

[自备电厂]

新疆自备电厂发展分析与建议

文/国网新疆电力有限公司 马磊 张超 袁博 宋明曙
国网能源研究院有限公司 代贤忠 张玥 韩新阳

自备电厂在我国工业发展历史中发挥了重要作用，随着供给侧结构变化与电力市场改革进程推进，自备电厂的发展面临新的挑战。新疆自备电厂的发展经历了两个阶段，已建设形成相当规模。但仍然存在社会责任、市场机制和市场互动等多方面的问题，需要积极转型应对未来发展挑战。

自备电厂是我国特定的历史与体制背景下的发展产物。20世纪80年代，对高耗能产业的投资扩张直接导致我国电力需求的快速增长，政府为缓解社会电力供需矛盾，推行“多渠道办电”，由此引导工业企业投资发电业务。以煤炭、石化和钢铁为代表的大型工业用户自身电力需求大，并且属于重要负荷，纷纷建立自备电厂以接入企业输配电网络中，构成发、输、配集中的企业电网，在降低生产用电成本的同时提高了企业的用电自主性。在产业政策与经济态势的推动下，我国自备电厂规模不断扩大。

目前，我国自备电厂一般指高耗能企业为了降低自身生产成本建立的、以火电机组为主，采取自发自用，以用定发的供电模式的发电厂。自备电厂在为工业企业生产运营提供动力供应、降低企业生产成本的同时，兼顾周边企业和居民用电用热需求。2018年底，全国自备电厂装机容量为9 400万kW，占全国总装机容量的4.9%，占全国煤电总装机容量的9.4%，自备电厂已经成为我国电能供应的重要力量。

近年来，高比例波动性的可再生能源接入电网，对电力系统稳定性和灵活性提出新要求，同时使得电力供需矛盾逐渐转为供大于求。同时，中发[2015]9号文《关于进一步深化电力体制改革的若干意见》的出台，标志着我国电力市场改革

进入了新的阶段。在供给侧结构性变化和新电改环境下，自备电厂与电网如何协调发展面临新的挑战。

新疆是国家电网公司经营区内自备电厂装机容量较大的省份，新疆自备电厂的发展过程与运行现状具有其鲜明的特点。本文通过对新疆自备电厂的发展过程、发展现状以及现阶段存在的问题进行分析，结合当前政策背景，为新形势下自备电厂的发展提供了建议。

新疆自备电厂发展过程

新疆自备电厂发展可主要分为两个阶段，呈现出发展快，规模大，比重高，总体处于饱和阶段的特点。据统计，截至2019年3月，新疆自备电厂装机容量达2 264万kW。自备电厂占新疆总装机容量26.1%，其发电量接近新疆电网用电总量的50%。表1展示了新疆地区自备电厂发展的两个阶段及转折点关键年份的具体建设情况。

表1 新疆地区自备电厂发展阶段数据

发展阶段	加速期	政策转折	平稳期		
年份	2009	2016	2017	2018	2019
自备电厂 装机容量/万kW	174	2 033	2 194	2 256	2 264
火电总 装机容量/万kW	819	4 344	4 551	4 974	4 975
自备电厂占比 (%)	21.2	46.8	48.2	45.6	45.5

基金项目：国家电网公司管理咨询项目《供给侧结构改革和新电改环境下我国自备电厂运行管理与发展模式研究》

新疆自备电厂在2009年进入第一阶段——发展加速期。此阶段自备电厂的发展一定程度上依靠政府招商引资政策促进经济增长，建设自备电厂的同时，为新疆地区创造经济价值及就业机会。具体而言，政府出台的政策吸引了大量电解铝、煤化工等高耗能产业进驻新疆并配套自备电厂，分享新疆能源红利。2009—2016年，自备电厂呈现“井喷式”发展，连续8年平均装机容量增长率达36.4%，其中2011—2013年增速分别高达78.3%、75.5%和55.7%。新疆地区自备电厂总装机容量由2009年174万kW增长至2016年超过2 000万kW，自备电厂占比同期区域内火电总装机容量由21.2%增长至46.8%。自备电厂快速成为新疆电源建设和能源综合利用（余热余压余气利用）的重要形式。

