

油气自电法在东胜地区隐蔽油砂矿 勘探中的应用

拜文华¹, 杜庆丰², 肖渊甫³, 严启团¹

(1. 中石油勘探开发研究院廊坊分院, 河北廊坊, 065007; 2. 中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 河北廊坊, 065000; 3. 成都理工大学, 成都, 610059)

摘要: 在隐蔽油砂矿上方地表, 存在着与之对应关系良好的负电位天然场, 可以用于发现隐蔽油砂矿的平面位置。但在对其观测的过程中, “接地电位”、“日变”等可严重影响油砂自电异常的解释和应用效果。数据采集精度和处理技术问题, 已成为影响利用该方法勘查油气及油砂矿有效性及可靠性的“瓶颈”问题。通过大量实践和研究解决上述问题, 取得了良好的效果。在鄂尔多斯盆地东胜地区利用油气自电法进行了油砂勘查试验, 其结果通过钻探得到了证实, 为隐蔽油砂矿的勘查提供了一种经济有效的方法。

关键词: 油气自电法; 隐蔽油砂矿; 接地电位; 日变; 东胜

中图分类号: P618.130.2¹

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2008)02-0154-07

全球油砂资源非常巨大, 油砂油可采资源量约为 6 510 亿桶 ($103.5 \times 10^9 \text{ m}^3$), 占世界油气资源可采总量的 32%。世界上油砂丰富的国家有加拿大、前苏联、委内瑞拉、尼日利亚和美国^[1], 其中加拿大居首位, 其油砂勘探开发走在世界的前列, 现已进入大规模商业开发阶段, 计入油砂资源储量后, 加拿大的石油储量已增至 1 800 亿桶, 成为仅次于沙特阿拉伯的全球第二大储油国。可见, 油砂是重要和现实的非常规石油资源^[2,3]。

中国目前油砂勘探工作刚刚起步, 主要是在盆地边缘油苗及油砂露头部位采用地质预测及钻探为主的方法进行勘探。因靠近露头, 发现的油砂矿通常含油率低、分布面积小, 勘探及选区工作陷入了困境。但按照油砂矿的成因及成矿模式推测, 在缺乏油砂露头的广大地区还应存在有含油率高、分布面积大、埋深适中的隐蔽油砂矿, 这是今后油砂勘探的主要方向。但目前能露天开采的油砂矿要求埋深小于 75 m, 而在这种深度范围内, 地震勘探技术无论是从成本及技术上用于油砂勘探都是不现实的。

油气自电法(OGSP)能提供隐蔽油砂矿体的平

面位置信息。在鄂尔多斯盆地东胜巴德马岱工区利用油气自电法进行了油砂勘查试验, 其结果通过东砂 4 井的钻探得到了证实, 为隐蔽油砂矿的低成本勘探提供了一种可能的方法。

1 OGSP 法基本原理及瓶颈问题

1.1 油气自电法(OGSP)原理发展史

在油气田上方地表, 存在着与油气田对应关系良好的负电位天然场。上世纪 70 年代, 美国学者 S. J. Pirson 等根据油气田自电测井异常, 提出了在油气田上方存在着垂直方向的氧化还原电流, 证明了地面上存在与油气藏有一定对应关系的自电异常。认为是烃类垂直运移造成的“烟囱效应”使油气田上方存在有柱状的碳氢化合物扩散晕, 富含负离子, 使得油气田上方的岩石柱体的电化学特征与围岩具明显差别, 因此地面上可观测到低、缓、宽的自电负异常^[4]。80 年代以来, 国内多家油田通过大量的实践, 证实激电异常与油田上覆地层的次生黄铁矿有关, 而次生黄铁矿又与油气渗漏和逸散关系密切, 由此说明激电异常与深部油储的内在关系^[5]。90 年代, 杜庆丰等通过大量的实践及对电测井资料的分

收稿日期: 2008-02-25 责任编辑: 刘新秒

基金项目: 国家油气专项: “全国新一轮油气资源评价”子课题“全国油砂资源评价”(ZP-S-06); 中国石油天然气股份有限公司生产研究项目“油砂资源调查”(2004-2007)

作者简介: 拜文华 (1969-), 男, 高级工程师, 石油地质专业, 主要从事非常规油气及新能源勘探开发研究, Email: baiwh696@sohu.com。

