

◎ 傅诚德 主编

# 科学方法论 及 典型应用案例

**Principles of  
Scientific Methods  
& Typical Applications**

石油工业出版社

◎ 傅诚德 主编

# 科学方法论 及 典型应用案例

**Principles of  
Scientific Methods  
& Typical Applications**

石油工业出版社

## 内容提要

本书简要介绍了经典科学方法论的发展历程,从古代的“整体论”、近代的“还原论”,到现代的“系统论”,阐明科学方法论是以思维科学为基础的正确的哲学方法;结合中外科学家的典型应用案例,重点介绍了七种科学研究方法;给出了33位事业有成的石油科学家和研究者不同侧面的研究方法成功案例,最后着重介绍了苏义脑院士的“32字创新方法”和“技术创新”的47例,对启发科学思维、发挥创新能力具有借鉴意义。

本书可供广大石油科研人员和管理人员阅读参考,也可作为各单位方法论培训的教材。

## 图书在版编目(CIP)数据

科学方法论及典型应用案例 / 傅诚德主编. —北京:  
石油工业出版社, 2017.3

ISBN 978-7-5183-1804-9

I. ①科… II. ①傅… III. ①科学方法论 IV.  
① G304

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 032036 号

---

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址:www.petropub.com

编辑部:(010)64523583 图书营销中心:(010)64523633

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

---

2017年3月第1版 2017年3月第1次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:15.5

字数:220千字

---

定价:75.00元

(如出现印装质量问题,我社图书营销中心负责调换)

版权所有,翻印必究

◎方法掌握着研究的命运。方法是最主要和最基本的东西，有了良好的方法，即使没有多大才干的人也能做出许多成就。如果方法不好，即使有天才的人也将一事无成。

—— 达尔文 (C. Darwin)

◎科学是随着研究方法所获得的成就而前进的。研究方法每前进一步，我们就提高一步。因此我们头等重要的任务是制订方法。

—— 巴甫洛夫 (I.P. Pavlov)

◎如果在实践中有可能通过研究方法的指导来缩短科学工作者不出成果的学习阶段，那么，不仅可以节省训练的时间，而且科学家做出的成果也会比用较慢方法培养出来的科学家多得多。

—— 贝弗里奇 (W.I.B. Beveridge)

◎认识一种天才的研究方法，对于科学的进步并不比发现本身更少用处，科学研究的方法经常是极富兴趣的部分。

—— 拉普拉斯 (P.S. Laplace)

◎良好的方法能使我们更好地发挥运用天赋的才能，而拙劣的方法可能阻碍才能的发展。

—— 贝尔纳 (C. Bernard)

◎具有丰富知识和经验的人，比只有一种知识和经验的人更容易产生新的联想和独到的见解。

—— 泰勒 (E.L. Taylor)

## 前 言

改革开放以来，我国的石油工业实施自主创新与引进、消化、吸收相结合的创新战略，迅速提升了自身的科学技术水平，促进了石油工业的快速发展，取得了十分可喜的成就。我参与或主持编制了原石油工业部和中国石油 1980—2020 年 8 个五年科技发展计划，并对改革开放 40 年的科技成果做了比较系统的跟踪分析和总结，清楚地看到，40 年来我们的科学技术研究水平和管理体制有了显著的提高和长足的进步，同时也显露出在某些方面特别是我们的科学研究方法尚有不足和缺陷，严重制约了队伍的创新能力和研发效果。

自 2009 年开始，我结合石油科技的特点，对科学方法论进行探索、归纳和总结，同时广泛联系石油行业重大科技成果的创新者和创新团队，试图以他们的创新成果从“方法论”层面凝练、提升，以示读者。七年来，几经商议、修改和组稿，至 2016 年 6 月，完成初稿，32 位案例提供者都是国家级科技奖励的获得者，或具有丰富理论实践的专家和科学家，相信他们的“方法论”生动案例定会对“技术创新必须方法先行”做出深刻的诠释。

本书分为三部分。第一部分介绍了科学方法论的发展历程、科学精神和科学方法的哲学基础以及七种科学研究方法；第二部分为科学方法论在石油科学研究应用的成功案例，这些案例生动翔实，有很强的借鉴作用。第三部分为苏义脑院士“32 字创新方法口诀”和“技术创新”47 例，介绍了苏义脑院士 40 余年学习、工作和研发、管理不同阶段归纳的 47 种研究方法。

