中华人民共和国行业推荐性标准

公路工程物探规程

Guidelines for Highway Engineering Geophysical Exploration

JTG /T C22—2009

主编单位:中交第一公路勘察设计研究院有限公司
批准部门:中华人民共和国交通运输部
实施日期:2009 年 04 月 01 日



人民交通出版社

2009 · 北京

中华人民共和国行业推荐性标准

公路工程物探规程

JTG / T C22—2009

中交第一公路勘察设计研究院有限公司　主编

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）

各地新华书店经销

北京交通印务实业公司印刷

开本：880 × 1230　1/16　印张：5　字数：92 千

2009 年 3 月　第 1 版

2009 年 3 月　第 1 次印刷

印数：0001—5000 册　定价：28.00 元

统一书号：15114 · 1311

中华人民共和国交通运输部
公　　告

2009 年第 10 号

关于发布《公路工程物探规程》（JTG/T C22—2009）的公告

现公布《公路工程物探规程》（JTG/T C22—2009），作为公路工程行业推荐性标准，自 2009 年 4 月 1 日起施行。

该规程的管理权和解释权归交通运输部，日常解释和管理工作由主编单位中交第一公路勘察设计研究院有限公司负责。请各有关单位在实践中注意总结经验，如有修改意见请函告中交第一公路勘察设计研究院有限公司，以便修订时研用。

特此公告。

中华人民共和国交通运输部

二〇〇九年三月二日

主题词：发布　行业　规程　公告

交通运输部办公厅　　2009 年 3 月 2 日印发

前　言

地球物理勘探(简称“物探”)具有成本低、效率高、设备轻便等优点,在工程地质勘察中逐渐得到广泛应用。根据交通部《关于下达2000年度公路工程标准规范定额等编制和修订工作计划的通知》(交公路发[2000]722号文)的精神,由中交第一公路勘察设计研究院有限公司主持编写《公路工程物探规程》(JTG/T C22—2009,以下简称本规程)。编写组在总结我国公路工程物探技术应用的基础上,结合国外及其他行业经验,编制了本规程。

本规程由总则、术语符号、基本要求与规定、勘探内容、电(电磁)法勘探、地震波勘探、地球物理测井、放射性勘探、物探报告和物探作业安全10部分组成。

请各单位在使用中注意积累资料,若发现问题,及时将问题和修改意见函告中交第一公路勘察设计研究院有限公司(地址:陕西省西安市高新技术产业开发区科技二路63号,邮编710075),以便修订时研用。

主 编 单 位:中交第一公路勘察设计研究院有限公司
参 编 单 位:中交第二公路勘察设计研究院有限公司
四川省交通厅公路规划勘察设计研究院
湖南省交通规划勘察设计院
吉林省交通勘测设计院
福建省交通规划设计院
云南省交通规划设计研究院
主要起草人:刘运平　刘　晓　余　波　杨文孝　杨文锋
孙斌茂　何天牛　陈银生　吴建宁　龚道平
吉随旺　林文太　张广庆　梁世忠　鲁志强

目　次

1　总则 …… 1
2　术语、符号 …… 2
2.1　术语 …… 2
2.2　符号 …… 4
3　基本要求与规定 …… 6
3.1　一般规定 …… 6
3.2　工作程序 …… 6
4　勘探内容 …… 8
4.1　覆盖层与特殊土勘探 …… 8
4.2　基岩及其风化层勘探 …… 8
4.3　软弱夹层勘探 …… 8
4.4　隐伏构造破碎带勘探 …… 8
4.5　滑坡勘探 …… 8
4.6　采空区勘探 …… 9
4.7　岩溶勘探 …… 9
4.8　斜坡勘探 …… 9
5　电(电磁)法勘探 …… 10
5.1　一般规定 …… 10
5.2　电测深法、电剖面法、高密度电法 …… 10
5.3　瞬变电磁法 …… 15
5.4　地质雷达 …… 17
6　地震波勘探 …… 19
6.1　一般规定 …… 19
6.2　折射波勘探 …… 19
6.3　反射波勘探 …… 23
6.4　透射波勘探 …… 24
6.5　瑞利面波勘探 …… 26
6.6　水域地震波勘探 …… 28
6.7　水声勘探 …… 29
6.8　地脉动测试 …… 30

7 地球物理测井 …… 32
7.1 一般规定 …… 32
7.2 仪器及配套设备主要技术指标和要求 …… 32
7.3 外业工作 …… 33
7.4 内业工作 …… 36
8 放射性勘探 …… 38
8.1 适用条件 …… 38
8.2 仪器的主要技术指标及要求 …… 38
8.3 外业工作 …… 38
8.4 内业工作 …… 39
9 物探报告 …… 41
9.1 一般规定 …… 41
9.2 说明书 …… 41
9.3 图件 …… 42
9.4 附件 …… 42
10 物探作业安全 …… 43
10.1 仪器设备管理和运输 …… 43
10.2 爆炸物管理、运输和爆破作业 …… 43
10.3 水上作业 …… 45
10.4 测井作业 …… 45
10.5 放射性作业 …… 46
附录A 公路工程物探方法选用一览表 …… 47
本规程用词说明 …… 48
附件 《公路工程物探规程》(JTG/T C22—2009)条文说明 …… 49
1 总则 …… 51
2 术语、符号 …… 52
3 基本要求与规定 …… 53
4 勘探内容 …… 56
5 电(电磁)法勘探 …… 58
6 地震波勘探 …… 61
7 地球物理测井 …… 68
8 放射性勘探 …… 69

1　总则

1.0.1　为统一公路工程物探技术要求，保证物探工作质量，制定本规程。

1.0.2　本规程适用于任何公路工程的物探工作。

1.0.3　工程物探工作，内容应与公路基本建设程序各阶段工程地质勘察的目的和深度要求相适应，程序按准备工作、方法试验、外业生产、内业资料整理、成果报告提交开展，并与地质、钻探等专业密切协作，为工程地质勘察报告的编制提供物探资料。

1.0.4　公路工程物探除应符合本规程规定外，尚应符合国家和交通运输部颁发的现行有关标准、规范的规定。

2 术语、符号

2.1 术语

2.1.1 地球物理勘探 geophysical prospecting

根据地质体内部的各种物性差异,借助仪器对其天然场或人工场的分布与变化情况进行观测,通过综合分析研究,对地质体的地质情况进行推断、解释的勘探方法,简称“物探”。

2.1.2 综合工程物探 comprehensive geophysical method

采用两种或两种以上物探方法相互配合,对地质体进行综合探测。

2.1.3 声波探测 acoustic prospecting

在水上、地面、井中或孔间,通过探测声波在岩土体内的传播特征,来研究岩土体性质和完整性的物探方法。

2.1.4 电法勘探 electrical prospecting

以探测对象的电性差异为基础,对地质体进行探测的物探方法,简称“电法”。

2.1.5 直流电法 D. C. electrical method

以探测对象的直流电场为基础所进行的电法勘探,简称“直流电法”。

2.1.6 电测深法 electrical sounding

在同一测点上逐次扩大供电极距,使探测深度逐渐加大,得到观测点处沿垂直方向由浅到深的地层的电性变化,并依据目的层和相邻层的电阻率差异来探测地下介质分布的电法勘探方法。

2.1.7 电剖面法 electrical profiling

固定某一装置极距(或工作频率),沿测线观测电阻率水平方向的变化情况,并依据目的体与相邻介质的电阻率差异,来探测测线下一定深度范围内的地质情况的电法勘探方法。

2.1.8 高密度电法 high density electrical method

属直流电法的范畴，是一种阵列勘探方法，是电测深法与电剖面法的组合与发展，其观测点的密度高，信息丰富，能够较详细地探测地质体在水平和垂直方向上电性变化的电法勘探方法。

2.1.9 交流电法 A. C. electrical method

通过观测和研究交变电流场的分布与变化情况，对地质体进行探测的电法勘探方法。

2.1.10 瞬变电磁法 transient electromagnetic method

利用人工脉冲电流，在地下激发涡流，在地面观测随时间变化的二次电磁场，以提取地下地质信息，达到勘探的目的。

2.1.11 地质雷达 ground penetrating radar(GPR)

借助空间探测雷达原理，使用仪器向被探测物体(地质体、建筑物等)发射高频电磁波束，通过观测研究反射电磁波的时间滞后及强弱特征，来研究地质体的电磁勘探法。

2.1.12 地震勘探 seismic prospecting

利用人工震源激发弹性波在岩土中的传播规律，来研究探测对象地质情况的物探方法。

2.1.13 折射波勘探 refraction survey

利用地震折射波进行地震勘探的方法。

2.1.14 反射波勘探 reflection survey

利用地震反射波进行地震勘探的方法。

2.1.15 水域地震波勘探 seismic prospecting on water surface

将激发接收装置放在水面或水面以下一定深度进行的地震勘探。

2.1.16 地震映像勘探 seismic image prospecting

固定激发点和接收点的间距，以较小的点距来移动激发点与接收点位置的一种地震勘探方法。

2.1.17 瑞利面波勘探 rayleigh wave survey

利用瑞利面波进行浅层地震勘探的方法。根据激发方式不同又分为稳态瑞利面波勘探和瞬态瑞利面波勘探。

2.1.18 地球物理测井 geophysical logging

借助电缆和专用仪器设备,在钻孔内对探测对象进行一系列地球物理测量,通过获取介质的各种物性参数,研究钻孔地质剖面的方法。

2.1.19 地震波速度测井 seismic velocity logging

利用地震波平均速度和层速度进行勘探的地球物理测井方法。

2.1.20 跨孔法 cross hole method

利用相邻两个钻孔测定地震波在岩土体中传播速度的变化情况,对地质体进行探测的地震勘探方法。

2.1.21 井斜测井 drift logging

利用井斜仪测量钻井(孔)的倾斜度与倾斜方位的测井方法。

2.1.22 温度测试(井) temperature logging

利用井温仪或特制的高灵敏度温度计测量钻井(孔)中温度变化情况的测井方法。

2.1.23 CT 成像技术 computer tomography technology

利用地震波或电磁波信息进行反演计算,对地质体进行探测的物探方法。

2.1.24 放射性勘探 radioactivity survey

利用介质的天然(或人工)放射性特征进行勘探的物探方法。

2.1.25 氡气勘探 emanation survey

利用氡射气仪测量分散在岩石孔洞及裂隙或表层土壤空气中氡射气的浓度进而对探测对象进行研究的一种物探方法。

2.2 符号

ΔU——电位差;

I——电流;

ρ_s——直流电法视电阻率;

ρ_w——频率域电磁法视电阻率;

ρ_e——有效电阻率;

ρ_τ——瞬变电磁法视电阻率;

A,B——供电电极点;

AB——供电电极距;

O——观测中心点;

AO——供电电极 A 点至观测中心 O 点的距离；

BO——供电电极 B 点至观测中心 O 点的距离；

M，N——测量电极点；

MN——测量电极距；

OO'——AB 极中心点至 MN 极中心点的距离；

TEM——瞬变电磁法的英文缩写；

R——发射点至接收点距离；

V_r——r 方向上的电位差；

ρ——介质密度；

v——弹性波速度；

v_P——纵波速度；

v_S——横波速度；

v_R——瑞利波速度；

$\bar{v}$——平均速度；

v_y——有效速度；

t_0——激发点双程垂直反射波传播时间；

i——折射波临界角；

H——异常体埋藏深度；

R_{max}——读数最大值；

R_{min}——读数最小值；

ΔZ——磁探观测值；

γ——自然伽马射线；

γ-γ——人工伽马射线；

ε——介电常数；

$T_{1/2}$——半衰期；

G_y——吸收剂量。

3 基本要求与规定

3.1 一般规定

3.1.1 物探方法的应用应符合下列地球物理条件:

1 被测地质体或岩土体的尺度应具有相应的施工和观测条件。

2 被测地质体或岩土体应具有足够的物性差异。

3 干扰背景不影响有效信号的观测和识别。

4 不利的地形、地物不致影响正常的推断、解释。

3.1.2 物探方法技术按下列原则选用:

1 物探方法的选用应满足相应的地球物理条件,并宜通过方法试验确定物探技术参数。

2 当采用单一的物探方法不能达到勘探目的时,可采用综合工程物探开展工作。

3.1.3 应尽可能地采用经过实践检验行之有效的物探新技术和新方法,提高公路工程物探的工作水平和质量。

3.2 工作程序

物探的工作程序包括:准备工作、方法试验、外业生产、内业资料的整理和成果报告提交等步骤。

3.2.1 在接受任务后,应充分收集和研究工作区既有的各种基础地质资料,必要时应进行现场踏勘,初步选择适宜的物探方法,依据勘察要求,拟订计划勘探工作量,编制工程物探工作大纲。

3.2.2 在外业工作开展前或生产过程中,应结合现场情况和工程地质勘探的目的与要求,进行必要的方法试验,确定有效的工程物探工作方法和技术参数。

3.2.3 工程物探的外业生产应严格遵守操作程序。使用的物探仪器设备应符合公路工程物探的要求。测线、测网布设,应根据勘探的目的、要求、精度和方法综合确定。外业

数据采集时，应进行重复观测和检查观测，以确保数据的有效可靠。外业记录应真实、详细、全面。物探外业工作完成后，应进行检查验收。

3.2.4 物探资料应在充分掌握测区各项物性参数和其他勘探方法取得的地质资料的基础上进行解释整理。对于综合物探资料，各种方法的解释成果应相互补充、相互验证，并经综合分析研究后取舍。

成果报告经审查后，才可提交作为工程地质勘察报告编制的基础资料。

4 勘探内容

4.1 覆盖层与特殊土勘探

覆盖层与特殊土的勘探内容,应视勘探要求和现场情况而定,一般包括:

1 覆盖层与特殊土的分布、厚度及其变化情况。

2 结合钻探、静力触探、孔内波速测试等取得的资料进行土层划分。

3 高烈度区应按抗震设计要求实测场地土的剪切波速,评价场地土的类别。

4.2 基岩及其风化层勘探

基岩及其风化层的勘探一般包括:

1 基岩的完整性及其风化程度。

2 各风化层的厚度、分布及其变化情况。

3 高烈度区,应实测基岩及其风化层的剪切波速,评价场地土类别。

4 桥梁、立交等人工构筑物,宜结合工程地质分层进行孔内波速测试。

5 隧道和岩质高边坡,应实测岩石、岩体弹性纵波速度,评价岩体的完整性。

4.3 软弱夹层勘探

在有条件时,软弱夹层的勘探应重点探测其位置、厚度、物质组成和分布情况。

4.4 隐伏构造破碎带勘探

隐伏构造破碎带的勘探一般包括:

1 隐伏构造破碎带的位置。

2 构造破碎带的宽度和延伸情况。

3 有条件时结合钻孔对其物质组成、产状等进行勘探。

4.5 滑坡勘探

滑坡勘探一般包括:

1 滑坡(周界)的分布情况。
2 滑面(滑带)的位置和厚度。
3 地下水的埋藏和分布情况。
4 滑坡的物质组成和滑床(基岩)的埋深及其起伏变化情况。

4.6 采空区勘探

采空区勘探内容应视现场条件而定,一般包括:
1 采空区的范围、埋藏深度、采空巷道的大小及其充填情况。
2 覆盖层和顶板岩层厚度。
3 地下水的埋藏和分布情况。

4.7 岩溶勘探

岩溶区的勘探一般包括:
1 岩溶在线路上的分布范围和埋藏深度。
2 岩溶洞穴的规模、顶板岩层厚度和充填情况。
3 覆盖层的厚度及其变化情况。
4 地下水的埋藏和分布情况。

4.8 斜坡勘探

斜坡勘探应视现场情况而定,一般包括:
1 覆盖层的物质组成、分布、厚度及其变化情况。
2 地层及其岩性组合。
3 构造破碎带、软弱夹层的厚度及其分布情况。
4 地下水的埋藏和分布情况。
5 要求评价边坡岩体的力学参数时,应测定边坡岩体的弹性波波速。

5 电(电磁)法勘探

5.1 一般规定

5.1.1 电(电磁)法勘探应根据工作条件和探测要求选用电测深法、电剖面法、高密度电法、瞬变电磁法和地质雷达等方法。

5.1.2 电(电磁)法勘探的适用条件应符合下列要求:

1 探测对象与围岩的电性差异明显。

2 探测对象的大小与埋藏深度相比有一定规模。

3 地电断面较简单,具有较好的电性标志层。

4 地形起伏平缓,电极接地条件良好。

5 测区内无较强的工业游散电流或电磁干扰。

5.2 电测深法、电剖面法、高密度电法

5.2.1 使用的仪器设备其主要技术指标应符合下列要求:

1 所使用的仪器应经过国家有关部门正式技术鉴定,每台仪器必须达到出厂规定的技术指标。

2 仪器结构严密合理,构件牢固可靠,具有良好的防潮、抗震和绝缘性能。整体性能稳定,并能在 -10 ~ +50℃时正常工作。

3 接收机输入阻抗≥20MΩ,对 50Hz 工频抑制≥40dB,电压测量分辨率小于0.01mV。

4 发射机输出最大电压应不低于450V,输出最大电流应达3A 以上。

5.2.2 试验工作应按下列要求进行:

1 生产前应进行相应的试验工作,了解勘探区的地电条件、施工条件、干扰背景等,以便选择最佳工作方法。

2 试验工作的主要内容应包括:

1) 装置及参数的选择。

2) 勘探区内干扰电平测量。

3) 最大供电极距及供电功率。

4) 用多台仪器工作时,应做仪器的一致性对比试验。

5) 必要时应进行物探方法有效性和最佳技术方案的试验。

5.2.3 测线布设及定线定点测量应符合下列规定:

1 测线应尽量垂直地层的走向布设,并尽可能避开地形、地物等干扰因素的影响。

2 测线应尽可能通过勘探点,并与路线的测量控制点相联系,且符合相应的精度要求。

3 测线、测点要统一编号并设立明显标志,需要其他勘探工程验证的异常点应设立保存时间较长的固定标志。

4 将测量结果展布在相应比例尺的图上。

5 对测区有意义的最小探测对象,至少应有两条测线通过,每条测线上至少应有三个相邻点予以控制。

5.2.4 极距选择宜符合下列要求:

1 电测深法

1) 起始供电极距不应大于第一层厚度,应能反映第一层电阻率。

2) 最大供电极距的选择应以地质任务和试验结果为依据。

3) 三极法的"无穷远"供电极布设在两测量电极的中垂线上时(偏角不大于5°),至中心点距离 BO 不宜小于另一供电极距离 AO 的5倍;如布设在测量电极的延长线上,则 BO 不宜小于 AO 的10倍。

4) 测量电极距(MN)不得大于供电极距的1/3。

2 电剖面法

1) 对称四极剖面供电电极距 AB 不应小于探测对象顶部埋深的4~6倍,测量电极距 MN 不应大于 $AB/3$,一般可等于点距。

2) 联合剖面法供电电极距 AO 应大于探测对象顶部埋深的3倍,测量电极距 MN 不应大于 $AO/3$,一般等于点距。无穷远极 C 的布设应满足 $CO \geqslant 5AO$。

3) 偶极剖面法的电极距 OO' 应大于探测对象平均埋深的3倍,偶极距 $AB = MN$,且一般为 $(1/4 \sim 1/6)OO'$。

4) 中间梯度法供电电极距 AB 应大于探测对象平均埋深的10倍以上,测量电极距 MN 一般等于 $(1/30 \sim 1/50)AB$,且通常等于点距。每次测量的地段为 AB 中部的1/3区间内,可在每一个供电电极距 AB 的两侧平行的测线上测量,最远测线与主测线的垂直距离不应大于 $AB/6$。

3 高密度电法

高密度电法的最小极距和隔离系数的选择,应视探测对象的深度和对精度的要求参照电测深法和电剖面法的有关规定确定。

5.2.5 测站应靠近测段中心,视野开阔,控制范围大,地势平坦,通行方便,位于避风、

干燥处;并应远离变电所、高压线及工业设施的接地、避雷接地等,以避免电磁感应及漏电影响。

5.2.6 电极埋设应符合下列规定:

1 电极应布设在规定位置上。当电极接地电阻过大时,应采取浇水(盐水)、加深电极或增加电极数量等措施。

2 电极接地应符合点电源的理论,单根电极入地深度应小于供电极距 AB 的 1/20,组合电极相邻间隔应大于入地深度的 2 倍。

3 测量电极要接地良好、稳固。

5.2.7 导线敷设应符合下列要求:

1 电测深法和电剖面法测量导线与供电导线应分别敷设,留有一定间距,分别固定在测站附近的绝缘桩上。

2 敷设导线应远离高压线,难以避开时则宜垂直通过高压线。

3 导线通过地表水体时宜尽量架空,通过道路时应埋设或穿孔通过。

4 放线方向偏差应小于 5°,距离误差不大于 1%。

5.2.8 漏电检查应符合下列规定:

1 电测深法

1) $AB/2$(或 AO)≤500m 时应检查导线的起始和最后一个极距,$AB/2$(或 AO)>500m 时应检查所有极距。

2) 漏电检查时,应对供电导线、测量线路和电源分别进行检查。漏电电流不应超过观测电流值的 ±1%,且漏电电位不应超过该极距观测电位差的 ±2%。

3) 如漏电超差,应进行查看、处理,并重新进行漏电检查,直至满足要求。

2 电剖面法

1) 每条测线的起点和终点应进行漏电检查。

2) 测线中的测点在潮湿地区每隔 10 个点,干燥地区每隔 20 个点应进行漏电检查。

3) 当实测曲线出现畸变点或异常点时,应进行漏电检查。

5.2.9 重复观测应符合下列规定:

1 电测深法

1) 对质量可疑点和极距大于 500m 的测段应进行重复观测,其平均相对误差严禁超限(5%)。

2) 重复观测时无法消除的畸变点应查明原因,并在相应极距前后增加极距观测点。

3) 因故不能当天完成的测深点,可补测。但在补测的连接处至少应重复观测两个极距,且相对误差严禁超过 5%。否则,应增加连接点,直到有连续两个测点满足要求。

2　电剖面法

凡属下列情况之一者,应进行重复观测:

1)　每隔10个测点。

2)　对电位差 ΔV 有疑问时。

3)　在电剖面曲线的异常点、畸变点处。

5.2.10　系统检查应符合下列规定:

1　电测深法

1)　系统检查点的布置应符合以下原则:

(1)　在测区内均匀分布,且能反映勘探工作的质量。

(2)　在异常区段或质量可能有问题的测点处应布置系统检查点。

(3)　对解释推断、检查验证工作或地质效果有重要意义的测点应布置系统检查点。

2)　系统检查应由技术熟练的非原操作人员在不同日期进行检查观测。

3)　检查点数不少于观测点总数的3%,也不应超过10%。

4)　系统检查点误差的计算:

系统检查单个极距算术平均相对误差 δ 按式(5.2.10-1)计算,系统检查单个测点均方相对误差 m 按式(5.2.10-2)计算,系统检查全区测点均方相对误差的算术平均值 $\overline{m}$ 按式(5.2.10-3)计算。

$$\delta = \frac{2(\rho_s - \rho'_s)}{\rho_s + \rho'_s} \times 100\% \tag{5.2.10-1}$$

式中:ρ_s——基本观测视电阻率值;

ρ'_s——检查观测视电阻率值。

$$m = \pm\sqrt{\frac{1}{2n}\sum_{i=1}^{n}\delta_i^2} \tag{5.2.10-2}$$

式中:n——极距数。

$$\overline{m} = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} m_j \tag{5.2.10-3}$$

式中:N——系统检查点数。

2　电剖面法

电剖面法的系统检查除符合电测深法的有关要求外,尚应符合下列规定:

1)　单条电剖面曲线野外观测精度用基本观测与系统检查观测的均方相对误差 m [见式(5.2.10-2)]来评价。

2)　由于地表及浅层湿度变化的影响,系统检查剖面曲线与基本观测曲线可能出现有规律的偏差;评价质量时,应作修正,然后计算,不应删除偏差段。

3)　全区均方相对误差 M 可按式(5.2.10-4)计算:

$$M = \pm\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} m_i^2} \tag{5.2.10-4}$$

式中:m_i——单个电剖面的均方相对误差;

n——全区系统检查的电剖面总数。

5.2.11 对电测深法、电剖面法和高密度电法的资料进行验收时,应作全面质量检查,并作出评价。

1 电测深法

1) 单个极距相对误差 δ 超过 ±10% 的极距数不应大于该电测深点电极距总数的 10%。

2) 单个检查点均方相对误差 m 不应超过 ±5%。

3) 全区不合格的电测深点数,不应超过系统检查电测深点总数的 30%。

4) 全区均方相对误差均值 $\overline{M}$ 不应超过 ±5%。

2 电剖面法

凡有下列情况之一者,则认为全区电剖面曲线不合格:

1) 相对误差大于 5% 的点超过检查点总数的 30%,且连续在相邻的三个点上出现。

2) 全区均方相对误差 M 超过 ±5%。

全区检查的电剖面质量不满足要求时,应予作废。若全区系统检查满足要求,局部各点或测线段不满足要求时,应分析原因,采取措施,重新补测。

5.2.12 在对勘探资料进行解释之前,应对野外原始资料进行编录、整理。

1 电测深法

1) 定性解释

定性解释应与其他勘探手段取得的地质资料相结合,应确定电性层的数量及其对应的视电阻率,确定异常的平面位置和性质,一般包括:

(1) 在分析电测深曲线类型的基础上确定地电断面的结构。

(2) 根据视电阻率拟断面图中的异常幅值、形态和分布范围确定异常的性质和位置。

(3) 在进行电性分层的基础上,分析电性层与地质层位的关系。

(4) 分析地电层在平面和垂向上的变化情况,定性分析地层的产状和构造形态。

2) 定量解释

(1) 定量解释宜在定性解释的基础上进行,定量解释方法的选择应与勘探的目的相适应。

(2) 定量解释确定的电性层与地质层间应有较好的相关性,并在此基础上确定各电性层的电阻率、厚度和深度。

(3) 根据电性层与地质层的对应关系将电性剖面图、平面图解释为地质剖面图、平面图。

3) 图件

一般应包括下列图件:

(1) 视电阻率拟断面图;

(2) 视电阻率平面图;

(3) 综合解释平面图、剖面图。

2 电剖面法

1) 资料解释

(1) 电剖面法的资料解释应与其他勘探手段取得的地质资料相结合,以定性为主、定量为辅。

(2) 应着重分析物性特征点,确定异常的位置和范围。

2) 图件

一般应包括下列图件:

(1) 视电阻率剖面曲线图、平面图;

(2) 综合解释平面图、剖面图。

3 高密度电法

高密度电法的内业工作,原则上应参照电测深法和电剖面法的有关规定进行,但在资料解释过程中,应注意剔除视电阻率拟断面图上的虚假异常(例如呈八字形、捺形等)数据;在地形起伏变化较大的地区,应利用具有地改功能的软件反演解释,消除地形的影响。

5.3 瞬变电磁法

5.3.1 瞬变电磁法使用的仪器其主要技术指标应符合下列要求:

1 发射机所发波形稳定,关断斜坡线性良好,应能给出关断时间。

2 采样延时范围应能和探测深度范围对应,并且有较密的道数。

3 发射与接收的同步性能良好,收发距离近时宜与电缆同步。

4 观测重复性好。

5 动态范围大于140dB。

6 接收线框或探头频率特性好,并与接收机匹配。

5.3.2 试验工作应包括以下内容:

1 检验仪器设备的工作性能。

2 查明野外的电磁干扰电平及干扰特征。

3 了解目标地质体的异常特征,包括强度、范围及时间特性。

4 达到目的层深度所需发射磁偶极矩大小、测道的时间范围。

5.3.3 测点、测线的布设与测量应符合本规程第5.2.3条的有关规定。

5.3.4 发射站及接收站布设应符合下列规定:

1 严禁在高压线下布设发射站与接收站。

2 发射站应布设在线框(导线)附近,且便于与接收站联络。

3 接收站应避免布置在强干扰源、强磁场及金属物分布的区段。

4 敷设线框(导线)应立标志,长度误差≤5%,方向误差≤1°。

5 应保证供电导线绝缘,尤其在接头处更应注意。供电导线绝缘电阻不应小于2MΩ。

5.3.5 观测应符合下列规定:

1 观测前应测发射线的绝缘电阻、内阻,检查电源连线。

2 对于发射机,要在接好仪器上的所有插头后,再接电源,确认正负极连接正确后才能开机。关机时先断开电源连线,然后才能拔掉仪器上的所有插头。

3 野外观测时,信噪比应大于3~5倍。

4 重复观测应符合下列规定:

1) 重复测量的限差为10%。

2) 在所采用的有效测道时间范围内,不合格的数据占1/5以上时应增加叠加次数重测。

3) 曲线出现畸变时,应先查明原因,然后进行重复观测;若仍不能消除畸变时,应移动点位避开干扰源重测,并作详细记录。

5.3.6 质量检查与评价应符合下列规定:

1 野外观测时,应进行重复观测,取其优良者。

2 质量检查点应不少于全区总工作量的3%。

3 用算术平均相对误差[式(5.2.10-1)]评价单个时间测道的检测结果;用均方相对误差[式(5.2.10-2)]作为评价检查点检测的结果;用各测点均方相对误差值的算术平均值[式(5.2.10-3)]作为评价全区检测的结果。