2015年，新疆地区热电联产机组维持供热的最低出力首次超过电网负荷，自备电厂占比过高，已影响了新疆冬季供暖保障和新能源消纳。自备电厂企业集中建设后期的投资无效性逐渐显现，“井喷式”发展导致新疆公用电源装机比例减少，电网运行稳定性与安全性面临挑战。同年，我国电力市场改革进入新阶段，要求加强和

规范自备电厂的监督管理规范，使其成为合格市场主体。总体政策趋势上，自备电厂政策出台频率不断提高，监管用词愈发严厉，尤其对燃煤自备电厂的深化改革是实现能源转型的迫切要求。新疆电网积极响应我国电力市场改革政策，并落实对自备电厂监督管理的相关国家政策。2016年开始，由于国家层面政策导向的转折以及区域自备电厂发展过程中的历史问题凸显，新疆自备电厂在装机容量上得到控制并进入发展平稳期，自备电厂装机容量增长显著放缓。

新疆自备电厂运行现状分析

1. 自备电厂分类及特点分析

新疆自备电厂从一次能源类别可分为燃煤机组、资源综合利用类机组及少部分燃气机组，涉及的主要行业有电解铝、煤化工、电石、水泥和石油等。其中，燃煤发电机组按照发电属性可分为常规火电机组和热电联产机组。前者主要为满足本企业生产用电需求，其自发自用占比相对较高；后者可同时承担区域供热需求，通过“以热定电”可满足民生供暖。新疆各类型自备电厂数据统计如表2所示。

表2 新疆各类型自备电厂数据统计

自备电厂类型	常规火电	热电联产	余热、余压、余气	燃气
电厂数量/家	30	11	29	3
并网等级/kV	10~220	110~220	10~220	10~110
总装机容量/万kW	1 969.8	186.9	87.6	20
单机容量范围/万kW	0.3~110	0.15~13.5	0.3~5	0.06~6
总发电量/亿kW·h	173.97	28.23	1.79	3.35
自发自用/亿kW·h	160.55	22.23	1.59	3.07
自发自用占比/(%)	92.3	78.7	88.8	91.6

不同类型自备电厂其机组运行工况及性能存在差异，参与电网互动潜力也有所不同。以新疆一电解铝企业的自备电厂为例，电解铝生产线共有336个电解槽，正负极串联通入直流电进行电解。生产过程中的主要原料有氧化铝、阳极炭块、冰晶石等。电解槽停机时间一般不能超过4 h，且重启过程必须加入熔剂冰晶石，企业损失估计在2 000万元/h。电解铝自备电厂24 h生产运行且用电负荷必须保证稳定。调研结果显示，新疆神火自备电厂发电出力达到85%额定容量以上，其经济性可基本满足。在参与新能源调峰替代交易期间，新疆神火自备电厂发电出力可降至70%额定容量，机组实际最小技术出力可达到30%额定容量。

不同类型自备电厂的运行特性是自备电厂参

加电网互动时需要考虑的重要因素，而我国目前对自备电厂的分类方式及所属类型没有明确界定。结合新疆自备电厂的发电属性、燃料类型、汽轮机类型、所属行业及负荷特性等，本文提出一种以评估各类型机组调峰能力为目标的自备电厂分类方式，推进自备电厂参与源网荷互动的市场化机制设计。如根据机组发电特性与热力特性可将自备电厂按照汽轮机类型进行分类，即纯凝、背压式和抽凝式等。目前，纯凝机组最小技术出力可达到30%~35%额定容量，抽凝式机组在供热期最小技术出力可达到40%~50%额定容量，非供热期将更低。资源综合利用类自备电厂机组基本无调峰能力。另外，从自备电厂所属不同行业的负荷特性来看，部分自备电厂具备参与需求

响应的条件。综合考虑上述因素的自备电厂分类方式如表3所示。

2. 自备电厂社会责任落实

自备电厂作为具有相当规模的企业，应与其他公用电厂一同承担起相应的社会责任。目前，新疆自备电厂社会责任的落实情况如表4所示。

新疆自备电厂的社会责任中，属于电网互动

的主要有辅助服务与新能源消纳两方面。目前，新疆电力辅助服务市场的发电侧主体为公用电厂企业和自备电厂企业，两者参与辅助服务机制有所不同。新疆辅助服务市场主要通过市场化的经济补偿机制激励并网发电机组参与调峰，电厂通过单边现货市场交易参与辅助市场，依靠半市场半计划手段执行。新疆辅助服务市场的交易模式如表5所示。

