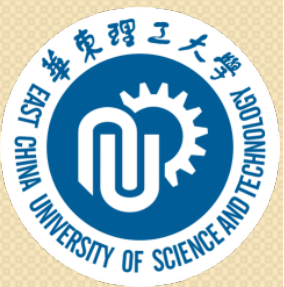


第三章 系统分析



第一节：系统分析概述



系统分析概述

起源：

系统分析（System Analysis）一词来源于美国的兰德（RAND, Research and Development）公司。该公司由美国道格拉斯飞机公司于1948年分离出来，是专门以研究和开发项目方案以及方案评价为主的软科学咨询公司。长期以来，兰德公司发展并总结了一套**解决复杂问题的方法和步骤**，他们称之为“系统分析”。

应用：

- 武器系统分析（**飞机上携带导弹还是炸弹**）
- 国防战略和国家安全政策的系统分析
- 政府机构和企业界政策与决策问题研究（**人口结构等**）



系统分析的定义

广义的解释——系统分析作为系统工程的同义语，认为系统分析就是系统工程。

狭义的解释——系统分析作为系统工程的一个逻辑步骤，系统工程在处理大型复杂系统的规划、研制和运用问题时，必须经过这个逻辑步骤。

所谓系统分析，就是为了发挥系统的**功能**及达到系统的**目标**，利用**科学的分析方法和工具**，对系统的**目的、功能、结构、环境、费用与效益**等问题进行周详的分析、比较、考察和试验，而制订一套经济有效的**处理步骤**或程序，或提出对原有系统**改进方案**的过程。

有目的、有步骤的探索和分析过程，为决策提供所需的科学依据和信息。



系统分析的定义

具体地说

- ❖ 明确主要问题，确定系统目标；
- ❖ 开发可行方案
- ❖ 建立系统模型，进行定性与定量相结合的分析
- ❖ 全面评价和优化可行方案，从而为领导者选择最优方案或满意方案提供可靠的依据。

问题的整体认识，既不忽略内部各因素的相互关系，又能顾全外部环境变化所可能带来的影响，特别是通过信息，及时反映系统的作用状态，随时都能了解和掌握新形势的发展。在已知的情况下，以最有效的策略解决复杂的问题，以期顺利地达到系统的各项目标。



系统分析的意义

系统与环境（外部条件）——系统与所处的环境发生着物质、能量和信息等的交换关系，所构成的环境约束。系统同环境的任何不适应即违反环境约束状态或行为都将对系统的存在产生不利的影响。

系统与分系统——系统与分系统之间关系复杂，如纵向的上下关系，横向的平行关系，以及纵横交叉的相互关系等等，各附属新系统要为实现系统整体目的而存在。因此，任何分系统的不适应或不健全，都将对系统整体的功能和目标产生不利的影响；

分系统之间——系统内各分系统的上下左右之间往往会出现各种矛盾和不确定因素，这些因素能否及时了解、掌握和正确处理，将影响到系统整体功能和目标的达成。



系统分析的意义

系统本身的功能和目标是否合理。

提高决策的科学性和可行性系统分析应为系统决策提供各种分析数据、各种可供选择方案的利弊分析和可行条件等。决策的正确与否关系到事业的成败，那么，系统分析则是构造这些成败的基石。

系统设计的基础 是由系统分析提供的。系统设计的任务就是充分利用和发挥系统分析的成果，并把这些成果具体化和结构化。

例如某大型水电建设，它是以发电为目标，它的任务并不是简单的拦江、建大坝、装发电机组、架设输电线等，它可能包括众多的分系统，如建大坝还要考虑轮船航运系统、水利截流系统、生态系统、村民的迁移、对上中下游的经济发展的影响等。



系统分析的内容-要素

1 系统分析的要素

系统是千变万化的，且所处环境不同；

不同的系统，它产生的功能也不相同，内部的构造、因素的组成也不相同，即使是同一系统，由于分析的目的不同，所采用的方法和手段也不相同。

因此要找出技术上先进、经济上合理的最佳系统，系统分析时必须具备若干个要素，才能使系统分析顺利进行，以及达到分析的要求。



系统分析的内容

美国兰德公司提出的五要素：

- 期望达到的目标；
- 分析达到期望目标所需的技术与设备；
- 分析达到期望目标的各种方案所需要的资源和费用；
- 根据分析，找出目标、技术设备、环境资源等因素间的相互关系，建立各方案的数学模型；
- 根据方案的费用多少和效果优劣为准则，依次排队，寻找最优方案。

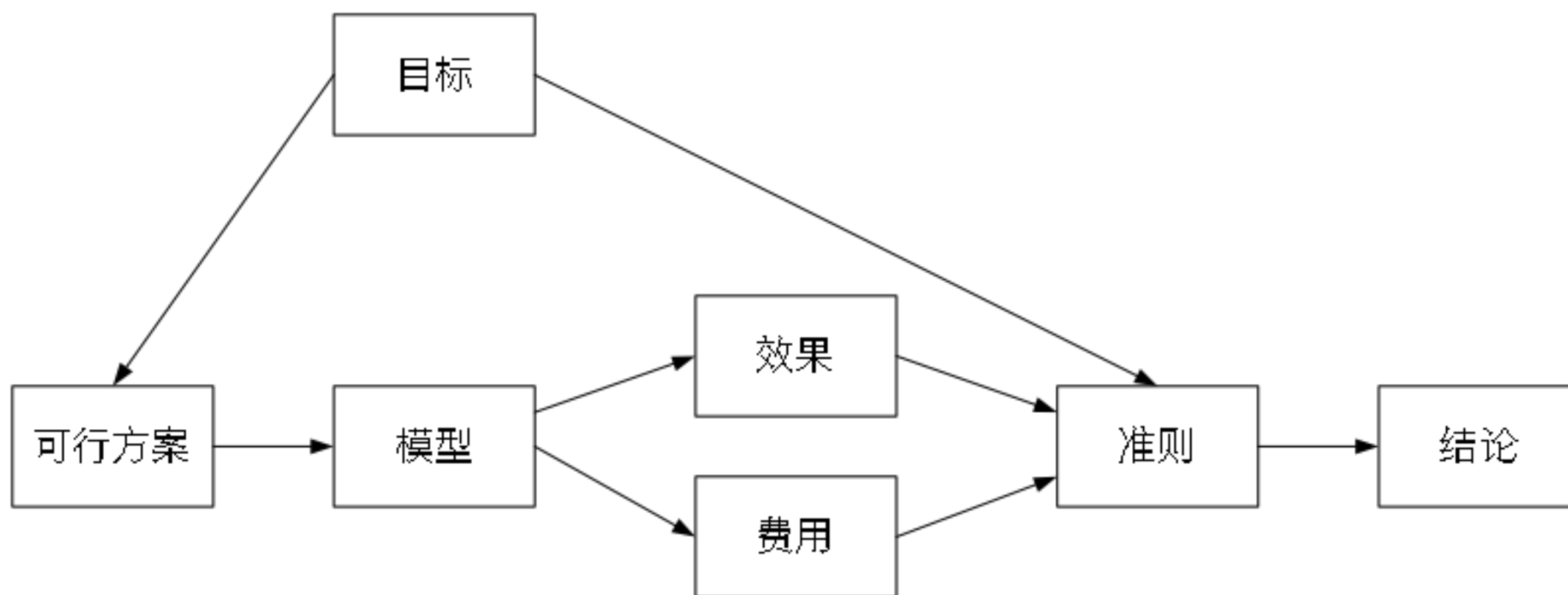
归纳起来就是五要素：

目的、可行方案、费用与效益、模型和评价基准。



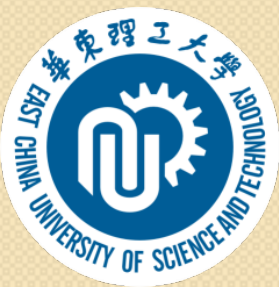
系统分析方法的七要素

目标、可行方案、费用、效果、模型、评价准则、结论



要素之一：目的

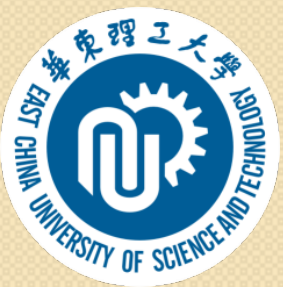
- 首先要对系统的目的和要求进行全面的了解，明确目标要达到什么程度；
- 其次对系统进行界定，把问题的实质和范围准确地加以说明；
- 第三把目标具体化，也是决策者做出决策的主要依据。对于系统分析人员来说，首先要对系统的目的和要求进行全面的了解和分析，**确定的目标应该是必要的**（即为什么要做这样的目标选择）、**有根据的**（即要拿出确定目标的背景资料 and 从各个角度的论证和论据）和**可行的**（即它在资源、资金、人力、技术、环境、时间等方面是有保证的）。



要素之二：可行方案

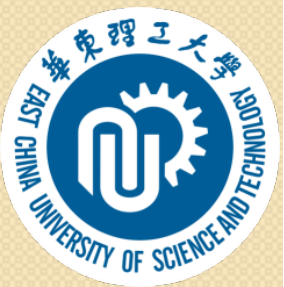
从不同的角度和途径，设想出各种各样的可行方案，以便为系统分析人员提供尽可能多样性的方案。

在作系统分析时必有几种方案或手段，没有足够数量的方案就没有优化。可行方案**必须**在性能、费用、效益、时间等指标上**互有长短**并能进行对比，**必须**有定性和定量的**分析和论证**，**必须**提供执行该方案时的**预期效果**。



要素之三：费用和效益

- **费用是每一方案用于实现系统目标所需消耗的全部资源。由于各种方案的费用构成可能很不一样，所以必须用同一种方法去估算它们，这样才能进行有实际意义的比较。**
- **系统达到目标所取得的成果就是效益。效益可以用货币形式表示。对于不同方案的效果，必须使用同一种方法去估算它们，这样才能进行直接比较。**



要素之四：模型

模型是对系统本质的描述，是方案的表达形式。凭借模型，可以对不同方案进行分析、计算和模拟，以获得各种方案的性能、数据和其它信息。

使用模型进行分析，是系统分析的基本方法，模型的优化与评价是方案论证的判断依据。



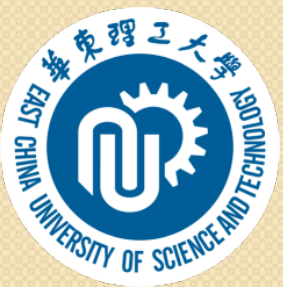
要素之五：评价准则

- 评价准则是目标的具体化，是系统价值的度量，根据采用的指标体系，由模型确定出各可行方案的优劣指标，衡量可行方案优劣指标就是评价的基准，由评价基准对各方案进行综合评价。评价基准必须具有**明确性**、**可计量性**和**敏感性**。**明确性**是指标准的概念明确、具体、尽量单一，对方案达到的指标，能够做出全面衡量。**可计量性**是指确定的衡量标准，应力求是可计量和计算的，尽量用数据表达，使分析的结论有定量的依据。**敏感性**是指在多个衡量标准的情况下，要找出标准的优先顺序，分清主次。



要素之： 结论

结论是系统分析得到的结果。阐明问题与提出处理问题的意见和建议，而不是提出主张与进行决策。



系统分析的内容-原则

2 系统分析的原则

一个复杂的系统由许多要素组成，要素之间相互作用关系错综复杂。系统的输入、输出和转换过程、系统与其所处的环境的相互作用关系等都是比较复杂的。因此，在系统分析时，应处理好各种关系，遵循以下一些准则。

外部条件与内部条件相结合
当前利益与长远利益相接合
局部效益与宏观效益相结合
定量分析与定性分析相结合



系统分析的原则

内部因素与外部因素相结合

系统的内部因素往往是可控的，而外部因素往往是不可控的，系统的功能或行为不仅受到内部因素的作用，而且受到外部因素的影响和制约。



系统分析的原则

当前利益与长远利益相结合

因为系统大部分是动态的，它随着时间以及外部条件的变化而变化，因此选择最优方案时，不仅要当前利益出发，而且还要同时考虑长远利益，要两者兼顾，如果两者发生矛盾，应该坚持当前利益服从长远利益的原则。