4 单测道检查及全区检查的限差均不应大于±10%。

5.3.7 在对勘探资料进行解释之前,应对野外原始资料进行编录、整理。

1 定性解释

瞬变电磁法的定性解释应结合其他勘探手段取得的地质资料进行,应确定电性层的层数及其对应的视电阻率,确定异常的平面位置和性质,一般包括:

1) 在分析$v(t)/I$多测道剖面图、$\rho_\tau(t)$或$S_\tau(t)$拟断面图基础上确定电性层的纵向和横向变化规律。

2) 根据视电阻率拟断面图中的异常特点、形态和分布情况确定异常的性质和位置。

3) 在进行电性分层的基础上,分析电性层与地质层位的关系。

4) 分析地电层在平面和垂向上的变化情况,定性分析地层的产状和构造形态。

2 定量解释

1) 定量解释一般应在定性解释的基础上进行,定量解释方法的选择应与施工方法和勘探的目的相结合。

2) 定量解释应确定各电性层的电阻率、厚度和深度,解释的电性层与地质层之间应有较好的相关性。

3) 应结合勘探对象对地质资料的要求,根据电性层与地质层的对应关系、地层的物性标志等,将电性剖面图、平面图解释为综合剖面图、平面图。

3 图件

一般包括下列图件:

1) 视电阻率(或视纵向电导)拟断面图;

2) 视电阻率平面图;

3) 综合解释平面图、剖面图。

5.4 地质雷达

5.4.1 使用的仪器其主要技术指标应符合下列规定:

1 天线中心频率序列可选,低频型宜选 12.5 ~ 200MHz,高频型宜选 300 ~ 1 000MHz。

2 系统增益 >120dB。

3 模/数(A/D)转换位数≥12bit。

4 工作环境温度 -10 ~ +40℃。

5 工作环境湿度 <90%。

5.4.2 试验工作应符合下列规定:

1 生产前应进行试验工作,调查测区内有效波和干扰波的分布规律,选择合适的观测系统和仪器的相关参数。

2 试验工作应结合已有工程地质资料进行,初步确定各反射层位与地质层位的对应关系。

5.4.3 测线的布设应符合下列要求:

1 测线的布设,取决于任务要求、测区的地形、工程地质情况、试验工作等,应因地制宜确定。

2 测线的布设方向,宜垂直于目标体的走向。

3 测线的范围,一般限于任务书的测区范围。在测区边界段发现异常时应对异常作追踪测量,适当增加辅助测线。

5.4.4 测量参数选择。测量参数包括中心频率、时窗、采样率、测点点距、发射与接收天线间距。

1 天线中心频率一般按式(5.4.4-1)选定:

$$f = \frac{150}{x\sqrt{\varepsilon}} \tag{5.4.4-1}$$

式中:f——天线中心频率(MHz);

x——要求的空间分辨率;

ε——围岩的相对介电常数。

2 时窗一般按式(5.4.4-2)初步选定:

$$w = 1.3 \times \frac{2h_{max}}{v} \tag{5.4.4-2}$$

式中:w——时窗宽度(ns);

h_{max}——最大探测深度(m);

v——地层电磁波速度(m/ns)。

3 采样率必须满足 Nyquist 采样定律。采样率宜为天线中心频率的6倍或更高。

4 测点点距应按式(5.4.4-3)计算:

$$n_x = \frac{75}{f\sqrt{\varepsilon}} \tag{5.4.4-3}$$

5 天线间距应按式(5.4.4-4)计算:

$$s = \frac{2h_{max}}{\sqrt{\varepsilon}} \tag{5.4.4-4}$$

5.4.5 外业原始记录有下列情况之一者,资料应作废:

1 测点、测线、剖面号混淆不清。

2 干扰背景强烈,妨碍了有效波的识别。

3 不能可靠采集有效波。

5.4.6 内业工作

1 数据处理

地质雷达的数据处理应采用频率域滤波、时间域滤波等技术手段压制干扰波,突出有效反射波。

2 雷达图像的增强处理

可采用反射回波幅度的变换技术,多次覆盖叠加技术,增强雷达图像。

3 资料解释

1) 反射层的确定

应根据波组的同相性、相似性和波形特征确定反射层,并与地层建立对应关系。

2) 时间剖面解释

对时间剖面反射层进行追踪,研究地质结构与构造特征。

4 图件

一般包括以下图件:

1) 测线平面布置图;

2) 地质雷达时间剖面图像;

3) 地质雷达深度剖面图像;

4) 综合解释断面图。

6 地震波勘探

6.1 一般规定

6.1.1 地震波勘探应根据工作条件和探测要求选择折射波法、反射波法、透射波法、瑞利面波法等勘探方法。

6.1.2 地震波勘探应用条件应符合下列要求：

1 勘探场地地形起伏不大，地表介质具有良好的激发接收条件，地层呈层状或似层状。

2 折射波勘探。

1） 用于层次较少的层状地层勘探。

2） 探测目的层与相邻地层间存在较大的速度差异，且界面下层的波速须大于界面上层的波速。

3） 地层界面起伏不大，折射波沿界面滑行无穿透现象。

3 反射波勘探。

1） 界面两边介质的波阻抗 $\rho \cdot v$ 有较显著差别，反射界面视倾角宜小于 30°。

2） 界面相对稳定、平坦，有一定的延续长度。

4 透射波勘探。

被测岩土体应位于钻孔之间或钻孔与平洞之间，且具有一定的厚度。

5 瑞利面波勘探。

1） 探测的目的体与周边介质应有显著的速度差异。

2） 探测对象相对于埋深应有足够大的体积或厚度。

6 水域地震波勘探。

一般适用于水深大于 3m 的宽阔水域。

7 水声勘探。

适用于开阔而又较深的水域。

8 地脉动测试。

测试场地周围应无连续性震动干扰。

6.2 折射波勘探

6.2.1 使用的勘探仪器和配套设备主要技术指标应满足下列要求：

1　使用的仪器应经过国家有关部门正式鉴定,每台仪器必须达到出厂规定的技术指标。

2　仪器主要技术指标应符合下列要求:

1)　接收道不宜少于12道,并具有良好的道一致性;

2)　模/数(A/D)转换精度不低于16bit;

3)　最小采样间隔不应大于0.1ms;

4)　增益动态范围不小于96dB;

5)　可调通频带范围:2~2 000Hz。

3　电缆应符合下列规定:

1)　不得有破损、短路、串道、断道等故障;

2)　道间绝缘电阻应大于10MΩ,对地电阻应大于20MΩ。

4　检波器应符合下列规定:

1)　固有频率误差不大于±10%;

2)　灵敏度误差不大于±10%;

3)　失真度不大于0.2%;

4)　相位差变化应小于1ms;

5)　绝缘电阻大于10MΩ。

5　触发信号应满足下列要求:

1)　延迟时间不应大于0.5ms;

2)　起跳尖锐,振幅足以触发仪器内计时电路。

6.2.2　试验工作应符合下列要求:

1　试验工作应包括观测系统、震源和仪器工作参数的选择等内容。

2　测线的布设应具有代表性,并宜通过已知钻孔、探坑或地质露头。

3　生产过程中遇到局部地段记录变化很大时,应做补充试验,及时改变工作方法及相关参数,改善记录质量。

6.2.3　测线的布设除符合本规程第3.2.3条外,尚应符合下列规定:

1　测线应布设成直线。当受场地条件限制时,可布设成非纵测线,但应考虑旁侧、界面倾角和速度变化的影响。

2　地形起伏较大的勘探场地,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。

6.2.4　观测系统应符合下列规定:

1　在地形允许的条件下,应采用多重追逐相遇观测系统。追炮记录应达到勘探深度。

2　相遇时距曲线必须在相遇段内,至少应有4个正常检波点接收到来自被追踪界面

的折射波。

3 应用单边时距曲线观测时,须有已知资料作检验。

6.2.5 激发系统应符合下列规定:

1 应根据勘探场地的地震地质条件,在方法试验的基础上选择合适的震源及激发能量。

2 激发点的位置及深度应准确记录。

3 使用炸药震源时,井中激发应注水、泥浆或填土;坑中激发应用湿沙或土填实;水中或潮湿地区爆炸时应采取防水措施。

4 采用锤击震源、落锤震源时,激发垫板应与地面耦合良好,防止反跳造成的二次激发。

5 使用叩板震源时应使木板长轴和测线垂直,且长轴的中点位于测线或测线的延长线上,并与地面紧密耦合。

6.2.6 地震检波器的安置应符合下列要求:

1 检波器应牢固安置并与地面紧密耦合,埋置条件力求一致。检波器放置在水田、沼泽或浅滩时,应检查防水性,必要时应使用加长尾锥。

2 宜采用固有频率为 10 ~ 40Hz 的中低频检波器接收,不宜采用多个检波器组合接收。

3 检波器在水泥路面或沥青路面上安置时,应采用橡皮泥、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,保证耦合良好。

4 应清除检波器周围的杂草等,风力过大时,应采用掩埋等措施。

5 检波器与电缆连接的极性应正确,防止短路、漏电或接触不良等故障。

6 用水平分量的检波器接收横波时,应保证检波器的水平安置,灵敏轴应垂直测线方向,且取向应一致。

6.2.7 速度参数测定应在勘探钻孔旁、探槽(坑)或岩石露头上进行。

6.2.8 数据采集应符合下列要求:

1 仪器增益、记录长度、采样率、延迟时间等参数应根据勘探场地的具体情况并结合试验结果合理选择。

2 有条件时,应采用全频带接收。

3 同一测线和同一勘探场地,必须采用相同的仪器参数。

4 做好仪器日检记录。

5 认真填写仪器班报,填写内容要准确、齐全,字迹要工整,特殊情况应注记。

6.2.9 外业资料的检查、验收及评价应符合下列要求:

1 应具备试验资料,证明使用方法的正确性。

2 仪器班报和野外记录填写应正确无误,原始数据资料应及时进行备份。

3 记录清晰背景好,干扰幅度小,震相明显且可连续追踪。

4 坏道、死道不得超过10%,不得连续,且不得是边道和互换道。

5 应注意追逐时距曲线与相遇时距曲线的平行性检查。时距曲线个别道出现走时突变时,应查明原因。

6 相遇时距曲线互换时差不应大于5ms。

7 外业数据资料完整,质量可靠,对所要解决的地质问题得到初步结论。

8 外业资料质量评价结果可分为"优良"、"合格"和"不合格"三个等级。

6.2.10 内业工作应符合下列要求:

1 应将原始记录、班报、试验报告、仪器检查记录等进行归类整理,并按工点装订,磁(光)盘应写明工点名称、文件号及日期,并进行编录。

2 地震波的对比应符合下列要求:

1) 地震波的振幅应大于干扰波振幅的2倍。

2) 各记录道的波形、振幅及振动延续度应具有相似特征。

3) 追逐时距曲线应具有平行性特征。

4) 在断层发育区,宜采用多相位对比。

5) 应根据视速度、波形和振幅、两组波相交叠加情况确定波的置换位置。

3 初至拾取应符合下列规定:

1) 直接读取折射初至有困难时,可读取折射波极值时间,但应进行相位校正。

2) 读取折射波初至时,折射波曲线不宜圆滑。当时距曲线中个别道出现走时突变时,应查明原因并进行校正。

4 时距曲线绘制应采用折线连接。

5 采用的比例尺应清晰表明折射波分层信息。

6 绘制时距曲线前应对观测值进行校正,以消除低速带、地形起伏、爆炸深度等因素造成的偏差。

7 平均速度或有效速度的确定应符合下列要求:

1) 有效速度在没有测井资料或地震反射法测定的速度时,应使用折射波时距曲线交点法求得,并进行综合分析。

2) 同一测线纵向、横向的速度不均匀时,应分段提取平均速度。

8 资料的推断解释应符合下列要求:

1) 相遇时距曲线互换时间不相等时,应取其平均值。

2) 界面起伏较大时,应考虑穿透现象,并注意法向深度与铅垂深度之间的关系,必要时应对解释结果进行修正。

3) 应根据钻探资料对解释结果进行对比、验证。

9 成果报告除应符合本规程第3.2.4条有关规定外,尚应提交以下资料:

1） 地层速度参数表。

2） 折射波时距曲线及其必要的解释辅助线。

3） 综合解释断面图，应标明折射波解释界面深度及界面速度。

6.3 反射波勘探

6.3.1 使用的仪器和配套设备的主要技术指标应符合本规程第6.2.1条的有关规定。

6.3.2 试验工作应符合下列要求：

1 勘探场地有效波（最佳窗口）和干扰波宜采用展开排列法确定，单边展开排列的最大炮检距宜为目的层深度的0.8～2.0倍，检波点道距应不大于实际工作的道间距，仪器工作参数的选择宜采用宽频带接收。