析,认识到该负电位场与油气藏垂向对应关系极其良好。油气层的电子相对围岩是过剩的,在围岩与油气层的正、负极的作用下,形成了油气田上方的自然负电位场,为此,暂将此方法命名为“油气自电法(OGSP)”法^[6]。

激发极化电场法寻找油气藏,在中国已取得十分良好的地质效果^[7-10]。根据华北、西南、西北、华东等地大小20余个油田实测结果,油气藏上方有一个规模大致相当的激电异常区,以此圈定油气藏范围,发现新油储,确定钻井位置,都是十分成功的。油气自电法能否用于隐蔽油砂的勘探,从理论上说,隐蔽油砂矿与油气藏在形成地表负异常的机理上是相同的,而且隐蔽油砂矿埋藏浅,保存条件比常规油气藏差,烃类垂直运移散失量更大,更易形成较强的负电位异常。

1.2 OGSP 观测的瓶颈问题及突破

无论负电位场的形成机制如何,其上方地表存在着对应良好的负电位场确是不争的事实。人们对油气藏自电勘探有效性的怀疑,并非指异常存在与否,主要是因为这个异常十分微弱,怀疑测量及处理方法对它的分辨能力,这成为OGSP观测的障碍所在。

在油气自电法勘探工作中,多采用“梯度法”即电位差观测。传统方法观测处理的数据,往往重复性差,尤其在长剖面测量中,表现更为突出,所测的结果往往无法解释。在大面积工作中,同方向平行测线间的结果往往不可对比,特别是纵横向测线在交汇点处的电位值常常自相矛盾,以致很难绘出客观的平面成果图。这些严重地影响了对油气电位异常的解释并极大地影响了该方法的应用效果。其问题主要在于:

(1)油气电位异常的绝对值一般在十几毫伏左右,而电极与大地的接触电位亦可达十几毫伏甚至更高。在进行梯度电位异常转换为油气电位异常的累积过程中,溶进如此强大的干扰信号,可致使整个曲线面目全非。而接触电位的大小,取决于接触介质的性质、温度、湿度、浓度、接触电阻等多种随机因素,以往的观测很难控制这一干扰。

(2)高、中频的大地电场干扰,主要来自工业散电场及大地电场“日变”。高幅值的高频干扰尽管有时只是个别观测点的问题,但经累积后,实际影响于整个观测剖面。大地电场的“日变”问题乃是一

个极其复杂的问题,理论上它不可能采取类似磁场日变改正的做法加以去除。

综上所述,该方法在油气及油砂勘探中的数据采集精度和处理技术问题,事实上成了影响该方法有效性及可靠性的“瓶颈”问题。

经过对上述问题的反复分析、试验,杜庆丰等摸索出一套行之有效的办法,突破了该问题的束缚。经过近年来的广泛实践,所获得的油气电位测量结果基本上消除了一般电位场中的主要干扰,多次观测的结果,重复性很好。措施主要有二条:1)研制开发了一套油气自电法专用的仪器,2)开发了一套“自适应抗干扰的油气自电法实测数据整理方法”及处理软件,构成了DH观测处理系统。另外选择稳定性好的电极,严格执行多年工作中总结并完善的野外工作规程等,有效地消除了观测数据中的各种干扰,保证了观测数据的可靠性和可重复性。

近十年来,利用该方法在十多个油(气)田及油气远景区,开展了十多种非地震物化探方法的多参数直接找油气的试验研究工作,经过不断的反复对比研究,认为油气自电法(OGSP)在直接寻找油气上是行之有效的。随着近几年来对油气自电法寻找油气方法在理论上进行的更深入研究,从根本上解决了观测重复性的问题,大大提高了该方法的精度。改进后,先后在多个油田及众多区域多次承担勘查任务,取得了理想的勘查效果。这是第一次把该方法用于油砂勘探实践。

2 工作目的及工区基本情况

2.1 工作目的

此次工作,旨在探索油气自电法寻找隐蔽油砂矿的可能性,查明勘查剖面上的相对富油部位及可能的油砂分布位置,为布设油砂钻井提供参考依据,并通过钻探验证勘查方法的有效性。

