



# 创新与土木工程

[baiyun1958@tongji.edu.cn](mailto:baiyun1958@tongji.edu.cn)

# 创新与土木工程



两个话题：

1. 研讨创新与组织机构的关系

2. 研讨创新方法论

做任何事情都应该讲究方法，创新也不例外。



# 创新与土木工程

## 何为创新？

- 奥地利经济学家熊彼特：
- “创新不等于发明，只有将发明应用于经济活动并取得成功才能算是创新”。
- 国内很多人和不少政府部门（含教育部）对创新的理解不对。



## 1、上海如何成为全国的创新中心？

产学研结合应该是融合而不是组合（体制和机制）

同行业企业和研发机构在市场中是竞争关系，但在创新上要协同合作；

以跨领域的创意和发明为创新基础、以跨行业的现实和未来需求为导向、以系统性全过程为实施创新的对象；

研发目标再无奖项层次要求、论文数量要求、专利总数要求；

科技成果不再是少数人通往院士、大师等名利双收头衔的阶梯。



# 一、创新方法论

## 2、 如何发现机会？

很难指望自己的智商高于所有的前辈和对手。创新成功的背后，往往是时代和环境所提供的特有机遇。

一项技术产生后，会为下一轮的技术创新创造机遇  
或创造新的条件  
或孕育新的需求

例：上世纪80年代日本人对管片接头进行了一系列理论和试验研究；

本世纪初，荷兰人对同样的课题进行了研究，但手段大不一样了。



# 一、创新方法论

## 3、为何要鼓励创意？

“做习题”教会了学生科技知识，也在不知不觉中灌输了“学院式”思维方式——就是在问题明确、目标可行、条件充分的前提下，寻找解决方法。

然而，自然界出题却未必守规则。

实际创新过程的“常态”：  
条件不足、约束不清、目标不明、可行性不确定。

用户要求：  
未必能实现，“题目”未必“有解”；  
需求未必清晰，也未必完整；  
解决问题需要的条件、受到的约束，未必能预见。



# 一、创新方法论

## 3、为何要鼓励创意？

“学院式”研究的前提是实际问题已经被提炼为合适的学术问题。

提炼问题应该由熟悉背景的人开展，最好来自企业，明确问题往往是最复杂、最困难的事情。

侯学渊：

“软土隧道专业教授的研究题目要去问总工程师”。



# 一、创新方法论

## 3、为何要鼓励创意？

虽然创意的产生具有偶然性，  
如：不锈钢、橡胶、中国的遇水膨胀材料；

依赖偶然因素，技术创新就不能成为有效的投资行为。

善于创新的企业总是先有大量创意再确定创新项目。

企业应该把一部分创新资源用于对创意的准备和完善。  
把资源完全配置在立项之后，会阻碍创意的产生。

十年前上海城建拨款几十万研究：  
移动支撑、环形盾构、皮带机垂直运输、.....。





# 一、创新方法论

## 4、如何选题？

技术最好只领先半步，因为领先太多的技术必然面临不成熟的外部环境。

新技术最好从小规模开始，规模小投资就少，失败的代价就小。许多现代的大型技术都是由小型技术发展起来的。

中国土木工程界的认知误区：

从创新角度来讲，结合大型工程选题不是正确的方法，因为“显性需求”不代表原创程度和水平、单体工程规模大小不能用来衡量创新成果的高低。



# 一、创新方法论

## 5、研发方式

第一代研发方式：

研究内容由兴趣驱动，研发人员的自由度高；  
成果往往难以转化，研发投入效率低；  
容忍失败、鼓励探索，制度上人性化。

适合在**国家、国际组织和大学**等组织中进行。



# 一、创新方法论

## 5、研发方式

第二代研发方式：

强调考核，研发人员必须对项目的成败负责；  
研发人员的兴趣服从了企业的需要；  
项目成功率高、研发成果容易预期；  
创新程度低、风险小、投资收益不大、影响力不强。

