

国家高技术研究发展计划(“863”计划)

中国地质调查局

联合资助

秦始皇陵地宫 地球物理探测成果与技术

Geophysical Exploration for the Underground
Palace of Emperor Qin Shi Huang Mausoleum

主 编：刘士毅

副主编：吕国印

段清波

袁炳强



地质出版社

国家高技术研究发展计划（“863”计划）
中国地质调查局 联合资助

秦始皇陵地宫 地球物理探测成果与技术

主 编 刘士毅

副主编 吕国印 段清波 袁炳强

编著者(以姓氏笔画为序)

于国明	王书民	王帮兵	刘士毅	刘崇民
刘同文	吕国印	李振宇	杨明生	林品荣
段清波	赵敬洗	胡树起	袁炳强	徐明才
贾京柏	雷 达	潘玉玲		



地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书分两篇,第一篇介绍国家“863”计划支持的、采用地球物理和地球化学勘查方法探测秦始皇陵地宫及其陪葬坑、陪葬墓、地面建筑遗存的成果;第二篇有详有略地介绍了投入试验的达22种之多的具体方法技术。

这是我国迄今为止投入方法最多、取得成果丰富的一次以地球物理方法为主的考古活动。不但提供了地宫在封土堆之下的地球物理与地球化学科学依据,还推断了地宫具体位置、大小、深度、框架结构和完好性,其中大部分推断得到初步验证证实,新发现了以往考古中未曾遇到的隐蔽于封土中的细夯土墙。

有关探测成果和方法技术使用中的经验与教训,值得考古工作者、地球物理勘查工作者和相关院校师生借鉴、参考。第一篇还具有科普性,可供对秦始皇陵及其地宫感兴趣的各类人士阅读。

图书在版编目(CIP)数据

秦始皇陵地宫地球物理探测成果与技术/刘士毅主编.
北京:地质出版社,2005.4

ISBN 7-116-04332-2

I. 秦... II. 刘... III. 秦始皇陵-地球物理勘探
IV. P631

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 027796 号

QINSHIHUANGLING DIGONG DIQIUWULI
TANCE CHENGGUO YU JISHU

责任编辑:陈 磊

责任校对:郭慧兰

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

电 话:(010) 82324508(邮购部);(010) 82324565(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京长宁印刷厂

开 本:889mm×1194mm $1/16$

印 张:13

字 数:316千字

印 数:1—1000册

版 次:2005年4月北京第一版·第一次印刷

定 价:38.00元

ISBN 7-116-04332-2/T·119

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社出版处负责调换)

前 言

秦始皇是一位传奇人物，他统一六国，创建了中国第一个专制政体的封建王朝，影响深远，在中国历史上具有特殊地位。千百年来人们怀着复杂的心态面对他的功过是非，褒贬不一，多数人持以贬为主的态度；他动用 72 万劳工、历时 38 年为自己修建的坟墓，规模宏大，别具一格。据有关资料，有关地宫内“宫观百官奇器珍怪徙臧满之。令匠作机弩矢，有所穿近者辄射之。以水银为百川江河大海，机相灌输，上具天文，下具地理。以人鱼膏为烛，度不灭者久之”，以及墓葬内陪葬了数以百计的宫女、工匠等记载，这些不但对众多考古专家和历史学家具有强烈的吸引力，亿万中国民众和各类媒体也对秦始皇陵考古保持着持久的兴趣。

这部专著介绍了在前国务院副总理李岚清和陕西省领导的直接关心下，在科学技术部“863”计划和中国地质调查局的资助下，采用了当代先进技术与传统考古技术相结合的方法，为揭开秦始皇陵地宫的神秘面纱所进行的一次成功探测。虽然这次只揭开了神秘面纱的一角，还看不到墓室内的棺槨、珍宝，却可以结束有关秦始皇陵地宫是否在封土堆之下的争论，确定了地宫的具体位置、大小、埋深和框架结构，为今后秦始皇陵下一步考古探测以及秦始皇陵的保护、开发打下了良好的基础。筛选出的探测方法，可供类似情况下探测时借鉴。

在中国，考古勘探的传统工具是“洛阳铲”，它在以往的考古工作中发挥了重要作用，今后还将继续发挥作用。这种方法存在一定的缺陷，探查速度慢，探测深度偏浅，而且还有可能对地下文物造成一定的破坏。因此，早在 20 世纪 50 年代，探测帝王陵这种埋藏深度大的文物，就曾使用过地球物理方法勘查（简称物探）。当目标文物埋藏虽浅，但在大范围内位置不明的情况下，为了提高效率，尽快缩小靶区，一些考古场所也采用了物探方法。20 世纪 80 年代，在秦始皇陵考古中就曾使用过地球物理探测方法，但受资金和当时方法技术水平的限制，没有取得令人满意的成果。

物探是利用物理学的基本原理和参数，探测地下不均匀体的方法。所谓不均匀体就是与周围土层或岩层在密度、磁性、导电性、波的传播特性、放射性和导热性等一个方面或几个方面不同的目标物。物探是一种无损探测技术，它能在远离目标物的地方，穿过土层或岩层探测到直接来自目标物的物理场信息。它已经是一种成熟技术，广泛用于寻找地下资源（油气、煤炭、铀等能源；铁、铜、铅、锌等金属矿产；建材、化工等非金属材料；地下水等）和地基勘查、环境调查，为国民经济建设和国防建设做出了重要贡献。

