

第一章

公路工程施工现场的决策与控制

GongLu GongCheng ShiGong XianChang De JueCe Yu KongZhi

施工场地是指依据相关的法律法规及规定，经过批准而确立的施工用地。施工现场是指在施工场地范围内施工企业（单位）如项目经理部为实现合同规定的任务和实现企业（单位）所制定的目标而进行的各种活动（包括决策活动、管理控制活动、施工生产活动等）的现场，如桥梁施工现场、路基施工现场、路面施工现场、隧道施工现场等。施工现场是施工生产要素的集中点，是多工程施工的立体或平面作业，并且是动态的。它具有生产设施的阶段使用性与多移动性，具有施工作业环境的多变性，还具有人、机、材料等的多流动性等。

笔者在此指出，在有些书籍中，人们将施工现场控制规定为施工单位的第五个目标任务。其具体的控制任务表述为：“科学组织施工，使场容场貌、料具堆放与管理、消防保卫、环境保护及职工生活均符合规定要求。”实际上，施工现场控制所包含的内容并不只是这些。这些是施工现场控制管理中的一部分，其他像进度控制、质量控制、成本控制、安全控制等均是施工现场控制的内容。这些只有在施工现场才能实现控制。例如路基压实质量的控制，只有在施工现场亦即施工的过程中才能了解到填铺松土厚度是否符合规定要求？压实是否是在最佳含水量情况下进行？压路机压速是否合适等等。由此，我们才能知道如何进行控制，使偏差得以纠正或减小。因此，施工现场控制是一个含义更为广泛的概念。

本章主要介绍决策与控制的基本理论与方法，讨论决策与控制技术在公路施工现场中的应用。

决策是指人们为了实现特定的目标，运用科学的理论和方法，系统地分析主客观条件，掌握有关信息，从若干预选方案中合理选择一个最佳方案的过程。即按一定的标准或要求，确定一个为之奋斗的目标，并从可行的两个以上的为达到该目标而设计的实施方案中，选定一个最佳方案的科学分析判断过程。

作为施工企业或公司，对某一招标工程是否参与竞标？这就是一个决策问题。如果决策结果是参与竞标并中标，那么中标之后，所要做的则是如何完全实现合同规定的任务，并通过完成工程任务来实现决策时所确定的利润目标等。而利润目标等的实现必定要通过完成合同规定的要求如质量目标、进度目标、费用目标、安全目标等才能实现。而这些目标实现过程中，即施工过程中又会出现各种需要决策的问题，例如重大技术方案和措施的决策、化解和避免风险的决策等等。因此，决策的问题是大量存在的，只是内容、具体目标、问题大小有所区别。这些决策如何实现呢？要达到的目标如何实现呢？最有力的基本保证手段就是控制手段。例如，为了保证工期目标的实现，通过一般的管理是难以达到目的的，而必须采取有力且有效的

控制手段，即抓住关键所在进行控制。为此，人们对关键线路进行控制，则工期目标实现就有了基本保证。控制是管理的组成部分，并且是关键的、核心的组成部分。从某种意义上说，控制是最有力的解决关键问题的管理手段，是最强有力的管理。需要控制的对象必然是关键性的，有极强针对性的，有时间要求的，对实现目标有保证作用的。

我国公路建设事业发展迅猛，任务艰巨，机械化施工的程度越来越高，高科技含量越来越高，对工程质量的要求也越来越高；市场经济条件下的施工企业之间的竞争越来越激烈；特别是我国加入 WTO 后，必然要与国际接轨，公路行业要打入世界市场并占有相应的市场份额；所有这些都迫切要求广大的公路建设者要更进一步地提高自身的素质和专业水平。其中包括提高人们的决策水平以及增强我们的控制能力和水平。因此，学习决策、控制理论并应用于公路工程建设之中就显得十分必要。

例如 在施工过程中 由于各种原因 某路段发生大体积滑坡 为对其进行处理 提出了三个可行的方案 方案一 清方后对滑坡段进行加固处理 方案二 改线 避开滑坡 方案三 利用塌方适当改变纵坡坡度与坡长 以减少弃方数量，然后对滑坡段作加固处理。就上述三个方案而言，采用哪个方案才最合适呢？这就是一个重大的决策问题。而且我们还可以看出，上述三个方案涉及设计技术人员的决策意见，也涉及施工技术人员的意见，对他们来说也是一个从设计或施工上作决策的问题。因为这三个方案在设计上、施工难度上均是不同的，当然在各自角度上决策的意见也会是不同的。最后，必然由领导者聚集各种意见，经过全面考虑，比较论证而最后确定采用哪个方案并付诸实施。由此也可看出，决策并非只是领导者的事情。

