系统校准报告 …… 10
附录 D(资料性附录)多波束测深系统外业测量记录 …… 12
附录 E(资料性附录)多波束测深系统数据处理记录 …… 14

前　言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由交通运输部海事局提出。

本标准由交通运输部航测标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:上海海事局。

本标准主要起草人:韩伯平、莫建顺、张祥文、潘卫平、周志宏、陈正伟、唐力放、张良、王良玉。

多波束测深系统测量技术要求

1 范围

本标准规定了多波束测深系统的一般要求，以及系统配置、测量、数据处理、资料检验和上交资料等的技术要求。

本标准适用于采用工作频率不低于95kHz、测深范围小于600m的多波束测深系统对沿海港口、航道进行的全覆盖水深测量、航行障碍物探测。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 12327　　海道测量规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

多波束测深系统　multibeam echosounder system

利用宽条带回声测深方法进行海底测图的系统，包括多波束测深仪、姿态传感器、罗经、声速剖面仪、定位仪、数据采集和处理单元等。

3.2

定位时延　latency

由于定位数据滞后，定位与测深时间不同步，导致水深点位置与实际位置发生偏移，定位滞后的时间为定位时延。

3.3

横摇偏差　roll offset

多波束换能器及姿态传感器在横向上的安装角度与设计的安装角度存在的总偏差。

3.4

纵摇偏差　pitch offset

多波束换能器及姿态传感器在纵向上的安装角度与设计的安装角度存在的总偏差。

3.5

艏向偏差　gyro offset

多波束换能器在艏向上的安装角度与罗经安装时零点指向与设计的指向存在的总偏差。

3.6

测量船坐标系　coordinate system of vessel

测量船坐标系的原点，一般选择在船体重心或多波束换能器中心的位置，纵轴 Y 通过坐标系的原点，平行于测量船的艏艉线，船艏方向为正；横轴 X 通过坐标系的原点，垂直于纵轴，船的右侧方向为正；垂直方向 Z 轴通过坐标系的原点，方向向下为正。坐标轴的方向应根据软件所定义的方向进行调整。

3.7

有效测深宽度　effective sweep width

系统完成一次发射和接收过程，所有符合本标准测深精度的波束组成的横断面宽度。

3.8

综合测深误差　compositive depth error

由系统各个组成部分和测深过程中各因素引起的综合性测深误差。

4　一般要求

4.1　测量基准

4.1.1　平面坐标采用国家统一规定的坐标系或当地坐标系，其与地心坐标系的关系采用国家统一使用的转换参数或满足本标准精度要求的区域性转换参数。

4.1.2　深度基准面采用理论最低潮面，部分地区可采用特定的深度基准面。

4.1.3　采用高斯—克吕格投影时，大于1:5 000比例尺测图可采用1.5°带投影；小于(含)1:5 000，大于(含)1:10 000比例尺测图采用3°带投影；小于1:10 000比例尺测图采用6°带投影；采用墨卡托投影时，应以测区的中央纬度作为基准纬线。

4.1.4　测图比例尺根据测量性质和实际需要而定。

4.2　精度要求

4.2.1　水深小于(含)30m的水域，精度应满足表1中特等测量的要求。

4.2.2　水深大于30m的水域，精度应满足表1中一等测量至三等测量的要求。

表1　精度要求

测量等级	特　等	一　等	二　等	三　等
典型水域范例	港池、泊船水域、与最小富余水深相关的重要航道	港口、通向港口的航道、推荐航线及水深小于100m的沿岸水域	在特等和一等中没有提到的水深小于200m的水域	在特等、一等及二等中均未提到的近海水域
平面精度 (95%置信度)	2m	5m+5%水深	20m+5%水深	150m+5%水深
测深精度 (95%置信度)[a]	$a=0.25$m $b=0.007\ 5$	$a=0.5$m $b=0.013$	$a=1.0$m $b=0.023$	同二等
100%海底扫测	必须进行[b]	特定水域要求	特殊水域可以要求	不作要求
系统探测能力	空间特征物>1m³	水深40m[c]时，空间特征物>2m³；水深>40m时，空间特征物为水深值10%	同一等	不作要求