地下文物遗存由于人工挖掘、修建、埋藏，破坏了原始地层的结构，一般情况下与周围土层或岩层存在一些物理性质方面的差异，是地下的局部不均匀体。例如，未

坍塌的墓室近似于一个地下空洞，空洞的密度比土、石小，导电性比土、石差等。因此，物探用于考古工作有其充分的科学依据。由于考古场所往往存在干扰和物探方法本身具有不可避免的多解性，物探方法要取得好的考古效果，必须采用先进的设备并进行精细设计、精细探测、精细解释与定量反演才能定性正确、定量准确。即资金投入应合理，设备应符合要求，工作者还应具备较高的专业水平和强烈的责任心，才能避免失误。

鉴于秦始皇陵地宫探测的重要性；工作前地宫的具体位置、大小、埋深、材质等是未知的；包括陪葬坑、陪葬墓等配套建筑在内的目标物在形状、大小、埋深、材质、受损程度等方面具有多样性；事先并不掌握目标物与围土的物理性质差异状况和工作属于试验性质，在本次工作中投入了 20 种地球物理方法（六大类及其亚类）、两种地球化学方法（亚类）。在国内，乃至世界范围内的考古工作中本次工作都是试验方法种类最多、最全的一次。因此，本次工作中无论是成功的经验，还是失败的教训，都可作为今后考古工作中使用物探方法的参考。

考虑到对本书感兴趣的读者可能分为两类：一类只想了解探测的详细成果；另一类则对成果和具体探测技术都感兴趣，因而在编写体例上，没有按探测方法种类顺序介绍，而是分为上篇和下篇。上篇专门介绍探测的详细成果，下篇则着重介绍探测方法。为了照顾考古工作者和物探工作者双方的习惯，在术语的运用方面，采用考古术语和地质术语混用的方式，在叙述成果和介绍方法技术时，也尽量顾及两方的需要。例如，一般情况下物探书籍不介绍方法原理，考虑到考古专家多不熟悉种类繁多的物探方法，本书简单归纳了每种方法的基本原理。对较新的、不常采用的方法，例如核磁共振法等的方法技术本身给予较详细的介绍；对于经典、常用方法，例如重力法、磁法等的方法技术，则从简介绍。各种方法的物性研究深浅不等，介绍的详细程度自然不同。磁法还详细介绍了异常定性的认识过程。

为了筛选既有效又廉价、快速的方法，投入试验的电法种类较多，因而专门编写了电法对比一节。

本书论及考古与众多物探（含化探）方法，涉及面宽，限于作者们的水平，难免存在错误与不当之处，敬请各位阅者批评、指正。

作者

目 录

前 言	
绪 言	(1)
一、应用地球物理与考古	(1)
二、秦始皇陵概要	(2)
三、秦始皇陵的考古与勘查	(3)
四、工作的意义	(5)
五、任务	(6)
六、工作布置与方法选择	(7)
第一篇 成果	(10)
第一章 关于地宫的探测	(10)
第一节 测区概要	(10)
一、交通位置	(10)
二、地形、地貌及人工建筑	(11)
三、地质环境	(11)
四、气候	(12)
五、本次探测前的已有考古成果	(13)
六、本次探测前存在的问题	(14)
第二节 探测的目标物及工作条件	(16)
一、探测的主要目标物	(16)
二、工作条件	(16)
三、前人工作浅析	(16)
第三节 本次探测的成果	(17)
一、确定了地宫的开挖范围	(17)
二、发现了地宫墓室的具体位置	(21)
三、推断墓室主体尚未坍塌	(23)
四、推断墓室中尚未进水	(24)
五、再次验证了地宫中存放着大量水银	(26)
六、发现了封土堆中的细夯土围墙	(29)
七、发现了地宫的西向墓道	(29)
八、地宫可能建有石质宫墙	(30)
九、关于地宫大小、形状和埋藏深度的定量推断	(31)

十、推断墓室中可能存有金属制品	(35)
十一、推断阻排水渠依然起着阻水作用	(36)
十二、阻排水渠与隍壕之间有一砂砾石堆积带	(37)
十三、关于“旁行三百丈”	(38)
十四、小结	(39)
第二章 方法有效性试验成果	(42)
第一节 关于探测陪葬坑方法有效性的试验结果	(42)
一、陪葬坑上的磁异常	(42)
二、陪葬坑上的地质雷达法异常	(43)
三、陪葬坑上有弱高电阻率异常显示	(44)
四、铜车马坑上的试验	(45)
五、小结	(45)
第二节 关于探测陪葬墓方法有效性的试验结果	(46)
一、陪葬墓区电阻率一般与围土有差异	(46)
二、陪葬墓内外有不同的地质雷达异常显示	(48)
三、磁法在陪葬墓上有弱正异常反映	(49)
四、小结	(51)
第三节 关于探测地面建筑遗址方法有效性的试验结果	(51)
一、城墙墙基	(51)
二、房屋建筑遗址	(52)
第四节 相关目标物上方法有效性试验结果	(53)
一、古河道上的试验	(53)
二、“泥石流层”上的试验	(54)
第五节 关于干扰等问题	(55)
第六节 验证结果	(56)
一、验证了秦陵地宫的存在与位置	(56)
二、验证了封土堆下夯土墙的存在	(56)
三、验证了地宫中石质板材的存在	(57)
四、验证了西墓道的存在，同时验证了不存在南墓道	(57)
五、验证了地宫的深度	(57)
六、验证了地宫范围、大小	(58)
七、再次验证了历史文献上关于地宫中存在高汞的记载	(58)
八、验证了阻排水渠的阻水效果	(58)
九、验证了封土堆南坡的沙石块堆积	(58)
十、验证了泥石流层的分布	(58)
十一、未验证的成果	(59)

