

# 地震水准测量规范编制说明

## 1 项目概况

### 1.1 立项背景和必要性

在我国利用高精度的水准测量手段进行垂直形变研究已四十多年，累积观测长度超过80万千米，地震系统有20多个单位从事地震水准测量工作。通过几代地壳形变工作者的努力，全国已建成7万余千米的地震区域水准网、238处跨断层水准测量（其中的196个场地为单一的水准测量，22个场地为水准与测距观测，20个为水准与基线丈量）和25个台站短水准测量场地。“九五”期间的首都圈示范工程项目使首都圈水准网与重力网相联系，“十五”期间的中国数字地震观测网络项目把晋冀蒙水准网、陕甘宁水准网和川滇水准网改造建设成水准、GPS和重力同网共点的综合观测网，又在全国建立了20处跨主要构造的跨断层综合观测（水准、GPS、重力）场地。使地震水准测量为单一手段的地壳垂直形变观测不断向着综合观测方向发展。以区域水准测量、跨断层水准测量和台站短水准测量构成的地震水准测量已形成“点—线—面”的监测布局，在地震预测预报的实践中发挥了重要作用。

地壳形变科学工作者经过多年的探索和总结，制定了一批与地震水准测量相关的技术规范。包括：《大地形变测量规范（一、水准测量）》（国家地震局，1983年）、《区域精密水准测量技术文件汇编》（国家地震局科技监测司，1996年）、《跨断层测量规范》（国家地震局，1991年）和《大地形变台站测量规范（短水准测量）》（国家地震局科技监测司，1990年）等。这些技术规范在规范地震水准测量作业、保证监测成果质量方面起到了很好的保障作用。

尽管这些规范在各类地震水准测量中发挥了巨大作用，但毕竟已使用多年，有的规范甚至已经使用了20多年，随着时间的推移，在使用过程中已陆续发现些缺陷与不足，再加上随着观测技术的进步与发展，尤其是新观测仪器的推广使用，原有规范缺少这方面的规定。因此，规范中有的部分条款已不适应新的观测技术，不能满足地震水准测量的观测现状要求。近年来许多单位的技术管理部门为适应

这种观测现状，已陆续出台了一些补充技术规定，保证地震水准测量规范作业。因而，使为水准测量成果更好地服务于防震减灾事业，编写符合地震水准测量实际的《地震水准测量规范》已迫在眉睫且很有必要。

地震水准测量是监视区域地壳垂直形变和活动断层的主要手段，1966年邢台6.8级地震以后，地震测量队（中国地震局第一监测中心的前身）在华北地区开展了区域水准网复测、建立了一批跨断层水准观测场地和台站短水准观测场地。经过我国地震科技工作者几十年的努力，地震水准测量这一地壳垂直形变监测手段，由于其物理意义明确，在全国地震形变监测中占有重要的地位，特别是为海城地震成功预报做出了重要贡献。

为保证形变观测资料的科学性、准确性、可比性，需要对水准观测方法的各个重要环节进行统一规范标准化。1983年由国家地震局发布的《大地形变测量规范（一、水准测量）》对于规范地震水准测量作业起到了非常重要的作用。国家技术监督局随后于1992年颁布了《一、二等水准测量规范》。按照《一、二等水准测量规范》执行地震水准测量过程中，发现了一些问题。为此，1996年国家地震局科技监测司组织编写了《区域精密水准测量技术文件汇编》，规范了地震区域水准测量的技术设计和观测作业、检查验收和质量评定标准。随着“九五”以来的地震水准网的改造和建设，结合GPS观测技术的推广和普及，单一的水准网逐步改造成为水准、GPS和重力同网共点的综合观测网，建设了跨断层水准、GPS和重力综合观测场地，综合观测能力有长足的发展。因此，开展地震水准测量规范的技术标准研究，规范水准测量方法，有利于地壳形变观测技术的应用与发展，有利于从理论上清晰界定形变观测方法的科学内涵及侧重点，有利于从技术系统的配备及性能指标上规范实现观测目的的基本技术要求，有利于形变观测场地和观测点的建设中合理设立多种地壳形变观测手段，充分获得观测信息。这是《地震水准测量规范》的编制的根本目的。

目前地震水准测量中，台站水准测量在使用国家地震局1990年编制的《大地形变台站测量规范（短水准测量）》，跨断层水准测量执行的是国家地震局1991年编制的《跨断层测量规范》，区域精密水准测量以国家地震局1996年发布的《区域精密水准测量技术文件汇编》为依据。这些规范的使用都已很多年了，有的使用时间已长达20年之久。随着现代观测技术的进步，尤其是数字水准仪的普及，