表 1(续)

a 计算测深极限误差 Δ,可将表中所列的 a、b 代入式(1):

$$\Delta = \pm\sqrt{a^2 + (b \times d)^2} \tag{1}$$

式中:Δ——测深极限误差,单位为米(m);

a——系统误差,单位为米(m);

b——测深比例误差参数;

d——水深,单位为米(m);

$b \times d$——测深比例误差。

b 出于航海安全的考虑,可考虑使用精确的特定器械来扫海,以确保经特等和一等测量的水域具有最小安全富余水深。

c 此处选定的 40m 水深值已考虑船舶最大的可能吃水。

4.3 水位改正要求

水位改正应满足 GB 12327 的精度要求。

4.4 其他要求

4.4.1 系统在使用前应严格按照要求检验和校准。

4.4.2 系统在投入生产之前应进行系统探测能力的测试。

4.4.3 系统操作员应严格控制外业采集数据的质量。

5 系统配置要求

5.1 硬件要求

5.1.1 系统硬件主要由输入设备、数据采集和处理设备、输出设备组成。

5.1.2 输入设备应包括多波束测深仪、姿态传感器、罗经、声速剖面仪、定位仪等。输入设备的种类和型号应根据系统的技术要求确定。

5.1.3 数据采集和数据处理单元应根据系统的技术要求配置。

5.1.4 输出设备应包括打印机、绘图机、移动存储器等。

5.1.5 所有与测量精度有关的设备应按相关规定进行检验,符合要求后方可使用。

5.2 软件要求

5.2.1 系统软件应包含数据采集软件和数据处理软件。

5.2.2 数据采集软件应具有以下主要功能:

a)实时屏幕导航显示,包括相关的背景图(如电子海图)和数据;

b)实时采集定位、测深、姿态、航向等原始数据及相关的信息;

c)实时监控所有设备的状态及数据的质量。

5.2.3 数据处理软件应具有以下主要功能:

a)计算校准参数;

b)单独编辑定位、测深、姿态、航向数据;

c)进行声速、水位、动吃水及其他的改正;

d)综合检查和清理数据,分析每个水深的质量情况;

e)生成水下数字地形模型图;

f)完成坐标转换及按要求输出水深数据。

6 测量要求

6.1 工作环境要求

6.1.1 系统工作环境应符合系统中所有设备的技术要求。

6.1.2 测量环境要求应保证测量人员、设备的安全,应保证在仪器规定的测量范围内,确保回波信号质量和测量精度。

6.2 仪器安装与校准要求

6.2.1 多波束换能器应安装在噪声低且不容易产生气泡的位置。多波束换能器的横向、纵向及艏向安装角度应满足系统安装的技术要求,具体设备安装测试根据系统随机技术手册进行。

6.2.2 姿态传感器应安装在能准确反映多波束换能器姿态或测船姿态的位置,其方向线应平行于船的艏艉线,具体设备安装测试根据系统随机技术手册进行。

6.2.3 罗经安装时应使罗经的读数零点指向船艏并与船的艏艉线方向一致,同时要避免船上的电磁场干扰,具体设备安装测试根据系统随机技术手册进行。

6.2.4 定位设备的接收天线应安装在测量船顶部避雷针以下的开阔地方,应避免船上其他信号的干扰。

6.2.5 系统所使用的设备应按照仪器规定的技术要求接地。

6.2.6 系统各配套设备的传感器位置与测量船坐标系原点的偏移量应精确测量,读数至1cm,往返各测一次,水平方向往返测量互差应小于5cm,竖直方向往返测量互差应小于2cm,在限差范围内取其均值作为测量结果。

6.2.7 系统安装以后,应测定多波束换能器的静吃水和动吃水。

6.2.8 系统各配套设备的传感器的位置变动或更换设备后,应重新测定和重新校准。测量期间如系统受到外力影响,应重新校准。

6.2.9 系统应定期进行误差测定与校准。对于固定安装在测量船上的系统,测定与校准的周期一般为一年,但每个工地测量前应对校准过的参数进行符合性检查,结果应满足本标准的要求。对于非固定安装的系统每个工地工前工后应进行校准参数的测定与校准。

