

ICS 17.100
A 44
备案号:196-1997

DZ

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T 0170—1997

浅层地震勘查技术规范

1997-03-19 发布

1997-11-01 实施

中华人民共和国地质矿产部 发布

目 次

1 范围	1
2 引用标准	1
3 总则	1
4 工作设计	2
5 仪器设备	3
6 野外工作	4
7 数据处理	7
8 资料解释	9
9 原始资料的验收和质量评价	10
10 成果报告的编写与评级	11
附录 A(标准的附录) 瑞雷波法技术要求	13
附录 B(提示的附录) 钻孔波速的应用	15
附录 C(提示的附录) 成果报告质量评级	16
附录 D(提示的附录) 各种记录格式	17

前 言

本标准是根据我国多年浅层地震勘查工作实践并吸收了符合我国情况的国外先进经验而制订的，编写规则遵循国家标准 GB/T 1.1—1993《标准化工作导则 第1单元：标准的起草与表述规则第1部分：标准编写的基本规定》。

本标准包括以下部分：

本标准从1997年11月1日实施。

本标准的附录A是标准的附录，附录B、附录C、附录D都是提示的附录。

本标准由地矿部工程勘查施工管理办公室提出并归口。

本标准起草单位：地矿部工程勘查施工管理办公室、地矿部浅震中心、地矿部水文工程技术方法研究所、建设部综合勘查研究院、水利部北京勘测设计研究院。

本标准主要起草人：王振东、张世洪、唐大荣、任书考、刘云楨。

浅层地震勘查技术规范

1 范围

本标准规定了浅层地震勘查的设计、施工、记录质量评价和资料处理解释以及成果报告的编写、审查与评价等要求。

本标准适用于各种目的任务探测深度在几米至数百米范围的浅层地震勘查工作。在工作中除应符合本规程的要求外,还应符合国家现行有关标准的规定。

2 引用标准

下列标准包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。在标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 12950—91 地震勘探爆炸安全规程

DZ/T 0076—93 石油、天然气和煤田地震勘探图式、图例及用色标准

DZ/T 0153—95 物化探工程测量规范

3 总则

3.1 应用领域

3.1.1 工程、水文、环境地质调查。

- a) 测定覆盖层厚度及基岩界面起伏形态;
- b) 测定基岩岩性及风化层厚度的变化;
- c) 测定隐伏断层、裂隙破碎带的位置、宽度及展布方向;
- d) 测定砾石层中潜水面深度和地下含水层分布;
- e) 探测岩溶及地下洞穴;
- f) 划分松散沉积地层层序;
- g) 滑坡及塌陷等灾害地质调查;
- h) 地质填图;
- i) 地质基础检测和岩土弹性力学参数测定等。

3.1.2 区域和场地稳定性调查及评价。

- a) 进行岩体及场地土分类;
- b) 计算场地卓越周期;
- c) 判定砂土液化势;
- d) 场地土地震效应分析和反应谱计算;
- e) 地震烈度小区划工作中局部构造的调查等。

3.1.3 能源、矿产地质调查及其他。

- a) 浅层油气和煤田的勘查和开发;
- b) 铀矿床勘查;

- c) 地热资源勘查;
- d) 金属及非金属矿床勘查;
- e) 建筑材料资源勘查;
- f) 油气地震勘探中的低速带和降速带测定;
- g) 古代遗迹及地下埋设物探测等。

3.2 应用方法及探测能力

3.2.1 进行浅层地震勘查工作设计时,应根据各方法的探测能力,地球物理前提和使用条件,合理选用适用的折射波法、反射波法、直达波法和瑞雷波法。

各种方法在层状和似层状介质条件下应用,可得到较好效果。在地质构造复杂,弹性波激发接收条件差、振动干扰大的地区,应用效果变差,甚至难以得到预期效果。

3.2.2 直达波法可以直接测定震源和测点之间介质的弹性波传播时间和能量衰减规律,计算被测介质或地层的纵波速度或横波速度,圈定地层中速度异常物体(空洞)或速度异常带。所采用的观测系统应能有效接收到直达波或经数据处理能有效提取直达波。

3.2.3 折射波法常用于测定覆盖层厚度、基岩界面起伏形态和构造破碎带,求取持力层、坚硬土层及基岩界面埋深和界面速度。对薄层的探测能力差,一般来说不能探测速度逆转层。

3.2.4 反射波法一般不受地层速度逆转的限制,但被探测地层与上覆地层应有一定的波阻抗差异,并有一定厚度。对沉积地层层序划分、探测断层等地质构造的效果较好。纵波反射法探测深度较大,激发方式多样,是常用方法之一。横波反射法用于探测浅部松散含水地层效果较好且分辨率较高。其分层能力一般为 $1/4$ 有效波波长。随着方法技术的进步,反射波法探测薄层和小断层的能力不断提高。

4 工作设计

4.1 工作任务

4.1.1 应根据上级主管单位下达的任务书或有关合同(协议)明确工作任务,选定项目负责人,编写工作设计。

4.1.2 工作任务书的内容应包括:项目名称、工作地区及范围、工作目的、勘察对象;实物工作量及技术经济指标;提交成果资料的内容及期限。

4.2 资料收集

4.2.1 编写工作设计前,应由项目负责人组织收集和分析工区及邻区有关地质、钻探、物探及其他技术资料,并在现场踏勘的基础上编写工作设计书。在地震地质条件比较复杂或已知资料比较缺乏时,应先进行一定工作量的现场试验。

