

★成果与应用★

油田开发与地面工程规划的优选研究

陈德泉 蔡 晨

(科技政策与管理科学研究所)

此项研究课题是由华罗庚教授和石油部总工程师李虞庚同志倡导,针对制订大庆油田“七五”规划问题,经过反复酝酿后制订的研究课题。是由科技政策与管理科学所的研究人员与大庆油田合作完成的。研究成果已在大庆油田应用,并取得了明显的效益。

自 1972 年始,华罗庚教授受聘担任了大庆油田科技顾问,曾五次到大庆推广应用优选法、统筹法与经济数学方法,对基层提高生产和科学管理水平、加快油田开发建设起到了较大的促进作用。筹划研究建立管理科学与 DSS 相结合在规划和高层管理决策中应用的初步模式,并以此项开发试点在研究中还提出了一些很有意义的管理科学方面的理论课题。

下面就问题的背景、研究工作及结果介绍如下:

—

1984 年,大庆油田第一个十年稳产即将胜利完成,准备制订“七五”规划,并正在着手研究第二个十年稳产决策的关键时期。此时,大庆油田已进入高含水开采期,油田生产条件发生了明显变化,情况更加复杂。原来适用于自喷开采条件的开发指标测算方法,已不适应“七五”期间开发指标测算的要求。

此时,大庆油田油水井已有上万口,油井类型增多。由于原来没有按多种类型油井建立油田动态数据系统,难于按不同类型油井提取动态参数进行统计分析,建立开发指标的测算模型。而且以开发指标测算结果为依据,在油田区块(单元)多,稳产措施复杂,规划参数变量多的条件下,没有编制规划并进行方案优选的数学规划模型和软件,难于提供多种方案计算结果进行定量对比、评价和方案优选。能否解决这些问题,成为编制“七五”开发规划方案的技术关键。在开发规划提供的规划期间产油量、注水量、含水上升率、电力消耗及负荷点位置等参数基础上,油田地面建设工程总体规划是油田建设的主要依据,而油田地面建设投资也约占总数投资的一半。因此,规划合理与否直接影响油田的经济效益和开发效果。油田地面建设规划方案优劣,对降低地面工程建设一次性投资和运行费用起很大的作用。地面工程包括原油集输、注水、油田气集输、污水处理和供电等 5 个主要系统。其决策变量多达几十万个,若用经验或手工计算进行规划设计,已不能适应大庆油田制订地面工程调整(改造)规划的要求。需要以计算机为手段与技术人员的实践经验相结合,研制模型方法与软件,对油田地面建设工程总体布局、建设规模、工艺流程等进行方案优选,从而制订出经济合理的规划设计方案,为领导决策提供科学依据。特别应提到的是,大庆一向重视管理与科技工作,积累了大量的第一手的数

据与信息,除基层的科技工作外,还有两个上千人的研究院和设计院。20年来,大庆所积累的数据信息。经验和大量的专题研究成果是我们合作进行和进一步研究的极好条件。经华教授、李总工程师的倡导,又由作者等与油田研究院和设计院继续合作研究,华逝世后共同完成了一个以动态数据系统-预测模型、软件-规划模型、软件为一体的开发规划优选研究课题,和一个以原油集输、注水、油田气集输、污水处理及供电等五大系统规划优选设计为一体的地面工程调整(改造)规划方案优选研究课题。

二

上述问题的研究对象是两个极为庞大的复杂系统,涉及油水井上万口、投资上百亿以及油田开发以来积累的上百万个动态数据。开展这一软科学研究在石油部是首次,和大庆的科技人员一起、合作进行这样大型的跨学科综合研究,对我们来说也是首次。工作开始时,我所参加该项研究的课题组人员平均年龄还不到30岁,年轻同志大多是1982年以后毕业的大学生或研究生,如何在实践中培养队伍,提高软科学研究水平,也是摆在面前的任务。

以油田开发规划优选研究为例,其内容框图如下:

