

国外同步联网的大电网发展对建设特高压网的启示

◆ 曾庆禹

(中国电力科学研究院, 北京 100192)

1 国外同步联网形成的超高压大电网的现状与发展

目前, 国外通过同步联网形成的超高压大电网, 装机容量达到或超过200GW的有: 欧洲输电联盟电网(UCTE)、北美东部互联电网(Eastern Interconnection)、北美西部互联电网(Western Interconnection)、装机容量约为216GW的俄罗斯统一电网等。日本西部互联电网的装机容量为127.6GW。

1.1 欧洲输电联盟(UCTE)超高压大电网

UCTE超高压大电网于1951年由德国、法国、意大利、比利时、荷兰、瑞士、奥地利和卢森堡等8国电网通过同步联网(synchronous coupling)形成, 并逐步扩大, 遂发展成为400kV超高压大电网。20世纪90年代, 原与前苏联统一电网联网的中欧和东欧国家同步电网(IPC)逐渐转向与UCTE联网。由于中东欧国家电网的频率调节等特性与UCTE有较大差别, 因而UCTE大电网于1993年通过建在奥地利边境的Durnrohr和德国边境的Etzenricht两个直流背靠背换流站同IPC的部分国家电网后才实现直流联网。IPC部分国家电网后来经过几年的技术测试和有关装置的更新配置, 符合UCTE的标准后才于1996年将背靠背换流站直流联网改为同步联网。2006年, UCTE电网通过跨海电缆与非洲的摩洛哥电网实现同步联网后, 便发展成为由24个国家电网组成的, 以400kV输电网为主的包括通过750、220和134kV等联络线同步联网的大电网, 装机总容量约631GW。目前, UCTE大电网已形成从非洲摩洛哥到波兰, 从比利时到希腊数Mm距离, 覆盖西欧、东中欧和东南欧以及北

非, 供电服务人口5亿多的超高压同步大电网。

UCTE正在与有关国家协商, 并通过同步联网可行性研究, 计划将超高压同步大电网扩大到北非大陆、西亚大陆, 并与俄罗斯电网互联。正在研究接入UCTE同步电网的国家电网有: 土耳其、乌克兰、北非的突尼斯、利比亚以及埃及等国电网。UCTE预计到2009年底, 其装机容量将达667~668GW, 到2020年达到791G~873GW。

1.2 北美东部互联电网

美国有3100个电力公司和电网公司, 其中区域性电力(网)公司223个。各电力(网)公司的电网与周边电网同步联网, 遂逐步形成三大互联电网, 并与加拿大和墨西哥部分电网实现同步联网形成北美三大互联电网, 即北美东部互联电网、北美西部互联电网和美国得克萨斯互联电网(ERCOT Interconnection)。其中北美东部互联电网是最大的超高压同步电网。

北美东部互联电网由美国的179个容量大小不同的区域性电网和加拿大的5个省电网构成, 地域覆盖美国从西到东的37个州和加拿大的纽布伦瑞克、马尼托巴、安大略、魁北克和萨斯喀彻温等省。2006年全网装机容量为785.762GW, 其中美国电网装机容量为708.467GW。预计到2010年装机容量将达到807.345GW, 其中美国电网装机容量为729.561GW。2005年, 全网230kV及以上的输电线路总长为213122km, 其中美国电网155635km。

1.3 俄罗斯统一电网

俄罗斯统一电网是在前苏联计划经济体制下, 由统一规划各区域电网同步联网形成的超高压同步大电网。该电网地域覆盖俄罗斯和10个独联

体国家，形成了东从俄罗斯东西伯利亚西到欧洲波罗的海沿岸独联体国家，北从俄罗斯西北部到中亚地区的吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、土库曼斯坦等国，绵延数Mm。

2 国外同步联网的超高压大电网的特点

UCTE中，大多数国家电网的电源和负荷中心分布比较均衡，不存在明显的远距离输电问题。该网是一个网格式电网结构、地区网间联系强、电源分两个电压层次接入电网的分层分区同步大电网。

UCTE电网划分为24个运行调度区。调度区基本上按国家电网区划划分，但又不同于国家电网边界。在24个调度中心以上有一个名称为European Network of Transmission Operators for Electricity (ENTOE-EU)的电网协调中心。2007年冬，UCTE电网的发电机组最大可用出力为646.4GW，实际运行的最大出力为640.4GW，全网最小运行备用仅0.94%。在发电最大运行出力时，各国电网间边界联络线最大交换功率为38.4GW，占最大运行出力的6%。全网年发电量为2607.3TWh，全网边界联络线交换电量为350.8TWh，占总发电量的13.5%。