并正在逐步替换自动安平光学水准仪而成为水准测量的主流仪器。因此，地震水准测量的技术标准在使用了20余年的今天有必要进行补充完善和修订，以适应当前和今后一段时间观测技术的发展。

地球科学是观测科学，现代大地测量仪器与空间技术、激光技术和网络通信技术相结合，观测技术必将向着观测数据采集自动化，测量过程智能化，内外作业一体化和测量数据数字化方向发展。观测技术的进步与实现正为形变观测提供着重要的技术保障。为地壳运动、地震前兆观测和地球动力学研究提供海量数据。地震水准测量规范作为的观测技术标准必将成为地壳形变学科建设和发展的技术保障。

## 1.2 任务来源

中国地震局第一监测中心牵头承担了中国地震局2009年行业科研专项《大地形变测量规范（水准测量）》的项目，为本标准的编制工作打下了科研基础。后经中国地震局政策法规司立项，以《大地形变测量规范》标准编制的项目名称，列入中国地震局2010年度行业标准制修订计划（中震法发〔2010〕71号）。该标准编制在征求意见稿阶段，更名为《地震水准测量规范》（后文均使用这一名称）。

## 1.3 主要工作

按照任务书的工作内容要求，项目组主要做了如下工作：

### 1) 收集资料。

为了编制《地震水准测量规范》），项目组参阅了大量的国内外相关技术标准、已发表的论文论著、地震系统有关单位历年的技术补充规定及“九五”以来的流动形变监测项目的实施成果，并在编制规范时得到了体现。

### 2) 实验研究

在收集、整理和参阅国内外国家标准、行业标准、相关单位历年的技术补充规定和大量研究论文报告的基础上，有目的地开展了一些实验观测与研究。主要有采用夜间照明系统下的夜间水准观测实验和跨河水准测量实验。通过实验确定了在采用夜间照明系统时，夜间水准测量可以按照白天水准测量要求进行，为地震应急水准测量提供了时间保障。同时夜间照明系统申请了发明专利，获得了两项新型实用专利。项目组进行的跨河水准测量实验包括水准仪、全站仪和GPS测量法，其中，GPS跨河水准测量实验结果显示出水准点之间高程异常存在非均

匀变化，因此，在地震水准跨河测量中不推荐使用GPS测量法，在本规范中也不涉及。

### 3) 编制规范

项目组于2010年 3月4日召开了项目启动会，一测中心主任章思亚等中心主要领导和项目组全体成员参加了会议。会议讨论了项目实施方案、研究步骤和目标，讨论并布置了人员分工，制定了项目管理办法，明确了编制规范涉及的范围和定位。在编制规范的条款中，明确地把实验和研究成果吸收融入到规范的相应条款中，规范编制的实施过程基本按照任务书的进度要求开展。

## 2 国内外现状、编写原则和依据

### 2.1 国外现状

地震水准测量规范主要包括区域水准测量、跨断层水准测量和台站短水准测量，作为国家高程控制的等级水准测量在一些国家已有相应的规范和标准，如收集到的美国、加拿大和俄罗斯水准测量规范。但在地震台站及跨断层类的水准测量方面没有见到配套的作业规范。在借鉴国外水准测量规范方面，新中国成立后大地测量主要是学习和参照前苏联的成功经验，可以说中国在水准测量技术许多方面主要与前苏联是一脉相承，可参考的内容会更多。由于目前懂得俄语的人较少，项目组还特别请外边的翻译公司把俄罗斯大地测量和地图测绘联邦署编制的 I、II、III、IV等水准测量规范原文翻译成了中文，以便于在项目研究中使用。在项目的实际研究中也发现，只有俄罗斯与中国的水准测量规范要求比较相近。他们在国家级的水准测量规范中有水准测量在地球动力学试验场（包括：地壳深大断裂局部试验场；破坏性地震的可能震中区域试验场、大型民居区域及建设水电站区域）的规定和要求，实际上是把区域水准网也纳入到国家水准测量网中一起管理。美国和加拿大的水准测量规范大体相一致，其内容和规定较为灵活，更注重观测的自动化程度和观测结果。国外的这些规范性文件对于本标准的制定有一定的参考和借鉴，但由于国情不尽相同，没有直接参考的内容。

### 2.2 国内现状

《大地形变测量规范（水准测量）》、《跨断层测量规范》和《大地形变台站测量规范（短水准测量）》是 20 年前地震系统根据当时技术和实际制定的作业规范。随着科学技术的不断进步和发展，水准测量仪器不仅从光学符合气泡式