表3 新疆自备电厂分类方式

发电属性	常规火电	热电联产	资源综合利用类
燃料类型	燃煤	燃煤	余热、余压、余气
汽轮机类型	纯凝	背压式、抽凝式	背压式、抽凝式
所属行业负荷特性	平稳性（电解铝等） 季节波动性（电石等）	以热定电 （化工制造、有色金属冶炼）	季节波动性（水泥等） 日波动性（钢铁等）
最低技术出力	30%~35%	无调峰能力 供热期40%~50%	无调峰能力

表4 新疆自备电厂承担社会责任情况

社会责任	承担情况
环境保护	30万kW以上自备电厂已基本完成环保改造
政府性基金缴纳	按照自发自用电量缴纳政府性基金
系统备用费缴纳	实行与市场挂钩政策征收系统备用费以支持新疆电解铝、PVC等重点产业脱困
参与新能源消纳	自2016年起，实施新疆燃煤自备电厂与新能源发电企业进行调峰替代交易
提供辅助服务	新疆自备电厂不纳入两个细则考核，但实际中提供一次调频辅助服务，供暖期强制性参与系统调峰，部分企业参与新能源调峰替代交易

表5 新疆辅助服务市场交易模式

交易主体	公用电厂	自备电厂
辅助服务	实时深度调峰、调停备用	停机备用、旋转备用
市场模式	单边现货市场	单边现货市场
调峰补偿	义务调峰：负荷率高于50% 有偿调峰：负荷率低于50%，负荷率低于45%按照深度调峰进行补偿	新能源发电企业对目录电价补偿

辅助服务市场年度合同通过市场化制定，双方报价报量匹配。但以调度执行为主，由调度机构代表购买调峰辅助服务用户。公用电厂主要参与电网实时深度调峰，其有偿服务补偿费用由区域内负荷率大于等于深度调峰基准的公用电厂及新能源企业按照调用时段共同分摊。深度调峰交易在供暖期和非供暖期采用“阶梯式”报价方式和价格机制，纯凝火电机组和热电机组在不同时

期分两档进行浮动报价。新疆自备电厂部分参与辅助服务市场，通过新能源调峰替代交易机制参与新能源消纳。这一机制是在新疆地区推行的过渡机制，旨在将有限的发电小时数向高效及环保的机组转移。由于新疆自备电厂职责规定中并没有调峰能力的要求，因此这一机制通过半市场半计划手段进行自备电厂调峰，具体交易方式如表6所示。

表6 新能源调峰替代交易机制

市场主体	自备电厂用户侧	新能源企业	电网企业
置换前	全部自发自用负荷	全部弃电量	系统调峰压力增加
置换后	部分负荷购买新能源企业发电量，获取目录电价补偿	部分弃电量得以增发，以获取国家新能源补贴	系统调峰压力减缓，收取过网费

2018年，新疆自备电厂参与新能源替代交易规模达80亿kW·h。新能源发电企业通过集中竞价交易增发其部分弃电量，由自备电厂用电负荷侧进行消纳。这一机制降低了系统的调峰压力，缓和了新能源弃电情况，平衡了市场多方利益。但目前来看，新疆自备电厂参与调峰的市场

机制实际在一定程度上依赖于国家层面的新能源补贴，未来在新能源补贴逐渐取消的政策导向下应引入更加完善的自备电厂参与市场互动机制。

3. 自备电厂经济性评价

自备电厂的经济结构主要由自备电厂发电侧、自备电厂用户侧、电网企业和政府四个主体构成，

如下图所示。其中，电网向自备电厂用户侧收取基本电费，所有工业用户都必须缴纳，执行容量/需量两部制收取，向自备电厂发电侧收取系统备用费，所有自备电厂企业必须缴纳。用户侧还需要承担政府性基金及附加费用。对于并网自备电厂，此部分金额由电网企业负责代征。对于孤网自备电厂，由于不属于电网用户，直接与政府部门进行对接。