系统分析的原则

局部效益与总体效益相结合

一个系统往往由许多子系统组成，局部的最优并不代表总体最优。总体的最优往往要求局部放弃最优而实现次优或次次优。进行系统分析必须坚持“系统总体效益最优、局部效益服从总体效益”的原则。



系统分析方法

定量分析与定性分析相结合

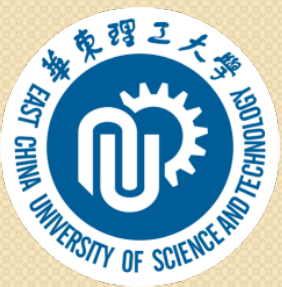
- **定量分析：**对于那些可以用物资的数量、单价、消耗数量等等数量指标进行衡量分析。
- **定性分析：**对于那些如政策、法规等等因素无法用数量指标进行分析，只能根据经验的“好与坏”，“可以或不可以”进行非主观判断的。
- **分析的方法**可以按照“定性---定量---定性”的顺序进行。只有了解清楚系统的一些性质，才能进一步建立起定量关系的数学模型，做出定量分析最后把定性分析与定量分析结合起来进行综合分析，才能找出最优方案。



系统分析的内容-内容

3 系统分析的内容

系统分析的内容有：收集与整理资料，开展环境分析；进行目的分析，明确系统的目标、要求、功能，判断其合理性、可行性与经济性；剖析系统的组成要素，了解他们间的相互关系，及其与实现目标间的关系，提供合适的解决方案集；塑造模型、仿真分析和模拟试验；经济分析、计算各方案的费用及效益；评价、比较和系统优化；提出结论和建议等。



环境分析

了解系统所处环境是解决问题的第一步。环境给出了系统的外部约束条件，系统分析的资料要取自环境，一旦环境发生变换，将引出新的系统分析课题。系统的环境一般可以分为三个方面：**物理技术环境、经济管理环境和社会人文环境**。环境分析的主要内容是：

- ① 确定系统与环境的边界；
- ② 摸清环境对系统的影响程度，包括找出相关的环境因素集，确定各环境因素的影响范围、程度和各因素间的相关程度，并在方案分析中予以考虑，分清主次。



目标分析

目标分析的主要内容有：

① 论证系统总目标的合理性、可行性和经济性，并确定建立系统的社会经济价值；

② 当系统总目标比较概括时，需要分解为各级分目标，建立目标系统（或目标集）以便逐项落实与保证总目标的实现；可以采用目标—手段系统图，

目标分解过程有深度和宽度问题。宽度问题是指一个总目标该用几个子目标来衡量，子目标的增多虽然能使目标描述更为完整细致，但同时也增加了决策的难度；深度问题是指目标层次数，这主要依赖于用这些层次来做什么和是否便于对各层次引入效用和属性，从而对子目标进行度量来决定。



结构分析

保证在系统总目标和环境因素的约束下，系统的要素集与要素间的相互关系集在阶层分布上的最优结合，以得到能够实现最优结果的系统结构：

① 系统要素集的确定。

② 相关关系分析。对于复杂的相关关系，常可将其简化为二元或少元关系。

③ 阶层性分析。主要解决系统分层和各层规模的合理性问题。可从两个方面考虑：一是传递物质、能量和信息的效率、费用和质量；二是功能单元的合理结合与归属。

④ 系统整体性分析。综合上述分析成果，从整体最优上进行概括和协调，着重解决三个问题：

- ❖ 建立评价指标体系，用以衡量和分析系统的整体结合效果；
- ❖ 建立反映系统的集合性、相关性、阶层性等特定的结合模型；
- ❖ 建立结合模型的优选程序。



其他研究内容

建立模型与仿真分析

系统分析最常用的方法之一是在建立的数学模型上开展仿真和模拟实验。

系统优化

在指定环境约束条件下，使系统具有最优功能，达到最优目标或系统整体结合效果最佳的过程。

综合评价

综合分析选择出适当且能实现的最优方案或提出若干结论，供决策者抉择。除了在方案优选阶段需进行综合评判外，在方案选出并进行试运行之后还需再作进一步检验与评判。



系统分析的特点

系统分析是以系统整体效益为目标，以寻求解决待定问题的最优策略为重点，运用定性和定量分析方法，给予决策者以价值判断，以求得有利的预测。其特点如下：

- 1) 以整体为目标
- 2) 以特定问题为对象
- 3) 运用定量方法
- 4) 凭借价值判断



系统分析的步骤

系统很耐心是一个有目的、有步骤的探索和分析过程，其步骤可概括为：

(1) 明确问题与确定目标。明确问题的性质与范围，对所研究的系统及其环境给出确切的定义，并分析组成系统的要素、要素间相互关系和对环境的相互作用关系。

(2) 搜集资料，探索可行方案。这是开展系统分析的基础，对于不确定和不能确定的数据，还应进行预测和合理推断。

搜集资料包括：1) 调查系统的历史与现状，收集国内外的有关资料。 2) 对有关资料进行分析和对比，排列出影响系统的各因素并且找出主要因素。



系统分析的步骤

(3) 建立模型

将现实问题的本质特征抽象出来，建立相关模型。并借助模型预测每一方案可能产生的结果，求得相应于评价标准的各种指标值，并根据其结果定性或定量分析各方案的优劣与价值。

(4) 综合评价

利用模型和其它资料所获得的结果，将各种方案进行定性与定量相结合的综合分析，显示出每一种方案的利弊得失和效益成本，，以获得对所有可行方案的综合评价和结论。

(5) 检验和核实。以试验、抽样、试运行等方式检验所得到的结论，提出应采取的最佳方案。



可行方案的特点

- ①**创造性**，指方案在解决问题上应有创新精神，新颖独到；
- ②**先进性**，指方案应采纳当前国内外最新科技成果，并结合国情和实力；
- ③**多样性**，指所提方案应从事物的多个侧面提出解决问题的思路，使用多种方法计算模拟方案；
- ④**强壮性**，指在受到干扰的情况下，持续维持正常后果的程度；
- ⑤**适应性**，目标经过修正甚至完全不同的情况下，原来方案仍能适用。这在不确定因素影响大的情况下尤为重要；
- ⑥**可靠性**，指系统在任何时候正常工作的可能性。要求系统不出现失误，即使失误也能迅速恢复正常。完善的监督机构和信息反馈能提高政策实施系统的可靠性；
- ⑦**可操作性**，即方案实施的可能性。决策者支持与否是关键，不可能得到支持的方案必须取消。



第二节：系统目标分析



系统目标分析

- ▶ 系统目标是系统分析与系统设计的出发点，是系统目的的具体化
- ▶ 系统的目标关系到系统的全局或全过程，它正确合理与否将影响到系统的发展方向和成败。

系统目标分析的目的：

- 一是论证目标的合理性、可行性和经济性；
- 二是获得分析的结果—目标集；

为了达到**目标的合理性**，在目标的分析和制定中要**满足几项要求**：

- 1) 制定的目标应当是稳妥的；
- 2) 制订目标应当注意到它可能起到的所有的作用；
- 3) 应当把各种目标归纳成目标系统；
- 4) 对于出现的目标冲突不要隐蔽；



系统目标分析分类

目标是要求系统达到的期望状态。人们对系统的期望是多方面的，这些要求和期望反映在系统的目标上就形成了不同类型的目标。

(1) 总体目标和分目标

总体目标集中地反映对整个系统总的要求，通常是高度抽象和概括的，具有全局性和总体性特征。分目标是总目标的具体分解，包括各子系统的子目标和系统在不同时间阶段上的目标。

(2) 战略目标和战术目标

战略目标是关系到系统全局性，它规定着系统发展变化所要达到的总的预期成果，指明了系统较长期的发展方向。战术目标是战略目标的具体化和定量化，是实现战略目标的手段。



系统目标分析分类

(3) 近期目标和远期目标

根据系统在不同发展时期的情况和任务，根据总目标制定在不同发展阶段上的目标，包括短期内要实现的近期目标和未来要达到的远期目标。

(4) 单目标和多目标

单目标是指系统要达到和实现的目标只有一个，具有目标单一、制约因素少、重点突出等特点。多目标是指系统同时存在两个或以上的目标。多目标符合人的利益多面性的要求。由单目标决策向多目标决策的发展是必然的趋势。

(5) 主要目标和次要目标

在系统的多个目标中，有些目标相对重要一些，是具有重要地位和作用的主要目标；而另一些目标则相对次要一些，是对系统整体影响相对较小的次要目标。



系统目标的建立

系统目标就相当于控制理论中的给定值，所以确定系统的目标是十分重要的。

例如：手表是一种**计时工具**，它的最初目标显然应该确定为**“计时准确”**，否则就丧失其存在的意义。但是随着人们价值观、爱好的改变以及手表元件的不断革新和市场需求的发展，手表业把生产和经营手表的目标，在“计时准确”的基础上又增加了一个目标及功能，就是它还可以作为**“装饰品”**。

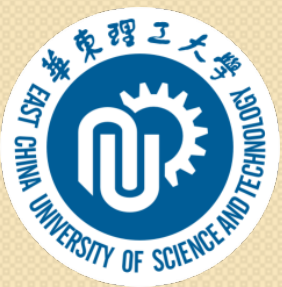


系统目标-总体目标的确定

是对系统的总体要求，是确定系统整体功能和任务的依据。

制定总体目标要有全局的、发展的、战略的眼光；要注意目标的合理性、现实性、可能性和经济性，不能脱离实际，不顾环境制约。

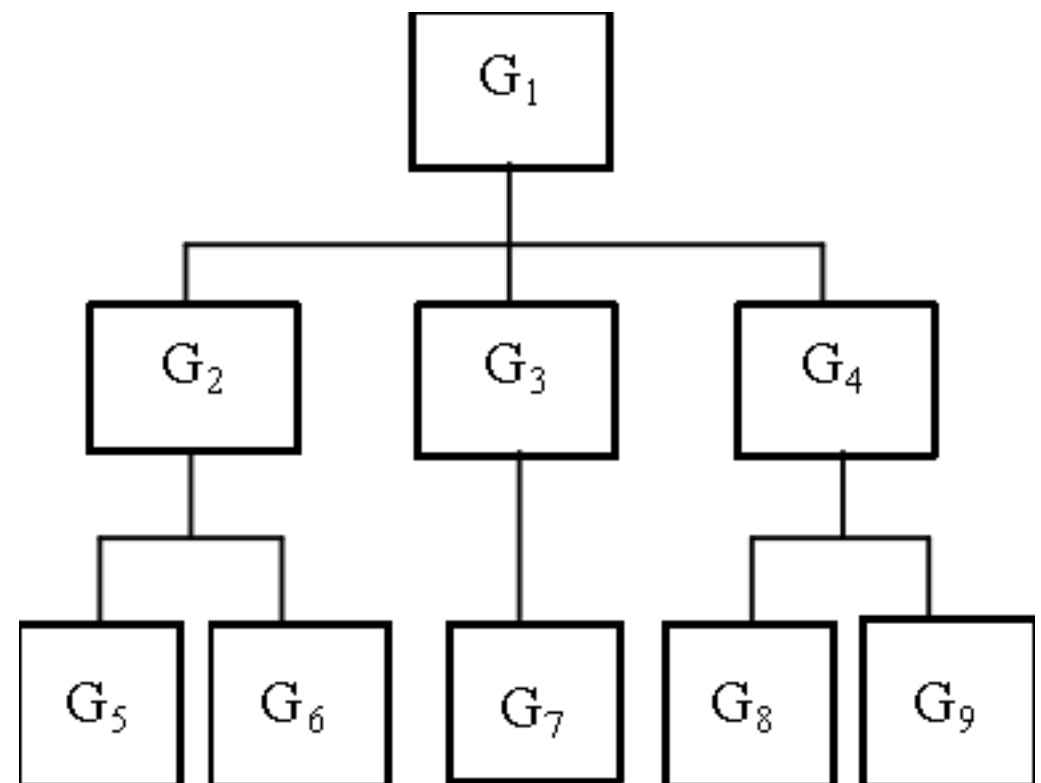
同时，应根据系统在不同时期的实际需要，分别制定近期目标和远期目标；还要充分估计可能产生的消极作用，考虑内部条件、外部环境的限制和约束。