第二篇 方法技术	(61)
一、地宫探测和方法有效性试验的工作布置及目的	(61)
二、投入的试验方法	(62)
第一章 电法勘查技术	(64)
第一节 电法勘查应用的物性参数	(64)
第二节 直流电阻率与激发极化测深法	(68)
第三节 复电阻率测深法	(74)
第四节 瞬变电磁法	(82)
第五节 地质雷达法	(93)
第六节 高密度电阻率法	(102)
第七节 音频大地电磁法	(106)
第八节 可控源音频大地电磁法	(109)
第九节 自然电场法	(113)
第十节 电法对比	(114)
第二章 磁法勘查技术	(121)
第三章 重力勘查技术	(144)
第四章 弹性波法勘查技术	(153)
第五章 汞量测量技术	(168)
第六章 其他勘查技术	(174)
第一节 核磁共振勘查技术	(174)
第二节 氦气测量勘查技术	(189)
第三节 地温勘查技术	(192)
第四节 井中 ΔT 试验结果	(195)
结 语	(196)
后 记	(197)
主要参考文献及资料	(199)

绪 言

一、应用地球物理与考古

随着考古工作的需求及应用地球物理、应用地球化学（简称物探、化探）方法自身的发展与完善，各种应用地球物理方法和应用地球化学的测汞方法逐渐应用到考古和文物保护调查中，蒋宏耀先生等还出版了专著《考古地球物理学》。到目前为止，在考古调查时，使用过多种地球物理勘查方法，使用较多的是磁法、电（磁）法和放射性方法以及地球化学勘查的测汞方法。

在国外，地球物理方法应用于考古调查和研究可追溯到 20 世纪 40 年代末。在 1946~1947 年，Atkinson 和 Lundberg 利用电阻率测量分别在英国和墨西哥寻找古人类遗址及遗物，这一活动标志着考古地球物理的开端。目前，各种地球物理和某些地球化学方法已在遗址、古墓、地下及水下文物的勘查和遗存的年代测定等方面获得较广泛应用，取得了丰硕的成果。1986 年《Geophysics》、1999 年《Journal of Applied Geophysics》分别出版了地球物理考古专集，比较全面地反映了这方面情况。

考古地球物理在我国的发展，与考古及文物保护任务密切相关。20 世纪 50 年代定陵的勘查曾为地球物理在考古方面的应用提供了机会，可惜那次试验没有得到理想的效果。1982 年在安徽亳县曹四孤堆的古墓及开封宋代东京外城城墙遗址上进行的电法勘查和 1982 年在秦始皇陵进行的土壤汞量测量，均取得了较好的成果，为地球物理、地球化学方法在我国考古领域的应用注入了活力。此后，地球物理与地球化学工作者在不同的地方和针对不同的目标物，不断开展了多项地球物理考古工作。

在国内外，考古工作中越来越多地使用地球物理方法，已是一种趋势。受资金限制或因大部分文物规模小、埋藏浅，目前多半采用廉价的磁法、电法、放射性和测汞等方法，较少采用精度高费用也高的弹性波等方法。近年来，新兴的地质雷达方法开始用于考古工作。

地球物理方法不仅属于无损探测技术，还具有快速、相对廉价和探测深度大的特点，是考古前期调查的理想方法，这就是国内外在考古调查中越来越重视应用地球物理方法的原因。

受多种因素的制约，国内外地球物理方法应用于考古相对于工程勘查来讲，其工作量和规模要小得多。但在许多情况下考古的目标物与工程勘查的目标物在物性、尺寸、埋深等方面是类似的，因此工程勘查中使用的方法技术及其应用经验大都可用于考古。

随着经济的不断发展，铁路、公路、堤坝、厂房、大型商业、办公及人居工程建设项目越来越多，凡大型建设项目无一例外地都必须进行工程勘查，地球物理方法是

前期工程勘查不可缺少的技术手段。正是大规模的生产实践,促进着技术的快速发展,近年来用于工程勘查的地球物理仪器性能和数据处理方法、定量反演方法都在不断地、快速地提高着,还涌现了一批新方法、新技术,例如地质雷达法、高密度电法、重力和磁法的三维反演、电法的二维反演等。成熟方法的技术进步和新方法、新技术都可在考古工作中发挥作用,有的已经成功地用于考古工作。

二、秦始皇陵概要

(1) 秦始皇帝(公元前 259 年~前 210 年)姓嬴名政,秦庄襄王之子。公元前 246 年立为秦王,时年 13 岁。从公元前 238 年亲理朝政至公元前 221 年,消灭了韩、赵、魏、楚、燕、齐等诸侯国,统一六国,创建我国历史上第一个空前统一的封建国家。在世界四大文明体系中,只有中华文明经久不衰,延续政体完整至今,这本身就是世界历史上的一个奇迹。秦始皇是创造这一奇迹的重要人物之一,在历史上有突出贡献和特殊地位。而秦始皇陵为中华文明的演进提供了一个独特的证明。

(2) 秦始皇陵园史称“骊山园”,因“其阴多金,其阳多玉,始皇贪其美名而葬焉”。陵区地域为商之丽国,周之骊戎国,秦之骊邑,汉之新丰,隋因之,唐之昭应县辖地。宋大中祥符八年取围绕县城之临水、潼水为名,改称“临潼”。元沿袭,属奉元路,明、清属西安府,“中华民国”初同清制。中华人民共和国成立以后归渭南专署管辖,1983 年划归西安市至今。

