

摘 要

本文利用技术经济学的有关知识,分析了目前辽河油田油气生产系统节电工作现状,并结合自己的工作实际,找出适应辽河油田油气生产用电设备现状的不同节电方案,并从技术、经济效益方面对备选方案进行定量的对比和评价,从而选出适合辽河油田油气生产用电设备的节电方案。得出的结论对今后油田引进新的节电技术及购买新的节电设备都具有较大的指导意义,可以减少资金使用的盲目性,使有限的资金发挥最大的作用。

全文共分六章。包括引言、辽河油田油气生产系统用电情况分析、辽河油田油气生产系统节电方案构造、技术评价、经济评价和结论部分。

第一章引言包括问题的提出、研究的内容、研究的技术路线以及所涉及到的相关技术经济学理论等内容,为下一步的论述作铺垫。

第二章,首先对辽河油田的基本情况及油气生产系统节电技术现状进行了简单的介绍,指出了辽河油田油气生产系统节电工作的必要性和可能性,然后通过节电技术应用情况对目前节电技术的现状进行了分析,并找出了目前存在的问题。

第三章,针对目前存在的主要问题,首先通过 ABC 分析法对油气生产用电单位进行横向分析,找出了节电节电工作的重点单位;通过费用比重分析法对油气生产的用电环节进行纵向分析,找出重点用电环节,即机采系统与集输注水系统。其次,对重点用电环节目前的节电方案进行粗选,最后分别得出机采系统的四种节电方案与集输注水系统的两种节电方案,完成节电方案的构造。

第四章是技术评价部分。主要通过一些常用的技术指标,对两个系统的节电方案分别进行比较,得出最优方案。

第五章是经济评价部分。在方案技术评价的基础上,采用合适的经济评价方法和经济指标,对方案进一步进行比较,以使节电方案具有较好的技术经济效益。

第六章是结论。主要内容是对前面得出的结果进行总结性陈述,形成一个对辽河油田油气生产系统节电工作的整体结论。

关键词: 油气生产系统; 节电方案; 机采系统; 集输注水系统

Abstract

Based on the knowledge of technical economy, we analyzed the status of electric saving on oil&gas production system of Liaohe Oilfield, combined with our actual situation, we found different cases about saving electric scheme on Liaohe Oilfield. The alternative case are quantitative compared and evaluated technically and economically, and a good case on electric saving is selected in Liaohe Oilfield. The result of it will play an important role in importing new technical and purchasing new equipments related electric saving. Only in way can decrease fund in blindness and make the limited fund to maximum effect.

There are six chapters of this article, include abstract, electric situation analysis of oil&gas production system, electric saving case structure of Liaohe Oilfield, technical evaluation, economic evaluation and conclusion.

The first chapter about information include the related problem, study content, technical path and related technical economic theory, all of these information will be the padding for the following descriptions.

The second chapter shows the basic situation and brief introduction about the electric saving technology, pointing out the necessity and possibility on electric saving of the production system on Liaohe Oilfield. According to the application of electric saving technology, analysis the present situation, find out the problem on it.

In the third chapter, first we use ABC analysis method to do the lateral analysis for electric using unit, and point out the highlight unit on electric saving. Longitudinal analysis will be done according to the fund density analysis about electric using section, and then find out the key point of it, use the mechanic production system and gathering water injection system for them. And then, rough screen, will be conducted on highlight place, four kind of electric saving case about mechanics production system and two kinds of gathering water injection system about electric saving were chosen, the structure of electric saving finished.

In the forth section is the technical evaluation. According to the the technical index, analysis the two electric saving system, and get the optimum design.

In the fifth chapter is the economic evaluation section, based on the technical evaluation, we use the available economic evaluation method and economic index and analysis the design, make max benefit on electric saving.

In the sixth section is the conclusion, include the description of the result we get before, and draw a whole conclusion about the electric saving system on Liaohe Oilfield.

Keywords: Oil&gas production system; electric saving system; mechanic production system; gathering water injection system.

大连理工大学 MBA 学位论文

原创声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下开展研究工作所取得的成果。除文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得大连理工大学或其他教育机构的学位或证书而产生的成果（如学位论文等）。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体均已在文中以明确方式标明，本人完全意识到本声明的法律后果，并愿为此承担一切法律责任。

学位论文作者(签字)： 刘秉林

日期： 2005 年 6 月 10 日

1 引言

近几年,随着中国经济的持续快速发展,电力供应日趋紧张,每年夏季用电高峰期,拉闸限电的省份越来越多,“电荒”已经成为人们日益关心的话题。电力短缺,经济增长速度过快,电能建设不足固然是主要的原因,然而国内普遍存在的电能利用效率低下也是形成“电荒”的一个重要原因。我国电网综合损失率为10%左右,而发达国家平均在6%左右,美日等国只有约5%。按照2003年全国发电量19000多亿千瓦时计算,我国一年输变电系统的不合理损失约480亿千瓦时;在低终端用户方面,电能损失更是惊人。据统计分析,国内目前各类电机效率的加权平均比国外低3至5个百分点;在用的电机拖动系统运行效率比国外低近10%。这些造成我国终端用电年浪费约1500亿千瓦时。两方面加在一起,全国因电能利用效率低下造成的电力浪费年约2000亿千瓦时。当三峡电站26台70万千瓦水轮发电机组全部运行时,年均发电量约850亿千瓦时。也就是说,我国一年因电能利用效率低下造成的浪费,相当于2.3个三峡电站的发电量。^[7]因此节约电能,采用节能用电设备已经不仅仅是目前中国各行业提高能源利用率,提高自身效益的事情,而且是国家整个能源环境的大势所趋。

1.1 问题的提出

我国的油田绝大部分为低能、地产油田,不像国外的油田有很强的自喷能力,大部分油田要靠注水来压油入井,靠抽油机把油从地层中提升上来。以水换油、以电换油是目前我国油田的现实。据统计,我国各油田目前抽油机的保有量在10万台以上,电动机装机总容量在3500MW,年耗电逾百亿kWh。抽油机的运行效率特别低,平均仅为25.96%,国外平均水平为30.05%,年节电潜力可达几十亿kWh。除了抽油机外,油田还有大量的注水泵、输油泵、潜油泵等设备,节电潜力也十分惊人。电费在我国的石油开采成本中占有相当大的比例,所以,石油行业十分重视节约电能。

节电工作在辽河油田开展较早,这不但是整个国家能源大环境的影响,更是油田自身发展所必须采取的措施。开发初期,由于不计成本,只关心产量,因此电能浪费严重,用电设备的“大马拉小车”、照明灯具的“长明灯”现象很普遍,进入上个世纪90年代后,辽河油田在兼顾产量的同时,开始在降低生产成本上下工夫,而占生产成本约三分之一的电能,逐渐成为降低成本的重点,也正是由于各生产单位重视节约用电工作的开展,严格控制了电费的支出,才使整个

辽河油田生产成本持续下降。但目前辽河油田节电工作也存在一些问题主要表现在以下几点：

(1) 引进与管理脱节，缺乏统筹规划。设备采购单位对节电设备具有采购权和管理权，但并不了解一线用电设备的真实情况，是否真具有节电潜力，因此，往往引进的节电设备并没有发挥出节电潜力。

(2) 辽河油田所属单位都有一定的资金用于节电项目的投资，由于缺乏统一协调，往往造成资金的浪费。

(3) 节电项目的应用没有抓住重点对象，存在遍地开花的情况，有限的资金没有得到最优化利用。

上述问题的存在使进一步开展节电工作受到一定的限制，如何解决这些问题一直是辽河油田相关人员的首要任务。

1.2 研究的目的是和意义

企业大力开展节电工作，推广应用先进的节电技术是企业降低生产成本，提高自身市场竞争力的有利武器。但现在的问题是，所有节电技术的应用都在一个无序的状态下进行着，为节电而节电，面对众多的节电技术，究竟采取何种节电措施，才能达到最优的节电效果，是否全部的用电设备都需要进行节电项目和资金的投入，这些问题一直困扰着从事节电工作的各级人员，急需他们拿出解决方案。因此，加强企业节电管理和研究工作，有着十分重要的现实意义。

本文作者就是从事节电工作管理的人员，选择这一论文题目，其宗旨在于：在导师的指导下，应用有关分析方法，针对目前节电工作存在的问题，对症下药，力争摸索出一套适合辽河油田油气生产系统的节电方案，使公司节电资金的使用有的放矢，节电工作深入持久地开展下去，为本企业长期实施低成本战略奠定坚实基础。同时，也希望通过这一研究，能为其他油田和国有工业企业特别是资源型企业的节能工作提供有益的参考。

1.3 研究内容

本文主体内容共分四大部分。

第一部分为辽河油田油气生产系统用电情况分析部分。主要内容是分析辽河油田油气生产系统的基本用电情况，阐述辽河油田油气生产系统节电工作的必要性和可能性，并对辽河油田油气生产系统节电工作存在的问题进行分析，为下一步研究奠定基础。

第二部分为辽河油田油气生产系统节电方向选择和方案构造部分。主要内容是通过 ABC 分析法和费用比重分析法对油田重点用电单位和重点用电环节进行分析，确定辽河油田生产系统节电技术努力的方向。最后再通过粗选，选择出适合辽河油田油气生产系统重点用电环节的节电技术方案。

第三部分节电方案评价部分。主要内容是在对方案的技术、经济指标与方法进行选择后，对方案进行技术经济分析，并对结果作分析。

第四部分是结论部分。主要内容是对上一部分得出结果进行总结性陈述，形成一个对辽河油田油气生产系统节电工作的整体建议，并对有关重要问题作重点强调，对有关共性问题作进一步延展，力求提升其参考价值。

1.4 论文技术路线

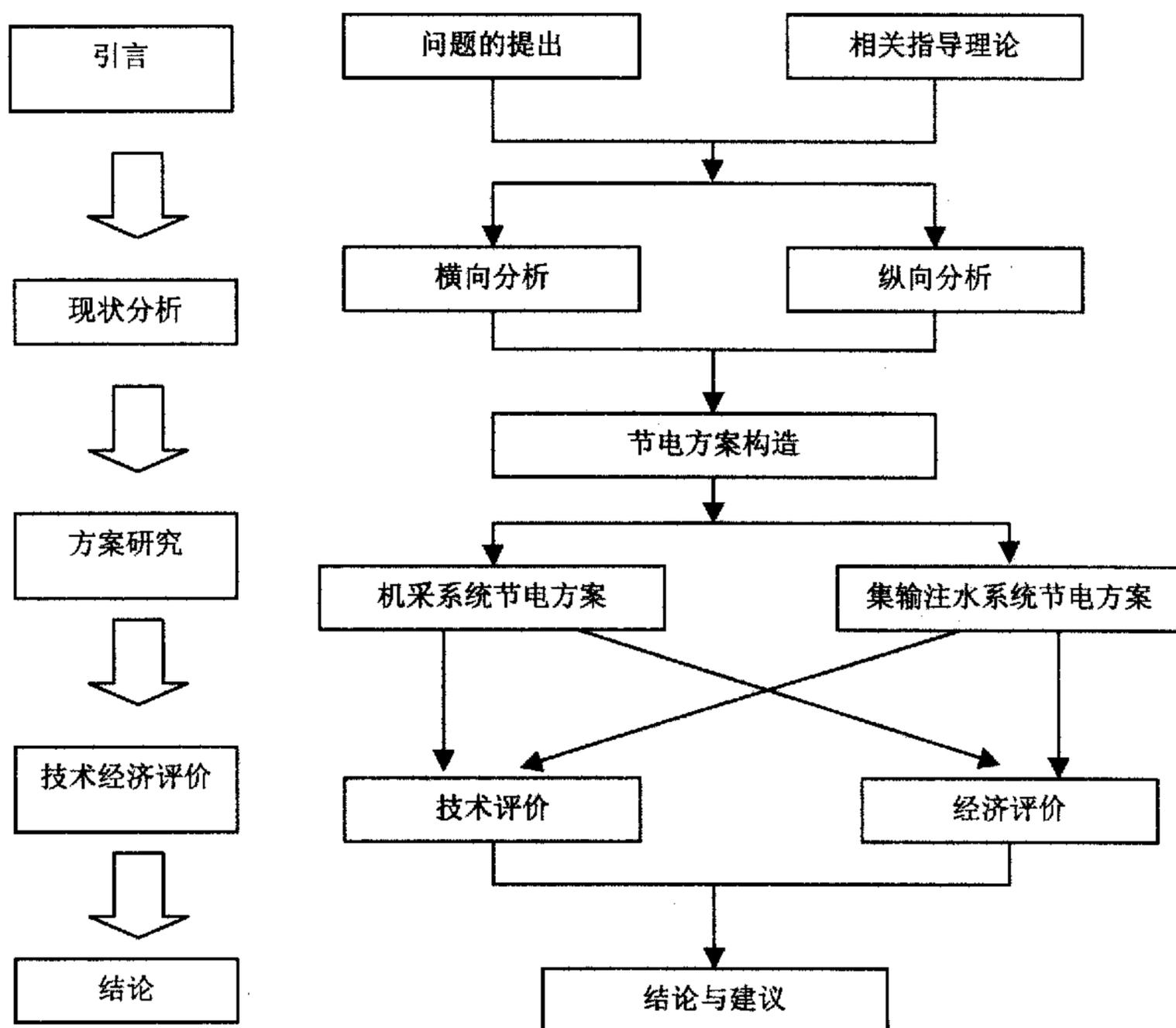


图 1.1 论文技术路线图

Figure 1.1 The map of technology course

本文的技术路线如图 1.1 所示。

1.5 相关指导理论与本论文应用的方法

1.5.1 技术经济学分析的程序

任何技术方案在选定之前,都应该进行技术经济分析与评价,以便从中选出较为理想的方案。技术经济分析的程序一般如下。^[2]

(1) 确定分析目标

目标要依分析对象的不同而定。可大致分为国家(宏观)、地区或部门(中观)、企业或项目(微观)目标。目标内容可以是工厂选址或是确定项目规模,也可以是选择设备或技术改造等

(2) 调查研究、搜集资料

根据所确定的目标,进行调查研究,重点搜集与之有关的技术、经济、财务、市场、政策法规等方面的资料。

(3) 设计各种可能的方案

这里强调的是各种可能的方案,不能先入为主,只设计一二种自己所希望采纳的方案,而应集思广益、献计献策,尽可能搜集各种不同方案,从中筛选出所有可行的方案。

(4) 分析方案

分析各方案利弊得失以及影响技术经济效果的内外因素。

(5) 拟定技术经济分析指标

这里主要指拟定方案比较所需采用的指标,建立有关各参数变量之间的函数关系,如方程式、公式、表达式等数学模型。

(6) 方案综合分析与评价

除对方案进行定性分析外,重点是进行定量计算和求解。而综合分析评价的正确与否,关键取决于定性分析与定量分析的结果正确与否,以及所引入数据的准确可靠,且不可臆造。否则,决策的结果就不科学,不可靠。

(7) 确定最优方案

根据分析评价的结果,优选出技术上先进、经济上合理的最佳方案。

(8) 最终完善方案。

1.5.2 ABC 分析法与费用比重分析法

ABC 分析法是现代管理方法中一种重要的方法,本文拟用此方法对辽河油

田重点用电单位进行横向分析，从中选出重点用电单位。^[2]

ABC 分析法是由意大利经济学家巴雷特 (Vilfredo Pareto) 在调查 19 世纪意大利城市米兰的社会财富状况时提出并应用于分析的。巴雷特发现，米兰市社会财富的 80% 被占人口 20% 的少数人所占有，而占人口 80% 的人仅占有其中 20% 的财富。巴雷特将其统计结果，按从富有到贫穷的顺序排列，绘制成管理界所熟知的巴雷特图。^[2]

后人的研究发现，类似巴雷特图所示的分布不均匀现象，不仅存在于社会财富的分布上，而且普遍存在于社会经济生活中的许多方面。以库存物资为例，ABC 的分析法的基本思路是，将企业的库存物资按其占用资金的多少，依此划分为 A, B, C 三大类，通过对不同的库存物资采用不同的管理方法，增强管理的针对性，达到简化管理程序，提高管理效率的目的。进行 ABC 分类的具体步骤：

- (1) 首先根据企业的库存物资信息，将各库存物资占用资金的情况进行汇总，计算出各种物资的占用资金比例。
- (2) 根据占用资金情况，按从多到少的顺序依此排列。
- (3) 分析占用资金情况，将各种物资归入相应的类别，完成分类。

费用比重分析法主要应用于节约某种原材料或能源时，选择分析的产品对象。本文拟用此方法对辽河油田油气生产系统用电环节进行分析，找出其中重点用电环节。

它的分析原理是：例如某一企业要降低油耗，那么油耗大的产品就应列入价值分析的对象，若某企业要降低运输费、管理费、材料费等，那么运输费、管理费、材料费占的比重大较大的产品应列为价值分析的对象。

例如，某企业现有 A, B, C, ..., G 等七种产品，其中油耗比重如下表，若以节油为目的选择价值分析对象，应如何选择？

表 1.1 某企业油耗比重表

Table 1.1 The oil consume proportion table of a corporation

产品	A	B	C	D	E	F	G	合计
油耗 %	50	24	10	8	5	2	1	100

其中，A 产品的油耗比重最大，应选为价值分析的对象。若企业有力量，也可以对 A, B 两种产品进行分析，只要 A, B 产品的油耗能降低，该企业就能在 74% 的油耗中挖掘潜力。

1.5.3 技术评价方法

项目经济性评价方法很多，如果按照是否考虑资金的时间价值因素，可分为“静态”（即不考虑资金的时间因素）和“动态”（即考虑资金的时间因素）两类。

其中静态评价方法主要有盈亏平衡分析法、投资回收期分析法、追加投资回收期法、投资效果系数法、追加投资效果系数分析法五种分析方法。^[1] 动态评价方法是考虑了资金时间价值条件下进行项目评估的方法，主要有净现值分析法、内部收益率分析法、增值内部收益率分析法和效益费用分析法。

另外，一般项目评价所用的数据，大部分是通过预测而取得的，这就不可避免地会有不可预见因素的发生，也就会有估计值与未来实际发生值的偏差产生。由此及彼，必须对所得结论及其影响结论的因素进行分析，找出可能变动的、且一旦发生变动对项目效益的影响大的因素，对其变化的各种可能性进行分析预测，作不确定分析。不确定分析包括盈亏平衡分析、敏感性分析和风险分析，本文主要采用了敏感性分析方法。

静态指标的优点是计算简便、直观，因而被广泛用来对投资效果进行粗略估计，它的主要缺点是没有考虑资金的时间价值和不能反映项目整个寿命周期的全面情况。因此在对项目进行经济性评价时，应以动态分析为主，必要时可另加某些静态评价指标进行辅助分析。本文构造出两套节电方案：机采系统节电方案和集输注水系统节电方案，其中机采系统的节电方案投资较少，安装时间较短，拟选用静态指标进行经济评价分析；而集输注水系统节电方案由于投资较大，建设时间较长，拟以动态分析为主，静态分析为辅。另外，在进行集输注水系统节电方案经济评价时，由于电价、节电量、投资、成本等不确定因素的影响，拟进行敏感性分析，来确定哪个因素对评价结果影响最大。

2 辽河油田油气生产系统用电情况分析

2.1 辽河油田油气生产系统

2.1.1 油田基本状况

辽河油田位于辽宁省及内蒙古自治区东部，北起内蒙的阿鲁科尔沁旗，南临辽东湾，西起赤峰市，东至新宾县，地跨辽宁、内蒙两省区的 13 个市（地）、32 个县（旗）。辽河油田于 1970 年开始大规模石油勘探开发建设，1980 年国务院正式向国内外公开辽河油田建成。辽河油田先后开发建设了兴隆台油区、欢喜岭油区、曙光油区、沈阳油区、茨榆坨油区、高升油区等七个大的采油区块，1986 年原油年产量突破 1000 万吨，跃居全国第三位；1995 年原油年产量达到 1552 万吨，创历史最高水平。截止 2003 年底，投入开发油气田 32 个，动用石油地质储量 17.22 亿吨、天然气储量 1629.8 亿立方米；投产油井 16089 口、气井 592 口，累计生产原油 3.05 亿吨、天然气 446.37 亿立方米；累计向国家和集团公司上缴税费、利润 770.7 亿元。目前，原油年产水平基本稳定在 1270 万吨以上。