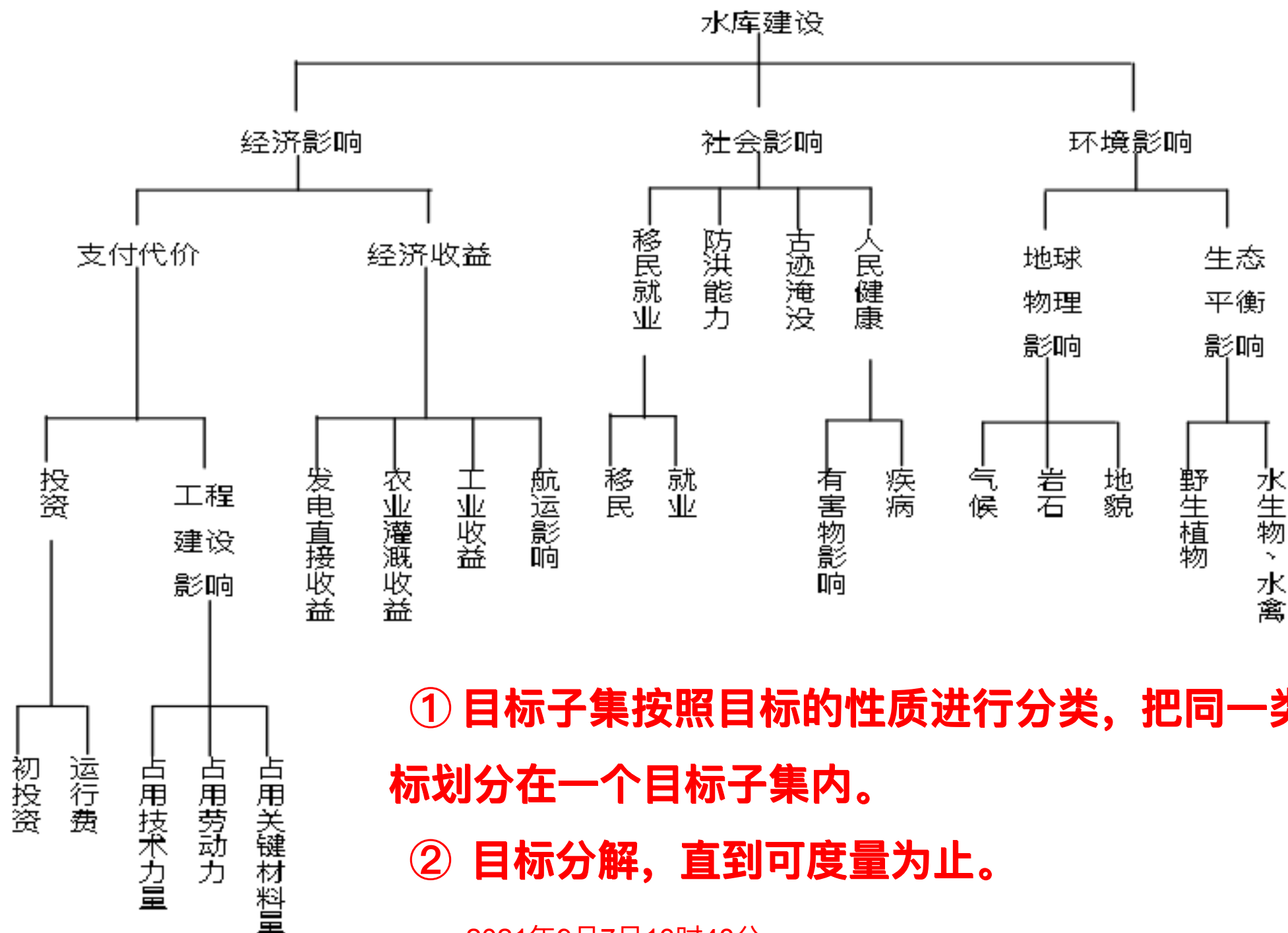
系统目标-建立目标集

所谓目标集是各级**分目标**和**目标单元**的集合，也是逐级逐项落实总目标的结果。在分解过程中要注意使分解后的各级分目标与总目标保持一致。分目标之间可能一致，也可能不一致，甚至是矛盾的，但在整体上要达到协调。

目标树对总目标进行分解而形成的一个目标层次结构称为目标树

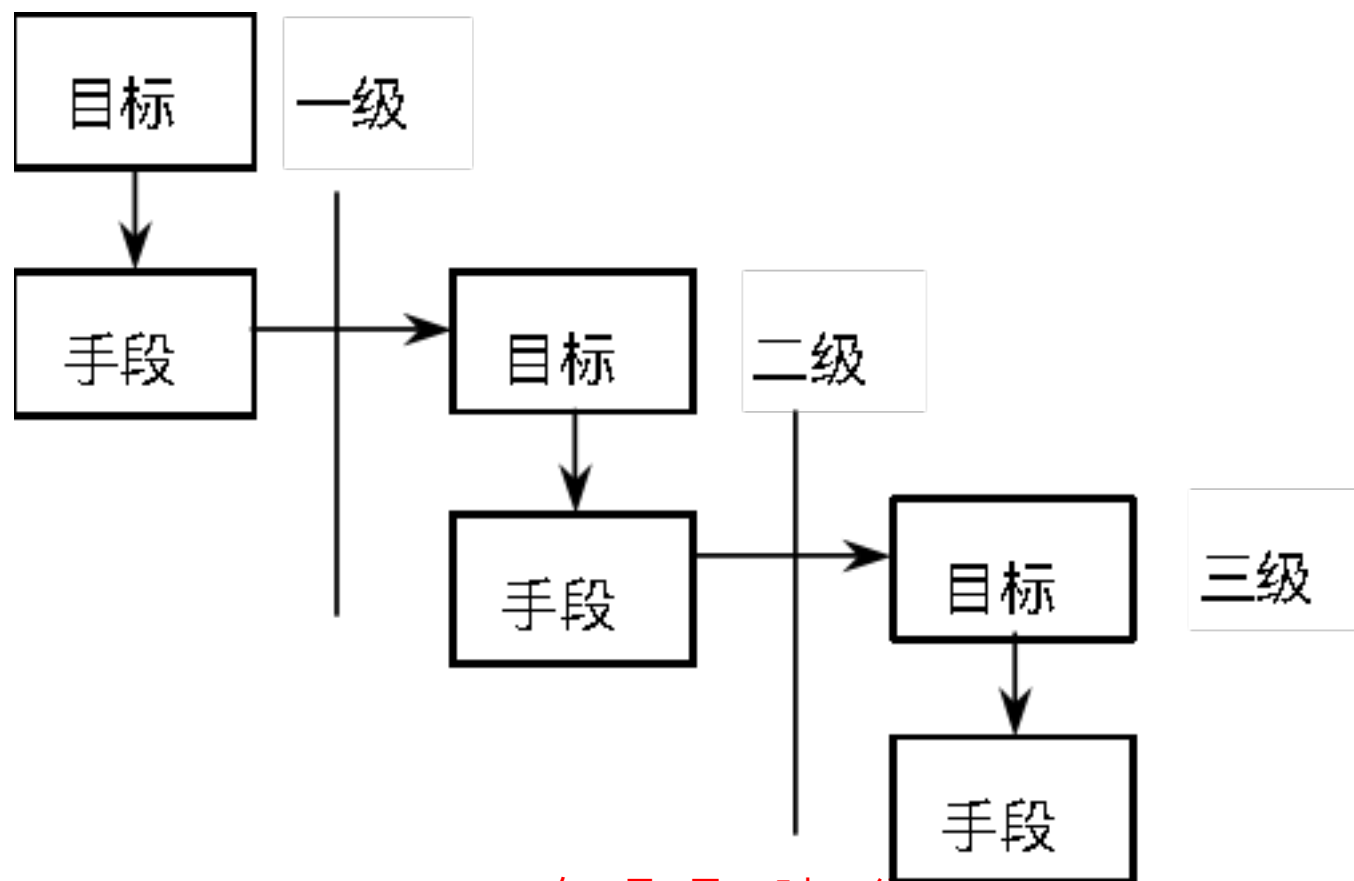


目标树构造的原则



目标-手段分析

目标和手段是相对而言的。对目标的逐步落实就是探索上层目标的途径和手段的过程。目标树中的某一目标都可以视为下一层次的目标和实现上层目标的手段。



建立系统目标集的原则

- (1) 一致性原则。**各分目标应与总目标保持一致，以保证总目标的实现。分目标之间应在总体目标下，达到纵向与横向的协调一致。
- (2) 全面性和关键性原则。**一方面突出对总目标有重要意义的子目标，另一方面还要考虑目标体系的完整性。
- (3) 应变原则。**当系统自身的条件或环境条件发生变化时，必须对目标加以调整和修正，以适应新的要求。
- (4) 可检验性与定量化原则。**系统的目标必须是可检验的，否则达成的目标很可能是含糊不清的，无法衡量其效果。要使目标具有可检验性，最好的办法就是用一些数量化指标来表示有关目标。



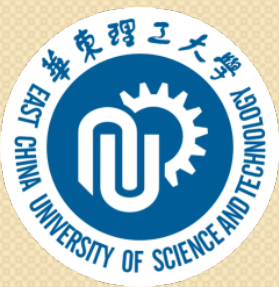
目标冲突的协调

根据涉及的范围，目标冲突可分为以下两种情况：

(1) 属于技术领域的目标冲突，无碍于社会，影响范围有限。

这时，对于两个相互冲突的目标，往往可以通过去掉一个目标，也可以通过设置或改变约束条件，或按实际情况给某一目标加限制，而使另一目标充分实现，由此来协调目标间的冲突关系。

(2) 属于社会性质的目标冲突，由于涉及了一些集团的利益，通常称为利益冲突。这类目标冲突不像前一类型容易协调，在处理时应持慎重态度。



目标冲突的协调

目标冲突还常常表现在**不同层次的决策目标**上，即**基本目标、战略目标和管理目标**之间的不协调。

基本目标——系统存在的理由；

战略目标——指导系统达到基本目标的长期方向；

管理目标——把系统的战略目标变成具体的、可操作的形式，以便形成短期决策。

产生目标冲突的原因：

由于多个主体对系统的期望和利益要求不同。

目标协调的根本任务：

经过调解得到的目标是有关各方均能接受的满意结果，并非某种意义上的最优。



目标冲突的协调

例如：在寻求合作解决运输工具的目标集中，有这样两个分目标：

一是尽可能低的运输投资；

二是尽可能高的运输效率；

解决这类矛盾，可能有两种做法：

① 坚持建立一个没有矛盾目标的目标集，把引起矛盾的分目标剔除掉（如费用）

② 采纳所有分目标，寻求一个能达到冲突目标并存的方案。



目标冲突的协调

对于涉及面广的目标系统，通常使用的方法，是使每一个分目标依次与其他目标结合，估计出他们之间的相互影响。这时通常会出现三种情况：**目标处于冲突状态，目标互补，目标间无依存关系。**

1) 在目标冲突时，一个目标将阻碍另外一个目标的实现。

对于互相冲突的目标，在处理时要进一步分析目标冲突的程度，这时又有两种情况：

① 目标冲突但有相容或并存的可能性——目标的弱冲突；

原则上可以保留两个目标。在实践中，通常是对弱冲突的一方给以限制，而让另一方达到最大限度。

② 绝对相斥的——目标的强冲突。这时必须改变或者放弃某个分目标。



目标冲突的协调

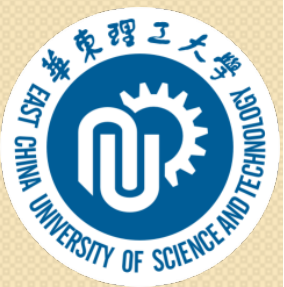
2) 目标互补——一个目标的实现促进了另一个目标的实现

对于目标互补的情况要注意检查是否存在多余部分，即是否有用不同方式表达了相同的内容，这种将影响目标的建立，也不利于以后的评价工作。

3) 无依存关系——目标间毫无关系



第三节：系统环境分析



系统环境的概念

如世界著名的埃及阿斯旺达水电工程

由于在方案研制中忽视了因高坝的建立，尼罗河下游水量和其它物质数量的减少而引起区域水文地质环境的改变，从而导致土地贫瘠化、红海海岸受海浸向内陆后退、地中海沙丁鱼的绝迹等严重后果。

