

求实——创新

现代科学研究方法论

中国科学院新疆分院研究生、博士生导师
周俊林

2011年11月25日，新疆大学

前言：

- 敲响科学研究工作的大门；
- 树立科学的价值观；
- 学习科学研究工作的方法；
- 熟悉科研工作的工具和环境；
- 适应新环境, 学会与科学研究团队的共事。

罗默（1986）

技术收益递增型增长模型

社会收益=f(物质资本,
劳动,
社会平均知识水平,
特定创新专业知识)

f是什么：管理——资源和环境优化调度。

获取社会平均知识水平，是大学阶段的任务——支配式学习，计划式学习；

培养获取特定创新专业知识的能力，是研究生阶段的任务——探索式学习，主动式学习。

报告内容

- 预备知识——现代知识系统
- 科学研究工作的生命周期
- 科学研究工作的环境与工具
- 科学研究工作的组织艺术

一、现代知识系统

- 现代知识系统的构成——客观的知识世界，知识世界之间的关系；
- 知识系统进化的规律、可持续和未来的方向；
- 科学的分化和整合。

1、知识系统的“三个世界”

——1967年英国哲学家波普尔提出

- 物理客体或物理状态世界：第一世界O (Object)
 - 物体、产品、属性、运动；
- 意识状态或精神状态世界：第二世界R (Recognition)
 - 主观认知：印象、感觉、归纳和规律；
- 思想领域客观内含的世界：第三世界K (Knowledge)
 - 科学理论、思想，科学著作，猜想和不断扩展的新推动。

“三个世界”的属性

第一世界O (Object) ;

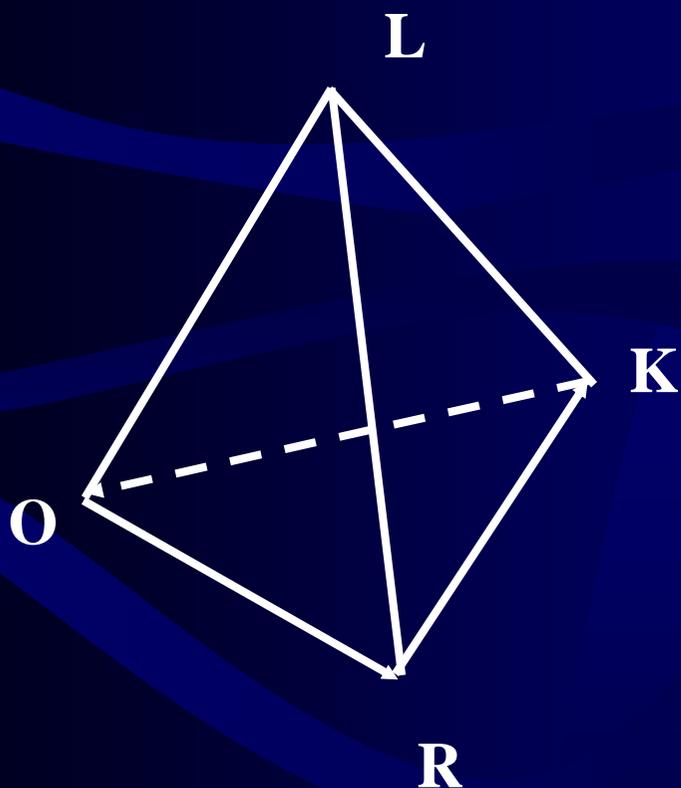
第二世界R (Recognition) ;

第三世界K (Knowledge) 。

- **三个世界间关系：**第一世界、第二世界、第三世界依次产生；第三世界——知识将自觉和不自觉地促进第一世界的进步。
- **独立性：**“第三世界”具有独立性：假设特定事物的一、二世界毁灭，第三世界将能重建知识系统；假定一、二、三世界同时毁灭，知识系统将会灭亡。

2、“三个世界”的关系

- 三个世界具有共同的联系点——知识表达 L：
——语言L(Language)，包括主观陈述、规范整理、语言思考方法(描述、整理、归纳、表达)