(3) 《史记·秦始皇本纪》记载:“始皇初即位,穿治骊山,及并天下,天下徒送诣七十余万人,穿三泉,下铜而致椁,宫观百官奇器珍怪徙臧满之。令匠作机弩矢,有所穿近者辄射之。以水银为百川江河大海,机相灌输,上具天文,下具地理。以人鱼膏为烛,度不灭者久之。”秦始皇陵是中国历史上最大的陵墓之一,始建于公元前 247 年,历时 38 年,动用劳役 72 万人,移动土方超过 500 万立方米。陵区占地约 60 平方公里,包括封土、内外城垣、陪葬墓、陪葬坑、房屋建筑等大量陵园设施,其布局、规模及其所反映的陵墓制度在历代帝王陵墓中都独树一帜,呈现出千古一帝、唯我独尊的宏大气势。秦始皇陵建造时间之久,规模之大,结构之复杂,从葬之丰富,均为世界历史所罕见。秦始皇陵同时又是我国历史上第一个皇帝陵园。《历代三陵考》载:“三代以前无墓祭,至秦始皇起寝殿于墓侧。”《后汉书·明帝纪》亦载,秦始皇首次“起寝殿于陵侧”。秦始皇帝在继承战国时代各国王陵制度基础上,开创了陵侧起寝,陵旁建庙的封建社会帝王埋葬规制和陵园布局的先例。这种陵寝制度对后世产生了深远的影响,为而后历代帝王陵墓所效仿,对中国古代帝陵制度有着深远的影响。

(4) 秦始皇帝陵区地上地下文物遗存极其丰富,文物遗址种类繁多。现已发现的各类文物多达数万件,包括陶俑、建筑材料、生产工具、生活器具、兵器以及礼乐器、量器、印章等杂类物品共六大类。这些文物数量众多、种类齐全、设计合理、制作精细,它们的发现和出土对研究秦代政治、经济、军事、文化、艺术等,提供了极具重要价值的实物资料。目前已经完成的发掘和研究成果补充和改写了秦人的政治

史、军事史、经济史和科技文化史，极大地丰富了人们对秦代的认识，填补了中国历史的多处空白。它是一部存在于真实环境之中的大型的、直观的、生动的、全面的和不可替代的秦代历史文献和实物资料。

(5) 在联合国教科文组织收入《世界遗产目录》的 630 项世界遗产中，古代陵墓仅有埃及金字塔、帝王谷、柬埔寨吴哥窟、印度泰姬陵等 10 余项，秦始皇帝陵为其中之一。1999 年由英国剑桥大学克里斯·斯卡尔博士等 16 位国际著名历史及考古学家编著的《世界古代 70 大奇迹：伟大建筑及其建造过程》一书中，秦始皇帝陵被收录为世界古代 70 大奇迹之一及世界古代 10 大著名陵墓之一。秦始皇帝陵以其规模之宏伟，埋葬之丰富，地宫之奥秘，陪葬品之精美绝伦，不仅在中国帝王陵墓中独树一帜，而且在世界范围的王陵中也鲜有能与之相匹敌者。

(6) 秦兵马俑发现以来，这里的文物考古发现屡屡成为全世界关注的焦点。秦俑被人们誉为“世界第八大奇迹”，成为被世界各国认同的中华民族历史文化的杰出代表和中国文化形象的重要组成部分，从而也使秦兵马俑博物馆成为享誉世界的重要旅游目的地。

(7) 秦始皇帝陵在秦末曾遭受过严重破坏。以后的历代统治者出于各种目的，也曾作过不同程度的整修。公元前 195 年，汉高祖刘邦下诏，加强对秦始皇帝陵冢的守护和管理；公元 970 年，宋太祖赵匡胤下令修整秦始皇帝陵；清代也曾对秦始皇帝陵进行过维护。秦始皇帝陵经过长达 2200 余年自然与人为的侵蚀破坏，陵园地面建筑荡然无存，到新中国成立前夕，秦始皇帝陵已经破败不堪。新中国成立后，地方政府和人民群众曾对秦始皇帝陵作过多次保护修整，规划了保护范围，树立了保护标志，建立了文保管理机构，修筑了封土保护围墙，进行了园区绿化，使秦始皇帝陵园文物保护工作进入一个新的时期，文物保护工作取得很大成绩。但由于历史的原因，陵园内布满村庄及单位。根据多年来考古工作资料，秦始皇帝陵外城以内部分建筑遗址埋藏较浅，有的仅距地表 30~40 厘米左右；许多遗迹就分布在民宅、企事业单位院落之下。遗址上建房建厂、农田耕作、凿井修渠、水利灌溉等生产、生活活动直接破坏了地下文物和地面建筑遗存，对文物遗址保护造成极大危害，严重影响了陵园的历史环境和景观，影响了国家的声誉和形象，如不从根本上得到彻底解决，势必将会对秦始皇帝陵这一人类珍贵文化遗产造成难以补救的损失。