4.2.2 现场踏勘应包括以下内容:实地考察测区地形、地貌、交通及工作条件;核对已收集的地质、物化探及测绘资料。

4.3 试验分析

4.3.1 利用前人在工区及邻区取得的地震成果资料或通过现场试验工作,进行方法有效性分析。

4.3.2 在方法有效性分析的基础上选择最佳技术方法,确定最佳观测系统和仪器工作因素的试验方案。

4.3.3 试验工作应遵循由已知到未知,从简单到复杂,点线结合和单一变化的原则。试验地段应布置在有代表性的地区,宜选择在生产线上或通过已有钻孔。

4.4 测线与观测系统选择

4.4.1 测线布置应根据地质任务、工区地质、地形条件,因地制宜合理设计。

4.4.2 测线长度和测线间距,应根据地质任务的要求或按工作比例尺确定。测线之间应适当布置联络测线。

4.4.3 主要测线方向应尽可能垂直构造走向。宜选择地形起伏较小、表层介质较为均匀的地段。测线

尽可能与地质勘探线或其他物探方法测线重合,以利资料对比分析。

4.4.4 选择观测系统应在满足地质任务要求的条件下,遵循简单、经济的原则。

4.5 设计书编写

4.5.1 设计书应根据上级主管单位下达的任务书或有关合同(协议)内容,由项目负责人组织收集和
分析工区及邻区有关地质、钻探、物探及其它技术资料,并在现场踏勘的基础上进行编写。在地质地质条件
比较复杂或已知资料比较缺乏的情况下,应先做一定工作量的地震踏勘试验工作。

4.5.2 设计书应包括下列内容:

- a) 工作目的、任务、范围和期限。
- b) 工区的地理位置、地形、地质和地球物理条件。
- c) 工区地震地质条件和地震环境条件初步分析,包括以往工作程度和存在的主要困难。
- d) 野外工作布置和工作量。包括:试验工作内容和方法;工作方法选择依据;测线布置(包括测线长度和方向、测网密度等);方法技术(包括观测系统、地震波的激发和接收方式、仪器因素选择等);主要技术措施和地震观测精度;测地工作及精度要求;工作量及进度安排等。
- e) 资料处理和解释:资料处理方法;资料解释精度要求。
- f) 提交成果报告的内容和时间。
- g) 人员组成、设备材料计划和费用预算。
- h) 设计书附图,包括交通位置图;地震工作布置图;其他有关图件(如地形图和地质图及综合柱状图图等)。

4.5.3 短期或工作量不大的任务,设计书内容可从简,但必须包括下列内容:工作目的、任务;工作地区
和工作量;工作方法及精度要求;完成期限等。

4.5.4 设计书应由上级主管单位审查或经任务下达单位批准或委托单位认可,方可正式施工。

4.5.5 设计书批准后应严格遵守。生产中由于客观条件变化或其他原因,需要修改设计时,应及时将修
改理由和内容申报审批单位或与委托单位协商,经认可后方可修改。项目负责人有权在不影响工作进
度,且能保证地质任务完成的前提下,对于施工顺序、测线位置、测线长度及工作方法做部分的改动,但
必须及时报告主管单位备案。

5 仪器设备

5.1 仪器设备的使用

5.1.1 鉴于目前浅层地震仪器类型较多,性能各异,应按任务要求,经济、合理地选用不同类型的仪器。
折射波法和常规反射波法,可采用定点增益型浅层数字地震仪;高分辨率反射波法,应采用瞬时浮点增
益型浅层数字地震仪,动态范围应不低于 80 dB;直达波法应采用采样率较高的浅层数字地震仪,采样
时间间隔宜不大于 50 μ s。

5.1.2 地震仪的操作和保管应有专人负责,建立使用档案,详细登录仪器的故障和检修情况、调试和校
验结果。

5.1.3 地震仪操作员应严格遵守仪器操作规程,了解各部件原理和功能,能排除一般性故障。

5.1.4 仪器班报应填写正确,字迹工整,不得随意涂改,遇有特殊情况,要写入注记。

5.1.5 当发现仪器有重大故障需检修时,操作员应向主管部门提出书面报告,说明故障性质、原因和检
修内容。

5.1.6 严禁不熟悉仪器性能、原理、结构的人员拆修仪器。

5.1.7 检修仪器在拔插线路板或更换器件时,必须注意防止人体静电损坏器件。检修工具、工作台应良
好接地。检修过程中应避免手直接与连线 and 元器件接触。

5.1.8 仪器长期不用,必须妥善保管。每隔 1~2 个月进行一次通电保养和维护。

5.1.9 磁带、磁盘存放和运输时,应防高温、防潮、防尘、防磁、防腐蚀。磁带应直立放置,磁盘应装入

盒内。使用完毕后,应从磁带机或驱动器中取出。

5.1.10 应根据任务要求和工区的具体情况选择井中激发、坑中激发、水中激发等激发方式和激发震源。

5.1.11 面波激震器使用应与其频率响应范围一致,并且不允许在过载条件下使用。

5.1.12 爆炸机在使用前及使用期间应经常检查,各项性能均符合出厂指标方可使用。

5.1.13 检波器应满足以下要求:固有频率漂移不大于10%;灵敏度变化不大于10%;绝缘电阻大于10 M Ω 。

5.1.14 折射波法宜选用固有频率为10~28 Hz的检波器,常规反射波法可选用固有频率为38~60 Hz的检波器;高分辨率反射波法则宜选用固有频率更高的检波器;直达波法用于钻孔内接收的检波器应具有防水性能。

5.1.15 严禁用脚踏、敲击等方式安置检波器。

5.1.16 检波器与仪器之间联结电缆(大线)绝缘电阻应大于200 k Ω 。收放、运输大线时,应将插头盖好,严禁拖拉大线插头。

5.1.17 仪器车或载运仪器的车辆,车箱内应保持清洁、干燥,配置灭火器,严禁放置易燃、易爆危险品。

5.2 仪器的检查

5.2.1 每天工作开始时,应首先确认仪器性能是否正常,并作日检记录。

5.2.1.1 检查地震仪器各道放大器一致性。定点增益型仪器,要求各道振幅差不大于10%,相位差不大于1 ms。瞬时浮点增益型仪器,要求各道振幅差不大于5%,相位差不大于0.5 ms。

5.2.1.2 获取放大器一致性检查记录时,定点增益型浅层地震仪,应将各道放大器增益设置为相等,采样间隔宜按使用的记录长度合理设置。

5.2.2 每月应做一次道一致性检查。检查时检波器安置条件应一致,采样间隔宜按仪器最小值设置,全部检波器所占范围与其距震源距离相比甚小,可以认为各检波器是同点接收。

