

# 铁路隧道航空电磁法勘探规程

# 目 次

<b>1</b>	<b>总 则</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>术语和符号</b> .....	<b>2</b>
	2.1 术 语 .....	2
	2.2 符 号 .....	4
<b>3</b>	<b>基本规定</b> .....	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>全航空电磁法</b> .....	<b>7</b>
	4.1 一般规定 .....	7
	4.2 观测设计 .....	7
	4.3 仪器设备 .....	8
	4.4 数据采集 .....	9
	4.5 资料处理与成果解译 .....	11
<b>5</b>	<b>地空电磁法</b> .....	<b>14</b>
	5.1 一般规定 .....	14
	5.2 观测设计 .....	14
	5.3 仪器设备 .....	18
	5.4 资料采集 .....	19
	5.5 数据处理与成果解译 .....	21
<b>6</b>	<b>航空磁测</b> .....	<b>24</b>
	6.1 一般规定 .....	24
	6.2 观测设计 .....	24
	6.3 仪器设备 .....	25
	6.4 资料采集 .....	26
	6.5 数据处理与成果解译 .....	28
<b>7</b>	<b>航空放射性测量</b> .....	<b>31</b>
	7.1 一般规定 .....	31
	7.2 观测设计 .....	31
	7.3 仪器设备 .....	34
	7.4 数据采集 .....	37
	7.5 资料处理与成果解译 .....	39
<b>8</b>	<b>航空重力测量</b> .....	<b>42</b>
	8.1 一般规定 .....	42
	8.2 观测设计 .....	42
	8.3 仪器设备 .....	43
	8.4 数据采集 .....	45
	8.5 资料处理与成果解译 .....	49
	附录 A 地空电磁法发射数据记录班报 .....	51
	附录 B 地空电磁法接收端数据记录班报 .....	52
	附录 C 地空电磁仪器系统参数指标 .....	53
	附录 D 航空重力仪检测结果记录表 .....	54
	附录 E 航空重力仪测量质量统计表 .....	55
	附录 F 航空放射性测量记录表格 .....	56
	附录 G 航空伽玛能谱测量各项参数计算 .....	59

引用标准名录.....	错误!未定义书签。
用词说明 .....	<b>66</b>
附：条文说明 .....	<b>68</b>

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范铁路航空物理勘探技术要求，丰富复杂艰险山区铁路工程物理勘探方法，提高勘察效率和质量，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于铁路航空物理勘探工作。

**1.0.3** 复杂艰险山区铁路航空物理勘探宜采用全航空电磁法、地空电磁法、航空磁测、航空放射性测量和航空重力测量等综合勘察技术，并应综合考虑勘察目的、勘察阶段、地形地质、气候环境、干扰因素、交通条件等因素综合选用航空物理勘探手段。

**1.0.4** 铁路航空物理勘探应采用综合勘探和综合分析方法，并积极应用新技术、新方法。

**1.0.5** 铁路航空物理勘探应遵守有关环境保护、水土保持及安全生产等方面的法律、法规。

**1.0.6** 铁路航空物理勘探除应符合本规程外，尚应符合国家现行的有关强制性标准和中国工程建设标准化协会标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 全航空电磁法 airborne electromagnetic method

将电磁信号接收设备搭载在直升飞机等飞行平台上，观测发射装置激发的人工场源或天然形成的电磁场源在地下地质体产生的感应场信号，并分析其信号进而获取地下介质电性参数和特征。

#### 2.1.2 地空电磁法 ground-air electromagnetic method

在测区附近地面上布设大功率场源，并向地下发射电磁场，在空中利用无人机等飞行平台搭载接收仪，观测地下地质体感应产生的电磁场信号，进而分析获取地下介质电性参数和特征。