北美东部互联电网，多数为发电和负荷供需基本平衡的电网同步联网，也有水、火电供需互补的电网互联。各电网内部网架结构较紧密，但电网之间既有近距离互联，也有远距离互联。该互联电网的联络线电压等级从110kV到765kV多达6个电压等级，联网结构较为复杂，联网层次不甚清晰。

北美电力可靠性协会(NERC)负责制定大电力系统可靠性标准，分析和评价电网运行可靠性及发展规划，促进北美互联电网的安全运行。按供需基本平衡的原则，NERC将北美东部互联电网划分为14个电网安全协作区，其中美国10个。NERC每年对14个区域电网高负荷时段的网间联络线的交换功率，从大电网运行安全角度提出建议。

北美东部互联电网，正常运行时各电网间交换功率较小。以ECAR区域电网为例，正常运行时该电网与5个相邻电网的交换功率仅为发电最大运行出力的3%；最大允许交换功率为19.5%。正常运行的交换功率为经济交换功率，而最大允许交换功率受到运行备用的网间相互支援可交换功率的限制。

北美东部互联电网，目前尚无全网联网运行调度。在电力市场化改革之前，联网运行调度由联网各方按协议调度，联网运行安全由NERC监管；电力市场化改革之后，联系紧密的区域电网按自愿原则委托独立系统运行机构，即(ISO, Independent System Operator)或RTO(Regional Transmission Operator)进行统一的安全经济运行调度和市场交易管理。北美东部互联电网已建立了6个ISO或RTO。没有建立ISO或RTO的区域电网的联网调度仍执行联网协议调度。

俄罗斯统一电网由9个区域电网组成。区域电网之间分别以220、330、500和750kV联络线实现同步联网，形成以中央区域电网为主的链状联网结构。区域电网间的距离较远，多数联络线联系较弱。为确保统一电网安全稳定运行并产生好的联网效益，电网建设和运行按相邻电网容量规模确定联络线的联系强度，即联络线的静稳定极限与小电网容量之比。根据联络线电压等级和联络线长度的不同，联络线联系强度分别按2.5%~14%确定。发电电源按两个电压层次分别接入区域电网。

俄罗斯统一电网实行统一安全经济运行调度，设立统一电网中央调度中心、区域电网调度中心以及地区电网调度中心，进行分层分区电网运行调度和电力市场交易管理。在各级调度中心的功率频率自动控制(AGC)之外，区域电网间联络线还进行联络线功率频率自动控制。通过联络线功率频率自动控制使各区域电网间的交换功率在安全稳定允许裕度范围，确保统一电网的高精度频率稳定性和运行稳定性，减少各区域电网运行备用。根据统计，与各网不同步联网相比，同步联网可减少运行备用装机容量12GW。同时，还可避免区域电网内发生严重故障时波及相邻电网而引起大面积停电事故。

3 超高压同步联网的目标和联网效益

上述同步联网绝大多数是电力供需基本平衡的相邻电网之间的同步联网和网间经济功率交换的同步联网。联网形式主要是相邻电网周边架设联络线实现联网，俗称“周边联网”。同步联网不是强制性的，而是参与联网的各个电网共同协商形成的。在确保对用户安全经济连续供电的基础上，产生更大的电网和发电的经济效益，通称为“联网效

益”。此种联网效益既是推进同步联网的动力，又是同步联网的目标。参与联网的各个电网都能在联网中获得效益。

同步联网的联网效益主要有：

(1) 参与联网的各个电网在高峰用电负荷时段可经济合理地输入电力，减小网内发电机组的最大出力，相互之间实行错峰填谷调节，从而减轻电网内的发电电源应对峰谷差的压力，提高发电利用率，进而减少电网内装机容量。