环境分析的主要目的：

了解和认识系统与环境的相互关系、环境对系统的影响和可能产生的后果。

为达到目的，系统环境分析需要完成环境的概念、环境因素及其影响作用、系统与环境边界划定等分析内容。



系统环境的概念

从系统分析的角度研究环境因素的意义在于：

- 1) 环境是提出系统工程课题的来源。
- 2) 课题的边界的确定要考虑环境因素。
- 3) 系统分析的资料，包括决策资料，要取自于环境。
- 4) 系统的外部约束通常来自环境的限制。
- 5) 系统分析的质量要由系统所在环境提供评价资料。



环境因素的分类

从系统论的观点出发，全部环境因素应划分为三大类：

(1) 物理的和技术的，即由于事物的属性所产生的联系而构成的因素和处理问题中的方法性因素。包括

1) 现存系统

- a. 必须从产量、容量等各个方面考虑它们之间的**可并存性和协调性**；
- b. 现存系统的技术方法，包括设备、工艺和检测技术、操作方法和安装方法，可用来**推断未来可能成功使用的技术**。
- c. 现存系统是系统分析中**收集各种数据资料的重要来源之一**。



环境因素的分类

2) 技术标准

技术标准之所以成为物理技术环境因素，是因为它对系统分析和系统设计具有客观约束性质。

a. 使用技术标准可以提高系统分析和设计的质量，节约分析时间和提高分析的经济效果。

b. 技术标准又是企业内部与外部在产品技术上协调的依据，没有标准化就没有大量生产和生产的分工与协作。

技术标准包括结构标准、器件标准、零件标准、公差标准、产品寿命、回收期等等。



环境因素的分类

3) 科技发展因素估量

在进行新老系统的设计和改建的系统分析中，对科技发展因素特别是工艺条件因素的估量，有着重要意义。

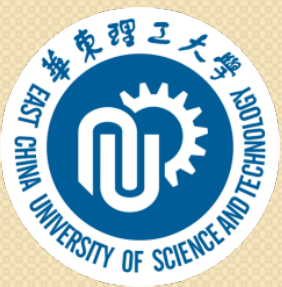
科技因素估量还应考虑国内外同行业的技术状态，即装备技术、设计工艺人员、工人技术水平的总体。



环境因素的分类

4) 自然环境

任何成功的系统分析都必须与自然环境之间保持着正确的适应关系。所谓自然环境包括：地理位置、地形地貌、水文、地质、地震、气象、矿产资源、河流、湖泊、山脉、动植物、生态环境状态等。



环境因素的分类

(2) 经济和经营管理环境 影响经营状态和经济过程的因素。

1) 外部组织机构。 未来系统的行为将与外部组织机构发生直接或间接的联系，即系统与外部组织机构之间存在着各种输入和输出关系。如同类企业、供应企业、科研咨询机构等。



环境因素的分类

2) 政策、政府作用。政策是一类重要的经济和管理的环境因素，是一种重要的管理手段，是调节各种关系平衡的杠杆，也是调动各类人员积极性和创造性的有力工具。在某种意义上说，政策指出了企业的经营方向，政策影响着企业追求目标上的判断。

根据作用范围，**政策可以分为两大类**：一类是**政府的政策**；一类是**企业内部的政策**。政府的政策对企业起管理、调节和约束的作用，企业内部的政策则是在适应政府的政策的前提下求取生存和发展的重要手段。



环境因素的分类

3) 产品系统及其价格结构。产品系统来自社会需求及其发展。产品的价格结构决定于国家的政策和市场供求关系。特别对产品价格结构的分析，是经营决策的重要问题，产品是否获得市场，价格是重要的经济杠杆。

4) 经营活动。经营活动主要指与市场 and 用户等有直接关系的因素的总体。如：商品生产、市场销售、原材料采购和资金流通等有关的全部活动。



环境因素的分类

在产品需要量稳定的情况下，经营目标要以提高市场占有率和资金利润率为主。在需求量不稳定的情况下，则以发展新产品和提高经济指标为主。改善经营活动的主要方面包括：增强企业实力，搞好经营决策和提高竞争力。增强企业实力是基础，搞好决策是手段，提高竞争力则是目的。



环境因素的分类

(3) 社会环境。包括把社会作为一个整体考虑的大范围的社会因素和把人作为个体考虑的小范围的个人因素。

1) 大范围的社会因素。主要包括两个因素：

①人口潜能。人们具有明显的群居和交往的倾向，从人口潜能研究得出的“**聚集**”、“**追随**”和“**交换**”的测度，能说明城市乡村发展的趋势和速率，可用于产品及服务的市场估计，以及预测未来各种系统开发的成功因素；

②城市形式的研究。研究城市形式可为城市规划、建筑、交通、商业、供应、通信等系统的分析和设计提供参考依据，成为总体优化研究的一个重要方面。



环境因素的分类

2) 人的因素。人的因素可以划分为两组：

一是通过人对需求的反映而作用于**创造过程和思维过程**的因素；

二是**人或人的特性**在系统开发、设计、应用中应予以考虑的因素。包括人的主观偏好、文化素质、道德水准、社会经验、能力、生理和心理上的局限性等。

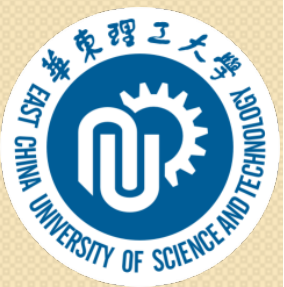


环境因素的确定与评价

环境因素的确定，根据实际系统的特点，通过考察环境与系统之间的相互影响和作用，找出对系统有重要影响的环境要素的集合，即划定系统与环境的边界。

环境因素的评价，通过对有关环境因素的分析，区分有利和不利的环境因素，弄清环境因素对系统的影响和谐、作用方向和后果。

先凭直观判断和经验，确定一个边界，在以后逐步深入的研究中，随着对问题有了深刻的认识 and 了解，再对前面划定的边界进行修正。



环境因素的确定与评价

环境因素的确定与评价，要根据系统问题的性质和特点，因时、因地、因条件地加以分析和考察。通常应注意以下几点：

(1) 应适当取舍。即将与系统联系密切、影响较大的因素列入系统的环境范围，既不能太多，又不能过少。太多会使分析研究过于复杂，且容易掩盖主要环境因素的影响；太少则客观性差。

(2) 对所考虑的环境因素，要分清主次，分析要有重点。



环境因素的确定与评价

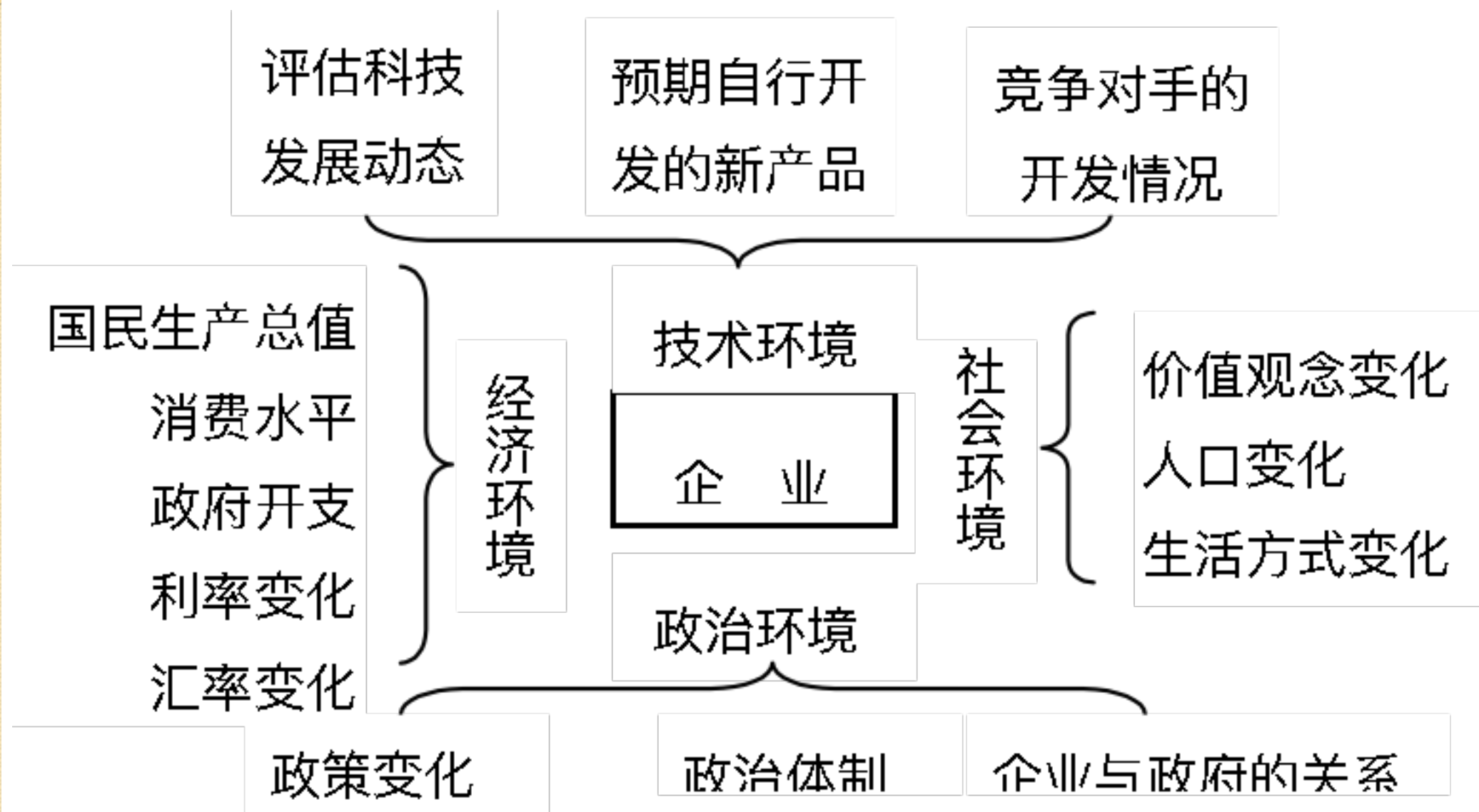
(3) 不能孤立地、静止地考察环境因素，必须明确地认识到环境是一个动态发展变化的有机整体，应以动态的观点来探讨环境对系统的影响与后果。