三个世界之间的关系:

O-R 对象—认识, 认识论

R-K 认识—知识, 方法论

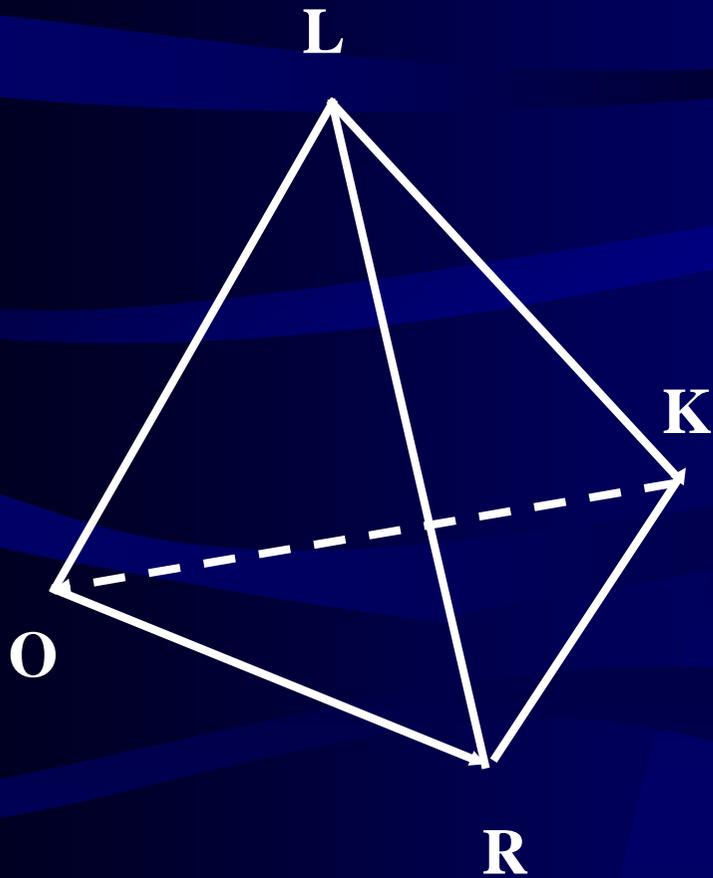
K-O 知识—对象, 本体论 (实践论)

三个世界与知识表达L的关系:

O-L 对象—语言, 语义学

R-L 认识—语言, 语用学

K-L 知识—语言, 语型学



四个平面之间的关系

O-R-K 平面，知识系统基础平面

O-R-L 平面（报道），认识平面

R-K-L 平面（报告），逻辑平面

K-O-L 平面（论文及解决方案

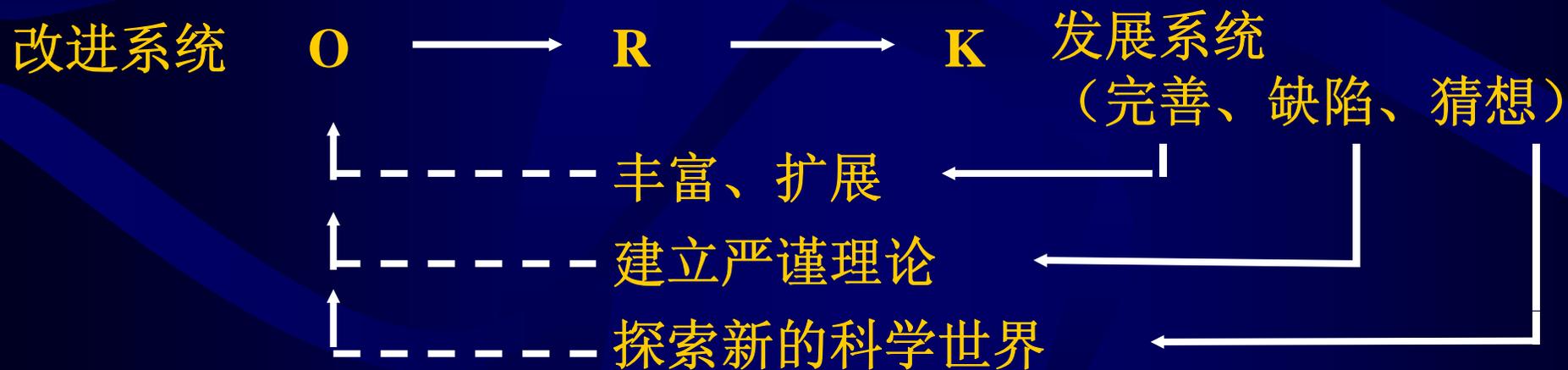
Article & Solution）

知识系统解释发展

■ O-R-K是基础平面，当我们把基础平面与表达系统连接起来，才能成为现代知识系统。

3、知识系统的进化论

- 在O-R-K的平面上，构成了封闭环路；
- K点具有生长能力，在严密完善自己的同时，又不断发现新的矛盾和问题，形成活跃的新生命力，创新的孕育点；
- 在K点向外，是严重发散的，这种发散证明了第三世界的独立性，以及知识的进化。



改进系统——发展系统

- **完善**——伽利略1609年的光学望远镜、分光学、光度学、光谱学，射电天文学，对宇宙物质、物质运动、未来的认识；
- **缺陷**——牛顿经典力学，量子力学，狭义相对论，广义相对论，粒子与场（引力作用、电磁力、强相互作用、弱相互作用）；
- **猜想**——哥德巴赫猜想、费马素数猜想、格里斯“四色猜想”，推动着数学发展。这一切都来源于“**数学拥有的不仅是真理，而且还有着自高无上的美——就跟雕塑一样有着冷峻、朴素的美（罗素）**”。

——“唯一的真理存在于流动和演化之中（爱因斯坦）”。

4、科学的矛盾和可持续问题（1）

- 科学的发展也遇到新的挑战

- 科学是在人类环境产生，但科学发展推动使开发能力迅速提高已使**环境和生态严重受损**；
- 科学是人类杰作，但也导致地球经济差异加大、人口膨胀，Internet使**个性化社会趋同**；
- 科学是道德之源，但当代科学发展的若干前沿领域，如Clone克隆技术、个人遗传密码破译**与伦理、道德发生矛盾**；
- 科学有时也会成为**政治讹诈的工具**。

科学自身需要改造吗？

科学的矛盾和可持续问题（2）

• 科学文化和人文文化的结合

- 科学和人文的关系是真与善的关系；
- 科学探索的方向需要道德和法律的指导——科学服从伦理，防止负面效应，促进社会进步；
- 科学发展观的产生——资源、环境、人口、可持续发展的研究
- Internet与社会信息的透明。

• 科学的系统化

- 现代科学体系是大系统，包括了社会科学、自然科学和数学、技术科学；
- 人为的分离不利科学发展，更不利对现实世界的反推动。

科学的矛盾和可持续问题（3）

• 科学的分化和整合

- 科学和人文回归，走向新的统一——**大学**；
- 小科学逐步统一，走向大科学，从科学精英的行为走向团队奋斗，国际合作；
- 面向学科的科学，走向面向问题的科学；(Science of Question Oriented)
- 现代科学的重心，走向对复杂系统、大系统的认识，如对生命系统、环境系统、空间系统的重新认识——这是涉及到**科学、社会、经济**发展的重大问题。

力学、物理学、天文学

电子学、材料科学

化学、有机化学、物理化学

生物学

植物学、动物学

生物化学、生物物理学

微结构材料科学

信息科学、能源科学

生态学

环境科学、生命科学

空间科学、系统科学

微系统、过程科学

Q-O ?