图 2.1 是辽河油田布局图。

辽河油田地质构造复杂，油气储量丰富，是一个具有多套生油层系，多种聚集类型，多种油气藏的复式油气区。油品性质多样，既有稀油、稠油，又有高凝油和天然气，人称“石油地质大观园”。图 2.2 是辽河油田原油产量构成图，从图中比例可以看出，辽河油田原油品质并不好，其中 62% 是稠油，这其中还有 15% 的特稠油和 9% 的高凝油，开采这些流动性极差的原油难度极大，需要耗费大量的能源，为适应这种复杂的地质情况，辽河油田的油气生产系统也别具特色，既有适应普通油气藏开采的采油工艺技术，也有开采特稠油、高凝油的生产技术。经过三十多年的开发建设已经形成了一套经过实践检验的成熟生产技术，生产的原油源源不断地运往各地的炼油厂。

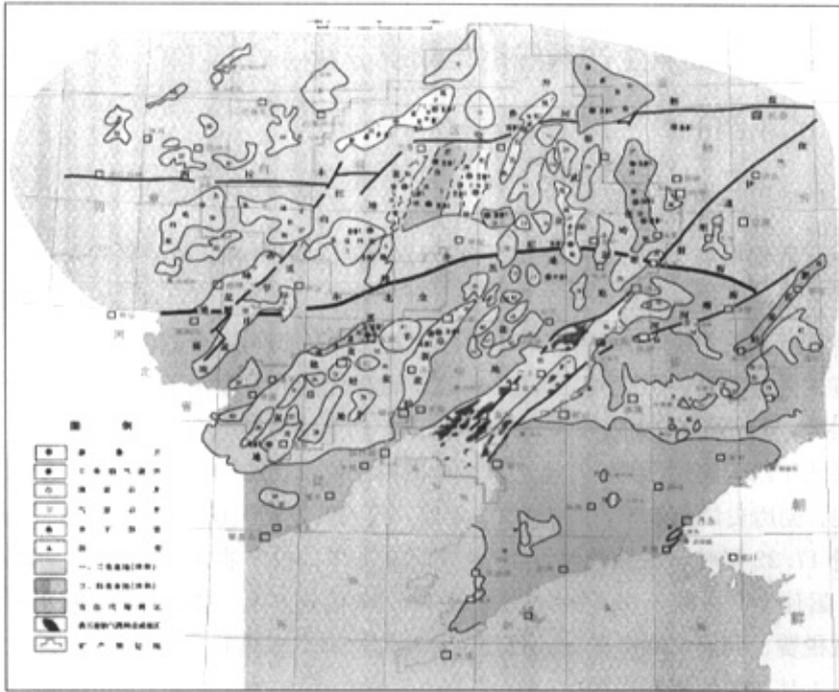


图 2.1 辽河油田布局图

Figure 2.1 Liaohe oil-field position diagram

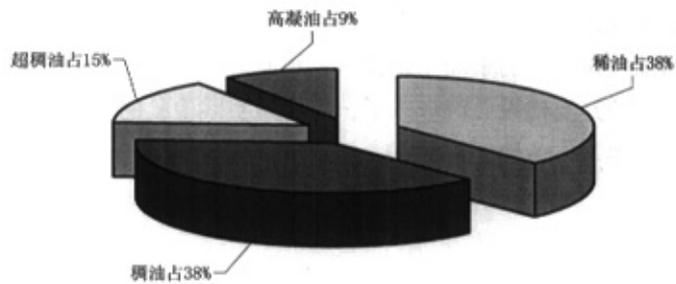


图 2.2 辽河油田原油产量构成图

Figure 2.2 The yields constitution of crude oil in Liaohe

2.1.2 油气生产系统概述

如图 2.3 所示，石油生产可分为油藏勘探、油田开发、采油工程、油气集输等生产阶段，其中油藏勘探是地质人员寻找石油的过程；油田开发和采油工程是将石油从地下的油井中通过各种工艺流程生产到地面的过程；而油气集输则是把生产出地面的石油进行集中、处理，使之成为油田产品的过程，本文所提及的油气生产用电主要发生在采油工程和油气集输阶段。由于中国大部地区的油藏埋藏较深，地层压力衰减较快，因此全国大部分油田是利用电作动力来进行生产，先是利用电动抽油机将原油从井底抬升到井口，再通过电动机将原油从井口输送到联合站，最后输送到各炼油厂，完成整个生产流程。在这些生产阶段中均有大量的电能消耗。

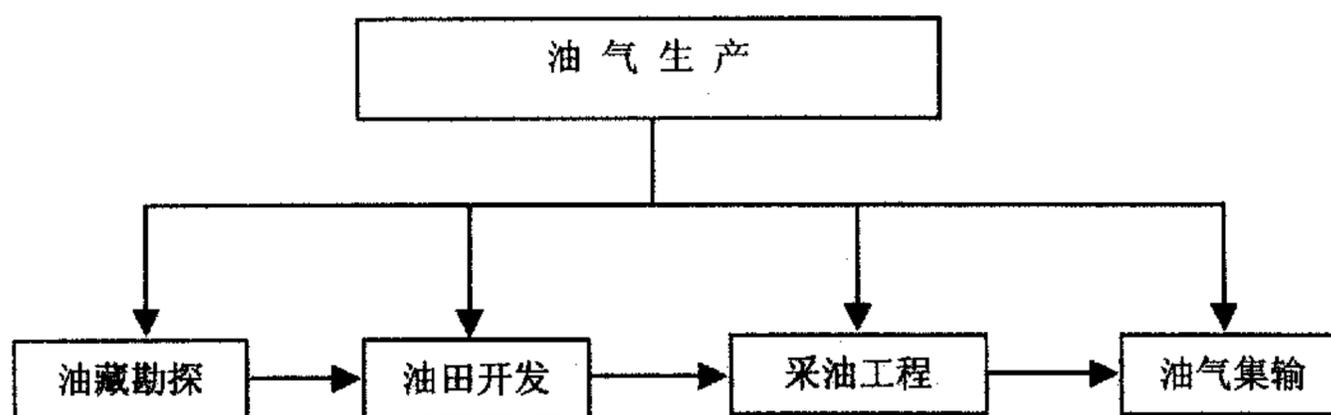


图 2.3 油气生产示意图

Figure 2.3 The sketch map of oil-gas product

2.2 辽河油田油气生产系统用电情况分析

2.2.1 辽河油田总体电力系统现状

电力系统在辽河油田生产中一直占有举足轻重的地位，可以这样说，没有电力系统的强力支持，就没有辽河油田今天所取得的成就。辽河油田电力系统是随着油田开发建设的深入，不断扩大，从 70 年代仅三座变电所，6 台主变，6 条 60kV 线路发展到目前一个颇具规模的跨地区企业电力网，拥有一座自备热电厂，4 台共 6 万 kW 燃汽轮机组，60kV 线路 70 余条，66/6kV 变电所 60 余座，主变总容量 60 万 kVA，6kV 线路 2000 多公里。电网规模在中国石油天然气集团公司仅次于大庆油田，列第二位。每年外购电量约 25 亿 kWh，外付电费将近 15

亿元。

图 2.4 就是辽河油田电力系统网络示意图，从图中看出，油田电力网分为三级：第一级，电能从地方 220kV 变电所和油田自备电厂经过 60kV 线路到达油田 60/6kV 变电所，作为油田的外供电源；第二级，6kV 电压等级的电能从油田的 60/6kV 变电所，通过 6kV 线路到达较分散的数万台 6/0.38kV 变压器；第三级，即是油田最终的用电等级，电能通过变压器变为 380V，通过 380V 架空线路或埋地电缆送至各用电端。

需要说明的是，1999 年，中国石油天然气集团公司进行了战略重组，将下属的业务进行了重新划分，辽河油田也不例外，其中油田电力系统被分成两大部分，60kV 线路、60/6kV 变电所归生产服务公司管理，而全部 6kV 线路、低压用电设备归核心业务层—辽河油田分公司管理，而本文所论述的节电方案全部是针对辽河油田分公司所管理的低压用电设备的，是研究这些为油田油气生产服务低压用电设备的节能优化方案。

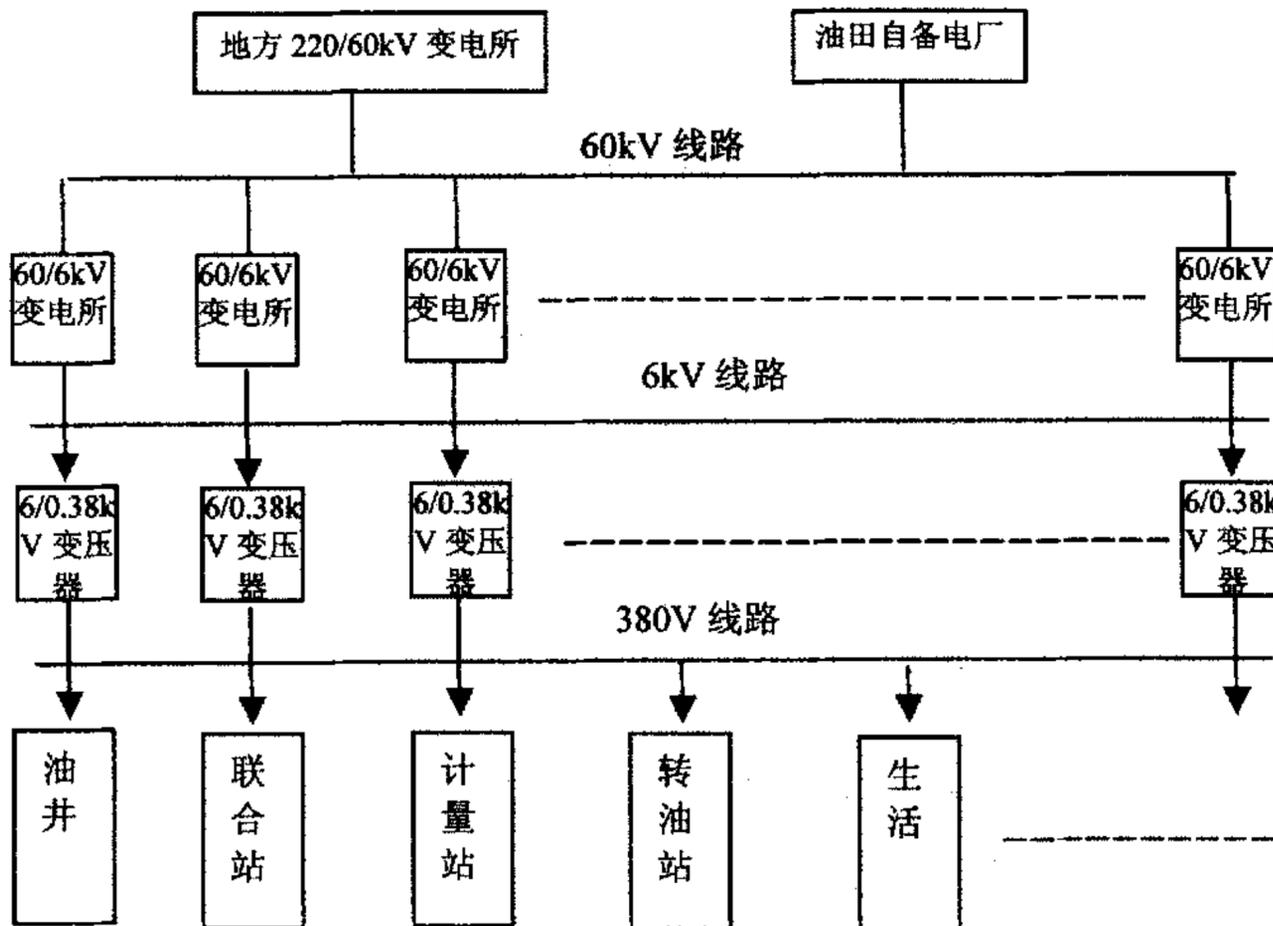


图 2.4 电网示意图

Figure 2.4 The sketch map of power network

2.2.2 辽河油田油气生产系统用电现状

油田是一个大而全的综合性企业,涉及到的用电系统较多,如果全部列出来,进行节电方案的研究,限于篇幅,无法深入。因此本文抓住油田重点的用电环节—油气生产系统的用电进行深入节电方案的探讨,相信对其它系统应有一定的借鉴。

辽河油田油气生产系统所消耗的电能可分解为十个部分:机采部分、集输部分、注水部分、注汽部分、电加热部分、储运部分、供水部分、天然气部分、线变损部分和生产照明部分。这十个部分在油气生产用电中所占的比例如图 2.3 所示。从图中可以看出:生产用电中,机采部分用电占有一半以上的份额,是第一用电大户,是节电方案研究的主要对象,而剩余部分,所占份额较小。

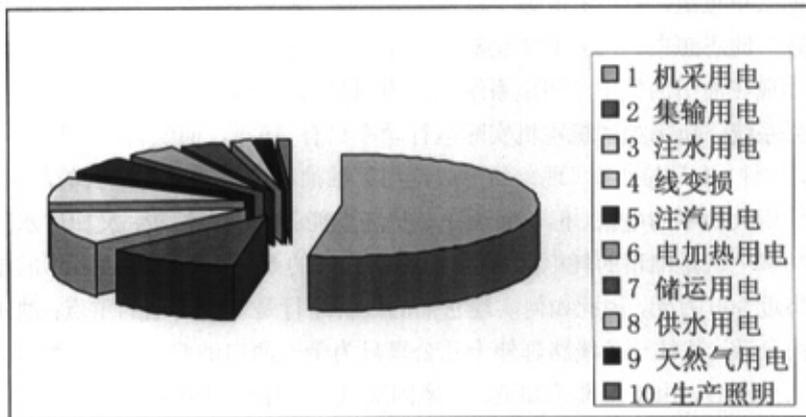


图 2.5 油气生产系统用电构成图

Figure 2.5 The constitution map of oil-gas product electro-data

2.3 辽河油田油气生产系统节电必要性和可能性分析

为实施低成本战略,保持竞争优势,实现可持续发展的目标,辽河油田油气生产系统节电工作势在必行。上文提到,辽河油田地质结构复杂,勘探难度较大,在油田产量构成中以稠油为主,占总产量的 60%以上。辽河油田稠油的资源品位较差,绝大部分需要靠热力开采,热采稠油的平均生产能耗约为常规油田平均生产能耗的 2~3 倍,2004 年,辽河油田稠油单位操作成本约 380 元/吨,高凝油单位操作成本约为 360 元/吨,超稠油单位操作成本约为 450 元/吨,与中国石油天然气总公司平均单位成本 287 元/吨相比,平均每生产一吨原油要多支出操作

成本 70~160 元。随着油田进入中后期，为维持原油产量在一定时期内的稳定，各种措施技术就要不断地应用，而这都将导致投资和用电量的增加，因此既要保持一定的产量，还得降低生产成本，这就形成了一个矛盾。而解决矛盾的一个重要方面就是节约用电，只有节约了占整个操作成本的三分之一强的电费支出，才能有力地缓解维持产量和降低成本之间的尖锐矛盾，才能使辽河油田的生产成本保持在较低的水平上，企业和职工的效益也可得到保证。

另一方面，原油的开采离不开大量消耗电能，没有电就没有油，油田节电的可能性有多少，潜力有多大呢？

从大环境讲，我国企业目前能源浪费仍是十分严重的，有人做过统计：目前，我国每亿美元国民生产总值能耗仍比日本高 3 倍左右，比美国高 2.5 倍，比印度还高近 1 倍，能源消耗比国外平均高 30%。由于油田生产的原油是一种特殊产品，是少数仍由国家垄断的商品，仍由国家负责统一定价、统一销售，因此虽然经过一系列改革重组，海外上市等一系列商业运作，那种不计生产成本和“皇帝女儿不愁嫁”的思想在石油企业中仍然有一定程度的存在，能源浪费仍普遍存在。

体现在油田油气生产用电系统上尤为明显，如占整个油气生产用电一半以上的机采系统，所用抽油机电机实际运行功率只有 15kW，而配备的电机功率竟有 45kW，这种“大马拉小车”现象的形成是由于抽油机起动需要一个大的起动力矩，只有使用大功率的电机，但长期运行必将造成能源的极大浪费；又如注水系统用的大功率电机是油田的耗电大户，一台 2000kW 的 6kV 注水电机，一年的电费支出就将近 900 万元，因此如何实现它们的经济运行是节约用电的重点；油田电力网大而分散，往往一条线路延伸十几公里只为带一两口油井，功率因数偏低，一般为 0.5 左右，由电工理论知道，功率因数过低，导致网络损耗的增加和电压质量的下降，因此如何提高功率因数也是节约用电的重点。

综上所述，油田节电工作不但很有必要，而且有很大的可能性，只有充分发掘现有用电设备的节电潜力，才有可能实现产量不降，成本不增。

2.4 辽河油田油气生产系统节电工作存在问题分析

2.4.1 辽河油田油气生产系统节电技术现状

辽河油田油气生产系统节电工作可分为两大方面：一是管理节电，二是技术节电，本文所讨论的节电方案重点是讨论技术节电，但它们是一个事物不可分割的两方面，缺一不可，管理节电是基础，没有管理，再好的节电技术也不能发挥应有的作用；而只加强管理，不重视新技术的应用，则会使管理成为“无源之水，

无本之木”，只有把两方面紧密结合起来，才能做到事半功倍，达到最好的节电效果。

(1) 管理节电

管理节电本质就是少用电或不用电，是要充分应用非用电的手段来达到与用电一样的生产效果，保持原油产量的稳定。因此细化管理，充分挖掘现有设备的潜力是管理节电的关键。辽河油田的主要做法是：

① 开展了“关、停、并、转、减”的工作，这也是最近几年来辽河油田创造的成功经验，即通过简化老油田的生产程序，对那些既耗费大量电能，又不能达到增产效果的生产装置予以坚决停掉，以达到节约用电减少生产成本的目的。

② 加强节电技术的管理力度，使它们为油田节电发挥最大的作用。

③ 重视单井的用电管理工作，采取诸如调整抽油机平衡、热线井间送、更换停运高耗能设备、加强油田生产照明用电管理等措施，来减少电能消耗

④ 加强用电监察，完善计量装置，杜绝损失和浪费。

⑤ 在保证用电可靠性的前提下，尽量削减变压器容量或电机容量。

⑥ 进一步规范转供电管理工作，严格控制新增用电户。

可以说，通过这些管理措施的采用，节电效果十分显著，如 2002 年治理锦州采油厂偷盗电行为的工作中，当年就减少了电费支出近 4000 万元，达到了以较少的投入，换取较大的效益的目的。

(2) 技术节电

辽河油田现有节电技术措施，可从上文提到的用电分类入手进行分析，可分为如下六类：

① 机采部分

该部分是用电的大户，也是节电的重点，因此各种新技术层出不穷，辽河油田近几年来应用的机采节电技术可概括为以下几种：

一是采用节能电动机节电。

抽油机用电动机是油田应用最多的电力设备，但在实际运行过程中，电动机“大马拉小车”的现象非常严重，实际运行功率远远小于其额定功率。造成这种情况的最主要原因是抽油机的启动转矩要求很大，为了满足启动的需要，不得不配备功率大的电动机。

