目 录

[第1章 绪 论 1](#_Toc470247373)

[1.1 研究背景 1](#_Toc470247374)

[1.2 研究意义 2](#_Toc470247375)

[1.3 国内外研究现状 3](#_Toc470247376)

[1.3.1 国内外电力市场交易模式 3](#_Toc470247377)

[1.3.2 电力预测研究现状 4](#_Toc470247378)

[1.3.3 推荐系统研究现状 6](#_Toc470247379)

[1.4 论文章节安排 7](#_Toc470247380)

# 绪 论

## 研究背景

2015年3月，中共中央、国务院下发了《关于进一步深化电力体制改革的若干意见》(中发〔2015〕9号)（后文简称《意见》），备受社会各界瞩目的新一轮电力体制改革正式拉开帷幕。《意见》秉承五项基本原则：一是坚持安全可靠；二是坚持市场化改革；三是坚持保障民生；四是坚持节能减排；五是坚持科学监管。其中，市场化是电力体制改革的基本方向，也是实现电力体制改革的方式之一。有序推进电价改革是电力市场化改革的核心和先决条件。以双边交易市场为突破口，促进多主体、跨区域市场机制建设。长久以来，电力市场交易模式一直处于“垄断行业”状态，传统电力市场中，发电企业与购电企业之间不能直接进行交易，也无法直接电力传送，而需要一层国家电网的调度。在新一轮的电力改革方案启动之后，发电企业凭借自身的发电优势以及相关许可即可直接与购电企业达成交易，中间的竞价和市场中的竞争等环节不再受到国家电网等电力资源管理部门的严格约束，而是在合理的竞争规则内自由进行，这样形成了售电主体和购电用户之间的点对点交易。市场主体的自由性还体现在相互自主确定交易用户、交易电量和价格，交易过程中按照国家规定的关于电价输配的方案来决定过网费和相关手续即可。这样放开竞争可以为工商业用户和企业用户等提供更加优质和经济的电力保障和服务。政府敏锐的意识到市场的竞争应该交给市场自己调控，要减少对市场的控制，只需管住中间而放开竞争。《意见》中突出强调了电力体制改革的重要性和紧迫性。从根本上改变传统电力市场中发电厂与电网一体，政企不分的状态，争取形成电力市场自由竞争的多元化格局。竞争性环节电价的有序放开可以推进交易机构相对独立，规范市场运行。在市场竞争主体的范围不断扩大过程中，大用户与交易主体数量会呈几何级数增长，又加之交易行为具有实时性及地域性，竞争符合条件的市场主体可以通过移动终端与互联网技术发生电力交易行为。据不完全统计，2015年以来，输配电价改革以及其他减负措施的并行推进，已经累计为企业降低用电成本1800亿元以上。【3】

随着大用户直购电交易业务的深入开展和市场交易主体模式的多样化，参与清洁能源的直购电交易主体成员数量将会快速增长。随着移动互联网新技术的普及应用，它正在改变社会成员的沟通方式，改变人们的日常生活习惯，并且开始渗透到工业的各个领域，即将形成的“互联网+”的交易双赢模式，必将促进电力工业的社会效益和经济效益。移动互联网技术应用到大用户直购电双边交易业务情景，是“互联网+”电力市场交易模式的直接体现，也是贯彻落实“十九大”关于深化供给侧结构性改革的实施。随着电力市场的深入改革，电力交易成员数量的急剧增加，市场各类成员渴望提供更加弹性和多样化的电力市场交易方式，需要研究移动互联的电力交易用户行为模型和算法。因此，电力交易的移动端用户交互交易方式将成为电力市场用户交互方式的有效补充。

在数据量日益增大的今天，用户在数据的海洋里显得手足无措，数据量已经足够大，但是这些数据的利用率却降低，随之而来的“信息过载”问题亟待解决。目前，针对该问题以用户为主动的解决方案是当今互联网广泛采用的搜索引擎,而推荐引擎则是用户作为被动接受推荐对象的主体,广泛地应用于电子商务等互联网应用上。推荐技术在今天的互联网应用和产品中被广泛采用，比如电子商务的商品推荐、社交网络上的好友推荐等，它们是目前互联网上最常见的智能产品形式。推荐系统是为了解决“信息过载”问题而出现的新技术。从上个世纪90年代开始，推荐系统开始被众多学者及领域专家所熟知和研究，内容涉及近似理论、认知科学和信息检索等相关学科。长期以来，推荐系统领域的研究工作重点围绕在用户信息获取和建模、推荐算法研究、推荐系统评价指标、以及推荐系统的应用和社会影响的研究【2】。根据用户的兴趣爱好推荐符合用户兴趣的对象是推荐系统的核心功能。由于推荐系统可以辅助市场主体达到个性化营销而提升销售量，为企业增大利润，推荐系统相关技术获得了众多企业的重视，很多学者相继对推荐系统进行深入的研究，推荐系统领域得到了长足的发展。