任何考核制度都存在漏洞，  
因此企业不能长期处于这个阶段。



# 一、创新方法论

## 5、研发方式

第三代研发方式：

由企业高层参与并由研发主管制定，其内容包括开展什么项目、什么时候开展、投入多大、通过什么组织形式等。

战略上“全局优化”的必要性依赖于2个基本条件：  
创意足够多而研发资源相对少；  
管理层对项目的风险和收益有相对准确的认识。

第三代研发确定项目的原则是保守的，因为它不主张从事具有市场和技术双重不确定性的项目。



# 一、创新方法论

## 5、研发方式

第四代研发的方式：

持续创新最重要的特征是用用户需求处于潜在状态。

如何发现“潜在需求”？讲座第二部分的目的。

创新要围绕着发现、明确、满足用户的潜在需求展开；  
组织体系、商业运作等都要作相应调整。

政府、大学和企业都有寻找“潜在需求”的义务。



# 一、创新方法论

## 5、研发方式

在第四代研发中，项目策划成为独立的岗位，而不是由研发人员“兼职”。

政府部门指导、协调研发项目的策划，  
研究机构的管理层实施项目策划。

以上部分内容摘自《管中窥道》，郭朝晖

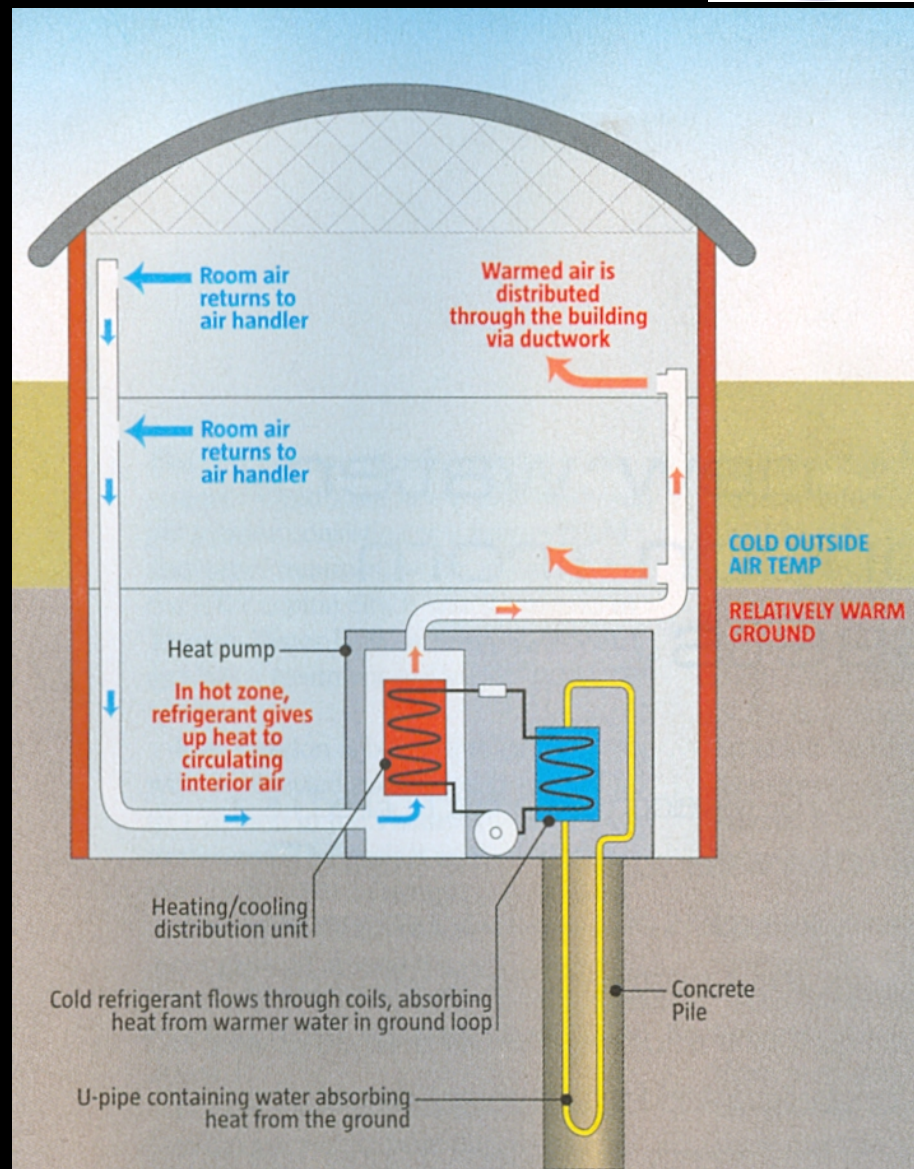
## 二、创新成果的直接来源



- 1 可持续发展需求是技术创新的原动力
- 2 其它学科的进步推动了土木工程技术的创新
- 3 创新来源于对自然现象和日常生活中的观察
- 4 创新来自于基本原理和对已有技术的合成
- 5 创新来之于大胆建议和“头脑风暴”
- 6 创新来之于长期努力和“苦思冥想”