2 试验工作尚应符合本规程第6.2.2条的有关规定。

6.3.3 测线布设应符合下列规定：

1 测线宜布设成直线。受场地条件等限制时，允许测线转折，方向偏差不超过±5°。

2 测线布设尚应符合本规程第6.2.3条的有关规定。

6.3.4 观测系统应符合下列规定：

1 多次覆盖观测系统的覆盖次数、道间距和最小偏移距等参数，应根据目的层深度、构造复杂程度和探测精度要求进行设计，并通过试验确定。

2 多次覆盖或等偏移距观测宜在地层下倾方向激发，上倾方向接收。

6.3.5 激发系统应符合本规程第6.2.5条的有关规定。

6.3.6 地震检波器的安置应符合下列要求：

1 因条件限制不能在原设计点位埋置检波器时，可沿垂直于测线方向1/2道间距内安置，但必须在班报中准确记录。

2 接收方式应根据实际情况选择单个检波器或多个检波器组合接收，高分辨率反射波法宜选用自然频率较高的检波器。

3 地震检波器的安置尚应符合本规程第6.2.6条的有关规定。

6.3.7 速度参数测定应符合下列规定：

1 采用横波测定速度时，每个观测点应进行正反向激发。

2 速度参数测定尚应符合本规程第6.2.7条的有关规定。

6.3.8 数据采集应符合本规程第6.2.8条的有关规定。

6.3.9 外业资料的检查、验收及评价应符合本规程第6.2.9条的有关规定。

6.3.10 反射波勘探内业工作应符合下列要求：

1 数据整理

1) 应绘制观测系统图，注明空炮、废炮及测线经过的地物标志。

2) 表层静校正所需的资料应包括测点坐标、高程、井深、τ 值、低速带厚度及速度等。

3) 数据整理尚应符合本规程第6.2.10条的有关规定。

2 数据处理

数据处理的基本流程应包括：预处理(定义观测系统道编辑、静校正等)、抽道集、速度分析、动校正、迭加、偏移。

3 资料解释

资料解释应参照钻孔资料和地质资料确定地层层位和波组之间的关系，对波组进行对比追踪，获得目的层的变化情况。

4 成果报告的编写除应符合本规程第3.2.4条有关规定外，尚应提交以下资料：

1) 观测系统图；

2) 速度参数表；

3) 资料处理流程图；

4) 地震时间剖面图和深度剖面图。

6.4 透射波勘探

6.4.1 使用的仪器和配套设备的主要技术指标应符合本规程第6.2.1条的有关规定。

6.4.2 透射波勘探可采用孔对地观测方式、孔对孔观测方式和联合观测方式。

6.4.3 激发与接收应符合下列要求：

1 激发板中心距孔口的距离一般为2～4m，最小测试深度应大于激发板至孔口的距离。

2 对倾斜地层，井中接收、地面激发的激发点应布置在地层下倾方向。

3 观测必须自下而上进行，点距一般为1～2m，若遇复杂地层点距应适当加密。当采用井中激发、地面接收时，检波器应安置在井口附近1～2m内。

4 采用跨孔法测试，震源孔和接收孔间距在土层中宜为2～4m，在岩层中宜为5～8m。

5 剪切波锤、三分量检波器的沉放深度应准确，贴壁牢固。

6.4.4 速度参数测定应符合下列要求：

1 应采用地震测井和声波测井方法。

2 各层测得的速度其误差应小于10%。

6.4.5 外业原始资料的检查、验收评价应符合下列规定：

1 检查观测工作量一般为总工作量的5%～10%。

2 相对误差应小于5%，其中相对误差为5%～7.5%的点数不应超过检查观测总点数的10%。

3 相对误差 δ 按式(6.4.5)计算：

$$\delta = \frac{t - t'}{t + t'} \times 100\% \tag{6.4.5}$$

式中：t——基本观测值；

t'——检查观测值。

4 地震波透射测试记录质量评价可分为“优良”、“合格”和“不合格”三个等级。

6.4.6 内业工作应符合下列要求：

1 资料整理除应符合本规程第6.2.10条的有关规定外，尚应对井斜测量记录进行整理。

2 直达波速度的确定应符合下列要求：

1） 应根据波形记录确定初至时间。

2） 采用跨孔法测试，当测试深度大于15m时，应根据钻孔孔斜及其方位资料计算两接收钻孔同一高程测点之间的距离 L。

3） 单孔法波速 v 可按式(6.4.6-1)计算：

$$v = (H_n - H_{n-1})/(t_n - t_{n-1}) \tag{6.4.6-1}$$

波沿井壁垂直传播的时间 t 按式(6.4.6-2)计算：

$$t = t' \cdot H/\sqrt{H^2 + d^2} \tag{6.4.6-2}$$

上述式中：H_n——第 n 测点的深度(m)；

H_{n-1}——第 $n-1$ 测点的深度(m)；

t_n——孔口地面至第 n 测点间波的传播时间(s)；

t_{n-1}——孔口地面至第 $n-1$ 测点间波的传播时间(s)；

H——测点深度(m)；

d——震源中心至钻孔中心的水平距离(m)；

t'——波自震源至测点的传播时间(s)。

以深度 H 为纵坐标，时间 t 或速度 v 为横坐标，绘制时距曲线图和深度—速度图。

4） 跨孔法压缩波速度和剪切波速度可分别按式(6.4.6-3)和式(6.4.6-4)计算：

$$v_P = \frac{L}{\Delta t_P} \tag{6.4.6-3}$$

$$v_S = \frac{L}{\Delta t_S} \tag{6.4.6-4}$$

式中:v_P——地层压缩波速度(m/s);

v_S——地层剪切波速度(m/s);

L——同一高程两接收点之间距离(m);

Δt_P——压缩波传播的时间差(s);

Δt_S——剪切波传播的时间差(s)。

以深度 H 为纵坐标,速度 v 为横坐标,绘制深度—速度图。

3 成果报告除应符合本规程第3.2.4条有关规定外,尚应提交以下资料:

1) 钻孔波速测试成果图表。

2) 地基的动剪切模量 G_d、动弹性模量 E_d、动泊松比 μ_d,可分别按式(6.4.6-5)、式(6.4.6-6)和式(6.4.6-7)计算:

$$G_d = \rho v_S^2 \tag{6.4.6-5}$$

$$E_d = \frac{\rho v_S^2 (3v_P^2 - 4v_S^2)}{v_P^2 - v_S^2} \tag{6.4.6-6}$$

$$\mu_d = \frac{v_P^2 - 2v_S^2}{2(v_P^2 - v_S^2)} \tag{6.4.6-7}$$

6.5 瑞利面波勘探

6.5.1 使用的仪器和配套设备的主要技术指标应符合本规程第6.2.1条的有关规定。

6.5.2 试验工作应符合本规程第6.2.2条的有关规定。

6.5.3 测线布设应符合下列要求:

1 应视勘探对象布设成测线或测网。多道接收时,测线宜布置成直线。

2 观测点周围地形平缓,无临空面。

6.5.4 观测方式可采用一端或两端激震多道观测,排列长度应大于探测深度,检波点距应小于异常体尺度。

6.5.5 激发与接收系统应符合下列要求:

1 稳态激振器的安置应与地面紧密耦合,并使其保持竖直状态。

2 检波器应根据探测对象选择相应型号,并与地面紧密耦合。

3 采用等幅振动信号时,检波点距应小于勘探深度所需波长的1/2,最小偏移距可

与检波点距相等。

4 观测频率步长应通过试验选择。

6.5.6 外业原始资料的检查、验收和评价应符合下列要求：

1 瑞利波观测的重要异常及畸变曲线均应进行重复观测，并以重复性较好的曲线作为有效观测曲线。

2 检查工作量不应小于总工作量的5%，检查曲线应无明显异常变化。

3 记录质量评价可分为优良、合格和不合格三个等级。

6.5.7 内业工作应符合下列要求：

1 资料整理应符合本规程第6.2.10条的有关规定。

2 资料处理应符合下列规定：

1） 应剔除明显畸变点、干扰点，并将全部数据按频率顺序排列。

2） 对资料进行预处理后，应重新绘制深度—速度曲线。

3） 多道瑞利波记录应采用专用软件处理。

4） 必要时绘制深度—频率曲线与波速—频率曲线综合图。

5） 频散曲线中的深度值可按表6.5.7-1取值。

表6.5.7-1 泊松比与瑞利波穿透深度关系表

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

注：σ 为泊松比；H 为深度(m)；λ 为波长(m)。

6） 剖面图宜按测点高程绘制。

3 资料解释

1） 层速度 v_{Rn} 应按式(6.5.7-1)或式(6.5.7-2)计算：

当 $\bar{v}_{Rn} > \bar{v}_{Rn-1}$ 时

$$v_{Rn} = \frac{H_n \bar{v}_{Rn} - H_{n-1} \bar{v}_{Rn-1}}{H_n - H_{n-1}} \tag{6.5.7-1}$$

当 $\bar{v}_{Rn-1} > \bar{v}_{Rn}$ 时

$$v_{Rn} = \frac{H_n - H_{n-1}}{\frac{H_n}{\bar{v}_{Rn}} - \frac{H_{n-1}}{\bar{v}_{Rn-1}}} \tag{6.5.7-2}$$

式中：H_n——第 n 点的深度(m)；

H_{n-1}——第 $n-1$ 点的深度(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}——$H_n \sim H_{n-1}$ 深度间的瑞利波层速度(m/s)。

2） 横波速度可按表6.5.7-2进行换算：

表 6.5.7-2　瑞利波速度与横波速度换算表

σ	v_R/v_S	σ	v_R/v_S	σ	v_R/v_S
0.21	0.912 7	0.31	0.929 0	0.41	0.943 6
0.22	0.914 4	0.32	0.930 5	0.42	0.945 0
0.23	0.916 1	0.33	0.932 0	0.43	0.946 3
0.24	0.917 8	0.34	0.933 5	0.44	0.947 6
0.25	0.919 4	0.35	0.935 0	0.45	0.949 0
0.26	0.921 0	0.36	0.936 4	0.46	0.950 3
0.27	0.922 7	0.37	0.937 9	0.47	0.951 5
0.28	0.924 3	0.38	0.939 4	0.48	0.952 8
0.29	0.925 8	0.39	0.940 8	0.49	0.954 1
0.30	0.927 4	0.40	0.942 2	0.50	0.955 3

注：σ 为泊松比；v_R 为瑞利波速度(m/s)；v_S 为横波速度(m/s)。

6.6　水域地震波勘探

6.6.1　使用的仪器和配套设备的主要技术指标应符合本规程第 6.2.1 条的有关规定。

6.6.2　水域地震波勘探除应选取有代表性的水域进行激发、接收及仪器参数选择的试验外，尚应符合本规程第 6.2.2 条的有关规定。

6.6.3　水域地震波勘探应视现场情况和勘探目的布设测线、测网。测线应尽可能通过勘探钻孔。

6.6.4　测线的测量应符合下列要求：

1　测量定位可选用经纬仪前方交会法、无线电定位及卫星定位等方法，精度应满足工程地质勘察的要求。

2　为保证观测位置的准确度，应采取导航措施，同时应对实际观测航线进行监测。

3　作业期间应观测并记录水位变化。

6.6.5　观测系统应符合下列要求：

1　水域地震勘探可采用水中(或水底)固定排列观测方式或漂浮电缆航行观测方式。

2　漂浮电缆的沉放深度应通过试验确定。

3　采用固定排列观测方式的观测船和激发船应抛锚定位，并将排列固定于缆绳上。作业时应监测有无溜锚导致船体移动，当电缆尾部摆动超过 10°时，电缆尾部须抛锚固定。

4　漂浮电缆拖船的航速应保持稳定，在航行过程中应保持电缆沉放深度一致。

5　观测系统可选用浅层反射多次覆盖系统和折射单重或多重追逐相遇系统。

6.6.6　激发与接收应符合下列要求：

1　激发震源可选用炸药、汽枪、电火花，震源在水中的深度应根据具体条件确定。

2　检波器应采用水听器，可随漂浮电缆固定在水下 1～5m 的深度范围内，也可放置于水底，深度应一致。

3　严禁在作业船航行的上游进行炸药激发。

6.6.7　外业资料的检查、验收和评价应符合本规程第 6.2.9 条的有关规定。

6.6.8　内业资料的整理应符合本规程第 6.2.10 条的有关规定。

6.7　水声勘探

6.7.1　水声勘探仪器主要技术指标应满足下列要求：

1　探测深度及分辨率

水深小于或等于 50m，疏松沉积层厚度小于 25m 时，0.3m < 分辨率≤0.5m。

水深大于 50m，疏松沉积层厚度 25～50m 时，0.5m < 分辨率≤1.0m。

2　振荡次数

浅层在 0～25m 时，震荡次数为 360 次/min。

深层在 0～50m 时，震荡次数为 180 次/min。

3　接收放大器增益大于 150dB。

4　接收换能器灵敏度大于 10μV/μbar。

6.7.2　试验工作应符合本规程第 6.2.2 条的有关规定。

6.7.3　测线布设除应符合本规程第 3.2.3 条的有关规定外，宜尽可能与桥轴线平行。

6.7.4　测线的测量应符合本规程第 6.6.4 条的有关规定。

6.7.5　激发与接收应符合下列要求：

1　发射换能器及接收换能器应安置于船体两侧，入水深度约为 0.5m。

2　测船应保持定向恒速行驶，航速应控制在 2m/s 以内。

3　目的层反映不明显的剖面，应进行重复观测，并以重复性较强的剖面作为有效观测。

6.7.6 外业原始资料检查、验收和评价应符合本规程第6.2.9条的有关规定。

6.7.7 内业工作应符合下列要求：

1 资料整理应符合本规程第6.2.10的有关规定。

2 资料处理应符合下列要求：

1) 水深勘探剖面在平面图上的位置必须按实测轨迹绘制。

2) 水位变化范围超过±0.5m时，必须进行高程校正。

3) 发射和接收装置分设及水底反射的垂直误差超过0.5m时，必须进行偏移校正。

4) 计算水下地层厚度时，应作速度校正。

3 成果报告除应符合本规程第3.2.4条的有关规定外，尚应提交以下资料：

1) 水深勘探实测剖面；

2) 综合解释剖面图。

6.8 地脉动测试

6.8.1 使用的仪器应符合以下要求：

1 具有良好的低频响应和宽频响应，其下限应不低于0.3Hz/s。

2 具有足够的带宽和增益。

3 可连续进行数小时的数据记录和供电能力。

6.8.2 测点布置应符合下列要求：

1 每个工点的观测点数不宜少于4个。

2 布置观测点的地面应密实平整，表层土壤松散时应挖坑设置。

3 水平检波器应平行和垂直于构筑物的轴线布置，垂直检波器应垂直于地平面，允许偏差为±10°。

6.8.3 数据采集应符合下列要求：

1 观测点周围应无连续性震动干扰。观测时间应选在干扰程度最低的时段进行。

2 每个测点的观测不得少于3次，每次观测的连续时间不得少于10min，2次观测间隔时间不得少于30min，重复观测宜隔日进行。

3 应准确记录下观测点位置、观测时间、周围条件，班报应整齐、准确、无改动。

6.8.4 外业原始记录有下列情况之一时应进行补测：

1 涂改或模糊不清无法使用。

2 连续观测时间小于5min。

3 在连续观测时间周期内，干扰强烈、无法识别地脉动信号。

6.8.5 内业工作应符合下列要求：

1 资料的整理与解释应符合下列规定：

1） 频谱分析前应剔除记录中的干扰信号。

2） 卓越周期应采用专用软件确定。

3） 离散采样累计时间应大于30s。

4） 每个周期的采样点不应少于3点。

5） 干扰波较多的工点，可结合位移谱、速度谱及加速度谱分析。

2 成果报告除应符合本规程第3.2.4条有关规定外，尚应提交标明卓越周期或优势频率的振幅谱图。

7 地球物理测井

7.1 一般规定

7.1.1 地球物理测井应根据工作条件和勘察要求选择地震波测井、电测井、声波测井、超声成像测井、电磁波测井、井径测量、井斜测量、井温测量等方法。

7.1.2 地球物理测井应符合下列条件：

1 地震波测井

被探测目的层与上下层之间存在明显的速度差异，并具有一定厚度。测井应在无金属套管、有井液的孔段测试。

2 电测井

被探测目的层与上下层之间存在明显的电性差异，并具有一定厚度。测井应在无金属套管、有井液的孔段测试。

3 声波测井

1） 宜在无金属套管、有井液的钻孔中进行；

2） 松散地层的孔段可放置事先穿孔的塑料套管；

3） 被探测目的层相对上下层应存在弹性波波速差异，目的层应具有一定厚度。

4 超声成像测井

宜在无套管、有井液的钻孔中进行。

5 电磁波测井

应在无金属套管的钻孔中应用，被探测目的体具有一定规模，与周边介质存在电性、磁性差异。

6 井径测量、井斜测量

应在无套管钻孔中进行。

7 井温测量

宜在有井液的钻孔中进行。井温测定应在停钻 12h 后实施，并在电缆下降过程中测量。

7.2 仪器及配套设备主要技术指标和要求

7.2.1 传动装置的误差不应大于 0.2%。

7.2.2 仪器对地绝缘电阻应大于10MΩ;电缆对地绝缘电阻应大于2MΩ。

7.2.3 仪器精度要求:

1 电位差测量误差应小于3%。

2 电阻率测量误差应小于4%。

3 井径测量误差应小于5mm。

4 井温测量误差应小于0.5℃,热惯性应小于3s。

5 井斜测量在钻孔顶角大于5°时,顶角测量误差应小于0.5°,方位角测量误差应小于5°。

6 地震波测井仪器设备应符合本规程第6.2.1条的有关要求。

7 声波测井仪器精度应满足以下要求:

1) 最小采样间隔不应大于0.1μs。

2) 单道采样长度不应小于512样点。

3) 触发方式:宜有内、外、信号、稳态等方式。

4) 频响范围:10~500kHz。

5) 声时测量精度:±0.1μs。

6) 发射电压:100~1 000V。

7) 发射脉宽:1~500μs。

8 CT层析成像测井:根据所选用的测井方法按照本节的有关规定执行。

7.3 外业工作

7.3.1 一般规定

1 绞车与滑轮应保持一定距离并妥善固定,下井电缆应位于钻孔中心。

2 测井深度记录应与钻孔一致,其允许累计误差不超过±0.5%。

3 测井曲线应清晰连续。

7.3.2 工作程序

1 测井前应收集钻孔资料,了解钻孔结构、孔内地质情况及安全状况。

2 应根据地质勘探要求,在方法试验的基础上,选择测井方法,确定测井工作参数。

3 测井前应清孔,井液循环时间不宜小于2h。

4 除井温测量外,测井工作应在电缆往上提升过程中进行。

5 应根据任务确立测井井段,并上下分别多测3~5m。

6 地震波测井参照本规程第6.4节的有关规定进行。

7.3.3 测井方法

1　地震波测井

1)　激发板应采用条状板,板的短轴应对准井孔轴线,距离井孔 2 ~ 5m,上面压以重物。

2)　检波器与孔壁须紧密耦合。

3)　测量点距视岩性情况而定,一般为 0.5 ~ 2.0m。

4)　若横波记录的有效性及其相位的延续性不良,应调整参数后重新观测。

5)　同一层位的测量波速与重复观测的波速允许误差为 ±10%。

2　电测井

1)　电测井的电极系、电极距应根据探测任务的要求和测区的地球物理条件经试验后确定。

2)　电流测井应减小线路电阻及地面电极的接地电阻,并确保恒压供电,记录电流曲线时应检查并确定增量方向。

3)　自然电位测井应采用不极化电极,使用金属重锤时,测量电极距离重锤应大于 2m。

3　声波测井

1)　观测前应在金属管中作时差和零位检查。

2)　声波测井应遵守下列规定:

(1)　应采用单发双收的观测系统。

(2)　两接收道的接收波应相似。

(3)　有效信号幅度应大于噪声信号幅度的 5 倍。

(4)　当初至波不能有效地反映滑行波或滑行波与直达波相叠加时,必须采取有效措施确认滑行波特征后方能作正式观测。

3)　观测源距应根据地层岩性和岩体中的裂隙发育情况而定,一般为 0.25 ~ 1.00m,双收接收器间距宜选 0.20 ~ 0.30m。

4)　采用点测法观测时,点距在覆盖层段不宜大于 1.00m;岩石段不宜大于 0.50m;异常段不宜大于 0.20m。

5)　测井深度比例尺为 1:200 时,连续观测速度不宜大于 10m/min;测井深度比例尺为 1:50 时,连续观测速度不宜大于 5m/min。

6)　波速和时距曲线的基本观测与重复观测形状应一致。

4　超声成像测井

1)　深度比例尺应根据现场地质情况和观测精度确定。

2)　观测仪器下井前应作声反射和磁扫描的监视检查。

3)　测井深度比例为 1:200 时,观测速度不宜大于 4m/min;测井深度比例为 1:50 时,观测速度不宜大于 2m/min。

4)　观测结束时应对测量记录进行检查,当记录对井壁的地质现象反映明显时,方可撤离井场。

5　电磁波测井

1） 测量前，应进行噪声测量，接收噪声应小于130dB。

2） 测井采用的工作频率不应少于两个。

3） 采用交会法测井，应作水平同步、斜同步和定点测量。

4） 采用CT电磁波测井，同一透视剖面上可作互换孔位的定点发射观测。点距应小于CT计算网点的边长，异常部位应加密观测点。

5） 透视孔间距不宜大于80m。

6） 使用的工作频率及天线，应根据地质条件和探测精度确定。

6 井径测量

1） 井径测量前后，应在井场用套管校验仪器，校验记录不应少于3个，误差不应超过5mm。

2） 井径仪的供电电流必须用标准电阻进行测定，供电电流的变化对测量结果所造成的误差不得超过±5mm。

3） 检查观测曲线与原始测试曲线基本一致时，在变化平缓井段的井径测量平均绝对误差不得超过5mm；使用高精度仪器时则按出厂规定办理。

7 井斜测量

1） 井斜测量前，应对井斜仪进行校验。

2） 井斜仪下井前，应用罗盘仪或倾斜仪作顶角测量校验（顶角为零度时）和测试。

3） 井斜测量的点距一般为20m，井斜变化较大的井段，点距可加密到5～10m。

4） 井斜测定时，每测5个点应作一个点的检查测量。

5） 同一钻孔中井斜作分段测量时，其衔接处应重复测2个点以上。

6） 方位角测量的平均绝对误差不得超过4°；顶角大于5°的井段，平均绝对误差不得超过0.5°。

7） 平均绝对误差 $\overline{\Delta}$ 按式(7.3.3-1)计算：

$$\overline{\Delta}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|y_i-y'_i| \tag{7.3.3-1}$$

式中：$\overline{\Delta}$——平均绝对误差；

n——检测点总数；

y_i——i点的原始观测值；

y'_i——i点的检查观测值。

8 井温测量

1） 井温测量应在停钻12h后进行。

2） 井温曲线检测的平均绝对误差不应超过0.5℃。平均绝对误差 $\overline{\Delta}$ 按式(7.3.3-1)计算。

3） 测量速度按式(7.3.3-2)计算：

$$v\leqslant\frac{3\,600\times\delta}{\lambda\times\Delta} \tag{7.3.3-2}$$

式中：v——仪器下降观测的速度；

δ——井温测定的允许误差(℃);

λ——井温仪自身的时间常数(s);

Δ——钻孔中平均温度的变化程度(℃/m)。

7.3.4 外业资料检查验收与评价

1 重复观测工作量不应少于全孔工作量的10%。

2 测井系统检查观测工作量应大于总工作量的10%。

3 重复观测和检查观测结果的限差一般规定为5%。其平均相对误差按式(7.3.4)计算。

$$\delta = \frac{\Delta S}{\overline{S}} \times 100\% \tag{7.3.4}$$

式中:δ——异常幅度的平均相对误差;

ΔS——基本观测与重复观测(或检查观测)曲线面积之差;

$\overline{S}$——基本观测与重复观测(或检查观测)曲线面积的平均值。

4 测井原始资料有下列情况之一者,应重新观测:

1) 在目的层井段连续漏掉两个以上深度记号。

2) 曲线(测井数据)有5%以上的漏记、断记或畸变。

3) 曲线首尾记录、升降速度、深度比例、检查观测等不符合本规程要求的。

7.4 内业工作

7.4.1 资料整理和解释

1 测井资料的解释应结合钻孔资料进行分析对比。

2 测井曲线应进行平差处理或根据特征点、标志层位置进行修正。

3 进行综合测井时,应将各种测井曲线绘制在同一张综合测井解释图上,深度坐标应一致,应对各种测井曲线综合分析。

4 测井曲线的深度应以井口为起算点。

5 测井资料的解释原则应统一。

6 分析异常时应充分研究异常的形状和特征,合理分层和定位。

7 声波测井曲线的解释应遵守下列规定:

1) 应根据曲线变化情况分段求得平均声速进行地质解释。

2) 应充分注意薄层的存在,因层厚因素不能计算速度时,应作速度估算。

8 超声成像测井资料的解释除符合上述有关要求外,应对钻孔进行地质描述,计算裂隙带、断层及软弱夹层的倾向、倾角及厚度。

9 电磁波透视应满足下列要求:

1) 地层单一,异常明显时可作直观的交会解释。

2) 地层复杂时,应采用计算机处理解释。

3） 断层处理时，网格划分不得小于最小目的体直径，且迭代不少于15次。

10 地震波测井应满足下列要求：

1） 波形对比及确认时，应选择信噪比高的波形记录。

2） 初至时间的读取，应注意相邻测点波形的一致性。当初至时间不明显时，可根据同相位的幅值时间读取。

3） 解释前应绘制垂直时距曲线，比例尺的选择宜有利于异常情况的解释。

7.4.2 成果资料一般应包括以下内容：

1 说明书。

2 测井曲线。

3 综合解释图表。

8 放射性勘探

8.1 适用条件

8.1.1 放射性勘探(γ测量):

1 被探测对象和周围地层有明显的放射性差异。

2 构造破碎带,地下储水构造埋藏较浅。

3 第四纪覆盖层无潜水层等"屏蔽"层形成。

4 岩浆岩地区。

5 地形平坦或变化缓慢,表层均匀,无大范围人工填土。

8.1.2 氡气测量

适用条件同本规程的第8.1.1条,但不宜在道路及人畜活动场所埋卡,阴雨季节不宜测量。

8.2 仪器的主要技术指标及要求

8.2.1 放射性勘探仪器应满足下列要求:

1 可用伽玛谱仪测定低能谱段,伽玛谱仪谱段可调,有稳谱装置,可连续工作8h,读取相对误差小于1%。

2 辐射仪测量范围、灵敏度、线性度应符合出厂指标的规定。

8.2.2 氡气测量应满足下列要求:

1 宜采用大闪烁体制作闪烁探测器,探测射线的效率不应小于60%。

2 使用环境温度-5~+40℃;湿度0~95%,非冷凝。极限条件下读数与正常条件下读数误差不超过15%。

8.3 外业工作

8.3.1 测网布设应满足下列要求:

1 测网密度应根据勘察要求,并通过试验确定。在已知的地段上开展不同精度的测量,把获得的资料与已知的地质情况比较,确定最佳测网密度;在无已知条件时,可参考其

他物探方法的测网密度布设。

2 测线方向应垂直主要探测对象，或根据野外实际情况，将测线布置成直线或折线。山区测量时，可按等高线布设。

3 通过主要探测目的体的测线数量不应少于3条，在工作比例尺平面图上，测线间距一般为2～4cm；测点间距一般为0.5～2cm。

8.3.2 外业观测应满足下列要求：

1 埋卡时间应根据辐射强度确定，一般为4～8h，取卡测量的时间间隔宜与埋卡的时间间隔一致。

2 埋卡的小坑，要求坑底平坦，无杂物。

8.3.3 放射性测量资料的检查工作应贯穿整个外业工作始末，单点或剖面上出现的异常点应作检查测量。

8.4 内业工作

8.4.1 在开展内业工作之前，应检查原始记录是否齐全、误差计算是否合理等。

8.4.2 外业原始记录有下列情况之一时，应重新进行测量：

1 单点或一条剖面出现的异常点未做检查测量。

2 点号、线号、剖面号混淆不清。

3 原始资料涂改或模糊不清。

4 测点读数超过均方误差标准。

8.4.3 缺少下列资料之一者，原始记录不宜做定量解释使用：

1 仪器灵敏度检查曲线；

2 仪器稳定性曲线；

3 仪器刻度曲线。

8.4.4 应制作以下图件：

1 放射性测量实际材料图；

2 放射性测量剖面图和平面图；

3 综合解释剖面图和平面图。

8.4.5 解释与推断

1 射线强度高于背景值3倍时，应确定为异常点；在断层破碎带和地下储水构造带上的强度高于背景值1.1倍时，也应确定为异常点；强度偏高，有一定规模，且覆盖层较厚

或有水体屏蔽时,亦可确定为异常点。

2 异常成因分析:

1) 应从岩性构造、破碎带出露形态和分布范围,确定异常产生的地质背景。

2) 应由坡积、冲积物的沉积环境,覆土的植被发育情况、岩石风化程度、水系特点及原生晕、次生晕、水晕发育情况,判断放射性氡气及其来源和储存部位产生的地球化学条件。

3) 应根据土壤各层发育情况、孔隙度、地表屏蔽条件、通气条件判断氡气迁移难易程度的物理条件。

9 物探报告

9.1 一般规定

9.1.1 物探工作完成后，应编制公路工程物探报告。公路工程物探报告应由说明书、图件和附件组成。

9.1.2 物探报告应在综合分析的基础上进行编制，编制的报告应内容全面，重点突出，立论有据，结构严谨，文字简练，图表齐全。

9.2 说明书

9.2.1 对大型工程项目或技术复杂的工程项目，应编写工程物探说明书，说明书的内容一般应包括：

1 任务依据；
2 执行的技术标准；
3 完成的主要工作量；
4 地形地质概况；
5 地球物理条件和物性特征；
6 外业工作；
7 资料的整理与解释推断；
8 结论和建议。

对技术条件简单的工点可编写“成果说明”。

9.2.2 工程物探说明书应根据设计对地质资料的要求编写。

1 路基工程

高填路堤应重点阐述与路堤设计和路堤地质病害的形成和发育有关的地质问题，深挖路堑应重点阐述与边坡稳定有关的边坡地质结构和地下水发育情况。

2 桥梁(含立交)工程

应重点阐述与桥梁安全和地基基础设计有关的内容。

3 隧道工程

应重点阐述与隧道围岩分级、进出口边坡的稳定性和不良地质有关的地质问题。

4　支挡结构

应重点阐述不良地质体的地质结构和支挡工程基础部位的地质情况。

9.3　图件

9.3.1　工程物探图件应根据路基、桥梁、隧道等构筑物的工程设计对地质资料的要求进行编制,编制的图件应满足工点勘察报告的要求。

9.3.2　图件一般包括:

1　工程物探平面图:应包括路线、里程桩号、勘探对象(如路基、桥梁、隧道等构筑物)的具体位置、地形、主要地物、地质界线、岩层产状、物探测线、物探点和各种勘探点等。

2　工程物探分析图:视采用的物探方法提供相应的专业图件,如时距曲线图、测井曲线图、电测剖面曲线图等。

3　工程物探综合解释剖面图:一般应在图上标出划分的地层及其物性参数、地层符号、地下水位和不良地质体等。

9.4　附件

包括原始记录、工程照片及物探资料的电子文档等。

10 物探作业安全

10.1 仪器设备管理和运输

10.1.1 物探仪器在运输过程中应采取有效的防震措施。

10.1.2 仪器的使用、保养，必须严格按照使用说明书及操作手册的有关规定进行。

10.1.3 外业观测时，操作员不得擅自离开仪器，必须离开时，应指定专人看管。

10.1.4 仪器应置于干燥、通风和无腐蚀性气体处。长期不用时应妥善保管。

10.1.5 仪器设备应建立履历簿，使用和检修情况应及时记载在履历簿上。

10.1.6 物探仪器应按有关规定定期标定。

10.1.7 仪器用电应符合下列规定：

1 外业用电应在确保观测质量的原则下，采用低电压。

2 当工作电压超过380V时，必须采取下列安全措施：

1） 严格执行呼唤应答制度，测站与跑极之间必须有可靠联系。

2） 高压导线穿过居民区或道路时，应有安全防范措施。

3） 测站应用橡胶垫板与地绝缘，操作员、跑极员工作时应穿绝缘鞋，戴绝缘手套，供电过程中严禁接触电极或电线。

3 有雷电时，必须停止野外作业，将仪器、电源与电线断开。

4 供电电源的使用应符合下列规定：

1） 干电池应避免受潮、过热、受冻和超负荷使用。

2） 蓄电池的使用、电液配制、充电、存放、运输等，应严格按产品说明书的规定进行。

3） 发电机、充电机的使用必须指定专人操作，并随时注意机器的运转状态。

10.2 爆炸物管理、运输和爆破作业

10.2.1 从事爆炸作业人员，必须取得公安部门签发的爆破作业、爆炸物品使用许可

证件。

10.2.2 爆炸物品长途运输应向公安部门申请,领取爆炸物品运输证件,派专人押运,车上不准搭乘无关人员。

10.2.3 炸药和雷管严禁同车、同船运输,并不得混装其他易燃、易爆物品。炸药和雷管同车运输需用专用的爆破运输车。

10.2.4 运输爆炸品的车辆不得超过中速行驶,不得在距离居民区100m内的地点或其他人口稠密处停车,停车时应熄火。夜间停宿应与当地公安部门取得联系,并按指定地点停放。

10.2.5 装卸爆炸品时应派专人看守,非工作人员不得进入作业现场。夜间装卸应有安全照明,装卸时应轻拿轻放,不得碰撞。

10.2.6 存放爆炸品的库房应设在安全、便于搬运的非居民区,设专人管理,并应配有通信设备。库房应远离居民点、铁路、建筑物、高压线,最小安全距离 R_x 应按下式确定:

$$R_x = 10\sqrt{Q} \tag{10.2.6}$$

式中:R_x——最小安全距离(m);

Q——炸药量(kg)。

10.2.7 装卸爆炸品时非工作人员不得进入作业现场,装卸时应轻拿轻放,不得碰撞。

10.2.8 炸药和雷管应妥善包装,分库存放。收发账目应清楚正确,并应定期检查。

10.2.9 当天未用完的炸药和雷管应缴回,并存放在安全可靠的地点。

10.2.10 爆炸站应设在便于瞭望爆炸点的安全处。

10.2.11 埋设炸药包时,爆炸机钥匙必须由埋设人员携带,非起爆期间,严禁将钥匙插在爆炸机上。对讲机必须远离雷管箱和引线已经展开的雷管。

10.2.12 检查雷管通断时的电流强度不得超过30mA,接通时间不得超过2s,检查的安全距离不得小于5m。

10.2.13 爆破严禁在高压线下进行,也不得在雷雨或下雾的天气进行。

10.2.14 当发生拒爆时，首先应将爆炸线拆离爆炸机，并将其短路，10min 后再检查原因进行处理。对于瞎炮药包可用另放一小包炸药的方法将其殉爆，严禁将原炸药包挖出处理。

10.2.15 爆炸机必须经过鉴定检验合格，严禁使用代用设备。

10.3 水上作业

10.3.1 水上作业前，应与地方或有关水文、航运部门联系。水上作业时，应采取必要的安全措施，须按要求设置标志并派专人警戒，测站和装置应避开主航道。

10.3.2 水上作业应经常检查电缆绝缘程度。

10.3.3 作业船严禁超载使用，船上应设有救生和通信设备。在急流深水区作业时，作业人员必须穿好救生衣。

10.3.4 进行水中爆炸时，必须加强水域警戒，当确认危险区内无船只和人员时方可起爆。进行水底爆炸前，须查明工作区域是否埋设有水底管、线，爆炸时应予以避让。炸药包投放后应设漂浮标志。

10.3.5 进行走行式水中勘探时，必须符合下列规定：

1 勘探前与当地水域管理的航监部门取得联系，并争取其配合。

2 水中漂浮设备应有醒目的色标。

3 船上应设专人瞭望，及时与过往船只沟通航向，不得抢道争航，并应采取有效的避让措施。

4 大风、大雾等恶劣天气必须停止作业。

10.4 测井作业

10.4.1 井场工作人员应戴安全帽，注意井场安全，并防止构件掉入钻孔。

10.4.2 井下探头的防水性能和绝缘程度应经常检查，井口滑轮、绞车、刹车等装置必须安装牢固，电缆应在距井下探头 10～20m 处作一警告记号。当井下仪器通过管口或接近井口、井底时，应降低升降速度。

10.4.3 高速升降电缆时，不得跨越或手抓电缆，不得骤然刹车。

10.4.4 井下探头不得在孔底及不安全井段停留,在安全井段停留时,应经常活动电缆。

10.5 放射性作业

10.5.1 从事放射性同位素作业人员,必须遵守下列规定:

1 经医院检查身体合格。

2 经过操作训练和卫生防护知识学习,经考试合格后取得国家有关部门颁发的资格证书。

3 作业时佩带必要的防护设备(如铅裙、铅眼镜、剂量笔等)。

4 超过辐射安全允许剂量(每日为0.45mG_y,每周为1.8mG_y)时,应停止接触辐射的各项作业。

10.5.2 放射源的使用、保管和运输均应有专人负责,并应设有防火、防潮、防盗和防泄漏的源库。库外的辐射强度不得高于当地的自然基底。

10.5.3 放射源外壳严禁打开,并应防止放射源外泄污染。

10.5.4 放射源的装卸应使用专用工具,禁止人体直接接触。不工作时,放射源必须放在铅保护罩内。

10.5.5 放射源发生事故(如丢失、泄漏),必须立即报告有关部门,并采取有效措施妥善处理。

10.5.6 放射性作业安全除应符合本规程规定外,尚应符合国家的有关规定。

附录 A　公路工程物探方法选用一览表

物探方法 \ 应用项目		覆盖层与特殊土	基岩与风化层	软弱夹层	隐伏构造破碎带	滑坡	采空区	岩　溶	地下水	斜　坡	岩体完整性	场地评价
电法勘探	电测深法	○	△	△	△	○	△	○	○			
	电剖面法	△	△	△	○	△	△	△	○			
	高密度电法	○	○	△	○	○	○	○	△			
	瞬变电磁法	○	△		△	△	○	○	△			
	地质雷达	△	○		△	△	△	○	△			
地震勘探	折射波法	○	○		○	○		△	△	○	△	
	反射波法	○	○		○	○		○	△			
	透射波法		△									
	瑞利波法	○	○	△	△	○		△		○		
	水域地震波法	○	○		△							
	水声勘探	○		○								
	地脉动											○
CT	地震波 CT	○	○	○	○	○	△	○				
	电磁波 CT	○	△	△	△	△	△	○				
放射性测量	γ 测量				○				△			
	氡气测量				△				△			
综合测井	地震波测井	○	○	○	○	△					○	
	电测井	○	○	○	○	△		○	△			
	声波测井	○	○	○	○	○	△	△	△	△	○	○
	超声成像测井	○	○	○	○	○	△	△	△	△	○	○
	电磁波测井	△	△		○	△		○	△			
	井径测井		△	○	△	○		○				
	井温测量							△	○			

注：○-主要方法；△-配合方法。

本规程用词说明

执行条文严格程度的用词说明如下：

1. 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。

2. 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

3. 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

附件

《公路工程物探规程》

（JTG/T C22—2009）

条 文 说 明

1 总则

1.0.1 随着公路建设事业的发展，地球物理勘探（简称物探）在工程地质勘察工作中得到了越来越广泛的应用。为规范公路工程物探的技术和方法，统一公路工程物探技术要求，确保勘探质量，适应公路建设发展的需要，编制本规程。

1.0.3 公路基本建设程序的前期工作分为预可行性研究、工程可行性研究、初步设计和施工图设计几个阶段。各阶段或不同地区的公路建设项目工程地质勘察要解决的地质问题不同，对地质资料的深度要求也不一样，因此，物探应与工程地质勘察的目的和深度要求相适应。

本条对工程物探的一般工作程序进行了规定，对已开展过物探工作的工程，本条规定的工作程序可适当简化。

物探是利用探测对象的物性差异进行勘探的一种间接探测方法。一般情况下，不同的地层具有不同的物性反映，但有时不同的地层却反映出相同的物性特征。为了分析物性层与地质层间的关系或对各种异常作出合理的解释，物探与地质、钻探等专业应密切协作，及时沟通情况，为物探工作布置和物探资料的推断解释创造必要的条件。对于需要在孔内进行物探工作的钻孔，钻探机组应与物探密切配合，必要时，还应清洗钻孔，以利收集勘探资料。

2 术语、符号

本规程术语、符号的编制参考相关行业技术标准,并对不适当的内容作了修改,重点对目前公路工程物探工作中常用的术语、符号进行了编排。

3 基本要求与规定

3.1.1 被测地质体的天然物理场或人工物理场是物探采集的基本信息，通过对这些信息的研究可以了解地质体的物理性质和几何形态，从而达到勘探的目的。但是，物探的使用效果和探测精度往往会受到现场地形地质条件和施工条件的影响，对这些因素必须加以考虑。

物探通常测定的是被测地质体的物理场在地表的分布情况，而地质体的物理场在地表要有一定的强度才能被仪器观测到，物探才能在勘探中起到应有的作用。因此，物探的使用是有条件的，被测地质体与围岩的物理性质具有显著的差异且具有足够的厚度和体积是物探使用的基本条件。

地形的起伏会使地质体的物理场在地表的分布发生畸变，地物也会影响测线测网的布置，而电、磁、振动等干扰会使仪器的观测发生困难或造成误差，因此，物探的有效性和使用效果还取决于现场的地形地物条件以及现场受干扰的程度。

3.1.2 物探具有适用范围广、设备轻便、效率高和成本低等特点，在工程地质勘察中有时可以解决钻探难以解决的一些问题，因而是一种重要的勘探方法。

各种物探方法的使用需具备一定的条件，测线测网的布设、装置的选择、资料的处理与解释都直接关系到物探方法的使用效果。结合现场地形地质条件，在方法试验的基础上，合理选择物探方法和工作参数是确保物探工作质量的基础工作。

公路工程物探通常采用的勘探方法有：电法勘探、地震勘探和地球物理测井等。其原理和适用条件各不相同，不同的方法对地质体物理性质的研究均有其局限性。采用多种物探方法开展综合物探，可以从不同的角度对地质体进行更为详细、准确的研究。当采用单一的物探方法达不到勘探目的时，可采用两种或两种以上的物探方法进行综合勘探。

3.1.3 随着我国公路建设事业的发展，物探在公路工程地质勘察工作中得到了广泛的使用，新技术、新方法不断涌现，有的取得了较好的应用效果。对经过实践检验行之有效的、有助于提高物探的工作效率和探测精度，提高工程地质勘察工作质量的物探方法，应积极推广使用。

3.2.1 准备工作是做好物探工作的前提，其工作内容一般包括搜集资料、现场踏勘和编制工程物探大纲等环节。

1 搜集资料

资料的搜集和研究是做好物探工作的基础。在开展物探工作前,应广泛搜集工作区的各种基础资料,主要包括:

1) 初步拟订的路线方案图;

2) 工作区既有的地质资料,如区域地质、地震地质、水文地质和工程地质资料等;

3) 地球物理勘探资料;

4) 自然地理、气象、水文、交通等资料。

2 现场踏勘

物探任务下达以后,应通过现场踏勘,了解现场的交通条件、工作条件、地形地貌条件和地质情况以及设计意图等,进而初步选择适宜的物探方法,拟订计划勘探工作量,为物探大纲的编制和后续工作做好准备工作。

3 工程物探大纲

物探大纲是开展物探工作的重要依据,应在对现场情况和勘探要求进行充分研究的基础上进行编制。编制的物探大纲是一般应包括以下内容:

1) 任务、目的与要求;

2) 测区交通、地形、地质(或岩体)简况;

3) 地球物理条件和物性特征;

4) 方法技术选择的依据;

5) 工作方法和技术措施;

6) 主要仪器设备和仪器功能及性能;

7) 工作量及进度安排;

8) 生产管理、质量保证、安全工作的安排和措施;

9) 成果提交的内容和时间。

3.2.2 在公路工程地质勘察中使用的各种物探方法都有一定的适用条件,而各种物探方法的观测系统参数、仪器工作参数又有一定的范围,这些参数与探测的效果和精度密切相关。因此,在外业工作前期和工作过程中,结合现场情况进行必要的方法试验是确保勘探质量的重要环节。工程物探方法的有效性试验一般包括:

1 仪器稳定性和适应性;

2 数据采集的真实性和可靠性;

3 物探方法选择、工作方法和技术的有效性、正确性及合理性;

4 资料处理技术的成熟性、正确性及可靠性;

5 推断解释的有效性。

3.2.3 公路是线性工程,往往要通过不同的气候区和地貌地质单元,对使用的物探仪器有其特殊要求,一般应符合下列规定:

1 应采用数字仪器,结构严密合理,构件牢固可靠,具有良好的防潮、抗震和绝缘性能,整体性能稳定。

2　工作温度的变化范围应适应当地的气候条件。

3　观测精度及动态范围应满足观测的需要。

4　用于物探观测的附加设备，其性能应与主机配套。

5　不得使用不符合技术标准的仪器进行观测。

公路沿线的构筑物种类多，工程地质勘察涉及的地质问题面广、复杂。因此，工程物探测线、测网应根据勘探的要求进行布置。测线应避开地形及其他干扰的影响。有条件时，应尽可能与勘探线平行、重合或垂直于探测对象的走向，以保证异常的完整和足够的正常背景。测网密度应保证异常的连续完整和便于追踪。

3.2.4　物探资料具有多解性，各种方法的使用均有一定的前提条件，而物探资料的解释又是一个从已知到未知的过程，因此在解释过程中应充分收集和研究测区内的各种地质资料和各项物性参数，对解释的成果在综合分析的基础上加以取舍，以提高物探资料的解释精度。

4 勘探内容

4.1 覆盖层的成因类型多,物质组成复杂,工程勘察一般要求探明其物质组成、厚度和分层及其变化情况。条件有利时,物探可取得较好的探测效果。但在某些情况下,解释的物性界面与地质界面之间也会出现不一致的情况。因而,覆盖层的勘探应视勘探要求和现场情况,在方法试验的基础上进行。