5.2.2.1 检查地震仪的道一致性,宜使用经主管部门核准的检查程序。定点增益型地震仪,要求各道之间振幅差不大于15%,相位差不大于1.5 ms;瞬时浮点增益型地震仪,要求各道之间振幅差不大于10%,相位差不大于1 ms。

5.2.2.2 当工期不足一月时,开工前应做一次道一致性检查。道一致性检查结果和原始数据均应存档,作为勘察项目的质量控制依据。

6 野外工作

6.1 试验工作

6.1.1 生产前应进行以下试验工作:了解工区有效波、干扰波情况;选择激发、接收方式和条件,确定最佳观测系统的仪器工作因素。

6.1.2 了解工区有效波和干扰波宜采用展开排列法。展开排列长度,一般为实际记录排列长度的4~6倍,检波点道间距应小于实际工作的道间距。仪器工作因素的选择应以尽可能接收到各种波的信息为原则。

6.1.3 接收方式应根据实际情况选择单个检波器接收和多个检波器组合接收。

6.1.4 生产工作中遇到局部地段记录变坏,应做补充试验,确定适合的工作方法。

6.1.5 试验资料必须及时分析处理。试验结果应有明确的结论。试验成果可作为生产成果的一部分。

6.2 测线布置与测量工作

6.2.1 地震测线和炮点(激发点)的平面位置设计应根据相应比例尺的地形图,航空照片或现场实地确定。现场测线敷设应采用测量仪器进行,对于场地内的工程勘察任务,可采用钢尺或测绳量距,测绳应经常用钢尺进行校准。测线的端点及转折点应与永久性地物标志连测。

6.2.2 地震测线宜布成直线。若由于受场地条件等限制,可允许测线转折。折射波法工作应在转折点

布置相应的激发点；反射波法工作当进行单次剖面工作时，最大转折角不得超过 15° ，当进行多次覆盖法工作时，最大转折角不得超过 8° 。若因测线转折影响叠加效果时，应采用弯线叠加方法。

6.2.3 用折射波法探测高倾角的目的层时，应合理选择测线方向，满足临界角与视倾角之和不超过 90° 。

6.2.4 测线编号及测点桩号在无特殊规定的情况下，应按西小东大，南小北大的原则编排。

6.2.5 在丘陵地区或平原区地形变化较大时，应实测激发点和检波点的位置及高程，并沿排列方向测绘地形剖面。

6.2.6 地震测线上各类测点平面位置和高程的精度要求见表1，表中各项精度均以中误差衡量，并要求以二倍误差作为限差的指标。

表1 测点平面位置和高程的精度要求

m

工作比例尺	相对于三角点点位中误差			相对于三角点(水准点)高程中误差		
	加密点	联测点	炮点、检波点	加密点	联测点	炮点、检波点
1:10 000	± 1.5	± 3.5	± 6.0	± 0.3	± 0.4	± 0.8
1:25 000	± 1.5	± 4.2	± 8.4	± 0.3	± 0.4	± 1.4
1:50 000	± 1.5	± 5.0	± 12.0	± 0.3	± 0.4	± 1.7

注：
比例尺大于万分之一时，测点平面位置和高程的精度要求应按相应比例尺的测量精度要求，具体要求可根据任务确定

6.3 观测系统

6.3.1 折射波法可采用完整对比或不完整对比观测系统。在满足地质任务要求的条件下，采用简单、经济的观测系统。

6.3.1.1 所选用的观测系统，应保证主要目的层有效波的连续对比追踪。

6.3.1.2 相遇时距曲线，应确保在相遇段内，至少有4个检波点接收来自被追踪层界面的折射波。

6.3.1.3 追踪时距曲线，应确保在两支时距曲线中，至少有3个检波点重复接收同一界面的折射波。

6.3.1.4 沿测线方向，被追逐界面平坦，而且视倾角小于 15° 时，可用单支时距曲线测定，但应确保追踪地段内至少有4个检波点。

6.3.1.5 非纵测线的布置，应考虑旁侧、界面倾角和速度变化的影响。非纵测线应尽量通过纵测线或钻孔。测线长度一般不能大于激发点到测线的垂直距离。

6.3.2 反射波法可采用简单连续观测系统，并深度点多次覆盖观测系统等或偏移距观测系统。应根据地质任务、地震地质条件和经济高效的原则加以合理选择。

6.3.2.1 等偏移距观测系统其偏移距和道间距的大小可通过试验确定。

6.3.2.2 多次覆盖观测系统可采用端点激发或中间点激发方式。覆盖次数、道间距和最小偏移距应通过试验选择。

6.3.2.3 多次覆盖或等偏移距观测，宜在地层下倾向方激发，地层上倾向方向接收。

6.3.3 直达波法可采用孔对地观测方式，孔对孔观测方式，孔(洞)对洞(孔)和孔(洞)对地联合观测方式，隔山体透视观测方式和表面(地面、露头或洞壁)观测方式。

6.4 地震波的激发

6.4.1 地震波的激发应根据地震任务要求和工区地震地质条件合理选择震源。激发能量应通过试验确定。

6.4.2 使用锤击震源、落锤震源应在激震点敷设专用垫板，必须防止反跳造成的二次触发。

6.4.3 使用印板震源，应使木板长轴垂直测线，且长轴的中点位于测线或测线的延长线上，并使木板与

地面紧密耦合。

6.4.4 使用电火花震源或气枪震源应按照使用说明书有关规则操作，并注意安全。

6.4.5 使用炸药震源应符合下列要求：

a) 井中爆炸时，井中应注满水或泥浆，坑中爆炸时，药包需用湿砂或土埋实。水中或潮湿地区爆炸应有防水措施。

b) 药包沉放深度应当准确。

c) 爆炸计时宜采用回线计时。如使用内触发计时，应使用 600 V 以上的高压爆炸机。

d) 同一爆炸站绝对禁止使用两套或多套爆炸线工作。爆炸机钥匙必须由爆炸员 1 人掌管。

e) 震源弹、震源枪应严格按有关规定使用、存放和运输。

6.4.6 使用井中剪切波锤震源应做到沉放深度准确，贴壁牢固、激发可靠。并注意防止井口掉块或井壁坍塌。

6.4.7 不同类型的激振器应通过试验使计时误差小于 1 ms。

6.5 地震波的接收

6.5.1 检波器埋置的位置应准确，由于条件限制不能埋置在原设计点位时，沿测线方向移动不得超过 1/10 道间距。垂直于测线方向移动不得超过 1/5 道间距。

6.5.2 检波器应与地面接触良好，安置牢固，埋置条件力求一致。

6.5.2.1 检波器埋置在稻田、沼泽、浅滩时，应防止漏电。

6.5.2.2 检波器在水泥或沥青路面安置时，应用橡皮泥、黄油或熟石膏等将检波器牢固粘于地面或采用铁靴装置安置。每个铁靴的重量宜大于 10 倍检波器的重量，以保证耦合良好。