科学的矛盾和可持续问题（4）

- 科学理性——**实验理性**；
- 科学理性——**逻辑理性**；
- 科学理性——**数学理性**（**没有数据的科学是伪科学，没有数学模型的科学是低级科学**）；
- 科学理性——**“价值理性”**成为科学和社会共同关心的问题，创新成为有明确社会和经济目标的行为，这也是面向学科的科学，走向面向问题的科学的主要根据。

有许多人所以热爱科学，是因为科学给他们以超乎寻常的智力上的快感.....人们总是想以最适当的方式划出一幅简化和易领悟的**世界图像**....(爱因斯坦)

科学已经成为我们文明的一个不可缺少的和最重要的部分，而科学工作就意味着对**文明的发展**做出贡献.....
(波恩)

- 古天文学——农历；现代空间科学——从深空到地表，射电谱学，探月工程，**He3**；
- 物理学——材料科学、电子学、通讯技术、网络技术和网络经济；
- 生物学——生态科学、环境科学，从微观**DNA**到宏观的数字地球；从描述到预测、指导和干预。

企业从追逐利润指标到涉及社会责任，是一个进步，科学家应当引领这种社会进步。

二、科学研究工作的生命周期

- 科学问题和科研项目的来源
- 科研项目的前期工作
- 方案和计划的制定
- 实验室和实践工作
- 资料积累与建立模型
- 成果的形成
- 论文写作

1、科学问题和科研项目的来源

- 科学问题的来源

- 科学连续性的需求——DNA与蛋白组学；
- 技术对科学的需求——低损耗变压器、新材料；
- 生产对科学的需求——系统科学。

- 科研项目的来源

- 政府行为——政府计划（863、973、基金）；
- 企业行为——企业委托合同；
- 科技工作自身的延伸行为。

2、科研项目的前期工作

- 充分了解背景和已有的工作基础

- 确定要解决的**对象**目标；
- 文献检索（图书-网络-期刊-**人员活**的资料▲）；
- 充分读懂2-3篇**经典文献**（科学思路、创新点、结构、结论、引文）。

- 目标的可行性

- 科学的可解性，合乎逻辑、推理，有必要条件支持；
- 目标的有限性，相关知识的准备；
- 必要的价值理性。

3、方案和计划的制定

(系统工程方法: 概念设计、逻辑设计、物理设计)

• 项目的执行方案

- 总体目标的确定, 可行性研究, 目标分解;
- 科学路线: 科学思路推理过程的框图 (逻辑进程设计);
- 技术路线: 数据来源、设备、试验方法、计算方法、精度评估 (物理设计);

• 项目的执行计划

- 项目过程的分解, PERT图;
- 过程—人员—资源的配置;
- 单个阶段的验收, 向下一个阶段前进。

4、实验室和实践工作（有目标数据获取）

实验是真理的唯一源泉（彭加勒—数学物理学家）

- 设计一个试验

- 目的、实验方法（对照、筛选）、设备、流程、数据处理方法；
- 数据收集，可靠性识别，误差评估；
- 方法和工具保证“再现性”。

- 数据处理

- 数据预处理，剔除干扰数据；
- 利用设定的数据处理方法进行处理；
- 结果分析，与预想的符合度；
- 重复试验方法。

5、资料积累与建立模型

资料的有序积累

- 时间序列数据分类;
- 空间序列数据分类;
- 对比数据(对照组、对比通道)。

从数据到曲线，从曲线到模型

- 从数据到曲线，完成了知识系统认识平面**O-R-L**;
- 从曲线到模型，客观世界抽象，完成了知识系统逻辑平面**R-K-L**。

6、成果的形成

● 新知识的形成

- 新规律的发现；
- 实例验证，普遍性验证，数学验证，形成严密的结论——新知识的形成。

● 从知识到成果

- 创新点，新知识在知识系统中的位置；
- 社会评价系统的认同程度(SARS事件)；
- 形成知识产权——论文、专利、软件著作权，以及衍生的商标、标准；
- 产生新技术及产品（材料、器件、药物、系统）；
- 进入应用，进入产业链。

7、论文写作(简要知识)

形式

- 题目、作者、作者单位；
- 摘要（中、英文）：领域重要性、核心问题、解决方案、实验方法、结果与发现；
- 关键词；
- 正文：引言（研究的动机和目的）；研究目标；实验设计；实验结果和分析；对方法和结果的讨论；**结论**（**论文成果、误差、新的发现**）；
- 致谢；
- 辅助资料（某些推导过程）；
- **参考文献**（**论文研究领域前人的方法和结论——作者、题目、出版刊物、时间**）。