(2) 参与联网的各个电网可共享大电网运行备用容量（又称旋转备用），从而可显著减少网内的运行备用容量。电网运行备用包括负荷备用、调频容量和运行事故备用。电网运行备用是电网安全稳定运行，高质量、高可靠性供电的基础和保障。电网越大，运行备用所占电网容量的比例越小。大电网运行备用容量小于各电网单独运行所需运行备用的总和。10000MW级容量规模电网的运行备用一般应保持在最大负荷的5%~15%。减少大电网内各电网运行备用是同步联网最显著的联网效益。以UCTE电网2007年冬季运行为例，在冬季最大负荷时，全网运行备用为0.94%，全网运行备用总容量达6020MW。若网间联络线不受阻，UCTE内每个电网则都可获得近6000MW的运行备用容量。这样，一个最高负荷为50000MW的电网，以1%的运行备用计，则实际可获得12%的运行备用。若各电网单独运行按10%运行备用考虑，UCTE内各电网运行备用容量总和将达63438MW，相当于一个超高压较大容量电网的装机容量。各电网共享大电网的运行备用数量受联络线联系强度限制，联系越强，共享的运行备用数量越大，因而运行安全稳定性也越好。

(3) 参与联网的各个电网可减少检修备用容量。在检修期可从大电网经济合理地输入功率，从而减少电网内发电机开机数和发电功率，相当于大电网为其提供检修备用。

(4) 参与联网的各个电网间经济功率与电能量的交换，可降低用电成本。大电网中各个地区，各种不同发电能源在不同时间的上网电价是不同的。各个电网间合理的电力交换将使高效率、低上网电价的发电机组在竞价上网中发挥优势，实现节能经济调度。这样，既可降低用电成本，又能节能减排。经济功率和电能交换的数量同样受到联络线联系强度的限制。如前述，超高压大电网经济交

换功率一般在3%~6%，交换电能量在10%左右。

(5) 提高供电可靠性和供电频率质量。电网规模越大，频率波动偏差越小，频率动态稳定性越好。各电网运行得到相互支持，用户供电可靠性更高。

4 同步联网的超高压大电网大面积停电事故分析

同步联网的超高压大电网会产生显著的联网效益，同时也会发生令人瞩目的大面积停电事故。此种停电事故按起因大致可分为两类：

(1) 大范围严重自然灾害，如暴风雨、暴风雪、冰冻、地震和地磁暴等引起的大面积停电；

(2) 常见的自然灾害，如由雷电和电气设备本身缺陷引起的严重电网故障，并发展为连锁反应引起的大面积停电。

根据有关资料统计，所述的国外5大同步联网形成的超高压大电网中，北美东部互联电网、北美西部互联电网因严重故障连锁反应引起的大停电较多，UCTE同步电网次之，俄罗斯统一电网和日本西部互联电网近些年未见大停电事故报导。

国外超高压大电网主要大停电事故及其起因，如表1所示。

从表1中可知，大电网发生的大停电事故，绝大多数是由于严重故障被切除后大量功率转移，引发连锁反应，扩大事故，导致系统稳定破坏，或电压崩溃，或频率崩溃，从而造成大面积停电。

虽然各次大停电事故的连锁反应过程不尽相同，但影响连锁反应扩大事故的因素是相似的。主要的影响因素有：①电网结构，②系统运行缺乏足够的安全裕度，③系统动态无功容量不足，缺乏有效控制，④调度人员不能监视整个系统的安全运行，⑤系统继电保护缺乏整体协调与配合，⑥安全自动装置的系统配置和协调欠缺，⑦缺乏对运行人员进行预防大停电事故的培训。大停电事故是这些因素综合影响的结果。下面主要分析前4个因素。

(1) 电网结构。

同步联网形成的超高压大电网，参与互联的各电网的电网结构较坚强，而网间联系较弱。当联络线输送功率较大时，无论是各电网发生内部故障，还是联络线发生故障切除后，整个系统阻抗变化较大，整个大电网的系统稳定水平较低。特别是多