针对这种情况，近年来，研制出不少节能型电动机，其中有代表性是高转差电动机、可调速电动机、稀土永磁电动机三种。其中：高转差电动机，是利用提高转差率从而提高电动机转矩的原理来设计的，它的特点是延长了上冲程时间，

降低了提杆的速度和加速度，这就使光杆、泵柱塞等各项动载荷相应减少，提拉力也减少，从而使抽油机泵系统的峰值阻力矩大大减小，从而减少了耗电量。但是转差大使转子的损耗增加，电机效率有一定程度的降低，这是它的缺点。

可调速电动机的原理是通过改变的电机的极对数来调整电机的运行速度，以适应不同的生产用电工况。它的特点是投资省，维护保养容易，节能效果好，可靠性强。

稀土永磁电动机是一种同步电动机，但不需要普通同步电动机的励磁线圈和集电环，结构上和异步电动机一样简单，在系统上也不象普通同步电动机那样需要励磁调节系统，而是把稀土永磁磁钢镶嵌在转子上。它具有体积小、重量轻、结构简单、效率高、功率因数高、起动转矩大、运行稳定，维护简单等一系列优点，集中了异步电动机和同步电动机的优点，而克服了两者的缺点，它可以代替了异步电动机和普通同步电动机在任何场合使用。

表 2.1 是作者查阅的一篇文献中的资料。该文献对抽油机节能电动机节电效果进行了测试与评价，并对三种节能电动机进行了现场测试，得出的节电效果如表 2.1 所示。

表 2.1 节能电动机测试结果

Table 2.1 The testing result of saving electromotor

序号	电机型号	额定功率 (kW)	基准电动机功率 (kW)	有功节电率 (%)	无功节电率 (%)	综合节电率 (%)	备注
1	YCCH255-6	22	55	3.51	72.47	13.68	超高转差电动机
2	YCCH250-6	30	55	6.52	20.54	8.10	高转差电动机
3	SJYT225-8	37	45	9.44	75.26	15.28	双定子永磁电动机
4	SJYT250-8	37	45	8.23	54.81	11.49	双定子永磁电动机
5	Y250-6	15	37	2.90	31.33	5.08	可调速电动机
6	Y300-6	15	37	1.89	37.89	4.98	可调速电动机

二是采用抽油机间开控制器，节约用电。

这是最近几年才出现的一种技术，它的主要原理是利用电子仪器来监测油井的产液情况，然后根据产液量的多少来决定是否起用或停用这口油井，从而达到节电的目的。设计者的初衷是想利用关停一些低效油井来节电，但在实际运行中碰到一些问题，如产量问题、安全问题、油井重新运行等一系列问题，使这项技术的适用性大打折扣。

三是采用节能型抽油机电机控制箱代替现有的常规配电箱。

目前，节能型抽油机电机控制箱除具有一般电机控制箱断相、过流、过压等保护功能外，还具有根据电机的负载大小，调整电机的工作方式，使电机处于节能状态。采用的技术主要有控制电机定子绕组的电压或控制电机的转速以控制电机输出功率，采用电容器进行无功补偿，减小无功损失功能。

四是采用抽油机变频器。

这也是最近几年发展起来的节电技术，主要原理是利用工况的变化，通过调整电动机的转速来节电。以往变频器的应用主要是在功率较大的电动机上，抽油机电机的功率一般较小，节电潜力相对减少，并且变频器的价格相对较高，因此抽油机电机用变频器节电有些得不偿失。但随着变频器核心部件的日益国产化，价格大幅度降低，这也为推广应用这项节电技术提供了条件。抽油机电机应用变频器不但能节约用电，还有一些其它的潜在效益：

第一、大大提高了功率因数，从而减轻了电网及变压器的负担，降低了线损；

第二、可根据油井的实际供液能力，动态调整抽取速度，一方面达到节能目的，另一方面还可以增加原油产量；

第三、由于实现了真正的“软起动”，使电动机、变速箱、抽油机都避免了过大的机械冲击，大大延长了设备的使用寿命，减少了停产时间，提高了生产效率。

五是应用 1.14kV 配电装置。

该装置在全国其他油田安装较多，它产生的初衷主要是为了解决油田偏远油井的窃电问题，由 1.14kV 变压器、专用节能配电箱、高转差电动机等一套设备组成。它的技术特点是：

第一、利用 1.14kV 级高转差电动机取代普通电动机，可以较大幅度地提高抽油机的整体效率，增加产量，降低产业单耗。

第二、新型的 1.14kV 电力变压器，适当地降低了共阻抗电压，在保持原启动电压不变的条件下，可以适当地降低变压器的额定容量。

第三、新电动机的启动力矩比普通 Y 系列电动机提高 1 倍左右，启动电流比普通电动机下降 20% 以上，因而可以较大幅度地降低电动机的额定容量。

该装置在一些油区安装后，取得了很好的防窃电效果和节电效果，但也存在一些问题，主要有两点：一是它的电压等级是 1.14kV，与现有国家电网等级不一致，需要特殊的变压器变压才能应用，电动机的电压也不是国家标准，也需要特殊制作，这给维修保养带来一定困难；二是它存在一定的安全隐患，如接地电流过大问题、日常操作问题等。这些给它的推广应用带来一定影响。

六是抽油机电机采用液力偶合器节电。

液力偶合器是前几年流行的一种节电技术，原理是以液体为介质传递功率的一种液力传动装置，通过改变工作腔中工作液体的充油度就可以在原动机转速不变的条件下实现被驱动机械的无级调速。具有运行稳定、适用范围广，有较高的功率因数，能实现电机软启动，不产生高次谐波等许多优点，缺点是有一定的速度损失，调速效率随转速的降低急速下降，调速滞后时间长，最大的缺点是不容易维护保养，一旦发生故障，严重影响正常的原油生产。因此随着其它节电技术的成熟，它正逐步退出节电领域。

七是推广应用新型变压器替代老型号高耗能变压器。

变压器节电就是推广应用新型节能型的变压器代替老型号的变压器。目前辽河油田运行的近万台 6/0.4kV 变压器，有 70% 左右仍是国家明令淘汰 S7 型变压器，变压器老化、耗电高一直是辽河油田电力系统的一个大问题，也是节电工作的一大潜力所在。

② 集输、储运、天然气部分

目前，在辽河油田范围内应用较多的节电措施有以下几种。

一是采用变频调速装置来控制原油的外输，减少电能耗。

变频器是将电源恒压电能经整流逆变之后转变为电压频率均可调节的电能供给电机作调速之用。变频调速是至今较为完美实用的一种电气调速方式，它具有其它调速方式不可比拟的调速范围宽、可实现恒转矩运行、控制功能完善、效率和功率因数高等一系列优点。国内外开发研制变频器的势头很猛，已有多种产品问世，但其价格相对其它节电产品昂贵些，使它的应用受到一些限制。

二是采用高压内反馈串级调速装置来控制原油的外输，减少电能耗。

高压内反馈串级调速是由高压内反馈串级调速电机和与之配套的控制装置构成，它的基本原理是通过变流系统将感应电动机转子附加电势串入电机的转子

绕组，改变其大小即可实现调速。

它是具有良好性价比的调速节能产品，具有投资少、运行效率高、调节灵活、可靠性强、维护方便等特点。在辽河油田集输公司有一定的应用。

三是采用高效螺杆泵。

螺杆泵作为一种容积泵不仅结构紧凑，运行平稳，使用寿命长，关键的是它超过 80%的额定效率更是一般大功率离心输油泵不可比拟的（资料表明，国产离心泵额定效率普遍在 55%--65%之间）。同时螺杆泵的排量基本不随压力的增减而变化，更符合集输系统工艺的要求。据在辽河油田油气集输公司应用统计中，通过采用螺杆泵替换七、八十年代的老式低效输油泵，取得了显著的节电效果。

四是其它节电方式。

如提高离心输油泵的运行效率、采用了高扬程多段泵减级运行、调整叶轮流道等多种方式。

③ 注水、供水部分

通过注水井向油层注水，是保证油层压力，提高油藏采油速度和采收率而被广泛采用的一项重要开发措施。在油田注水工程中，注水泵是满足油田注水，保证地层压力的源设备，为了保证较长时期内满足油田注水需要，在设计上注水泵的容量选型一般都较大，同时在实际生产中，日注水量又总是一个波动较大的参数。特别是在高压注水系统中，大马拉小车的现象比较普遍，注水泵泵压与注水管线干压之间存在较大的压差，必须靠控制出口阀门来保证注水管网的注水压力，这样既造成大量的电能被白白的消耗掉，同时又由于泵压较高对机泵的运行也十分不利。

在联合站、注水站等负荷较高，变化较大的用电系统中，高压变频器具有其它节电措施所无法比拟的优势。但由于受到电力半导体器件水平的限制，至今其核心部件仍只能由德国西门子、美国 AB、日本安川等外国公司生产，价格较贵，维护保养的费用也不低。目前，辽河油田高压注水电机有 90 余台，安装高压变频器只有 9 台，节电潜力还很大。最近几年，国产高压变频器加快了开发的步伐，如果其价格降到企业能够承受的程度，应用前景将十分广阔。

④ 电加热、注汽部分

有其特殊性，这个特殊性就是因为辽河油田的油质较差，以稠油为主，绝大部分原油的开采需要靠热力开发，而热力主要仍靠电拌热来产生，因此决定着辽河油田的电加热用电在油气生产用电中占有较大的比重。由于电加热耗电较大，针对此耗电大户的节电项目也较多，目前在辽河油田应用较为成熟和广泛的是变

频自动控制的电加热设备，它运用集肤效应原理，运用中频电加热原理，来为井下生产和原油管线运输加热，它能够根据加热需求来实现加热功率自动调节，有效降低电拌热功率，实现节电目的。

⑤ 生产照明部分

主要采取在生产厂区、办公室等地方更换节能灯具和在路灯、楼道灯上加装声控开关等节电措施。

⑥ 线变损部分

优化电网运行方式，在确保安全供电的前提下，努力提高功率因数，在 6kV 线路及井站安装无功补偿装置，减少网络损耗。

2.4.2 存在问题分析

上文通过管理和技术两方面，对辽河油田节电技术的现状做了较为详细的介绍，从上面的介绍可以看出节电在辽河油田是得到重视的，油气生产系统中不同的用电环节都有相应的节电措施，但现在出现的问题也很多，归纳起来，有以下四类。

(1) 没有建立健全有效节电机制

首先，机关没有明确的节电管理部门，没有哪个部门为此负责。这样带来的后果，一是公司管理节电工作的部门较多，往往令出多门，没有统一的、较权威的部门来指导此项工作；二是由于节电项目投资主体不够明确，造成许多并不成熟的技术进入油田市场，没有达到预期的节电效果；三是节电设备投入运行后，没有得到有效的管理和监控，甚至于损坏，没有人对此负责。这些问题的存在使辽河油田节电项目的投入有一定的盲目性，只有将认真解决这些问题，才能使节电工作做到有的放矢，取得好的技术经济效益。

其次，节电工作还只是应急的工作，没有将此项工作作为生产工作的一部分常抓不懈。哪年成本紧张，资金短缺，哪年就比较受重视，一旦成本压力稍松，节电工作往往被忽略。

第三，缺乏节电的奖惩机制。辽河油田自 2002 年起，电量、电费连续三年实现负增长。机关、基层单位相关员工为此作了大量工作，为降低原油生产成本作出了自己最大的贡献，但由于缺乏相应的奖励政策，节电积极性逐渐降低，节电工作的难度将越来越大。

(2) 节电新技术过于繁杂问题

其实这也是我国现阶段节能工作存在的一个大问题，节电项目没有形成规模

效应。许多节电产品往往是几个人研究出来后,通过各种渠道到工厂企业中应用,这种小团体、小公司的运营机制在我国目前节电产品市场上十分流行,由于缺乏一整套严密完整的检验和推广机制,大部分产品缺乏推广应用价值,工厂、企业成了大试验场,学费缴了很多,但真正经得起考验的节电技术不多见。

从前文介绍的情况看,辽河油田生产系统目前应用的节电技术也有十余种之多,给生产运行带来一定的困难。如有些单位反映,油井用节能电机型号过多,电机配件往往不能通用,有时故障检修,需要带很多不同的备件影响事故处理的时间和速度,给油田生产带来很大影响。因此,急需有关部门认真组织研究、评价目前油田用的节电技术,为生产系统找出节电效果最好的一两种技术,推广起来,形成规模效应,取得最大的节电效果。

(3) 资金使用问题

目前,油田成本很紧张,油田每年用于节电方面的资金更是可怜,如何把有限的资金用在刀刃上,使资金的使用效率最大,的确是一个大问题。目前辽河油田节电工作的程序是:每年公司主管部门都制定当年度节电工作计划,确定工作目标,并列出完成目标需要采取的节电措施,经过一定的讨论后,拿出专项的节电资金,进行节电项目的投入。以2004年辽河油田节电项目投资计划表(附表1)为例,2004年辽河油田共投入3150万元资金进行节电项目投入,资金投入不可谓不多,但分成12个项目后,每个项目分摊的投入就不多了,投入最多的是变频器项目,当年530万元,投入最少的是1.14kV配电装置,才100万元。投资分散后,往往投资回收期短,节电效果突出的节电项目投资不够,而节电效果一般的项目的资金投入又有些浪费,一个有些吃不饱,一个有些过剩,造成有限资金的浪费。

另外,从资金投向的单位来看,也较平均,七家采油厂和六家油公司的节电资金投入相差不大,最多400万元,最少也有100万元,从这些单位的用电规模分析,节电投入没有抓住重点。因为用电量大的单位,如曙光采油厂年用电量在3亿kWh左右,而用电量小的单位如浅海公司年用电量才1500万kWh,两者年用电量相差20倍,但从节电资金投入看,曙光采油厂节电资金为400万元,而浅海公司有194万元,两者相差才2倍,因此加大对用电量大的单位的节电资金投入是今后工作的重点。

从上面分析可以看出,要想用有限的资金把节电工作做好,第一要找出用电量大的单位,第二是抓住重点用电环节,只有把这两项工作做好,才能取得最大的投入产出效益,才能起到事半功倍的效果。

(4) 技术滞后问题

这实际上也是机制的问题，因为没有健全的节电机制，也就没有人真正关心目前国内外最新的节电技术，因此永远走在别人的后面。如果在投资之前，多做一些调查研究，不但能节省资金，还可提高节电效果。

上述列出辽河油田节电工作存在的问题，属于管理、体制方面的问题，由于涉及的问题较多，比较复杂，本文不进行深入探讨。而属于节电新技术方面的问题，是本文重点研究的，将在下面的章节进行详细论证。

3 辽河油田油气生产系统节电方案构造

如前所述,辽河油田节电工作存在一些问题,如何针对节电项目进行有效的投资,构造出一套具有最大经济效益的节电方案已经成为辽河油田必须面对的重大课题。本章运用现代管理学中的分析方法,先从横向和纵向两个方面进行分析,试图通过系统分析,抓住节电工作的重点,然后在此基础上构造出辽河油田节电项目投资方案。

3.1 辽河油田油气生产系统用电横向分析

将辽河油田油气生产用电按采油单位进行分类,运用 ABC 分析法进行分析,得出全油田节电工作的重点单位。

(1) 用电量 ABC 分析

下表将辽河油田各主要生产单位 2002 年至 2004 年三年的用电量,按由多到少的顺序进行排列,并依此计算出各单位用电占全局的份额。

表 3.1 辽河油田 2002~2004 年用电量统计表

Table 3.1 The 2002~2004 electro-data Statistic table of liaohe oilfield

单位: 万 kWh

序号	单位名称	2002 年	2003 年	2004 年	三年平均用电量	占全部用电量 %
1	曙光采油厂	33000	31500	29800	31433.33	16.1%
2	沈阳采油厂	32500	30800	30000	31100.00	16.0%
3	锦州采油厂	24300	20900	22000	22400.00	11.5%
4	欢喜岭采油厂	23300	21800	20500	21866.67	11.2%
5	冷家石油开发公司	18500	19000	19060	18853.33	9.7%
6	特种油开发公司	16300	15500	15000	15600.00	8.0%
7	高升采油厂	11800	12000	11880	11893.33	6.1%
8	兴隆台采油厂	13000	12000	10500	11833.33	6.1%
9	茨榆坨采油厂	11400	8800	7700	9300.00	4.8%
10	金马公司	8300	8100	8700	8366.67	4.3%
11	油气集输公司	9300	7300	7780	8126.67	4.2%
12	油气试采公司	2110	2400	2300	2270.00	1.2%
13	浅海石油开发公司	1580	1600	1600	1593.33	0.8%
	合计	205390	191700	186820	194636.67	100%

表 3.2 辽河油田用电单位 ABC 分类表
Table 3.2 The ABC classify table of liaohe oilfield units

序号	单位名称	三年平均用电量	累计占全部用电量%	
1	曙光采油厂	31433.33	16.1%	A 类
2	沈阳采油厂	31100.00	32.1%	
3	锦州采油厂	22400.00	43.6%	
4	欢喜岭采油厂	21866.67	54.8%	
5	冷家石油开发公司	18853.33	64.5%	
6	特种油开发公司	15600.00	72.5%	
7	高升采油厂	11893.33	78.6%	B 类
8	兴隆台采油厂	11833.33	84.7%	
9	茨榆坨采油厂	9300.00	88.5%	
10	金马公司	8366.67	92.8%	C 类
11	油气集输公司	8126.67	98%	
12	油气试采公司	2270.00	99.2%	
13	浅海石油开发公司	1593.33	100%	
合计		194636.67		

从表 3.2 中可以看出，全油田 13 家油气生产单位用电量较平均，按 ABC 分析法较合适。前 6 家即曙光采油厂、沈阳采油厂、锦州采油厂、欢喜岭采油厂、冷家公司、特油公司用电量占全油田的 72.6%，可分为 A 类用电单位，是节电工作的重点对象；中间三家，即高升采油厂、兴隆台采油厂、茨榆坨采油厂用电量占全油田的 17%，可分为 B 类用电单位，其余四家可分为 C 类。

(2) 产量 ABC 分析

从另一种角度，即原油产量的角度去考虑。由于目前石油仍属于国家的战略物资，我们国家又是贫油国家，因此各油田的产量仍位于油田生产经营指标的首位，如果按油气产量进行分析，再和用电量进行对比，就可找出辽河油田重点用电单位。辽河油田 12 家油气生产单位（除去油气集输公司）的原油产量如表 3.3 所示。

表 3.3 辽河油田 2002~2004 年原油产量统计表

Table 3.3 The table of 2002~2004 yield of liaohe oilfield

单位：万吨

序号	单位名称	2002 年	2003 年	2004 年	三年平均原油产量	占全部产量%
1	曙光采油厂	226	228	223	225.7	17.0%
2	锦州采油厂	198	195	191	194.7	14.7%
3	欢喜岭采油厂	175	180	179	178.0	13.5%
4	冷家石油开发公司	132	135	134	133.7	10.1%
5	沈阳采油厂	128	134	126	129.3	9.8%
6	特种油开发公司	130	125	129	128.0	9.7%
7	金马公司	90	95	94	93.0	7.0%
8	兴隆台采油厂	85	82	88	85.0	6.4%
9	高升采油厂	76	74	75	75.0	5.7%
10	茨榆坨采油厂	37	35	38	36.7	2.8%
11	油气试采公司	22	20	23	21.7	1.6%
12	浅海石油开发公司	20	22	21	21.0	1.5%
合计		1319	1325	1321	1321.7	100%

将此表中数据进行 ABC 分类，可以得到表 3.4。

表 3.4 辽河油田原油产量 ABC 分类表

Table 3.4 The ABC classify table of liaohe oilfield yield

序号	单位名称	三年平均原油产量	占全部产量%	
1	曙光采油厂	225.7	17.0%	A 类
2	锦州采油厂	194.7	31.7%	
3	欢喜岭采油厂	178.0	45.2%	
4	冷家石油开发公司	133.7	55.3%	
5	沈阳采油厂	129.3	65.1%	
6	特种油开发公司	128.0	74.8%	B 类
7	金马公司	93.0	81.8%	
8	兴隆台采油厂	85.0	88.2%	
9	高升采油厂	75.0	93.9%	C 类
10	茨榆坨采油厂	36.7	96.7%	
11	油气试采公司	21.7	98.3%	
12	浅海石油开发公司	21.0	100%	
合计		1321.7		