本书由傅诚德担任主编，负责全书的总体构思、设计、统稿及部

分章节的撰写。具体章节编写人：“绪言”由傅诚德撰写；“科学方法论的发展历程”由赵永胜、傅诚德撰写；“科学精神和科学方法的哲学基础”由严小成、傅诚德撰写；“重要的科学研究方法”由傅诚德撰写；第二部分应用案例由李宁、蔡希源、李阳、王红军、赵孟军、王敬农、张辛耘、胡素云、吴震权、宋建国、王文彦、裘恂楠、顾家裕、譙汉生、罗平、韩修廷、曹宏、宋岩、陈勉、高雄厚、刘超伟、李国平、马家骥、金凤鸣、伏喜胜、刘翔鄂、王汇彤、欧阳敏、蒋官澄、刘兴斌、赵贤正、张水昌撰写。第三部分由苏义脑院士撰写。李希文参加全书设计、统稿，牛立全、刘嘉、杨宝莹、李析、付晓晴、宗柳参加全书的组稿、审稿工作。本书的学科论述及案例示范如有不当、不足之处，敬请指正。

傅诚德

2017年1月

绪 言 (傅诚德) .....	1
-----------------	---

## 第一部分 科学方法论

一、科学方法论的发展历程 (赵永胜 傅诚德) .....	4
(一) 古代方法论 .....	4
(二) 近代方法论 .....	5
(三) 现代方法论 .....	6
二、科学精神和科学方法论的哲学基础 (严小成 傅诚德) .....	13
(一) 科学精神的哲学基础 .....	14
(二) 科学方法论的哲学基础 .....	19
三、重要的科学研究方法 (傅诚德) .....	26
(一) 经典的方法论——三位近代科学方法论大师的 研究方法 .....	26
(二) 最重要的理论思维方法——科学抽象 .....	29
(三) 发挥思维能力的有效方法——假说 .....	41
(四) 科学研究的基本方法——观察和实验 .....	44
(五) 提高研发效率必须遵循的方法——站在巨人肩膀之上 .....	51
(六) 提高研发团队创造力的方法——科学激励 .....	53
(七) 科学方法的基石——科学精神 .....	57

## 第二部分 应用案例

- 一、找准问题，重视细节，找出本质的规律.....64
- 【案例 1】创立广义测井曲线概念和 Cif 格式并获广泛应用——  
在看似毫不相干的数据体中寻找出共同点（李宁）...64
- 【案例 2】川西坳陷上三叠统须家河组气藏研究方法——首先  
把问题找准，再把问题进一步分解，本着先易后难的  
原则解决问题（蔡希源）.....66
- 【案例 3】春光油田发现的工作思路（李阳）.....68
- 【案例 4】中国中低丰度天然气藏分布与成藏规律研究  
（王红军）.....70
- 【案例 5】塔里木盆地“富油”还是“富气”研究（赵孟军）...73
- 【案例 6】微电阻率成像测井仪器研制成功——贵在坚持、  
重视细节（王敬农、张辛耘）.....74
- 【案例 7】柴北缘南八仙—马北油气田的发现——在已知中  
区分和提取新的不寻常，获得科学发现（胡素云）....76
- 二、科学抽象具有极大的创造性，是最重要的理论思维方法.....79
- 【案例 8】找油的科学思维（吴震权 宋建国）.....79
- 【案例 9】关于找油的思路（吴震权 宋建国）.....83
- 【案例 10】油气勘探若干理论与实践问题的再认识（王文彦）...88
- 【案例 11】以“河流砂体储层研究”为例浅谈科研方法  
（裘怿楠）.....97
- 【案例 12】在掌握大量事实的基础上要展开想象的翅膀进行科学的  
推断和预测——油气沉积学研究的思考（顾家裕）...102
- 【案例 13】系统深入分析事物本质，全面综合提高认识水平  
（譙汉生）.....109