6.2.10 每个工地作业前和作业后,应分别在测区或附近的一个等级点(精度不低于GPS D级点)上对定位设备进行不少于1h的静态比对测试,采样间隔不大于1min。仪器采集数据稳定且采集数据精度满足本标准定位精度要求后,方可使用。

6.2.11 系统的误差测定与校准应包括定位时延、横摇偏差、纵摇偏差、艏向偏差、综合测深误差、与单波束测深仪的测深精度比对、定位中误差等项目。校准一般按定位时延、横摇偏差、纵摇偏差、艏向偏差等顺序进行。

6.2.12 定位时延的测定与校准宜选择在水深浅于10m、水下地形坡度10°以上的水域或在水下有礁石、沉船等明显特征物的水域,在同一条测线上沿同一航向以不同船速测量两次,其中一次的速度应大于等于另一次速度的两倍,两次测量作为一组,取三组或以上的数据计算校准值,中误差应小于0.05s。

6.2.13 横摇偏差的测定与校准宜选择在水深大于或等于测区内的最大水深、水下地形平坦的水域进行,对于单个换能器在同一测线上相反方向相同速度测量两次为一组,对于双换能器应使用三根平行测线(间距为有效测深宽度一半)交互方向相同速度各测量一次为一组,取三组或以上的数据计算校准值,中误差应小于0.05°。

6.2.14 纵摇偏差的测定与校准宜选择在水深大于或等于测区内的最大水深、水下坡度10°以上的水域或在水下有礁石、沉船等明显特征物的水域进行,在同一条测线上相反方向相同速度测量两次作为一组,

取三组或以上的数据计算校准值，中误差应小于0.3°。

6.2.15 艏向偏差的测定与校准宜选择在水深大于或等于测区内的最大水深、水下坡度10°以上的水域或在水下有礁石、沉船等明显特征物的水域进行，使用两条平行测线（测线间距应保证边缘波束重叠不少于10%）以相同速度相同方向各测量一次作为一组，取三组或以上的数据计算校准值，中误差应小于0.1°。

6.2.16 经过定位时延、横摇偏差、纵摇偏差和艏向偏差测定与校准后，应对其综合测深误差进行测定。综合测深误差的测定应选择在水深大于或等于测区内的最大水深、水下地形平坦的水域按正交方向分别布设测深线进行测量，并比对重叠部分的水深，水深比对不符值的点数不应超过参加总比对点数的15%，比对不符值的限差按式(1)计算或查多波束水深测量测深极限误差图（参见附录A）。

6.2.17 系统经过校准，其综合测深误差满足限差要求后，还应在水深大于或等于测区内的最大水深、水下地形平坦的水域采用单波束测深仪（测深精度已校准且优于规定精度）对系统进行水深精度比对，水深比对不符值的点数不应超过参加总比对点数的15%，比对不符值的限差按式(2)计算或查多波束水深测量主、检比对极限误差图（参见附录B）：

$$\varepsilon = \pm\sqrt{2}\times\Delta \tag{2}$$

式中：ε——多波束水深测量主、检比对极限误差，单位为米（m）；

Δ——测深极限误差，单位为米（m）。

6.2.18 系统的校准参数应由两人以上分别计算。参数一经确定，不得随意修改。

6.2.19 系统的各项安装参数、校准参数、综合测深误差、精度比对结果应在多波束测深系统校准报告（参见附录C）中准确记录。技术主管部门应对多波束测深系统校准报告（参见附录C）进行审核。

6.3 测深线布设要求

6.3.1 主测深线布设方向应按工程的需要选择平行于等深线的走向、潮流的流向、航道轴线方向或测区的最长边等其中之一布设。

6.3.2 主测深线的间距应不大于有效测深宽度的80%。在重要航行水域，测深线的间距应不大于有效测深宽度的50%。有效测深宽度根据仪器性能、回波信号质量、潮汐、测区水深、测量性质、定位精度、水深测量精度以及水深点的密度而定。

6.3.3 确定测深线长度时，应综合考虑水位改正、声速变化、数据安全维护等因素。

6.3.4 检查测深线应垂直于主测深线均匀布设，并至少通过每一条主测深线一次；检查测深线总长应不少于主测深线总长的5%；检查测深线采用单波束或其他多波束测深系统进行测量，当使用多波束测深系统做检查测深线测量时，应使用其中心区域的波束。