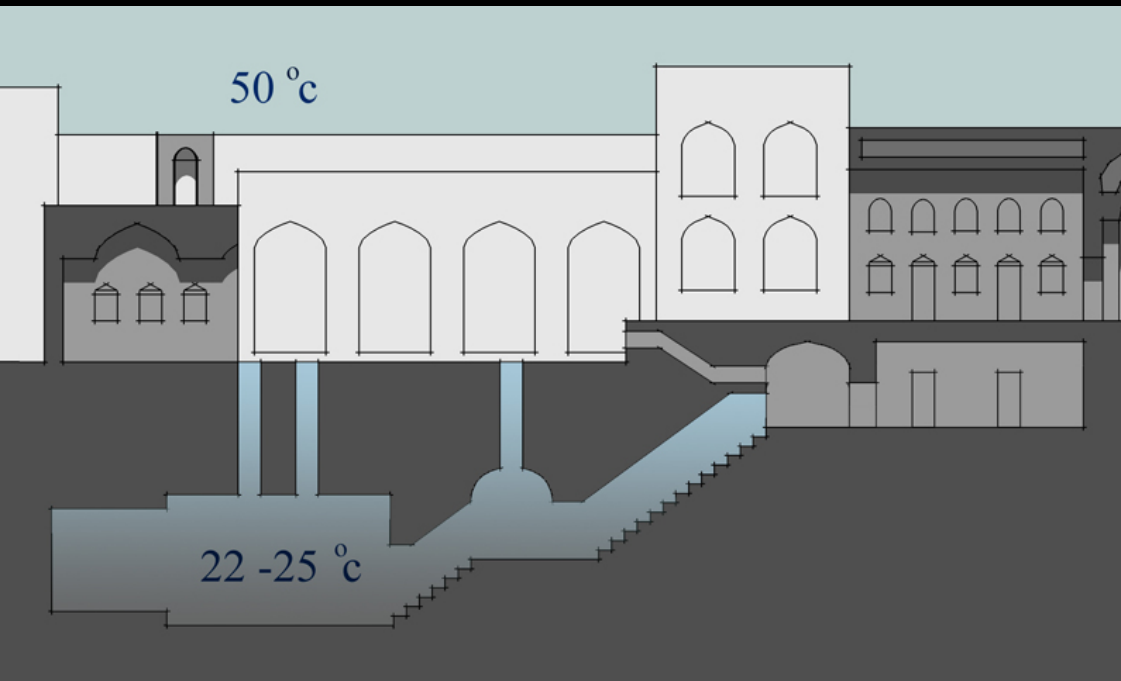


# 1 可持续发展需求是技术创新的原动力



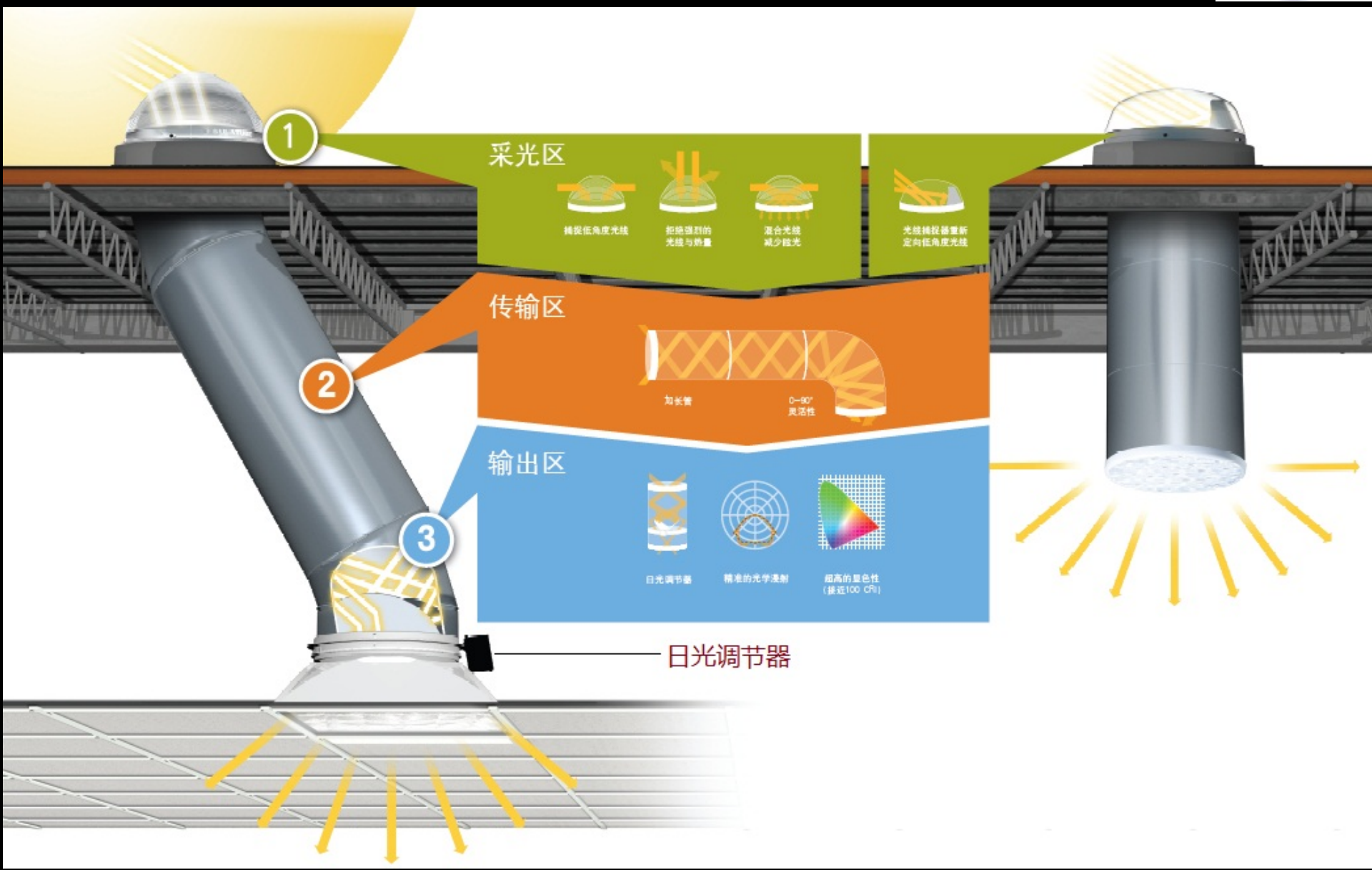


# 1 可持续发展需求是技术创新的原动力





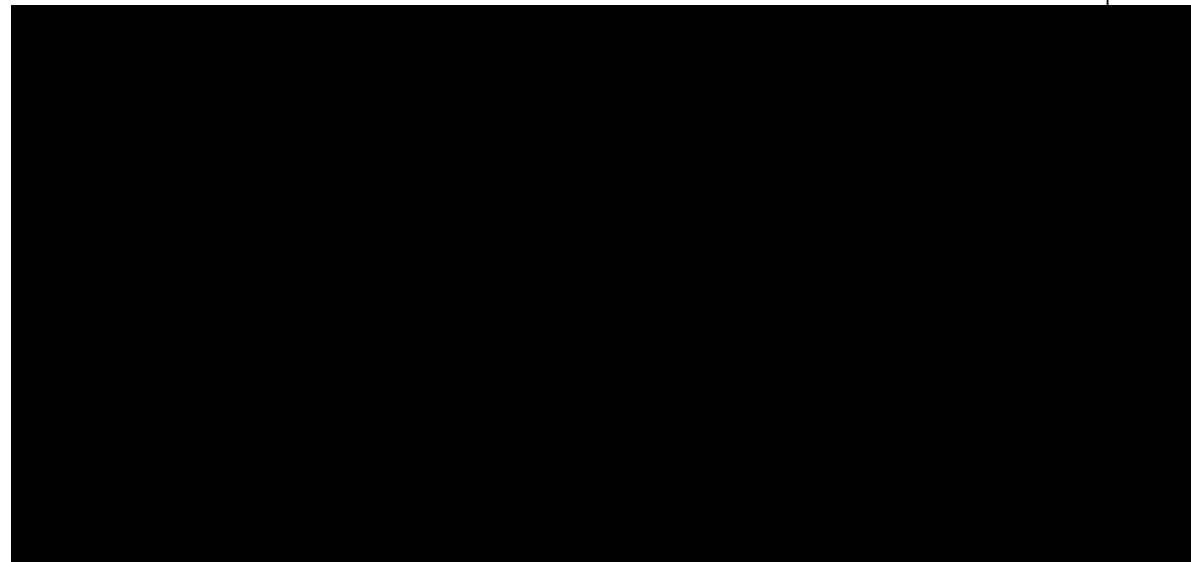
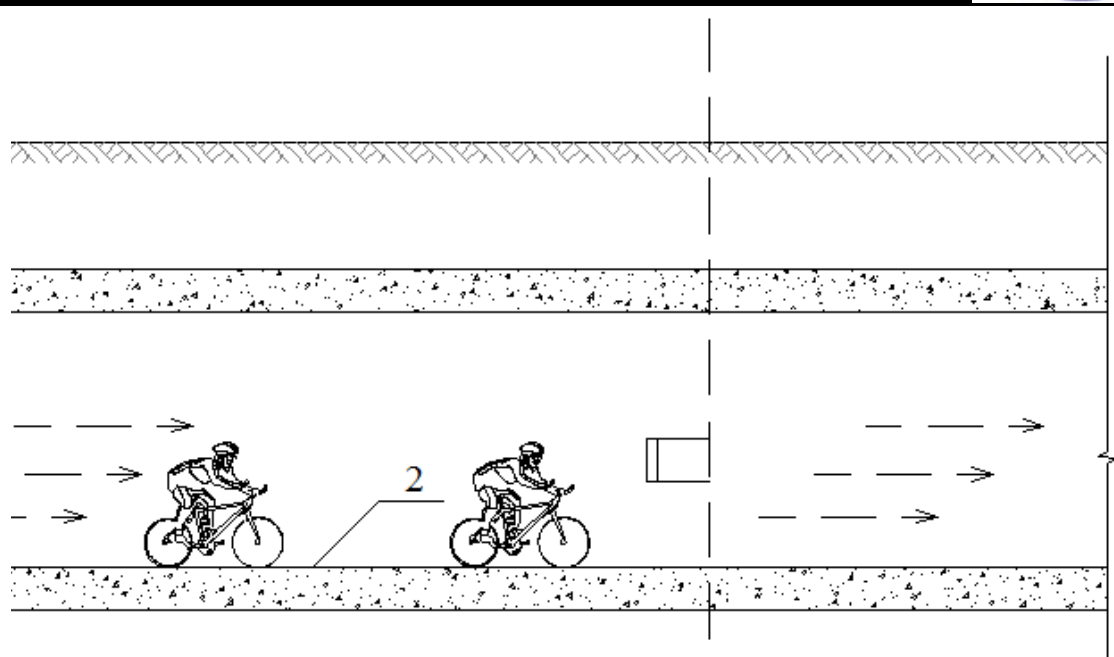
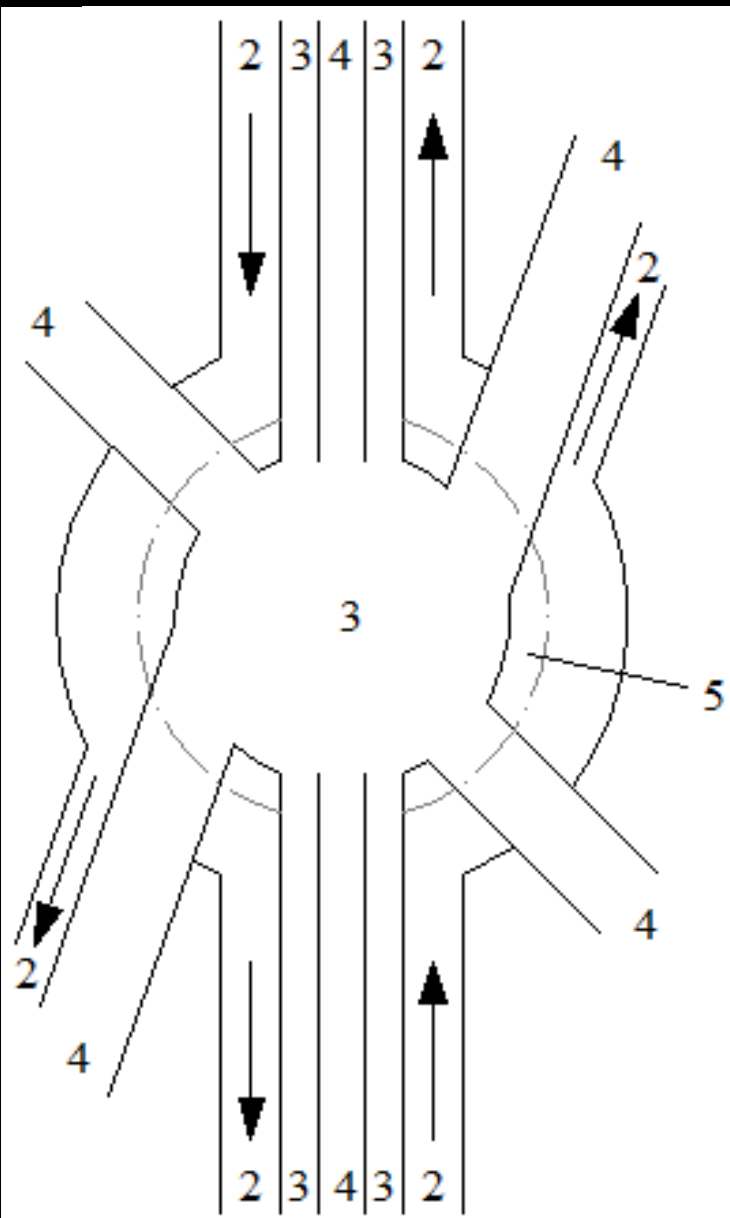
# 1 可持续发展需求是技术创新的原动力