(4) 尤其要重视某些间接、隐蔽、不易被察觉的、但可能对系统有着重要影响的环境因素。对于环境中的人的因素，其行为特征、主观偏好、以及各类随机因素都应有所考察。



环境因素的确定与评价

以企业经营管理信息系统为例进行环境分析



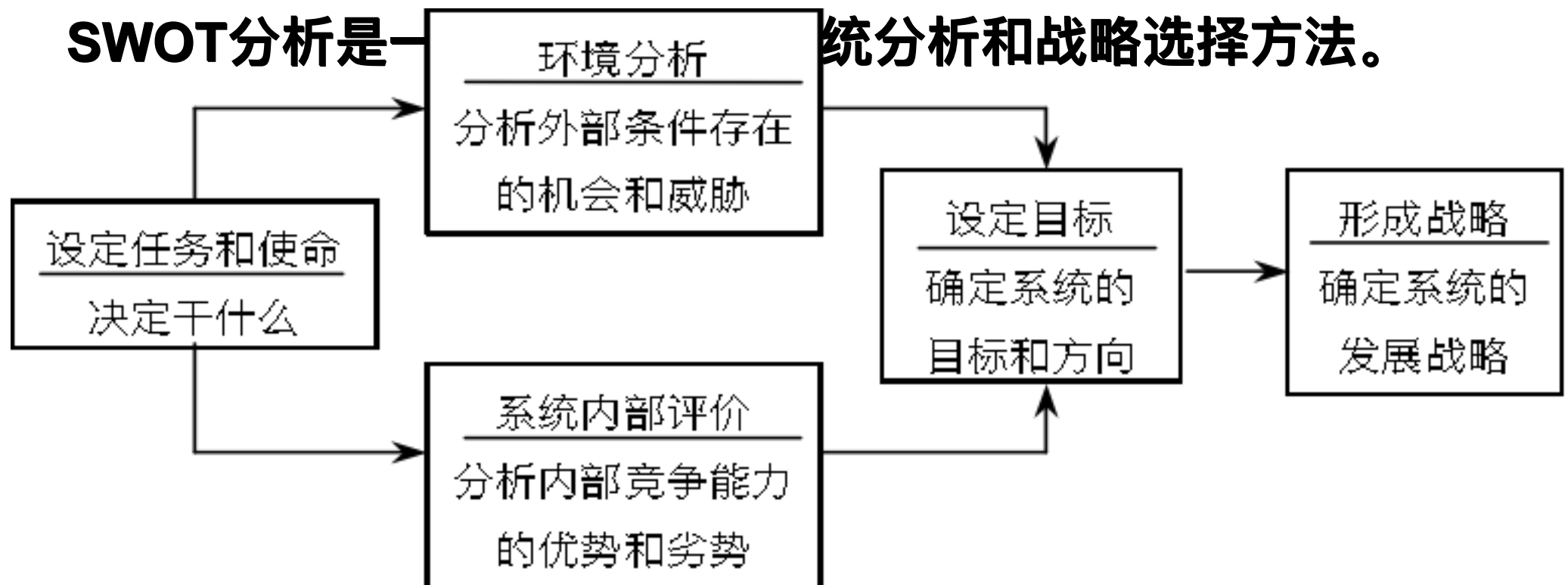
环境因素的确定与评价

环境因素分析法——SWOT分析法

SW是指系统内部的优势和劣势（Strengths and Weaknesses）。

OT是指外部环境存在的机会和威胁（Opportunities & Threats）。

SWOT分析是——系统分析和战略选择方法。

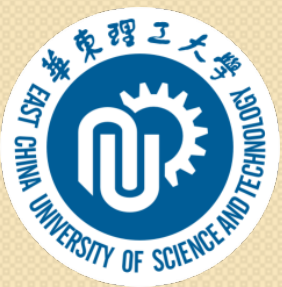


环境因素的确定与评价

SWOT分析表主要用于因素调查和分析。以企业为对象的SWOT分析表如表所示

SWOT 分析表

| 企业内部条件 | | 企业外部条件 | |
|--------|----------|--------|------------|
| 优势 | 1. 产品销路好 | 机会 | 1. 需求量扩大 |
| | 2. 产品质量好 | | 2. 引进先进技术 |
| | 3. 基础管理好 | | 3. 引进人才 |
| 劣势 | 1. 企业规模小 | 威胁 | 1. 原材料价格上涨 |
| | 2. 企业负担重 | | 2. 利率过高 |
| | 3. 资金不足 | | 3. 竞争激烈 |



系统环境分析举例

济南泉水特征及影响因素系统分析。

济南泉域喀斯特水系统含闻名的四大泉群，即趵突泉、黑虎泉、珍珠泉和五龙潭泉群。其水位与汇集排泄区喀斯特水水位动态变化一致；泉水流量一般在每年的1—5月份逐渐减少，泉水断流一般出现在5~6月份，6~9月雨季来临，水位回升，泉水也相继出流，最大流量一般出现在9~10月，然后随水位的不断下降，泉流量也逐渐减少。

影响泉水动态的主要因素是：

当年、前一年、前两年的降水量，市区开采量，泉域内的开采量等等。泉水动态是自然因素和人为作用的综合反映。



系统环境分析举例

造成泉水断流的因素较多，综合分析如下：

(1) 喀斯特水的开采对泉水的影响

1) 市区开采对泉水影响：随着市区开采量的增大，泉区水位下降，泉流量减少。

2) 西部水源地开采对泉水的影响

3) 东郊工业开采区开采对泉水的影响

(2) 补给量的变化对泉水的影响

(3) 水源地布局对泉水的影响

(4) 补给、开采时空变化对泉水的影响



系统环境分析举例

通过以上分析、论证可以看出：**济南泉水明显受自然因素和人为因素的影响。**

自然因素中以大气降水的年际变化对泉水的影响最为明显；

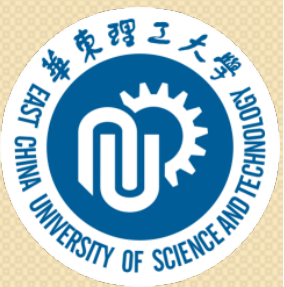
人为因素中以地下水的开采量和开采布局对泉水的影响最为明显。

解决方案：

从济南泉水保护和合理开发利用地下水资源的角度出发，必须增加地下水的补给量，合理地调整开采布局 and 开采量，以保证泉水常年喷涌。

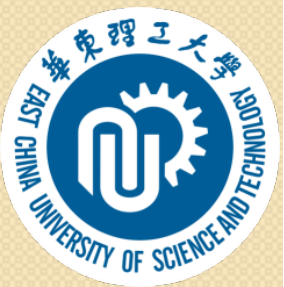


第四节：系统结构分析



系统结构分析

系统结构是系统保持整体性和使系统具备必要的整体功能的内部依据；是反映系统内部要素之间相互关系、相互作用的形式形态化；是系统中要素的秩序的的稳定化和规范化。



系统结构概念

系统结构是指系统的构成要素在时空连续区上的排列组合方式和相互作用方式。

系统功能和系统结构是不可分割的。

系统功能是指系统整体与外部环境相互作用中应当表现出来的效应与能力，以满足系统目标的要求。

系统的整体功能又是由**系统结构**决定的。而系统内部诸要素之间的作用形式则又取决于系统的特征即系统的本质属性。



系统结构概念

集合性、相关性和阶层性——系统结构的主要内涵特性

一切系统都是由大量的要素按照一定的相互关系（相关性）归属于固定的阶层内。

整体性——系统内部综合协调的表征

环境适应性——以系统为一方，环境为另一方的外部协调的表征。

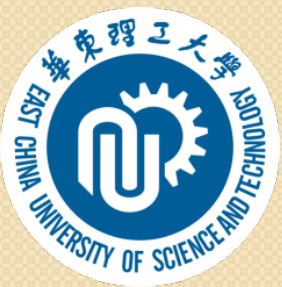
目的性——构造系统结构的出发点



系统结构概念

系统的目的性是统领和支配除了环境适应性以外的四个特征的，系统结构分析的目的就是找出构成这几个表征的规律，即寻求构筑系统合理结构的规律和途径。

所谓合理结构是指在对应系统**总目标**和**环境因素的约束条件下**，系统的组成要素集、要素间的相互关系集以及它们在阶层分布上的**最优结合**，并使得系统有最优的或最满意的输出。



系统结构概念

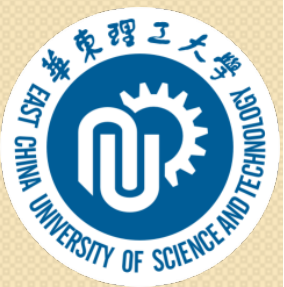
系统结构分析的主要内容：

构成系统的要素集

要素间的相互关系、要素在系统中的排列

方式

系统的整体性



系统要素集分析

系统目标 → 系统具备特定功能 → 由系统的一定结构来保证 → 系统要素又是构筑系统结构的基本单元。

系统要素集分析有两项工作：

首先是确定要素集。其确定方法是在已定的目标树基础上进行。

第二项是对已得到的要素进行价值分析，这是因为实现某一目标可能有多种要素，因此存在着择优问题，其择优的标准是在满足给定目标前提下，使所选要素的构成成本最低。其方法主要运用价值分析技术。



系统相关性分析

要素集实现系统目标的作用还要取决于要素间的相关关系。

例如：同样的砖、瓦、沙、石、木、水泥可以盖出高质量的漂亮的楼房，也可以盖出低劣质量的楼房；同样的符合标准的手表零件，可以装出质量高档的手表，也可以装出质量下乘的手表，这是瑞士手表专家的当场表演所显示的实例。

这些关系可能表现在空间结构、排列顺序、相互位置、松紧程度、时间序列、数量比例、信息传递方式，以及组织形式、操作程序、管理方法等许多方面，并由此形成系统的相关关系集。



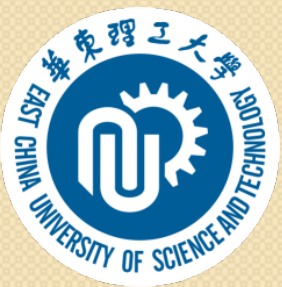
系统相关性分析

在相关关系集中，**最基本的关系是二元关系**，其它更为复杂的关系则是在二元关系基础上发展的。相关关系分析可分为两步进行：

第一步先对系统进行二元关系分析，确定要素之间是否存在关系。具体作法是将系统的要素列成方阵表，用 R_{ij} 表示要素i与要素j的关系，并规定 R_{ij} 只取1或0值，即若i与j之间存在关系，则 R_{ij} 为1；反之为0。

第二步工作是对 R_{ij} 取值为1的两个相关要素之间存在的特定关系进行分析。

这里的相关性分析只解决了具有平行地位的要素之间的关系分析问题，对于系统的阶层关系则需要其它分析方法。



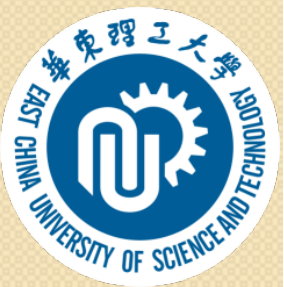
结构模型

描述系统各组成部分之间关系

系统与环境之间关系

概念模型到定量模型的中介

适用于描述一些难以量化的系统



系统阶层性分析

系统的阶层性关系分析主要是针对大多数系统都具有多阶层递阶形式而进行的。

系统阶层的产生：

由于系统目标的多样性和复杂性，任何单一或比较简单的功能都不能达到目的，需要组成功能团和功能团间的相互联合。而这些功能团必然会形成某种层次结构形式。

系统阶层性分析的目的：

主要解决系统分层数目和各层规模的合理性问题，即解决层次的纵向和横向规模的合理性问题。这种合理性主要从两个方面考虑：



系统阶层性分析

1) 传递物理、能量和信息的效率、质量和费用，同时要便于控制。

环节越多，摩擦越多，传递路线越长，传递效率越低，失真程度越大，周期时间越长，费用越多。所以从提高效率和工作质量的角度看，系统层次不宜太多。

另一方面，任何系统的阶层幅度又不能太宽，否则不利于集中。

2) 功能团（或功能单元）有个合理结合和归属问题。

某些功能团放在一起能起互相补益的作用，有些则相反。



系统整体性分析

系统整体性分析是结构分析的核心，是解决系统整体协调和优化的基础。整体性分析是综合要素集、关系集、层次性分析结果，以整体最优为目的的协调，也就是使要素集、关系集、层次分布达到最优结合，并取得系统整体的最优输出。