2.2 测线位置及地面条件

鄂尔多斯盆地油气资源非常丰富,是我国重要的含油气盆地之一。其北部东胜以北的乌兰格爾凸起南坡,长期为油气有利运移指向区,地表有白垩系油气苗及油砂分布^[11,12]。这些油气苗来源于鄂尔多斯盆地石炭-二叠系,深部石炭-二叠系油气沿奥陶系不整合面上升至浅部的乌兰格爾凸起南坡,进入与不整合面接触的物性较好的白垩系砂层中形成油砂。个别地方冲沟发育,油砂层在冲沟中露出,

形成零星的油砂露头或油气苗。但在总面积为 600 km² 的乌兰格爾凸起南坡有利区内, 油砂矿层则覆盖在厚度 30 ~ 100 m 的白垩系砂泥岩层之下, 属于隐蔽油砂矿, 其分布范围、厚度、含油性不清, 有待勘探。但如此大的面积, 用钻探方法势必要造成工作量巨大, 勘探成本增高的结果。如果在该区采用油气自电法寻找隐蔽油砂矿获得成功, 不但能降低成本, 还在方法上产生新的突破。于是, 在鄂尔多斯盆地北部东胜以北的乌兰格爾凸起南坡有白垩系油气苗及油砂分布区, 本次油气自电的试验区即位于中部的耳字壕乡巴则马岱村一带。地表为半草原或半沙漠, 发育一条南北向的季节性河流及若干条方向不同的冲沟, 地表浮土不发育。

主测线沿耳字壕哈拉川西岸山梁布设, 方位约北东 15 度, 长度约 30 km, 自北向南经过沟心召、吴家梁、召沟、巴德马岱、康家湾, 至康家湾以南。后来还在南北两端异常有利部位布置了两条短十字剖面, 进一步验证异常的真实性。测线具体位置见图 1。

3 工作及完成情况质量评价

3.1 工作方法

采用 GPS 确定点位并测定高程, 点距 100 m。在布设的约 30 km 的勘查剖面上, 采用 DH 油气自电仪开展 OGSP 方法的勘查工作。

3.2 工作完成情况及质量评价

野外现场施工及数据采集是物探方法的基础及关键, 本次采取了多种措施保证了数据的真实性及代表性, 克服了油气自电法的应用瓶颈。施工中完成物理观测点 283 个, 各测点均进行自检与互检工作。主要检查工作有: 1) 野外观测仪器(DH 油气自电仪)一致性检测; 每天对投入使用的各台仪器观测一次, 仪器间误差要求不超过 0.1mv; 2) 电极极差小于 3.0 mv, 及时淘汰不合格电极; 3) 自检误差小于 0.3 mv; 4) 互检误差小于 2.0 mv; 5) 每天将野外工作结果输入计算机, 对每一个作业组的工作及时检查, 并作出综合质量评价, 对质量不合格的及时查明原因, 并进行返工, 从根本上保证了施工质量, 合格率 100%。

4 数据处理方法及结果

4.1 OGSP 数据处理方法及主要步骤

利用 OGSP 数据处理系统对观测数据进行处

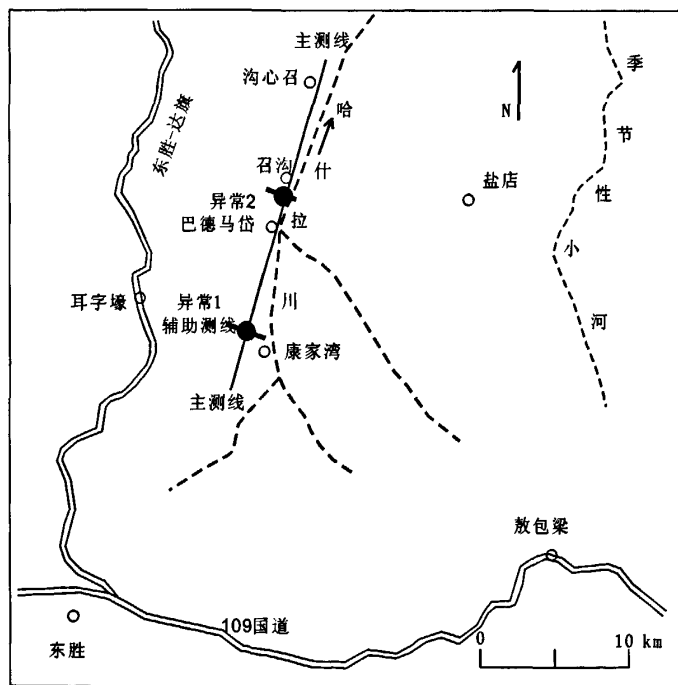


图 1 东胜哈拉油气自电法测线位置图

Fig.1 The counting lines location map of oil-gas self-potential method at Dongsheng, Ordos Basin