三、秦始皇陵的考古与勘察

1. 以往考古大事记

有籍可查，明代学者都穆最早考察了秦始皇帝陵，记录了陵园内外城和各门址的尺寸，著文《骊山记》。

1906 年，日本学者足立喜六测量了陵墓封土的高度、周边尺寸。

1917 年，法国学者维克托·萨加伦考察秦陵封土。

1962 年，陕西省文物管理委员会组织人员考察秦始皇帝陵园，测绘出第一张陵园

平面图。

1974 年 3 月，陵园东侧发现兵马俑一号坑，被称为世界第八大奇迹。

1976 年 2 月，陵园内发现错金银乐府钟。

1976 年 5 月，陵东发现兵马俑二号坑。

1976 年 6 月，陵东发现兵马俑三号坑。

1976 年 10 月，陵东发现马厰坑、陪葬墓等遗址。

1977 年 3 月，陵北发现 2、3、4 号建筑遗址。

1977 年 7 ~ 1978 年 3 月，陵西发现珍禽异兽坑。

1979 年 12 月，陵西发现修陵人墓地。

1980 年 12 月，陵西发现铜车马遗址坑。

1981 年 11 月，陵西发现食官遗址。

1981 ~ 1982 年，探测出秦陵封土中含有高浓度的水银。

1998 年以来，在封土堆附近又发现面积约 13000 平方米的石质铠甲坑、百戏俑坑（图 0-1）、含青铜水禽陪葬坑和其他 10 余处大型陪葬坑，出土大量石质铠甲和石质头盔、青铜水禽、通体纹饰和重达 212 公斤的秦青铜大鼎，以及造型奇特与兵马俑形状迥然不同的彩绘百戏陶俑。

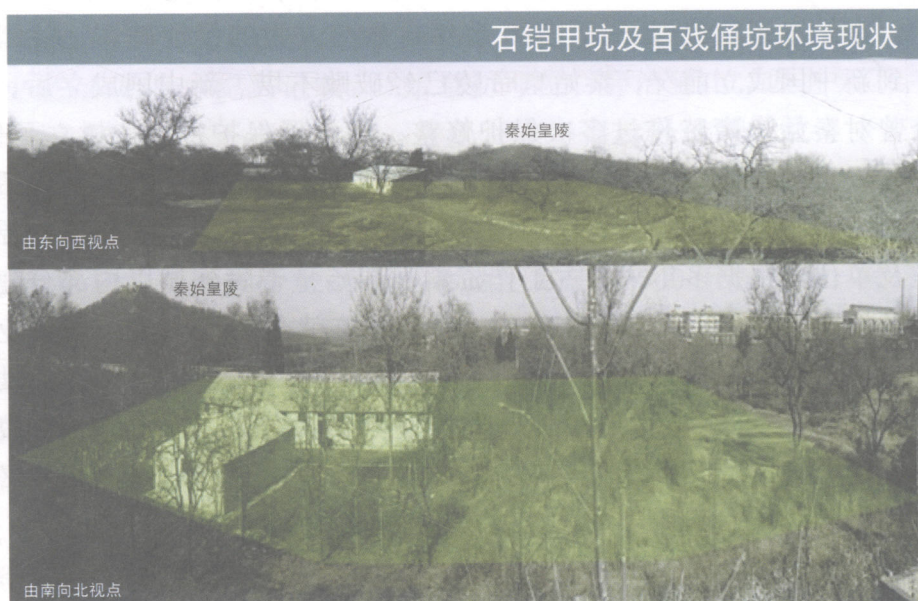


图 0-1 部分陪葬坑位置照片

（秦始皇陵考古队提供，2003）

1999 年以来，秦始皇陵园的文物保护工作受到党和国家最高领导人的重视。2002 年 4 月科学技术部启动“考古遥感与地球物理综合探测技术”国家高技术研究发展计划（“863”计划）课题。

2. 秦始皇陵文物遗址考古现状

已知陵园文物遗址分布区东起戏水河，西至临潼城区，南到骊山，北达新丰塬下。过去的工作虽然取得了巨大的成就，但是，无论是在面上，还是在点上，或在文物内容上，文物考古工作面对广达 60 平方公里的陵区文物分布，受客观条件的制约，难以制定长远的工作规划，许多工作处于救急的状态。

面对一项项伟大的发现，其背后是工作无序和环境无奈的苦衷。这一现象不仅影响到考古研究的深入，更影响到秦陵地区文物保护规划的进行，社会影响极大。

至今为止，考古工作队已完成文物遗址普探面积近 100 万平方米，发掘文物遗址面积近 1 万平方米。在土遗址保护、秦俑保护与修复、秦俑彩绘保护、铜车马修复等方面取得了一系列重要科技成果，达到了国际、国内先进水平。

在秦始皇陵考古 40 年过程中，有兵马俑、铜车马、石铠甲、百戏俑等多次重大的考古发现，轰动全国、震惊世界。秦始皇陵的考古调查、发掘和研究成果，补充和改写了中国历史，为中国考古学、中国古代帝陵制度、中国科技史、中国艺术史等学科的研究提供了许多重要的实物资料。

四十多年的考古工作使我们对秦始皇陵园的规模、布局、遗迹、遗物的分布及地下内涵有了一定的认识。秦始皇陵园由封土、内外城、陪葬坑、陪葬墓、寝殿、便殿、食官遗址、园寺吏舍遗址、防洪渠遗址、鱼池建筑遗址、石料工场遗址、陶窑遗址、窝棚遗址和丽邑遗址等组成。秦始皇陵园整体布局以封土为中心，封土以下为地宫；封土四周内、外两重城垣所圈定的地域是文物遗存的核心区域，其中发现大量的陪葬坑、建筑遗址以及总长达 1303 米深层阻排水系统；外城以外虽未进行全面的考古勘探，但到目前为止在东起戏水河，西至临潼城区，南到骊山分水线，北达新丰塬下，总面积达 60 平方公里的范围内，已发现各种陪葬坑 104 座（4 座兵马俑坑），各类墓葬 9 处 440 余座，以及包括防洪渠、鱼池、石料工场、陶窑、窝棚和丽邑在内的六处。从内、外城的格局，特别是钻探出的门阙遗址形制判断，秦始皇陵主体面东的可能性较大，兵马俑、马厩坑等陪葬坑的发现佐证了这一观点，汉阳陵等西汉帝陵东西向的研究成果也间接地证明了这一点。