# 1 可持续发展需求是技术创新的原动力

## 风助力自行车道 (需研究)



# Equation



$$P_{cyc} = P_{dt} + mVA_{cyc} + WV\sin(\arctan G) + WVCrr_1\cos(\arctan G) + NCrr_2V^2 + 1/2 C_dA_pV(V + V_w)^2$$

From *Road Cycling* by Robert J. Gregor and Francesco Conconi

Where:

$P_{cyc}$  = net instantaneous mechanical power produced by the rider

$P_{dt}$  = power to overcome drive train friction

$m$  = mass of the rider and bicycle

$V$  = bicycle velocity

$A_{cyc}$  = instantaneous acceleration or deceleration of the bicycle-rider system

$W$  = weight of the bicycle and rider

$G$  = the grade

$Crr_1$  = coefficient of static rolling resistance

$N$  = number of wheels (in case a tricycle is analysed)

$Crr_2$  = coefficient of dynamic rolling resistance

$C_d$  = coefficient of aerodynamic drag

$A_p$  = frontal surface area of the rider and bicycle

$D$  = air density

$V_w$  = velocity of the head or tail wind (positive for head wind)

## 二、创新成果的直接来源

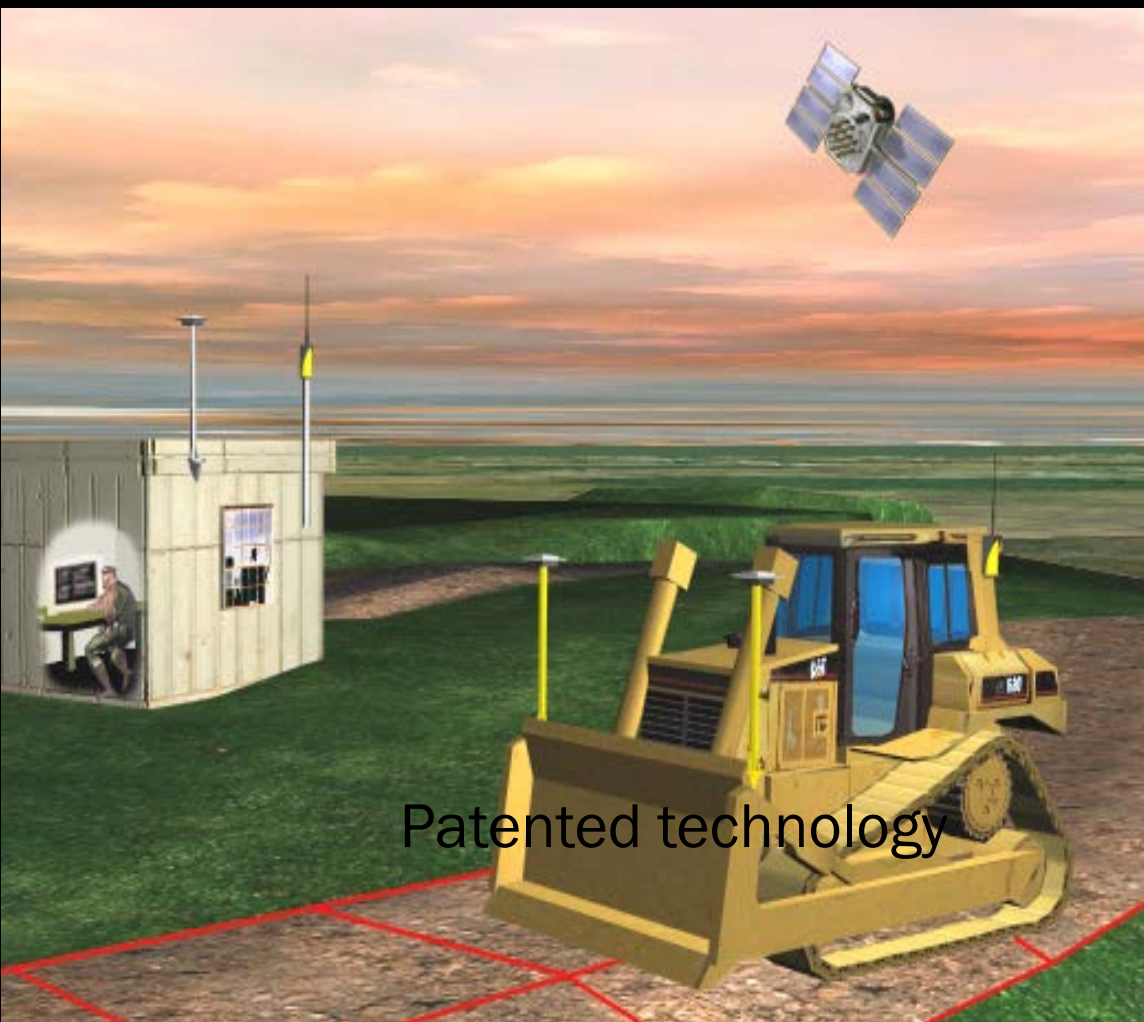


- 1 可持续发展需求是技术创新的原动力
- 2 其它学科的进步推动了土木工程技术的创新
- 3 创新来源于对自然现象和日常生活中的观察
- 4 创新来自于基本原理和对已有技术的合成
- 5 创新来之于大胆建议和“头脑风暴”
- 6 创新来之于长期实践和“苦思冥想”

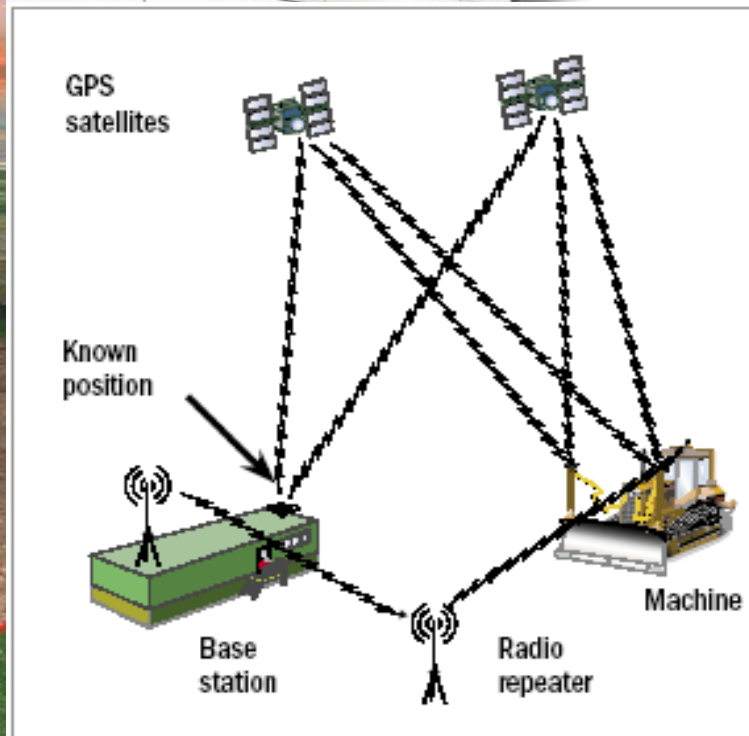
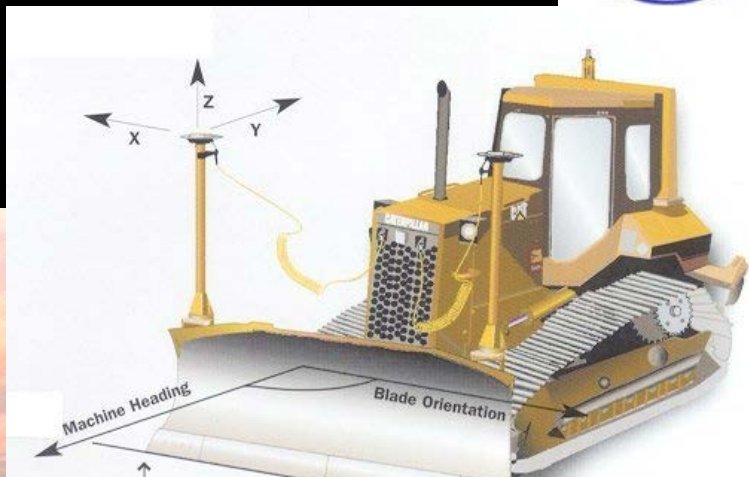
# 2 其它学科的进步推动了土木工程技术的创新