水准仪发展到光学自动安平式水准仪，而且数字水准仪也已经广泛应用于精密水准测量之中。无论是用于地震地壳垂直形变监测的水准测量仪器，还是在形变观测场地的布设要求上都有了新的理念和新的要求。虽然 GB/T12897—2006《国家一、二等水准测量规范》采纳了当前的新技术和方法，但缺少针对地震水准测量的直接指导作用。因此，近些年以来各作业单位在地震水准测量中都会根据各自的实际情况做了一些技术上的补充规定，这些技术补充规定和利用多年的重复水准测量资料所产出的研究成果，对于本标准的制定起到了重要帮助。

### 2.3 编制原则和依据

本规范的编制原则有以下几个方面：

1) 继承性和先进性。本规范充分考虑与国内已有标准规范的结合和继承。融入了当前先进的科学技术并兼顾地震水准测量技术现状并标准化。

如本标准以GB/T12897—2006《国家一、二等水准测量规范》、《大地形变测量规范（水准测量）》、《跨断层测量规范》和《大地形变台站测量规范（短水准测量）》为基础，在设计时优先综合场地（网）布设。

2) 实用性和可靠性。不仅考虑形变观测技术领域的新技术和新方法，还注重了本标准确定的条款具有可操作的实用性、权威性和可靠性。

如本标准规定的各种仪器检定工作尽可能由检定部门完成，保障了仪器检定的权威性和可靠性，在水准测量作业中便于实施。

3) 一致性。本规范的术语与现有的标准保持一致性。

本标准的编制主要依据《GB/T 1.1—2000 标准化工作导则》（国家质量技术监督局，2000-12-20 发布）中第 1 部分：标准的结构和编写规则进行编写，在法律法规方面依据《中华人民共和国防震减灾法》（中华人民共和国第十一届全国人民代表大会常务委员会第六次会议于 2008 年 12 月 27 日修订通过，自 2009 年 5 月 1 日起施行）、《地震监测管理条例》（中华人民共和国国务院令 409 号，2004 年 6 月 4 日国务院第 52 次常务会议通过，2004 年 9 月 1 日起施行）。主要继承《大地形变测量规范（一、水准测量）》、《跨断层测量规范》和《大地形变台站测量规范（短水准测量）》等规范的内容，并融入实验结果和当前先进的科技理念使之标准化。在标准的观测方法方面与 GB/T 12897—2006《国家一、二等水准测量规范》相一致时直接引用这些条款，同时根据区域水准测量、跨断

层水准测量和台站水准测量的特点，规定了相应的条款。既本标准在 GB/T 12897—2006《国家一、二等水准测量规范》的基础上有更为严格的规定。在观测场地环境和建设方面直接引用 GB/T 19531.3—2004《地震台站观测环境技术要求第 3 部分：地壳形变观测》和 DB/T 8.3—2003《地震台站建设规范地形变台站 第 3 部分：断层形变台站》的规定。与所有引用的规范和现行的规范不发生矛盾、抵触或冲突，在内容上相互衔接和补充，并有拓展。

### 3 项目工作和规范编写过程

项目于2009年9月获得批准后。项目组于2010年 3月4日召开了项目启动会，一测中心领导和项目组全体成员参加了会议。会议讨论了项目实施方案、研究步骤和目标，讨论并布置了人员分工，制定了项目管理办法，明确了编制规范涉及的范围和定位，要求项目组成员要按照确定的时间进度完成工作。根据项目的三项主要任务（1、收集资料；2、实验；3、编制规范），项目工作组的工作过程是：

1) 资料与实验研究。在 2010 年期间收集并参阅了大量的国内外相关技术标准、已发表的论文论著和地震系统有关单位历年的技术补充规定。做为编制规范的重要参考，在规范的继承方面主要参考的有《大地形变测量规范（一、水准测量）》、《区域精密水准测量技术文件汇编》、《跨断层测量规范》和《大地形变台站测量规范（短水准测量）》，在观测场地环境要求和建设方面参考的有 GB/T 19531.3—2004《地震台站观测环境技术要求第 3 部分：地壳形变观测》和 DB/T 8.3—2003《地震台站建设规范地形变台站 第 3 部分：断层形变台站》，本规范的内容与之相互衔接和补充，并有拓展。引入“九五”以来流动形变监测场地建设的新理念，把单一的区域水准网改造建设成为综合形变监测网，使水准、GPS 和重力网形成同网共点观测，在本规范的具体条款中有具体体现。在观测方法方面参考的有 GB/T 12897—2006《国家一、二等水准测量规范》等相关规范。同时根据区域水准测量、跨断层水准测量和台站水准测量的特点，规定了相应的条款。即本标准不仅与现行的国家标准 GB/T 12897—2006《国家一、二等水准测量规范》相一致，而且在 GB/T 12897—2006《国家一、二等水准测量规范》的基础上有更为严格的规定。例如：把 GB/T 12897—2006《国家一、二等水准测量规范》中同光段观测的要求由按区段统计不超过 20%的规定改为按测段统计不