考古勘探资料表明，秦始皇陵经 2200 余年的自然变迁和人为扰动，虽遭受到一定程度的破坏，但内、外城垣基础至今保存较为完好，封土本身未见大规模破坏迹象，预计地上、地下仍遗留和埋藏着极为丰富的珍贵文物。

由于秦始皇陵规模十分宏大，考古研究工作又受到各种客观条件的影响，因而秦始皇陵地宫的准确规模及布局至今尚难以定论。

四、工作的意义

考古调查、勘探和研究表明，秦始皇帝陵园内外的地上、地下文物，体现了 2200 年前中华民族的伟大智慧和创造力，是一座无与伦比的地下文物宝库。科学保护、合理建设与利用这一重要的民族文化资源，功在当代，利在千秋。以往的探测虽然取得

巨大成绩，发现了震惊世界的兵马俑陪葬坑等，但更为关键的地宫位置仍存在认识分歧，尚未获得实据；还有大量的陪葬坑、陪葬墓等相关文物尚未发现，而文物保护工作的前提则是详细了解地下文物的分布状况，沿用传统的工具显然已经不适应当前工作的需求，采用新方法、新技术和新方法技术与传统方法相结合的方式，加快探测速度是十分必要的。因而引进地球物理与遥感技术为文物工作服务，以简捷有效的方法尽快对秦陵进行全面文物普查，成为时代的必然。

我国是世界上少数几个文明古国之一，除秦始皇陵外，地下埋藏文物众多，尚未探查、尚未查清的古墓等地下文物无计其数，这是老祖宗留给我们的一笔丰厚遗产，不只是数额巨大的财富，也具有很高的科学研究价值。要利用好这笔遗产，首先应查清这笔遗产。由此可见，我国今后很长的一段时间内，考古的任务将是很重的。因此，研究、改进探测古墓等地下文物的勘查方法技术，对我国具有特殊的重要意义。地球物理在考古勘查中无疑是先进的方法技术，推广先进技术必定能改善考古调查工作，提高调查的质量，加快调查的速度，降低调查的成本。希望本次工作的技术进步成果能受到考古界的欢迎，能在考古领域推广。

考古勘查与工程勘查、环境调查，甚至与资源调查都有相似之处，所使用的方法技术，尤其是所使用地球物理方法大都是相同的。地球物理方法用于考古，经验虽然不够丰富，但可以借鉴工程勘查和资源调查中使用地球物理方法技术的十分丰富的经验、教训。反之，考古地球物理所取得的技术进步成果，其意义不限于考古领域，完全可以应用到工程勘查、环境调查和资源调查工作中。

五、任务

2001年12月8日，李岚清副总理视察秦始皇陵园内的考古发掘现场，提出建立“秦皇陵公园”。并做了将自然科学技术应用到文物考古探测上来的指示。

2002年1月，科学技术部召集了在京的应用地球物理、遥感、考古等领域专家学者座谈会，探讨采用地球物理与遥感技术对地下文物探测的应用前景。其后广泛地征求了各方的意见和建议。

2002年3月24日，国家文物局对“秦皇陵公园秦始皇帝陵博物院项目建议书”进行批复，原则同意所提建议。

2002年4月30日，科学技术部经过审慎研究，在“863”计划中设立了“考古遥感与地球物理综合探测技术”研究课题，并发布“考古遥感与地球物理综合探测技术”招标书。

课题的总目标为：“以秦始皇陵区为对象，利用遥感和地球物理探测技术进行无损勘查，探测皇陵和皇陵区文物分布，提供判定皇陵地宫存在与否的科学依据”。该课题分为两个子课题，第一子课题为“考古遥感综合探测技术”；第二子课题为“考古地球物理综合探测技术”。课题分期实施，2002年11月至2003年11月实施了第一期工程。第一期工程以方法技术有效性试验为主，兼顾有所发现。

第二子课题第一期工程主要做两件事：

(1) 由于立项前，还没有发现秦始皇陵地宫的考古实据，对秦始皇陵地宫是否就在现封土堆之下和地宫大小、埋藏深度等存在不同看法，因而首要目标是提供封土堆下地宫存在与否的地球物理和地球化学依据。

(2) 秦始皇陵是一处庞大的建筑群，除地宫外还有陪葬坑、陪葬墓、地面建筑遗存及相关地下文物。人们推测目前还有大量的陪葬坑、陪葬墓、地面建筑遗存等尚未发现，因而也要在已经发现的陪葬坑、陪葬墓、地面建筑遗存等地下文物上进行地球物理方法有效性试验，筛选有效、快速、轻便、相对廉价的方法技术，为今后探测上述文物提供方法选择依据。