【案例 14】	独立思考、发展创新（譙汉生） .....	110
【案例 15】	非均质储层测井饱和度定量计算理论——科学抽象 提升出共性规律（李宁） .....	111
【案例 16】	油气空间分布多元统计预测方法的建立——从似 无关的信息中找出联系，揭示其内在规律性 （胡素云） .....	113
【案例 17】	流体包裹体方法及其在油气勘探中的应用——从高 层次抽象演绎出低层次应用科学规律（胡素云） ...	116
【案例 18】	库车前陆盆地油气分布与成藏过程之间的必然联系 （赵孟军） .....	120
【案例 19】	微孔隙认识的抽象思维过程（罗平） .....	122
【案例 20】	应用抽象演绎的方法创新柔性抽油系统 （韩修廷） .....	124
【案例 21】	利用地震信息识别天然气藏——从看似无序的 现象中找出规律（曹宏 王红军） .....	125
【案例 22】	“缝洞单元”概念的形成和应用——从大量的 资料、信息中寻找本质规律（李阳） .....	127
【案例 23】	“膏盐岩盖层差异性”概念的形成和应用——从大 量的资料、信息中寻找本质规律（宋岩） .....	129
【案例 24】	源储剩余压力差——天然气运移直接动力评价指标的 研究方法（王红军） .....	131
【案例 25】	成岩相概念的形成和提出——在大量资料信息中 抽提本质属性建立科学概念（胡素云） .....	133
【案例 26】	我国前陆盆地（冲断带）认识的升华（赵孟军） ...	137
【案例 27】	从“礁”到“礁滩体”认识的升华（罗平） .....	138
三、想象力为发明和创新开辟了广阔的天地.....		140
【案例 28】	非平面水力压裂方法的构思（陈勉） .....	140

【案例 29】 液压自封泵的联想 (韩修廷) .....	141
【案例 30】 新型降烯烃催化裂化催化剂的联想和创新 (高雄厚 刘超伟) .....	143
【案例 31】 想象力加科学实验获得减阻剂重大成果 (李国平) .....	145
【案例 32】 解决差异带来的问题是再创新的重要途径 (马家骥) .....	147
四、研究工作中的直觉和灵感具有很高的创新功能.....	151
【案例 33】 直觉和灵感对华北油田勘探研究的启示和推动 (金凤鸣) .....	151
【案例 34】 相互借鉴, 捕捉灵感, 发明含磷抗磨添加剂 (伏喜胜) .....	156
五、提出假说、经受检验, 推动研究工作取得重大成果.....	157
【案例 35】 假想和探索推动了油田堵水调剖剂的发明创新 (刘翔鸢) .....	157
【案例 36】 库车前陆冲断带天然气动态成藏假说的提出和证实 (宋岩) .....	159
【案例 37】 有机质“接力成气”模式的提出及意义 (王红军) .....	162
六、科学原理起源于实验与观察, 科学实验是技术创新不可逾越的 环节和手段.....	164
【案例 38】 对应实验 + 选择 = 发明 (王汇彤) .....	164
【案例 39】 科学有效的试验方案是能否取得试验成功的关键 (伏喜胜) .....	165
【案例 40】 科学实验有效地解决了将重质、劣质原料转变为 高附加值的丙烯化工原料的技术难题 (高雄厚 刘超伟) .....	166