从上表可以看出,用电大户也是产油大户,前6家单位的产油量占全油田产量的74.8%,属于A类产油单位。这与用电量的ABC分类统计完全一致,只是次序有些变化,沈阳采油厂用电量排在第二位,产量却在第六位,这一方面反映它的油品不好,属于高凝油,吨油成本高,用电量;另一方面,说明电能消耗大,有很大的节电潜力。金马公司、兴隆台采油厂、高升采油厂原油产量占全油田的19.1%,可分为B类产油单位,其余三家单位可分为C类产油单位。

综上所述,从横向节电情况分析,辽河油田节电工作的重点单位应是曙光采油厂、沈阳采油厂、锦州采油厂、欢喜岭采油厂、冷家油田开发公司和特种油开发公司。将有限的节电资金和项目投入这六家单位,就是抓住了辽河油田节电工作的重点,必将取得事半功倍的效果。

3.2 辽河油田油气生产系统用电纵向分析

由于辽河油田各生产单位油气生产的用电环节基本相同,都是通过电加热、注水等工艺将原油从油井经过集输系统运送到各联合站的,因此在分析完重点节电单位后,下一步就运用比重法分析从纵向分析以下某一个单位内生产系统用电环节,从中找出重点用电对象,为进一步分析做准备。

表3.5是2004年辽河油田油气生产用电的统计数据,其它年份的数据大同小异,每种用电量变化不大。表中将油气生产用电分为10种,表中数据为这10种用电2004年的用量,及每种在总用电量中所占的比例。

表3.5 辽河油田油气生产用电情况统计表

Table 3.5 The oil-gas product electro-data table of liaohe oilfield

编号	生产用电分类	年均用电量 (万 kWh)	年用电费 (万元)	占总生产用电量比例 (%)
01	机采用电	98657	56807	52.8%
02	集输用电	20949	12062	11.2%
03	注水用电	20223	11644	10.8%
04	线变损	14230	8194	7.6%
05	注汽用电	10920	6288	5.8%
06	电加热用电	7528	4335	4.0%
07	储运用电	6625	3815	3.5%
08	供水用电	3110	1791	1.7%
09	天然气用电	2578	1484	1.4%
10	生产照明	2000	1152	1.1%
	合计	186820	107571	100%

从上表看出,机采用电、注水用电、集输用电占总用电量的 74.8%,是节电工作的重点,对各种应用于此类用电的节电措施、节电设备应进行详细研究论证,并应加大对此类用电的节电项目投入力度,可以说此类用电设备节电措施得当,就可使整个油田生产用电量大幅度下降;而线变损、注汽用电、电加热储用电、储运用电占总用电量的 21.1%,可以适当控制,对此类用电设备的节电项目投入应慎重,应尽量使用国内外成熟的技术,如果资金紧张,可不考虑向此类用电投入资金;供水用电、天然气用电、生产照明占总用电量的 3.9%,对此类用电可以放宽控制,原则上不进行节电资金的投入,而要从日常用电管理上进行加强,以最小的投入换取大的效益。

3.3 辽河油田油气生产系统节电方案构造

根据对辽河油田油气生产系统的横向和纵向分析,可以构造出辽河油田较优的节电方案:即在辽河油田节电工作的重点单位曙光采油厂、沈阳采油厂、锦州采油厂、欢喜岭采油厂、冷家油田开发公司和特种油开发公司进行节电项目投入,改变过去那种“全面铺开”的工作思路,将有限的资金发挥最大的效用。在这六家单位中,进一步对重点用电环节—采油、注水、集输进行重点投入,对用于这三个环节的节电项目进行比较分析,从而最终得出最优节电方案。需要说明的是,注水和集输所需的用电设备大致相同,都采取较高功率的电动机来驱动机泵来进行生产,节电措施也往往围绕电机和机泵来进行,因此,本文将它们两者合并考虑节电方案。这样一来,本文所提到的辽河油田油气生产系统节电方案设计实质就是围绕采油和集输注水两个方面来进行。

3.3.1 机采系统节电方案概略分析

由上文辽河油田油气生产系统节电现状所提到的,辽河油田机采系统节电措施有七项之多,这还不包括一些适应特殊生产要求而无法大面积推广应用的。这些措施节电效果不同,对现有电力设备的要求也不一样,长期以来,在辽河油田的用电设备上各有应用,辽河油田成为各种节电设备的试验场。这样的状况有很多缺点,最主要的是两条:一是各种节电措施的节电效果不尽一致,应该优选节电率高的产品进行推广应用,但现状是许多节电率不高的节电产品仍有较大的应用;二是造成资金的浪费,应该在新项目上来之前,做充分的试验和论证,尽量挑选成熟的技术进行应用,企业再也没有义务和资金进行节电设备的试验了。

本文不准备将所有的节电措施都进行比较,而只从中选取三到四种方案来做

经济技术比较，这是因为经过几年时间现场运行的检验，一些节电设备并不适应生产现场的要求，已经或正在逐步退出辽河油田的节电市场。机采系统节电还是从抽油机驱动本身—电动机来做文章。下面就对这些不列入节电方案的技术措施作一简要分析。

(1) 油井间开控制器

它的基本原理通过电子仪器自动检测油井的产液情况，然后自动起停油井电机，因为电机在一年中有很多时间不运行，节电效果当然很好，但它的负面影响同样明显：一是抽油机停运，或多或少的影响一部分原油产量；二是由于电机是自动起停，有一定的安全隐患；三是对一些特殊油区，如特稠油生产，抽油机的起停远不是按动电扭这么简单，还有一套恢复生产的采油工艺。由于这三种原因，该项节电方案的推广受到很大限制，本文进行节电方案的确定时不予考虑。

(2) 节电箱

前两年应用较多的节能型抽油机电机控制箱，该项技术虽有投入少，见效快的优点，但它有两大致命的缺点：一是故障频率较高，由于箱内有一些精密的电子仪器，无法适应油田野外生产现场的环境，故障频发，严重影响油田生产的正常进行；二是节电率不高，对油井的适应性较差。因此，现在正逐步退出油田节电市场。

(3) 液力偶合器

该项目在前几年也有一定的应用，但由于造价较高，维护和保养不便，现在各油区也不再使用。

(4) 1.14kV 配电装置

该装置产生的初衷就是制止偏远油区的盗电现象，进而节电，但由于它电压等级不是国家标准电压，这就给油井生产、设备更换带来一系列麻烦。另外，它的高电压也给油田一线工人的人身安全带来威胁，加上它自身的安全保护装置不够健全，这都导致它的推广应用受到很大限制。

(5) 节能变压器

实际上，变压器的节电率是很低的，对比其它节电设备，油田生产更看重的是它的耐用性和稳定性。并且，由于它在油田保有量非常大，因此更换起来，需要资金更多，投资回收期将更长。

3.3.2 机采系统备选节电方案确定

经过对各种节电方案的概略分析，并进行整理、分类，本文机采系统备选节

电方案共有四种：

(1) 方案一、抽油机电机采用稀土永磁电动机

永磁电动机与感应式电动机相比，有以下几个优点：

① 起动力矩大，过载能力强，装机功率降低

稀土永磁电动机的最大起动转矩是额定转矩的 3.6 倍，而 Y 系列普通电机只有 1.8 倍，稀土永磁电动机的超高转矩正好满足抽油机的工作状况，从而解决了“大马拉小车”的现象，由于起动力矩大，用同样的起动转矩稀土永磁电动机可降低抽油机电机的安装功率，提高了节电效果。

② 运行效率高

稀土永磁电动机为同步运行方式，转子转速与定子的旋转磁场完全同步，与异步电动机相比，无转差损耗。另外，由于它不需要励磁电源，消除了励磁系统的损耗，降低了故障率，同时减少了运行费用的支出。因此，稀土永磁电动机的额定效率可达到 94%，高于普通电动机 4 个百分点。

③ 运行功率因数高

相对与普通异步电动机的平均功率因数 0.4 左右，稀土永磁电动机的平均功率因数可达到 0.9，甚至在一定范围内还可起到补偿电容器的作用。

④ 节省补偿电容器

由于电容器的作用主要是提高电网功率因数，降低网损，而稀土永磁电动机的应用则完全可以省掉补偿电容器，进而减少补偿设备的投资和维护费用。

稀土永磁电动机的主要缺点有两点：

一是造价仍然偏高，这与它的建造材料有关。

二是它的永磁材料有消磁情况的发生，一旦消磁，则它所具有的各种电气性能将完全丧失，因此，电机质量的好坏的关键是稀土永磁材料是否合格。

通过以上分析，应用稀土永磁电动机，利大于弊，这种技术在油田有广泛的应用前景。

(2) 方案二、抽油机电机采用高转差电动机

采用高转差电动机的好处在于：

① 优越的起动性能

抽油机井大多数采用单井口变压器供电方式，解决抽油机的启动问题，不能仅仅把眼光停留在电动机容量的大小上，应当重点从提高电动机本身的启动性能来考虑。在抽油机井场的特定环境下，评价电动机启动性能的重要指标是单位启动电流所形成的启动力矩 T_{st}/I_{st} ，称其为“启动品质因数”，同时具备启动电流

小、起动力矩大的电动机才有高的起动品质因数，才能够在使用较小的变压器的前提下较好的解决抽油机起动问题。高转差电动机的起动品质因数是普通 Y 系列电动机的 6 倍以上，因此可以一次平稳起动抽油机。

② 改善抽油机系统的运行工况，延长系统寿命，减少停机时间和维修作业费用。它不但可以减轻齿轮的疲劳破坏，减少减速箱齿轮的打齿事故，还能降低悬点最大载荷，减轻抽油机杆的疲劳及减少杆的断脱事故。

③ 降低对供电容量的需求，减少地面电力建设投资和扩大供电范围。

高转差电动机主要有以下两个缺点：

① 转差大，使电机的转子损耗加大，电机效率明显降低。它的效率比永磁电机低 2~3 个百分点。

② 它受生产现场工况的影响很大。高转差电动机代替普通异步电动机是否具有节电效果，主要取决于油井的有效扬程（即油井负荷），当有效扬程大于某值时，高转差电动机驱动抽油机的系统效率反而比普通异步电动机驱动时的效率低。

(3) 方案三、抽油机电机采用多速电动机

优点：

① 多速可调可控(二速或三速)；

② 每个速度下均可带动抽油机一次平稳起动并长期可靠运行，具有大起动力矩、大输出功率；

③ 转换开关及箱体直配于电机本体上，体积小，操作简单，省去了工人更换抽油机皮带的麻烦；

④ 电机外形尺寸与普通电机相同，通用性强，减少了更新改造的成本。

(4) 方案四、采用抽油机变频器

缺点：

① 可以提高功率因数，大大减小供电电流，从而减轻电网及变压器的负担，降低了线损，省去大量增容开支。

② 可根据油井的实际供液能力，动态调整抽取速度，一方面达到节能目的，同时还可以增加原油产量。

③ 由于实现了真正的“软起动”，对电动机、变速箱、抽油机都避免了过大的机械冲击，大大延长了设备的使用寿命，减少了停产时间，提高了生产率。这个优点是抽油机变频器所独有的，具有其它节电设备所无法比拟的优势。

但是，变频器用于抽油机电机时，也存在几个问题：

① 由于抽油载荷时刻发生变化，绝大部分抽油机的配重严重不平衡，从而造成过大的冲击电流，而一般变频器的容量是按电动机的额定功率来选配的，过大的冲击电流会引起变频器的过载保护动作而使设备不能正常工作。

② 由于抽油机电机在运行过程中会出现发电状态，会使母线电压升高，对变频器内部的元件造成损坏，事故率较高。

③ 由于变频器是一个很强的电磁干扰源，它会对微电脑控制器、传感器及通信设备产生一定的干扰。

④ 由于抽油机都在环境恶劣的野外工作，并且很多油井是无人值守的，所以，对变频器的可靠性和环境适应能力提出了很高的要求，无形之中，增加了产品的造价。

3.3.3 集输注水系统备选节电方案分析及确定

上文提到，辽河油田油气集输、注水系统有多种节电方案。严格分类，后几种，如采用高效螺杆泵和提高离心输油泵的运行效率、采用了高扬程多段泵减级运行、调整叶轮流等节电方式属于管理节电和机械节电的范畴。它们不但节电率较低，而且操作起来十分不便。如多段泵减级运行、调整叶轮流等节电方式，是通过减少机械功率来节电，但这一过程有时并不可逆。油田注水量、原油输送量始终是动态变化，一段时间高，一段时间低，注水量、输送量低时，泵压低，泵减级运行，可以节约耗电量，一旦由于某种原因，注水量、输送量增大，泵压需要相应升高，而此时由于泵已经减级运行，不能达到压力要求，需要重新增级，这在实际生产中是非常麻烦和耽误时间的，因此现在这些节电方式正逐步被淘汰。采用高效螺杆泵和提高离心输油泵的运行效率对比采用高压变频器和串级调速装置，从经济上倒十分划算，但它们的节电效果不够理想，另外，它们更多地属于管理节电的范畴，因此，本文不予考虑。

本文对采取高压变频器和采取内反馈串级调速装置这两种节电方案进行比较。

方案一、采用高压变频调速装置。

通过注水井向油层注水，是保证油层压力，提高油藏采油速度和采收率而被广泛采用的一项重要开发措施。在油田注水工程中，注水泵是满足油田注水，保证地层压力的源设备，为了保证较长时期内满足油田注水需要，在设计上注水泵的容量选型一般都较大，同时在实际生产中，日注水量又总是一个波动较大的参

数。特别是在高压注水系统中，大马拉小车的现象比较普遍，注水泵泵压与注水管线干压之间存在较大的压差，必须靠控制出口阀门来保证注水管网的注水压力，这样既造成大量的电能被白白的消耗掉，同时又由于泵压较高对机泵的运行也十分不利。近几年国产高压大功率变频技术取得了新的突破，为油田在高压注水系统采用交流变频调速装置创造了条件，既节约大量的电能又降低了机泵的损耗，对降低油田生产运行成本有着十分积极的意义。

以辽河油田沈阳采油厂沈四注水站 1800kW 注水泵安装的高压变频器为例，对 2003 年 8 月份、9 月份沈四注水站注水泵 1800KW 高压电机每天运行的主要参数电量、注水量进行了认真的统计，并与 2002 年同期统计数据进行比较、分析，取得的节电效益如下：

(1)、直接经济效益

①、注水单耗由去年同期的 7.87KWh/m³ 降低到目前的 6.33KWh/m³；

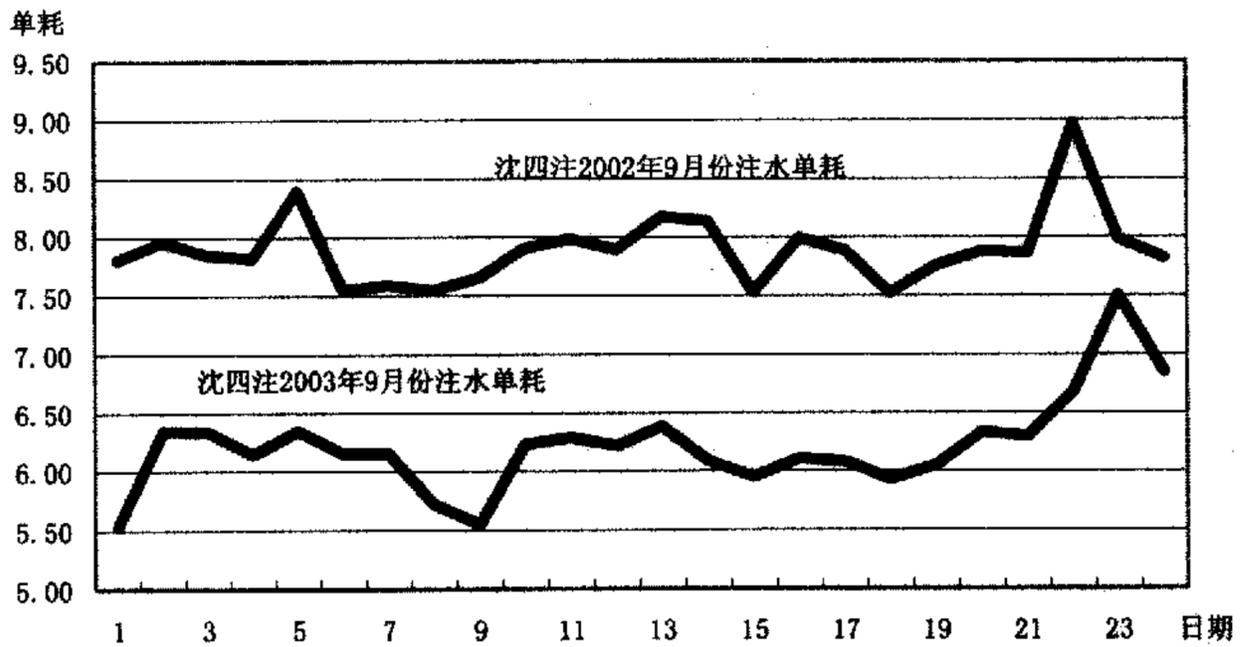


图 3.1 沈四注水站 2002~2003 年注水单耗对比图
 Figure 3.1 The affusion power cost compare chart of shensi affusion from 2002 to 2003

②、按年注水量为 $150 \times 10^4 \text{m}^3$ ，电价按 0.46 元/KWh，年运行时间按 7200 小时计算，则年可节约电量为 $231 \times 10^4 \text{KWh}$ ，节约电费为 106.26 万元；

(2)、间接经济效益：

①、在工频 50Hz 电网直接启动时,对电网和电机的机械冲击较大,声响很大,估算其启动一次的损耗为: $W_s=0.5J(1+r_1/r_2)T_m/ (T_m-T_L)$,离心泵负载的平方转

矩特性与异步电动机起动时的机械特性曲线部分相似,可以 $T_m / (T_m - T_L) = 1$ 计,而变频软起动损耗很小,只有上述 W_s 十分之一,则每年的起动节能也是很可观的。

②、当采用变频调速时,50Hz 满载时功率因数为接近 1,工作电流比电机额定电流值要低许多,这是由于变频装置的内滤波电容产生的改善功率因数的作用,可以为电网节约容量。

③、采用变频调速后,可以避免因通过阀门控制使泵过多偏离额定工作区而引起的振动,这种振动严重时会引起悬臂泵轴头断裂。由于启动缓慢及转速的降低,相应地延长了许多零部件如密封、轴承的寿命,特别是减轻了起动机机械转矩对电机机械损伤,有效的延长了电机的使用寿命,减少了检修维护开支,节约大量维护费用。

方案二、采用高压内反馈串级调速装置。

多数情况下,随着采油厂产量、油品参数、管道状况、用户需求等多种因素的变化,输油量计划要经常进行调整,各泵站工艺参数(压力、流量等)也随着变化。目前,我们所采用的是输油泵并联输送方式,在长输管线泵站选取输油泵参数时,要考虑在油品变化、越站输送等多种特殊环境下的管道输送安全和输油泵的输送能力,往往输油泵参数选取得偏大,有时与多数时间内实际运行参数相差很大。在恒转速电机拖动下,传统的离心式输油泵只能调节出口阀门,通过改变管路特性调节泵的外输流量和压力。一方面,由于阀门的严重节流作用,会增大系统的无用做功;另一方面,工况的改变经常使输油泵工作点偏离高效区,降低泵的运行效率。两种情况都会浪费大量的电能,因此,需要一种或多种有效的途径来解决电能浪费的现状。

