

检波器耦合理论 与实验

© 胡立新 著

中国石油大学出版社

检波器耦合理论与实验



胡立新 著

中国石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

检波器耦合理论与实验/胡立新著. —东营:中国石油大学出版社,2009.4

ISBN 978-7-5636-2845-2

I. 检…II. 胡…III. 检波器—耦合—研究 IV. TN 763.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 068421 号

书 名: 检波器耦合理论与实验

作 者: 胡立新

责任编辑: 李锋(电话 0532—86981532)

封面设计: 赵志勇

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营, 邮编 257061)

地 址: 山东省东营市北二路 271 号

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: shiyoujiaoyu@126.com

排 版 者: 青岛海讯科技有限公司

印 刷 者: 青岛星球印刷有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0546—8392791)

开 本: 180×235 印张: 7.75 字数: 158 千字

版 次: 2009 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 20.00 元

内容提要

本书是关于地震数据野外采集中检波器耦合理论和实用技术的科研专著。全书共分6章,第一章对检波器耦合的基本概念、国外及国内的研究现状进行了综述;第二章对地震检波器的特性、基本方程及地震采集中存在的几个耦合系统进行了详细的理论阐述;在此基础上,第三章对影响检波器耦合效果的因素进行了剖析,提出了改善耦合效果的检波器创新设计;第四章讨论了地表岩土介质及对检波器耦合的影响;第五章进行了有关耦合问题的室内实验和室外模拟测试,试验结果验证了理论研究结论的正确性;第六章通过几种实际复杂地表的采集实例,进一步验证了理论研究的正确性和测试结果的可推广性。

全书以检波器耦合的基本概念为出发点,以耦合问题的理论研究为基础,辅以室内外测试和检波器耦合的创新性设计,最后结合应用实例说明了方法的有效性和实用性。

本书除可供从事地震勘探仪器和地震采集技术研究的科技人员阅读外,还可作为高等学校地震勘探课程的教学参考书,也可供地球物理专业研究生和高年级大学生课外阅读。

前言

目前,我国东部主力油气田已经进入勘探开发成熟期,普遍存在后备储量不足的巨大压力。今后油气工业增储上产的重要后备地区和接替区主要在西部沙漠、东部滩浅海、南方山地等复杂地表地区,勘探开发这部分地区的油气资源是石油工业可持续发展的保障。这些地区普遍存在滩涂淤泥、沙漠、戈壁等复杂地表。在野外地震资料采集中,高质量地接收到地下反射上来的地震信号是至关重要的。这一方面要求检波器能够充分地、保真地接收地面介质的振动,另一方面也要能够将该振动有效地转换为电信号被记录下来。后者涉及机电转换问题,目前认为其改进的方向是发展压电检波器和数字检波器,本书不作详细讨论。前者是目前常规地震勘探中的普遍问题。本书研究的目的就是在现有条件基础上,通过技术改进,改善耦合效果,提高地震资料采集质量。

检波器与大地介质(地表)的耦合是地震波传感质量的保证,是地震资料采集的关键。在滩浅海地区、滩涂淤泥区、城区、沙漠、戈壁、山地等复杂地表区域,检波器与地表的耦合问题是世界性难题,而耦合效果直接影响到所采集的地震资料的质量和后续处理解释结果的正确性。由于上述地区的地表条件和表层结构的复杂性、多样性,单一的检波器尾锥结构无法满足不同地表耦合的要求。目前数字地震仪器的动态范围高达 120 dB,而常规检波器的动态范围仅为 60 dB。由于地表与检波器接触耦合的问题,整个采集系统的实际动态范围要远小于 60 dB。所以,检波器耦合问题是制约地震勘探精度提高的瓶颈,解决这一问题具有重大的理论和实际意义。

检波器耦合问题是地震资料采集中的基本问题。本书在广泛调研国内外相关文献的基础上,从检波器的工作原理、运动方程和耦合问题的基础理论出发,分析了影响检波器耦合效果的各种因素,对尾锥长度、形状、风力及地表介质特性等因素进行了定量或定性的讨论。在此基础上,介绍了多种不同地表条件下耦合工艺技术和具有针对性的耦合方式。通过实验室试验、室外模拟测试及相关的处理和分析,验证了新工艺技术的明显效果,为复杂地表条件下检波器耦合技术的改进提供了理论和技术上的支持。