【案例 41】模拟实验解决了烃源岩生气过程有效性定量评价难题  
(王红军) .....167

【案例 42】测井识别火山岩岩性技术成功应用源于科学实验  
(欧阳敏 王敬农) .....171

七、分析前人成果,应用逆向思维,寻找解开难题的钥匙,在开  
题前选准和设计好技术路线.....173

【案例 43】应用逆向思维,在前人研究基础上原位晶化型  
催化裂化催化剂获得重大突破(高雄厚 刘超伟) ...173

【案例 44】善于阅读论文学人之长,启发思维——“油膜法”  
暂堵技术获得成功(蒋官澄) .....175

【案例 45】采用反向思维,研发高含水油田两相流产出剖面  
测井技术(刘兴斌) .....176

【案例 46】应用新思路,开创了洼槽区油气勘探新局面  
(赵贤正 金凤鸣) .....181

【案例 47】“缝洞型碳酸盐岩油藏开发基础研究”的立项  
(李阳) .....184

【案例 48】硫化氢形成过程中的积极效应——否定前人结论  
就是科学的进步(张水昌) .....186

### 第三部分 苏义脑院士“32字创新方法口诀” 和“技术创新”47例

一、“32字创新方法口诀” .....188

二、“技术创新”47例.....190

【例 1】冷热相分亦相连:从灯泡冷态电阻判断瓦数 .....190

【例 2】平方开罢开立方:从  $(a+b)^3=a^3+3a^2b+3ab^2+b^3$  谈起.....191

【例 3】质量控制自动好:胀管器/过电流继电器 .....191

【例 4】掌握本质方法多：圆锥曲线的作图问题（多种） .....	192
【例 5】对数螺线妙何在：对数螺线斗柄式装载机抛料质心 轨迹为直线 .....	193
【例 6】十字交叉再交叉：化学溶质 / 剂配比的 “双十字交叉法” .....	194
【例 7】应力叠加在端值：机械设计公式（单调、叠加问题） ...	194
【例 8】三个转角定性能：挖掘机参数的确定 .....	195
【例 9】平板环隙本相同：流体力学公式推导 .....	195
【例 10】“会当凌绝顶，一览众山小”：井下控制工程学的 提出 .....	196
【例 11】大小造斜皆需要：由弯接头到弯壳体 .....	199
【例 12】弯角连续有曲梁： $\Delta \theta$ 的连续性推广 .....	199
【例 13】攻下一般解特殊：地层力 Merphey—Cheatham 公式 ...	200
【例 14】自动调节稳特性：中空螺杆的稳流阀 空气螺杆 限速阀 .....	201
【例 15】种豆得瓜亦平常：地层倾角方程的完善 .....	202
【例 16】粗细分流改流程：五箩磨的改进 .....	203
【例 17】欲揭本质靠解析：《机械原理》从图解法到解析法 ...	203
【例 18】一图能变千图来：机器绘图的梦想 .....	204
【例 19】剪板对正靠光学：剪板对准器的发明 .....	205
【例 20】运用“等效”破难题：螺杆钻具的等效钻铤假设， BHA 大变形的等效方程解法 .....	205
【例 21】系统观点应发展：螺杆钻具与涡轮钻具 .....	207
【例 22】层层深入来抽象：用虚位移原理求马达转子轴向力 ...	208
【例 23】能量方法有大用：圆柱弹簧轴向弯曲的广义公式 .....	209
【例 24】逆向思维能突破：短幅摆线与椭圆积分 .....	210
【例 25】切莫轻率下结论：柯尼希定理推广 .....	212

【例 26】	读厚、读薄是正道：华罗庚，郑板桥画竹诗，车床加工杆件的 $\mu$ 值问题，导向钻具造斜率经验公式，费米 .....	213
【例 27】	“先入为主”要不得：双弯 / 三弯对单弯的等效问题 .....	216
【例 28】	学科交叉出大局：井眼轨道制导的提出（三个类比）.....	217
【例 29】	否定假设严论证：BS-DHM 的 3 点扩展，2 种弯角处理方法与等效论证 .....	218
【例 30】	敢于建立新概念：中空螺杆的临界排量问题，井下控制的几个基本概念 .....	218
【例 31】	正确预见定决策：地质导向的正确立项，两个判断三点分析一个结论 .....	219
【例 32】	深入探求有收获：地层倾角方程，反钟摆钻具 .....	221
【例 33】	敢于提出新方法：Kc 法，铰接马达模型 .....	222
【例 34】	诸般兵器皆为用： $\phi$ 函数与接触图 / 镜像法，圆珠笔模拟，薄膜 / 沙堆比拟 .....	223
【例 35】	尝试特殊摸经验，立足一般用演绎：短幅摆线线型研究，普通摆线线型 / 控制链（变径稳定器）.....	224
【例 36】	宏观把握出思路： $F=F_1-F_2$ （电磁阀钻眼问题），力—位移模型 .....	224
【例 37】	本质需求定发展：钻井“优质、快速、安全、环保”，技术创新皆由此出 .....	225
【例 38】	分清主次莫盲从：引进“螺杆—涡轮”钻具问题 .....	226
【例 39】	细研机理定特性：螺杆—涡轮的串联问题 .....	226
【例 40】	采用变频找共振：共振解卡器 .....	226
【例 41】	莫因习惯忘关键：牙膏、圆珠笔 .....	227