1999 年,经过大胆尝试,选用了投资少的内反馈串级调速装置,以风险投资的方式在公司内首次实现了高压电动机的无级调速。高压内反馈串级调速系统是在普通意义的串级调速系统(外反馈)上对一般绕线式电动机进行改造而发展起来的一种调速方式,它是在国家标准系列绕线型感应电动机的定子上增加一套三相对称绕组(调节绕组),调速原理属绕线型感应电动机转子串附加电势进行调速的理论范畴。该附加电势就是由调节绕组从主绕组感应过来的电势所提供的,通过变流系统将该电势串入电机的转子绕组,改变其串入电势的大小即可实现调速(见图 1)。整套装置去掉了反馈变压器,占地和投资进一步减少。该装置适合调速范围不宽的高压电动机调速需要,满足多数集输场合风机和离心泵类

负载对高压电动机调速的需求。

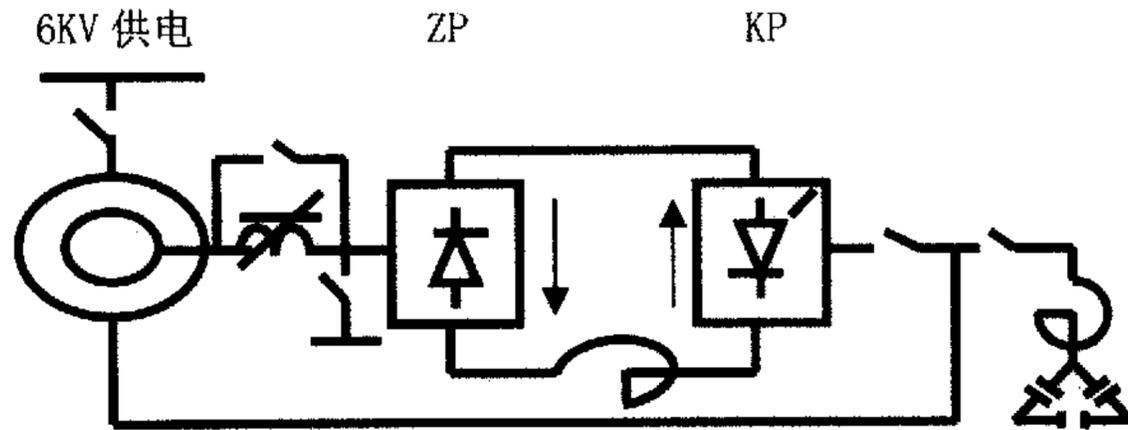


图 3.2 高压内反馈串级调速系统示意图

Figure 3.2 The sketch map of high voltage internal feedback cascade speed adjustment system and high voltage converter

辽河油田油气集输公司坨子里泵站先后在 1999 年安装高压内反馈串级调速装置，节电效果明显，在排量相同、出站压力相同情况下，输油泵出口压力由在未安装调速装置前的 4.7MPa 下降到 2.3MPa，日用电量由原来每日 2.0 万 KWH 下降到目前 1.2 万 KWH，节电效果很显著。

从上面分析看，这两种节电方案各有特点，具体孰优孰劣将在后面的技术经济评价中详细论述。

4 技术评价

由于机采系统与油气集输注水系统的生产用电设备不尽相同,节电方案没有可比性,因此本文将这两大系统的节电方案分别进行比较,但对各个方案的技术经济评价过程是相同的。

4.1 机采系统节电方案技术对比

如前面所述,辽河油田油品质量不好,每年原油产量中,62%是稠油和高凝油,稀油所占的比例仅38%。而稠油和高凝油的特点就是流动性差,容易结蜡,需要电加热设备增加其流动性,要耗费更多的电能。同样的节电设备针对不同的井况,效果也不尽相同,为使节电方案更贴近实际,更具有普遍的意义,本文在对机采系统节电方案进行节电对比时,从全油田各生产单位挑选出8口不同工况的井进行节电方案的技术对比,这8口井既有稀油工况,又有稠油工况,可以代表辽河油田原油生产实际情况。

检测所用仪器如表4.1所示,均符合国家检测标准,并在检定周期内。

表 4.1 测试仪器表

Table 4.1 The table of testing instrument

序号	名称	型号	准确度(分度值)
1	电能综合监测仪	3165	±0.5%
2	秒表	Pc80B	(0.01s)
3	存储式测深仪	TD01B-III	(1m)
4	存储式测深仪	TD010-IV	±1%
5	二等标准温度计	WDG-N	(0.1℃)
6	红外非接触测温仪	RAYNGER3i	±1.0%
7	在线仪表	/	/

用上述仪器对四种节电方案,分别在选取的8口井进行节电数据测试,数据分为原态和节态两种,所取得的技术参数分别列在表5.2~5.5中。从表中可以进行下列项目的对比。

4.1.1 节电率对比

根据中国石油天然气股份有限公司企业标准《抽油机及辅助配套设备节能检测和评价方法》中规定:^[12]节电率根据以下公式计算。

$$(1) \text{ 有功节电率: } \xi_y = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100\% \quad (4-1)$$

式中: ξ_y ——有功节电率;

W_1 ——应用节电产品前有功功率, kW;

W_2 ——应用节电产品后有功功率, kW。

$$(2) \text{ 无功节电率: } \xi_w = \frac{(Z_1 - Z_2)}{Z_1} \times 100\% \quad (4-2)$$

式中: ξ_w ——无功节电率;

Z_1 ——应用节电产品前无功功率, kVAR;

Z_2 ——应用节电产品后无功功率, kVAR。

$$(3) \text{ 综合节电率: } \xi_z = \frac{W_1 - W_2 + Kq(Z_1 - Z_2)}{W_1 + KqZ_1} \times 100\% \quad (4-3)$$

式中: ξ_z ——综合节电率;

Kq ——无功经济当量, kW/(kV.A), 一般取 0.02。

(4) 平均综合节电率:

$$\eta_z = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \xi_{zi} \quad (i=1,2,3,4,\dots, n) \quad (4-4)$$

式中: η_z ——平均综合节电率;

n ——不同参数测试参数;

ξ_{zi} ——第 i 次测试综合节电率, %。

根据附表 2 至附表 5 中 8 口井的数据, 并根据公式 (4-1~4-4) 可以得出四种节电方案的平均有功节电率、平均无功节电率、综合节电率和平均综合节电率, 如表 4.2 所示。

通过表中数据可以看出: 永磁电机有功和无功节电率均比较高, 平均综合节电率为 16.38%, 排第一位;

高转差电机其次, 平均综合节电率为 10.23%;

多速电机第三, 平均综合节电率为 5.35%;

抽油机变频器排在最后, 平均综合节电率为 5.2%, 与多速电机相差不多。

表 4.2 机采系统节电方案节电率比较表

Table 4.2 The power_saving efficiency compare table of machine oil extraction system

单位: %

序号	永磁电机			多速电机			高转差电机			抽油机变频器		
	有功节电率	无功节电率	综合节电率	有功节电率	无功节电率	综合节电率	有功节电率	无功节电率	综合节电率	有功节电率	无功节电率	综合节电率
1	65.76	10.55	17.11	13	-3.4	-1.2	16.07	8.9	11.04	10.76	5.28	3.91
2	41.8	13.6	6.59	25	5.6	6.8	30.3	6.9	8.59	14.8	3.9	4.68
3	33.36	12.8	18.3	22.36	0.18	2.3	25.7	0.3	2.4	18.36	-0.6	0.8
4	12.49	24.34	23.21	22.49	5.34	6.9	9.7	7.9	8.9	22.49	2.9	5.3
5	84.4	12.36	6.02	25.4	4.36	6.2	30.8	4.5	20.7	25.4	6.7	8.4
6	74.96	14.29	25.04	41.96	1.29	9.9	44.1	11.29	13.67	22.96	4.29	9.1
7	78.05	15.26	19.91	8.05	4.26	4.5	9.6	10.71	7.4	13.05	4.1	5.1
8	29.21	15.98	14.91	13.21	7.98	7.2	19.27	14.52	9.1	9.21	4.21	4.33
平均	52.5	14.9	16.39	21.43	3.2	5.33	23.19	8.13	10.23	17.13	3.85	5.2

4.1.2 功率因数对比

根据附表 2 至附表 5 的数据, 机采系统各节电方案实行后, 它们对系统功率因数的影响如表 4.3 所示。

从表中数据可以计算出, 安装节电产品后, 系统功率因数的变化。

安装永磁电机后, 电机功率因数平均提高 0.22, 这正是永磁电机的一大优点;

安装高转差电机后, 电机功率因数平均提高 0.14;

安装双速电机后, 电机功率因数平均提高 0.07;

安装抽油机变频器后, 电机功率因数平均提高 0.11。

因此, 从功率因数角度看, 安装永磁电机后, 系统的功率因数提高最多, 节电效果最大。

表 4.3 机采系统节电方案功率因数比较表
Table 4.3 The power efficiency compare table of machine oil extraction system

序号	永磁电机			高转差电机			多速电机			抽油机变频器		
	安装前	安装后	增加	安装前	安装后	增加	安装前	安装后	增加	安装前	安装后	增加
1	0.15	0.36	0.21	0.15	0.32	0.17	0.15	0.26	0.11	0.15	0.26	0.11
2	0.34	0.53	0.19	0.34	0.53	0.19	0.34	0.43	0.09	0.34	0.43	0.09
3	0.24	0.34	0.1	0.24	0.34	0.1	0.24	0.34	0.1	0.24	0.34	0.1
4	0.19	0.36	0.17	0.19	0.36	0.17	0.19	0.16	-0.03	0.19	0.16	-0.03
5	0.29	0.91	0.62	0.29	0.41	0.12	0.29	0.31	0.02	0.29	0.41	0.12
6	0.1	0.3	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.3	0.2	0.1	0.3	0.2
7	0.24	0.69	0.45	0.24	0.49	0.25	0.24	0.59	0.35	0.24	0.69	0.45
8	0.64	0.47	-0.17	0.64	0.67	0.03	0.64	0.37	-0.34	0.64	0.47	-0.23
平均	0.27	0.5	0.22	0.27	0.42	0.14	0.27	0.35	0.07	0.27	0.38	0.11

4.1.3 影响原油产量对比

如前所述，现阶段原油产量仍是一个比较重要的指标，如果为节电，而使原油产量下降很多，有些得不偿失。从表中数据看，安装节电产品后，大部分油井产液量都有不同程度的降低，原油产量的变化可应用以下公式计算。

$$\Delta T = Q_1 \times (1 - k_1) - Q_2 \times (1 - k_2) \quad (4-5)$$

式中： ΔT ——安装节电后原油损失产量，t/d；

Q_1 ——安装节电前油井产液量，t/d；

Q_2 ——安装节电后油井产液量，t/d；

k_1 ——安装节电前原油产液量中含水率，%；

k_2 ——安装节电后原油产液量中含水率，%；

将附表 2 至附表 5 的数据进行分析计算，机采系统各节电方案实行后，它们对原油产量的影响如表 4.4 所示。

表 4.4 机采系统节电方案影响原油产量比较表
Table 4.4 The oil yield influence compare table of machine oil extraction system

序号	永磁电机			高转差电机			多速电机			抽油机变频器		
	安装前原油产量	安装后原油产量	增加	安装前原油产量	安装后原油产量	增加	安装前原油产量	安装后原油产量	增加	安装前原油产量	安装后原油产量	增加
1	1.76	3.39	1.62	1.76	3.86	2.07	1.76	4.39	2.62	1.76	2.74	0.94
2	6.42	4.44	-1.98	6.46	6.38	-2.06	6.42	5.98	-0.58	6.26	4.19	-2.2
3	4.39	4.6	0.20	4.36	4.09	-0.11	4.39	4.55	0.15	4.36	4.6	0.2
4	5.10	3.3	-1.8	5.16	3.63	-2.06	5.10	3.36	-1.76	5.16	4.3	-0.8
5	4.01	3.92	-0.1	4.07	3.6	-1.67	4.07	3.65	0.40	4.07	4.09	-0.1
6	8.30	11.1	2.81	8.04	10.3	-0.44	8.34	6.75	-1.59	8.34	8.4	0.1
7	4.2	2.12	-2.04	4.2	2.4	-1.8	4.2	1.9	-2.3	4.2	3	-1.2
8	3.68	3.69	0	3.69	3.36	-0.33	3.69	3.16	-0.59	3.69	2.67	-1.2
平均	4.78	4.57	-0.18	4.78	4.35	-0.04	4.78	4.21	-0.56	4.78	4.24	-0.5

从上表看出，安装永磁电机后，8口油井原油产量平均下降0.168吨/天；

安装高转差电机后，8口油井原油产量平均每天下降0.04吨；

安装双速电机后，8口油井原油产量平均每天下降0.536吨；

安装抽油机变频器后，8口油井原油产量平均每天下降0.5吨。

综上所述，安装双速电机后，原油产量下降最多，其次是抽油机变频器，第三是永磁电机，高转差电机原油产量下降最少。

综合上面所作的技术对比，可见油井生产用电的复杂性，不但不同的节电产品节电效果不尽一致，同一种节电产品在不同的井况上节电效果不同，这要取决于每口井的生产状况。通过技术对比，从节电率和功率因数来看，永磁电机均列第一位。但从影响原油产量看，安装后，比安装高转差电机产量下降要多，因此要继续在第五章中进行经济效益方面的评价，以最后确定孰优孰劣。另外，需要说明的是，从各参数看，多速电机和抽油机变频器均不够理想，但大部分单位采用这两种节电产品，更看中是它们的附属功能，如启动力矩大，维修操作方便，增油效果好，它们的节电主功能倒成为次要。

4.2 集输注水系统节电方案技术对比

如前所述,辽河油田集输注水系统节电方案为高压变频器 and 高压内反馈串级调速装置,但由于造价较高,它们在辽河油田安装的并不很多,因此对技术比较带来了困难。另外要使它们具有技术可比性,它们所驱动的电机容量应该相同。无独有偶,辽河油田油气集输公司在高力房泵站正有这样2台电机,2#泵用电动机安装高压变频器,在2002年末安装完毕;而4#泵安装的是高压内反馈串级调速装置,在2001年末安装完毕。这两台电机为同条输油管线进行输油,运行工况近乎一致。安装至今,运行情况良好,节电效果也比较理想,实际上,集输公司当初这样安装,也正是想比较一下两者的实际节电效果到底如何,以便更好地在其它输油泵上采用。

4.2.1 主要技术参数对比

先将这两种节电方案的主要技术参数,如额定功率、额定电流、过载能力,基本性能,如启动频率、启动电流、启动转矩,和对环境的要求,进行列表对比。从4.5表中的数据可以对比出,高压变频器在很多方面都比高压内反馈串级调速装置优越。

(1)它们都可实现无级调速,但高压变频器精度更高,调速范围更宽,效率更高;

(2)技术高压变频器的启动电流小,近于零,对电网无冲击,可减小配电装置容量;

(3)高压变频器的应用较高压内反馈串级调速装置要宽一些,串级调速装置仅适用于绕线式异步电动机,而对目前大量使用的鼠笼型电机和同步电机则不适用;

(4)高压内反馈串级调速装置的功率因数较低,这对电网影响较大;

(5)无论是高压变频器,还是高压内反馈串级调速装置,由于它们都是非线性用电设备,因此都会产生一定量的谐波。虽然产品内部的设计已经考虑到这一点,采取了有效的消谐措施,将谐波含量降到国家标准规定的范围内,但对比看,高压变频器谐波畸变率更低些;

(6)从两者对环境的要求看,高压变频器要求更高些,但在实际应用中,几乎所有的变频设备都在室内安装,因此对大多数用户来说是能满足要求的。

表 4.5 高压变频器和高压内反馈串级调速装置的主要技术参数
 Table 4.5 The technology parameter of high voltage converter and high voltage internal feedback cascade speedadjustment system

序号	技术类型	技术参数	高压变频器	高压内反馈串级调速装置
1	适用电机类型		适用于高压异步和同步电动机	仅适用于高压绕线式异步电动机
2		适合电机功率	200kW~5000kW	200kW~3000kW
3	额定参数	额定功率 (kW)	电机额定电压的额定功率	电机额定电压的额定功率
4		额定电流 (A)	电机额定电压的额定电流	电机额定电压的额定电流
4		过载能力	100%连续, 160%允许一分钟	100%连续, 160%不允许, 120%允许一分钟
5		启动频率	2HZ~50Hz	2Hz~50Hz
		启动电流	接近 0	5A~10A
6		精度	模拟设定: 0.3% 数字设定: 0.1%	模拟设定: 0.4% 数字设定: 0.2%
7	基本性能	效率	额定输出时, >98%	额定输出时, >90%
8		功率因数	>0.95	>0.85
9		启动转矩	>2 倍额定转矩	>2 倍额定转矩
10		电压谐波畸变率%	4%	5%
		调速范围	0~100%	0~70%
11		使用场所	室内, 没有腐蚀和导电性气体	室内, 没有腐蚀和导电性气体、灰尘和直射阳光
12	环境	环境温度/湿度	-10~+40℃/20%~90% 不结露	-20~+50℃/20%~90% 不结露
13		振动	6.5m/s ² (0.6g 以下)	7.5m/s ² (0.6g 以下)

4.2.2 节电率对比

这两个节电方案的节电率用耗电单耗来计算:

$$\text{节电率: } \Phi' = \frac{(W_y - W_j)}{W_y} \times 100\% \quad (4-6)$$

式中: Φ' ——节电率;

W_y ——应用节电产品前平均用电单耗, kWh/m³;

W_j ——应用节电产品后平均用电单耗, kWh/m³;

(1) 高压变频器:

表 4.6 高压变频器节电数据表

Table 4.6 The power_saving data table of high voltage converter

月份	2002 年 (安装前)			2003 年 (安装后)			节电率%
	用电量 (万 Wh)	输油量 (万 t)	单耗 (kWh/t)	用电量 (万 Wh)	输油量 (万 t)	单耗 (kWh/t)	
1	65.9	26.2	2.52	38.4	24.2	1.59	36.9
2	59	22.6	2.61	36.6	22.5	1.63	37.7
3	64.7	25.7	2.52	37.2	23.6	1.58	37.4
4	61.8	26.7	2.31	36.1	22.9	1.58	31.9
5	62.5	24.7	2.53	35.1	24.2	1.45	42.7
6	62.4	24.5	2.55	36.5	21.5	1.7	33.3
7	58	23.6	2.46	37.2	22.6	1.65	33
8	68	27.2	2.5	35.6	22.8	1.56	37.5
9	70	25.4	2.76	34.8	23.6	1.47	46.5
10	52	22.5	2.31	35.6	24.5	1.45	37.1
11	58	23.5	2.47	37.2	22.5	1.65	33
12	68	24.6	2.76	39.8	23.6	1.69	39
合计	750.3	297.2	2.52	440.1	278.5	1.58	37.4

根据表 4.6 的数据, 2#泵 2002 年和 2003 年两年的电量和单耗对比, 安装高压变频器后, 无论是月用电量, 还是用电单耗, 都有不同程度的下降。根据节电率公式, 每月的节电率都在 30%以上, 有的月份, 甚至达到 40%, 节电效果十分显著。最后合计, 安装变频器后的 2003 年比 2002 年节约用电 310 万 kWh, 虽然减小输油量 19 万吨, 但平均用电单耗下降 0.94kWh/t, 根据节电率公式, 年平均节电率为 37.4%。

(2) 高压内反馈串级调速装置:

根据表 4.7 的数据, 4#泵 2001 年和 2002 年两年的电量和单耗对比, 安装高压内反馈串级调速装置后, 无论是月用电量, 还是用电单耗, 也有不同程度的下降。根据节电率公式, 每月的节电率都在 20%左右, 但明显比高压变频器的效果要差, 有的月份, 甚至仅为 10%。最后合计, 安装高压内反馈串级调速装置后的 2002 年比 2001 年节约用电 145 万 kWh, 增加输油量 7 万吨, 平均用电单耗下降 0.58kWh/t, 根据节电率公式, 年平均节电率为 20.4%。