6.4 施测要求

6.4.1 作业前应对系统设置的投影参数、椭球体参数、坐标转换参数以及校准参数等数据进行检查。

6.4.2 每天作业前，应检查测量船的水舱和油舱的平衡情况，要保持船舶的前后及左右舷的吃水一致。

6.4.3 每天作业前和作业后，应分别量取系统多波束换能器的静态吃水值，如发生变化应在系统参数中及时调整。

6.4.4 每天作业前和作业后，应对系统的中心波束进行测深比对，比对限差应小于表1中测深极限误差的50%。

6.4.5 每天应在测区内有代表性的水域采用声速仪测定水下声速，声速测定后应将多波束换能器吃水深度处声速值输入处理器中。声速剖面测量时间间隔应不超过6h，如测区跨度大，应先调查测区的声速变化情况，如声速变化小于2m/s，可以不分区测量，否则应分区测量。

6.4.6 在测量前，应将测量范围、水下障碍物、助航标志、特殊水深等信息数据输入到系统中。

6.4.7 系统的所有设备稳定工作后，方可进行测深作业。在正式采集数据之前，应按预定的航速和航向

稳定航行不少于1min;在数据采集过程中测量船应保持均匀的航速和稳定的航向。

6.4.8 在测量过程中,应实时监控测深数据的覆盖情况和测深信号的质量,当信号质量不稳定时,应及时调整多波束发射与接收单元的参数,使波束的信号质量处于稳定状态。如发现覆盖不足或水深漏空、测深信号质量不满足精度要求等情况,应及时进行补测或重测。如发现障碍物,应现场从不同方向利用多波束中间区域的波束加密测量。

6.4.9 在测量过程中,对测量船的航行速度应进行实时监控,测量时的最大船速按式(3)计算:

$$v = 2 \times \tan(\alpha/2) \times (H - D) \times N \tag{3}$$

式中:v——最大船速,单位为米每秒(m/s);

α——纵向波束角,单位为度(°);

H——测区内最浅水深,单位为米(m);

D——换能器吃水,单位为米(m);

N——多波束的实际数据更新率,单位为赫兹(Hz)。

6.4.10 在测量过程中,应实时监测系统各配套设备的传感器运转、数据记录等情况。当现场质量监测不符合要求时,应停止作业。如果系统发生故障应立即停止作业,待查明原因并对相关设备进行检测和校准后方可继续作业。

6.4.11 作业过程中应现场填写多波束测深系统外业测量记录(参见附录D),真实记录外业测量中检查、比对、发生的各种事件及系统的关键参数设置。

6.4.12 每天测量结束后应备份测量数据,核对系统的参数并检查数据质量。发现水深漏空、水深异常、测深信号的质量差等不符合测量精度要求的情况,应进行补测。

7 数据处理

7.1 数据处理之前,应先检查数据处理软件中设置的投影参数、椭球体参数、坐标转换参数、各传感器的位置偏移量、系统校准参数等相关数据的准确性。

7.2 数据处理时,应结合多波束测深系统外业测量记录(参见附录D),根据需要对水深数据进行声速改正、水位改正。应对每条测深线的定位数据、罗经数据、姿态数据和水深数据分别进行编辑。

7.3 水深数据编辑时,应根据海底地形、各波束测得的水深数据的质量选择合理的参数滤波,然后进行人机交互处理。对于无法判断的点,应从作业水域、回波个数、信号质量等方面进行分析。

7.4 在数据经过编辑及各项改正后,应再次对所有的水深数据进行综合检查,根据各水深的传播误差及附近的水深利用表面模型进行评估,剔除不合理水深数据。

7.5 发现浅点或可疑点应复测,必要时应下潜探摸。

7.6 符合质量要求的水深,应根据制图比例尺和数据用途对符合要求的水深数据进行抽稀,水深点图上间距一般不应大于5mm。

7.7 主、检比对重合点的水深,不符值限差按式(2)计算或查多波束水深测量主、检比对极限误差图(参见附录B),当水深比对不符点超过参加比对总点数的15%时,应综合分析超限原因,合理处置,必要时应重测验证。