本书内容包括检波器耦合理论、测试方法、不同检波器耦合器的实验室试验、室外测试、野外对比试验等部分,其结论已经在胜利油田复杂地表区推广应用,取得了很好的效果。

本书涉及的理论研究和野外对比实验得到了中国石油化工集团公司相关科研课题的资助,胜利石油管理局地球物理勘探开发公司丁伟经理、宁静博士以及刘志田、徐淑合、吴学斌、姚光凯、董长安、邱燕等在技术与工作上给予了大力帮助并参与了部分研究工作,在此表示衷心的感谢!

在本书编写过程中还得到了中国石油大学印兴耀教授和孙成禹教授的帮助,深表谢意!

由于作者水平有限,加之时间仓促,书中难免存在错误和不足之处,欢迎读者批评指正。

作者

2009 年 1 月

目 录

第1章 检波器耦合问题研究现状概述	(1)
1.1 检波器耦合的概念	(1)
1.2 检波器耦合问题的国外研究现状	(2)
1.3 检波器耦合问题的国内研究现状	(4)
第2章 地震检波器特性及耦合系统分析	(6)
2.1 地震检波器类型及特性	(6)
2.2 检波器地震波传感振动的耦合系统	(10)
2.3 检波器传感振动系统的运动方程	(13)
2.4 检波器负耦合系统分析	(18)
第3章 检波器耦合的实际条件及其对策	(24)
3.1 影响检波器耦合效果的确定性因素及其对策	(24)
3.2 野外地震采集中的不确定性因素及其对策	(32)
3.3 改善耦合效果的检波器创新设计	(34)
第4章 表层土介质性质及对检波器耦合的影响	(41)
4.1 土的形成	(41)
4.2 土的组成	(41)
4.3 土的结构与构造	(46)
4.4 土的性质	(47)
第5章 检波器耦合室内实验及室外模拟测试	(51)
5.1 检波器耦合室内实验	(51)
5.2 检波器耦合室外模拟测试	(55)
5.3 实验及模拟测试小结	(62)
第6章 野外典型复杂地表检波器耦合对比试验	(63)
6.1 疏松地表检波器耦合对比试验	(63)
6.2 滩涂淤泥地表检波器耦合对比试验	(91)
6.3 城区地表检波器耦合对比试验	(102)
6.4 野外耦合对比试验小结	(111)
参考文献	(113)

第1章 检波器耦合问题研究现状概述

随着陆上各大油田勘探开发的不断深入,地震勘探所面对的对象越来越复杂,对地震分辨率的要求也随之越来越高。结合复杂地表开展科技攻关和技术创新是当前地震勘探非常迫切的工作。在地球物理界,人们一直比较关注资料处理,但若采集的地震反射信号信噪比低、地震波形发生畸变,地震资料采集质量不高,势必使资料处理更加困难且置信度低。所以数据采集是关键的基础环节,它要求检波器采集到高质量的有效地震信号。

野外数据采集是地震勘探工作的首道工序。地震数据采集系统,主要由三大部分组成:检波器接收系统、数字地震记录系统和震源激发系统。检波器是向记录系统提供数据资料的信号源,数据采集的高精度首先取决于信号源的高精度,而检波器与大地的耦合程度直接影响着地震信号的采集精度。近年来,随着地震勘探难度的增加,高分辨率、高精度、深层勘探等技术的发展对检波器的接收提出了更高的要求。在检波器接收方面,检波器与大地耦合不好将直接导致信噪比和分辨率降低,这也是数据采集工作的瓶颈问题。

1.1 检波器耦合的概念

耦合在物理学上指两个或两个以上的体系或两种运动形式之间通过各种相互作用而彼此影响以至联合起来的现象。在勘探地震学中,检波器与介质的耦合,是指检波器与大地组成的振动系统对大地质点实际振动的响应程度。

在 R. E. Sheriff 所著的《勘探地球物理百科辞典(第三版)》中,有关“耦合(coupling)”一词的解释为:“耦合是指两个系统之间的相互作用。检波器和大地的耦合是影响能量转换的因素,取决于两者之间接触的牢固程度,以及检波器的重量和接触面积,因为这一耦合系统中存在着自然谐振并有滤波效应。”