理,主要包括野外资料计算机检测-极差校正-快干扰滤除-梯度累积-信号分离-全区日变改正-全区背景确定并统调几个步骤。

(1)利用计算机对当天野外资料进行检测,根据综合质量情况进行质量评价打分,对低于95分的进行返工;

(2)对每天日变情况进行分析,进行当天的日变改正;

(3)进行工期范围内的日变改正,作全工期日变改正;

(4)对所做的环线,交错线进行误差分配,采用调平技术,进行全区测线的系统调平;

(5)对统调后的数据进行高通滤波,剔除浅部

干扰。

4.2 数据文件及处理结果

根据测点坐标数据、原始数据文件,采用上述方法及软件,获得主剖面及两条十字剖面地改前后的处理结果数据文件及图形文件(图2)。

5 解释推断

从油气自电(OGSP)剖面解释图(图3)可以看出:整个剖面油砂及油气异常分布广泛,但规模均不大。反映出该剖面含油情况区别较大,总体含油性不够良好。

存在两个异常中心,分别位于402,514号点,并在异常点进一步作了十字测线加以验证。结合该

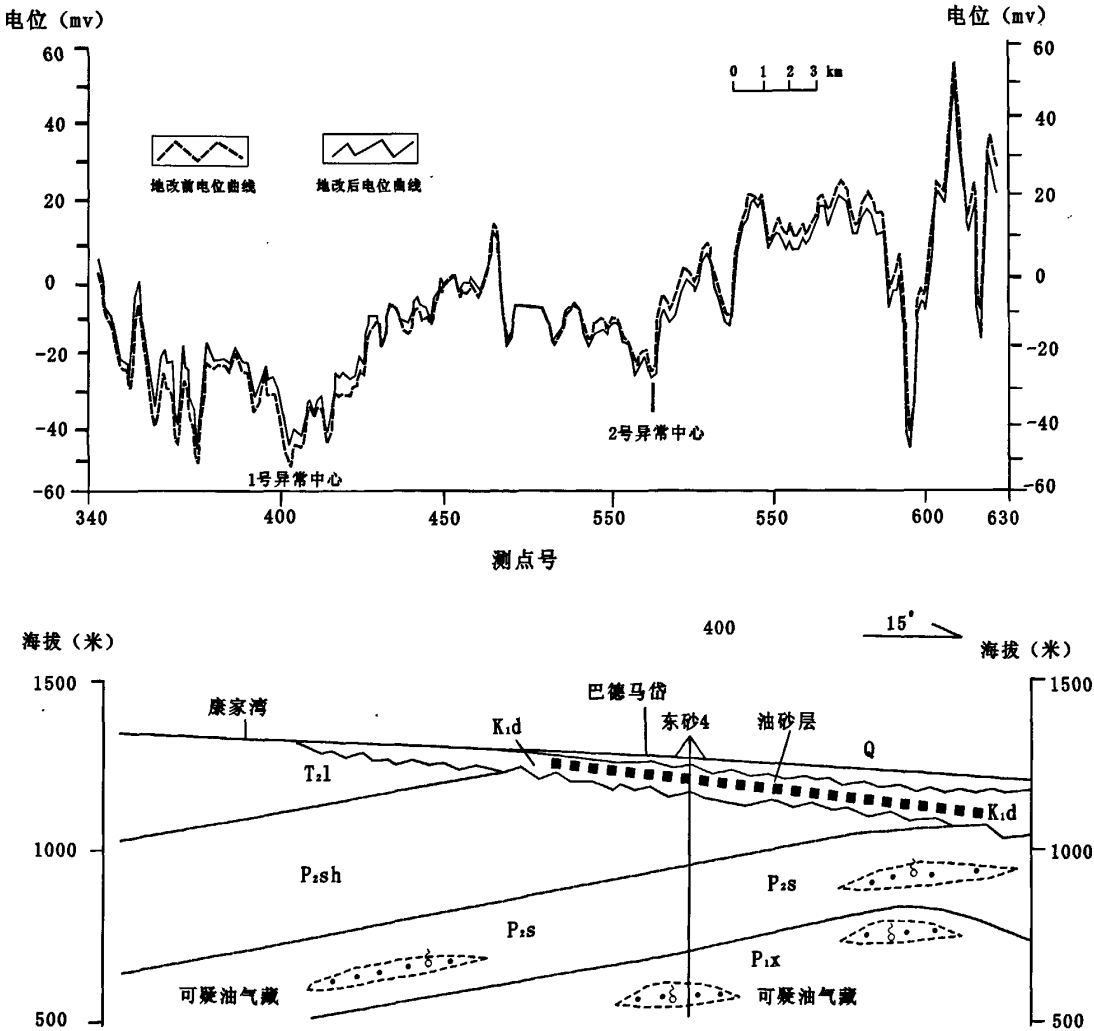


图2 东胜巴德马岱油气自电剖面图解释成果图

Fig.2 The interpretation outcome section of oil-gas self-potential method at Dongsheng, Ordos Basin



图 3 东胜北部东砂 4 井白垩系层段地层柱状图
Fig.3 Cretaceous geologic column of the Well DS4 at north Dongsheng, Ordos Basin

区地质情况分析,以514号点为中心的2号异常所反映的应为浅部的白垩系油砂或深部的二叠系石盒子组含油气砂岩。而以402号点为中心的1号异常,其下方总体缺失白垩系地层,只在局部残留有厚度不大的白垩系底砾岩,因而可能反映的是深部的石盒子组油气藏。

结合北、南侧十字剖面的分析,1号异常其中心应再向东300 m,2号异常以514点为中心。

6 钻探证实情况