7.8 经确定的水深特殊浅点应以该点为中心按要求绘制水深图和水下数字地形模型图。

7.9 处理后的水深数据格式应与相关的制图系统相匹配。

7.10 每条测深线的编辑情况、数据处理的参数及异常点的检查、处理应在多波束测深系统数据处理记录(参见附录E)中做好记录,并作为质检人员对数据处理质量进行检查的依据。

7.11 资料检查中发现下列问题时应进行补测或重测:

a)测量区域内水深漏空或相邻测深线的重叠带宽度不符合规定;

b)水深异常、信号质量不满足测深精度要求等情况;

c)使用的系统未按规定校准或比对精度超限；
d)测量船速超过最大限速；
e)水位控制、观测资料不符合有关测量规范的要求；
f)主、检比对超限的点数超过参加比对总点数的15%；
g)相邻测深线或不同测量日期所测水深拼接误差超限；
h)存在疑问的特殊浅点未进行加密测量或虽经加密测量但仍不能确定；
i)其他需要补测或重测的问题。

8 资料检验

8.1 测量成果资料送交质检部门前，应进行100%的自检。
8.2 质检部门应对全部资料进行100%的检验。

9 上交资料

作业部门应上交以下测量资料：
a)潮位控制、观测和改正资料；
b)主、检比对资料；
c)定位比对资料；
d)水深特殊浅点的水深图和水下数字地形模型图；
e)水深测量外业报告图；
f)测量航迹图；
g)多波束测深系统校准报告(参见附录C)、多波束测深系统外业测量记录(参见附录D)、多波束测深系统数据处理记录(参见附录E)；
h)原始数据、项目中所用到的过程数据、水深成果数据；
i)声速测定数据文件；
j)测量技术总结；
k)其他资料。