整体性分析主要有两项内容：

一是为了衡量和分析系统的整体结合效果，需要建立一个评价指标体系。

二是尽量建立反映系统整体性的要素集、关系集、层次分布的结合模型，以定量分析系统整体结构的合理性和最优输出。



系统整体性分析

例如一个工程施工技术系统

要素集——若干台（套）各种装置或仪器设备（供电、供水、运输、机械设备、仪器、测试、原材料）和各类工作人员构成。

关系集——在一定的生产工艺流程条件下，由人一机组成了各种关系。

层次分布集——由于人一机系统中各种要素功能不同，就必然构成层次关系。

根据系统结构结合特性，其评价指标体系应当考虑的有：

设备利用率、设备故障率、能耗、材料消耗、生产效率、成本、质量等指标。



系统结构分析—举例

以企业技术创新的系统分析为例

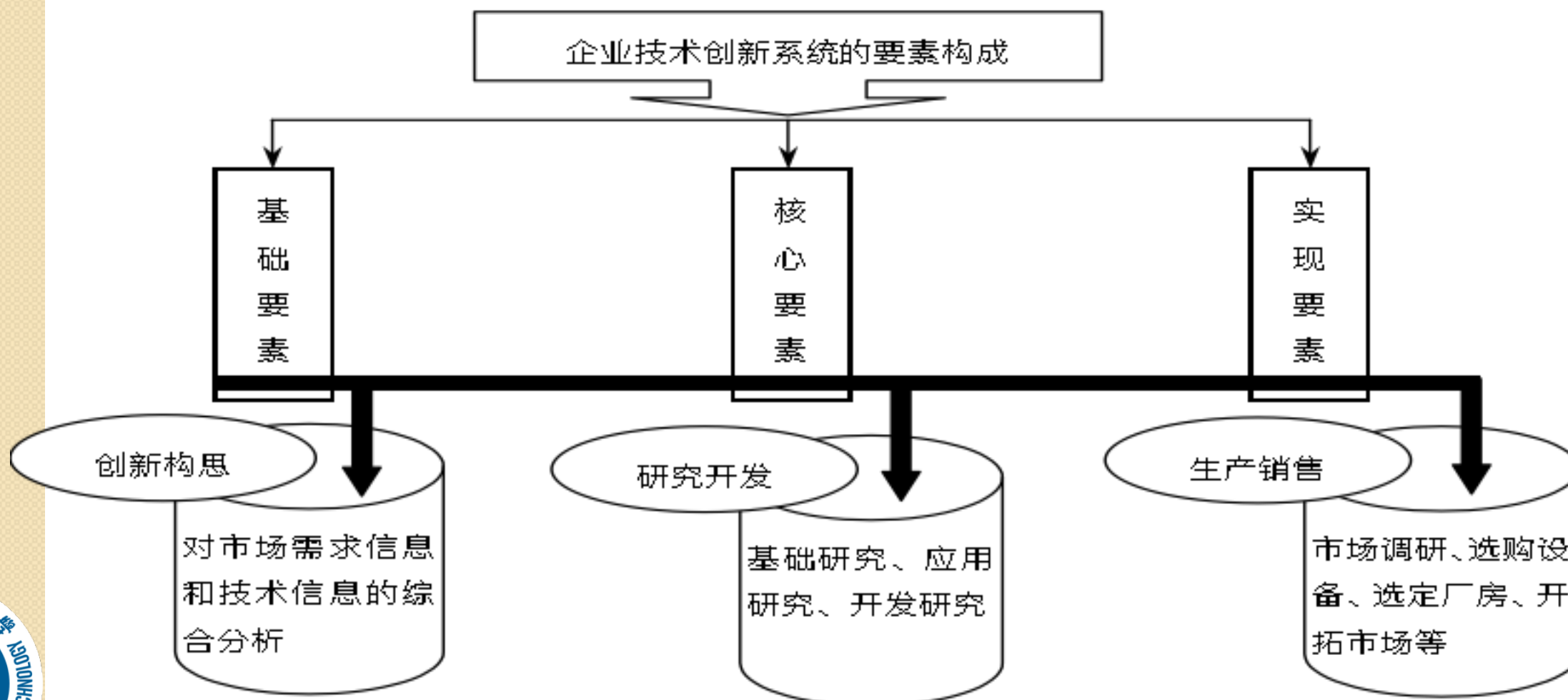
技术创新是企业在市场经济条件下把科技进步和市场需求有机结合起来，以提高企业效益的创造性行为；是企业作为人、财、物的技术——经济综合体，把自身各方面的力量充分调动与最佳组织起来，并对外部环境加以优化地选择和利用，以实现创新目标的系统工程。



系统结构分析—举例

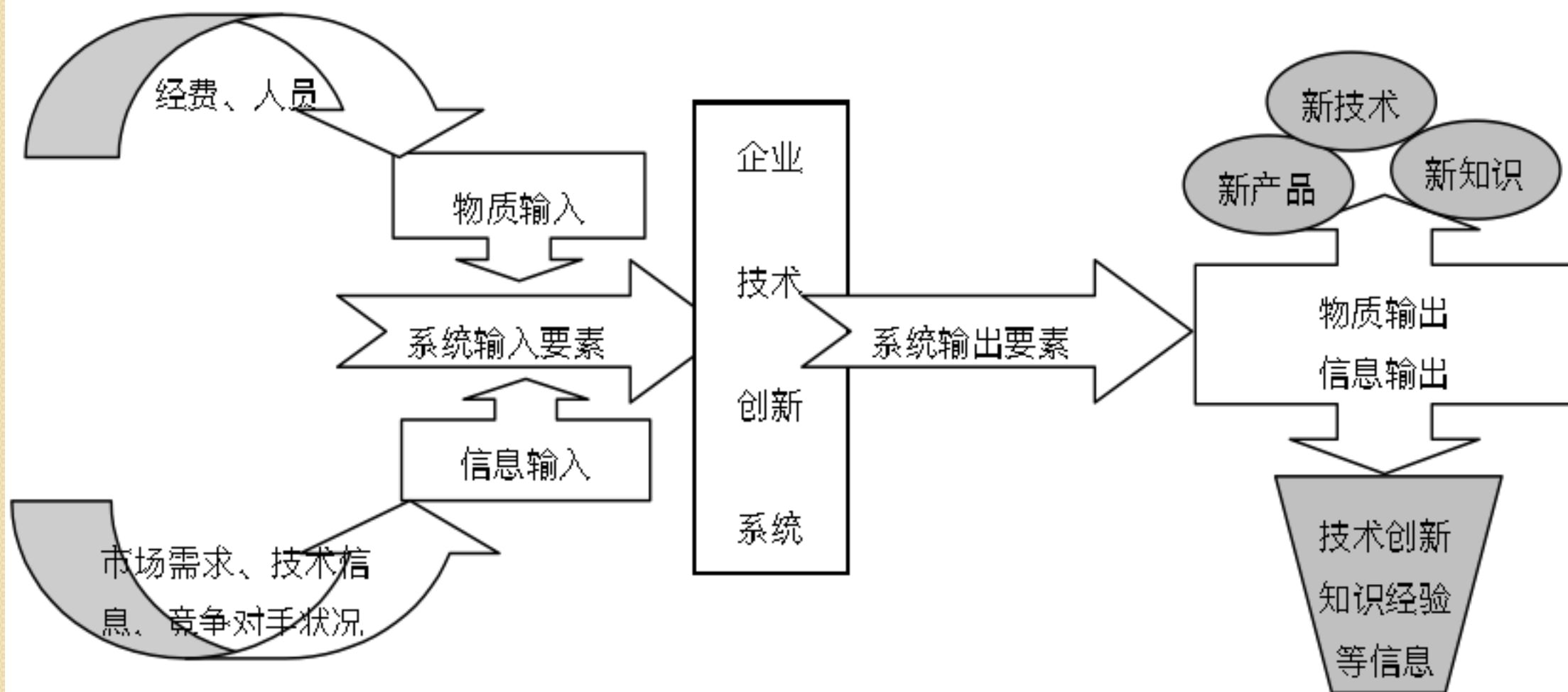
(1) 企业技术创新系统的内部结构

企业技术创新过程大致都分为新构思形成、研究开发和生产销售三个阶段，这三个阶段也就成为企业技术创新系统的三个组成要素。



系统结构分析—举例

(2) 企业技术创新系统的输入与输出

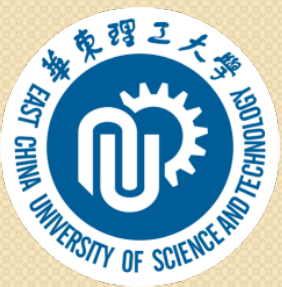


企业技术创新系统的输入与输出系统模型

系统结构分析—举例

(3) 加强企业技术创新的对策措施

- 1) 加快建立现代企业制度，确立企业技术创新主体地位
- 2) 加强企业技术开发机构建设，增强企业技术创新能力
- 3) 加大企业科技投入，增强企业技术创新实力
- 4) 进一步完善企业内部激励机制，营造有利于企业技术创新的氛围
- 5) 多途径培养科技人才，夯实企业技术创新的基础



第五节：系统层次分析



系统层次分析

层次分析法 (Analytical Hierarchy Process, 简称AHP) 是将决策有关的元素分解成目标、准则、方案等层次, 在此基础上进行定性和定量分析的分析方法。

层次分析法的特点:

在对复杂的决策问题的本质、影响因素及其内在关系等进行深入分析的基础上, 利用较少的定量信息使决策的思维过程数学化, 从而为多目标、多准则或无结构特性的复杂决策问题提供简便的决策方法, 具有实用性、系统性、简洁性等很多优点, 尤其适合于对决策结果难于直接准确计量的场合, 如社会经济系统的决策分析。



系统层次分析

层次分析法的步骤：

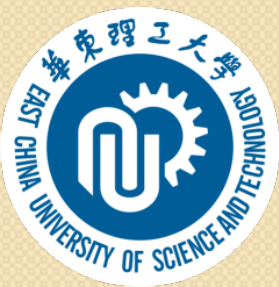
(1) 通过对系统的深刻认识，**确定该系统的总目标**，弄清规划决策所涉及的范围、所要采取的措施方案和政策、实现目标的准则、策略和各种约束条件等，**广泛地收集信息**。

(2) **建立一个多层次的递阶结构**，按目标的不同、实现功能的差异，将系统分为几个等级层次。

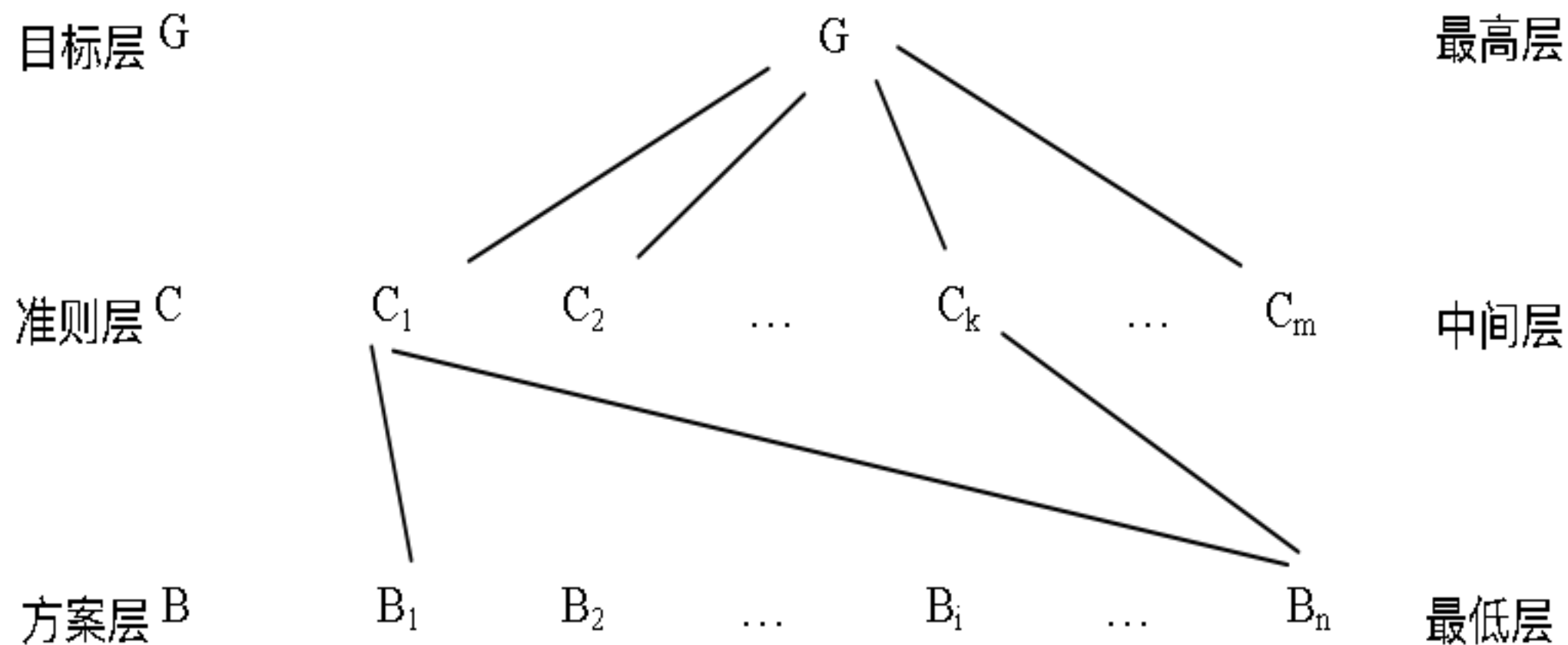
(3) **确定以上递阶结构中相邻层次元素间相关程度**。通过构造两两比较判断矩阵及矩阵运算的数学方法，确定对于上一层次的某个元素而言，本层次中与其相关元素的重要性排序—相对权值。