在2号异常点部署并实施了东砂4井,目的是钻探白垩系油砂,证实油气自电法寻找隐蔽油砂矿的可行性,并兼探中深部油气藏。钻探结果显示,在36.1~65.2 m井段见2层含油砂砾岩,总厚度5.3 m(图3)。其中,36.1~39.8 m为厚3.7 m的灰绿色含油砂砾岩,含砾粗砂岩,疏松,砾石成分为石英岩,砾径2~3 mm,最大20 mm。含油不均,油味浓,具荧光显示。63.6~65.2 m为厚1.6 m的棕红色含油砂砾岩,轻微油味,荧光显示强,亮黄色。采用索氏抽提法测得含油砂砾岩的含油率(重量比)为1.5%~2.6%,属于较差的油砂,尚未达到3%的油砂边界品位。

此外,在45~96.5 m井段还见到3层总厚度44.7 m的微含油砂岩及砾岩,含油率小于1.5%,无油味,荧光面积50%~60%。

在850~890 m井段的二叠系下石盒子组未见明显油气显示,说明地表的油气自电异常来源于浅部的白垩系含油砂岩。

上述白垩系油砂层在剖面及垂向位置与2号油气自电异常对应,进一步证实了油气自电法可以用于隐蔽油砂矿的勘探。如果油砂含油率高,则油气自电异常会更大、更明显,该方法用于隐蔽油砂矿勘探的有效性会更好。

7 结论与建议

(1)油气自电法适用于第四系覆盖少,地表冲沟、水系不发育的地区。

(2)严格按照要求进行野外施工,提高数据采集精度及可靠性,是减少接地电位、消除日变、克服油气自电法应用瓶颈的基础;采用自适应抗干扰的油气自电法数据整理方法及处理软件是克服油气自

电法应用瓶颈的关键。此次工作,因区内干扰小,工作认真,原始资料质量高,保证了处理结果的真实可靠。

(3)该剖面油砂分布广泛,但含油情况差别较大,总体含油率低,因而油气自电异常不是十分完整的宽缓型,但仍可清楚识别出2个明显的异常。两个异常中心为油砂或油气相对有利部位,北部异常点经钻探验证,在浅部23~52 m井段发现多层白垩系含油砂岩,油味较浓,但油质较轻,易挥发,不属于严格意义的油砂。但也可证实油气自电法(OGSP)在寻找浅层隐蔽油砂层及油气藏的有效性,综合考虑,不失为寻找浅层隐蔽油砂矿的经济实用方法。南部异常可能对应于较深部位的石盒子组油气藏,有待今后钻井证实。

(4)油气自电法只能获得油砂的平面位置信息,在构造简单、地表电磁干扰小、地下含水层不发育的地区,可以配合瞬变电流法等获得油砂的深度信息,更好地指导隐蔽油砂矿的勘探。