又如，由于种种客观原因，如天气等，使得工期不能按合同的规定期限完成，但又必须确保工期目标的实现。此时，工期目标便是明确的目标。为实现它，就必须进行相关的各种决策。笔者受聘担任中南市政开阳高速 B₀₁ 标项目技术顾问，在施工过程中就出现了类似的问题。为实现工期目标，项目最高决策者在广泛征求意见，经过若干方案比选与论证，最后形成了增加沥青混凝土拌和站设备 增加 1 台沥青混凝土摊铺机及 10 台自卸装载汽车的决策 继而对目标 时间 进行分解而形成新的目标体系 并确定了相应的控制措施，以确保各分解目标和工期总目标的实现。

事实上 在施工过程中 为确保成本目标、质量目标、进度目标、安全目标按合同规定完成，就必然要采取各种相应的控制措施，决策确定后即予以实施，否则就无法确保目标的实现。在施工过程中存在众多的风险因素，如何化解和减轻风险，也必须进行决策并采取有效的控制措施。

总之，在公路工程的施工过程中，客观存在着众多的干扰因素，有些就

是风险因素。因此，为实现规定的目标，在施工现场中对各种问题的决策和控制具有十分重要的作用。

第一节 决策技术及其在施工现场中的应用

决策具体包括生产、销售、财务、技术、投资、机构设置与人事等方面的决策。

决策过程实质上就是主观愿望与客观实际相结合的过程。

决策问题通常分为确定型、非确定型、风险型三种。

一、科学决策的原则

1. 目标原则

任何决策都必须有明确的目标。科学决策就是要确保目标的实现。目标可按照层次进行逐级分解而形成目标体系，相应的决策构成决策系统，两者相辅相成，前者是后者的行动方向，后者是前者实现的保证。

2. 信息原则

决策必须把握大量的信息。信息是科学决策的基础。在信息的搜集过程中，必须把握信息的全面性、及时性和准确性。

3. 系统原则

决策必须从系统的角度出发。系统是指由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合而成的具有特定功能、处于一定环境之中的有机集合体。例如施工企业即是一个复杂的人造的开放系统，输入物资、劳动力、能源、信息经过设计、施工等处理过程输出产品（如一座桥梁、一条公路）服务。但在实施过程中可能出现偏差此时可通过检查、试验等手段找出偏差予以纠正，这即是控制与反馈。

4. 反馈原则

反馈即是将输出的信息反送回来，对再输入施加影响，对客观变化作出反映。

反馈框图见图 1-1。

在决策的实施过程中，通过反馈的信息，不断进行对比分析，使决策方案进行合理的调整、修正和完善。

5. 预测原则

预测是从历史资料和现状出发，运用科学的方法，通过对数据、调查资料的分析 and 主观判断，推断事物发展趋势的过程。预测的本质是把握事物

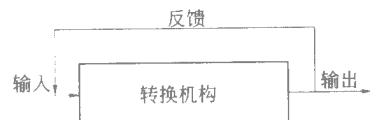


图 1-1 反馈框图

发展的内在规律，通过对已知的探索，使未知事件的不确定性降到最低。因此，预测是决策的前提。没有科学的预测也就没有科学的决策。

6. 集体决策原则

由于决策问题十分复杂，影响因素众多，作为决策者个体，受知识结构、决策经验等方面的限制，无法避免判断上的主观性和片面性。因此发挥集体的智慧，互相启发、补充，对于提高决策的准确性是十分必要的。

7. 比较与合理选优原则

比较与合理选优原则又称多方案原则，即针对多个独立的行动方案，通过判断、分析、比较，选择出满意的行动方案。

8. 可行性原则

即所提出的多种行动方案都必须是可行的，否则不存在可比价值。

二、科学决策的程序

要使决策不失误，即作出有效的决策，取决于四个要素：优秀的决策者、合理的决策标准、正确的决策原则及科学的决策程序。

决策程序是指决策时由始至终所必须遵循的技术、方法、步骤及其全过程。一个健全的决策程序应该是一个科学的系统，其每一步骤都有科学的涵义，相互间又有有机的联系，并且为了使每一步骤达到科学化，还必须有一套科学技术方法给予保证。科学而健全的决策程序如图 1-2 所示。