【例 42】大胆猜想开新局：血型问题 .....	227
【例 43】突破难关用灵感： $\alpha$ 自动控制器 .....	228
【例 44】布局皆由需求来：井下控制工程学的学科分解 .....	229
【例 45】万事同理一点通：双键马桶节水问题，汽车雷达 .....	229
【例 46】隔行隔山不隔理：地震云，里氏震级公式 .....	230
【例 47】困惑前面有突破，柳暗花明可创新：地层倾角，弹簧横向 弯曲， $\phi$ 函数与接触图，近钻头测量 .....	231
参考文献 .....	232

## 绪 言

一切理论的探索，归根结底是方法的探索。人们通常将科学家用来回答解决问题的一系列步骤称之为科学方法。科学在它漫长的历史发展中，借助于不断增加、不断完善的各种科学方法，大大扩展和深化了人们对世界的认识，同时由它提供的科学预见和技术应用的巨大成功，雄辩地说明了对科学方法理论进行研究的重要性。历史的实践一再提醒人们，一旦缺乏创新研究方法的指导与训练，要想获得有价值的成果是很困难的，甚至是不可能的。众所周知，世界科学史上著名的李约瑟难题虽然有多种表述，但核心是“为什么中国从三世纪到十五世纪技术一直是世界领先，却没有产生近代科学？”对此虽然有很多研究成果与结论，但唯一的共识是没有或不重视科学方法的研究与总结。

20世纪二三十年代，我国著名教育家、科学家蔡元培、竺可桢等人呼吁人们要重视学习科学方法，认为民族落后、科学落后的一个重要因素是缺乏科学方法。为了说明科学方法的重要，蔡元培先生在很多场合都讲仙人吕洞宾点石成金的故事，并意味深长地说：科学结论是点成的金，量终有限；科学方法是点石的手指，可以产生无穷的金。1921年6月，冯友兰、罗家伦、何思源等留美学生在哥伦比亚大学为蔡先生举行欢迎会，会上蔡先生恳切地说：“诸位同学到国外留学，学一门专业知识，这是重要的。更重要的是要学到那个‘手指头’，那就是科学方法。你们掌握了科学方法，将来回国后，无论在什么条件下，都可以对中国做出贡献。”值得深思的是，事隔近百年（1921—2007）著名科学家王大珩、刘东生、叶笃正等院士还在向国家总理提同样的问题——《关于加强创新方法工作的建议》，强调“自主创新，

方法先行”，这里再次透视出了我国科学技术研究中的某些贫困与缺失。

回顾改革开放以来，虽然我国石油科学研究的规模迅速增加，研发力度、研发人员数十倍地增长，但科技人员创新能力及水平与发达国家相比仍差距较大。从20世纪80年代以来的近30年里，中国的石油行业每年超过百亿元的科技投入，但创新的成果与投入并不成比例，创新的标志性成果少，具有竞争力的原创成果少，核心技术多为跟踪、模仿型。造成这种现象的原因比较复杂，在矛盾的清理中，人们越来越清楚地认识到缺乏创新研究方法已成为制约中国石油科技效率的一个重要原因。石油科学研究中的单向思维方式和求同的模式，导致科技队伍缺乏认识主体的自我意识和创新意识。有相当多的科技工作者对思维方式方法采取虚无态度，有的做学问的人对于学问如何做和如何做好学问不感兴趣，放弃或忽视了科学方法研究与总结，这是当前科技界不可忽视的大事。

马克思的自然辩证法是方法论的基础。马克思认为科学技术是推动社会经济发展的动力。马克思在《资本论》《经济学手稿》中指出：“生产力中也包括科学”“另一种不需要资本家花钱的生产力是科学的力量”“社会劳动生产力首先是科学的力量”。马克思的科学发展为科学方法论的发展提供了坚实的保障。

当前，世界石油科学技术正在飞速发展，要求人们借助于科学的方法获得更多的信息，用新的观点和方法来观察和处理科学研究中的各种问题。“创新方法是自主创新的根本之源”，开展科学方法论的研究，结合石油科学研究领域的特点和自己的优势，对传统的科学方法在新条件下的发展加以研究、总结，选择适应石油科学、新的先进科学方法去解决石油科学研究领域的实际问题，进而促使科研的高速、健康发展，占领石油科学的高地，是石油科学工作者和哲学理论工作者面临的共同任务。

(傅诚德)



# 第一部分 科学方法论