● 内容——核心是创新：

- 科学思想 or 新物种、新方法、新算法 or 技术路线 or 实验方法 or 测试技术；

● 投向那里：

- 国际刊物、会议，国内刊物、会议——渠道；
- 刊物档次与文章档次，学术声誉，读者群；
- 采用的原则：创新、格式、表达；
- 接收，修改接受，修改再投，不接收。

三、科研工作的工具和环境

实验环境、数学工具、网络环境、文献环境

科学研究方法的新突破 e-Science

- 实验环境

- 基本实验系统，现场数据收集是基本功，是考验发现能力的基础；
- 仪器操作能力的培养，基础试验自己动手；
- 野外工作环境，长期定点观测方法和积累。

• 数学工具

- 回归分析，偏微分方程求解；
- 离散数学分析，模糊集合分析，最优化计算；
- 人工智能技术，人工神经网络...

• 网络环境

- 最重要的站点：资料站点、知识站点、消息站点；
- 只能给你社会平均知识——大众网络。

• 文献环境

- 检索工具；
- 前沿研究工作，了解同类人员的工作状况；
- 知识的综合带来启发。

科学研究方法的新突破 e-Science

- e-Science是科学领域全球合作的基础设施，也是支持全球合作的必须的基础设施。
- e-Science伴随计算技术、网络技术、网格的发展而诞生。
- 是实现科学资源共享，使科学家个人能够方便地共享广域分布的大规模计算能力、存储能力和科学仪器的支持，使国际间的科学协作变得更为便捷。

e-Science的特点

- 开放式的科学研究
- 资源共享
 - 高性能计算机，实验数据，科学仪器，…
- 协同式的科学研究
 - 就象在同一个实验室中一样与大洋彼岸的同事进行合作研究；
 - 跨越多个领域的复杂的协同工作。

四、科学研究工作组织艺术

1、认清组织——团队——一个人的关系

- 组织是支撑系统，环境系统，服务系统
- 现代科学只有团队才能成功——人类基因组（生物学+物理学）；
- 科学精英在团队中产生；
- 一个人在团队中做小兵，要有大将风度（了解和把握全局），将来才能成为大将。

2、科学人格和科学能力培养

- **科学人格和科学能力培养的10大要点（1-5）：**

- 要有明确的科学方向，明确的研究对象；
- 学习、归纳、判断，学会提出自己的见解；
- 从系统看问题，从部件做工作；
- 选择2-3种偏前沿的刊物，作为自己研究工作的参照物，不断跟踪；
- 做1、2、3件事，科学生涯中做好1件事，决不要做10件事。

• 科学人格和科学能力培养的10大要点（6-10）

- 交几个学术界朋友（新疆、国内、国外）；
- 熟悉若干项目的渠道；
- 培育一批可靠的合作单位；
- 不说假话，不说大话；
- 假定自己是“完美”的人，能够包容有缺点的同事、同行、老师一起合作，在这个过程中学会认识和善待自己。

3、科学合作精神的培育

“人文环境”的营造和“以人为本”的实践

- 对自己的能力有清醒的认识;
- 永远没有“大而全”，学术和技术的不断扩张提高;
- 带头人的魅力：
 - 坚持科学精神而不是追求权利的扩大;
 - 组织集成能力，总体目标的把握，任务的合理分配与有效的集成;
 - 充分的民主方法，目标检查与管理;
- 带头人的魅力使队伍的凝聚，基于共同工作目标下的资源优化配置，任务的分解和集成。

小结

- 要认识现代科学的特征
 - 大科学，团队科学，面向问题的科学；
 - 完美的科学是充满人情、道德、社会责任；
- 科学研究是最形式多样的活动
 - 重视科学活动基本生命周期的阶段和规律。
- 科学人格和科学能力的培养
 - 学会在团队中工作，准备在团队中冒尖；
 - 把握基本原则和规律，构建未来发展的坚实阶梯。

周俊林，中国科学院新疆分院研究员。