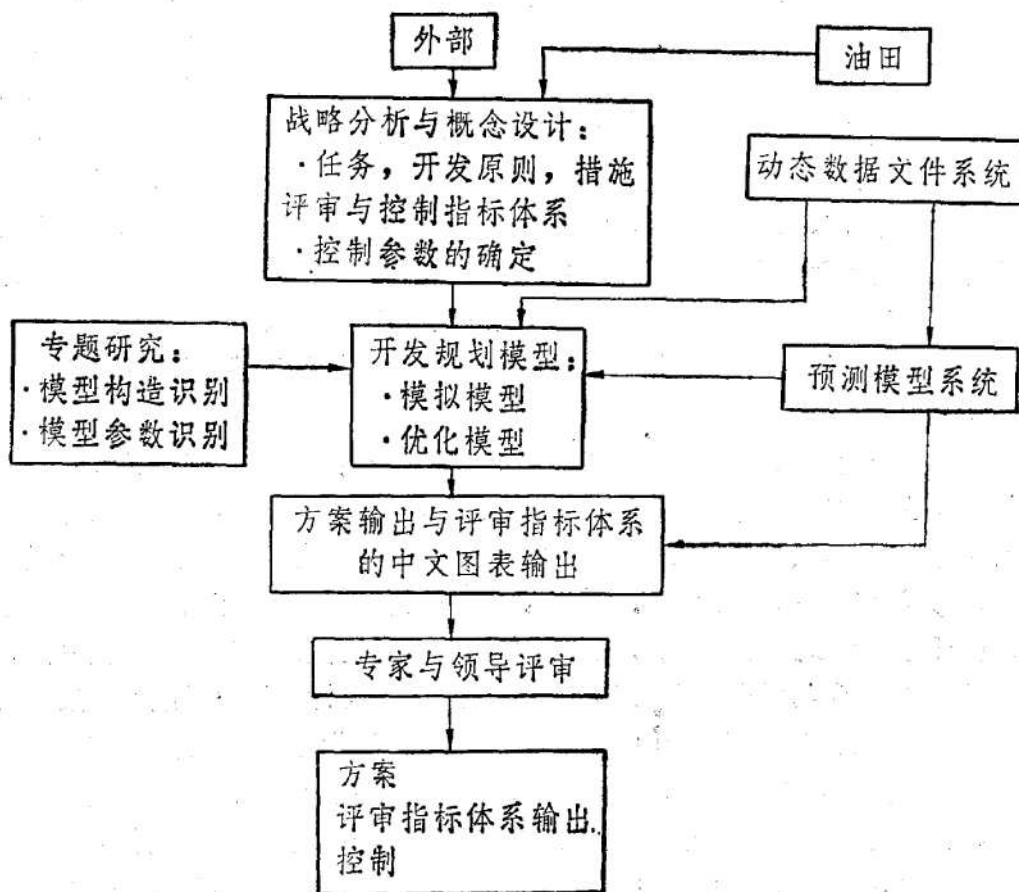


图 1

根据研究内容框图制订了详细的研究计划。在综合分析的基础上,逐步确定了课题组每一成员的研究方向与目标,形成一个密切配合的研究整体。特别是把年轻同志组织到子课题

中,进行独立研究,对提高队伍素质和研究水平发生了很大作用,受到油田各级领导的赞扬。

(1) 开发 Z80 机至 GW-0520 型微机之间的数据传输软件,并对原井史文件进行加工改造,建立了喇、萨、杏油田 6210 口各类油井的动态数据文件系统,具有能迅速提取各类油井数据并进行分类、分级统计分析的功能,为研究不同类型油井各项开发指标变化规律提供了条件。

(2) 从单井分析入手,积累了数以千计的单井分析资料(曲线图表),提出按照油田实际存在的自喷井、抽油井、自喷转抽井和新投产井 4 种类型,以油田开发理论为指导并结合油田的实际经验,研究各项开发指标的变化规律,分别建立了不同类型油井递推预测的模型方法和软件。

(3) 根据油田的实际需要,编制各类油井开发指标预测模型在微机上实现的软件系统,使输出结果汉字表格化并能自动编绘出各项指标变化的图形。在模型参数确定过程中,采用递推估计方法,使模型具有较高的自适应能力,可不断修改模型参数提高预测精度。

(4) 由于老井含水越来越高,全油田老井产量递减幅度越来越大,为了实现持续稳产,每年必须采取大量的增产措施:老井压裂,自喷井改电泵,抽油机抽油,电泵和抽油机换型,以及钻加密调整井等。通过对开发规划追求目标的分析,当前主要是解决稳产与总费用(投资和生产费用)这样一个主要矛盾,从而确定以总费用作为规划追求的目标函数,而把保证完成国家下达生产任务,含水不超过规定界限,任何措施不超过油田实际能力,电力消耗不超过允许范围等,都作为约束条件处理。考虑到制订不同层次规划的需要,我们将喇、萨、杏油田划分为 1、6、12 个规划单元,“七五”期间可弥补产量递减的 7 种主要增产措施为决策变量,在预测开发指标的基础上,建立起以总费用最小为目标函数,具有 475 个决策变量,687 个约束条件的规划优选模型。为了推广,不仅在 M150 电子计算机计算,并且研制了在 GW-0520 上实现的软件,从油田实际出发实现稳产所能采取的 3 种开发原则优选 3 种类型的大庆“七五”开发调整规划方案。按着稳产、开发方针原则、开发效果、经济效果,工作量安排等 5 个方面综合衡量,对 3 种类型的对比方案进行评价,以综合考虑措施工作量的平衡与协调来实现稳产的第三种类型方案是最好的。

