

◎ 中国水利水电物探科技信息网 编著

工程物探手册

Engineering Geophysical

Prospecting Manual



工程物探手册

◎ 中国水利电力物探科技信息网 编著



内 容 提 要

本手册以水利水电工程物探为基础,全面介绍了工程物探基本原理、方法技术、应用范围与条件、现场操作、数据处理和资料解释等,并以工程勘探、工程检测和工程监测中的探测目的和对象为主线,论述各种方法技术的适用性和测试、资料分析要点,并提供大量工程应用实例作为参考。手册内容全面系统,具有先进性、实用性、简明性和可操作性等特点。

全书由5篇40章及相关附录组成:第1篇 地球与地球物理,为工程物探专业基础知识篇,共计4章;第2篇 工程物探方法与技术,为工程物探方法技术篇,共计9章;第3篇 工程勘探综合应用,为工程物探的勘探应用篇,共计9章;第4篇 工程检测综合应用,为工程物探的工程检测应用篇,共计16章;第5篇 工程监测综合应用,为工程物探的工程监测应用篇,共计2章。手册还提供了工程物探常用名词中英文对照表及工程物探常用法定计量单位表。

本手册可作为水利、电力、交通、铁路、工业民用建筑、环境保护等领域从事工程物探和岩土工程探测、检测、监测及相关管理的工程技术人员、高校相关专业师生的工具书和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工程物探手册 / 中国水利电力物探科技信息网编著
— 北京:中国水利水电出版社,2011.3
ISBN 978-7-5084-8447-1

I. ①工… II. ①中… III. ①水利水电工程—地球物理勘探—技术手册 IV. ①TV698.1-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第034563号

书 名	工程物探手册
作 者	中国水利电力物探科技信息网 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京盛兰兄弟印刷装订有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 54.25印张 1289千字 2插页
版 次	2011年3月第1版 2011年3月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	215.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

《工程物探手册》参编单位

(参编单位排名不分先后)

中国水电顾问集团贵阳勘测设计研究院工程物探测试分院

中国水电顾问集团中南勘测设计研究院物探测试研究中心

中国水电顾问集团西北勘测设计研究院工程物探研究所

中国水电顾问集团昆明勘测设计研究院物探大队

中国水电顾问集团北京勘测设计研究院物探测试中心

四川中水成勘院工程勘察有限责任公司

浙江华东工程安全技术有限公司

长江勘测规划设计研究院长江工程物探检测公司

黄河勘测规划设计有限公司工程物探研究院

中水北方勘测设计研究有限责任公司勘察院

中水东北勘测设计研究有限责任公司工程物探公司

黄河水利委员会基本建设工程质量检测中心

水利部长江勘测技术研究所工程物探测试中心

北京市水利规划设计研究院地质所

《工程物探手册》编纂委员会

主任 曾宪强

副主任 丁陈奉 李 洪 张建清 黄世强 王 波 郭玉松
赵党军 杨永强 王清玉 王秀权 冷元宝 汤井田
魏岩峻

编委 (按姓氏笔画排列)

丁陈奉 王 波 王 锐 王立群 王秀权 王国滢
王俊业 王清玉 邓希贵 毋光荣 卢小林 田 钢
边建峰 刘 财 刘贵福 刘康和 汤井田 孙云志
李 洪 杨 战 李文忠 杨永强 冷元宝 沙 椿
张志清 张建清 张琦伟 陆二男 林万顺 赵党军
柯玉军 袁景花 徐义贤 高才坤 高建华 郭玉松
黄世强 黄衍农 常 伟 喻振华 舒志平 曾昭发
曾宪强 谢向文 雷 宛 裴 琳 魏岩峻

主编 沙 椿

副主编 柯玉军 袁景花 陆二男 曾宪强

撰稿人 (按姓氏笔画排列)

丁陈奉 才致轩 王 波 王 锐 王世学 王旭明
王时平 王秀权 王国滢 王宗兰 王俊业 王清玉
邓希贵 尹学林 毋光荣 卢小林 卢跃志 田 钢
田连义 边建峰 朱文仲 朱燕梅 任海翔 刘 山
刘 财 刘恒祥 刘贵福 刘海涛 刘康和 刘善军
汤井田 祁增云 孙云志 杜 松 李 洪 李长征
李文忠 李丕武 李维耿 杨 战 杨永强 杨茂鑫

宋正宗

吴达元	何刚	邹延延	冷元宝	沙椿	陆二男
张志清	张国军	张建清	张琦伟	陆超	赵楠
陈卫东	陈新球	林万顺	林学锋	周扬	钱世龙
赵党军	郝忠友	柯玉军	袁景花	耿瑜平	唐齐许
栾明龙	高才坤	高建华	郭玉松	郭建伟	喻振华
黄小军	黄世强	黄衍农	常伟	韩连发	雷宛
舒志平	曾昭发	曾宪强	谢向文	谢宝瑜	魏岩峻
蔡加兴	裴琳	谭天元	熊永红	薛云峰	
魏树满					