#### 2.1.3 航空磁测 aeromagnetic method

将航空磁力仪装载在飞行器上，通过观测和分析岩石、矿石（或其他勘探对象）磁性差异所引起的磁异常，进而研究地质构造、岩性界限以及矿产资源等目标体的分布规律。

#### 2.1.4 航空放射性测量 airborne gamma-ray spectrometric survey

根据天然或人工放射性核素的伽玛射线能量差异，利用航空伽玛能谱测量系统确定地表岩石、土壤和大气中的钾、铀、钍和其它放射性核素含量及其分布的一种方法。

#### 2.1.5 航空重力测量 airborne gravity survey

将航空重力测量系统装载在飞行平台上，通过观测和分析岩石、矿石（或其它勘探对象）密度差异引起地球重力场(异常)，进而研究基础地质、矿产及能源等的一种地球物理方法。

### **2.1.6 正常场 normal field**

物理场的相对平稳部分，又称背景场。

### **2.1.7 异常 anomaly**

偏离正常场并超过一定数值的物理场。

### **2.1.8 物性 physical properties**

探测对象所具有的物理性质。

### **2.1.9 视电阻率 apparent resistivity**

在地下介质电阻率不均匀的情况下，用均匀介质的电阻率理论表达式计算得到的等效电阻率值。其数值与介质电阻率、介质形态和观测条件有关。

### **2.1.10 反演电阻率 inversion resistivity**

根据观测的电磁场资料，采用反演方法计算所得到的地下断面电阻率。

### **2.1.11 资料解译 data interpretation**

分析物探数据特征，确定探测对象的几何参数和物性参数，综合研究多种资料，判断引起异常的原因，说明成果的物理意义、地质意义和工程意义。根据解释深入的程度分为定性解释、定量解释和地质解释。

## 2.2 符号

$H$ ——磁场强度

$\text{dB}/\text{dt}$ ——磁场强度随时间的变化率

$\rho_s$ ——视电阻率

$\sigma$ ——电导率

$I$ ——发射电流为发射电流幅值，

$AB$ ——发射导线长度，

$\rho_E$ ——测区地下平均电阻率，

$S_R$ ——接收系统灵敏度系数，

$V_N$ ——环境噪声电压幅值。

### 3 基本规定

**3.0.1** 铁路工程地质勘察遇下列条件时，宜采用航空物理勘探技术：

1 艰险山区，人员难以到达、常规勘察设备运输困难，无法开展常规地面勘察工作。

2 高海拔高寒缺氧无人区或受自然生态环境保护，难以开展常规地面勘察工作。

3 不良地质和特殊岩土发育、线路比选方案较多的地区。

4 地形、地质条件复杂的桥梁、隧道、路基等工点。

**3.0.2** 铁路航空物理勘探应按收集资料、踏勘、编制计划、资料采集、资料处理、资料解释和报告编写的程序进行。

**3.0.3** 铁路航空物理勘探前，应收集和分析测区及邻区地质、地球物理、钻探、测绘、地形地貌、水文和气象等资料。

**3.0.4** 铁路航空物理勘探前，应前往测区现场踏勘，了解飞行作业条件，包括：管制测量区域空域的相关部门、空域繁忙程度、作业机场、夜航条件、空中与地面保障条件、交通条件、气候变化和生活保障等。

**3.0.5** 铁路航空物理勘探应在保证安全的条件下，采取措施尽量降低飞行高度，以提高地下地质体感应信号的强度。

**3.0.6** 铁路航空物理勘探技术成果应结合各类航空物探手段进行综合分析。

**3.0.7** 铁路航空物理勘探资料整理应和铁路勘察成果资料匹配，形成相应的图纸化表达，便于使用。

**3.0.8** 铁路航空物理勘探宜采用CGCS2000国家大地坐标系统和 1985

国家高程基准。

**3.0.9** 铁路航空物理勘探应进行重复线质量检查，重复线的测线长度应大于总测线长度的 5%。

**3.0.10** 铁路航空物理勘探仪器设备应定期检查、检定、标定和保养。

**3.0.11** 铁路航空物理勘探成果资料应及时交付给地质、线路和隧道等专业。

## 4 全航空电磁法

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 大高差艰险山区长大深埋隧道地面物探实施困难时，可采用全航空电磁法。

**4.1.2** 全航空电磁法可分为全航空瞬变电磁法和全航空大地电磁法，探测时应根据隧道埋深选用或联合使用。

**4.1.3** 全航空电磁法可用于下列地质解译：

- 1 岩体物性差异较大的地层界线。
- 2 地质构造、断层产状和破碎带宽度。
- 3 岩溶发育段落或富水岩体的空间分布特征。

### 4.2 观测设计

**4.2.1** 开展全航空电磁法数据采集前，应开展下列工作：

- 1 资料收集与踏勘。
- 2 确定测区范围及测线布置。
- 3 通过现场试验确定飞行高度、速度等飞行参数，以及发射和接收装置工作参数。
- 4 导航定位设备、高度测量设备应进行检查校验，并测试系统灵敏度、波形等参数。