表1 北美东部(ea)、西部(we)、UCTE大停电事故

大电网名称	大停电事故名称	损失负荷(MW)及受影响居民数	大停电发生时间	大停电持续时间	大停电起因
ea	美国东北部大停电	20000MW, 3000万人, 美6个州和加1个省	1965-11-9	13h	1条输电线路跳闸, 功率转移, 其他线过负荷跳闸
ea	美国纽约大停电	6000MW, 900万人	1977-07-13	26h	2条外部联络线故障跳闸, 与周边电网解列, 供需严重不平衡
ea	北美中西部大停电	950MW, 15万人, 美5个州, 加3个省	1998-06-25	19h	1输线路故障跳闸, 功率转移, 电磁环网线路过负荷跳闸
ea	美加东北部大停电	61800MW, 5000万人, 美8个州, 加1个省	2003-08-14	29h, 4~7天	1条输电线路故障跳闸, 功率转移, 使3条输电线路故障跳闸, 并动态无功严重不足
we	美国西部沿岸大停电	12350MW, 500万人	1982-12-22		2条重载输电线路故障跳闸, 功率转移, 其他线路连续跳闸
we	美国西部大停电	11650MW, 200万人, 美14个州, 加2省, 墨1州	1996-07-2	<10h	输电线路故障, 保护误跳线路,
we	美国西部大停电	28000MW, 750万人, 美14个州, 加2个省, 墨1个州	1996-08-10	9h	重载输电线路故障, 保护误跳线路, 功率转移, 电压低落, 低频振荡
UCTE	法国大停电	29000MW, 法国2/3地区停电	1978-02-19	8h30min	联络线过负荷跳闸, 受端电压低落, 与周边电网解列, 电压崩溃
UCTE	意大利大停电	5600万人, 意大利和瑞士	2003-12-28	<10h	意大利与瑞士输电线路故障跳开, 功率转移, 过负荷跳开与法国的联络线
UCTE	欧洲西部电网大停电	1500万人, 德、法、意、比、西、葡等国受影响	2006-11-4	整个电网按频率解列为3块, 2h	跨越边界双回联络线故障跳闸, 功率转移, 接着其他联络线过负荷跳闸

个电压等级, 多条联络线在不同节点联网时, 可能形成大的电磁环网, 从而明显降低系统稳定水平。北美互联电网, 网架结构分层分区不清晰, 导致各网内部故障和联络线故障都会波及相邻电网, 从而导致大面积停电事故风险相对较大。UCTE电网内各电网为网格式结构, 网间联系较强, 仅部分周边联网相对较松散, 因而大停电事故主要由重载的联络线引起。日本西部互联电网在最高电压为275kV时, 于1965年发生过关西大停电事故。事故后, 各电网逐步建设500kV网格式结构电网, 并且相互间也以500kV双回输电线形成格式结构电网同步联网, 每回线正常输电能力可达2500MW, 单回线短时可输送5000MW, 形成分层分区网架结构清晰的互联电网。这种坚强的互联电网结构, 大大地减少了大停电事故的概率。从此, 日本西部互联同步电网再未见到大规模停电事故报导。

(2) 系统运行缺乏足够的安全裕度。

北美可靠性协会(NERC)对北美互联电网在夏、冬高峰负荷大运行方式进行安全分析, 并给出各区域电网间联络线输送最大功率限值。UCTE联网调度中心(ENTOE-EU)对各国电网边界联络线在高峰时段输送的功率进行安全校核。这对系统运行安全有一定保障作用, 因为不是在线的运行安

全校核, 不能确定系统单一元件发生故障或同杆并架双回线发生故障被切除后, 系统运行的薄弱点。在某些区域调度中心进行的在线安全校核, 存在仿真模型不准确, 特别是负荷模型不符合电网运行实际, 电网模型过于简化, 造成某些运行情况下系统运行安全裕度与实际情况差别较大。另外, 由于缺乏系统安全监视手段, 在系统元件故障被切除后, 系统运行人员不能重新评估系统的运行条件, 并采取相应措施使系统运行重新调整在安全限制之内。这样, 元件故障被切除后, 功率转移会使另一些元件过负荷跳闸, 从而故障连锁反应造成大停电。

(3) 系统动态无功容量储备不足, 缺乏有效控制。

无功供应是维持系统运行电压和传输功率不可或缺的系统条件。大多数故障发展为连锁反应, 动态无功不足是一个重要的因素。输电线路输送功率越多, 需要供给的无功功率也越多。发电机无功源和静止无功补偿是系统两个无功功率源。发电机供给的无功功率受其过励和端部绕组温度限制。在系统重负荷运行条件下, 因发电机无功模型的不准确, 其动态无功输出极限的评估也会不正确。当输电线路故障被切除后, 功率转移到非故障

线路，其需要的无功功率可能超出故障前需要的无功功率。在负荷端动态无功储备不足的情况下，输电所需无功功率将从送端发电机远距离供给。当发电机无功功率输出评估高于实际无功输出时，将使负荷端电压下降。这时，负荷因电压下降需要更多的无功功率，形成恶性循环。当动态无功缺乏有效控制，不能阻止负荷端电压下降时，便会扩大事故，致使系统电压崩溃。法国大停电是典型的系统电压崩溃造成的大停电事故。