序一

自古以来，人类对于环境介质的认知随着经验的积累和科学的发展经历了几个重要的阶段。在早期相当长的一个历史时期内，人们主要是根据自身感觉器官的感受去认知的。这种原始方法一直延续到今天仍然是最直接而且有效的，很多情况下也还是需要的。例如，我们今天仍然通过直接观察颜色、形状、硬度等方法（也包括取样进行实验）来认识岩（土），但是这种方法的应用范围毕竟是太局限了，于是人们便制作各种工具作为器官的延长。例如，我们现在不一定非要把地下的岩（土）取出来拿在手中观察或做试验，我们可以用触探等方法（把探头和探杆作为器官和工具的延长）来获得有用的信息。这个进步已经很大地拓宽了我们的探测范围。但是这种技术方法的基本要点就是仍然要依靠某种工具（探头）来直接接触及被探测的对象，因此还是存在着相当的局限性。

现代科学的迅速发展已经使得对环境介质的认知从直体接触进化为无损接触，充分利用各种物理效应作为探测手段。这个飞跃为我们开拓了一个前所未有的认知空间。因此，可以肯定地说，将地球物理的理论和技术应用到工程中来是现代科技发展的必然趋势，必将成为认知环境介质的重要手段。工程物探在解决工程实际问题中的作用将日益显著和不可缺少。

工程物探是建立在各类介质对特定物理作用所产生的差异效应的基础上的。通过物理场的空间变化来探明与工程要求有关的介质性状分布。如果在此基础上再加上时间要素，即空间物理场的时间效应，那么，就标志着工程物探已经从静态的勘探检测发展到动态的监测预报。这也是工程物探当前面临的另

一个有实际意义的跃进。

在这样的时代背景下，《工程物探手册》应时而生。该书既总结了过去多年来积累的丰富经验，又预瞻了今后工程物探将在工程建设中发挥的更大作用，是对工程物探发展的巨大推动和重要贡献。对工程物探、工程地质、水文地质、岩土工程各专业人员都将是很有用的参考文献。

中国工程勘察设计大师

张苏民

2010年10月

序二

工程物探是应用地球物理的方法，探查建筑物地基、边坡、围岩及其环境的工程地质性状与检测工程处理质量。不言而喻，工程物探的发展与我国工程建设事业的蓬勃发展息息相关。我国工程物探始于20世纪50年代，经过六七十年代的试验推广，80年代后至今30年来工程物探进入高速发展时期，多种物探高新技术在水电水利、电力、核电、城市建筑、公路铁路、机场、港口、冶金矿山、石油化工、地质地矿等行业的坝基、地基、边坡、桥梁、隧道等工程的前期勘察、施工期检测与处理、质量检查等领域得到广泛应用，并取得了良好的勘察及检测效果，经济效益和社会效益显著。通过大量的工程实践，积累了丰富的经验，提高了理论认识水平，同时也培养了大批工程物探专业人才。

在水电水利工程建设中，工程物探是地质勘察的重要手段。在各设计阶段的工程地质勘察中，普遍应用各种工程物探方法，探测基岩埋藏深度，探察被水体覆盖或隐伏的断裂构造，以及喀斯特洞穴、暗河及地下水的分布，划分基岩风化卸荷带，探察软弱夹层，勘测滑坡体形态，测定岩土体的物理力学性质和水文地质参数等。

工程物探除了用于探测地下地质情况外，还广泛用于工程施工质量检测及建筑物安全隐患的探测，如水电水利工程建基岩体和边坡岩体质量检测，固结灌浆与帷幕灌浆效果检测，隧道、地下洞室的超前预报及围岩开挖松弛深度探测，混凝土衬砌质量检测，锚杆锚索施工质量检测，混凝土浇筑质量检测和缺陷探测，堤防隐患及险情探测，水库渗漏探测等。近十几年，工程物探在二滩、三峡、小浪底、小湾、溪洛渡、锦屏、

龙滩、天生桥、拉西瓦等大（巨）型水电工程施工检测中发挥了重要作用。

我国水电水利工程物探工作者在总结数十年工程物探实践经验的基础上，经大量分析研究，整编出《工程物探手册》，该手册内容丰富、简明实用，全面系统地反映了当前我国工程物探方法技术及应用的现状，代表了水电水利工程物探现阶段的最高水平，毫不夸张地讲，在诸多方面也反映了当前世界领先水平。手册的出版发行，对提高我国工程物探界及相关专业工程技术人员的技术水平和素质、提高工程勘察和施工质量及经济效益具有重要的现实意义。