按照上面的叙述,本书定义检波器耦合是指检波器在接收地震波的过程中与其周围相接触的介质之间,以及地震波传感为电信号的过程中,检波器各机电部件之间相互作用的一种关系。它不仅包括检波器机电传感部件本身,也包括检波器与大地的耦合,还包括它与空气、液体介质、外界电磁场等的耦合。后三种耦合方式,可使检波器在接收地震信号过程中产生有害的噪音干扰,在实际应用中一般要减弱或消除这种耦合关系。而与大地的良好耦合条件,则有利于检波器接收地震有效信号,所以要增强这种耦合关系。因此,检波器与大地介质的耦合关系是本书研究的重点。

接收地震波是利用检波器尾锥(或称为接收装置)与大地介质(地表)耦合来实现的。

当反射波上行到达地表时,大地介质振动的机械能首先传递给与地表耦合的检波器尾锥,然后由检波器芯体转换成电能,形成地震波电信号。由于这一过程处在地震数据采集系统的最前端,其位置和功能特别重要。因此人们总是想方设法将检波器与未风化的基岩固结在一起,希望检波器输出的地震波电信号像地表没插检波器时振动的那样,真实地再现大地的运动。事实证明,这样做确实能精确地检测实际基岩的振动。但是地震测线所在之处,地表未风化的基岩很少。相反,检波器必须与疏松的、甚至淤泥等软质地表耦合。在这种情况下,检波器输出信号的高频成分一般不超过 100 Hz,而且其中大部分出现严重失真,特别是较高的频率成分,其能量损失相当严重。因此检波器耦合问题已经引起了越来越多物探人员的注意,本章将对该问题的研究现状进行综述。

1.2 检波器耦合问题的国外研究现状

半个世纪以来,人们已注意到检波器和大地的耦合关系对地震勘探产生的影响。检波器与大地耦合不当,例如检波器埋置不好,将会使记录的地震信号发生畸变。所以人们几乎达成了共识,即插入检波器后的大地震动不等于原有的大地震动。这就是承认了检波器接收到的地震信号是经过检波器改造后的地震信号,改造的程度与检波器与大地的耦合程度有关。

Washburn 和 Wiley 于 1941 年指出检波器埋置后与大地构成一个谐振系统,可对地震记录信息的幅度和相位造成严重干扰,检波器的尺寸大小和质量对耦合影响也很大。此外,土壤类型、湿度也是必须考虑的因素。

Christine E. Krohn 于 1984 年的研究表明,通过一个“谐振系统”和阻尼因子,可以充分模拟耦合现象。他研究发现,谐振与振幅有关。对于小于耦合谐振频率的地震信号,其振幅和相位不受影响;对于较高频率的地震信号,其振幅和相位都受很大影响。Krohn 认为耦合谐振对大地介质密度等物性很敏感。在松软和未固结的土壤中,耦合谐振频率会降到地震信号频带之内,导致地震信号畸变,改变信号中高频成分的幅度和相位。这一现象在沼泽地区的高分辨率地震勘探和浅层反射地震勘探中表现尤为明显。所以当检波器埋置在表土时,即使做到“平、稳、正、直、紧”也不行。表土除了对地震波有较大的吸收外,还因土质松散,固结程度差,兼有草与庄稼的根系,很难做到检波器与大地的紧密耦合。

考虑到检波器的埋置方式和质量直接关系到检波器与大地的耦合情况,从而影响地震数据采集质量,V. Singh 等人于 1997 年做了一个井场试验。他们把耦合情况分为三种:地表插入(尖锥松松地插入地表土层)、复插入(尖锥垂直坠入松洞)、良好插入(尖锥紧紧地插入地下 1 m 坑深)。针对不同的地表条件,记录地震数据资料。结果发现地表插入和复插入这两种检波器埋置方式,使检波器接收到的信号相位改变,产生耦合谐振,降低了信号的幅度,使数据信号与噪声混合,有效频带变窄,分辨率下降。而在良好插入的情况下,反射信号分辨率高,无噪声干扰。这说明数据采集时,检波器的耦合好坏对高分辨