参考文献:

- [1] 顿铁军.加拿大的稠油及沥青资源.西北地质[J],1995,69(3):37-41.
- [2] Chilingar G V, yen T F.沥青、地沥青和沥青砂[M].俞经方,译.北京:石油工业出版社,1988:1-59.
- [3] 李莉.油砂——一种新的替代能源.当代石油化工[J],2005,13(12):28-30.
- [4] 高军强,李书忠,李油建.激电法找油的原理及应用.断块油气田[J],2003,10(1):28-30.
- [5] 李金铭.电法勘探方法发展概况.物探与化探[J],1996,20(4):250-251.
- [6] 杜庆丰,白建平,乔德新.油气自电法(OGSP)及其应用.地质与勘探[J],2004,40(1):34-38.
- [7] 石应俊,王绪本.自电、激电在油气勘探中的应用.成都地质学院学报[J],1991,18(4):101-102.
- [8] 黄力军,陆桂福,刘瑞德.电性源瞬变电磁法在油田上的应用研究.物探与化探,2005,29(4):316-318.
- [9] 王家映.我国石油电法勘探评述.勘探地球物理进展[J],2006,20(2):77-80.
- [10] 何展翔,贺正华,王绪本,等.油气非地震勘探技术的发展趋势.地球物理学进展[J],2002,17(32):473-479.
- [11] 卢焕勇,陈景维,邱世祥,等.内蒙古兰格尔地区上古生界砂岩的成岩作用.石油实验地质[J],1991,13(1):41-48.
- [12] 洪峰,宋岩,赵林.鄂尔多斯盆地北部天然气成藏控制因素.天然气工业[J],1998,18(5):22-25.

Oil-gass Self-potential (OGSP) Method and Its Application on Exploration of Hidden Oil-sands Mine at Dongsheng

BAI Wen-hua¹, DU Qing-feng², XIAO Yuan-fu³, YAN Qi-tuan¹

(1.Langfang branch, Research institute of petroleum Exploration and Development, Petrochina. Langfang, Hebei 065007, China;

2. institute of Geophysics and Geochemistry.Chinese academy of geological sciences. Langfang, Hebei 065000, China;

3. Chengdu university of technology. Chengdu ,Sichuan 610059, China)

Abstract: Upper the hidden oil - sands mine, there is a natural negative potential field. By measuring it, we can found the planimetric position of the hidden oil - sands mine. But when we measuring this potential field, there are many factors, such as ground potential and daily variation, affecting the measurements and the interpretation results. These problems of low data acquisition accuracy and processing technique became the main problems that will affect the validity and the dependability of using this method to explore hidden oil - sands mine. Anyway, by means of many times of study and practice, we have resolved these problems, and have acquired good effects. At Dongsheng, Ordos basin, we have a try of using the oil-gas self-potential (OGSP) method to explore hidden Oil - sands mine. The interpretation results have confirmed by follow-up drilling. This offered a possible economic and effective way on exploration of hidden oil - sands mine.

Key words: the oil-gas self-potential (OGSP) method; hidden oil-sands mine; ground potential; daily variation; Dongsheng

学术论文的引言内容要求

引言(又名前言、序言、概述)经常作为论文的起始段落,主要回答“为什么做该项研究”这个问题,细分起来又可包括两个方面的内容,一是问题从何说起,即问题的出处,二是问题为何提出,即提出的必要性。总的来说,其目的是阐述问题的由来。具体要简明介绍论文的研究背景,通过文献综述所研究领域的研究现状,找到存在问题,给出本次研究的起点,研究方法,追求的目标和取得的主要成果,以此来表明本篇论文的创新性,体现文章的价值,使读者明了文章主题的性质和分量,引起他们的重视和兴趣。可以归纳为5个基本要素:总结和分析相关研究成果,找出研究中未解决的问题,提出论文要解决的问题,阐明研究问题的思路,简述研究问题的方法,

引言应言简意赅,不要等同于论文的摘要,或成为摘要的注释。引言中不要详述同行熟知的定义,包括教科书上已有陈述的基本理论、实验方法和基本方程的推导等。如果在正文中采用比较专业化的术语、缩写词,或引入新概念,最好先在引言中定义说明或加以解释。一般情况下,文章的这一部分都比较简短。

(刘新秒)