## GPS 3D Principle



Patented technology



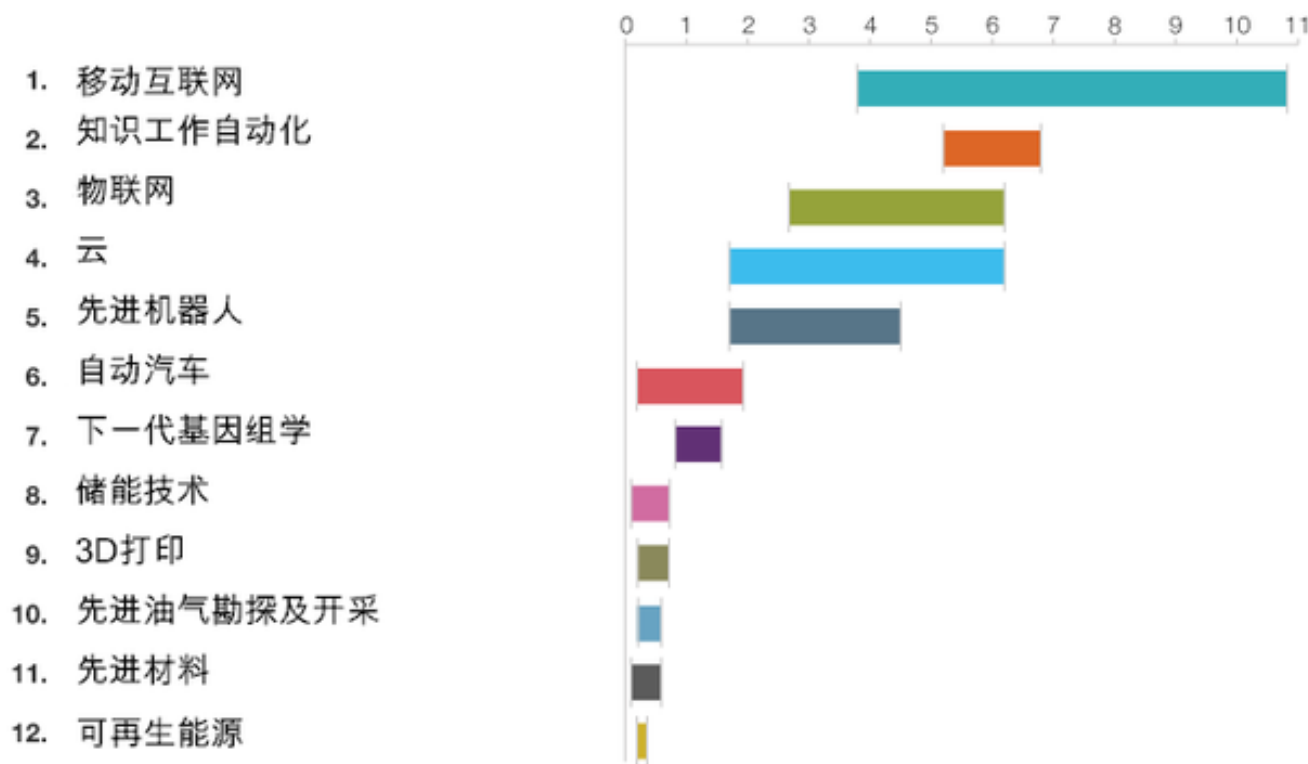


## 2 其它学科的进步推动了土木工程技术的创新

以下是麦肯锡列举的颠覆性技术及其潜在的经济影响程度（含消费者盈余在内，即消费者并未支付的因创新而获得的价值），当然，这种影响评估只是粗略的，不会像 GDP 数字那么具体。

### 颠覆技术图示

至2025年的预估潜在经济影响上下限（万亿美元，年度）





## 2 其它学科的进步推动了土木工程技术的创新

### 物质转化为大数据

例1：DNA研究；

例2：数字化工程（2005起步，朱合华）  
对工程对象的建设与运营全过程进行数字化，  
建立工程的“病历单”，  
最终建成工程对象的“数字化博物馆”。





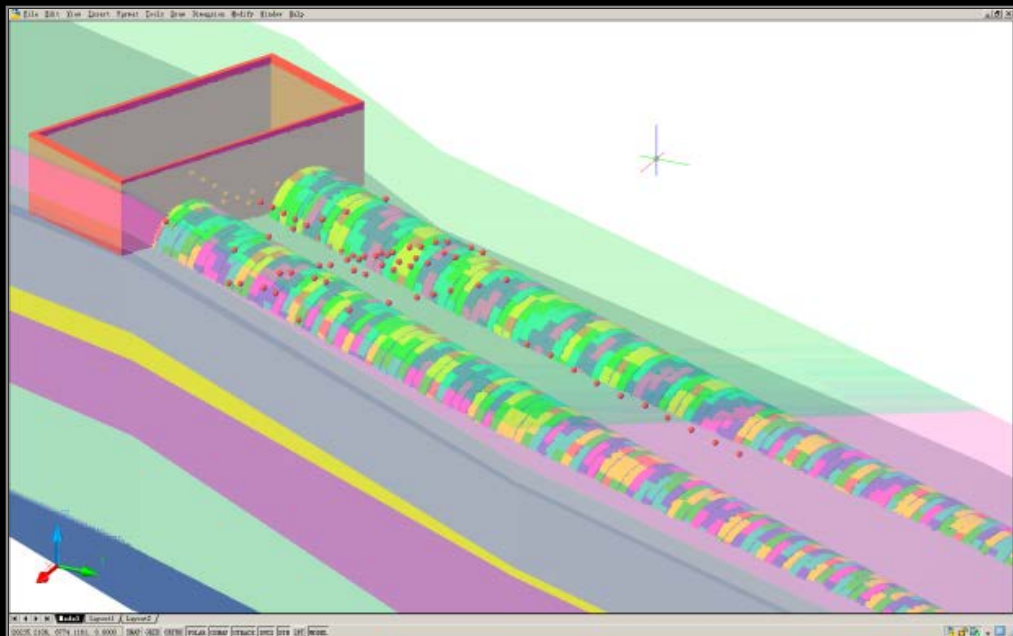


## 2 其它学科的进步推动了土木工程技术的创新

### 大数据转化为物质

例1：3D打印；

例2：建养一体数字化技术（2010起步，朱合华）  
实现建养一体化管理与分析的IT信息技术，包括数  
据采集、标准、建模与可视化、空间分析与应用等，  
最终为改善工程服役性能、提高工程使用寿命服务。