6.5.2.3 检波点位于干沙、砂石、虚土层时，检波器安置应挖坑并压实。

6.5.2.4 检波器周围的杂草、小旗等易引起检波器微动之物应加以清除。风力过大时检波器应挖坑深埋。

6.5.2.5 检波器与电缆连接极性应正确。防止漏电、短路或接触不良等故障。

6.5.3 用水平检波器接收剪切波时，应保证检波器水平安置，灵敏轴应垂直测线方向，取向应一致。

6.5.4 水中或孔中接收地震波可用水听器。水中接收时应将水听器沉放于水面以下，深度不小于 1 m。孔中接收时不得将水听器置于井底淤泥中，应经常清除压力窗口上的淤泥。

6.5.5 用于井中速度测量的三分量检波器，应装有井壁推靠器，观测前应检查检波器沉放深度和靠壁是否牢固。

6.5.6 地震仪器各因素应根据地质条件和工区干扰情况合理选择。

6.5.6.1 根据干扰背景强度确定仪器增益。折射波法观测时，排列中近炮点各道可采用不同增益。反射波法观测时，各道增益应尽量保持一致。

6.5.6.2 依据勘察深度要求选择记录长度。宜采用高采样率接收，当记录长度与采样率发生矛盾时，可配合使用延时装置。

6.5.6.3 观测反射波时，为压制面波干扰或突出有效波中的高频成分，应采用低截滤波器。为压制工频干扰，可采用 50 Hz 陷波器。为防止时间假频干扰，应采用高截滤波器。在条件允许情况下，应采用宽频带接收。

6.5.6.4 采用能量增强工作方式时，可利用锁道措施，防止近道溢出。

6.6 水域地震工作

6.6.1 水域地震可有水中(或水底)固定排列观测和漂浮电缆航行观测两种方式。

6.6.2 漂浮电缆沉放深度，应通过试验确定。

6.6.3 固定排列观测的观测船和激发船都应抛锚定位，依附缆绳将排列固定，并监测有无溜锚导致船体流动。当发现电缆尾部摆动超过 10° 时，电缆尾部应抛锚固定。

6.6.4 漂浮电缆拖船航速应保持恒定。航行过程中应设法保持电缆沉放深度一致。

6.6.5 作业期间,应观测水位变化。

6.6.6 严禁在作业船航行的上游进行炸药激发。

6.7 直达波法地震工作

6.7.1 单孔波速测试工作应符合下列要求:

a) 地面激发井中接收时,宜由井底开始观测,每向上提升1~2 m观测一次,在地层界面附近可适当加密点距,应保证观测点深度准确。激发点距井口1~3 m为宜。

b) 井中激发地面接收时,检波器宜安置在井口附近1~2 m之内,各次接收,激发条件应保持一致,激发点深度应准确。

c) 当地层倾角较大时,地面激发井中接收,激发点宜选择在地层下倾方向一侧。

d) 剪切波速测定时,每个测点均应获得清晰的剪切波初至,宜取得正、反方向激发的记录。

e) 进行波速测井时,应防止电缆波和套管波的干扰。

f) 波速测井检查工作量应为总工作量的10%,且不少于3个测点,标准差不大于5%。

6.7.2 跨孔波速测量工作应符合下列要求:

a) 跨孔波速测量有双孔、3孔和多孔测量方式,宜采用3孔测量。只能进行双孔测量时,触发计时精度应保证速度测量误差小于5%。

b) 3孔测量时,3个孔的孔位应按直线排列。两接收孔距在土层中宜为4~6 m,在岩体中应加大。在保证所测初至是同一层位的直达波相位的前提下,激发孔和接收孔之间的孔距可根据地层厚度和任务要求作适当调整。

c) 测点间距可为1~2 m,每个地层应有不少于2个测点的记录。

d) 每个测点应获得清晰的波形记录。

e) 孔间地形起伏较大时,应测定井口高程。

f) 为保证井中检波器安全和防止井壁坍塌,宜采用泥浆护壁或全井段放置套管。在软土层中,孔壁和套管应紧密耦合后方可施测。

g) 双孔测量的激发孔和接收孔,3孔(或多孔)测量的各接收孔,当孔深大于15 m时,必须进行孔斜测量,其方位角误差小于 $\pm 5^\circ$,倾角误差小于 $\pm 0.5^\circ$ 。

h) 跨孔波速测量检查工作量应为总工作量的10%,且不少于3个测点,标准差不大于5%。

7 数据处理

7.1 原始资料的整理

7.1.1 班报记录的整理应按工区测线及施工排列登录的顺序整理装订成册,并在每册的封面写明单位名称、工区、测线号及施工排列的始号和终号、工作时间等。

7.1.2 记录地震数据的磁带或磁盘应粘贴标签,写明带号或盘号、测线号和日期。确保与班报对应无误。

7.1.3 监视记录应按工区测线统一编录,装订成册。

7.2 折射波法

7.2.1 波的对比如应根据以下特征:

a) 各记录道的波形、振幅及振动延续度的相似性特征;

b) 相位一致性和同相轴延伸长度特征;

c) 追逐炮记录同相轴的平行性特征;

d) 波的对比如可采用单相对比或多相对比,在断裂发育区宜采用多相对比。

7.2.2 确定波的置换位置应根据以下特征:

a) 视速度发生变化;

b) 波形和振幅突然变化;

c) 两组波相交波形叠加特征。

7.2.3 读取初至应注意以下几点。

- 可利用原始记录读取波的初至时间,也可在回放的监视屏上读取波的初至时间;
- 直接读取初至有困难时,可以读取初至波的极值时间,但应求取相位校正量,进行初至校正;
- 在波的干扰或置换位置,应分析波的叠加情况后正确读取。