我相信，这本经精心策划、精心编审、精心出版的《工程物探手册》将会成为从事水电水利工程勘察、工程施工质量检测的广大物探工作者、工程地质人员、工程设计人员、大专院校工程物探专业师生以及其他相关工程物探人员工作和学习的重要技术参考书，他们可从中吸取有益的知识 and 经验，结合实际和工程实践创造性地加以应用，坚持不懈地总结经验和技术创新，共同把我国的工程物探技术和应用不断推向前进。

中国工程勘察设计大师



2010年10月

序三

作为一名长期从事水电工程勘测设计生产和管理工作的科技工作者，能为水利电力物探科技信息网组织编写的《工程物探手册》作序，我很高兴！我愿意说说自己的一些感想和认识，与广大工程物探专业技术人员及与之相关的管理、运用、合作等单位的领导、管理者和专业技术人员分享。

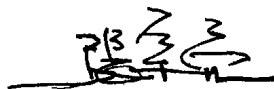
我国的工程物探专业队伍是新中国成立以后在电力、水利、铁路等行业逐渐组建、发展、壮大起来的。目前，伴随着我国经济建设需要和岩土工程勘察检测要求的不断发展，工程物探技术已逐渐从当初的仅仅是地质勘探的辅助手段，发展成为集工程勘探、工程检测为一体的汇集众多方法与众多应用的先进方法技术，在水电、水利、铁路、公路、城建等领域得以越来越广泛的应用。从一定角度上可以说，工程物探技术应用程度的高低反映出工程勘察技术水平的高低，工程物探检测技术应用得是否广泛和其程度的高低，反映出岩土工程检测技术水平的高低。

我国水电工程物探专业在当今国家大中型水利水电工程建设的规划设计、可行性研究、初步设计、施工详图等各阶段发挥了重要的、独特的、不可取代的作用。在黄河龙羊峡水电站、雅砻江二滩水电站、长江三峡水利枢纽、澜沧江小湾水电站、南水北调等工程的勘测、设计工作中，我国水电物探技术得以不断成长、不断发展，水电物探工作者逐渐成为我国工程物探众多新方法、新技术的研制者、推广者和熟练的应用者。近几十年来，水电工程物探勘察方面的技术水平得以不断成熟，设备得以不断充实和提升，应用范围得以不断拓展，精度得以不断提高。近 20 年来，水电工程物探技术在工程质量检测

方面的应用更是发展迅猛，运用的工程越来越普遍，解决工程问题的水平不断提升，成为水电工程质量检测和管理的主要手段。这些情况，我是较为了了解或熟知的，也是深感欣慰的。水电工程物探行业的发展状况和技术水平，是我国工程物探技术领域的一个缩影，更是一个杰出的代表。

由水利电力物探科技信息网组织编写的《工程物探手册》，包括方法基础知识、方法技术和实际应用，紧密结合工程应用的实际，包含大量的实际应用所需的公式、图表和参考数据，有理论、有方法、有操作、有实例，非常适合广大工程物探专业技术人员和相关管理、技术人员参考，是一部难得的、很有参考价值的工具书。我在此表示热烈祝贺，也愿意积极推荐！

中国工程勘察设计大师



2010年10月

前言

自 1950 年顾功叙先生在北京官厅水库及石景山地区应用物探方法进行坝址勘查和找水工作以来，中国工程物探已经走过了 60 年的发展历程。特别是近 30 年来，随着计算机技术的广泛应用和我国大规模基本建设的开展，工程物探技术得到快速发展，并在重大基础建设工程中得以充分应用，如长江三峡水利枢纽工程、南水北调工程等大量应用工程物探方法，解决了诸多工程地质与水文地质问题。通过大量的工程实践，培养了一大批工程物探技术人员，同时也积累了极其丰富的经验和资料，整体技术水平得到了很大提高。为了交流、总结和进一步发展工程物探技术，梳理工程物探技术发展的规律，填补我国工程物探技术只有规程没有手册的空白，指导工程物探专业技术人员和相关管理人员运用工程物探技术，全国水利电力物探科技信息网组织生产一线、科研院所和大专院校等 20 余个单位 86 位教授级高级工程师、高级工程师和研究员，共同编写了这部《工程物探手册》。

