

文章编号: 1006-6616 (2003) 04-0379-04

# 控距式磁场线圈和检验标位系统的研制及科学意义

张瑞丰<sup>1</sup>, 张景鑫<sup>1,2</sup>

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081; 2. 北京瑞达思科技开发公司, 北京 100081)

**摘要:** 迄今为止使用的磁场线圈间距全为固定式, 而环境又几乎全有较大的磁场梯度。因此理论上设计的均匀性、正交性等随着时空或相辅条件变化而变化时, 就不能实施监测和校正。该系统的研制使线圈间距由固定变成相对均位调控或不对称调控, 可确实补偿客观存在的磁场梯度。从而提高了监测精度, 也有效地解决了磁场梯度的校正问题, 填补了国内这一应用领域的空白。

**关键词:** 磁场线圈; 磁空间工程; 磁场梯度

**中图分类号:** P318.6, TH762.3

**文献标识码:** B

## 0 引言

模拟磁场——无磁空间是一项较专业的技术。国外此类技术产品的开发和研制已有多年。北京瑞达思科技开发公司是主营磁空间工程技术的高新技术经济实体。地质力学研究所和北京瑞达思科技开发公司凭借着从多年来的技术沉淀与积累, 经过多年的对磁空间工程理论和技术认识循环往复的锤炼, 研制出了多种类型磁场线圈、磁发生器等产品, 成功地将这一技术转化, 营造出了国内磁空间工程技术市场上的一片新天地。

2000年在中国地质科学院科技成果转化基金的支持下(基金项目KF0005), 又一次在理论推导与商业产品之间架起了理论技术化、技术工艺化和工艺程序化、产业化的桥梁, 研制成功了控距式磁场线圈(图1)及检验标位系统。这一模拟磁场系统对于地球科学和空间科学等应用领域的进步与发展具有重要的意义。这一系统为磁空间工程技术领域研创了新品, 也为拥有自主知识产权的科技成果转化探索了科技开发的新路。

## 1 磁空间工程技术概述

磁空间主要指工程设计范畴内的两种磁场状态:

收稿日期: 2003-06-15

基金项目: 中国地质科学院科技成果转化基金项目(编号: KF0005)

作者简介: 张瑞丰(1949-), 男, 副研究员, 从事科技开发管理, 参与磁空间工程项目研发。

### (1) 无磁空间

无磁空间也称零磁空间。“无”或“零”是一个相对的概念，一般说，磁场绝对值很小，磁场很弱，“小”、“弱”到仅是地磁的  $1/10^5$  乃至  $1/10^6$ 、 $1/10^7$  量级，或“小”、“弱”到常规检测仪器及物质难以稳定、准确分辨的程度，即称之为无磁。其无磁应用领域的建造就成为一项专门的新兴高技术领域。

### (2) 磁场空间

众所周知，地球本身就是一个巨大的磁体，其周围的环境磁场具有方向、极性、梯度的变化。在一些专业领域里所需的磁场空间往往是超自然的，需要人为制控其磁场强度大小、方向。其磁场类型主要有：(1) 恒定磁场（静磁场，直流磁场），主要由稳定的直流电源产生，也可由永磁物质产生。(2) 交变磁场，由交变电流源产生。

磁空间工程技术根据不同专业应用领域的需求进行研发，从而构筑无磁空间和磁场空间。通常采用以下两种技术形式：(1) 线圈技术；(2) 屏蔽技术。

线圈技术：最经典的是亥姆霍兹线圈及其组合，通过采用线圈技术的精确配制可以实现无磁空间和磁场空间的两种应用功能<sup>[1]</sup>。另外还有其它多种技术形式。

屏蔽技术：利用高导磁金属材料（例如坡莫合金、硅钢板、无磁介质）等构筑屏蔽空间，主要是实现无磁空间的应用功能<sup>[2]</sup>。

线圈技术与屏蔽技术组合：线圈技术可以实现无磁空间和磁场空间的两种功能，而屏蔽技术只能实现无磁空间的单一功能。但是，采用屏蔽技术有“抵消”内源场和外源场的双重作用，而线圈技术对“抵消”内源场却难以施展作用。

一般情况下线圈和屏蔽技术可做如下概略对照：

技术类型	无磁空间范围	排除交变场干扰	减小梯度	工作环境	附属设备	造价
A 线圈技术	较小	不易	不易	同实验室	电源	较低
B 屏蔽技术	$B \approx 4A$	较易	较易	独立封闭	消磁器	$B > 5A$

鉴于应用领域的多元需要，尤其是一些特殊设定需要，无论是无磁空间还是磁场空间，经线圈技术与屏蔽技术进行复合配置后，是可以互为补充、满足应用磁环境的需求的，但工程实施前必须做精确的科学论证，以达到最佳磁场环境 and 应用效果。

## 2 研制历程

20 世纪 60 年代初，根据卓越科学家李四光先生的亲自授意，地质力学研究所为加强岩石的古地磁测试研究，研制了国内第一套无磁空间（磁场线圈）系统<sup>[3]</sup>，并在所属实验基地启用。这些系统几十年来一直运转正常。使其配套仪器获得大量的磁科学可靠数据，80 年