**4.2.2** 全航空电磁法测线设计，应满足下列要求：

- 1 尽量避开电磁干扰严重区域。
- 2 测线不宜少于 3 条，在线路中线布置 1 条测线，其余测线在两侧对称平行布置测线。

3 最外侧两条测线间距离宜为勘探深度的 2 倍，布设多条测线时线间距向两侧逐渐变大。

4 测线纵向长度应在隧道两端适当外延，每端外延长度应大于勘探深度。

5 飞行过程中宜沿地形平稳、等高飞行，离地高度和飞行速度在安全前提下应尽量小。

### 4.3 仪器设备

4.3.1 在全航空瞬变电磁法资料采集时，使用物探仪器设备的主要部件和技术指标应符合下列规定：

1 主要部件应包括：发射装置、接收装置、GPS 定位计、雷达高度计以及数据采集与收录系统等。

2 全航空瞬变电磁仪器主要技术指标宜符合表 4.3.1 所列参数的规定。

表 4.3.1 全航空瞬变电磁法勘探仪器设备系统主要技术参数表

参数	技术指标
发射基频	$\leq 30\text{Hz}$
发射磁矩	$\geq 10000\text{Am}^2$
飞行速度	$\leq 100\text{km/h}$
采样率	$\geq 100\text{kHz}$
电流	$\geq 50\text{A}$
关断时间	$\leq 3\text{ms}$

4.3.2 在航空大地电磁法资料采集时，使用物探仪器设备的主要部件和技术指标应符合下列规定：

1 空中接收线圈、GPS 导航定位仪、资料收录系统、高度计等量程范围应满足勘探目的要求。

2 全航空大地电磁仪主要技术指标宜符合表 4.3.2 所列参数的规定。

表 4.3.2 航空大地电磁法勘探仪器设备系统主要技术参数表

参数	技术指标
采样率	$\geq 100\text{kHz}$
测量信号	$H_x$ 、 $H_y$ 、 $H_z$ 或 $H_z$ (空中) · $H_x$ 、 $H_y$ (基站)
测量频率	最低频 $\leq 50\text{Hz}$ · 最高频 $\geq 1000\text{Hz}$