率等高精度地震勘探非常重要。

Steepe 等(1999)和 C. Sxhmeissner 等(2000)研究发现,把检波器放在地面上的木板上或铁框上,对耦合效果有一定的影响。

T. H. Tan(1987)指出,检波器耦合问题是所测得的检波器速度和没有安插检波器时地表速度之差异。

Johan Vos 等(1995)把检波器耦合现象分为两个不同的问题,即:交互作用耦合和接触耦合。交互作用耦合定义为埋置好的检波器运动速度 $v_{\text{geo,pc}}$ 和地表运动速度 v_{gr} 的比。即

$$C_I = \frac{v_{\text{geo,pc}}}{v_{\text{gr}}} \quad (1.1)$$

接触耦合定义为实际检波器的运动速度 v_{geo} 和埋置好的检波器的运动速度 $v_{\text{geo,pc}}$ 的比。即

$$C_c = \frac{v_{\text{geo}}}{v_{\text{geo,pc}}} \quad (1.2)$$

其总耦合为

$$C = \frac{v_{\text{geo}}}{v_{\text{gr}}} = C_c \cdot C_I \quad (1.3)$$

Frederik Rademakers 等(1996)进一步研究了耦合的频率特性。在频率域中,交互作用耦合系数可定义为埋置好的检波器运动速度 $\bar{v}_{\text{geo,pc}}(\omega)$ 和地表运动速度 $\bar{v}_{\text{gr}}(\omega)$ 的比。即

$$C_I(\omega) = \frac{\bar{v}_{\text{geo,pc}}(\omega)}{\bar{v}_{\text{gr}}(\omega)} \quad (1.4)$$

接触耦合系数定义为实际检波器的运动速度 $\bar{v}_{\text{geo}}(\omega)$ 和埋置好的检波器的运动速度 $\bar{v}_{\text{geo,pc}}(\omega)$ 的比。即

$$C_c(\omega) = \frac{\bar{v}_{\text{geo}}(\omega)}{\bar{v}_{\text{geo,pc}}(\omega)} \quad (1.5)$$

总耦合为

$$C(\omega) = C_I(\omega) \cdot C_c(\omega) \quad (1.6)$$

Tan(1987)从理论上说明,尾锥材质和土壤密度匹配时可得到最好的耦合。但试验表明,土壤本身物性的变化是主要影响因素,而耦合性能不是由土壤和尾锥之间的特性差异所确定的。

1994~2000年, Kees Faber 和 Peter W. Maxwell 等对检波器耦合问题进行了重要的实验测试。他们使用地下埋置的地学声波发生器研究耦合现象,得出了以下结论:

- (1) 可以在野外直接测量耦合谐振;
- (2) 检波器-地表耦合严重影响地震数据采集质量;
- (3) 耦合谐振非常容易落入地震频段;
- (4) 良好的埋置可以避免耦合谐振落入地震频段。

综上所述,国际上对于耦合问题研究已获得的基本结论是:

- (1) 检波器耦合现象分为交互作用耦合和接触耦合；
- (2) 良好的检波器耦合是由沿检波器尾锥的切向力决定的，差的检波器耦合特性是由其重力耦合确定的；
- (3) 土壤本身性质的变化是主要影响因素；
- (4) 垂直检波器的耦合谐振频率取决于土壤的坚硬程度，含水率以及粉状地表的低耦合谐振频率；
- (5) 埋置检波器会得到较好的效果。

对于检波器与大地的耦合，国外已从地表介质的硬度、类型、湿度入手，考察了检波器与大地耦合的性质，分析了不同的检波器埋置条件对耦合效果的影响。但他们还没有一套解决这一耦合问题的完整的技术和方法。同时，有些研究结果之间还相互矛盾。比如：Christine E. Krohn 1984 年曾提出，土壤类型对耦合的影响甚微；Johan Vos 1995 年指出，土壤的声速与检波器的声速差别对耦合影响很大。存在这些矛盾的见解，说明耦合问题的机理还没有研究透彻，有关耦合问题的简化存在着不合理之处，有些与耦合性能关系密切的参数还没有被考虑。

1.3 检波器耦合问题的国内研究现状

国内对检波器与大地的耦合问题也进行了大量研究工作，但是缺乏系统深入的理论研究，对野外实际的指导作用较少。目前对解决检波器耦合问题的方法研究基本上停留在如何对检波器进行埋置方面。