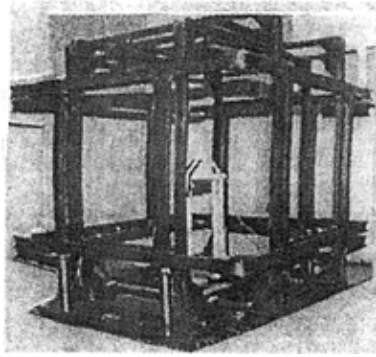


图 1 控距式磁场线圈

Fig. 1 Adjustable magnetic field coils

代初在引进美国同类设备之际,又自行研制了两套叠加组合的磁场线圈系统,使地质力学研究所形成了当时国内磁空间学科研发最早、建立实验基地最大、研发设施最完备的科研院所。90年代初随着改革开放力度的加大,科研院所重组整合的深化,地质力学研究所由研究室脱颖出来的科技人员组建了主营磁空间工程的科技型经济实体——北京瑞达思科技开发公司,从而加快了科研成果转化,向科技成果市场和产业化方向迈出了坚实的一步。

90年代后期,随着我国国民经济的飞速发展和高新技术在世界范围内的崛起,使模拟磁场——无磁空间技术的应用在国内显示出了迅猛发展的态势:从航天飞行器、水下运行体的制控,到生命科学领域中寻求环绕磁场条件的匹配;从“神舟三号”搭载的动物、植物对宇宙磁场的探索,以及现代尖端的科学技术都触及到了环境磁场的新命题。磁空间工程应用制作技术广阔的市场发展前景催人奋进,令人鼓舞。

迄今为止使用的磁场线圈间距全为固定式,其环境又几乎全有较大的磁场梯度。因此理论上设计的均匀性、正交性等随着时空或相辅条件变化而变化时,就不能实施监测和校正,大大减弱了其应用范围和可调整精度。北京瑞达思科技开发公司根据市场的需求,经反复的可行性论证,提出了控距式磁场线圈的研创申请。在立项获准后的研发过程中,他们在反复推导过程中不断提升理念创新的同时,多次校验实施技术工艺的装配程序。在制作中,对工程结构的正交调节点进行技术攻关,实施了先由固定改活动、再由活动改精确调节的技术路线。在磁场线圈配对的均匀补偿调节过程中,经过对应调节、局部调节和整体调节使技术标准精确到位。

《控距式磁场线圈及检验标位系统》的研制成功使磁场线圈间距由固定变成相对均位调控或不对称调控,可确实补偿客观存在的磁场梯度。从而提高了监测精度,也有效地解决了磁场梯度的校正问题,从而也填补了国内这一研究领域的空白。

### 3 科学意义

本系统经受验单位严格检测后,被纳入了国家有关部门设立的计量规范——三维磁感应强度标准系统。随后又在应用实施中,根据国家有关部门有关提升计量机构技术水准的要求,又完成了若干关键技术环节的跨越。从技术参数看,这一科技创新产品与国际同类产品对比,有3个重要创新点:①机械构造带来的正交不确定补偿;②改变轴向方位;③校准每对线圈的同轴平行度、垂直度。

据悉,国外许多生命科学研发机构都在展开不同磁场条件的生命反应的课题;国外一些高水准的医院早已把磁疗扩展到磁空间理疗的范畴,尤其是一些医学物理检测手段正在被专家们质疑,因为受检客体在环境磁场的干扰下所提供的信息是否真实、准确一直缺乏实验证明;国内外一些农业和植物研发基地正在无磁空间和模拟量磁场空间中做种子滞留试验,用以分析良种培育的多边条件和良种筛选的最佳方法。

不言而喻,磁空间工程技术已跨入生命科学等广泛领域,其应用领域及市场前景不可估量。

控距式磁场线圈及检验标位系统的诞生,可使迄今为止使用的磁场线圈间距一改固定式,将有效抵御环境磁场梯度。改写了理论上设计的均匀性、正交性等随着时空或相辅条件变化而变化时,不能实施监测和校正的历史。该系统的研制成功使线圈间距由固定变成相对均位调控或不对称调控,不但大大提高了监测精度,而且也有效地解决了磁场梯度的校正问

题,从而更精确地校正了环境磁场的真值。

该系统的研制成功,不仅对经典的无磁空间线圈结构提出了创新思路,也填补了此类技术设计的国内空白,由此将对地球科学和空间科学等应用领域的进步与发展作出贡献。

### 参 考 文 献

- [1] [英] D. W. 柯林森著. 岩石磁学与古地磁学方法 [M]. 北京: 地震出版社, 1989.
- [2] 地磁学教程 [M]. 中国科学技术大学地球物理教研室编. 北京: 地震出版社, 1986.
- [3] 赵凯华, 陈熙远. 高等学校试用教材. 电磁学 [M]. 北京: 人民教育出版社, 1978.

## DEVELOPMENT AND SCIENTIFIC SIGNIFICANCE OF ADJUSTABLE MAGNETIC FIELD COILS AND THE STANDARD LOCATION CHECKOUT SYSTEM

ZHANG Rui-feng<sup>1</sup>, ZHANG Jing-xin<sup>1,2</sup>

- (1. *Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081;*
- 2. *Beijing Radiance Science & Technology Development Company, Beijing 100081*)

**Abstract:** Before the successful development of this system, the coil spacing in the magnetic field coil system was fixed and there are large magnetic gradients in almost all the environment; therefore, the uniformity and orthogonality designed theoretically were not adjustable or able to be supervised or corrected when the environment changed. The development of this system makes the coil spacing relatively equally adjustable or asymmetrically adjustable and so can compensate the magnetic gradient in the objective environment, thus raising the precision of supervision, solving the problem of the magnetic gradient correction effectively and filling in the gap in this application in China.

**Key words:** magnetic field coils; magnetic space project; magnetic gradient