从图 1-2 可以看出，决策程序分成 8 个阶段，每段都有其特定意义。

第一阶段：发现问题。所谓问题，就是应有现象和实际现象之间出现的差距。所有决策工作的步骤都是从发现问题开始，作为领导者不是漫不经心地等待，而是根据既定的目的积极地收集和整理情报并发现差距，确认问题。这一阶段，是领导者的重要职责。这不仅因为他们负有经营管理的责任，还因为他们站得高，看得远，可以统观全局，易于找出问题的关键所在。即使是下属群众或专家发现的问题，也必须最后由领导者确认才能构成决策的起点。发现问题不容易，确认问题更是十分严肃和慎重的事情，需要马克思主义理论的指导，需要一切从实际出发，实事求是地具体分析。现在，党和国家实行工作重点转移，确立了振兴中华，实现四化的决策目标，这是各级领导者发现和判断问题最高层次的判断标准。不同层次的问题有不同的判断标准，但下一层次的标准决不可与上一层次相抵触，这是发现问题的一项原则。发现问题也有许多方法，系统分析就是一个重要的方法。

第二阶段 确定目标。这是科学决策的重要一步，目标一错，一错百错。所谓目标是指在一定的环境和条件下，在预测的基础上，所希望达到的结果。它有三个特点：①可以计量其成果；②可以规定其时间；③可以确定其

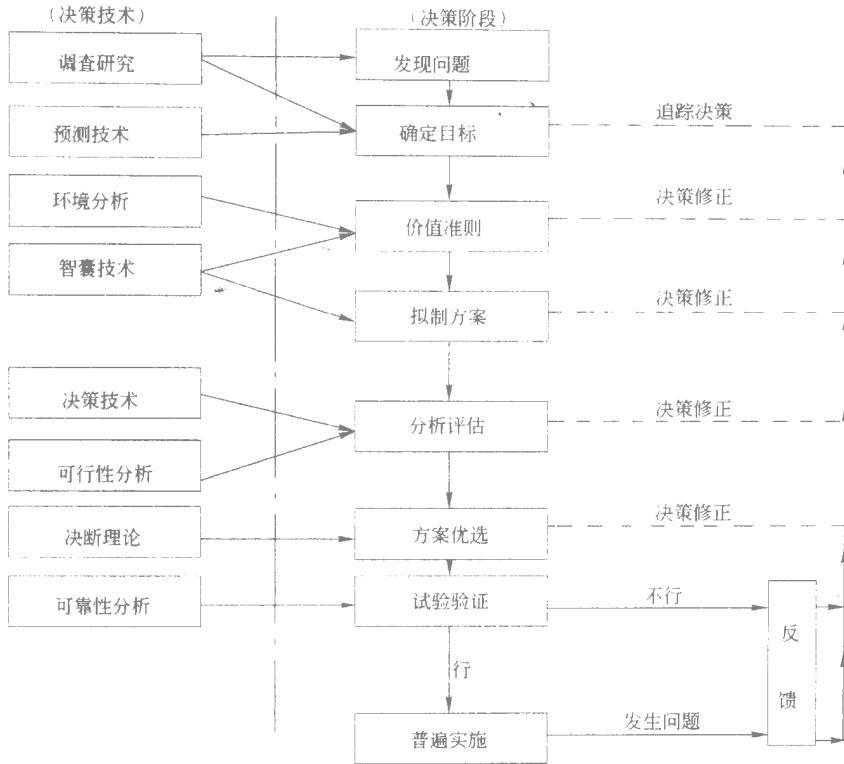


图 1-2 决策程序框图

责任。否则目标至少是模糊的。在这一步骤中需要采用“调查研究”与“预测技术”这两种科学方法。调查研究不仅是为了认识现状，而且更重要的是为了预测未来。预测包括政治预测、经济预测、市场需求预测、科学技术预测等等。它们对确定决策目标都有着重要的作用。预测不仅要作出定性的判断，而且还要有定量的分析，要有事件发生的概率估计。因此，现代预测已经成为一门专业学科。专家们创造了许多有效的预测方法和技术。据不完全统计，目前已有 120 多种。其中最常用的有“特尔斐法”、“回归分析法”、“趋势外推法”等 10 多种。

第三阶段：价值准则。确定价值准则是为了落实目标，作为以后评价和选择方案的基本判据。它包括三方面的内容。第一，把目标分解为若干层次的、确定的价值指标。这些指标实现的程度就是衡量达到决策目标的程度。价值指标一般有三类学术价值、经济价值和社会价值，三者不可偏废。每类价值指标又可分解成许多项，每项又可分成许多条等等，构成一个价值系统。例如决策的目标是设计一座新式结构的特大桥。它的学术价值包括各项性