李庆忠院士指出，高频微震的主要根源是检波器与地面耦合问题。不少油田试验了深埋检波器的施工方案。一般认为，深埋检波器的好处是：① 远离地表风吹草动的干扰源，干扰强度减小；② 避开地表低速带的严重吸收衰减，高频反射信号增强。但在实践中发现，当浅孔深度大于 0.5 m 时，井底里是否有浮土（或砾石）就很难看见了。此时如果将检波器插在井中的浮土或砾石上，其微震仍然十分严重，甚至比插在地表的效果还要差得多。因此，“井中最后一锹土要捞出来”这句话十分重要。在潜水面较浅（2~3 m）的地区，挖 0.5 m 的坑，用手把坑底的浮土取出来再埋，效果就很好。其他工区则以挖 20 cm 的浅坑较为实用。对检波器不同深度埋置、埋紧与埋松，埋置垂直与否等方面的对比试验工作，在本研究开展之前，国内未见系统研究的报道。

边环玲等（2001）的研究表明，必须将检波器与大地的耦合谐振频率提升到有效频带之外，使其不对地震信号产生负面影响。就耦合谐振的影响因素看，首先，要严格现场施工，把好检波器埋置这一关。同时要针对如何埋置才能保证耦合良好做研究（包括埋深、埋置的土壤类型和条件，当然这受施工的地表条件限制）。其次，要重新考察完善检波器尾锥结构、材料，地表介质的硬度、类型、湿度等影响因素，研究其耦合机理。

国内的相关研究主要得出如下结论：

(1) 耦合频率与地表介质关系很大,小颗粒比例越大,谐振频率越高。

(2) 同一介质耦合谐振频率与含水量有关。在一定范围内,含水量越大,谐振频率越高;但在含水量饱和时,如沼泽地,谐振频率又会降低。

(3) 尾锥形状、材料、数目对耦合谐振频率影响不大。长度由 7.5 cm 增到 15 cm,耦合谐振频率有所增加,但增幅不大。

(4) 检波器越轻,耦合频率越高。现代检波器已经很轻,改进的余地不大。带尾板的检波器并不比带尾锥的检波器有优势。

(5) 随着检波器埋深的增加,耦合频率也有所增加。沙漠中埋深在 15 cm 以下即可,太深似无必要。但检波器不能松动。

检波器与地表介质的耦合问题越来越引起地球物理界的重视,但还没有进行过系统深入的研究,形成统一认识。而对检波器在复杂地表条件下耦合问题的研究、试验和实践应用就更少了。

第2章 地震检波器特性及耦合系统分析

地震检波器是地震勘探中资料采集的重要设备之一,它是将地面振动转换为电信号的一种传感器,或者说是把机械振动转化为电信号的机电装置。它是由机械部分和机电转换器组成的一个整体,以最大逼真度对地面运动进行电模拟。为了讨论检波器的耦合问题,首先说明检波器的类型和工作原理。

2.1 地震检波器类型及特性

2.1.1 常用检波器的分类

根据检波器的机电转换原理,目前生产中应用的检波器分为4类:动圈式(速度)检波器、涡流加速度检波器、压电检波器、数字检波器 MEMS(Micro Electro Machine System)。由于动圈式检波器的输出电压与线圈相对磁铁的运动速度成正比,这种检波器也叫速度检波器。我国陆上地震勘探工作中主要采用速度检波器,海上地震勘探工作中主要采用压电检波器。

1) 速度检波器

速度检波器是最常用的一类检波器。速度检波器具有一个振动系统,由一个质量体、一个弹簧和一个阻尼器组成。如图 2-1 所示,上、下两个线圈绕制在铝制线圈架上,组成一个惯性体,由弹簧片支撑在永久磁铁产生的磁场中。永久磁铁与检波器外壳固定在一起。两个线圈的连接方法应满足:当检波器外壳随地面震动引起线圈相对磁铁运动时,两线圈的感应电动势增加,在输出端输出相应的电信号。检波器外壳一般通过一个圆锥形的铁质尾锥,实现与大地的耦合。