附　录　A
（资料性附录）
多波束水深测量测深极限误差图

多波束水深测量测深极限误差参见图 A.1。

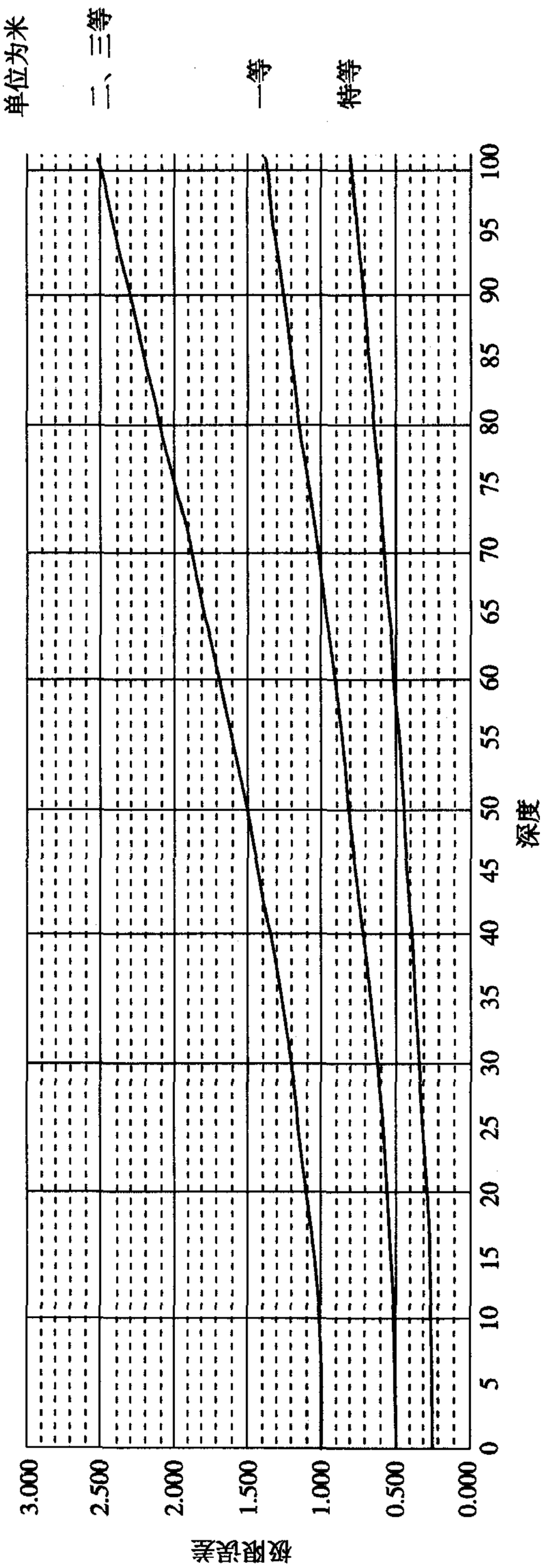

图 A.1　多波束水深测量测深极限误差图

附　录　B
（资料性附录）
多波束水深测量主、检比对极限误差图

多波束水深测量主、检比对极限误差参见图 B.1。

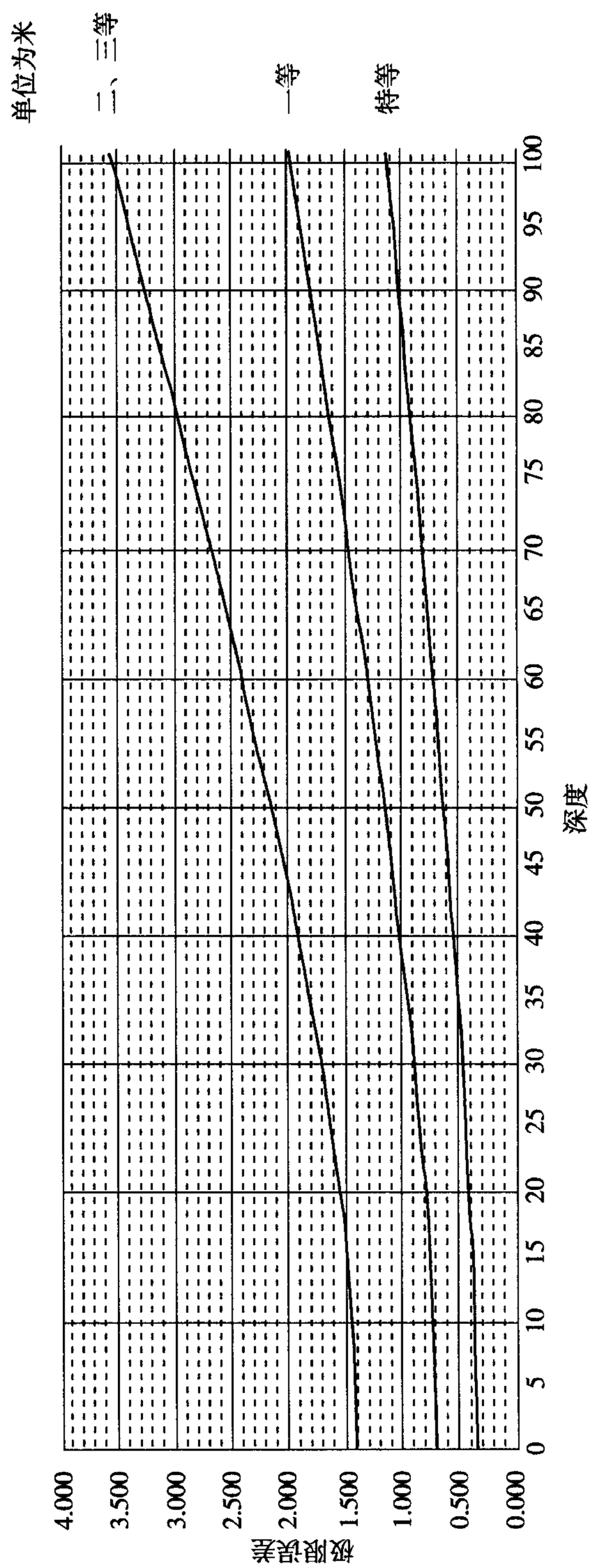

图 B.1　多波束水深测量主、检比对极限误差图

附 录 C
（资料性附录）
多波束测深系统校准报告

多波束测深系统校准报告封面样式参见图 C.1。

多波束测深系统校准报告内容样式参见图 C.2。

多波束测深系统校准报告

工程名称_____

测量比例_____

测量日期_____

作业部门_____

测量主管_____

技术主管_____

_____（单位）

图 C.1 多波束测深系统校准报告封面样式

多波束测深系统校准报告

一、测量设备及安装位置

1. 测量设备

测量船名：

测量设备	仪器型号	仪器机号
多波束测深仪		
定位仪		
姿态仪		
罗经		
声速仪		
测深仪		

2. 测量传感器安装位置

测量传感器	测量传感器在测量船坐标系的位置		
	X	*Y*	*Z*
多波束换能器			
姿态传感器			
定位仪天线			
罗经			
安装示意图			

图 C.2 多波束测深系统校准报告内容样式

二、多波束换能器吃水

1. 静吃水[单位为米(m)]