能指标及其与世界水平的比较,满足用户要求的程度等;它的经济价值包括基本投资、制造成本、回收效益、回收周期等,它的社会价值指这座桥梁应用后所产生的包括从使用、环境保护到美化环境等方面的社会影响。第二,规定价值指标的主次、缓急以及在相互发生矛盾时的取舍原则。在大多数情况下要同时达到整个价值系统的指标是困难的。因此作为“满意决策”掌握这一条就显得十分重要。没有主次、缓急和取舍原则是达不到目标的,而原则失当就会背离决策目标,也是十分有害的。第三指明实现这些指标的约束条件,否则即使目标和价值指标都正确,结果也会适得其反。约束条件主要指各类资源条件、决策权力的范围以及时间限制等。对于决策者而言,价值准则是必须认真对待的重要一环。准则失当,决策就不可能很好地达到最初确立的目标,甚至南辕北辙。确定价值准则的科学方法是进行环境分析。这里不仅要掌握充分的各种背景资料,包括问题的来龙去脉,国内外历史上同类问题的情况,国内外同类问题的现状等等,而且要有正确的指导思想。马克思主义应该是我们行动的指针。此外,各类专家的智囊作用也是十分重要的。

第四阶段:拟制方案。这就是寻找达到目标的有效途径。途径有效与否,要经过比较,因此必须制定多种可供选择的方案。多种方案是指每个方案必须有原则上的区别,不能只有细节的差异。例如某公路工程施工中某路段发生大体积滑坡,怎么决策处理?当时提出有改线绕行方案、清除塌方加固滑坡方案、架设旱桥方案等。在拟制多种方案中,要广泛运用智囊技术。智囊技术很多如“头脑风暴法”、“哥顿法”、“对演法”等。“哥顿法”是美国人哥顿在1964年发明的一种智囊技术。它是通过会议形式让大家提方案,但研究什么问题?目的是什么?只有主持会议的人知道,参加会议的其他人都不知道,以免受约束。如要研制一种养护剪草机,会议主持者请大家就如何把东西切断和分离提方案;要设计一种新型围堰,讨论的题目是大家设想把一个东西围起来的办法。因此,在会议之前,主持人要为如何表达所研究的问题,做好充分准备。当会议进行到适当时机,主持人就把问题揭开。“对演法”亦是一种重要的智囊技术,其要点是将不同的方案由对立的两个不同小组去制定,然后各方展开辩论,互攻其短,以求充分暴露矛盾,或者预先演习一个方案,故意设置对立面去挑剔。此法能够尽量考虑可能发生的问题,从而使方案越来越完善。在制定方案的过程中,创造性的见解具有关键的意义,故开发创造性思维的方法,也包括在智囊技术之中。

第五阶段:分析评估。为了分析评估,应建立各方案的物理模型或数学模型,并求得各模型的解,对其结果进行评估。在此阶段中,可依靠“可行性分析”和“决策技术”这两种手段来进行。它们不仅使各种方案的利弊得以

科学地表达，而且可以尽量地相互比较，以利优化决策。其具体方法则多达数十种，在实际工作中，应视具体情况和条件采用。

第六阶段：方案优选。方案优选即是在进行决策时，对各种可供选择的方案权衡利弊，然后选取其一，或综合成一，这是领导者的决策行动。这里有必要指出，最后选定的方案并不一定对达到每个特定的指标都很有利。要准确地权衡利弊，就要求决策者运用决断理论。首先，决断理论要求正确处理专家与领导者的关系。现代决策必须有专家从事各项“决策工作”，但他们是在领导者委托和指导下参与决策，决不能代替领导决策。领导者永远是决策的主人。不依靠专家的领导者不可能成为一名好的决策者，为专家所左右的领导者也不是一个好的决策者。其次，决断理论是研究专家们把各种方案和背景材料提供到领导者面前时，领导者如何用科学的思维方法作出判断。领导者要有战略的系统的观点，依靠当初确定的价值准则来审查方案，并且对不同类型的决策问题要有不同的考虑。第三方面，决断理论是研究决策者的素质对决策后果的影响。“效用理论”认为，有三种类型的决策者：第一种是对利益的反映比较迟钝，而对损失比较敏感，是不求大利、怕担风险的决策者；第二种是对损失的反映比较迟钝，而对利益比较敏感，是谋求大利、敢于冒险的决策者；第三种是完全按照损益值或期望值的高低来选择行动方案的决策者。因此，决策者应有自知之明，扬长避短地进行决断，并通过不断的决策修养来避免可能的偏颇。此外，领导者的直觉能力对决策也有着重要的影响。对同样的事物，有的领导者不知不觉，有的则能看出和抓住问题，此即直觉不同的表现。直觉在应急对策时尤为重要。