覆盖层的勘探应结合钻探、静力触探、地球物理测井等取得的地质资料进行层位划分,当无已知地质资料可利用时,宜采用综合物探的方法。

用实测的剪切波速对场地土的类型进行划分详见《公路工程抗震设计规范》的有关规定。

4.2 岩层的风化程度不同,其物理性质也不一样,因而可利用物探来划分基岩的风化程度,探测风化层的厚度及其变化情况。但是,岩体是一种复杂的地质体,岩石的风化及其表现形式除与岩体中的节理发育程度、所处的地貌部位等因素有关外,还与岩石的种类有很大关系。例如花岗岩和石灰岩的风化壳就有明显的差异。而不同的物探方法所依据的物理性质不同,划分的风化层也不会完全一致。这些情况使得在实际工作中由物探所划分的风化层与《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63—2007)提出的风化层划分标准可能会不完全一致。因而,物探对风化程度的划分具有相对的意义。在实际工作中,基岩风化层的勘探宜结合勘探钻孔和地球物理测井资料进行。在进行隧道围岩类别的划分时,划分标准可参照《公路隧道设计规范》(JTG D70—2004)的有关规定执行。

4.3 软弱夹层厚度往往很小,有时仅几厘米甚至几毫米,而其埋藏深度可能是几十米或上百米,地面物探方法目前还无法对其进行识别,一般仅能依靠综合测井在钻孔中测试软弱夹层的位置和厚度。由于探测软弱夹层的测井方法很多,其有效性取决于地层的物性条件、地下水位以及钻孔内有无套管等情况,应视具体情况在方法试验的基础上加以选择。

4.4 采用物探方法探测隐伏的断裂构造需具备一定的条件,即断层的上下盘要有显著的物性差异或破碎带有足够的宽度。前者断层本身是一个物性界面;后者由于破碎带的物理性质与断层两盘的岩层不同,当其宽度与埋深比足够大时,就可用物探的方法在地面测得破碎带的顶部位置和宽度。

为探测破碎带的延伸情况及其对桥隧等构造物的影响,测线测网宜平行或垂直构造

物的轴线。

由于破碎带的物质组成一般较复杂，在有条件时应结合勘探钻孔对其物质组成、产状等进行勘探。

4.5 边坡产生滑动的原因较多，滑坡体的地质结构一般也比较复杂，采用何种方法对滑坡体进行勘探应视具体情况而定。一般应结合工程地质调绘、钻探等勘察手段对滑坡进行综合调查。对以基岩面为滑动面的堆积层滑坡，可采用浅层折射波法；而以土层界面或以软弱夹层为滑动面的滑坡，由于物性差异较小，采用单一的地面物探方法效果较差，宜结合孔内综合测井进行勘探。对滑坡地下水的勘探可优先考虑采用电法勘探的方法。

4.6、4.7 由于采空区（或岩溶洞穴）的物质组成与围岩不同，因而具有采用物探对它们进行探测的前提条件。但当单一的采空巷道（或岩溶洞穴）其尺度与埋深比不够大时，采用物探的方法在地表则难以对它们进行探测。因而，采空区（或岩溶洞穴）的勘探应视现场情况而定，一般应结合现场的调查工作进行。目前采用的方法主要有：浅层反射波勘探、电（电磁）法勘探等。物探的测线测网应结合路线方案的比选和构造物的布设进行。

4.8 在地形起伏较大的地区修建公路，往往会涉及大量的边坡开挖问题，在高填方路段还存在路堤沿斜坡的某一结构面滑移的问题。由于高填深挖段斜坡的地质结构对路基的稳定性具有重要的控制作用，往往成为工程地质勘察的研究对象。斜坡勘探的内容基本反映了构成斜坡地质结构的主要方面。由于公路沿线地质情况变化较大，物探方法的选择和测线、测网的布置应视现场情况结合具体的路线平纵设计而定。勘探涉及的具体问题可参见4.1～4.5节条文说明。

5 电(电磁)法勘探

5.1.1 本条规定电(电磁)法勘探应按照工作条件及探测任务选择方法及相应装置形式。目前公路工程物探中常用的直流电法有电测深法、电剖面法及高密度电法,常用的电磁法有瞬时电磁法和地质雷达。

5.1.2 电(电磁)法勘探的适用条件,是进行电(电磁)法勘探的地质、地球物理前提,是关系到所选方法能否取得效果的基本条件。

电测深法、电剖面法、高密度电法、瞬变电磁法等,除应符合相应的规定外,还要考虑探测目标要与围岩有足够的导电性(电导率 σ)差异;对地质雷达应强调介电常数 ε 的差异。电(电磁)法勘探对探测目标体的埋深有一定要求,一般目标体的厚度应不小于上覆岩土层厚度的1/10,使其异常能在地面观测数据中显示出来。对于探地雷达,探测目标体的厚度应大于所在层波长 λ 的1/8。由于电(电磁)法解释方法与软件水平有了很大提高,已考虑到地形改正问题,因此,对地形、地貌条件的要求可放宽;当然,地形特别恶劣、施工很难进行的例外。本条对电(电磁)法勘探的适用条件作了一般性的规定。

当采用电测深法探测地层界面的深度时,地层界面倾角以及界面间的夹角尚应小于20°;采用电剖面法探测的地质界面与地面的交角可不受限制;采用瞬变电磁法探测岩层时,上覆层的导电性应较弱,测点附近应无金属体干扰,电磁噪声小;采用地质雷达探测时,被探测的目的层之上不存在强吸收电磁波的低阻体,且地质体对电磁波应具有较好的反射条件,埋藏较浅。

本规程涉及电测深、电剖面、高密度等电法,还涉及瞬变电磁场、探地雷达等电磁法。电(电磁)法种类多,既有直流电法,也有交流电法;既有频率域的,也有时间域的;既有人工场,也有天然场。这些电(电磁)法还有一些变种,在实际工作中,可根据需要在方法试验的基础上选择其他有效方法,如高分辨电法、可控源声频大地电磁测深法(CSAMT)等。

5.2.1 本条对电测深法、电剖面法及高密度电法勘探所用仪器及配套设备的主要指标作了原则性规定。随着电子技术的快速发展,仪器种类和型号不断更新,性能逐渐提高,对仪器的选择可根据探测方法、探测深度和精度的要求掌握,但上述主要技术指标仍然是衡量的依据。除了试验性仪器,其他仪器都应有国家有关部门的技术鉴定证书。

认真阅读仪器出厂说明书很重要。以高密度电法仪器为例,其操作说明书内容相当详尽,包括可实现的方法、资料采集的程序、数据图形实时显示和资料的处理,以及仪器安全操作注意事项等。遵循说明书的指点,才能使用和保管好仪器,保障野外资料采集顺

畅、数据质量可靠。

5.2.2 电测深法、电剖面法及高密度电法勘探的外业工作包括试验工作和正式资料采集工作。试验工作的目的是选择方法、确定装置和设定参数。在工作时间紧迫的情况下，若对工区情况熟悉，又有从事类似地质地球物理背景的工作经验，也可不做专门的试验，直接进行施工和资料采集。但要有方法试验的相关内容，即证明该施工方法是有效的。

5.2.4 本条对电法勘探的极距选择作了规定：

1 电测深法极距选择是根据电性层水平成层的数据模型和解释精度要求确定的，探测深度随着极距增大而增大，但增大极距却降低了探测的分辨率，因此在较大的深度范围内探测时应加密极距。

2 电剖面法的供电极距应根据探测深度和地电特征综合确定。探测深度为电性异常体顶界面距探测表面的深度 h，与此深度相对应的供电极距对称四极法 $2h/AB$、三极法 $h/OA(h/OB)$、偶极法 h/OO' 比较合理。

由于电性异常体在深度上变化的不确定性，进行探测时建议采用两个以上供电极距（长度不等）的装置，以确保所采数据能完整可靠反映地下地质情况。

3 高密度电法是一种阵列勘探方法，是电测深法和电剖面法两种方法的综合与发展，其特点是观测点密度高、电极距小、信息量丰富。

高密度电法应依据要探测的深度、密度、基本电极距、装置类型等多个参数确定相邻两次布极的电极重叠个数。

5.2.6 电极埋设要稳定、接地良好，埋设在规定的位置上，且符合点电源理论。

对供电电极和测量电极的埋设，应按规程规定使电极接地良好，确保观测数据质量。对高密度电法的电极接地更应严格要求，因为布设的电极密而多，遇到问题处理较麻烦；又加之电极的利用率高，供电和接收的电极要重复用、反复用，影响采集的数据量大。

5.2.7 导线的敷设要远离高压线，通过水体时要架空，方向不宜偏差太大等等，这是采集到准确可靠野外数据的最基本条件。

5.2.8 漏电检查无论是否影响勘探结果，都要记录在相应的野外记录簿内。

5.2.9 由于野外测试条件、环境、人为因素等的影响，为消除或减少这些干扰因素需要作相关的检查，不改变工作条件进行两次或两次以上重复测量称为重复观测。本条对电测深法和电剖面法的重复观测作了具体规定。为了保证和评价采集数据的质量，对畸变数据点和可疑数据点也应按规定进行重复观测。

系统检查点的位置应均匀地布置在全勘探区，并着重选择在有钻孔的点或剖面、定量解释推断的点或剖面、主要异常段和曲线变化较大的测点、畸变较多的曲线或线段及观测

困难和质量可疑的地段。

系统检查观测要在原点位上进行,按照原观测的布极方向重新量距和敷设导线,但不得与基本观测同时进行。检查时由操作熟练及有经验的人进行观测,也可由原操作员不带任何基本观测数据及图件进行检查观测。应以一条完整的电测深曲线或一条剖面曲线(剖面较长时可选其中一段)为单元,不得挑选个别点检查。当系统检查观测的仪器与原观测的仪器不是同一台时,必须检查仪器的一致性。

5.2.11 实际工作中,对野外原始物探资料和数据进行全面质量检查与评价是质量保证的重要环节。如果不能满足本条要求,即说明物探资料不可靠,按要求需重新探测,重新检查,直至符合要求。

5.2.12 电(电磁)法的内业工作是外业工作的延续,是将野外采集的数据转化为解释成果的过程。在开展内业工作前,首先应对采集的数据进行质量检查,只有合格的数据(符合本规程相应要求)才能作为资料的解释依据。在解释过程中应选择合适的解释方法,主要包括资料处理、计算、反演和成图。解释采用的软件应是经国家有关部门鉴定过的,择优选取。

对于地形复杂地区的电(电磁)法资料的解释,应做正确的地形改正,对像高密度电法所观测的连续性剖面进行地改显得更重要。形式上的地改不会改善地质效果,而利用保角变换或采用含有地形因素的正演进行反演,才能较好地消除地形的影响。

对于资料的解释应该尽可能多地搜集工程地质、水文地质方面的资料,充分消化、吸收、利用这些资料;解释时,采取定性和定量结合、纵向和横向结合、电性与地质结合的方法,避免解释的多解性,形成完整的、统一的电性与地质解释成果,做出正确的解释判断。

最后将解释成果写成报告。报告的内容应结合工程地质勘察的要求,反映方法的特点,按照本规程第9章(物探报告)编写。

5.4.3 测线布置是依据探测目的体的规模、埋深、场地条件、任务要求综合考虑后确定的,追踪测量或增加辅助测线则是为了获得比较完整、准确、可靠的资料。

5.4.4 本条对测量参数的选择提出了一般性要求。实际任务中,由于探测地层电导率变化范围较大,对地质雷达的探测深度和分辨率应先进行方法试验,然后选择合理的仪器测量参数。并在满足分辨率的要求下,优选中心频率较低的天线,以取得较大的探测深度。

5.4.5 对外业原始记录要严格要求,不符合规定的应作废。

地质雷达的观测结果是由时间剖面构成的雷达图像,不能进行具体的误差数值计算,所以雷达观测的质量检查评价标准为:时间剖面有良好的重复性、波形一致和异常无明显位移。

6 地震波勘探

6.1.1 地震波勘探是指利用人工震源激发的弹性波在岩土中的传播规律来研究探测对象地质情况的勘探方法。本节所列的折射波法、反射波法、透射波法、瑞利面波法、水域地震波勘探、水声勘探、地脉动测试(非人工震源)等七种方法,实际工作中也可综合利用各种波形特征进行多波勘探。

6.1.2

2 当被追踪地层视倾角与临界角之和大于或等于90°时,在地面均无法接收到折射波。当用折射波法探测高倾角目的层时,应合理选择测线方向,使地层视倾角与临界角之和小于90°。

3 被追踪的地层厚度较小时,两相邻界面产生的反射波时差过小会发生干涉现象而难以识别。实践表明,垂直方向上反射波勘探的分辨率仅能达到其有效波长的1/4,如果要提高反射波勘探的垂直分辨率,主要方法是提高震源激发频率。

4 透射波勘探的主要目的是测定岩土的纵波、横波速度,圈定岩土体速度异常带。

5 瑞利面波勘探的深度应在一个波长之内,偏移距和检波点距较小时有利于探测浅层信息,但探测深度较小。为了获得深部信息,应加大偏移距和检波点距。

6 水域地震波勘探与陆地地震波勘探原理、方法相同,但水深应满足行船、激发等方面的要求,水深一般不宜小于3m。

8 建议选择深夜观测,因为深夜干扰震动最低。

6.2.1 使用仪器的接收道数应根据具体工程确定,对于测线较长、目的层较深的建议使用24道或24道以上的仪器进行接收。

良好的道一致性主要从以下几个方面衡量:

1 检查地震仪各道放大器的一致性,当放大器的放大倍率和滤波器设置相同时,各道之间的相位差不应超过1ms,各道之间的振幅差应不超过±10%。

2 检查地震仪的道间感应,在多道地震仪中,任选其1/3或1/6接入等效电阻,其余各道并联接入检波器,输入道的信号幅度大于20mm时,无信号输入道的幅度应小于1mm。

3 检查地震仪的内部噪声,当放大器增益为最大,且无输入时,输出振幅在记录上不应大于1mm。

最小采样间隔不大于0.1ms的要求主要是透射波勘探的需要,对于反射波勘探,最

小采样间隔适当增大。

6.2.2 外业工作是数据采集的关键环节,必须保证外业工作各个环节的质量。首先,正式生产之前应进行试验工作,确定观测系统及仪器生产因素,布置并测量地震测线(点),做好勘探的激发和接收,测定速度参数;然后,按照确定的工作参数进行外业生产,并对采集的外业原始资料进行检查、验收和评价。

试验工作应遵循由已知到未知、由简单到复杂的原则拟定试验方案,以达到了解工区地质条件及有效波、干扰波情况,选择激发和接收方式,确定合适观测系统及相应的仪器工作因素的目的。