表 4.7 高压内反馈串级调速装置节电数据表

Table 4.7 The power_saving data table of high voltage internal feedback cascade speedadjustment system

月份	2001年(安装前)			2002年(安装后)			节电率%
	用电量 (万 Wh)	输油量 (万 t)	单耗 (kWh/t)	用电量 (万 Wh)	输油量 (万 t)	单耗 (kWh/t)	
1	64.9	25.2	2.58	50.4	25.2	2.0	22.3
2	60	21.6	2.78	50.6	25.3	1.9	28
3	63.7	27.7	2.3	48.2	26.5	1.89	17.6
4	61.8	26.7	2.31	55.2	26	1.85	20.2
5	63.5	25.7	2.47	49.5	25.2	2.19	11.3
6	63.4	25.5	2.49	49.2	25	1.98	20.4
7	59	24.6	2.4	48.3	25.4	1.94	19.2
8	67	26.2	2.56	55.6	26.8	2.07	18.9
9	69	26.4	2.61	52.8	25.2	2.12	19.8
10	50	22.5	2.22	45.1	26.5	1.70	23.4
11	59	23.5	2.51	45.5	23	1.98	21.2
12	69	24.6	2.8	52.8	24	2.2	21.6
合计	750.3	297.2	2.5	604.9	304.1	1.99	20.4

从上述数据看, 高压变频器节电率略高一些, 但高压内反馈串级调速装置的节电效果也很好, 经济效益也十分可观。并且使用高压内反馈串级调速装置后, 输油量更大一些, 这是它的一大优点。因此, 单从节电率来看, 并不能说明孰优孰劣。

4.2.3 运行维护对比

对比起来, 高压变频器的运行维护工作量较小, 只需日常的擦拭、清扫即可, 而高压内反馈串级调速装置则比较麻烦, 由于运行原理的要求, 导致它在转动与静止之间增加了电刷与滑环的接触, 而电刷是易磨损的部件, 运行3个月左右就需更换, 否则将影响装置正常运行, 因此, 不但增加维修资金的投入, 并且增加了维护工作量, 并且对生产有一定的影响。

综上所述, 辽河油田油气集输和注水系统节电方案, 从技术角度考虑, 更倾向于选用高压变频器, 它不但有更大的适用范围, 更宽的调速性能, 而且维护操作方便。但光从技术角度上考虑还不够周全, 因为它也有一个很大的缺点, 那就是一次投资较大, 具体的经济评价中将在下一章中进行比较。

5 经济评价

同技术评价一样，机采系统和集输注水系统节电方案的经济评价也分开进行。由于机采系统各项节电方案都是立足于单口油井用的电气设备，投资不高，安装周期很短，因此本文对机采系统各节电方案只进行投资回收期计算；而集输注水系统节电方案则相对较复杂，不但投资较大，多达上百万元，而且，建设周期较长，因此，需要按照经济评价的程序进行各种指标的测算，以使得出的结论更加客观准确。

5.1 机采系统节电方案经济评价

5.1.1 投资回收期计算

根据中国石油天然气股份有限公司企业标准《抽油机及辅助配套设备节能检测和评价方法》中规定，^[11]节能产品经济效益评价应按下述原则进行：

(1)按节能设备的平均综合节电率来计算年节电量，并根据电价计算出年节电费用。

(2)计算出被测抽油机及辅助配套设备与参照机的差价，用节能设备年节约的耗电资金与参照价对比，计算出差价投资回收期。

(3)被测设备差价投资回收期在3年内可推荐为节能产品。

表述为公式，即为：

$$\Omega = \frac{\Psi}{M} \quad (5-1)$$

$$M = 0.864 \beta \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \xi_i (P_i + K_q Q_i) \quad (i=1,2,3,4,\dots, n) \quad (5-2)$$

式中：

Ω ——差价投资回收期，年；

Ψ ——单位节能产品增加投资额， 10^4 元；

M ——单位节能产品的年节能效益， 10^4 元/年；

β ——电量单价，元/kWh，辽河油田电量单价取0.5758元/kWh（含税）；

ξ_i ——第*i*次测量的综合节电率；

P_i ——第*i*次测量的有功功率；

Q_i ——第*i*次测量的无功功率；

K_q ——无功经济当量，(kW/kVA)。

根据公式 5-2,用附表 2 至附表 5 中 8 口井安装四种节电方案后的有功功率、无功功率、综合节电率来计算安装节能产品后平均每口井的节能效益,见表 5.1。

表 5.1 机采系统节电方案年节电效益比较表

Table 5.1 The power_saving benefit compare table of machine oil extraction system

单位: kW

序号	永磁电机	多速电机	高转差电机	抽油机变频器
	$\xi_i (P_i+K_qQ_i)$	$\xi_i (P_i+K_qQ_i)$	$\xi_i (P_i+K_qQ_i)$	$\xi_i (P_i+K_qQ_i)$
1	1.44	-0.15	1.46	0.54
2	0.93	1.08	1.35	0.74
3	2.68	0.39	0.4	0.13
4	2.97	1.12	1.37	0.85
5	0.76	0.87	2.88	1.14
6	2.8	1.32	1.61	1.13
7	2.45	0.63	0.97	0.71
8	2.12	1.12	1.31	0.7
合计	16.15	6.39	11.37	5.96

通过上表,由公式 5-2 计算出安装节能产品后的年节电效益 M。

永磁电机: $M=0.864 \times \beta \times 16.15/n=0.864 \times 0.5758 \times 16.15/8=0.99$ 万元

多速电机: $M=0.864 \times 0.5758 \times 6.39/8=0.397$ 万元

高转差电机: $M=0.864 \times 0.5758 \times 11.37/8=0.707$ 万元

抽油机变频器: $M=0.864 \times 0.5758 \times 5.96/8=0.373$ 万元

为比较方便,原井口用的普通电机,功率定为 45kW,价格以 2004 年底辽河油田公司结算价格 1 万元/台计算,可以算出不同节电产品的单位节能产品增加投资额。(各节电产品价格按 2004 年辽河油田分公司物资管理中心招标价格计算,其中:永磁电机为 1.9 万元,多速电机 2.4 万元,高转差电机 1.8 万元,抽油机变频器 3 万元。)

永磁电机节能产品增加投资额 $\Psi=1.9-1=0.9$ 万元。

多速电机 $\Psi=2.4-1=1.4$ 万元。

高转差电机 $\Psi=1.8-1=0.8$ 万元。

抽油机变频器 $\Psi=3-1=2$ 万元。

将上述数据归类汇总至表 5.2,这样根据公式 5-1,计算出各节电方案投资

回收期

表 5.2 机采系统节电方案投资回收期比较表

Table 5.2 The invest period callback compare table of machine oil extraction system

方案名称	永磁电机	多速电机	高转差电机	抽油机变频器
Ψ (单位节能产品增加投资额, 万元)	0.9	1.4	0.8	2
M (单位节能产品的年节能效益, 万元)	0.99	0.397	0.707	0.373
Ω (投资回收期 年)	0.91	3.55	1.13	5.36

从上表看, 永磁电机和高转差电机的差价投资回收期均小于 3 年, 按规定, 都可推荐为节能产品。其中永磁电机的投资回收期虽然较短, 但与高转差电机的差别并不大, 联系前面技术评价时它们对原油产量的影响, 可以用追加投资回收期的办法继续加以对比, 以求出最优方案。

5.1.2 追加投资回收期计算

追加投资回收期计算的具体判定原则是:

$$\Delta P_t = \Delta I / \Delta C \quad (5-3)$$

式中: ΔP_t —— 追加投资回收期;

ΔI —— 追加投资;

ΔC —— 两方案成本之差。

若 ΔP_t 小于或等于标准投资回收期, 则多投资方案为好; 若 ΔP_t 大于标准投资回收期, 则少投资方案为好。

联系本文, 将永磁电机和高转差电机再进行追加投资回收期的对比计算, 其中追加投资即为两方案投资的差额, 根据上节数据, 两者差额为 1000 元。

两方案的成本应考虑安装的成本、运行维护的费用和对原油产量的影响等因素。其中, 安装成本、运行维护费用等, 两方案差别不大, 只是对原油产量的影响不相同, 根据第四章机采系统节电方案对原油产量影响的统计数据可知: 安装永磁电机后, 油井原油产量平均下降 0.168 吨; 安装高转差电机后, 油井原油产量平均每天下降 0.04 吨。以当前原油价格 1800 元/吨计算, 两方案的成本之差为: $1800 \times (0.168 - 0.04) = 230$ 元。

因此,由上述公式 5-3,可以得出 $\Delta P_t = \Delta I / \Delta C = 4.35$ 年 > 3 年,根据评价原则,追加投资回收期大于标准投资回收期,则投资少的方案好,即高转差电机比永磁电机经济效益要好。

综上所述,根据对机采系统节电方案技术、经济方面的详细评价,最后得出结论,高转差电机虽然在节电率上逊色于永磁电机,但从经济评价指标上优于对方,因此,本文认为辽河油田机采系统最佳节电方案是采用高转差电机。

5.2 集输注水系统节电方案经济评价

5.2.1 经济评价的编制依据与主要参数

(1) 编制依据

中国石油天然气股份有限公司建设项目经济评价方法与参数。

(2) 主要设备价格是厂家询价

(3) 项目计算期

项目计算期 10 年,其中建设期 1 年,生产期 9 年。

5.2.2 投资

(1) 固定资产投资

包括电机的设备费及其安装费。高压变频器固定资产投资为 180 万元,见表 5.5; 高压内反馈串级调速装置固定资产投资为 90 万元,见表 5.6。

(2) 投资方向调节税

按国家有关规定投资方向调节税税率为零。

(3) 流动资金估算

按照详细估算法对方案流动资金进行估算。

经估算,高压变频器的流动资金为 8.42 万元,如表 5.3 所示。其中流动资金的 30%为自有资金,70%需要贷款。流动资金贷款名义年利率为 5.31%,有效年利率为 5.42%。

高压内反馈串级调速装置的流动资金为 5.89 万元,如表 5.4 所示。其中流动资金的 30%为自有资金,70%需要贷款。流动资金贷款名义年利率为 5.31%,有效年利率为 5.42%。

表 5.3 高压变频器流动资金估算表

Table 5.3 The active capital estimate table of high voltage converter

序号	项目	最低 周转 天数	周转 次数	生产期									
				2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	流动资 金												
1.1	应收帐 款	45	8	4.2	4.21	4.21	4.21	4.2	4.21	4.2	4.2	4.2	4.2
1.2	存货												
1.2.1	原材料	90	4	0.25	0.25	0.25	0.25	0.2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
1.2.2	燃料	90	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.2.5	其他	90	4	0.25	0.25	0.25	0.25	0.2 5	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
1.3	现金	45	8	4.21	4.21	4.21	4.21	4.2 1	4.21	4.21	4.21	4.21	4.21
2	流动负 债												
	应付帐 款	90	4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
3	流动资 金			8.42	8.42	8.42	8.42	8.4 2	8.42	8.42	8.42	8.42	8.42
4	流动资 金本年 增加额			8.42	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(4) 建设期利息估算

方案所需建设投资的 45% 贷款， 贷款名义年利率为 5.58%， 有效年利率为 5.70%（一年计息 4 次）。有效年利率计算公式为：

$$\text{有效年利率} = (1+r/m)^m - 1$$

式中 r----名义年利率%；

m----每年计息次数。

建设期利息经计算为 2.31 万元。

(5) 总投资估算

总投资=建设投资+投资方向调节税+建设利息+流动资金。

经计算， 高压变频器总投资为 190.73 万元， 如表 5.5 所示。

表 5.4 高压内反馈串级调速装置流动资金估算表

Table 5.4 The active capital estimate table of high voltage internal feedback cascade speedadjustment system

序号	项目	最低 周转 天数	周 转 次 数	生产期									
				2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	流动资 金												
1.1	应收帐 款	45	8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
1.2	存货												
1.2.1	原材料	90	4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
1.2.2	燃料	90	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.2.5	其他	90	4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
1.3	现金	45	8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
2	流动负 债												
	应付帐 款	90	4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
3	流动资 金			5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
4	流动资 金本年 增加额			5.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 5.5 高压变频器总投资估算表

Table 5.5 The total estimate investment table of high voltage converter

序号	工程或费用 名称	估算价值						其中 外币	占建设 投资的 比例 (%)	备注
		设 备 购 置	安 装 工 程	建 筑 工 程	其 他	合 计				
—	建设投资					180		94.37		
1	固定资产投 资					180		94.37		
1.1	工程费用	135	17.5	4.5		157		82.32		
(1)	高压变频器	135	5.5			135.5		71.04		
(2)	电缆及桥架		8			8		4.19		
(3)	变电所改造		4			3		1.57		

(4)	土建	4.5	4.5	2.36
1.2	其他费用		9	4.72
1.3	预备费		14	7.34
二	固定资产投资方向调节税			
三	建设期利息		2.31	1.21
四	流动资金		8.42	4.41
	总投资		190.73	100.00

高压内反馈串级调速装置总投资为 97.09 万元，如表 5.6 所示。

(6) 资金筹措

方案所需建设投资的 55%为自有资金，剩余部分为贷款，贷款有效年利率按 5.7%计算，按复利计算列入总投资。

表 5.6 高压内反馈串级调速装置总投资估算表

Table 5.6 The total estimate investment table of of high voltage internal feedback cascade speedadjustment system

序号	工程或费用名称	估算价值						占建设投资的 比例 (%)	备注
		设备 购置	安 装 工 程	建 筑 工 程	其 他	合 计	其中 外币		
—	建设投资					90		92.70	
1	固定资产投资					90		92.70	
1.1	工程费用	56	15.5	4.5		76		78.28	
(1)	高压变频器	56	3.5			59.5		61.28	
(2)	电缆及桥架		8			8		8.24	
(3)	变电所改造		4			4		4.12	
(4)	土建			4.5		4.5		4.63	
1.2	其他费用					6		6.18	
1.3	预备费					8		8.24	
—	固定资产投资方向调节税								
三	建设期利息					1.2		1.24	
四	流动资金					5.89		6.07	
	总投资					97.09		100.00	

5.2.3 成本估算与分析

(1) 生产成本

按照规定，参考类似项目进行成本估算。

① 高压变频器，详细数据见附表 6。

材料费：主要是指变频器在实际运行中，所需要的一些消耗材料费用。主要包括每年的定期电气试验所需要的电气设备消耗及检测费用，大约为 5000 元/年；每年定期进行清理，清扫，更换防尘罩，需要费用 2000 元；直流蓄电池每年要进行更换，需要资金 2000 元；其它费用，如变频器保险、电风扇配件等需要 1000 元。共计需要资金 1 万元/年。

动力费：主要指变频器装置本身一年所消耗的电能，包括控制电源消耗，风扇消耗、照明等，年可消耗电量 1.7 万度，按目前电价 0.5758 元/kWh，年消耗动力费 1 万元/年。

生产工人工资：3 万元/人.年，设计定员 5 人，人均包括岗位工资 1000 元/月、绩效工资 500 元/月、误餐费 160 元/月，奖金 10000 元/年。

职工福利费：按生产工人工资的 14% 计取，按 5 人计算，一年生产工人工资为 15 万元，按 14% 计取，为每年 2.1 万元。

其它直接费：4.56 万元/年，主要指一些无法预测的零散费用，由于变频器是比较贵重的电器，配件更换不方便，如果有问题，往往需要厂家来处理，这就增加了很多类似的费用。

固定资产折旧：采用综合折旧法，折旧年限为 9 年，不计残值。

修理费：按折旧的 50% 计取。

② 高压内反馈串级调速装置

材料费：主要是指高压内反馈串级调速装置在实际运行中，所发生的材料费用。主要包括每年的定期电气试验所需要的电气设备消耗及检测费用，大约为 6000 元/年；碳刷更换需 6000 元，由于它的电机碳刷为易损部件，需要定期更换，每年大约需更换 4 次，每次需要 1500 元；直流蓄电池、控制柜保险每年要进行保养、更换，需要资金 2000 元；其它费用需要 1000 元。共计需要资金 1.5 万元/年

动力费：与变频器类似，也是指装置本身一年所消耗的电能，包括控制电源消耗，风扇消耗、照明等，年可消耗电量 1.67 万度，按目前电价 0.5758 元/kWh，年消耗动力费约为 1 万元/年。

生产工人工资：3 万元/人.年，设计定员 5 人，和变频器一样。

职工福利费：按生产工人工资的 14% 计取。

其它直接费：2.36 万元/年，比变频器少些，主要是因为高压内反馈串级调速装置实质是电机的调速，而电机很普及，配件也好得到，价格相对便宜。

固定资产折旧：采用综合折旧法，折旧年限为 9 年，不计残值。

修理费：按折旧的 50% 计取。

(2) 管理费用

管理费用包括摊销费和其他管理费。

摊销费包括无形资产摊销费和递延资产摊销，无形资产为 10 年，递延资产为 5 年。

其他管理费用根据有关规定按项目全部定元年工资福利费*其他管理费费率计算，其他管理费费率按 2 万元/人.年进行计算。

(3) 销售费用：两项目不发生销售费用。

(4) 财务费用

固定资产贷款和流动资金贷款利息计入财务费用。

(5) 生产成本和费用估算结果

固定成本包括生产工人工资、职工福利费、折旧费、修理费、其他直接费、财务费用、管理费用等。

可变成本包括材料费、燃料费、动力费、销售费用等。

经计算，高压变频器生产期内年均总成本及费用为 59 万元，其中固定成本 57 万元，可变成本 2 万元。成本估算，详见附表 6。

高压内反馈串级调速装置年均总成本及费用为 38 万元，其中固定成本 35.5 万元，可变成本 2.5 万元。

5.2.4 年销售收入、税金及附加计算

(1) 销售收入

根据方案节省的电量数，计算节省的电费，做为销售费用。其中：

高压变频器年节省电量 $228 \times 10^4 \text{Kwh}$ ，电价为 0.5758 元/Kwh(含税价)。经计算，评价期内的年平均收入 118 万元。

高压内反馈串级调速装置年节省电量 $118 \times 10^4 \text{Kwh}$ ，电价为 0.5758 元/Kwh(含税价)。经计算，评价期内的年平均收入 68 万元。

(2) 税金及附加

销售税金及附加主要为增值税、城市维护建设税、教育附加。

增值税税率为 17%，城市维护建设税按增值税的 7% 计算，教育附加按增值税的 3% 计算。

高压变频器年平均销售税金为 19 万元。

高压内反馈串级调速装置年平均销售税金为 9.75 万元。

5.2.5 盈利能力分析

(1) 全部投资现金流量分析

① 财务内部收益率

财务内部收益率是指项目在整个计算期内各年的净现金流量现值累计等于零时的折现率，它反映项目所占用资金的盈利率，是反映项目盈利能力的主要动态评价指标。

高压变频器全部投资财务内部收益率为 24.35%。

高压内反馈串级调速装置全部投资财务内部收益率为 17.07%。

② 财务净现值

财务净现值是指按企业的目标收益率或设定的折现率，将项目计算期内各年净现金流量折现到项目建设期初的现值之和。它是考察项目在计算期内盈利能力的动态评价指标。

高压变频器本项目全部投资财务净现值为 86.9 万元。

高压内反馈串级调速装置全部投资财务净现值为 17.3 万元。

③ 投资回收期

全部投资回收期是指以项目的净收益抵偿全部投资所需要的时间。它是考察项目在财务上回收投资能力的主要静态指标。

高压变频器的投资回收期为 4.61 年。详见附表 7。

高压内反馈串级调速装置的投资回收期为 5.59 年。

综上所述，两项目的投资情况见表 5.7。

从表中看，高压变频器和高压内反馈串级调速装置的全部投资内部收益率分别为 24.35% 和 17.07%，大于基准收益率 12%；财务净现值分别为 86.9 万元和 17.07 万元，大于零；投资回收期分别为 4.61 年和 5.9 年（含建设期），低于行业最低要求。表明这两个项目在财务上是可以接受的。