第七阶段 试验验证。当方案选定后 必须进行局部试验 以验证其方案的运行可靠性。例如，公路工程中的水泥混凝土路面已决定采用某种新工艺施工 则应按照新工艺铺筑试验路段 以验证其新工艺施工运行的可靠性。

第八阶段：普遍实施。这是决策程序的最后阶段。通过上述试验验证证明实施某种新工艺施工是可靠的，即在工程中全面实施。但在实施过程中仍会发生这样或那样的与目标偏离的情况。因此，必须加强反馈工作，采用一套追踪检查控制的办法。例如制定操作规程和相应的规章制度，加强检验，了解执行情况，采取相应措施纠正实施过程中出现的偏差。如果当主客观条件发生重大变化，以致必须重新确定目标时，当然也就必须进行相应的追踪决策。

必须正确理解和运用上述八个阶段。在具体情况下，允许各阶段有所交叉 在不同的决策中 各阶段的比重也不一样 在某些决策中 省略某个阶段也是允许的。

另外要指出的是，上述科学决策程序中的各项工作并非均由领导者亲

自去做。例如，公路工程项目经理，他是决策者，但很多的决策工作如财务决策、技术决策等等，主要是由项目经理部的相关人员去做。因此，决策应该是全员参与的决策。

为了使读者对书中提到的如‘回归分析法’、‘趋势外推法’等有初步了解，下面对其作简要的介绍和说明。

(1) 头脑风暴法

头脑风暴法又称‘B·S’法，意思为自由奔放的思考。通常通过 5~10 人组成小集体进行，在非常融洽和轻松的气氛中开会，不受任何框框限制，由一个有经验的人主持提改进方案，且坚持不互相批判、自由鸣放、欢迎提出大量方案、要善于结合别人意见来提出方案等四条原则，互相启发。似此，可得到的方案比同样的人单独提多约 70%。

(2) 回归分析法

回归分析法是预测中因果分析的一种方法，也是用最小二乘法进行数据整理以求得代表发展趋势的回归方程的方法。影响客观事物发展的有各种因果联系，例如施工进度与气候、施工进度与材料供应等，后者是前者的影响因素，但它们之间的关系又不是确定的函数关系。回归分析法就是研究引起未来状态变化的各种因素所起的作用，找出各种因素与未来状态的统计关系。常用的有一元线性回归法、二元线性回归法和非线性回归法。其实质是对动态数列进行修匀的方法，用修匀的递增或递减的理论数列（倾向变动线）来代替实际的动态数列（实际变动线）并以此变动的倾向来预测未来。

(3) 趋势外推法

趋势外推法亦称趋势预测法、趋势平均数法，是当前常用的预测方法之一。它是通过对过去若干时期的一系列相关实际数据的平均水平的分析，从中找出各种相关变量平均增减变动的趋势，并利用这种平均变动趋势推算和预测未来时期数量的一种预测方法。此法简便易行，只要有过去时期情况的可靠数据资料，就可对未来时期的数量进行预测。但此法有很大的局限性，因所获得的平均变动数据趋势是在过去时期的一定条件下形成的，只有未来时期条件相同或变化不大的情况下才比较准确。所以这种预测方法一般适用于短期或近期预测。

(4) 特尔斐法

特尔斐法又称专家预测法，是一种综合有关领域的专家意见进行预测的一种定性预测法。此法系以专家为索取信息的对象，依靠专家的知识 and 经验进行预测。此法主要用于技术发展预测，亦用于预测政治、经济、社会和文化环境的发展趋势。其具体做法是：先向拟请的专家提出问题，提供信

息由专家经过分析综合 根据自己的知识与经验 对问题作出个人判断 然后再把收集到的专家的意见加以归纳和整理,形成预测结论。专家预测的方式分为专家个人判断和专家会议集体判断两种。前者的优点是能最大限度地利用个人能力,并且意见易于集中,但其判断易受专家知识的深度和广度、专家占有资料的多少以及专家对预测的问题是否感兴趣等因素的影响,故难免带有片面性。后者的优点是占有信息量大,考虑的因素比较全面和具体,专家之间可以互相启发,其缺点是容易屈从大多数意见或权威人士意见,而忽视少数人的正确意见。为此,可采用函询方式征集每个专家的意见,然后把专家们的判断进行归纳整理,作为参考资料(只列出判断和理由,不说明专家的姓名)印发给每个专家再次征求意见 多次往复 使专家们的意见渐趋一致,最后得出能代表多数专家意见的预测,此法更为优化。