(4) **计算各层元素对系统目标的合成权重**，进行总排序，以确定递阶结构图中最底层各个元素的总目标中的重要程度。

(5) **根据分析计算结果，考虑相应的决策**。

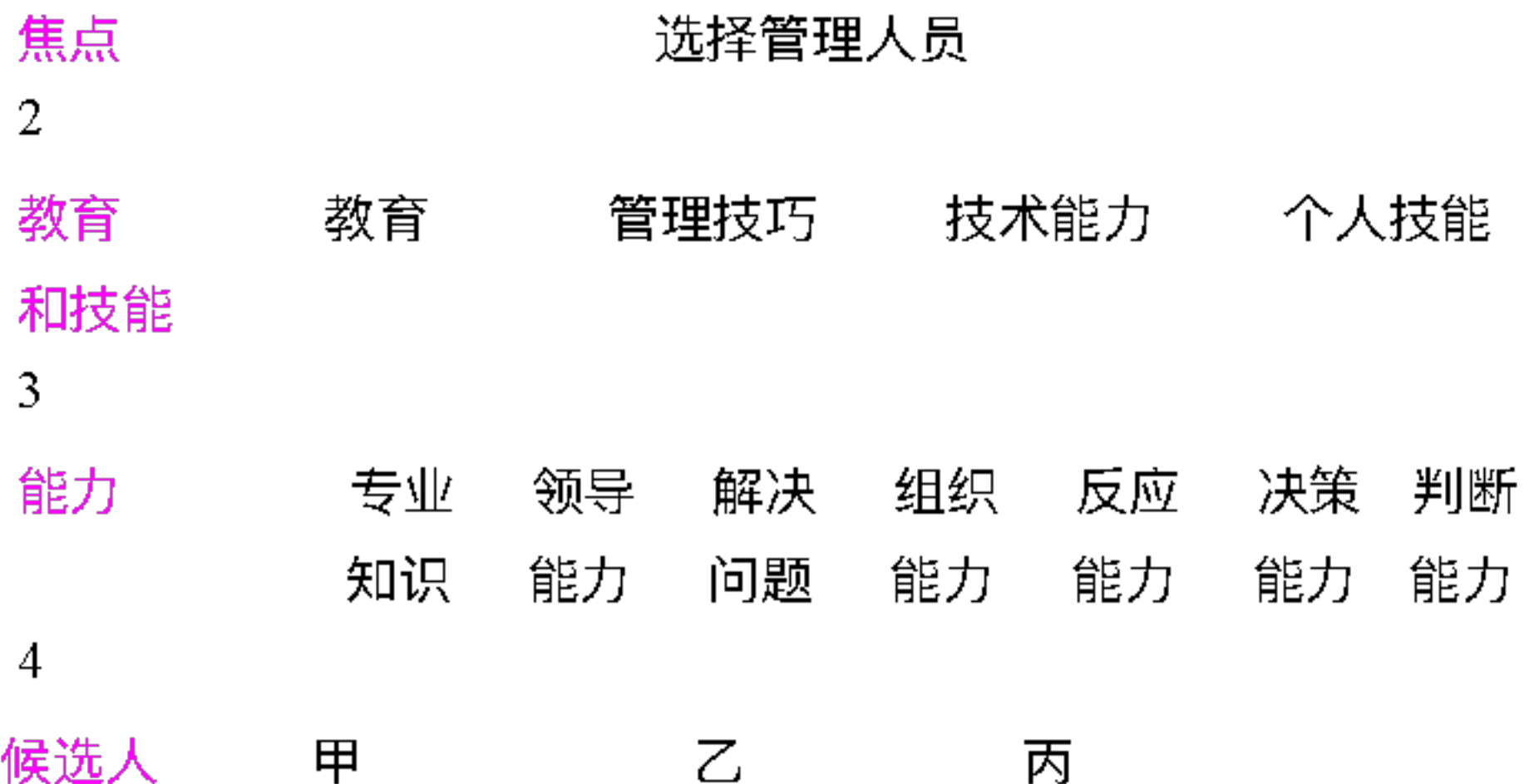


递阶层次结构



递阶层次结构

例 选择管理人员的递阶层次结构如图所示，其中第三层是一个分准则层，是第二层所列准则的细化。



构造判断矩阵

判断矩阵是将层次结构模型中同一层次的要素相对于上层的某个因素，相互间作成对比较而形成的矩阵。

例如，方案层的备选方案 B_1, B_2, \dots, B_n ，相对上层的准则 C_k 作成对比较，可构成下面的判断矩阵 P_{C_k-B}



构造判断矩阵

| | | | | | | |
|-------|----------|----------|-----|----------|-----|----------|
| C_k | B_1 | B_2 | ... | B_j | ... | B_n |
| B_1 | b_{11} | b_{12} | ... | b_{1j} | ... | b_{1n} |
| B_2 | b_{21} | b_{22} | ... | b_{2j} | ... | b_{2n} |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| B_i | ... | ... | ... | b_{ij} | ... | ... |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| B_n | b_{n1} | b_{n2} | ... | b_{nj} | ... | b_{nn} |

其中， b_{ij} 是以 C_k 为准则 B_i 与 B_j 哪个更重要、更强来确定的。

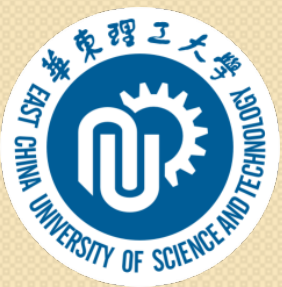


构造判断矩阵

在确定元素 b_{ij} 的量值时，AHP为了将定性比较的结果作定量化描述，引入了判断标度。通常使用1~9标度法

| 标 度 | 说 明 |
|------------|------------------------------|
| 1 | 表示 B_i 与 B_j 相比，两个要素同等重要 |
| 3 | 表示 B_i 比 B_j 稍微重要一些 |
| 5 | 表示 B_i 比 B_j 明显重要 |
| 7 | 表示 B_i 比 B_j 重要得多 |
| 9 | 表示 B_i 比 B_j 绝对重要 |
| 2, 4, 6, 8 | 表示两相邻标度的中间值 |

注意： 1) 所比较事物之间是否具有可比性； 2) 数量级差别应不大。



构造判断矩阵

通过比较得到的判断矩阵 $P = [b_{ij}]_{n \times n}$ 具有以下特点：

- ① $[b_{ij}] > 0$;
- ② $b_{ii} = 1$;
- ③ $b_{ji} = 1 / b_{ij} \ (i, j = 1, 2, \dots, n)$ 。

具有上述几个特点的矩阵称为**正互反矩阵**。

可以证明一个 n 阶的判断矩阵只有 $n(n-1)/2$ 个元素需要确定。对于目标层1个、准则层 m 个和方案层 n 个的层次结构，方案层对准则层可以建立 m 个判断矩阵，即 $P_{C_k-B} \ (k=1, 2, \dots, m)$ ，而准则层对目标层只有一个判断矩阵 P_{G-C} ，总共需要构造 $m+1$ 个判断矩阵



计算权重

(2) 计算权重

权重计算的方法有多种，这里仅介绍**方根法和特征向量法**。

1) 方根法

这是一种计算判断矩阵权重的近似方法，用于精度要求不高的场合。其计算步骤如下：

- ① 计算 $P=[b_{ij}]_{n \times n}$ 中每行所有元素的几何平均值，得到向量 $M=[m_1, m_2, \dots, m_n]^T$ ，其中

$$m_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n b_{ij}}$$

- ② 对列向量 M 作归一化处理，得到相对权重向量 $W=[w_1, w_2, \dots, w_n]^T$ ，其中

$$w_i = \frac{m_i}{\sum_{j=1}^n m_j}$$



计算权重

③ 计算P的最大特征值，其近似计算公式如下：

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(PW)_i}{w_i}$$

$(PW)_i$ 是权重向量W右乘判断矩阵P得到的列向量PW中的第*i*个分量。 λ_{\max} 将用于判断一致性检验。

2) 特征向量法

对于计算精度要求较高的场合，近似算法会造成较大的积累误差，一般可采用特征向量法。

线性代数中，对于实数矩阵 $P=[b_{ij}]_{n \times n}$ ，其特征方程为 $(P - \lambda I)W = 0$ ，特征多项式为 $|P - \lambda I| = 0$ ，其中，I为单位阵，W为对应于特征值 λ 的特征向量， λ_{\max} 为最大的特征值。另外，称下式为矩阵P的迹： $\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n = b_{11} + b_{22} + \dots + b_{nn}$



计算权重

特征向量法计算权重的原理：

设有 n 个物体 B_1, B_2, \dots, B_n ，重量分别为 w_1, w_2, \dots, w_n 。
若两两比较物体的重量，其比值可构成 $n \times n$ 的矩阵 P 。若用向量 $W = [w_1, w_2, \dots, w_n]^T$ 右乘矩阵 P ，可得：

$$PW = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdots & w_2/w_n \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & w_n/w_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdots \\ w_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdots \\ w_n \end{bmatrix} = nW \quad (P - nI)W = 0$$

由矩阵理论可知， n 即为 P 的特征值，且是最大特征值， W 则是对应于最大特征值 n 的特征向量。

不难看出，特征向量法应首先求出判断矩阵的最大特征值；然后计算对应的特征向量 W ；再对 W 作归一化处理，即得到权重向量。当判断矩阵阶数较高时，可采用迭代算法编程计算特征值。

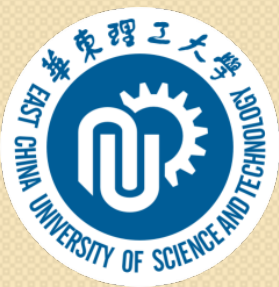


—致性检验

1) **完全一致性** 若正互反矩阵 $P = [b_{ij}]_{n \times n}$ 对于所有的 $i, j = 1, 2, \dots, n$, 均有 $b_{ij} = b_{ik} / b_{jk}$ 成立, 则称 P 具有完全一致性。此时, 正互反矩阵 P 具有唯一非零的最大特征值 λ_{\max} , 且 $\lambda_{\max} = n$ 。实际上, 由于正互反矩阵的 $b_{ii} = 1 (i = 1, 2, \dots, n)$, 且令 $\lambda_{\max} = \lambda_1$

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n = n \quad \longrightarrow \quad \lambda_{\max} + \sum_{i=2}^n \lambda_i = n \quad \longrightarrow \quad \sum_{i=2}^n \lambda_i = 0$$

2) **一致性检验指标** 人们在对复杂问题涉及的因素进行两两比较时, 不可能做到判断的完全一致性, 总会存在一定的估计误差。这将导致判断矩阵的特征值和特征向量也带有偏差。



一致性检验

设P'为带有偏差的判断矩阵，其最大特征值和特征向量设为和W'。设 $\lambda'_{\max} = \lambda'_1$

$$\lambda'_{\max}$$

$$\lambda'_{\max} + \sum_{i=2}^n \lambda'_i = n$$

通常P'的 $\lambda'_{\max} \geq n$

$$\lambda'_{\max} - n = -\sum_{i=2}^n \lambda'_i$$

——表征了P'的偏差程度

一致性检验指标C.I构造为：

$$C.I = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

对于任意的判断矩阵，当 $\lambda'_{\max} = n$ 时 $C.I = 0$ ，则判断矩阵具有完全一致性；C.I 的值越大，P'的估计偏差也就越大，偏离一致性的程度就越大。



—致性检验

3) 随机一致性指标

通常判断矩阵的阶数 n 越高，其估计偏差随之增大，一致性也就越差，因此对高阶判断矩阵的检验应适当放宽要求。为此引入随机指标R.I 作为修正值，以更合理的随机一致性指标C.R来衡量判断矩阵的一致性

$$C.R = \frac{C.I}{R.I}$$

一般只要 $C.R \leq 0.10$ ，则认为P'具有满意的一致性，否则必须重新调整P'中的元素的值。式中的R.I 的值，要按判断矩阵的阶数从表中选取。2阶及以下的判断矩阵总是具有完全一致性。