基于电力市场急需的供给侧结构性改革，结合推荐系统在“互联网+”上的巨大成果，依托于电力市场的第二次改革的背景，将推荐系统与电力市场有机结合是在即将形成的“互联网+”的交易双赢模式中移动互联网技术融合于实体经济的创新思想。在上述改革的大环境和要求下，本文首先调研发达国家在电力市场服务及移动互联网技术建设方面的先进经验和理念，从建立移动端电力市场交易管理的常态机制，提供完善的移动端电力市场服务产品角度出发，融合推荐系统技术体现的巨大商业价值，以满足统一电力市场交易平台运营管理的不同需求，既保证了供电侧发电供给与购电侧用电行为的平衡，又提高了服务模式的体验。

## 研究意义

在以互联网技术为驱动的互联网时代,电力领域的交易模式正在发生着天翻地覆的变化,以往的线下交易发展至如今的线上交易。国家电网作为电力交易的枢纽和服务配备，移动互联网技术作为发电企业和用电企业之间沟通的桥梁，推荐技术则是移动互联网应用于电力交易领域的重要纽带，电力交易模式发生改变，为了提升服务质量，设计一个能用在电力交易领域的服务平台是大势所趋的。由于电力能源作为电力市场特殊商品，它是一种无法大规模储藏的能源，电力能源的生产、输送和消费都是通过电力网络同时完成的，在电力生产的过程中，即不存在半成品，也不存在库存品。为了使电力生产、流通和消费等环节能很好的相互衔接，电力工业需要采用大量的自动化控制技术和设备，以实现发、输、售、用各个环节的相互紧密配合，协调统一的进行。电力交易服务平台的实施可以从互联网的角度来解决电力输配的供需平衡问题，并且能很好的完成售电和用电，发电和输配等过程的紧密结合，而且做到了信息化，共享化，更易于管理。在这样的平台上建立起电力推荐服务能提高服务的质量，增加可观的盈利，提高市场的利用率，该平台对发电企业以及大用户双方都有想当可观的利益，促进双方的合作和经济的发展。

电力交易行业迈进到“互联网+”的时代浪潮中，不仅体现在技术上的迈进，而且体现在解决传统电力市场问题的角度发生改变，观念开始有了新的突破。该平台的实施既能打破商品交易的中间环节，而且去中介化，打造了创新平台。电力商品传输与销售完全依赖信息垄断的行为来获取超额利润的行业模式完全被打破，电力产品的生产者即发电企业可以更加直接的与购电方发生交易行为，不仅降低了成本，而且提高了效益。另一方面，建立“互联网+”的信息交互平台，即该电力交易领域的服务平台，是在信息平等的基础上，提供满足售电和购电双方信息共享的开放性的供需互动的商业系统，不仅可以满足供需双方基本业务需求，还能提供可靠的服务进而是双方都能从中获取盈利，相信经过市场不断对其迭代会促成一个功能完善，服务体验优质的电力互联网商业带，其发展潜力巨大。上述两层意义恰恰体现了该平台的实施是对《意见》提出了“管住中间、放开两头”思路的落地。推荐策略的引入也可以鼓励多买多卖，激发电力市场的活力，才能真正意义上打破供需用户单一的僵局。有电力改革的政策作为驱动，加之移动互联网技术的落地都会促进电力改革的成果和增加改革的红利。

## 研究现状



### 国内外电力市场交易模式

目前西方各国竞相进行电力市场化改革。美国、英国、北欧、日本等国家和地区通过改革来扩大市场范围，激励竞争，提高资源配置效率。随着可再生能源的发展，清洁能源消纳的需求也在一定程度上刺激市场。电力交易模式主要体现在发电和售电环节引入竞争机制。