2002年11月，项目的两个子项目分别正式启动。

2003年4月，“863”项目专家组在京举行项目中期评估。

2003年11月27日，项目专家组在京举行项目验收审核。

六、工作布置与方法选择

本次探测共布置了23条剖面(图0-2)，其中8条路经封土堆，4条位于外城墙之外，见图1-2-7，还在封土堆上进行了磁法面积测量。

其中，路经封土堆的1~6剖面，是探测地宫的主剖面，也兼顾探测其他文物；16剖面是为探测秦始皇陵考古队事先发现的碎石层而布置的，由于位置偏离了碎石层分布区，没有起到实际作用；7、8、9和18剖面是为试验探测墓道方法有效性而布置的；12和19剖面是为试验探测陪葬坑的方法有效性而布置的；11、20、21、22、23剖面是为试验探测陪葬墓的方法有效性而布置的；10和17剖面是为

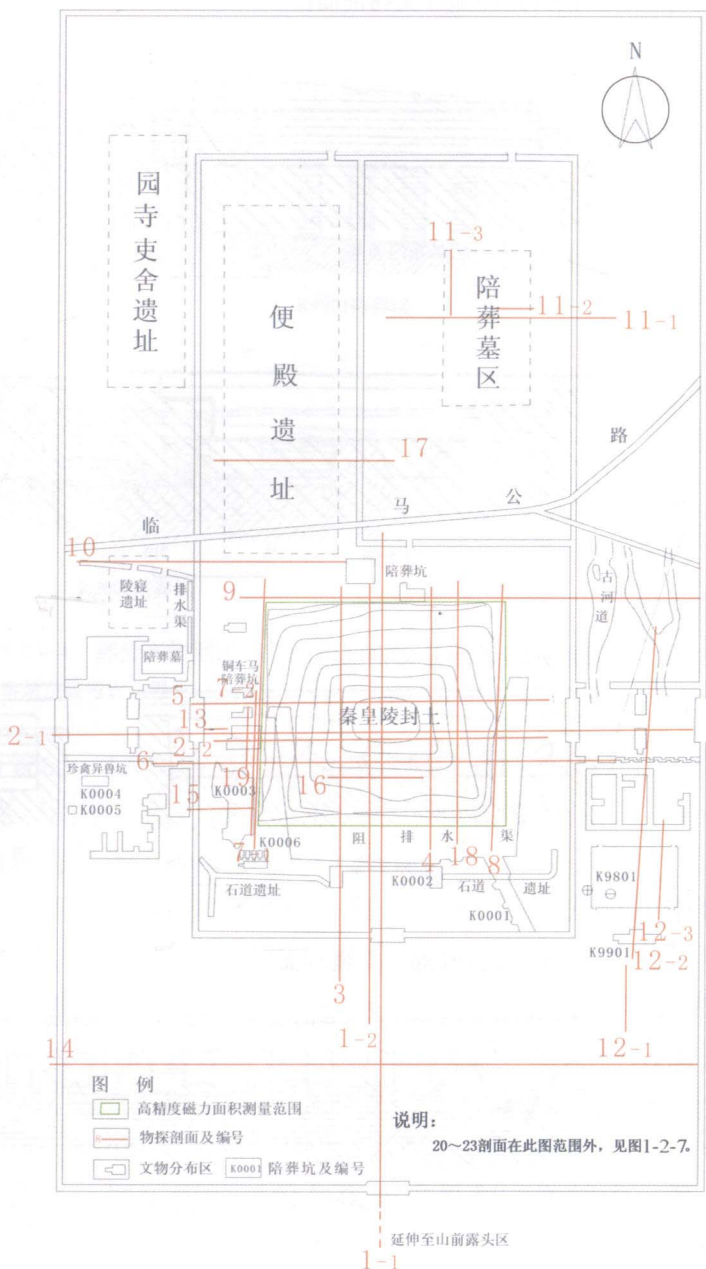


图0-2 工作布置图

(秦始皇陵考古队与中国地质调查局发展研究中心提供, 2003)