4.4.3 在全航空电磁法资料采集中，综合考虑安全性能、飞行高度、续航能力、载重量、吊挂载重等因素选用适宜的直升机作为飞行平台。

## 2.1 数据采集

4.4.1 全航空电磁法资料采集程序主要包括仪器设备系统组装、地面测试、空中测试及资料采集等，资料采集应按图 4.4.1 流程进行。

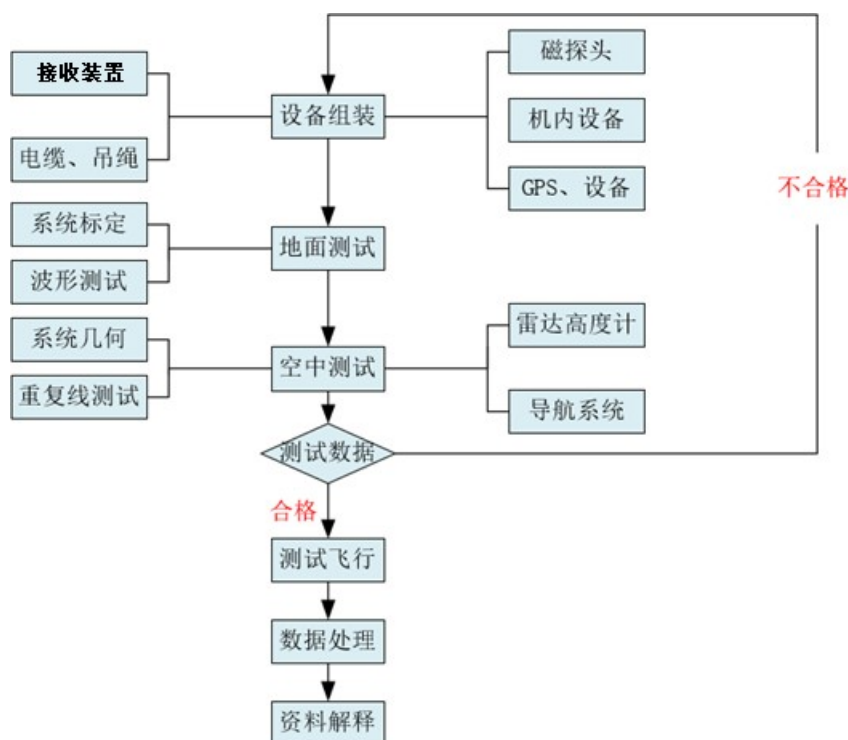


图 4.4.1 航空电磁法资料采集流程图

4.4.2 在全航空电磁法资料采集前，应对雷达高度计进行测试。

4.4.3 在全航空瞬变电磁法资料采集前，应对物探仪器设备系统进行系统灵敏度、系统几何和全波形系统标定等测试，测试应满足以下规

定：

**1 系统灵敏度：**系统测试灵敏度与系统出厂时灵敏度的比值应小于±10%的误差要求。

**2 系统几何：**线圈应保持水平姿态，并且发射线圈、接收线圈和补偿线圈应处于最优平面，吊挂结构合理，飞行过程平稳，不同分量的电磁测量参考值均应在正常范围内，变化规律符合实际情况。

**3 全波形系统标定：**标定文件资料应符合测量系统技术指标。

**4.4.2** 在全航空瞬变电磁法资料采集时，应先进行背景场测量，再进行测线飞行，最后再次进行背景场测量并符合下列规定：

**1 背景场资料采集：**每架次测线飞行前后均应进行背景场飞行。首先进行背景场飞行，待第一次背景场飞行完成、第一次测线飞行25~35min后应进行第二次背景场飞行；待第二次背景场飞行完成、第二次测线飞行一小时后应进行第三次背景场飞行，直至该架次飞行结束。背景场飞行高度宜为800~1000m，飞行时间2~3min。

**2 测线飞行资料采集：**测线飞行时应沿地形平缓起伏飞行，线圈离地高度应不大于150m，飞行速度≤100km/h。

**3 测线资料质量：**同一测线沿不同方向飞行采集资料时，电磁响应形态和波形应基本一致。

**4 背景场动态噪声：**背景场晚期道Z分量dB/dt的噪声水平应小于1nT/s。

**4.4.3** 在全航空大地电磁法资料采集前，应对物探仪器设备系统进行系统几何、基站线圈脉冲发生器及干扰信号强度、机载线圈脉冲信号器等测试，测试应满足以下规定：

**1 系统几何：**线圈应保持水平姿态、吊挂结构合理以及飞行过程平稳。

**2 基站线圈脉冲发生器及干扰信号强度：**基站线圈电磁响应与测试信号的峰值和频率应基本一致，基站附近电力线监测信号强度应小于 1.2dB 。

**3 机载线圈脉冲信号器：**机载线圈电磁响应与测试信号的峰值和频率应基本一致。

**4.4.4** 在全航空大地电磁法资料采集时，应先进行基站测试，再进行测线飞行。其中，测线飞行应满足下列规定：

**1 线圈离地高度：**不大于 180m，飞行速度小于 100km/h。

**2 测线资料质量：**在同一测线采取不同飞行方向采集资料时，电磁响应形态和波形应基本一致。

#### **4.4 资料处理与成果解译**

**4.5.1** 在全航空电磁法资料处理中，应使用全航空电磁法专业资料处理软件系统。

**4.5.2** 资料处理的最终结果为应包括：

**1** 由多条测线组合资料处理的线路中线三维联合反演电阻率断面图。

**2** 全航空瞬变电磁法勘探中线三维反演电阻率断面图。

**3** 全航空大地电磁法勘探中线三维反演断面图。

**4** 全航空大地电磁法勘探中线三维反演电阻率断面图。

**4.5.3** 全航空瞬变电磁法资料处理分为预处理和资料处理两部分，两部分资料处理的主要流程应包括：

1 预处理流程：背景场去除、天电噪声去除、运动噪声去除、抽道。

2 资料处理流程：记录点位置校正、时间常数计算、电阻率深度成像。

**4.5.4** 全航空大地电磁法资料处理的主要流程应包括：响应计算、视电阻率二维反演、视电阻率三维联合反演。

**4.5.5** 全航空电磁法资料解释应在综合分析地质调绘、钻探和全航空电磁法勘探资料的基础上，除遵循从已知到未知、先易后难、点面结合、反复认识、定性指导定量的总体原则外，还应符合下列规定：

1 综合分析线路中线三维联合反演电阻率断面图以及地质资料，以物探资料为主、地质资料为辅。

2 考虑反演电阻率断面图中的背景值、低阻异常形态、低阻异常值及其梯度值等因素，对主要地层界线、断层破碎带以及岩体的破碎、软弱、岩溶发育和含水程度进行判释。

3 根据反演电阻率断面图中异常的形态和梯度带位置准定量确定异常边界。

4 结合地质资料，把反演电阻率断面图中向下贯通延伸的电阻率梯度带或向下贯通延伸的条带状低阻异常解释为断层破碎带。

5 根据反演电阻率断面图中电阻率值的相对大小、由低至高，把其余低阻异常和区域分为物探 V 类异常、物探 IV 类异常、物探 III 类异常以及物探 II 类区域，分别对应极破碎、极软弱、岩溶强烈发育或富水岩体；破碎、软弱、岩溶中等发育或含水岩体；较破碎、较软弱或岩溶弱发育岩体以及较完整岩体。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要  
下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/315120143103011131>