表 5.7 高压变频器 and 高压内反馈串级调速装置全部投资财务评价指标

Table 5.7 The total investment finance estimate table of of high voltage internal feedback cascade speedadjustment system and high voltage converter

序号	指标名称	高压变频器	高压内反馈串级调速装置
1	财务内部收益率 (%)	24.35	17.07
2	财务净现值 (万元)	86.9	17.3
3	投资回收期 (年)	4.61	5.9

(2) 自有资金财务现金流量表分析

高压变频器自有资金财务内部收益率为 17.71%，自有资金财务净现值为 27.5 万元，投资回收期为 4.8 年。详见附表 8。

高压内反馈串级调速装置自有资金财务内部收益率为 17%，自有资金财务净现值为 14.5 万元，投资回收期为 7.4 年。详见附表 3。

(3) 损益表分析

高压变频器年均利润总额 40.8 万元，总投资 190.73 万元，投资利润率为 21.4%。年均利税总额 59.65 万元，总投资 190.73 万元，投资利税率为 31.3%。

高压内反馈串级调速装置年均利润总额 13.25 万元，总投资 97.09 万元，投资利润率为 13.7%。年均利税总额 23.01 万元，总投资 97.09 万元，投资利税率为 23.7%。

从损益表看，两项目在投产当年即能盈利。见附表 9。

5.2.6 清偿及负债能力分析

(1) 贷款偿还期

偿还贷款本金的资金来源为未分配利润、折旧费、摊销费。

经测算，高压变频器贷款偿还期为 3.25 年（包括建设期），高压内反馈串级调速装置贷款偿还期为 3.79 年（包括建设期），能满足贷款机构的要求。见附表 5。

(2) 资产负债率

两方案资产负债率先增后减，计算期内各年资产负债率均小于 0.5。

通过上述分析，说明两方案均具有较强的清偿能力。

5.2.7 敏感性分析

上述对技术方案的经济分析是在技术方案实施以后进行的,分析中所采用的有关经济数据,是根据有关部门提供的以往类似项目的经验,并结合对未来情况有设想及预测的一种估计值。将来的实际情况,可能与现在的估计不同。节电项目实践经验表明,影响项目运行后经济效益的主要参数是电价、节电量、投资、成本等不确定因素。其中电价由于近几年全国范围内用电紧张的影响,电价持续上调,当然这有利于提高项目的收益,但也增加了收益的不确定性;另外由于生产工况的变化,这两种节电方案的节电量也始终是动态变化的;最后,由于国内物资价格的变化,这对投资及成本的影响也较显著。因此主要选择此四项来进行两种节电方案的敏感性分析。

(1) 高压变频器

从分析表 5.8 和图 5.1、图 5.2 分析计算的结果可知:对本方案财务效益影响较大的因素是电价及成本。其他因素变动所引起的评价指标变动相对较小。

高压变频器方案的财务内部收益率为 24.35%,投资回收期(包括建设期)为 4.61 年,贷款偿还期为 3.25 年。企业是有效的,项目可行。从敏感性分析中可以看出,该项目抗风险能力较强。

表 5.8 高压变频器敏感性分析表

Table 5.8 The sensitivity analyse of of high voltage converter

因素	内部收益率				
	-20	-10	0	10	20
投资	32.23%	27.92%	24.35%	21.33%	18.74%
成本	32.33%	28.58%	24.35%	19.58%	14.20%
节电量	16.27%	20.46%	24.35%	28.01%	31.50%
电价	14.23%	19.44%	24.35%	29.05%	33.62%

因素	财务净现值				
	-20	-10	0	10	20
投资	119.0	102.9	86.9	70.8	54.7
成本	145.7	117.9	86.9	52.5	14.9
节电量	27.5	57.2	86.9	116.5	146.1
电价	14.6	50.7	86.9	123.0	159.3

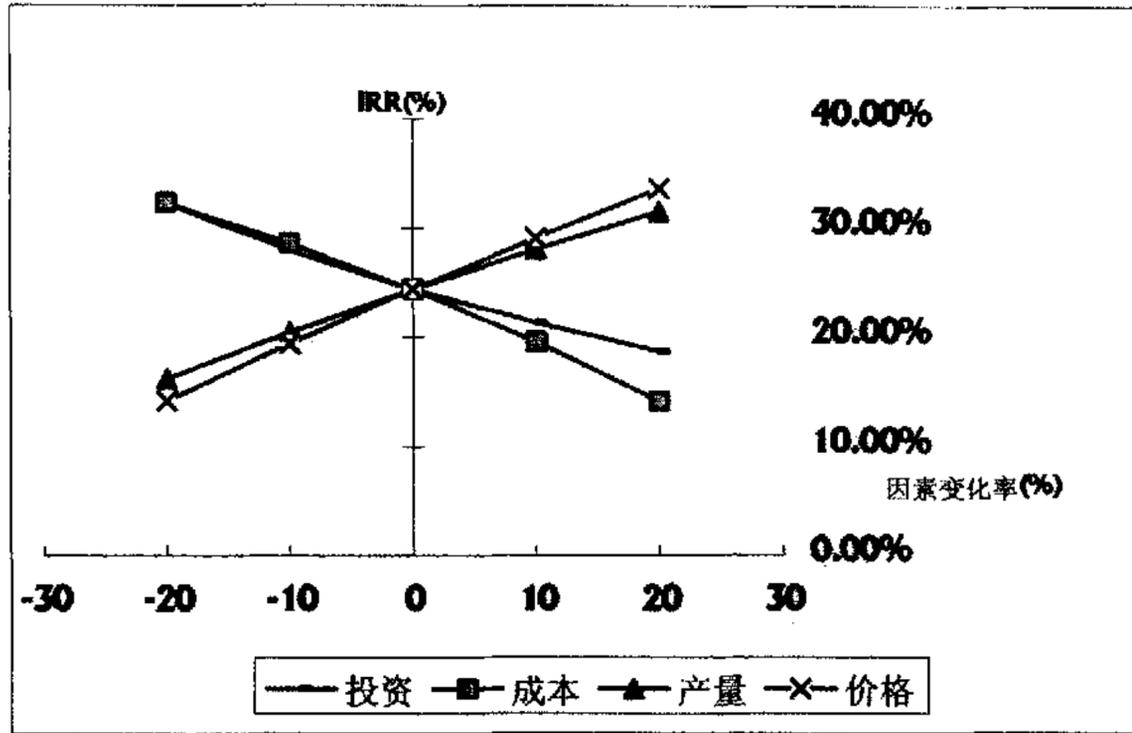


图 5.1 内部收益率敏感性分析图

Figure 5.1 The analysis figure of interior yield sensitivity

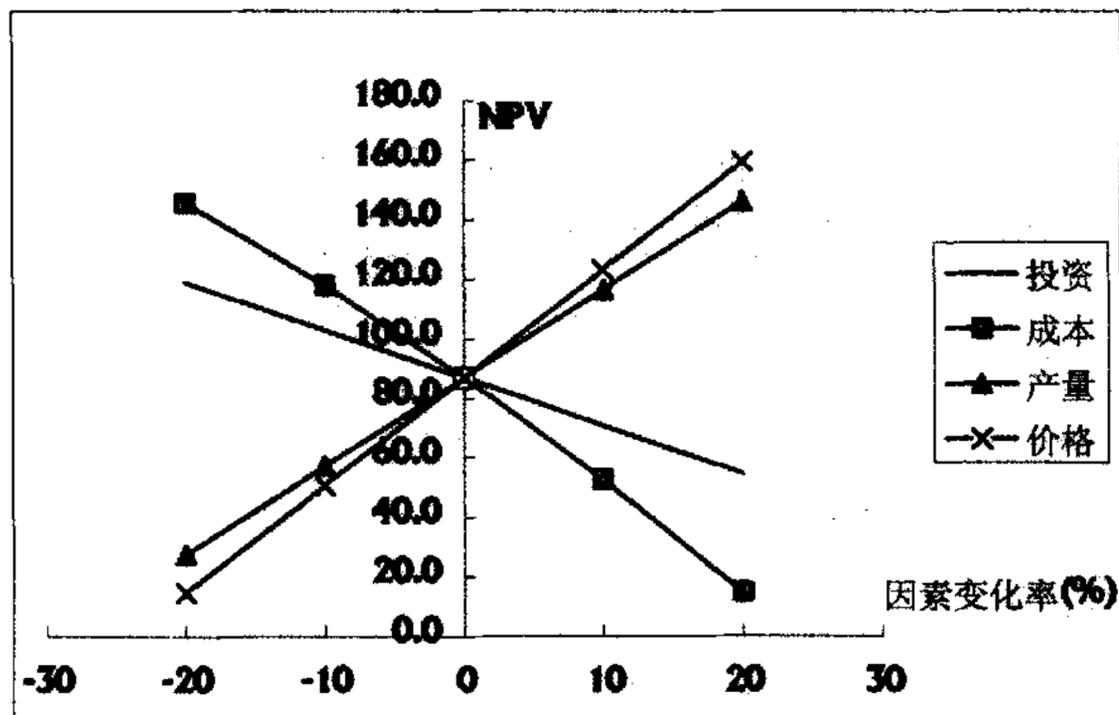


图 5.2 净现值敏感性分析图

Figure 5.2 The analysis figure of net value sensitivity

(2) 高压内反馈串级调速装置

表 5.9 高压内反馈串级调速装置敏感性分析表

Table 5.9 The sensitivity analyse of high voltage internal feedback cascade speedadjustment

因素	内部收益率				
	-20	-10	0	10	20
投资	23.62%	20.05%	17.07%	14.52%	12.32%
成本	28.52%	23.19%	17.07%	9.98%	1.58%
节电量	6.12%	11.84%	17.07%	21.98%	26.66%
电价	5.59%	11.60%	17.07%	22.20%	27.08%

因素	财务净现值				
	-20	-10	0	10	20
投资	33.4	25.3	17.3	9.3	1.2
成本	58.5	39.0	17.3	-6.7	-33.0
节电量	-18.3	-0.5	17.3	35.2	53.1
电价	-19.9	-1.3	17.3	36.0	54.7

从分析表 5.9 及图 5.3、图 5.4 分析计算的结果可知：对本项目财务效益影响较大的因素是电价及成本，其他因素变动所引起的评价指标变动相对较小。当成本上升到 10%以上或电价下降到 10%以上，该方案不可行，该项目抗风险能力较弱。

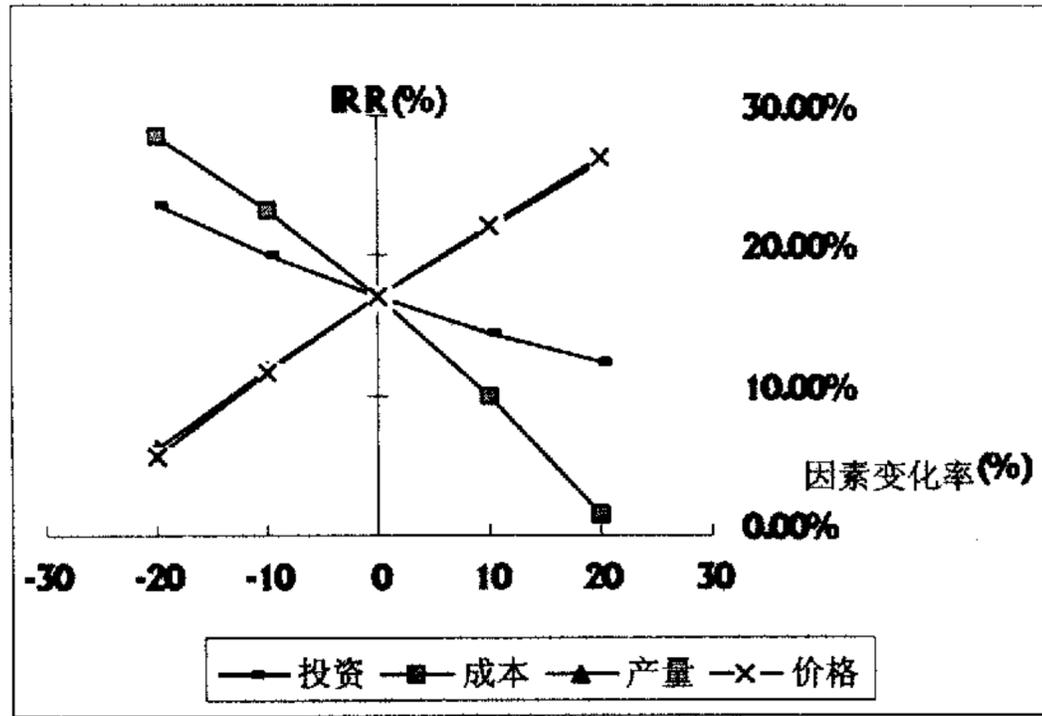


图 5.3 内部收益率敏感性分析图

Figure 5.3 The analysis figure of interior yield sensitivity

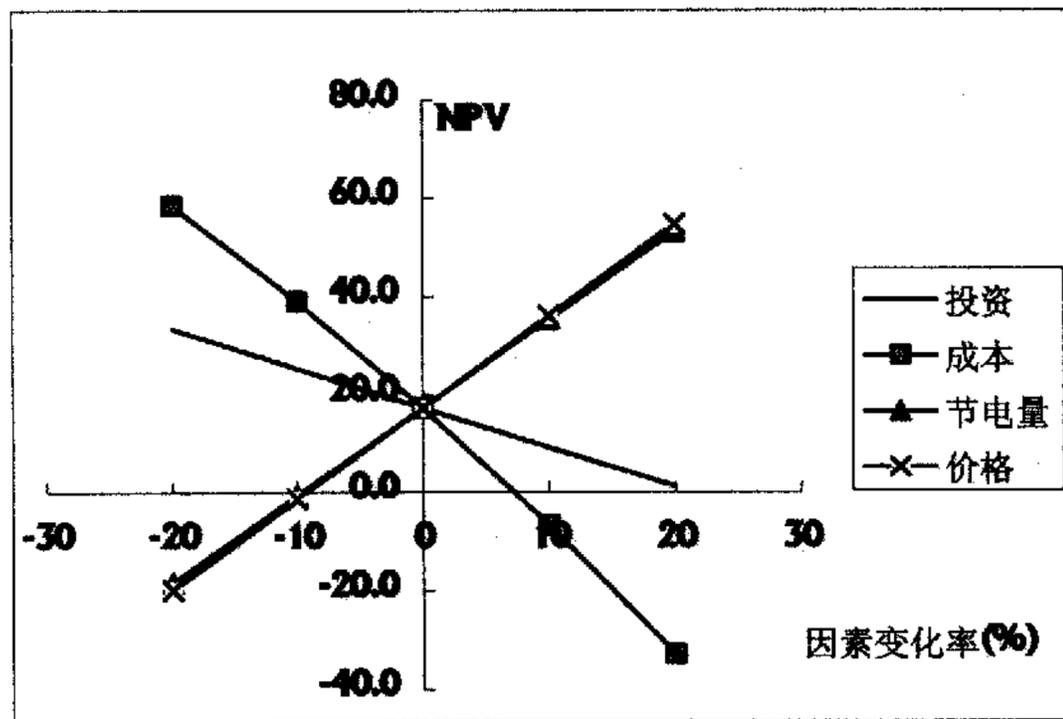


图 5.4 净现值敏感性分析图

Figure 5.4 The analysis figure of net value sensitivity

通过对两个方案进行经济评价，高压变频器的财务净现值为 86.9 万元，项目抗风险能力较强。高压内反馈财务净现值为 17.3 万元，项目抗风险能力较弱。从经济效益对比，高压变频器方案为最优方案。

6 结论与建议

本文通过对辽河油田生产用电系统的深入分析,找出了辽河油田节电工作的重点单位和重点系统:机采系统、注水系统和集输系统。对各系统的成熟节电方案又进行定性和定量的技术经济评价,最后认为:机采系统应采用高转差电机作为最佳的节电方案;集输、注水系统,由于用电设备相同,认为它们最佳节电方案是采用高压变频器。这一结论为目前辽河油田引进节电技术提供了一定的依据,减少了盲目性,同时也为今后有更好、更新节电技术的评价提供了成熟的思路。

辽河油田要想持续稳定发展,必须依靠科技、降低成本,而节电工作就是降低成本的有效手段,因此节电不是企业的短期行为,而是一个长期的、坚持不懈的工作,为了使这项工作辽河油田深入持久地开展下去,光靠上新的节电设备还远远不够,还需要在制度上、管理上下工夫。

第一,要建立一套完整的,操作性强的规章制度,编制企业节电方面的规范,使节电工作有章可循。建立健全奖惩制度,节约有奖,浪费受罚,充分调动基层员工的节电积极性。

第二,在资金紧张,节电项目投入一年比一年少的情况下,加强对现有节电设备的管理。由于油田生产用电系统的复杂性,一些好的节电设备并不一定能发挥出应有的节电作用,这就需要基层管理者,认真分析生产工况,及时调整设备的运行参数,发挥出设备的最大的效用。

第三,加强节电新技术引进的技术经济工作,完善决策程序,在一项新技术引进时,必须进行必要的现场实验,并组织有关部门和专家进行严格的论证,证明不符合节电标准的,坚决不予推广应用,做到决策民主化、科学化。这样,辽河油田的节电工作才能健康有序地发展。

参 考 文 献

- [1] 戴大双, 陈伟忠编著: 《技术经济学》, 机械工业出版社, 1996年10月版
- [2] 武春友, 张米尔编著: 《技术经济学》, 大连理工大学出版社, 2004年1月版
- [3] 蒋贵善, 王东华, 俞明南等编著: 《生产与运作管理》, 大连理工大学出版社, 2004年1月版
- [4] 吴添祖主编: 《技术经济学概论》, 高等教育出版社, 2004年4月第二版
- [5] 金哲《节电技术与节电工程》, 北京: 中国电力出版社, 2002年2月版
- [6] 《2003年全国电力节能技术研讨会经验交流文集》, 中国电力企业联合会编
- [7] 胡景生. 电网经济运行节电技术综述. 节能, 2000.4
- [8] 傅家骥, 全允恒《工业技术经济学》, 清华大学出版社, 2002年3月
- [9] 孙怀玉, 王子学, 宋冀东《实用技术经济学》, 机械工业出版社, 2003年9月第1版
- [10] 李宗纲 《节能技术》, 北京: 机械工业出版社, 1992
- [11] 《中国石油天然气股份有限公司建设项目经济评价方法与参数》, 中国石油天然气股份有限公司规划计划部编, 2001年版
- [12] 《抽油机及辅助配套设备节能检测和评价方法》中国石油天然气股份有限公司企业标准
- [13] C.Lombard, E.H.Mathews, M.Kleingeld. Demand Side Management through thermal efficiency in South African houses. *Energy and Buildings*,29(1999), 229-239.
- [14] Ramanathan, R. and Reddy, B. S. Int. J. Conservation and deferral potentials demand side management programs: A case study. *Energy Research*, Aug.1995,19,(6),493-505.
- [15] Marcel H. Didden, William D. D' haeseleer. Demand Side Management in a competitive European market: Who should be responsible for its implementation? *Energy Policy*, 2003.31:307-1314.
- [16] J.Y.Boivin. Demand Side Management—the role of the power utility. *Pattern Recognition*, 1995,1493-1497.
- Hu Zhaoguang. IRP/DSM and Sustainable Development. *Electricity*, 2001.No1.
- [17] Deshun, L. et al, Cost-benefit analysis on IRP/DSM application—a case study In Shanghai. *Energy Policy*, 1997, 25,(10),837-843.
- [18] Hirst, E. et al, The future of DSM in a restructured US electricity industry. *Energy Policy*, Apr. 1996,24,(4),303-315.
- [19] Boyle, S. DSM progress and lessons In the global context. *Energy Policy*,Apr.1996,24,(4),345-359
- [20] Chamberlin,J.H. and Herman, P. M. How much DSM is really there? A Market perspective. *Energy Policy*, Apr.1996,24,(4),323-330.