美国电力改革集中体现在引入竞争机制，减轻对市场的干涉，降低电力成本，提高输配效率。由于美国国情，不同的州有不同的电力改革方案，共同点在于在原有的电力交易模式下引入市场竞争机制，按照电压等级和用电容量，分阶段、从大用户开始逐步放开用户选择权。售电主体准入由国家层面的监管机构进行审批。在美国1/3的州开放用户选择权。在财务方面，美国德克萨斯州要求售电主体或其担保公司有形资产净值不低于1亿美元【5】。美国售电侧放开的18个州中13个州大工商用户更换供电商的比例在80%以上，但居民用户行使购电选择权的比例普遍不高【4,6】。英国电力市场交易主要是电力交易所进行，电力交易所是独立于电网公司和发电企业的第三方交易市场，在政府的政策和条例约束下由电网公司组建，其主要业务是提供电力的短期交易，多数为当日电力现货交易市场，为电网公司监控供需不平衡的信息，并负责供需平衡的控制。英国对于用户选择权已经全部放开【4】，历时9年【4】。在北欧，世界上唯一一个横跨多国的电力交易市场，其电力市场服务体系拥有自身独特的特点，重点突出在电力市场的开放性。北欧电力交易所提供双边交易的电量信息和电价信息，成交量和成交价格的历时数据，接入的实时数据，统计数据每日现货市场价格数据，甚至还有提供用于研究的科研教学数据，绿色电力数据等等。这充分体现了北欧电力市场的开放性。日本的会员制在国际电力交易市场上别具一格。在市场上交易必须具有交易会员的资格。交易会员的申请需要提供相应的资金。日本电力交易所的市场分为日前现货市场，远期合约市场，自由合约市场三种【】。对于开放选择权用户上，日本开放范围扩大到全部用户的60%【4】，日本的垂直一体化电力公司，大用户不太喜欢更换电力供应商，电力公司的市场份额受市场竞争的影响较小【4】，十大供电商所占市场份额的综合高达93.9%【7】。

当前，我国电力交易改革突出点，在于发展大用户直接交易模式。主要内容包括市场主体准入机制、售电侧放开电力交易平台、发电商与售电商的交易模式、电价机制、余缺电量平衡机制、监督惩罚机制等方面。

1. 市场主体准入机制

当前，大用户直接交易还处于初级阶段，受体制和资源等多方面因素的影响，因此需要制定切实有效的交易主体准入机制，逐步推动交易向市场化开展，全面放开售电侧的市场成员交易，扩大发电企业、售电公司、电力用户的市场规模，利用市场经济的杠杆来优化配置电力资源。

2. 售电侧放开的电力交易平台

电力用户与发电企业直接交易是现阶段售电侧市场改革的主要手段之一，它一方面符合我国国情，便于操作，另一方面契合售电侧市场改革的基本要求。当前，售电侧市场放开后，发电商获得自主电力交易能力，且电力交易形式变得多样化，为更好服务于电力交易的新形势，实现国家-省两级交易平台协调运行，国家已经逐步成立了33个电力交易中心。2016年3月1日，国家级电力交易中心北京电力交易中心、广州电力交易中心同期挂牌成立。在国家电力市场化改革的有序部署下，其他31个省级电力交易中心也相继成立。

3. 发电商与售电商的交易模式

售电侧改革将产生独立的售电商群体，售电商直接从发电企业购电，形成电力市场的多样化交易模式。电力改革规定了三种类型售电主体：电网企业的售电公司、社会资本投资增量配电网（拥有配电网运营权）的售电公司、独立的售电公司（不拥有配电网运营权），第三类售电主体不承担保底供电服务。

4. 电价机制

大用户直接交易的价格机制包括交易电价、输配电价、辅助服务费用的计量与结算、收取方式、税费处理以及其他代收基金的安排等方面的机制。价格机制的确定对于大用户直接交易的成败息息相关。

5. 余缺电量平衡机制

在大用户实际生产用电过程中，用户的实际用电量与合同规定的交易电量往往会存在一定的偏差，此外，当发生突发事件或不可抗力事件时，用户实际用电量与直接交易的合同电量也有可能发生偏差。余缺电量平衡机制即为应对此类现象而制定的保障性辅助服务机制。

6. 监督惩罚机制

大用户直接交易包括发电、输配电、用电等各个环节，涉及地方政府、发电企业、电网企业、售电公司、电力大用户等各个方面，是一项复杂的系统工程。为保证交易的进入合法性、竞争有效性、交易规范与公平性、运营的安全性，必须建立相关监督惩罚机制。