## 二、创新成果的直接来源

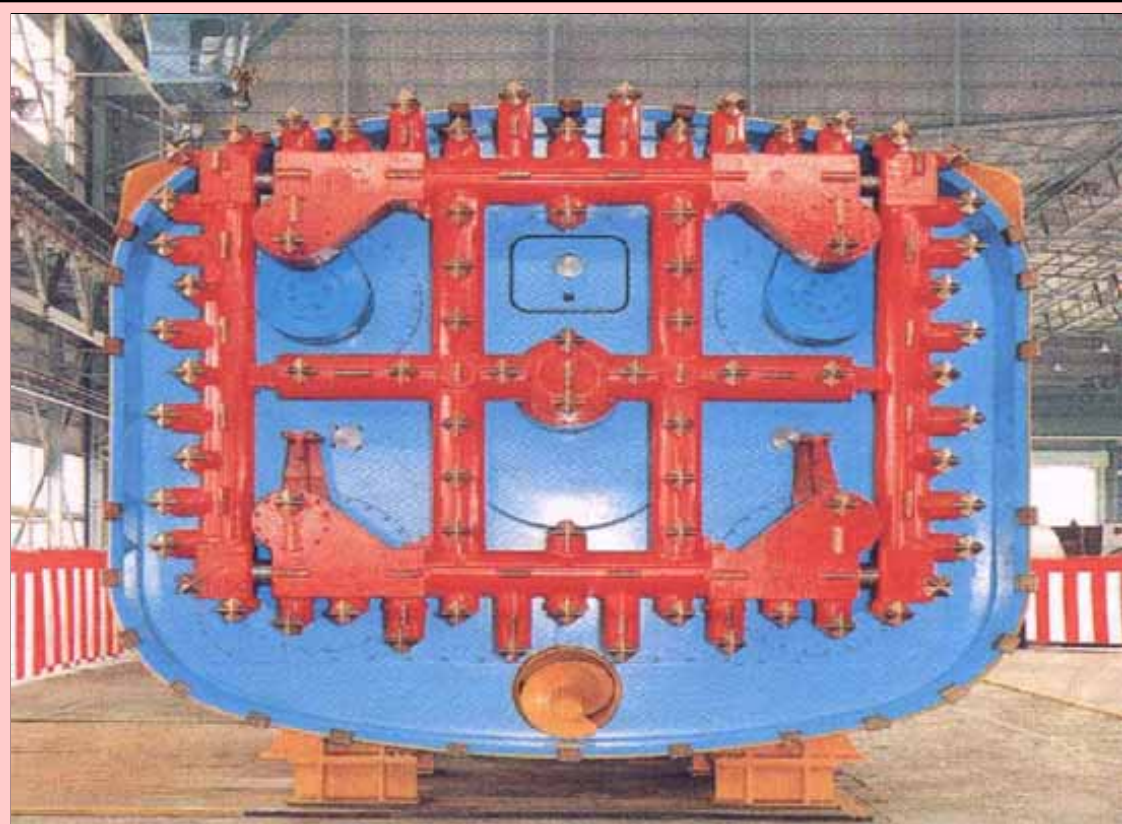
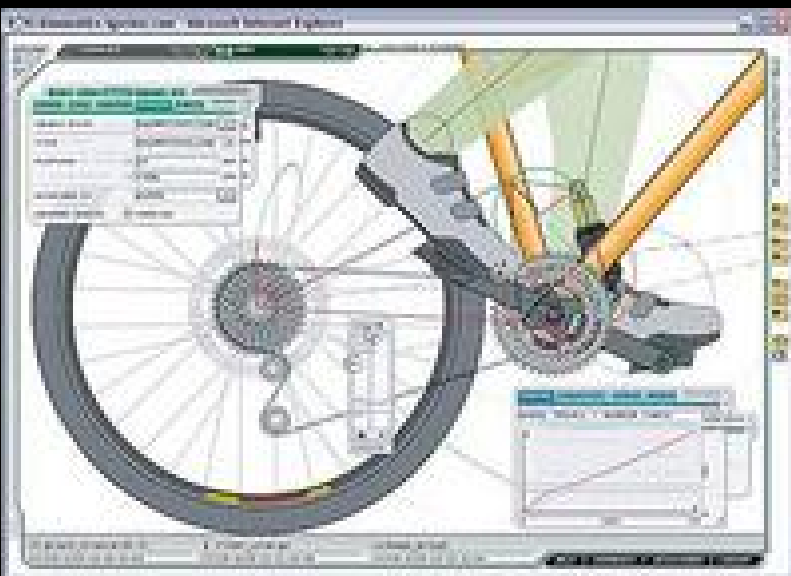


- 1 可持续发展需求是技术创新的原动力
- 2 其它学科的进步推动了土木工程技术的创新
- 3 创新来源于对自然现象和日常生活中的观察
- 4 创新来自于基本原理和对已有技术的合成
- 5 创新来之于大胆建议和“头脑风暴”
- 6 创新来之于长期实践和“苦思冥想”



### 3 创新来源于对自然现象和日常生活中的观察

## 矩形隧道掘进机（有很好的市场前景）



### 3 创新来源于对自然现象和日常生活中的观察



适用于超浅埋深顶进

(需研究)



### 3 创新来源于对自然现象和日常生活中的观察



**How do moles dig out tunnels without collapse?**

**断面是最优的**



## 二、创新成果的直接来源



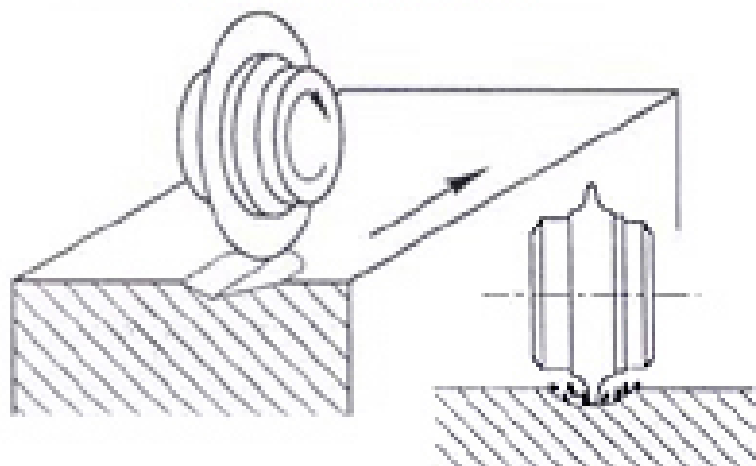
- 1 可持续发展需求是技术创新的原动力
- 2 其它学科的进步推动了土木工程技术的创新
- 3 创新来源于对自然现象和日常生活中的观察
- 4 创新来自于基本原理和对已有技术的合成
- 5 创新来之于大胆建议和“头脑风暴”
- 6 创新来之于长期实践和“苦思冥想”