三、科学决策的类型与方法及应用示例

决策是对未来的行为确定目标,并从两个以上的可行方案中选择一个合理方案的分析判断过程。其要点如下。

(1)决策要有明确的目标。决策是为了解决某一问题或是为了达到一定的目标。要解决的问题必须十分明确,有一定的标准,可以定量或比较。

(2)决策要有可行方案。为了实现目标,在决策中必须提出两个以上的有可能性或可行性方案。这些方案是实现目标的手段。决策的过程,就是对这些手段合理选择的过程。

(3)决策要作分析评价。实现目标的方案不同,对目标带来的作用和影响不同。因此 在选择方案、作出决策时 要进行决策分析和方案评价。

(4)决策要优选。优选的方案不一定是最优方案,因为最优的方案可能未包括在已提出的可行方案之中,但它是可行方案中最满意的方案。

(5)决策是行动的基础。施工活动是在决策的基础上进行的,没有正确的决策,也就没有合理的行动,也就无管理控制可言。

(一 确定型决策

确定型决策是指各种可行方案所需条件都是已知的,并能预先准确地解决决策的必然后果的决策。

例如:施工现场所用的水泥可以通过铁路、公路和水路三种运输方案抵达施工现场;根据各自的已知条件计算,按计划运输均不会影响施工现场的需要 但水路最为便宜 为控制和降低成本 决定采用水路。

1. 确定型决策的条件

确定型决策是三种决策中最为简单的一种。具备以下四个条件的决

策称为确定型决策。

1)存在决策者希望达到的一个确切的目标。这个目标可以是收益最大的或是损失最小的。

2)存在决策者可以选择的两个或两个以上的可行方案。

3)实现方案的自然状态只有一个,而且这种状态在事前可以确知。

4)不同的行动方案在确定状态下的损益值可以计算出来,为达到预定目标所花的代价也可以计算出来。

2. 确定型决策的方法

确定型决策的方法很多,在此仅介绍几种主要的。

1)目标评分法

本法是通过对各种可行方案中的评价指标与目标值的比较,确定其重要程度或等级水平,并将各指标值进行综合来选择方案。

(1)加权法

第一步:根据各个评价指标的相对重要程度确定各指标的权重数。

设 P_i 为第 i 个指标的权重 则

$$0 < P_i < 1 \quad (1-1)$$

$$\sum_{i=1}^N P_i = 1 \quad (1-2)$$

式中 N ——各方案中评价指标的总数。

第二步:对比各评价指标的目标值,对各方案的单项指标进行评分。但在此之前应确定出各指标的评分标准,在统一标准下评分,具体分数可采用百分制或十分制等 记 V_{ij} 为第 i 个方案第 j 个指标的评分。

在实际执行中,权数和评分的制定均可参照预测中的专家调查法(特尔斐法)或小组评价进行确定。

第三步:计算各指标的得分 U_{ij} . U_{ij} 按下式计算:

$$U_{ij} = P_i \times V_{ij} \quad (1-3)$$

第四步:求出各方案各指标得分之和,最终评价得分最多的方案为最优方案。

$$U_i = \sum_{j=1}^N U_{ij} \quad (1-4)$$

$\max(U_i)$ 为最优化方案。

示例 1-1 某工程在施工中出现大范围山体滑动,现已提出三个可行方案:甲方案为改线绕行,乙方案为清方后进行加固,丙方案为清方后对滑坡作削载处理。每个方案的评价指标为 A ——费用、 B ——进度(工期)、 C ——质量、 D ——安全。其权重经研究确定为 $A=0.3, B=0.2, C=0.4,$

$D=0.1$ 。试用加权法进行决策。

解：按照上述步骤，计算结果列于表 1-1。

计算结果表

表 1-1

评价指标	权重 P_i	可行方案					
		甲		乙		丙	
		评分 V_{ij}	得分 U_{ij}	评分 V_{ij}	得分 U_{ij}	评分 V_{ij}	得分 U_{ij}
A	0.3	80	24	82	24.6	75	22.5
B	0.2	80	16	75	15	60	12
C	0.4	90	36	85	34	74	29.6
D	0.1	75	7.5	80	8.0	82	8.2
合计 U_i	1.0		83.5		81.6		72.3

$\max(U) = 83.5$ ，即甲方案为最佳方案。

(2) 等级评分法

本法的处理方式与加权法基本相同，只是将这里的权重转换成等级。等级得分既可采用百分制，亦可采用十分制。视指标的相对重要程度评定等级得分；再根据评分，计算两者的乘积即指标得分；最后求算各可行方案的各个指标得分之和，得分最高者即为终选方案。