6.2.3 测线应尽可能垂直构造或地层走向并与地质勘探线或其他物探测线相一致。当地形起伏较大时应进行测线测点间的相对高程测量,以利资料分析对比。

6.2.4 折射波的观测系统应根据试验结果选择,但无论是选用多重追踪相遇观测系统还是单边时距曲线观测,均应保证各目的层折射波是连续的可对比追踪。

6.2.9 折射波勘探外业采集的数据其质量评价可分为“优良”、“合格”和“不合格”三个等级:

1 同时满足下列条件为“优良”记录:

1) 仪器检查记录合格。

2) 观测系统正确,符合设计要求。

3) 班报填写正确、齐全、整洁。

4) 震相层次突出,信噪比高,初至波起跳清晰,有效震相深度达到目的层位,相邻道记录能量无明显异常。

2 有下列缺陷之一者为“不合格”记录:

1) 无仪器检查记录或仪器检查不合格的全部记录。

2) 观测系统不正确或仪器处于不正常状态所获得的记录。

3) 激发条件或仪器因素选择不正确,无法使用的记录。

4) 同一炮记录上,坏道、死道数超过10%;或因同一原因引起不正常道连续出现在3张以上记录上,从第3张记录起均为“不合格”。

5) 干扰背景强且无法使用的记录。

6) 记录编号或主要内容与班报不符,又无法改正的记录。

7) 班报和记录上未填写主要工作参数,以至无法使用的记录。

3 不够“优良”,又不属于“不合格”的记录,为“合格”记录。

6.2.10 内业工作应对采集的原始资料进行整理和处理,结合收集的地质资料进行综合解释,按工程地质勘探要求编制成果报告。

折射波时距曲线图中应注明地层的视速度。为便于读取地层的视速度值，折射波图件的比例尺，推荐采用横向1:1000，纵向1cm表示10ms。

采用何种解释方法来对折射波数据进行处理解释，可根据具体情况参考表6-1选择。

表6-1 折射波法使用条件一览表

折射波解释方法	适用条件	备注
截距时间法	地表与界面起伏小	
交点法	界面倾角小于5° 界面速度变化不大	
t_0法	解释倾斜界面或弯曲不大的界面	
表层剥去法	解释倾斜界面或弯曲不大的界面 地质界面起伏不大 界面倾角不大于15° 折射波无穿透现象	可减弱低速带厚度变化的影响
时间场法	地质界面起伏较大 滑行波无穿透现象 界面速度变化较大 地表有一定起伏	宜用计算机作图解释
哈莱斯法	地质界面起伏较大 滑行波无穿透现象 界面速度变化较大 地表较平坦	宜用计算机作图解释

6.3.2 本条对反射波法勘探前开展试验工作的要求作了规定。

首先正式生产之前应进行试验工作，确定观测系统及仪器生产因素，布置并测量地震测线(点)，做好勘探的激发和接收工作，测定速度参数，然后按照确定的工作参数进行外业生产，并对采集的外业原始数据进行检查。

展开排列观测系统适用于了解测区内有效波和干扰波的分布情况和振幅特征，选择最佳窗口，提供最佳偏移距和检波点距。

6.3.3 测线布设应根据任务要求、探测方法、被探测对象规模、埋深等因素综合确定，并且要能够清楚反映探测对象的规模、走向。

6.3.4 一般情况下，建议采用多次覆盖观测系统(又称共深度点CDP迭加观测系统)。通常采用固定偏移距，端点激发方式，最大偏移距和覆盖次数应通过试验选择。

地震地质条件简单且激发点附近面波、声波干扰较小时，可选择简单连续观测系统；当激发点附近面波、声波干扰较大时，可选择间隔连续观测系统。

地震映像勘探是单道等偏移距观测系统，资料解释中运用了多波对比综合解释方法。

6.3.10 反射波的内业工作应对采集的原始资料进行整理和处理,结合收集的地质资料进行综合解释,按工程地质勘探要求编制成报告。

1 在对地震数据进行处理的过程中,应通过对比试验选择处理参数,并进行质量控制。一般要求如下:

1) 观测系统定义必须正确。

2) 道编辑过程中,应剔除不正常炮记录、不正常道记录,校正反极性道。

3) 正确应用增益控制参数,提升有效微弱信号。

4) 应精选滤波参数,保证滤波结果有较高的信噪比。

5) 静校正数据必须正确,静校正量较大地段应显示校正后的单炮和 CDP 道集或等偏移距道集记录,以检查校正效果。

6) 沿剖面应有足够的动校正速度分析段,其位置应选在地形起伏不大、地层倾角平缓、反射波品质优良及波组齐全的地段。

7) 确定迭加速度,除根据速度分析的结果外,还应参考速度测井或跨孔波速测量结果,并掌握速度横向变化。

8) 各功能模块如振幅补偿、反褶积、去噪、滤波等的选择及其参数应通过试验和分析来确定。

9) 迭后修饰性处理,应特别防止过度人工干预,以免造成人为地质异常。

2 剖面解释应包括以下主要内容:

1) 辨识和追踪有效波同相轴和波的置换,应根据波形相似性、视周期相似性进行追踪,同时注意波形突变、振幅突变、视周期突变及同相轴分叉、合并、错动等特征。

2) 根据波形特征和上下同相轴的相对时间关系,确定地层厚度变化和接触关系。

3) 划分断层或破碎带的主要依据:

(1) 断点解释,根据同相轴的错断、终止、扭曲、分叉、合并、相位转换、断面波、绕射波等标志识别断面。

(2) 断点组合,同一条断层在相邻剖面上的断点显示特征和性质应一致;同一条断层相邻断点落差接近或有规律变化。

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

4 对于面积性地震勘探,应制作等 t_0 图或等深度图,并标出断层构造线平面展布,制作平面图时,等值线距应按地质任务比例尺要求确定,一般应大于 2.5 倍观测误差,深度闭合差应小于等值线距的 1/3。

6.4.2 透射波勘探的观测可采用以下方式:

1 孔对地观测方式:有地震测井和孔中激发地面扇形接收两种观测方式。

2 孔对孔观测方式:有跨孔法和孔间透射波法,孔间透射法可采用水平同步、斜同步和定点透射观测系统。

3 孔对孔和孔对地联合观测方式(即上述两种观测方式的联合使用)。

6.4.5 地震透射波勘探记录质量的评价可分为“优良”、“合格”和“不合格”三个等级:

1 满足下列条件者,评为“优良”:

1) 仪器设备工作正常,仪器检查记录合格。

2) 测点布置、激发点和检波器位置正确,并满足测试任务要求。

3) 仪器参数选用正确,初至背景平静。测定横波时,横波特征明显,初至清晰。

4) 采用多道地震工作时,各道工作良好,无死道、反接现象。

5) 仪器班报和记录标注填写正确。

2 透射波勘探存在下列情况之一者,评为“不合格”:

1) 采用多道地震仪,未作道一致性检查所测试的记录。

2) 由于激发或接收条件不正确,不能可靠获取有效波。

3) 干扰背景强烈,妨碍了有效波的识别和准确读数。

4) 班报和记录标注未填写主要工作参数,以致不能使用的记录。

3 达不到“优良”,又不属于“不合格”者,评为“合格”。

6.4.6 内业工作

1 单孔地震测井应绘制压缩波时距曲线或压缩波速度随孔深变化曲线,并将绘制的曲线与钻孔柱状图绘在一张图上。

2 跨孔原位测试应绘制压缩波速度、剪切波速度、弹性模量、剪切模量随孔深变化曲线,并将绘制的曲线与钻孔地质柱状图绘在一张图上。

3 探洞和地下洞室测试应绘制综合成果图。该图包括压缩波、剪切波、岩体完整性系数、弹性模量等主要指标的参数曲线,并与地质素描图相对应绘在一张图上。并以弹性波指标的参数为依据,进行岩体分类、分段和评价。

6.5.2 应通过试验选择合适偏移距和检波点距,满足最佳瑞利波解释窗口和探测深度的要求。排列长度应大于探测深度,检波点距应小于异常体规模,偏移距不宜小于检波点距。

6.5.6 瑞利波勘探记录质量可分为“优良”、“合格”和“不合格”三个等级:

1 同时满足下列条件为“优良”记录:

1) 仪器检查记录合格。

2) 观测方式正确,符合设计要求。

3) 班报填写正确、齐全、整洁。

4) 记录上瑞利波能量强、信噪比高、无溢出,相邻道记录能量无明显不正常变化。

5) 频散曲线和异常形态清晰,并与地质现象吻合。

2 有下列缺陷之一者,为“不合格”记录:

1) 无仪器检查记录或仪器检查不合格的全部记录。

2) 观测方式不正确或仪器处于不正常状态所获得的记录。

3) 激发条件或仪器参数不正确,无法使用的记录。

4) 对多道接收记录、同一张记录上有2道不正常,或同一原因引起不正常道连续出现在3张记录上,从第3张记录起为“不合格”。

5) 干扰背景强,且无法使用的记录。

6) 记录编号或主要内容与班报不符,又无法改正的记录。

7) 须进行数据处理,但未记入磁(光)盘或从磁(光)盘读不出的记录。

8) 班报和记录标注未填写主要工作参数,以致不能使用的记录。

3 不够“优良”,又不属于“不合格”的记录,可评为“合格”记录。

6.5.7 本条对瑞利面波勘探内业工作作了规定。

在瑞利面波数据处理和资料解释时应与钻孔或其他已知资料相结合。频散曲线上的“之”字形异常体反映了地下介质的变化。速度曲线突变的深度往往对应着介质的变化深度。

6.6.4 采用经纬仪前方交会法时,测量基线应满足全区观测的要求,长度允许误差为基线总长的1/500,交会角应在30°~150°之间。

测点的高程应根据水位变化进行校正,每日工作前后应测量水位高程,受潮汐涨落影响或水位变化大于0.5m的水域,每日应多次测量水位。

6.6.5~6.6.6 这两条对水域地震波勘探的观测系统、激发与接收系统应符合的要求作了规定。

6.6.7~6.6.8 这两条对水域地震波勘探的外业资料检查、验收和评价及内业工作应符合的要求作了规定。

6.7.1 对水声勘探所使用的仪器配套设备的主要技术指标作了规定。

6.7.2~6.7.5 这四条对水声勘探的试验工作、测线布设、测点(线)测量、激发与接收应符合的要求作了规定。

6.7.6 水声勘探记录质量评价分为“优良”、“合格”和“不合格”三个等级,具体规定如下:

1 同时满足下列条件者,评为“优良”记录:

1) 仪器自检记录合格。

2） 测线符合设计要求，起止点位置正确。

3） 仪器因素使用正确，水深探测时，水面至水底背景干净，水下覆盖层探测分层清晰。

4） 目的层反射界面明显，无散射影响。

5） 船速均匀稳定，实测记录按每分钟间隔时间注记，单位时间内记录长度误差小于10%。

6） 仪器班报与实测记录的编号、剖面号填写无误。

2 存在下列缺陷之一者，评为“合格”记录：

1） 水下覆盖层分层的分辨率低，但不影响覆盖层厚度的确定。

2） 探测水深任务的记录，水底地层模糊不清，但不影响水面至水底深度的确定。

3 存在下列缺陷之一者，评为“不合格”记录：

1） 仪器班报与实测记录的编号、剖面号不符的记录。

2） 未注明勘测日期、起止位置、记录范围及没有记时线的记录。

3） 由于仪器因素选择不当或操作上的错误而造成记录背景不好、深度不均、地层记录模糊、无法分辨的记录。

4） 由于船速不稳定，影响准确计算的记录。

5） 由于仪器故障造成记录单位时间长度不均，而不能使用的记录。

6.7.7 计算水下覆盖层地层厚度速度校正时，一般水下松散地层的波速取1 500m/s，水下淤泥层的波速小于1 000m/s；当有覆盖层速度资料时，可用此速度校正后计算覆盖层厚度。

6.8.1 本条对地脉动测试所使用的仪器应符合的要求作了规定。由于地脉动测试的周期通常为1～10.0s，振幅为微米级，因此要求地脉动测试系统灵敏度高、低频特征好、工作稳定可靠。

6.8.2 测点选择是否合适将直接影响地脉动的精确程度，如果测点选择不好，微弱的信号可能会淹没于周围环境的干扰信号之中，给地脉动的数据分析处理带来困难。检波器的布置基于部分场地地层的方向性，因此要求平行和垂直于构造物的走向。

6.8.3～6.8.4 这两条对数据采集和外业原始记录应符合的要求作了规定。

6.8.5 为了减少频谱分析中的频率混迭现象，应事先对分析数据进行处理，当谱图中出现多峰且各峰值相差不大时，可在谱分析的同时进行相关或互谱分析，以便对场地振动的卓越频率进行综合评价。

7 地球物理测井

7.1.1 本条规定了公路工程勘探中常用的测井方法。

7.1.2

1 当钻孔中有金属时会产生高速屏蔽效应而失去探测能力。井液是耦合剂,在探头和井壁地层间传递弹性波。若无井液,地震波测井将无法进行。

4 超声成像测井是利用井壁地层或目的层反射特性的差异,获取钻孔孔壁的展视图像。

7.3.1 绞车、滑轮与电缆这三者会直接影响测井电缆长度的丈量,而电缆长度的丈量误差是造成测井误差的重要因素,因此对测井深度记录的累计误差作了规定。

7.3.2 测井前,先要了解钻孔的结构安全状况,避免出现卡孔损坏设备的情况。

7.3.3 对地球物理测井方法及注意事项作了规定。

7.3.4 由于影响钻孔孔壁稳定的因素很多且难以人为控制,故测井工作强调在现场对测井资料进行复测和检查观测,对不合格的资料应立即重复观测和检查。

一般情况下,检查观测的曲线(数据)应与原始观测曲线(数据)基本一致。当出现异常情况时,应在相应井段进行检查观测,以确保测井资料的准确性。

7.4.1 测井资料一般应经过编辑、处理、解释等几个步骤处理。对各种测井曲线应根据其分层特征,结合地质钻探、土工试验、原位测试等资料,按物性和岩土分层确定岩土地质体的深度和厚度等。

8 放射性勘探

8.1.1～8.1.2 这两条规定了放射性勘探的适用条件。

扰动土(人工填土、种植土、道路、农田)会影响放射性勘探的准确性,因而在进行天然放射性勘探时,应尽量避免上述地段。

8.3.1 测网、测线、测点布设应在了解现有地质资料的基础上,根据地质情况、复杂程度、基岩埋深、构造破碎带宽度等进行。

8.4.1～8.4.5 这五条对放射性勘探的内业工作,主要是解释推断工作及所提供的图件作了规定。

对已有的图件、地质资料、地形、地貌、气候等进行综合分析研究,了解异常的分布规律和特征,及哪些是人为干扰,哪些是已知异常,最后确定有意义的异常,进一步分析评价,得出正确的结论。