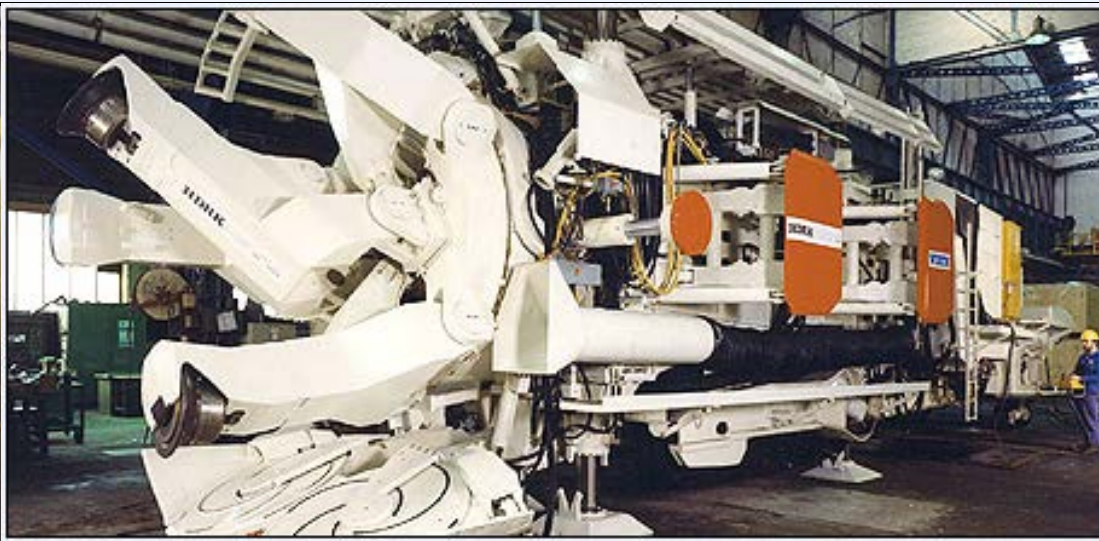
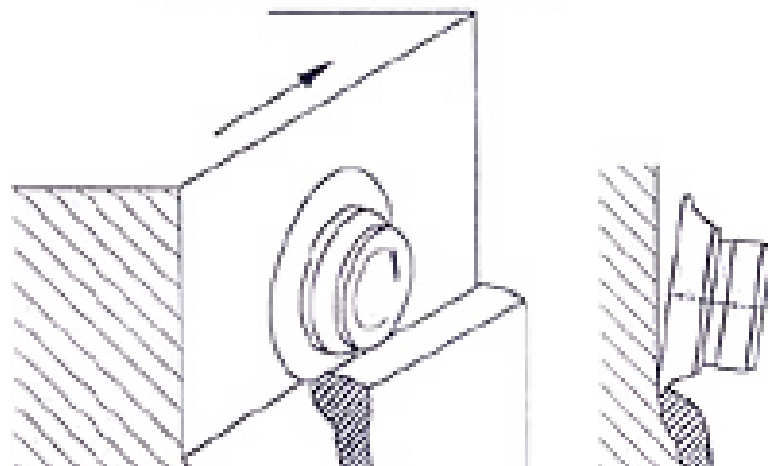
# 4 创新来自于基本原理和对已有技术的合成

## 岩石隧道掘进机的两种开挖形式：

Conventional Reaming



Undercutting Technology





## 4 创新来自于基本原理和对已有技术的合成

催发多数新技术的直接原因是其他技术。

例如:

汽车发明的直接原因:	内燃机
内燃机技术诞生的直接原因之一:	高精度机床
机床精度提高的推手:	千分尺
千分尺的背后:	几何原理

技术产生的逻辑链条一般不是“单线”。

例如:

汽车借鉴了火车的技术;  
内燃机也借鉴了蒸汽机的技术。



## 二、创新成果的直接来源

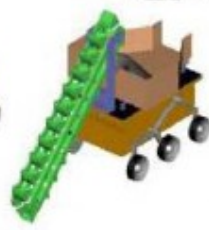
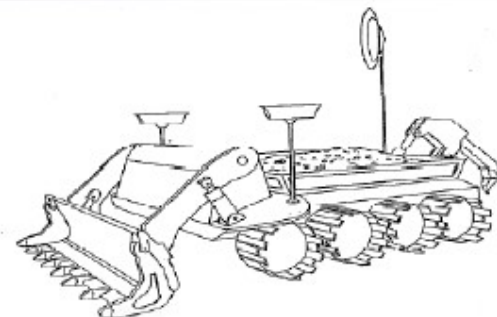
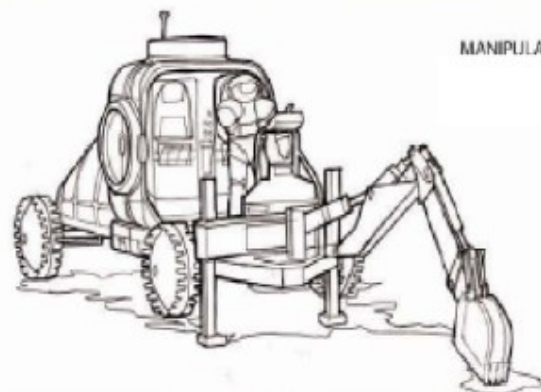


- 1 可持续发展需求是技术创新的原动力
- 2 其它学科的进步推动了土木工程技术的创新
- 3 创新来源于对自然现象和日常生活中的观察
- 4 创新来自于基本原理和对已有技术的合成
- 5 创新来之于大胆建议和“头脑风暴”
- 6 创新来之于长期实践和“苦思冥想”