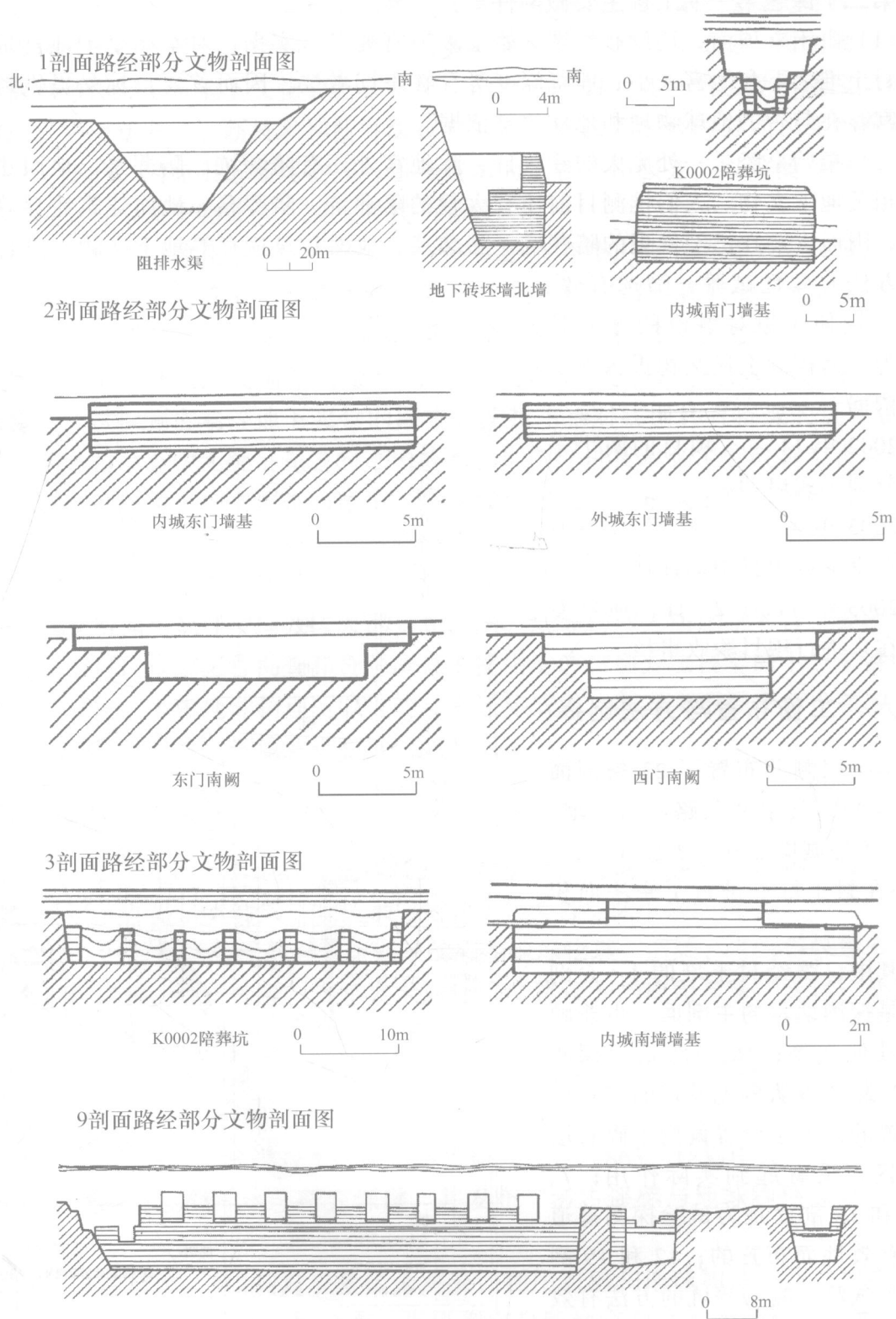
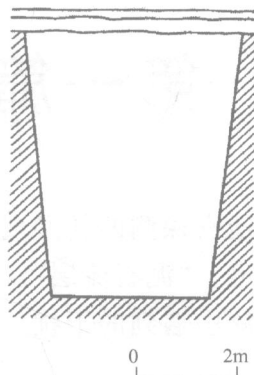
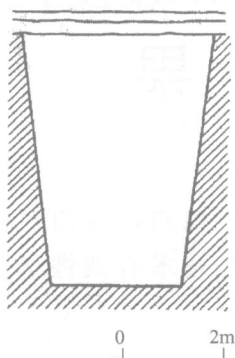
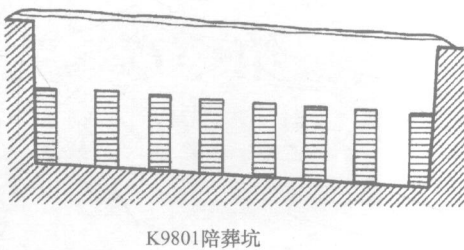
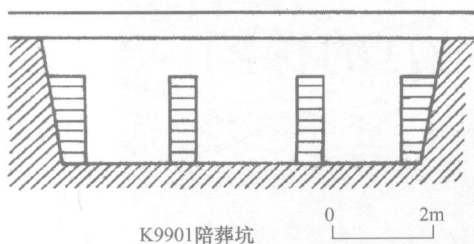


图 0-3 部分文物剖面图
(秦始皇陵考古队提供, 2003)

11剖面路经部分文物剖面图



12剖面路经部分文物剖面图



15剖面路经部分文物剖面图

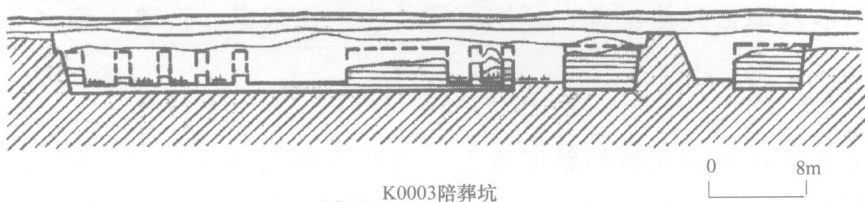


图 0-4 部分文物剖面图
(秦始皇陵考古队提供, 2003)

试验探测地面遗址方法有效性而布置的。13剖面是为试验探测地下排水管的方法有效性而布置的；14剖面是为试验探测“泥石流层”的方法有效性而布置的。

部分剖面路经已知地下文物的形态如图 0-3, 0-4 所示。

在封土堆上, 试验了 20 种 (含亚类) 物探方法——磁法 (地面磁法和井中磁法)、重力、电 (磁) 法 (直流对称四极电阻率测深法、直流激发极化法、复电阻率测深法、瞬变电磁法中心回线和大定源、可控源音频大地电磁法、音频大地电磁法、高密度电阻率法、地质雷达法、自然电场法)、弹性波法 (反射波法、陆地声纳法)、放射性法 (累积和瞬态测氦法)、地温法、核磁共振法和两种 (亚类) 化探方法——土壤汞量测量和壤中气汞量测量。

本文分两篇简要介绍第二子课题第一期工程的试验与探测成果和方法技术。第一篇介绍探测成果；第二篇介绍方法技术。