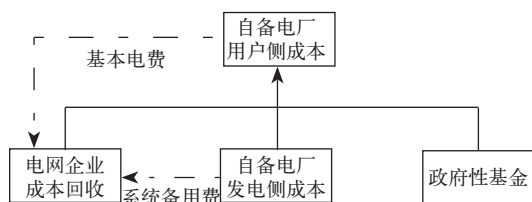


图 新疆自备电厂成本结构

总体而言，新疆自备电厂按照这一经济结构运作良好，自备电厂侧在缴纳各项费用后，仍然可以保持其较低的发电成本，而政府侧对于自备电厂基金及附加的缴纳义务也基本得到履行。但是，企业自行上报的自发自用电量缺乏监管与核准。因此，对自备电厂政府性基金的缴纳应进一步完善相关监管政策。

自备电厂面临的问题

供给侧结构性变化和新的电力市场改革政策对自备电厂提出了新的要求，如何成为合格市场主体顺利融入电力市场，参与市场互动，协调新能源消纳，承担社会责任，是自备电厂未来发展所必须考虑的问题。

自备电厂需要解决合规性问题才能成为合格市场主体。目前，自备电厂在发展中表现出不规范性，如表现在审批手续不完全、机组未核先建、批建与项目和建设不同步，产业政策导向与统筹规划不协调等方面。应联合政府部门明确不同类型的核准主体，落实相关核准程序。全面清理违法违规建设和没有取得发电业务许可证的自备电厂。加强统筹规划，规范协调自备电厂的规划建设，促进燃煤自备电厂的良性发展。

自备电厂所承担的社会责任不明确且不全面。新疆并网运行的自备电厂目前主要被动履行政府性基金及附加和系统备用费等缴纳、机组环保改造升级等社会责任。自备电厂建设为自发自用且自平衡，原则上不会主动参与新能源消纳及系统调峰，且对电网调度响应并不积极。目前没有明确自备电厂与可再生能源协同发展及参与系

统调峰等社会责任，因此自备电厂普遍强调其企业发电成本的经济性，缺少对社会责任全面系统的认知和承担。

自备电厂与公用电厂缺乏公平的竞争性市场环境及监管机制。新疆公用电厂年利用小时数为3 200~3 300 h，自备电厂一般无计划检修，年利用小时数达到6 600~7 000 h。现行辅助服务市场机制无法激励所有自备电厂提供辅助服务。因此，对公用电厂来说，过频过重的深度调峰、起停调峰以及较低的发电利用小时数，使其成本经济性不断压低。同时，在监管机制设计中应促进自备电厂与公用电厂的同等管理，推动其成为合格市场主体，承担应尽社会责任。

能源转型下自备电厂对自身在电力市场中的角色及定位不是很清晰。自备电厂的市场角色正在发生改变，从自发自用的高耗能企业转变为可自由参与市场互动的产销者。由于自备电厂发电资源和负荷中心直接相连，可同时作为能源供应者和消费者参与电力市场交易中。长期以来，自备电厂的电网供需调节潜力未被充分调动，无法以有效的市场化方式参与电网的双向互动，基本不主动参与系统调峰。现行的自备电厂参与新能源企业调峰的替代交易机制，也具有一定政策导向，对不同类型自备电厂及调峰深度等均没有明确规定。目前，亟需建立自备电厂可自由参与、公平竞争的市场平台，自备电厂企业在未来应作为参与市场互动模式的执行主体。

当下自备电厂互动机制的关键问题是价格信号的缺失。未来通过价格信号发挥优化配置资源，通过价格信号引导，以激励包括自备电厂在内的所有用户参与电网的资源优化。同时，市场均衡的过程就是供给需求弹性决定的过程，市场机制设计应反映供给和需求的弹性化。基于自备电厂协同参与辅助服务市场的经济性，考虑其成本分摊、价格设计、电价调节机制和产业效益等。

自备电厂未来发展方向

指导思想，积极落实能源转型发展战略，以可再生能源配额制为顶层设计。对于涉及全国重大生产力布局及战略性资源开发等项目的建设投资，应加强统筹规划，严格实行核准管理。推动各省高耗能产业健康发展，从源头加强自备电厂企业的规划建设及协调发展。

政策导向上，从监管政策与市场秩序方面，

(下转第41页)