# 5 创新来之于大胆建议和“头脑风暴”



## 太空地下工程



# 5 创新来之于大胆建议和“头脑风暴”



## 太空地下工程



# 5 创新来之于大胆建议和“头脑风暴”

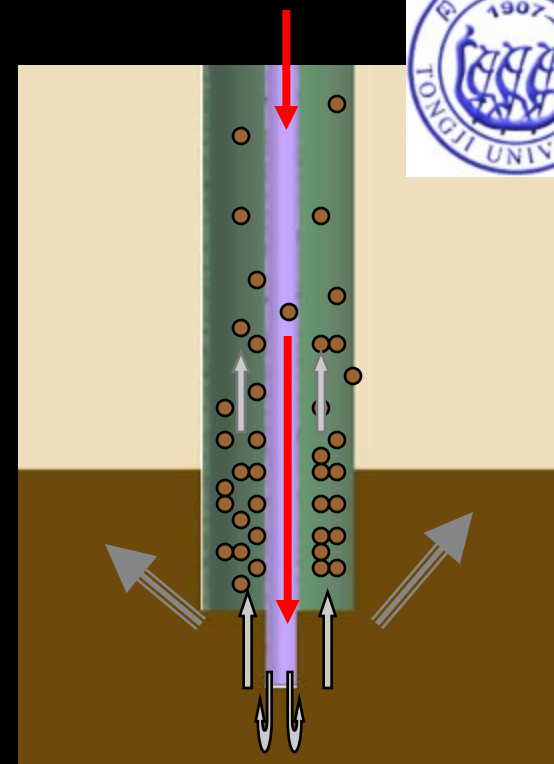


## 太空地下工程

### 气动开挖

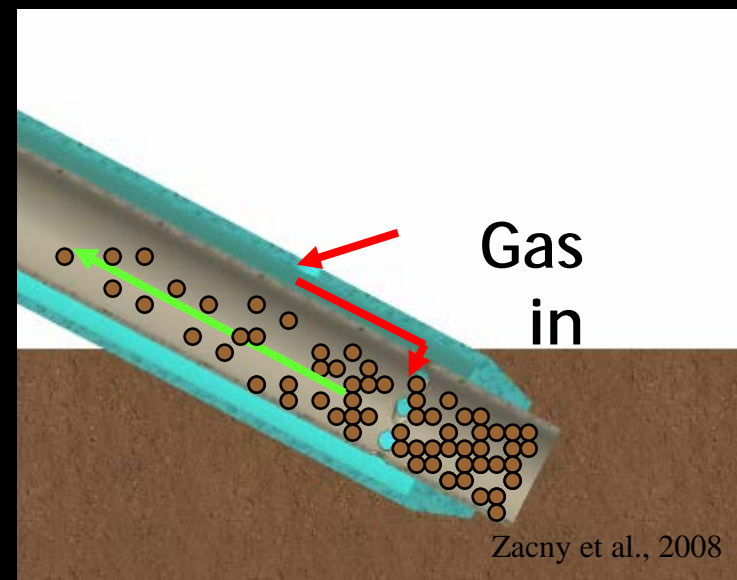
#### 1. 开挖原理

- 压缩空气经内管压入月壤，使月壤颗粒获得很高的提升速度；
- 月壤颗粒经外管随气体运动到收集容器。



#### 2. 气体来源

- 火箭推进器剩余燃料；
- 使燃料液化的增压气体氦气。



# 5 创新来之于大胆建议和“头脑风暴”



## 太空地下工程

## 气动开挖

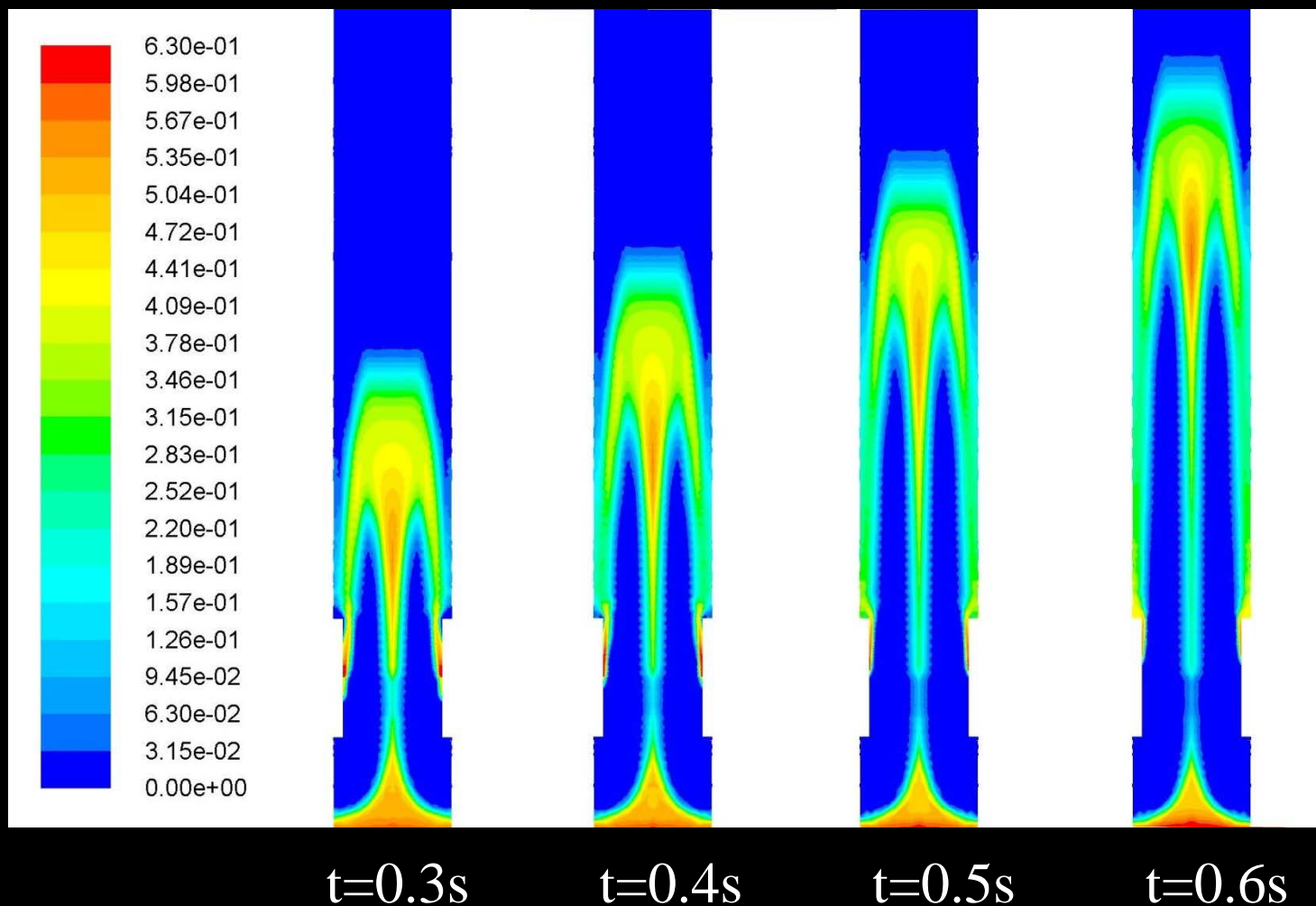


# 5 创新来之于大胆建议和“头脑风暴”



## 太空地下工程

## 气动开挖



## 二、创新成果的直接来源

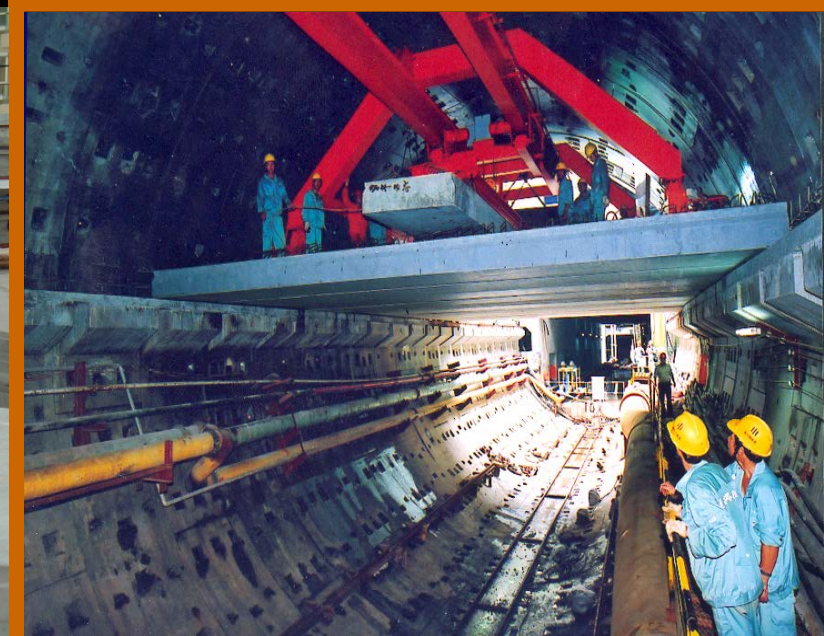


- 1 可持续发展需求是技术创新的原动力
- 2 其它学科的进步推动了土木工程技术的创新
- 3 创新来源于对自然现象和日常生活中的观察
- 4 创新来自于基本原理和对已有技术的合成
- 5 创新来之于大胆建议和“头脑风暴”
- 6 创新来之于长期实践和“苦思冥想”

## 6 创新来之于长期实践和“苦思冥想”



### 带牛腿管片和相应安装技术







谢谢！