7.2.4 互换道、连接道波的对比,应根据波的旅行时和波的动力学特征进行。

7.2.5 时距曲线图应按以下规定绘制:

- 比例尺可采用:横向比例尺 1:500~1:2 000;纵向比例尺 1 cm 等于 5 ms~20 ms。
- 沿横轴除标明距离外,在对应检波点位置应标上桩号,在对应激发点位置应标上炮序号。
- 不同方向的时距曲线用不同符号(或不同颜色)绘制。两相邻点用直线段连接。

7.2.6 绘制综合时距曲线图,应根据解释方法要求,进行必要的校正。包括:地形高程校正、激发点深度校正、测点和激发点偏移校正、表层低速带校正等。校正后的综合时距曲线的互换时间差不得超过 5 ms。

7.2.7 时距曲线绘制后,可根据时间互换相等性、追逐时距曲线平行性、截距时间相等性原则进行检查。可对照地震记录中有关初至读取情况,进行必要的修改。

7.2.8 时距曲线中个别道出现走时突变时,应对照相同地段的相遇或追逐时距曲线走时情况。或根据班报中有关说明,查明突变原因,必要时进行修正。

7.3 反射波法

7.3.1 绘制观测系统图应符合下列要求:

- 观测系统图必须绘制在厘米计算纸上,图上的桩号和炮号均由左至右增大。空炮、废炮也应统一编号。不正常道、死道、反极性道应分别在图上标明。
- 观测系统图上应注明施工方法、测线长度,起始和结束炮应注明道号。应标明剖面经过的地物标志。

7.3.2 应根据原始资料和任务要求,拟订处理流程,通过对比试验确定主要处理参数。

7.3.3 在资料处理过程中应进行质量控制,为此应重视下述处理过程:

- 原始炮记录编辑应检查记录道头,删除不正常炮记录,剔除不正常道、死道,将地震道中含有不正常数值的时段充零,校正反极性道。
- 宜采用自动增益放大处理程序增强微弱反射信号。
- 必须精细选择滤波参数,保证滤波处理结果有较高的信噪比。
- 沿剖面要保证有足够的提取动校正速度分析段,并结合速度测井或跨孔波速测量结果,掌握速度横向变化,提高其反射点叠加效果和时深转换的精度。
- 在做剖面修饰处理时,应防止削弱地质异常引起的波场变化。

7.3.4 处理结束后,应提交原始记录编辑说明、主要处理模块效果对比图件、处理参数和时间剖面、深度剖面等成果。

7.4 直达波法

7.4.1 单孔法波速测试

7.4.1.1 解释人员应在现场对波的初至及相位进行初步分析判断,保证记录正确完整。

7.4.1.2 可根据竖向传感器波形记录,确定压缩波由震源到每一测点初至的时间;根据水平向传感器的正、负向波形记录确定剪切波从震源到每一测点初至时间。

7.4.2 跨孔法波速测试

7.4.2.1 应利用竖向传感器的波形记录,确定压缩波到达两个接收孔同一高程测点的初至时间 t_{p1} 、 t_{p2} 。利用水平向传感器的波形记录,确定剪切波到达两个接收孔同一高程测点的初至时间 t_{s1} 、 t_{s2} 。

7.4.2.2 计算两接收钻孔同一高程测点之间的距离 L 当测试深度大于 15 m 时,应根据钻孔斜及其

方位资料计算。

8 资料解释

8.1 折射波法

8.1.1 资料解释前应对速度资料进行整理分析。选择速度参数时注意事项如下：

- a) 由于近地表速度的不均匀性,引起地层平均速度(或有效速度)变化时,应先进行地表速度校正。
- b) 用折射波时距曲线交点法求取的有效速度参与解释时,应分析所测速度的精度。应尽量利用测区内反射波法测定的速度和地震测井的速度资料,与折射波法测定的速度进行综合分析。
- c) 同一测线当速度横向变化较大时,应计算沿测线速度变化曲线,参与深度解释。

8.1.2 应根据地震地质条件、时距曲线特征和精度要求,合理选择解释方法。

8.1.2.1 只有在近似水平层状介质、地表与界面起伏较小,界面视倾角不大于 5° 、速度横向无明显变化、或由于条件困难无法获得相遇时距曲线时,方可采用截距时间法或交点法。

8.1.2.2 一般应由相遇时距曲线求取界面深度和速度。

8.1.2.3 地表较平坦,折射界面起伏较大,界面速度又有明显不均匀性时,宜采用哈莱斯法或时间场法。

8.1.2.4 对于多层不均匀地层或具有特殊结构的地层,宜采用多种计算解释方法和正演拟合计算方法综合求解,以提高解释精度和求解的可靠程度。

8.1.3 折射波资料经计算解释后,应针对任务所提出的地质问题,并在分析测区内有关地质、钻探及其他物探资料的基础上,作出地质解释。

8.1.4 地质解释图中,应尽可能标有钻孔资料,将地震分层与地质构造相联系,对于与地质构造不一致之处,应予以说明。

8.1.5 用折射波资料推断岩性变化时,应有物性资料为依据。

8.1.6 有关破碎带、断裂位置以及断距的确定,应对推断的依据和结果的可靠性加以说明。

8.1.7 地震剖面图和地震构造图应符合下列要求：

a) 地震剖面图应包括时距曲线图,解释辅助线图(如 t_0 ——差异时距曲线法的 $t_0(x)$ 线和 $\theta(x)$ 线,哈莱斯法的哈莱斯线,时间场法的时间场图);深部剖面图等。各图件横坐标应一致,深度剖面纵坐标比例尺可适当加大。

b) 地震构造图可有基岩面等高程图、覆盖层厚度图、目的层厚度图和界面速度分布图等。根据任务要求,可绘制其中部分图件作为成果的最终图件。等值线距应大于2.5倍观测误差,速度分区的速度差值应大于速度测量精度的2.5倍。