电力行业被认为是垄断行业[5]，因为电力行业有单一的生产者承担，其目的是可以利用规模的经济模式达到提高效率、节约资源。在第二次世界大战结束后，因为经济的发展和科学技术的进步，电力行业也加快了发展的步伐，在20世纪下半叶许多国家电力工业的基本结构以垂直一体化国有垄断模式存在[6]，如在1946年和1947年，法国电力公司和英国中央发电局分别成立了国家范围内的垄断一体化的国有大型电力企业，美国虽然没有直接的在全国范围内成立电力国有化和垄断集中化，但是也在企业间进行了较大范围的合并。但是，电力行业的垄断经营模式虽然获得规模性的经济，却带来了资源配置效率降低的问题。因为垄断的企业是具有市场化的，其可以按照自身获得利润最大化来制定其垄断价格，由于垄断的价格超出边缘成本，势必会造成资源配置效率降低问题。为了控制由于自然垄断而带来的超额利润，各个国家对电力工业进行了电力改革制度，采取了价格管控。但是，价格管制难以解决因为垄断而带来的资源配置效率低下等问题，另一个原因是因为电力行业的垄断经营使其避免了市场竞争的压力，这势必会导致因为降低成本而缺乏提高生产的动力。因此，由于垄断经营模式，使电力行业的弊端远远多过由于规模经济导致的高效率。除此之外，电力行业由发电方、输配电方和售电主体三个环节组成，每个环节的规模经济模式特征并不是相同的，将电力行业笼统的认为是垄断经营模式是不太准确的。把电力行业各个环节分开管理，在发电方和售电方这两个环节引入市场竞争的模式，输电环节可以采取政府管控下的垄断经营。

通过以上内容的分析，在20世纪80年代末到90年代初，世界上许多的国家开始执行电力市场改革，改革内容主要体现在放松管制、引入市场竞争上。其中，英国最先启动大规模的电力市场化改革[7]，将原有的12个地区的电力局完全私有化，将电力池作为电力市场的交易中心，发电公司和地区电力公司与5000多个大用户通过该交易中心进行批发电力交易，通过电力市场的改革，逐步形成了全国统一的电力交场市场。并且通过电力改革，英国的电力市场不仅解决了以往供不应求的情况还将电价大幅度下降。在英国电力改革取得一定成果后，许多国家也相继展开了电力市场不同程度的改革，改革内容是解除市场垄断，引入市场竞争，优化资源配置和效率，增强电力行业的活力等也成为了现代电力行业的发展趋势[8]。

对比西方的许多国家，中国的电力行业的国有垄断模式经营也持续了一段很长的时间。国家电网公司掌握的全国大部分地区的发电、输配电和售电等业务。通过借鉴西方国家的电力改革经验，同时结合我国实际情况，1998年，中国的电力改革首先在东北电网的辽宁，吉林，黑龙江以及山东、浙江、上海作为电力改革试点地区，采用发电厂与电网分开的模式经营，目标是建立发电侧的开放市场。随即，2002年开始，6个省级的电力市场也开始按照不同的经营模式运营。到2002年，电力体制出台了相关的改革文件，方案制定了关于电力改革的大方向，改革提出重组发电资产，建立独立的发电公司。同时也要重组电网资产，分别设立了电网公司等其他改革方案，大大缩小了电力行业垄断经营的模式。通过改革，我国的电力市场逐渐趋于完善，截止到2015年，新的电力改革文件出台，全国大部分地区的发电企业都可以实施竞价上网的模式运行，符合条件的大用户可以直接向发电企业购电，实现发电企业与大用户点对点直接交易，这将是目前我国电力市场建设改革的重点。

### 推荐系统研究现状

推荐系统是[11,12]目前互联网中最常见的智能技术，无论是电子商务、电影网站、音乐网站以及目前的在线广告和在线应用推荐，推荐系统都扮演着至关重要的角色。在20世纪90年代早期，利用网络上数百万人的意见帮助人们寻找自己感兴趣的商品和内容非常具有诱惑力。目前为止，这个简单想法确实在不同的领域也证明了其有效性，这个简单的想法就是推荐系统的前身。1992年，帕洛阿尔托研究中心在Tapestry系统中引入了协同过滤推荐的概念和算法，向世人展现了如果将显示的标签数据以及隐式的用户行为数据存入数据库中，以及用户如何通过这些数据进行过滤选择出自己感兴趣的商品或内容。