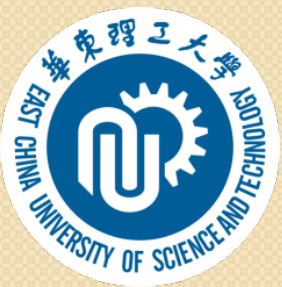
| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|------|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| R.I. | 0 | 0 | 0.58 | 0.90 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 | 1.45 | 1.49 |



层次总排序

层次总排序就是基于层次单排序得到的结果计算组合权重，然后，通过比较各要素组合权重的大小，得到要素的相对重要顺序，依次确定对备选方案的评价。

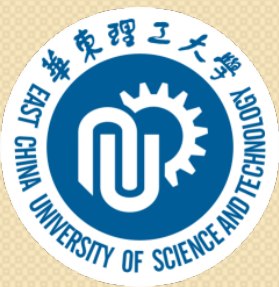
设准则层C对目标层G的相对权重列向量为 $\alpha = [\alpha_1 \quad \alpha_2 \quad \cdots \quad \alpha_m]^T$
方案层B对C层各项准则 C_1, C_2, \dots, C_n 的权重列向量分别记为 $W_1, W_2, \dots, W_k, \dots, W_m$ ，其中 $W_k = [w_{1k} \quad w_{2k} \quad \cdots \quad w_{nk}]^T$ 是B层方案 B_i ($i = 1, 2, \dots, n$) 对准则 C_k ($k = 1, 2, \dots, m$) 的相对权重列向量。
由此构成组合权重计算表。



层次总排序

组合权重计算表

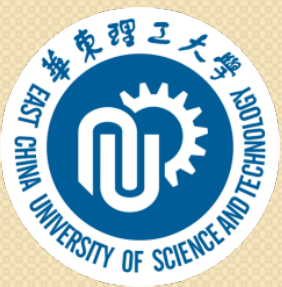
| α <div>C B</div> | C ₁ | C ₂ | ... | C _m | 组合权重 |
|-------------------------|----------------|----------------|-----|----------------|------------------------------|
| | α_1 | α_2 | ... | α_m | V |
| B ₁ | w_{11} | w_{12} | ... | w_{1m} | $V_1 = \sum \alpha_j w_{1j}$ |
| B ₂ | w_{21} | w_{22} | ... | w_{2m} | $V_2 = \sum \alpha_j w_{2j}$ |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| B _n | w_{n1} | w_{n2} | ... | w_{nm} | $V_n = \sum \alpha_j w_{nj}$ |



层次总排序

实际上，由相对权重列向量 W_1, W_2, \dots, W_m 可构造相对权重矩阵 $W=[W_1 \ W_2 \ \dots \ W_m]$ ，则组合权重 V 可按下式计算

$$V = W \cdot a$$



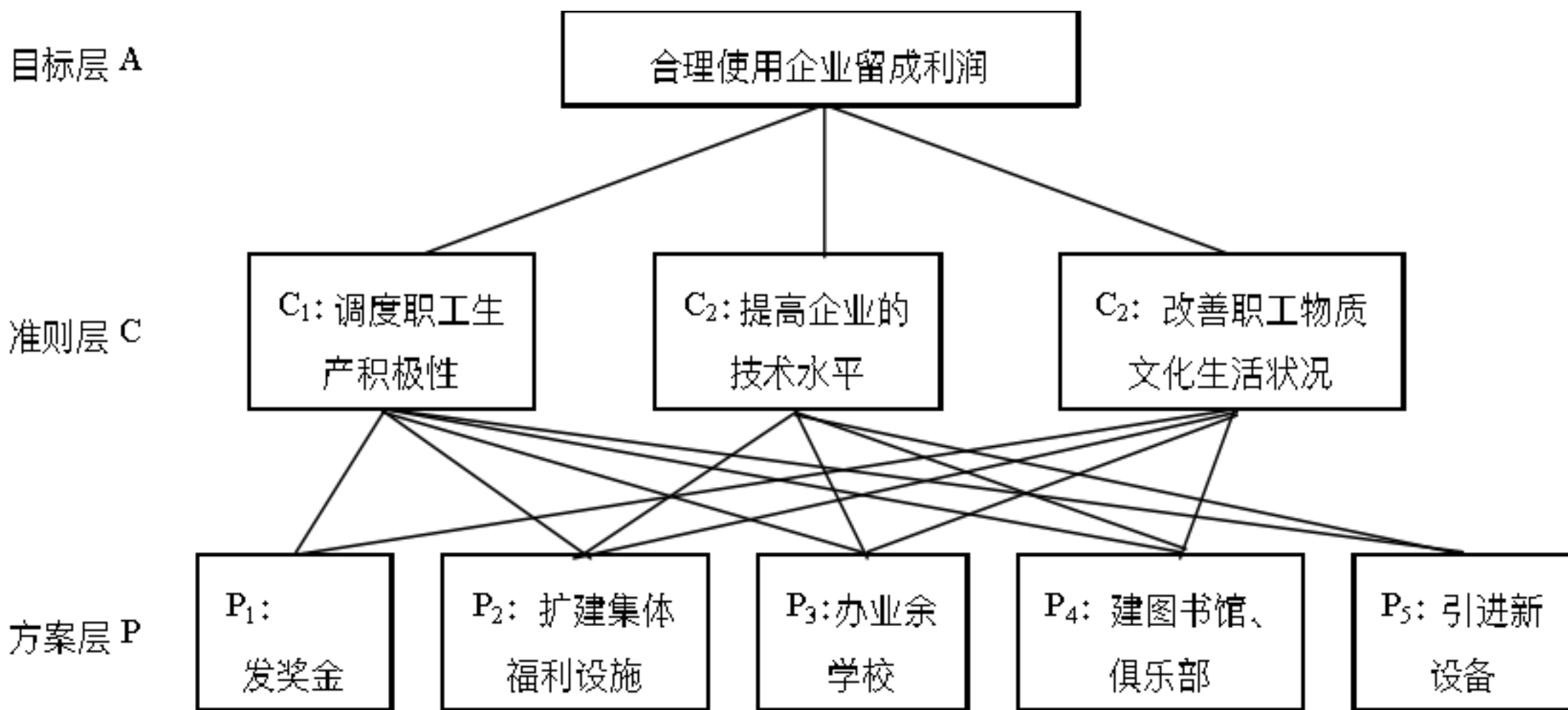
层次分析法应用

某厂有一笔企业留成利润由厂领导决定其用途，总目标是希望能促进工厂更进一步发展。**可供选择的方案有**：作为奖金发给职工；扩建食堂、托儿所等福利设施；开办职工业余学校；建设图书馆或俱乐部；引进新设备进行技术改造。**衡量这些方案（措施）可以从以下三方面着眼**：是否调动了职工的生产积极性；是否提高了企业的技术水平；是否改善了职工的物质文化生活水平。现在要对上述五种方案进行优劣性评价，或者说按优劣顺序把这五种方案排列起来，以便厂领导从中选择一种方案付诸实施。

应用AHP对此问题进行分析后，可建立如图所示的层次结构模型：



层次分析法应用



层次分析法应用

根据各因素的重要性比较构造判断矩阵并进行计算，所得判断矩阵及相应计算结果如下：

1) 判断矩阵A-C（相对于总目标而言，各着眼准则之间的相对重要性比较）

权重之比 → 1:2:3

| A | | C ₁ | C ₂ | C ₃ | W _w | |
|----------------|----------------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------------|-------------------------|
| C ₁ | <i>p₁</i> | 1 | 1/5 | 1/3 | 0.1042 _{w₁} | $\lambda_{\max}=3.0385$ |
| C ₂ | <i>p₂</i> | 5 | 1 | 3 | 0.6372 _{w₂} | CI=0.0193 |
| C ₃ | <i>p₃</i> | 3 | 1/3 | 1 | 0.2583 _{w₃} | RI=0.58 |
| | | | | | | CR=0.0332<0.10 |

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(PW)_i}{w_i}$$

$$m_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n b_{ij}}$$

$$w_i = \frac{m_i}{\sum_{j=1}^n m_j}$$

可见判断矩阵具有满意的一致性



层次分析法应用

(2)判断矩阵 C_1-P (相对于调动生产积极性准则而言, 各方案之间的相对重要性比较)

| C_1 | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_5 | W |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P_1 | 1 | 3 | 5 | 4 | 7 | 0.491 |
| P_2 | 1/3 | 1 | 3 | 2 | 5 | 0.232 |
| P_3 | 1/5 | 1/3 | 1 | 1/2 | 3 | 0.092 |
| P_4 | 1/4 | 1/2 | 2 | 1 | 3 | 0.138 |
| P_5 | 1/7 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1 | 0.046 |

$$\lambda = \frac{5}{4}$$

$$\lambda_{\max}=5.126, CI=0.032, RI=1.12, CR=0.028<0.10$$

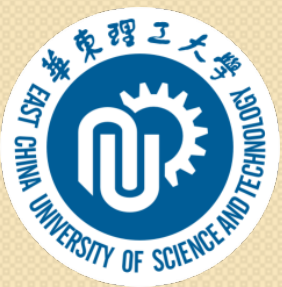


层次分析法应用

(3)判断矩阵 C_2-P (相对于提高技术水平准则而言, 各方案之间的相对重要性比较)

| C_2 | P_2 | P_3 | P_4 | P_5 | W |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P_2 | 1 | 1/7 | 1/3 | 1/5 | 0.055 |
| P_3 | 7 | 1 | 5 | 3 | 0.564 |
| P_4 | 3 | 1/5 | 1 | 1/3 | 0.118 |
| P_5 | 5 | 1/3 | 3 | 1 | 0.263 |

$$\lambda_{\max}=4.117, CI=0.039, RI=0.90, CR=0.043<0.10$$



层次分析法应用

(4)判断矩阵 C_3-P （相对于改善职工生活状况准则而言，各方案之间的相对重要性比较）

| C_2 | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | W |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P_1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 0.406 |
| P_2 | 1 | 1 | 3 | 3 | 0.406 |
| P_3 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1 | 0.094 |
| P_4 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1 | 0.094 |

$$\lambda_{\max}=4, CI=0, RI=0$$



层次分析法应用

层次总排序计算结果如表所示

| 层次C 层次P | C_1 | C_2 | C_3 | 层次P总 排序权值 | 方案 排序 |
|------------|-------|-------|-------|--------------|----------|
| | 0.104 | 0.637 | 0.258 | | |
| P_1 | 0.491 | 0 | 0.406 | 0.157 | 4 |
| P_2 | 0.232 | 0.055 | 0.406 | 0.164 | 3 |
| P_3 | 0.092 | 0.564 | 0.094 | 0.393 | 1 |
| P_4 | 0.138 | 0.118 | 0.094 | 0.113 | 5 |
| P_5 | 0.046 | 0.263 | 0 | 0.172 | 2 |

$CI=0.028$, $RI=0.9231$, $CR=0.0305<0.10$



层次分析法应用

计算结果:

为合理使用企业利润留成，对于该企业来说，所提出的五种方案的优先次序为：

P_3 —办职工工业余学校和短训班，权值为0.393；

P_5 —引进新设备，进行企业技术改造，权值为0.172；

P_2 —扩建职工住宅、食堂、托儿所等集体福利设施，权值为0.164；

P_1 —作为奖金发给职工，权值为0.157；

P_4 —建立图书馆、职工俱乐部和业余文工队，权值为0.113。



系统结构分析

- 系统结构分析是系统分析和系统设计的理论基础。
- 系统结构是指系统的构成要素在时空连续区上的排列组合方式和相互作用方式。
- 系统结构的普遍形式决定了系统的基本特征。



系统要素集分析

在已定的目标树基础上进行，对照目标树采用“搜索”的方法，集思广益，开拓创新。找出对应的能够实现目标的实体部分，即为要素集。对已得到的要素进行价值分析，这是因为实现某一目标可能有多种要素，因此存在着择优问题。