8.1.8 地震-地质解释图件应符合下列要求：

a) 地震地质剖面图上应标明地震界线和地质界线的对应关系,并用不同线条表示。剖面线上若有钻孔时应有相应的钻孔柱状图。

b) 地震地质平面图上应标注地质界线与解释的构造线。将测线及其序号、钻孔位置及其孔号和主要地形地物标在图上。

8.2 反射波法

8.2.1 叠加时间剖面或等偏移时间剖面是反射波资料解释的基础图件。应依据剖面图,采用钻孔资料或地质资料对比分析方法,确定地质层位和地震波组关系。选取与勘察目的层位对应的波组进行对比、追踪,获得目的反射层变化情况。

8.2.2 时间剖面的解释应包括以下主要内容：

- a) 确定主要地质层位与反射层位关系。
- b) 确定地层厚度变化与接触关系。
- c) 划分断层或破碎带。

d) 确定其它地质现象。

8.2.3 对剖面中波组分叉、合并、中断、尖灭等现象要精细分析,尽可能得出这些变化与地层变化的关系,从而获得地层厚度、岩性横向变化及构造情况。

8.2.4 对第四系松散地层中沉积构造及其他地质现象的确定和解释,应有地质资料或钻孔资料对比、佐证。

8.2.5 将时间剖面通过时深转换处理获得深度剖面。剖面图上应标明测线号、桩号、测线方位、钻孔位置及主要地物标志。尽可能将钻孔分层的数据反映在剖面上。

8.2.6 对面积性地震勘察任务还应制作等深度图或等T₀图,并标出断层构造线平面展布。制作平面图时,等值线距应大于2.5倍观测误差,深度闭合差应小于等值线距的1/3。

8.3 直达波法

8.3.1 单孔法波速可按下述步骤取

a) 按下式计算波的传播时间:

$$t = \frac{H}{\sqrt{H^2 + d^2}} t' \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: t ——波传播时间, s;

H ——测点深度, m;

d ——震源中心至测试钻孔水平距离, m;

t' ——压缩波或剪切波自震源至测点的传播时间, s。

b) 以深度 H 为纵坐标, 以时间 t 为横坐标, 绘制时距曲线图。

c) 依据时距曲线不同斜率折线段, 结合地层实际情况计算地层的层速度:

$$v = \frac{H_n - H_{n-1}}{t_n - t_{n-1}} = \frac{\Delta H}{\Delta t} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: ΔH ——地层厚度, m;

Δt ——对应 ΔH 的压缩波或剪切波传播时间, s;

v ——地层压缩波或剪切波层速度, m/s。

8.3.2 根据任务要求应绘制波速测试工作布置图、钻孔波速测试成果表及图(纵坐标: 深度、地质柱状图、地层名称、测试深度; 横坐标: 时间 t 、压缩波或剪切波速度、动剪切模量、动弹性模量等)。

8.3.3 跨孔法波速的求取可根据下列公式计算层速度:

$$v_p = \frac{L}{t_{p2} - t_{p1}} = \frac{L}{\Delta t_p} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$v_s = \frac{L}{t_{s2} - t_{s1}} = \frac{L}{\Delta t_s} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中: v_p ——地层压缩波速, m/s;

v_s ——地层剪切波速, m/s;

L ——同一高程两接收点之间距离, m;

Δt_p ——压缩波在两接收点间时间差, s;

Δt_s ——剪切波在两接收点间时间差, s。

8.3.4 同一地层不同测点计算的速度值, 其差值应小于5%, 否则应查明原因。

9 原始资料的验收和质量评价

9.1 原始资料验收

9.1.1 原始资料应包括: 仪器检查记录、地震监视记录、测量记录、井斜测定记录、各种班报及有关图等内容。

9.1.2 每天野外工作结束,野外组(或仪器操作员)应及时将原始记录进行初步整理,交室内组(或专人)。室内组(或专人)应将全部野外资料进行检查和初步验收,并作出评价。发现较大质量问题应及时通知野外组(或仪器操作员),并提出改进建议。

9.1.3 项目负责人应经常对原始资料的质量进行监督和检查,发现问题及时处理。

9.1.4 项目工作(或年度工作)结束后,主管单位应组织对原始资料进行检查和验收。

9.2 记录质量评价

9.2.1 记录质量评价,分为“优良”、“合格”和“不合格”三个等级。

9.2.2 同时满足下列条件为“优良”记录。

- a) 仪器检查记录合格;
- b) 观测系统正确,符合设计要求;
- c) 班报填写正确、齐全、整洁;
- d) 折射波记录各道初至清晰;
- e) 反射波记录中反射层次突出,信噪比高,有效波无溢出,反射深度达到目的层位,相邻道记录能量无明显差异;
- f) 直达波记录初至清晰,满足质量要求。

9.2.3 有下列缺陷之一者为“不合格”记录:

- a) 无仪器检查记录或仪器检查不合格的全部记录;
- b) 观测系统不正确或仪器处于不正常状态所获得的记录;
- c) 激发条件或仪器因素选择不正确,无法使用的记录;
- d) 互换道或连接道工作不正常的折射波记录;
- e) 同一炮反射波记录上,相邻两道或任意3道不正常(指24道记录)或任意2道不正常(指12道记录),或同一原因引起不正常道连续出现两张以上记录时,由第3张记录起为“不合格”;
- f) 未按规定进行检查观测或经检查观测不符合要求的直达波记录;
- g) 干扰背景强且无法使用的记录;
- h) 记录编号或主要内容与班报不符,又无法改正的记录;
- i) 须进行数据处理,但未记入磁带(盘)的记录;
- j) 班报和记录上未填写工作主要参数,以致不能利用的记录。