油田地面工程规划优选研究是该项软科学研究的另一主要内容。选择了大庆杏树岗油田(调整)改造规划进行优选研究。杏树岗油田包括杏南、杏北两大油田,共有油水井 3262 口,在现有地面工程的基础上,根据开发规划提高的产油量、注水量、含水上升率、电力消耗及负荷点位置等参数,研究新建计量站、转油站、脱水站、集气站、污水处理站、变电站的规模与布局以及老站如何扩充;研究油、水井与计量站,注水站的联接及各有关站与站之间如何联接,管材规格;以及研究流量的分配与平衡压力系统的平衡、热力平衡、污水处理系统停电限注情况下的泵运行、电网的可靠性(双电源配置)等。这样大系统规划的优化设计问题,在理论与实践上都是极为困难的问题。对杏树岗油田,可形式上产生一个有几十万个决策变量的非线性混合整数规划问题,要求得整体最优解是几乎不可能的,特别是涉及了流程上的变化与选择就更不可能。在研究工作中,我们结合大庆的经验,提出了大系统的分解算法与结合评估方法,有效地解决了制订杏树岗地面工程调整规划综合方案的优选问题。这五个系统的衔接关系如图 2。

在研究过程中,提出了许多实际背景强烈、具有广泛应用价值的理论课题(如多层次,多设施大系统的 LOCATION-ALLOCATION 问题),这些理论课题的研究与解决,又促进了

该项目的高质量完成,提高了软科学的研究水平。

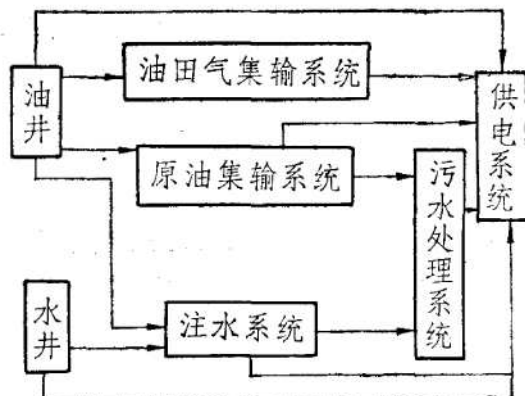


图 2

三

此项研究成果于 1985 年 12 月通过大庆石油管理局鉴定,并在编制大庆油田“七五”规划中使用。在石油部 1986 年 2 月召开的油田开发(调整)“七五”规划审定会上,大庆喇萨杏油田“七五”开发调整规划获全优工程一等奖。由于此项成果具有很好的实用价值。为了方便推广应用,我们又根据实际情况对研究内容进行了近一年的修改扩充和完善,并于 1987 年 1 月通过石油部与中科院联合组织的部院级鉴定。专家们认为:该课题应用了优选法,管理科学和系统分析中的现代方法,对大庆油田开发与地面工程规划优化模型与方法进行了研究,取得了一套完整的、科学的、系统的研究成果,并在微机上实现,研制开发了具有编制油田开发中期调整规划所需要的各项功能的计算机决策辅助系统。为大庆油田的规划决策提供了科学依据,并已在“七五”规划中应用,经济效益与社会效益显著。该项目研究对象是两个牵涉面广,关系复杂,数据收集与处理量庞大的系统,研究成果结合油田实际,对大系统进行分解和简化,在建模与数学解法上都有创新,是一个有重大意义的科研成果。在这样大的系统上全面地应用现代科学方法与计算机技术进行规划方案优选,是一项开拓性的研究工作,在国内属首创,具有国际先进水平。研究成果提出的规划编制思想与方法,对于其它行业中的类似问题,也有参考和借鉴的价值。

此项成果对编制喇萨杏“七五”开发规划方案,应用效益显著。大约可节约投资 3—5%。如杏树岗油田地面建设规划化结果,计算机优化的最优方案与人工常规编制的方案相比,可节省投资 2600 万元,节省 4.7%。此外,优化模型还分别应用于喇嘛甸油田,外围的升平油田,都收到了较好的效果。石油部于 1987 年 9 月在大庆举办地面工程优化培训班,现已着手在更大范围内推广应用。