超过 20%，且明确以测站数计算。把不明确的含混条款明细化，例如：多个往返测高差不符值出现同符号积累时，应采取缩短视距等措施，明确为 4 个测段。如果某一测段的往返测高差不符值的符号为正或负的概率为 0.5，则 4 个测段的往返测高差不符值为同一符号的可能性为  $0.5^4=0.0625$ ，这在误差理论上是可行的，因此，明确连续 4 次往返测高差不符值为同符号以后应当采取措施条款。

在收集、整理和参阅国内外国家标准、行业标准、相关单位历年的技术补充规定和大量研究论文报告的基础上，于2010年至2011年期间有目的地开展了两项实验观测与研究。一项是夜间照明系统下的夜间水准观测实验，另一项是跨河水准测量实验。通过实验确定了在采用夜间照明系统时，夜间水准测量可以按照白天水准测量要求进行，同时夜间照明系统申请了发明专利，2010年和2012年分别获得了两项新型实用专利。跨河水准测量实验采用了新型仪器，把全站仪纳入跨河测量方法中。而GPS跨河水准测量方法存在各水准点之间高程异常的非均匀变化问题，决定在规范中暂不推荐使用GPS跨河水准测量。在跨河水准测量方法中，补充全站仪倾角法跨河水准测量以代替经纬仪倾角法跨河水准测量。

2) 规范编写。所收集的资料和实验研究成果基本都体现在了编写的规范条款中，与GB/T 12897—91 《国家一、二等水准测量规范》相比，在具体的条款上（1）增加了数字水准仪观测技术方法及其技术要求；（2）由于采用LED照明技术，研制了夜间照明系统。在采用新技术后修改了夜间观测方法。也为地震应急观测提供了保障；（3）增补了针对跨断层水准测量和台站水准测量部分观测和计算的技术规定。

3) 工作组讨论稿。2011年至2012年，为编写规范阶段。在编制规范的具体条款中，主要是依据以上工作和研究成果，并使之条款化。2012年11月项目组将规范的工作组讨论稿文本发给中国地震局第一监测中心、中国地震局第二监测中心、中国地震应急搜救中心等形变测量单位，咨询和征求形变专家及有关技术管理和实施人员的意见。

2012年12月，召开工作会议，集中讨论修改标准文本。充分考虑了有关专家意见，周硕愚研究员多次在大地测量与地球动力学明确提出地震大地测量 earthquake geodesy 作为专门学科的研究。这一涉及学科的研究成果虽然目前还没有定论，但地震水准测量一词能够明确行业特征和特点，使规范的名称更具有

行业归属性。就像工程测量规范是规范工程中的测量方法一样，地震水准测量规范就是规范地震监测中的水准测量作业方法。经讨论研究确定了本项目编制的规范名称定名为《地震水准测量规范》。

4) 征求意见稿。根据专家意见对规范文本进行了修改，形成《地震水准测量规范》征求意见稿的初稿，并报送中国地震局地标委秘书处。地标委秘书处冯义钧研究员在审阅了《规范》征求意见稿后，于2013年2月与项目组在中国地震局地球物理所进行面对面沟通，项目组主要成员听取了地标委专家对《地震水准测量规范》（征求意见稿）提出的具体的修改意见。之后，进行了进一步的修改。2013年5月中旬，重新上报了《地震水准测量规范》（征求意见稿）。经过了冯义钧研究员的进一步审阅，并于2013年11月上旬，项目组主要成员与全国地震标准化技术委员会秘书处在中国地震局地球物理所进行了三天讨论研究，秘书处对《地震水准测量规范》（征求意见稿）的整体结构以及具体条款的表述方法提出了一些建设性和具体的修改意见。在上述工作的基础上，经过项目编写组的认真讨论研究和修改，形成了《地震水准测量规范》的征求意见稿和《地震水准测量规范编制说明》。