9.2.4 不够“优良”条件,又不属于“不合格”的记录可评为“合格”记录。

10 成果报告的编写与评级

10.1 成果报告的编写和审查

10.1.1 原始资料经验收合格后,应由项目负责人组织成果报告的编写。

10.1.2 成果报告应包括以下主要内容

- a) 前言:简述工区位置、范围;工作目的、任务;工作日期及完成工作量等。
- b) 工区地震地质条件:简述与地震工作有关的地形、地貌、地质(包括钻孔资料)、地球物理的一般情况。重点分析地震地质条件及地震环境条件。
- c) 工作方法和技術:叙述野外工作方法;测线布置及观测系统的选择依据;仪器性能及因素选择;激发和接收方式;工作质量及保证质量的技术措施等。
- d) 资料整理和地质解释:叙述原始资料及其质量;简述采用的解释方法和选用速度参数的依据;着重分析地震成果的地质解释,并对地震成果精度和地质解释的可靠程度予以评价。
- e) 结论和建议:阐明地震工作的主要技术结论和地质结论;指出存在的技术问题和不够肯定的地质问题;提出进一步开展地震工作或与之相配合的其他物探工作,以及地质验证工作的建议。

10.1.3 报告附图应包括以下图件:

- a) 地震工作布置图；
- b) 速度参数表及钻孔柱状图；
- c) 地震剖面图和平面图；
- d) 地震-地质综合解释图；
- e) 根据设计书要求需提供的其它成果图件。

10.1.4 工期短或工作量不大的成果报告,可根据要求编写。

10.2 成果报告的质量评级

10.2.1 成果报告的质量可按“优秀”、“良好”、“合格”、“不合格”进行评级。评级标准见附录 C(提示的附录)。

10.2.2 达不到“合格”报告要求者应重新编写。

附录 A
(标准的附录)
瑞雷波法技术要求

A1 观测方式

- A1.1 一端激震,两道或多道观测。
A1.2 两端分别激震,两道或多道观测。

A2 野外工作

- A2.1 激发瑞雷波可有稳态激振和瞬态激震两种方式。
A2.2 稳态激振可根据不同勘探深度参照表 A1 选用合适型号的激振器。

表 A1

型号	勘探深度 m	激振力 kN	重量 kg
20 L	7~10	0.2	42
50 L	15~20	0.5	60
250 L	30~40	2.5	350
500 L	40~50	5.0	750
1 000 L	60~70	10.0	1 500
1 500 L	80~100	15.0	2 000

- A2.3 激振器连续工作时,必须进行风冷冷却,不宜连续工作时间过长,一般每 1~2 小时应休息冷却一段时间。
- A2.4 激振器的安置,应与地面均匀、紧密耦合,并使其保持竖直状态。
- A2.5 瞬态激振,可采用不同重量和不同材质的手锤或吊锤进行垂向激振,也可采用爆炸等其他震源激振,以满足不同探测深度和不同探测精度的要求。
- A2.6 应根据不同的探测对象选择相应型号的检波器。安置检波器时应注意与地面垂直并与地面紧密耦合。不同地面条件可采用不同的耦合方式。
- A2.7 检波器点距,可根据接收不同激振频率进行选择。采用等幅振动信号时,检波点距应小于最小波长距离。最小偏移距可与检波点距相等。
- A2.8 观测频率步长应根据不同探测对象、不同地层速度变化情况,通过试验选择。在试验过程中,为了突出异常,应在选择频段内改变步长进行重复测量。
- A2.9 为保证观测精度应合理选择采样周期和计算相位时差的平均次数。
- A2.10 瞬态激振记录要求波形完整、有较好的相似性、信噪比高、无削波和溢出现象。
- A2.11 为增强瞬态激振有效信号,宜采用时间域或频率域多次迭加,以抑制杂波干扰。
- A2.12 对瞬态激振采集数据,应在现场及时进行处理,获得频散曲线(深度-速度曲线)。
- A2.13 当测点附近有陡立地质体时,应分析它对观测数据的可能影响。

A3 资料的整理和解释

- A3.1 原始资料的整理按本规程 7.1 条有关要求执行。
A3.2 实测资料的处理

- A3.2.1 资料进行预处理时,应剔除明显畸变点、干扰点,并将全部数据按频率顺序排列。
- A3.2.2 将预处理后资料重新绘制深度-速度曲线。所绘制的曲线可为点状曲线也可为线状曲线。曲线图中的深度应根据泊松比参数来选择。为了便于横向对比,绘制剖面图时,宜按测点海拔高程绘制。
- A3.2.3 探测地下洞穴及埋设物时,为突出相应异常,应绘制深度-频率综合曲线图。
- A3.2.4 便于区分干扰,识别多次谐波,还应绘制深度-频率曲线与波速-频率曲线综合曲线图。
- A3.2.5 深度-波速曲线中的深度依据瑞雷波穿透深度选取,不同地层瑞雷波穿透深度见表 A2。

表 A2

σ	0.1	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
H	0.55 λ	0.58 λ	0.63 λ	0.65 λ	0.70 λ	0.75 λ	0.79 λ	0.84 λ

表中: σ ——泊松比; H——深度, m; λ ——波长, m。

A3.3 深度-波速曲线的解释

A3.3.1 应由深度-波速曲线计算层速度。

a) 当地层的平均速度随深度增加而增大时,应用公式(A1)计算层速度。

$$v_{Rn} = \frac{H_n \bar{v}_{Rn} - H_{n-1} \bar{v}_{Rn-1}}{H_n - H_{n-1}} \dots\dots\dots (A1)$$

式中: H_n ——第 n 点深度, m;

H_{n-1} ——第 $n-1$ 点深度, m;

\bar{v}_{Rn} ——第 n 点深度以上的平均速度, m/s;

\bar{v}_{Rn-1} ——第 $n-1$ 点深度以上的平均速度, m/s;

v_{Rn} —— $H_n \sim H_{n-1}$ 深度间隔的层速度, m/s。

b) 当地层平均速度随深度增加而减小时,应按公式(A2)计算层速度。

$$v_{Rn} = \frac{H_n - H_{n-1}}{\frac{H_n}{\bar{v}_{Rn}} - \frac{H_{n-1}}{\bar{v}_{Rn-1}}} \dots\dots\dots (A2)$$

c) 当不考虑地层平均速度随深度变化趋势时,可用公式(A3)计算层速度。

$$v_{Rn}^2 = \frac{\bar{v}_{Rn}^2 H_n - \bar{v}_{Rn-1}^2 H_{n-1}}{H_n - H_{n-1}} \dots\dots\dots (A3)$$