如图 2-2 所示,速度检波器的特性曲线在自然频率以上是平直的,检波器的输出与地震波的频率无关。

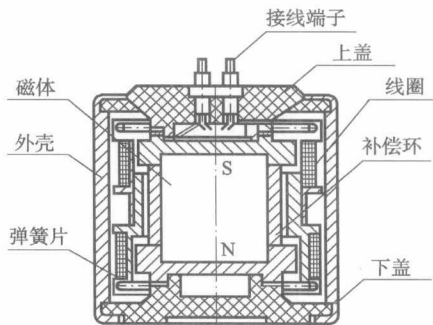


图 2-1 速度检波器结构图

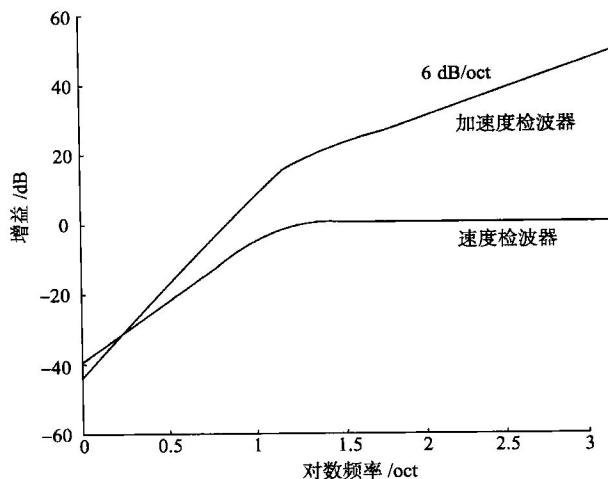


图 2-2 速度检波器和加速度检波器的频率特性曲线

典型的常规速度检波器自然频率为 10 Hz; 加速度检波器自然频率为 28 Hz

2) 涡流加速度检波器

涡流加速度检波器的电压输出信号与被检测振动加速度的信号成正比。由于该检波器的灵敏度随着激振频率的增高而线性增加, 频率响应曲线在自然频率处形成拐点。在自然频率点左边以 18 dB/oct 的陡度下降, 对低频干扰的压制能力比常规动圈式的检波器要强, 尤其对面波的压制具有明显的优势。在拐点右边以 6 dB/oct 的陡度上升, 具有高频信号的电压灵敏度随着激振频率的升高呈线性上升。这一优点对大地衰减吸收地震波的高频信号是一个很重要的补偿。因此, 涡流加速度检波器被普遍认为是高分辨率勘探的理想检波器。

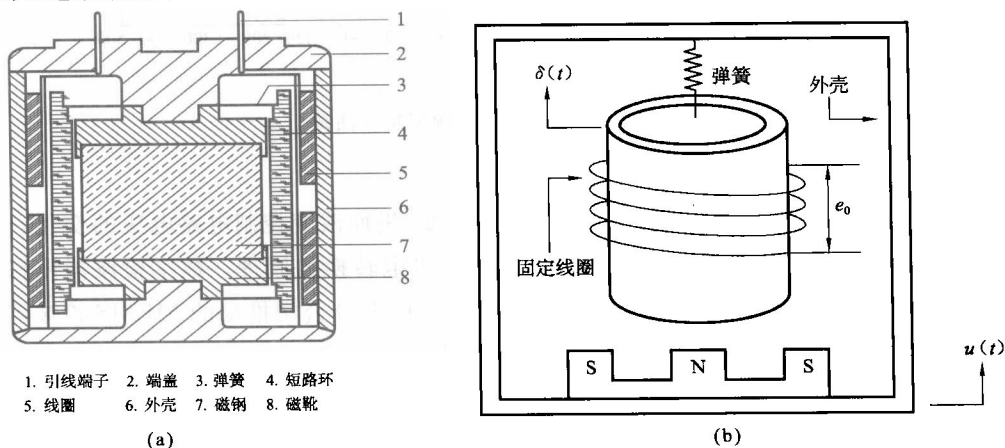


图 2-3 涡流加速度检波器的结构(a)及简化动力学模型(b)