2. 动吃水

测量船速(m/s)	动吃水(m)

三、定位设备静态定位中误差

已知点名称(等级)	已知点坐标		静态定位中误差(m)
	X	*Y*	

四、多波束测深系统校准结果

校准地点：　　校准日期：

校准项目	校准值	备注
定位时延(Latency)(s)		
横摇偏差(Roll Offset)(°)		
纵摇偏差(Pitch Offset)(°)		
艏向偏差(Gyro Offset)(°)		
双多波束换能器间垂直高度差值(m)		
注:“备注”里填写每个校准项目的水下地形环境、使用的波束数及有效测深宽度。		

五、比对统计结果

统计类型	比对总点数	超限点数	超限点百分比
综合测深误差统计			
与单波束测深比对统计			

六、结论

校准者：　　校核者：

图 C.2(续)

附　录　D
（资料性附录）
多波束测深系统外业测量记录

多波束测深系统外业测量记录封面样式参见图 D.1。

多波束测深系统外业测量记录内容样式参见图 D.2。

多波束测深系统外业测量记录

工程名称_____

测量比例_____

测量日期_____

作业部门_____

测量主管_____

技术主管_____

_____（单位）

图 D.1　多波束测深系统外业测量记录封面样式

多波束测深系统外业测量记录

一、测量范围

点　　号	纬度/北向（*B/X*）	经度/东向（*L/Y*）
测量分区说明及概图：		

二、测量设备

测量船名：

测 量 设 备	仪 器 型 号	仪 器 机 号
多波束测深仪		
定位仪		
姿态仪		
罗经		
声速仪		
测深仪		

图 D.2　多波束测深系统外业测量记录内容样式

三、测量导航所使用的相关参数及有关的文件记录

测量导航参数	测量坐标系	投影类型	中央子午线/基准纬线
测量所用相关文件	测深线文件名	背景文件名	矩阵文件名
其他：			

四、施测记录

日期：_____ 海况：_____ 天气：_____ 多波束换能器静吃水(m)：_____ 第____页

测深线号	开始时间	结束时间	航向	航速	操作者	备注
其他：						

图 D.2(续)

附 录 E
（资料性附录）
多波束测深系统数据处理记录

多波束测深系统数据处理记录封面样式参见图 E.1。

多波束测深系统数据处理记录内容样式参见图 E.2。

多波束测深系数据处理记录

工程名称_____

测量比例_____

测量日期_____

作业部门_____

测量主管_____

技术主管_____

_____（单位）

图 E.1 多波束测深系统数据处理记录封面样式

多波束测深系统数据处理记录

一、工程基本信息

工程名称			
原始数据坐标系		目标数据坐标系	
投影类型		中央子午线/基准纬线	
测量比例			

其他重要说明：

图 E.2 多波束测深系统数据处理记录内容样式

二、多波束测深系统单测深线数据处理记录表

处理日期:_____ 声速文件:_____ 水位文件:_____ 第___页

测深线号	数据改正	数据编辑	备　注
滤波参数及其他重要信息说明:			
处理者		检查者	

三、数据处理的关键记录内容

异常点的检查与处理			
数据抽稀的方法及使用的参数			
输出的工程文件目录			
其他			
处理者		检查者	

图 E.2(续)

中 华 人 民 共 和 国
交 通 运 输 行 业 标 准
多波束测深系统测量技术要求
JT/T 790—2010
*
人民交通出版社出版发行
(100011 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号)
北京交通印务实业公司印刷
各地新华书店经销
*
开本：880×1230 1/16 印张：1.25 字数：29千
2011年2月 第1版
2011年2月 第1次印刷
*
统一书号:15114·1587 定价:10.00元

版权专有 侵权必究
举报电话:010-85285150