A3.3.2 瑞雷波速度与横波速度有一定差异,差异大小与地层泊松比有关,可按表 A3 进行修正。

表 A3

σ	v_R/v_s	σ	v_R/v_s	σ	v_R/v_s
0.21	0.9127	0.31	0.9290	0.41	0.9436
0.22	0.9144	0.32	0.9305	0.42	0.9450
0.23	0.9161	0.33	0.9320	0.43	0.9463
0.24	0.9178	0.34	0.9335	0.44	0.9476
0.25	0.9194	0.35	0.9350	0.45	0.9490
0.26	0.9210	0.36	0.9364	0.46	0.9503
0.27	0.9227	0.37	0.9379	0.47	0.9515
0.28	0.9243	0.38	0.9393	0.48	0.9528
0.29	0.9248	0.39	0.9498	0.49	0.9641
0.30	0.9274	0.40	0.9422	0.50	0.9553

表中: σ ——泊松比;

v_R ——瑞雷波速度, m/s;

v_s ——横波速度, m/s。

A3.3.3 对松散沉积地层可按地区性的经验公式,由横波速度计算地层的标准贯入击数。

A3.3.4 应结合实际钻孔资料或邻区的地质和物探资料,对深度-速度曲线进行综合地质解释。

附录 B
(提示的附录)
钻孔波速的应用

B1 钻孔波速可用于确定场地覆盖层厚度、划分场地土类型、建筑场地类别、判定建筑震陷影响和计算地基动力特性参数等。

B2 应由地面至剪切波速大于 500 m/s 的土层或坚硬土顶面的距离确定场地覆盖厚度。

B3 应按土层剪切波速实测值划分场地类型,且符合表 B1 的规定。按国家标准《建筑抗震设计规范》,凡属甲、乙类建筑场地,剪切波速必须用单孔法、跨孔法或瑞雷波法实测。

表层的厚度,一般取覆盖层厚度和 15 m 两者中的较小值。确定覆盖层厚度时,仅在该层面以下各地层的剪切波速皆大于 500 m/s 或皆为坚硬土时,才可视为“顶面”,薄的硬夹层和漂石应包括在覆盖层之内。

表 B1

场地土类型	土层剪切波速 m/s
坚硬场地土	$v_s > 500$
中硬场地土	$500 \geq v_s > 250$
中软场地土	$250 \geq v_s > 140$
软弱场地土	$v_s \leq 140$

注: v_s 为土层剪切波速; v_{sm} 为土层平均剪切波速,取地面下 15 m 且不深于场地覆盖层厚度范围内各土层剪切波速,按土层厚度取加权平均值

B4 按场地土类型和场地覆盖层厚度划分建筑场地类型,并且符合表 B2 的规定

表 B2

场地土类型	场地覆盖层厚度 d_{ov} m				
	0	$0 < d_{ov} \leq 3$	$3 < d_{ov} \leq 9$	$9 < d_{ov} \leq 80$	$d_{ov} \geq 80$
坚硬场地土	I	—			
中硬场地土	—	I		II	
中软场地土		I	II	III	
软弱场地土		I	II	III	IV

B5 当地基平均剪切波速 v_{sm} 或承载力标准值 f_k 大于表 B3 所列数值时,各类建筑可不考虑震陷影响,否则可采用合理的方法进行综合评价。

表 B3

抗震设防烈度	7 度	8 度	9 度
f_k, kPa	>80	>130	>160
$v_{sm}, \text{m/s}$	>90	>140	>200

对基础埋深小于 2 m 的 6 层以下建筑和荷载相当的工业厂房,在 7 度地震时可不考虑震陷问题,当满足表 B4 任何一项时,也可不考虑震陷影响,否则应采取适当的抗震措施。

表 B4

条件 抗震 设防烈度	地基承载力 kPa	上覆非软弱 土层厚度 m	软弱土层 厚度 m	平均剪切 波速 m/s
8 度	≥ 80	≥ 10	≤ 5	≥ 120
9 度	≥ 100	≥ 15	≤ 2	≥ 150

本条主要根据天津等地区的经验,列出了可能发生震陷的临界承载力标准值 f_k 和平均剪切波速 v_{sm} 。

B6 根据实测波速值可计算地基动剪切模量 G_d 、动弹性模量 E_d 、动泊松比 μ_d 等动力参数:

$$G_d = \rho \times v_s^2 \quad (\text{B1})$$

$$E_d = \frac{\mu_d^2 (3v_p^2 - 4v_s^2)}{v_p^2 - v_s^2} \quad (\text{B2})$$

$$\mu_d = \frac{v_p^2 - 2v_s^2}{2(v_p^2 - v_s^2)} \quad (\text{B3})$$

式中: G_d ——动剪切模量, kPa ;

E_d ——动弹性模量, kPa ;

μ_d ——动泊松比;

v_s ——剪切波速, m/s ;

v_p ——压缩波速, m/s ;

ρ ——介质质量密度, t/m^3 。

附录 C

(提示的附录)

成果报告质量评级

C1 优秀报告:野外工作方法正确合理;圆满完成设计书中的任务和要求;资料完整,质量可靠,届时方法正确;图件齐全、整洁,文字报告简炼,观点明确,重点突出;建议明确且切实可行;地质效果和经济效益显著。

C2 良好报告:野外工作方法基本正确;较好的完成设计书中任务;资料基本完整,质量可靠,届时方法正确;图件齐全、整洁,文字报告内容完整、简明,需解决的地质问题大部分基本做出明确结论;取得较好的地质效果和经济效益。

C3 合格报告:野外工作方法和解释方法基本正确;资料欠完整,质量基本可靠,基本完成设计书中任务;主要图件齐全,文字报告内容完整,要解决的地质问题全部或部分做出尚属明确的结论。

C4 达不到合格报告标准的报告应评为不合格报告。