附录

附表 1 2004 年辽河油田节电项目计划表

序号	节电项目名称	公司总计		单位: 万元											
		数量	投资	兴采	曙采	欢采	锦采	高采	茨采	沈采	特油	金马	浅海	油气	油气试采
1	安装变频调速装置	87 台	530	6 台/40	10 台/96	20 台/56	16 台/110	13 台/60	2 台/5	16 台/100		2 台/30		2 台/35	
2	安装节能型变压器	170 台	340	10 台/20	10 台/20	20 台/40	10 台/20	20 台/40	40 台/80	10 台/20	10 台/20	10 台/20	10 台/20	10 台/20	20 台/40
3	安装节能型电机	200 台	400	20 台/40	20 台/40	30 台/60	10 台/20	20 台/40		10 台/20	20 台/40	10 台/20	25 台/50		10 台/20
4	安装热线中频电源柜	50 台	250		10 台/50					20 台/100	20 台/100				
5	安装抽油机节电箱	520 个	260	50 个/25	60 个/30	80 个/40	50 个/25		80 个/40	50 个/25		50 个/25	50 个/25		50 个/25
6	安装液力偶合器	140 台	140	30 台/30	10 台/10	20 台/20	10 台/10	20 台/20		10 台/10	10 台/10	10 台/10			10 台/10

辽河油田油气生产系统节电技术方案技术经济评价

序号	节电项目名称	公司总计		兴采	曙采	欢采	锦采	高采	茨采	沈采	特油	金马	浅海	油气	油气采
		数量	投资												
7	安装节电滤波 器	140 台	280	10 台/20	40 台/80	20 台/40	20 台/40	10 台/20			10 台/20	10 台/20	10 台/20		10 台/20
8	安装 1.14kV 动力配电装置	100 套	100	10 套/10	10 套/10	20 套/20	20 套/20	20 套/20	10 套/10	10 套/10					
9	安装永磁节能 电机	190 台	380	20 台/40	10 台/20	20 台/40	30 台/60	10 台/20	50 台/100	30 台/60	20 台/40				
10	安装节能灯具	11900 套	120	800 套/8	900 套/9	2000 套/20	1000 套/10	1000 套/10	700 套/7	800 套/8	500 套/5	100 套/1	500 套/5	100 套/1	1000 套/10
11	6kV 线路安装 高压电容补偿 器	85000 kVAR	230	20000kV AR/50	10000kV AR/30	20000kV AR/50	16000kV AR/40	5000 kVAR/15	4000 kVAR/17	10000 kVAR/30					
12	安装单井无功 补偿装置	9600 kVAR	120	1000 kVAR/5	1000 kVAR/5	3000 kVAR/15				3000 kVAR/15			16000kV AR/84		
	投资合计 (万 元)		3150	288	400	401	355	245	259	398	235	126	194	106	125

附表 2 稀土永磁电机测试结果

序号	所属单位	井号	油品	产品名称	额定功率	动液面 (m)	产液量 (t/d)	含水率 %	冲次 /分	有功功率 kW	无功功率 kVAR	功率因数
1	兴采	一区 6-307	稀油	普通电机	45	159	88.3	98	4	9.17	28.18	0.15
				永磁电机	37	55	74.8	96	2	8.25	9.65	0.36
2	曙采	二区 23-44	稠油	普通电机	45	771	91.8	93	4	16.66	18.43	0.34
				永磁电机	37	299	88.8	95	3.8	13.94	10.84	0.53
3	锦采	一区 26-533	稠油	普通电机	45	205	62.8	93	4	16.38	26.26	0.24
				永磁电机	37	301	57.5	92	3.7	14.28	17.5	0.34
4	欢采	三区 23-383	稀油	普通电机	37	1040	6.9	26	3.4	16.08	32.1	0.19
				永磁电机	30	1027	68.6	50	3.5	12.22	28.09	0.36
5	特油	26-37	稠油	普通电机	37	1078	18.6	80.5	7	14.45	14.94	0.29
				永磁电机	30	1078	9	78.9	6.5	12.57	2.33	0.91
6	沈采	16-503	稀油	普通电机	45	374	69.2	88	3	13.01	32.39	0.1
				永磁电机	37	23	69.5	84	3	11.05	8.11	0.3
7	高采	一区 6-06	稀油	普通电机	37	374	7	40	4.4	14.39	17.54	0.24
				永磁电机	30	194	6	64	4.6	12.23	3.85	0.69
8	茨采	25-332	稠油	普通电机	37	1031	21.7	83	4.7	16.82	8.25	0.64
				永磁电机	30	1031	21.7	83	4.7	14.13	5.78	0.47

附表 3 多速电机测试结果

序号	所属单位	井号	油品	产品名称	额定功率	动液面(m)	产液量(t/d)	含水率%	冲次次/分	有功功率kW	无功功率kvar	功率因数
1	兴采	一区 6-307	稀油	普通电机	45	159	88.3	98	4	14.17	28.18	0.15
				高转差电机	30	60	34.8	93	3	14.29	24.65	0.32
2	曙采	二区 23-44	稠油	普通电机	45	771	91.8	93	4	16.66	18.43	0.34
				高转差电机	30	399	63.8	90	2.8	15.66	13.84	0.53
3	锦采	一区 26-533	稠油	普通电机	45	205	62.8	93	4	16.38	26.26	0.24
				高转差电机	37	301	45.5	91	3.7	16.35	20.5	0.34
4	欢采	三区 23-383	稀油	普通电机	37	1040	6.9	26	3.4	16.08	32.1	0.19
				高转差电机	30	1027	6.6	45	3.5	15.8	25.09	0.36
5	特油	26-37	稠油	普通电机	37	1078	20.6	80.5	7	14.5	14.94	0.29
				高转差电机	30	1078	15	76	6.5	13.78	11.33	0.41
6	沈采	16-503	稀油	普通电机	45	374	69.2	88	3	13.01	32.39	0.1
				高转差电机	37	23	44.5	80	3	12.98	19.11	0.2
7	高采	一区 6-06	稀油	普通电机	37	374	7	40	4.4	14.39	17.54	0.24
				高转差电机	30	194	6	60	4.6	13.67	16.12	0.49
8	茨采	25-332	稠油	普通电机	37	1031	21.7	83	4.7	16.82	8.25	0.64
				高转差电机	30	1031	18.7	82	4.7	15.47	7.21	0.67

附表 4 高转差电机测试结果

序号	所属单位	井号	油品	产品名称	额定功率	动液面 (m)	产液量 (t/d)	含水率 %	冲次 /分	有功功率 kW	无功功率 kvar	功率因数
1	兴采	一区 6-307	稀油	普通电机	45	159	88.3	98	4	14.17	28.18	0.15
				多速电机	37	75	48.8	91	3	12.8	23.65	0.26
2	曙采	二区 23-44	稠油	普通电机	45	771	91.8	93	4	16.66	18.43	0.34
				多速电机	37	450	53.8	89	3.8	15.49	12.84	0.43
3	锦采	一区 26-533	稠油	普通电机	45	205	62.8	93	4	16.38	26.26	0.24
				多速电机	37	257	45.5	90	3.7	16.3	19.5	0.34
4	欢采	三区 23-383	稀油	普通电机	37	1040	6.9	26	3.5	16.08	32.1	0.19
				多速电机	30	1037	5.6	40	3.5	14.79	29.09	0.16
5	特油	26-37	稠油	普通电机	37	1078	20.6	80.5	7	14.45	14.94	0.29
				多速电机	37	1058	15	75.9	6.5	13.72	10.33	0.31
6	沈采	16-503	稀油	普通电机	45	374	69.2	88	3	13.01	32.39	0.1
				多速电机	37	23	39.5	83	3	11.44	18.11	0.3
7	高采	一区 6-06	稀油	普通电机	37	374	7	40	4.4	14.39	17.54	0.24
				多速电机	30	294	5	62	4.6	12.8	15.85	0.59
8	茨采	25-332	稠油	普通电机	37	1031	21.7	83	4.7	16.82	8.25	0.64
				多速电机	30	931	15.8	80	4.7	14.29	6.66	0.37

附表 5 抽油机变频器测试结果

序号	所属单位	井号	油品	产品名称	额定功率	动液面 (m)	产液量 (t/d)	含水率%	冲次 次/分	有功功率 kW	无功功率 kvar	功率因数
1	兴采	一区 6-307	稀油	普通电机	45	159	88.3	98	4	14.17	28.18	0.15
				变频器	37	55	54.8	95	2	13.46	25.45	0.26
2	曙采	二区 23-44	稠油	普通电机	45	771	91.8	93	4	16.66	18.43	0.34
				变频器	37	299	83.8	95	3.8	15.66	10.84	0.43
3	锦采	一区 26-533	稠油	普通电机	45	205	62.8	93	4	16.38	26.26	0.24
				变频器	37	301	57.5	92	3.7	16.46	17.5	0.34
4	欢采	三区 23-383	稀油	普通电机	37	1040	6.9	26	3.4	16.08	32.1	0.19
				变频器	30	1027	8.6	50	3.5	15.6	28.09	0.16
5	特油	26-37	稠油	普通电机	37	1078	20.6	80.5	7	14.45	14.94	0.29
				变频器	30	1078	19	78.9	6.5	13.48	2.33	0.41
6	沈采	16-503	稀油	普通电机	45	374	69.2	88	3	13.01	32.39	0.1
				变频器	37	23	49.5	83	3	12.28	8.11	0.3
7	高采	一区 6-06	稀油	普通电机	37	374	7	40	4.4	14.39	17.54	0.24
				变频器	30	194	6	50	4.6	13.72	13.85	0.69
8	茨采	25-332	稠油	普通电机	37	1031	21.7	83	4.7	16.82	8.25	0.64
				变频器	30	1031	15.7	83	4.7	16.15	5.66	0.47

附表 6 高压变频器成本及费用估算表

项目	年度	建设 起点	建设 期	生产期										合计						
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
(一) 生产成本		0																		
一 材料		0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
二 燃料		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
三 动力		0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
四 生产工人工资		0	0	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	135
五 提取职工福利费		0	0	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	18.9
六 折旧费		0	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	180
七 修理费		0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	90
八 其他直接费		0	0	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56	41.04
(二) 管理费用		0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	90
(三) 财务费用		0	0	5.20	5.20	3.17	1.09	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	12.14
总的成本与费用		0	0	68.86	66.83	64.75	64.11	64.11	64.11	64.11	64.11	64.11	64.11	64.11	64.11	64.11	64.11	64.11	64.11	585.08
全部产品生产总成本		0	0	53.66	53.66	53.66	53.66	53.66	53.66	53.66	53.66	53.66	53.66	53.66	53.66	53.66	53.66	53.66	53.66	482.94
全部产品操作成本		0	0	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	302.94
折合商品量		0	0	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	2052

附表 7 高压变频器全部投资财务现金流量表

项 目	年度	建设 起点	建设 期	生产期										合计				
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
(一) 现金流入		0	0.00	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	139.70	1190
1 产品销售收入		0	0.00	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	1182
2 其它销售利润																		0
3 投资净收益																		0
4 营业外净收入		0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
5 回收固定资产余值		0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
6 回收流动资金		0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.42	8
(二) 现金流出		0	180.0	86.71	78.86	78.86	79.64	79.86	79.86	79.86	79.86	79.86	79.86	79.86	79.86	79.86	64.60	889
1 勘探投资		0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
2 开发投资		0	180.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	180
3 流动资金		0	0.00	8.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8
4 经营成本		0	0.00	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	303
5 销售费用		0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
6 管理费用		0	0.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	90
7 储量有偿使用费		0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
8 销售税金及附加(含资源税)		0	0.00	20.94	20.94	20.94	20.94	20.94	20.94	20.94	20.94	20.94	20.94	20.94	20.94	20.94	20.94	188
9 所得税		0	0.00	13.69	14.36	14.36	15.04	15.04	15.26	15.26	15.26	15.26	15.26	15.26	15.26	15.26	0.00	119
(三) 净现金流量		0	-180.0	44.58	52.32	52.32	51.64	51.64	51.42	51.42	51.42	51.42	51.42	51.42	51.42	51.42	75.10	301
(四) 累计净现金流量		0	-180.0	-135.42	-83.10	-83.10	-31.46	-31.46	19.96	19.96	71.39	122.81	174.24	225.66	277.08	328.50	300.76	301
(五) 折现净现金流量		0	-160.7	35.54	37.24	37.24	32.82	32.82	29.18	29.18	26.05	23.26	20.77	18.54	16.29	14.15	24.18	87
(六) 累计折现净现金流量		0	-160.71	-125.18	-87.93	-55.12	-55.12	-22.30	16.88	45.06	71.11	91.83	108.08	124.33	140.58	156.83	173.01	87
计算指标: 财务净现值(FNPV)=		86.87	静态投资回收期=															
内部收益率(FIRR)=		24.35%																

附表 8 高压变频财务现金流量表(企业自有资金)

项目	年度	建设 起点	建设 期	生产期										合计		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
(一) 现金流入		0	0	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	123.00	131.28	131.28	131.28	131.28	135.9107	1059
1 产品销售收入		0	0	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.2824	1182
2 其它销售利润																0
3 投资净收益																0
4 营业外净收入		0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
5 回收固定资产余值		0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
6 回收自有流动资金		0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.62825	5	5
(二) 现金流出		0	99	123.61	118.58	92.10	80.30	80.30	80.30	80.30	80.30	80.30	80.30	65.04638	900	900
1 固定资产投资中自有资金		0	99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	99	99
2 固定资产投资中方向调节税		0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0
3 流动资金中自有资金		0	0	4.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	5	5
4 经营成本		0	0	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	303	303
5 销售费用		0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0
6 管理费用		0	0	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10	90	90
7 财务费用		0	0	5.20	3.17	1.09	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.446837	12	12
8 销售税金及附加(资源税)		0	0	20.94	20.94	20.94	20.94	20.94	20.94	20.94	20.94	20.94	20.94	20.93954	188	188
9 营业外净支出		0	0	13.69	14.36	15.04	15.26	15.26	15.26	15.26	15.26	15.26	15.26	0	119	119
10 国内外贷款本金偿还		0	0	35.50	36.45	11.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	83	83
(三) 净现金流量		0	-99	7.67	12.70	39.19	50.98	-68.30	50.98	42.70	50.98	50.98	50.98	70.86427	159	159
(四) 累计净现金流量		0	-99	-91.33	-78.63	-39.44	11.53	-56.77	-5.79	36.90	87.88	158.7466	159	159	159	159
(五) 折现净现金流量		0	-88.	6.11	9.04	24.90	28.93	-34.61	23.06	17.24	18.38	22.8164	27	27	27	27
(六) 累计折现净现金流量		0	-88.	-82.28	-73.24	-48.34	-19.41	-54.01	-30.95	-13.71	4.67	27.4899	27	27	27	27
计算指标 财务净现值(FNPV)=		27.4	9	静态投资回收期=										4.77		
内部收益率(FIRR)=		17.7	1%													

单位 万元

附表 9 高压变频器损益表

年度	建设 起点	建设 期	生产期										合计			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
一 产品销售收入	0	0	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	131.28	1181.54
二 产品总成本	0	0	53.66	53.66	53.66	53.66	53.66	53.66	53.66	53.66	53.66	53.66	53.66	53.66	53.66	482.94
三 产品销售费用	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
四 产品销售税金及附加	0	0	20.94	20.94	20.94	20.94	20.94	20.94	20.94	20.94	20.94	20.94	20.94	20.94	20.94	188.46
五 资源税	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
六 销售利润	0	0	56.68	56.68	56.68	56.68	56.68	56.68	56.68	56.68	56.68	56.68	56.68	56.68	56.68	510.15
七 管理费用	0	0	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	90.00
其中：摊销费	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
八 财务费用	0	0	5.20	5.20	3.17	1.09	0.00	0.00	0.00	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	12.14
其中：利息	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
九 营业利润	0	0	41.49	43.51	43.51	45.59	46.24	46.24	46.24	46.24	46.24	46.24	46.24	46.24	46.24	408.00
十 营业外收入	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
十一 营业外支出(净)	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
十二 利润总额	0	0	41.49	43.51	43.51	45.59	46.24	46.24	46.24	46.24	46.24	46.24	46.24	46.24	46.24	408.00
十三 弥补上年亏损	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
十四 所得税	0	0	13.69	14.36	14.36	15.04	15.04	15.04	15.26	15.26	15.26	15.26	15.26	15.26	15.26	134.64
十五 税后利润	0	0	27.80	29.15	29.15	30.54	30.54	30.98	30.98	30.98	30.98	30.98	30.98	30.98	30.98	273.36
计算指标：投资利润率(%)=	21.39%		利润总额=										408.00	万元		
投资利税率(%)=	31.27%		利税总额=										596.46	万元		

附表 13 高压内反馈损益表

项目	年度	建设 起点	建设期	生产期										合计
				2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00		
一 产品销售收入		0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	611.50	
二 产品总成本		0.00	0.00	67.94	67.94	67.94	67.94	67.94	67.94	67.94	67.94	67.94	611.50	
三 产品销售费用		0.00	0.00	33.54	33.54	33.54	33.54	33.54	33.54	33.54	33.54	33.54	301.86	
四 产品销售税金及附加		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
五 资源税		0.00	0.00	10.84	10.84	10.84	10.84	10.84	10.84	10.84	10.84	10.84	97.53	
六 销售利润		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
七 管理费用		0.00	0.00	23.57	23.57	23.57	23.57	23.57	23.57	23.57	23.57	23.57	212.11	
	其中：摊销费		0.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	72.00	
八 财务费用		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	其中：利息		0.00	2.69	1.89	1.07	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	7.57	
九 营业利润		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
十 营业外收入		0.00	0.00	12.87	13.67	14.50	15.25	15.25	15.25	15.25	15.25	15.25	132.54	
十一 营业外支出(净)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
十二 利润总额		0.00	0.00	12.87	13.67	14.50	15.25	15.25	15.25	15.25	15.25	15.25	132.54	
十三 弥补上年亏损		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
十四 所得税		0.00	0.00	4.25	4.51	4.78	5.03	5.03	5.03	5.03	5.03	5.03	43.74	
十五 税后利润		0.00	0.00	8.63	9.16	9.71	10.22	10.22	10.22	10.22	10.22	10.22	88.80	
计算指标：投资利润率(%)=		13.66%	利润总额=											
投资利税率(%)=		23.71%	利税总额=											

致 谢

在论文的写作过程中，得到了导师戴大双教授的无私帮助，从选题立意、拟定大纲、结构布局到遣词造句，戴老师都给予了悉心的指导。我不会忘记戴老师付出的心血和汗水，她认真、严谨、求实的治学态度使我受益匪浅，终生难忘，在此表示最诚挚的谢意。同时在论文的完成过程中，也得到了大连理工大学管理学院其它各位老师的指导和帮助，此外，还得到了辽河油田各位同事的大力支持和帮助，在此一并表示衷心的感谢！

刘秉林

2005年6月10日

大连理工大学学位论文授权使用授权书

本学位论文作者及指导教师完全了解“大连理工大学硕士、博士学位论文版权使用规定”，同意大连理工大学保留并向国家有关部门或机构送交学位论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权大连理工大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，也可采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编学位论文。

保密，在____年解密后适用本授权书。

本学位论文属于

不保密。

(请在以上方框内打“√”)

作者签名: 刘秉林

指导导师签名: 孙大双

____年__月__日