1) 带线路测试联跳: 被联跳后启动线路测试, 包括电流速断保护跳闸、过电流保护跳闸、上升率保护跳闸和大电流本体脱扣保护跳闸。

2) 不带线路测试联跳: 被联跳后不进行线路测试, 包括综控室紧急分闸、框架电流保护动作。

5. 双边联跳方案的特点

1) 优点: 回路元器件和接线较少, 集成化高; 光纤传输, 线路抗干扰能力强。

2) 缺点: 故障查找困难; 成本较高。

三种双边联跳方案的比较

1. 北京地铁9号线双边联跳方案

该双边联跳方案使用硬接线和继电器构成联跳的回路, 具有联跳回路清晰、故障易查找、故障原因分析快和元器件更换方便等特点。且联跳信号为DC220V持续信号, 可以不经任何转换直接让邻站相应馈线柜内跳闸继电器动作使馈线开关跳闸。

但该联跳回路中的接线和继电器的数量最多、故障点较多且抗干扰能力较差。所以, 该方案适用于建设资金紧张、周边干扰源较少且工期较紧张的地铁线路。

2. 北京地铁机场线双边联跳方案

该双边联跳方案使用屏蔽双绞电缆、信号转换器、继电器构成联跳的回路, 具有调试后系统运行长期稳定、故障点少等特点。且联跳信号为高频电信号, 经过滤波器过滤后可以准确接收联

跳信号使馈线开关跳闸。

但该联跳回路需要长时间调试来过滤干扰源、抗干扰能力一般。所以, 该方案适用于建设资金适当、周边干扰源较少且工期较宽松的地铁线路。

3. 北京地铁亦庄线双边联跳方案

该双边联跳方案使用通信光缆、光电转换控制器和继电器构成联跳的回路。具有回路元器件和接线较少、故障点较少、集成化高和安全性高等特点。且联跳信号为光信号, 传输介质为高质量光导纤维电缆, 防干扰性能强。

但该联跳回路故障点不易查找, 且光电转换控制器、联跳光缆等成本较高。所以, 该方案适用于建设资金充裕、周边干扰源较多且工期较紧张的地铁线路。

结束语

目前, 全国各大城市甚至中型城市都在大规模地进行地铁建设。但是各种不同的城市现状和地质条件, 对于双边联跳保护的影响也日益显现。为了应对这些不同的情况, 本着安全、高效、节约及稳定的宗旨, 需要使用不同的双边联跳方案进行匹配。所以, 在地铁建设时, 设计者和建设者们更应该根据项目情况、城市现状和地质条件合理选择适合项目的双边联跳方案。EA

(收稿日期: 2019.04.02)

(编辑: 朱金凤)

(上接第37页)

推动自备电厂转型与发展。包含三个层面, 一是明确自备电厂所承担的各项社会责任, 需要把完成可再生能源消纳目标纳入自备电厂的责任体系中; 二是协调各政府部门完善自备电厂监管体制, 实施与公用电厂同等力度的管理细则; 三是推动自备电厂成为合格市场主体, 自由参与市场交易, 以保障资源合理配置下市场的竞争性, 并进一步深化供给侧结构性改革。

市场目标上, 探索自备电厂可自由参与的市场互动机制, 推动建立我国完善的辅助服务市场。将自备电厂作为市场主体纳入市场机制的设计中, 基于价格信号以激励性机制引导自备电厂主动参与辅助服务市场中, 承担可再生能源消纳及系统调峰等社会责任, 并合理分配市场资源。有效协调自备电厂企业、新能源发电企业和公用

电厂企业等相关方的利益分配, 因地制宜促进当地新能源消纳, 提高能源利用效率, 实现社会效益与企业经济效益的统一。

结束语

新疆地区的自备电厂经过长期的发展, 已经成为新疆工业企业重要的组成部分。目前, 新疆的自备电厂整体经济运作良好, 也承担起了社会责任, 但在供给侧结构变化和新一轮电力市场化改革的背景下, 自备电厂未来发展还存在诸多问题。为了融入电力市场, 适应环境变化, 自备电厂需要改变指导思想, 服从政策导向, 主动参与市场, 以积极转型发展应对未来的挑战。EA

(收稿日期: 2019.09.12)

(编辑: 朱金凤)