工程物探是运用地质学和地球物理学的方法为各类工程服务的一类技术的总称，它既包括探查，也包括检测和监测。根据夏国治先生等编的《二十世纪中国物探》所言，工程物探已涵盖两大类四个方面。两大类即地质类和非地质类。地质类包括对各种工程地质条件的探测，例如一般构造研究及岩性填图，探测松散层和风化层厚度、基岩埋深并对松散层分层，了解基岩岩性，追索断裂破碎带，探测或圈定岩溶（岩溶洞）、土洞、采空区，了解地下水位、岩土含水性、可能的水害，研究和了解岩土力学性能和完整性以及开展地震小区划等。非地质类包括三个方面：一是人类近代或古代人文地下埋设（藏）

物的探测方面。例如，探测地下各种管线、地下坑（隧）道、地下仓库、武器、施工中不良物体及水下沉船和其他物体等。二是建筑工程质量检测方面，要检测的类型、内容多种多样，例如堤坝和水库渗漏，堤坝体、挡土墙和挡水墙的质量，隧道、引水洞衬砌质量，公路路面质量，工程桩质量，工程桩与复合地基承载力检测，铁路路基稳定性评价，建筑物基础岩土软化或湿陷、高层建筑结构动力特性的脉动测量等。三是施工中因开挖、爆破、振动等因素对原有建筑物和周围岩土力学性能的影响或破坏程度的监测、检测及预报方面，其内容也是多种多样，例如开挖后的边坡稳定性，对周围岩土应力的变化（软土沉降、位移和受力情况），爆破后对周围岩石的松动程度（松动圈范围），各种振动对周围建筑物的影响，隧道等开挖时超前预测，预报不良地质体等。由此可见，工程物探的服务领域很宽，有很大的拓展空间。

本书的编写，以我国较为成熟的、具有代表性或领先水平的水利水电行业工程物探骨干、专家为主体，同时邀请了国内几所相关高等院校科研院所的老师和专家参加，立足水利水电行业的工程物探技术现状，面向各行业的工程物探技术发展。

60年风雨历程，铸就工程物探今日辉煌；三余载辛勤耕耘，奉献物探手册目前成就。终于这部手册顺利出版、发行了。

在此，首先要感谢各参编单位、各位编委的大力支持和积极参与；同时，要感谢各次讨论、审稿会承办单位的无私奉献和精心组织；还要感谢中南大学汤井田教授，浙江大学田钢教授，吉林大学刘财教授、曾昭发教授，成都理工大学雷宛教授和中国地质大学徐义贤教授给予的支持和帮助；特别要感谢中国水电顾问集团公司地质处、科技处和水利部水利水电规划设计总院科技外事处及勘测处的肯定、支持和帮助！

《工程物探手册》首次在国内出版了。我们希望它能集成与反映出我国当前工程物探的技术水平及现状，并借此进一步推动我国工程物探技术的迅速发展，同时热诚欢迎广大读者对《工程物探手册》中的疏漏、不足乃至错误之处不吝赐教，以利我们及时订正或再版时补充完善。

编者

2010年10月

目 录

序一
序二
序三
前言

第 1 篇 地球与地球物理

1 工程地质基础·····	3
2 地球的物理场·····	20
3 岩土体的物理性质·····	42
4 地球物理勘探与工程物探·····	61

第 2 篇 工程物探方法与技术

1 电法勘探·····	79
2 电磁法勘探·····	178
3 探地雷达法·····	229
4 地震勘探·····	247
5 弹性波测试·····	355
6 层析成像 (CT)·····	372
7 水声勘探·····	403
8 放射性测量·····	416
9 地球物理测井·····	430

第 3 篇 工程勘探综合应用

1 覆盖层探测·····	477
2 隐伏构造探测·····	501
3 软弱夹层探测·····	520
4 岩体风化卸荷带探测·····	536
5 滑坡体探测·····	555
6 喀斯特探测·····	568
7 地下水探测·····	589
8 防渗线探测·····	609

9 堤防隐患探测·····	622
---------------	-----

第 4 篇 工程检测综合应用

1 岩土体物理力学参数测试·····	635
2 岩体质量检测·····	650
3 洞室松弛圈探测·····	665
4 隧洞施工掌子面超前预报·····	680
5 灌浆效果检测·····	694
6 防渗墙质量检测·····	706
7 堆石(土)体密度检测·····	715
8 堆石坝面板质量检测·····	726
9 混凝土质量检测·····	731
10 洞室混凝土衬砌质量检测·····	750
11 钢衬与混凝土接触状况检测·····	761
12 锚杆锚固质量检测·····	768
13 水下建筑物缺陷观察·····	779
14 环境放射性检测·····	781
15 岩土电性参数测试·····	793
16 其他物性参数测试·····	800

第 5 篇 工程监测综合应用

1 爆破质点振动参数测试·····	815
2 微地震监测·····	824
附录 1 工程物探常用名词中英文对照表·····	837
附录 2 工程物探常用法定计量单位表·····	845

第 1 篇

地球与地球物理