2) 效益费用分析法

此法把目标体系分为两大类，一是费用指标 $C(x)$ ，二是效益指标 $V(x)$ 。如果 $C(x)$ 和 $V(x)$ 都能以货币的形式表示，则效果指标——效益费用比 $E(x)$ 可表示为：

$$E(x) = \frac{V(x)}{C(x)} \quad (1-5)$$

$E(x)$ 的大小则反映了决策方案的效益价值，可作为衡量方案优劣的尺度。在众多的可行方案中， $E(x)$ 最大的方案即为满意方案。

示例 1-2 某社会集团公司决定出资修建某桥梁工程，并在规定的期限内归其收取过桥费。有两个投资方案，一为四车道方案，二为两车道方案，计算荷载均为汽车一超 20 级。其投资分别为 400 万元和 200 万元。若建设周期和收费（经营）期限相同，两个方案的收益分别为 1 200 万元与 500 万元。如按社会平均水平求算，此时标准效益费用比为 2。试对两方案进行比选。

$$\text{解：方案一：} E_1 = \frac{1\ 200}{400} = 3$$

$$\text{方案二：} E_2 = \frac{500}{200} = 2.5$$

E_1 、 E_2 均大于 2 反映了方案的可行性 同时, $E_1 > E_2$ 。因此, 应选择方案一。

3) 线性规划法

本法是系统优化的一种重要方法, 是运筹学的一个分支。在施工企业管理控制中, 系统优化是解决其最有效地利用一切资源, 进行生产诸要素的优化配置, 选择最经济、最合理的方案, 使系统具有最佳功能等类似问题最有效的途径。它通过数学的语言, 把问题抽象成数学模型, 并求出最优的答案。

由于本法实用性很强, 虽然计算比较复杂, 但有电子计算机和许多相关线性规划方面软件的帮助, 使用起来还是很方便的。为此, 下面我们做较详细的介绍, 并举例进行应用说明。

(1) 数学模型的建立

数学模型是实际模型的抽象描述, 因此应根据具体问题, 抓住主要矛盾, 通过对众多影响因素的分析, 力求建立一个较为简单且能反映该问题(事物)本质规律的模型。

建立数学模型的步骤如下。

分析问题, 恰当选择变量。

构造约束方程, 即将系统内各要素之间的内在联系和需满足的外部限定条件, 按照一定的逻辑规则, 用线性等式或不等式的形式表示出来, 即建立约束方程。

用线性等式或不等式的形式表达出所研究问题的目的, 得出目标函数。

示例 1-3 某公路桥梁施工中, 需使用三种水泥混凝土, 采用三种强度等级的水泥。按级配设计与试配规定生产, 其相关资料见表 1-2。问水泥如何使用最为合理? 试建立相应的线性规划模型。

相 关 资 料 表 表 1-2

混凝土	水泥用量(kg)	水泥强度等级	32.5	42.5	52.5	混凝土需要量(m ³)
I			218	200		200
II			280	235	219	300
III				278	245	100
水泥库存量(t)			30	100	50	
水泥单价(元/kg)			0.25	0.27	0.30	

设强度等级为 32.5 的水泥在不同混凝土中的用量分别为 x_1, x_2 强度等级为 42.5 的水泥在三种混凝土中的用量分别为 x_3, x_4, x_5 强度等级为 52.5 的水泥在不同混凝土中的用量分别为 x_6, x_7 。需满足的约束条件为：水泥的库存量、混凝土的需要量，并且水泥的用量不能为负数。

由题目所给资料，可用数学线性规划模型以下式表达。

$$\text{约束条件} \begin{cases} x_1 + x_2 \leq 30 \\ x_3 + x_4 + x_5 \leq 100 \\ x_6 + x_7 \leq 50 \\ \frac{1}{218}x_1 + \frac{1}{200}x_3 = 200 \\ \frac{1}{280}x_2 + \frac{1}{235}x_4 + \frac{1}{219}x_6 = 300 \\ \frac{1}{278}x_5 + \frac{1}{245}x_7 = 100 \\ x_1, x_2, \dots, x_7 \geq 0 \end{cases}$$

本问题所寻求的目标：

$$f(x) = (x_1 + x_2) \times 0.25 + (x_3 + x_4) \times 0.27 + (x_6 + x_7) \times 0.30$$

为最小。

由上例可知，线性规划数学模型具有以下特点：

有一组非负的变量 x_1, x_2, \dots, x_n ；

要满足一定的约束条件，视具体问题，约束条件可以用等式或不等式表达；

线性规划有目标要求，根据目标的性质，目标函数可以是求极大值或极小值。

线性规划模型的一般表达式为：

设变量 x_1, x_2, \dots, x_n

$$\text{约束条件} \begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n (\leq = \geq) b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n (\leq = \geq) b_2 \\ \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n (\leq = \geq) b_m \\ x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0 \end{cases}$$