涡流检波器的内部结构如图 2-3 所示。其中圆柱形永久磁体、磁靴、检波器外壳组成一个闭合磁路。非磁性导电短路环通过弹簧片悬挂在环型空气隙内,可沿着检波器的轴向运动,并与固定在外壳的线圈构成一对耦合线圈。涡流检波器是依据电涡流原理进行工作的,即地震信号引起短路环在磁场内切割磁力线,并在其上产生电涡流,通过耦合线圈的作用,该电涡流同时在固定线圈中诱导出互感输出电压。

3) 压电检波器

压电检波器也叫压力检波器(图 2-4 为其频率特性曲线),俗称水听器,目前主要用于水中勘探。它采用压电晶体或类似的陶瓷活化元件作为压力传感器件。当水受激后产生一个瞬时水压,传感器得到一个应力,并同时产生一个与瞬时水压成正比的电压。压电检波器只能在水深大于 1.5 m 的地区正常工作。

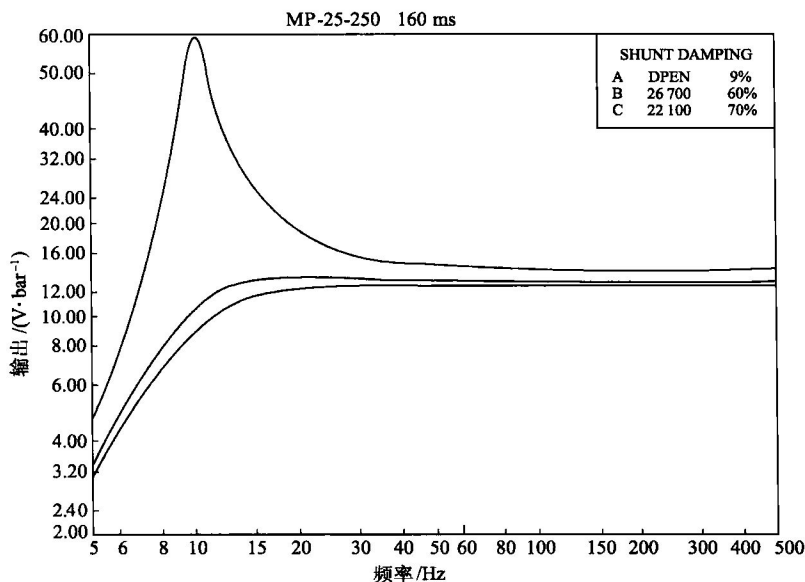


图 2-4 压电检波器的频率特性曲线

4) 数字检波器

数字检波器是利用硅片受到振动发生相对形变,进而改变控制电路电压的变化,再将变化的电压数字化的装置。它完全不同于动圈式机电转换的原理。数字检波器体积小,频带响应宽,失真度达百万分之一,低频响应更好。像 I/O 公司推出的 MEMS 检波器,不仅性能远远超出现有检波器,而且是直接数字输出(见图 2-5)。

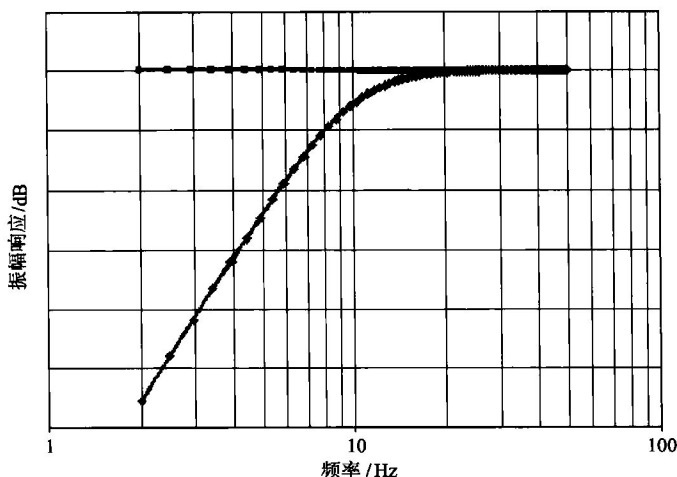


图 2-5 数字检波器的频率特性曲线

2.1.2 检波器的主要参数特性

为研究检波器耦合系统需要,这里以速度检波器为例,论述检波器的主要参数特性。检波器的自然频率是检波器芯体内弹簧-惯性系统沿其磁钢轴向上的自由谐振频率,其值的大小取决于系统的等效质量和等效刚度。自然频率是与线性度、灵敏度等有关的技术指标,受材料性能、结构形式等的限制。由于检波器是个具有分布参数的系统,因此,确定其技术指标参数的实际数值,既需要理论计算,还需要通过实验测量。检波器的传输函数曲线是通过在垂向单位速度激励下,连续改变正弦激励信号的频率,然后检测其输出电压求得的(图 2-6)。从影响检波器性能角度分析传输函数特性,需要考虑如下几个问题:

(1) 检波器的平静工作带宽(记录带宽)指的是自然频率至寄生频率之间的频带宽度。自然频率 f_n 是检波器传输函数中平静工作带宽的下限。为充分利用现代地震仪器记录系统的宽带特点,使地表质点振动的机械能转换成具有足够优势信噪比带宽的电信号,自然频率数值是一个重要因素。

(2) 自然频率以下频率成分对应的传输函数具有斜坡信号的特点,其转换灵敏度受到压制,且斜率不同压制程度也不同。有人认为,基于包括面波在内的低频干扰信号能量强,为了充分发挥现代记录系统动态范围大的特点,应提高自然频率以压制低频能量的转换。但是,提高自然频率虽然可以压制面波,但同时也损害了有效低频信号。有效低频信号对于减少干涉,提高信噪比,判别反射波极性,辨认地层过渡现象等诸方面都是有用的信号。因此,压制面波应该通过改进激发技术和采集方法等,或在数据处理中寻求解决方案。

(3) 在需要采集信号的足够宽的工作频段内,检波器的幅-频特性曲线应该是平直的,或者说是一个常数,以确保检波器输出的信号不发生畸变或振荡。如果在工作频段内传

输函数特性曲线出现非线性,那么检波器受到激励后就会在非线性区产生不稳定振荡,或者发生非线性失真,导致新的频率信号产生。如果把检波器的自然频率提高至 100 Hz,则 80~120 Hz 频段便是非线性区;而 80~120 Hz 频段又是提高地震信号分辨率的重要组成部分,应该确保它的线性。因此高分辨率地震勘探不等于高频勘探,而发挥现代记录系统动态范围大的意义也不在于此。有人主张将自然频率提高到 100 Hz,这一做法是值得商榷的。

2.1.3 检波器的寄生频率特性

在检波器的传输函数中,自然频率以上部分出现的所有突变都是寄生谐振,寄生谐振点对应的频率就是寄生频率。寄生频率的大小制约着检波器传输函数的平静工作带宽,它是该带宽的上限。谐振频率一般是自然频率的 10~15 倍。考虑到:① 在能量可辨的情况下,常规陆地勘探所获得的地震反射信号最高频率均不大于 100 Hz;② 要求在自然频率与寄生频率之间响应畸变率为 0.2%,常规的地震勘探中使用的检波器的自然频率一般在 10 Hz 以上,则寄生频率大于 100 Hz,在通频带以外。同时地震仪器记录系统的采样间隔一般为 2 ms, 4 ms 等,与去假频滤波器(高切)参数(截频点、陡度)相匹配。图 2-6 是检波器的寄生频率示意图。

一般陆上地震勘探的有效波频率范围为 5~100 Hz,因此寄生谐振对耦合问题的影响不大。

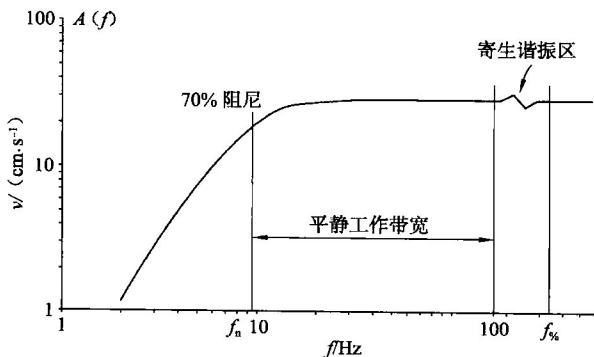


图 2-6 检波器的寄生频率及传输函数曲线

2.2 检波器地震波传感振动的耦合系统

本书基于振动理论,根据实际检波器的结构和工作原理建立耦合系统的理论模型,表述系统的运动规律,并由此分析影响耦合性能的因素。