纵观推荐系统的发展历程，主要有四个相互交叠的发展阶段。在早期阶段基本上就属于推荐系统的探索阶段，不仅包括了协同过滤还包罗了基于知识的推荐系统，在初始阶段，例如FindMe系统证实了推荐系统的有效性，为日后人们在该领域展开科研以及互联网商业实践方面奠定了基础。在这一阶段中关键的事件是1996年3月份在伯克利举办的推荐系统协同过滤专利研讨会，研讨会将不同领域的中的人们聚集在一起，主要围绕推荐系统这一主题进行商讨最终达成共识。接下来的发展阶段，推荐系统随着快速发展的互联网行业而展现其功能，1995年MIT的Pattie Maes研究组创立了Agents公司，后期更名为荧火虫网络，同期还有许多其他公司兴起并奋起直追，在实验过程中，工作人员为了证明推荐系统能够提供有效的推荐而遇到各种挑战。需要处理上百万的用户和物品以及每秒成千上百的交易，开发人员为了降低在线计算时间而开发许多新的推荐算法，包括至今还在应用的降维方法和基于物品的关联算法。在这一时期，推荐系统的研究领域非常广泛，例如冷启动问题、隐式评分及可信度等用户体验相关的问题。但是，随着2000年到2005年互联网泡沫的破灭，许多推荐系统公司由于无法将推荐利用到更全面的商业主流互联网公司而倒闭，但是推荐系统作为一种技术依旧广泛应用在电子商务、互联网推荐中。同时，推荐系统吸引了各个学科的研究人员加入，如机器学习，人工智能，数据挖掘等，他们将本学科的方法引入到推荐系统中，为推荐系统注入了新鲜血液，提供了更多新的方法和成果。由于可以获得海量的数据，推荐算法的研究成果取得了很大的提升，在2006年Netflix大奖赛上将预测精度提高10%被奖励100万美元更是将推荐算法推上了高峰。

在我国，互联网行业快速发展，中国的网民数量已经达到世界首位，网络消费正在悄然改变着人们的消费观念，成为最有潜力的消费主流。许多国内大型电子商务平台都引入了推荐系统，如淘宝网、京东商城、当当网等针对不同用户的购物行为分析其偏好，使用户体验到个性化定制的消费体验，在海量商品中更加容易获得自己感兴趣的商品。除此之外，一些社区网站的兴起使电子商务平台网站结合用户的社区网络进行个性化推荐，如人人网、朋友圈、微博等社交网络的兴起，以及以陌陌、微信等为代表的基于移动互联网的社交网络快速发展社交网络的蓬勃发展推动了个性化推荐技术的进步，也对新形势下个性化推荐提出了新的要求，加速了电子商务与社交网络的深度融合。

### 国内外典型移动交易服务系统

## 论文章节安排

本文主要部分分为六个章节进行，下面描述每个章节的研究内容。

第1章，绪论介绍了论文的研究背景和意义，阐述了论文的主要内容是基于电力改革的背景而提出的交易平台设计，并在系统中实现电力负荷预测及推荐算法。同时，介绍了电力交易的国内外研究现状以及推荐系统的研究现状。

第2章，相关技术介绍主要是详细介绍推荐系统中协同过滤算法，同时介绍了传统互联网推荐系统与移动端推荐系统的概念和区别，除此之外，还介绍了推荐系统的相关技术和电力预测技术。

第3章，基于用户属性相似度的协同过滤推荐算法主要是针对本文电力交易方式改变这一背景，提出了基于用户相似度的矩阵填充算法，填充后的矩阵实现基于用户相似度的协同过滤推荐，以列表的形式将Top\_k发电企业推荐给大用户，促进双方交易。

第4章，基于粒子群神经网络电力负荷预测主要通过粒子群优化神经网络算法，精确预测发电企业的电力负荷，以服务与推荐算法中关于发电企业推荐的电量匹配中。

第5章，电力交易推荐系统的移动端的实现主要介绍了移动端电力推荐系统的整体架构以及架构实现，并将预测算法与推荐算法在移动端平台实现，实现整体电力交易推荐系统。

第6章，总结与展望主要内容是总结整篇论文的思路与设计，并针对不足对下一步工作提出展望

# 