目标函数：

$$\min(\max)[f(x)] = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad (1-6)$$

(2) 线性规划问题的标准模型

由于问题不同，条件不同，从而有不同的数学表达式，为求解设置了障碍。因此须对模型进行标准化处理。基标准模型如下。

目标函数：

$$\min(\max)[f(x)] = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \cdots + c_n x_n \quad (1-7)$$

$$\text{约束条件} \begin{cases} a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \cdots + a_{1n} x_n = b_1 \\ a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + \cdots + a_{2n} x_n = b_2 \\ \cdots \\ a_{m1} x_1 + a_{m2} x_2 + \cdots + a_{mn} x_n = b_m \end{cases}$$

非负条件： $x_1, x_2, \cdots, x_n > 0$

(3) 线性规划问题的求解

线性规划问题的解

a. 基本解：线性规划数学模型中的变量系数可写成矩阵的形式，称为系数矩阵。

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

再增加常数列，称为增广矩阵。

$$B = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} & b_1 \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} & b_2 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} & b_m \end{bmatrix}$$

矩阵非零子式的最大阶数称为矩阵的秩。若系数矩阵 A 是约束方程组的 $m \times n$ 阶系数矩阵 其秩为 m 则 $m \times m$ 阶矩阵 D 便是 A 的最大非零子式。它是由 m 个线性独立的列向量组成的，称为线性方程组的基。如果在约束方程组中，令所有的非基变量等于零，则可求出相应的 m 个基变量的值，这样得到一组解，叫做线性规划方程组的基本解。

b. 可行解：凡能满足约束条件的解称为可行解。

c. 基本可行解：如果基本解的所有变量均能满足非负条件，则此基本解就是基本可行解。

d. 最优解：凡能使目标函数值达到最优值的可行解称为线性规划问题的最优解。寻求最优解就是线性规划问题的目的。

线性规划问题的求解方法

求解线性规划问题有单纯型法、对偶单纯型法以及求解整数线性规划

问题的分支定界法和割平面法等。单纯型法是求解线性规划问题有效而且通用的方法。其原理是在线性规划数学模型的基础上，先求一个初始的基本可行解。如果该基本可行解不是最优解，就在该解的基础上，求出另一个能使目标函数值得以改善的基本可行解。如果该基本可行解仍不是最优解，就再求另外一个使目标函数值又进一步得以改善的基本可行解。如此往复，逐步趋向最优解。其步骤为：将数学模型转化成标准型；确定初始基本可行解 最优性检验 如果检验结果不是最优解 则进行换基 重复上述过程，直到最优为止。

在求解线性规划问题时，要用到线性代数、矩阵论等数学知识，因而计算较为繁琐。但由于电子计算机在企业管理中的应用，有许多有关线性规划方面的软件，从而使线性规划方法在施工企业管理控制方面，实用性更强。

(4)线性规划方法在施工企业决策中的应用

企业是一个系统，线性规划方法是实现系统优化的重要方法。推行项目法施工，就是要通过企业的整体配套改革，使企业系统由无序向有序转变，达到系统优化，从而保证实现项目合同目标，提高工程投资效益和企业综合经济效益的目的。因此线性规划方法在施工企业决策中具有广泛的适用性，是企业生产诸要素实现优化配置的重要手段和工具。

关于决策方案的选择，要注意以下两点第一，在决策的拟定方案阶段，企业需根据内外条件，拟定出众多的可行方案；第二，在进行这些方案的评价和选择中，往往需进行深入细致的量化分析，才能得出满意的结果。

企业的资源是有限的，而如何使有限的资源充分发挥作用，取得最佳结果，则是决策追求的根本目的。线性规划问题是企业决策中经常遇到的问题。线性规划模型中的约束条件反映了企业资源的有限性特征，目标函数则揭示了决策的根本目的。充分发挥现有资源的作用是施工企业走内涵式发展道路，将可能的生产力转化为现实生产力的重要措施。下面列举了若干方面的方案选择。

资金使用方案选择：资金短缺是施工企业生产中的普遍现象；如何根据资金使用的限定数额和企业生产的实际需要，把钱用在刀刃上 以取得资金使用的最佳效果，是企业的重要任务。

劳动力使用方案选择：推行项目法施工将打破固定建制式的组织形式，通过两层分开，使企业人员在全企业范围内流动；企业需根据各个项目的生产进度要求，合理调动企业有限的劳动力，以取得最佳的效果。

建筑材料使用方案选择：受市场供求状况及企业经营状况的影响，一定