(4) 调度人员不能监视整个系统的安全运行。

北美互联电网分散调度，系统运行人员不能分层分区监视电网的运行状态，包括无功储备和功角监视，及时采用稳定措施是出现大停电较多的一个不可忽视的手段。俄罗斯统一电网在各区域电网联系较弱的情况下，实行统一调度，采取安全稳定措施，使区域电网内发生故障时不至于波及相邻电网，确保了大电网安全稳定运行。近些年来未见俄罗斯统一电网大停电事故的报导。

5 同步联网的超高压大电网的适应性问题

同步联网的超高压大电网，因其联络线电压等级低，输电能力小，面对竞争剧烈的电力市场、节能和保护环境，面临严峻的挑战。

5.1 输电阻塞，经济交换功率受限

竞争的批发电力市场产生经济社会效益的重要前提是区域电网间的强联系，使成本低的电力优先上网。同步联网的超高压大电网，因网间输电能力小，天天显现出不能适应批发电力市场跨网输电的需要。在美国，区域电网间交换功率因各州间联络线输电容量小，输电阻塞，已成为批发电力市场的“瓶颈”。由于输电阻塞，经济功率交换受到严重影响，因而用电成本上升。据美国能源部的调查和估算，每年区域电网间输电阻塞成本达数亿美元以上。对北美东部互联电网的186条输电线调查统计表明，有50条输电线发生阻塞，其中21条1年有10%以上时间受阻。北美东部互联电网中，从ECAR区域电网到MAAC区域电网0.176GW功率阻塞时间占全年的89%，从MAAC区域电网到NYPP区域电网2.797GW功率阻塞时间占全年的50%。

5.2 电网功率损失率上升，短路电流水平升高

国外同步联网的超高压大电网的电网功率损失和电能损失率从20世纪90年代以来有明显上升。由于输电网电压偏低，美国电网功率损失率已

从1970年的5%上升到2001年的9.5%。

超高压大电网的电源接入，从区域电网来看，由两个电压层次分区接入。大机组进入高一级电网的比例增加，解决了高压输电网短路电流升高的问题。随着同步联网的大电网容量规模的增加，短路电流水平逐步升高。UCTE大电网，地区电网和国家电网之间联系都比较紧密，最大短路水平升高明显。1975年，UCTE大电网，380kV输电网最大短路电流水平为6k~50kA，1980年已达到63kA。在UCTE大电网中，德国电网短路电流水平升高较快，拟采取当故障发生时将母线分段限制短路电流措施，使380kV电网的最大短路电流水平限制在80kA之内。

5.3 不能实现电网间紧急事故支援和跨网大容量输电

电网间紧急事故支援和跨网大容量输电，首先需要大容量联络线，才能适应相联的某一区域电网突然失去最大电源容量时，保持互联的整个电网发生故障后动态过程的稳定性和事故后的静稳定运行。联络线和区域输电网电压等级相同的情况下，区域输电网和联络线都不可能承担大容量紧急事故支援和跨网大容量输电任务。前述的超高压大电网联络线输送的功率多为互联的小电网容量3%~5%，只能承担运行备用，不可能承担紧急事故备用。这一点也正是目前同步联网的超高压大电网发生大停电事故的重要根源之一。

正是由于电网间联系不紧密，会造成互联电网运行不灵活，而使大电网有一定的停电事故风险，而不是“系统愈大愈紧密，系统事故的波及范围也愈大，发生系统性事故的概率愈高”。这种笼统的结论不符合实际情况。

6 直流联网不能产生同步联网的经济效益

UCTE超高压大电网与英国和北欧4国电网的联网采用了海底电缆直流联网方式，解决了长距离交流海底电缆输电充电功率大、电介质损耗大等问题。从UCTE大电网运行可知，直流联网主要解决电网间的分时段经济功率交换，直流联络线每天运行时间短，交换电量较小。

北美东部互联电网通过10个直流背靠背换流站与北美西部互联电网和美国得克萨斯互联电网进行直流联网。10个直流背靠背换流站额定功率总计为2400MW，每个背靠背换流站额定平均交换功率为240MW，主要解决大电网与小电网弱联

系的功率交换问题。在这种情况下,交流联络线因随机功率波动大,不能稳定地交换功率,因而必须采用直流联网。

UCTE大电网与中东欧电网最初采用两个直流背靠背换流站联网,而后来撤除背靠背换流站,改为同步联网。在UCTE有关报告中明确提出,除非个别特殊情况,今后不再接纳直流联网。2003年北美互联电网发生大停电事故后,加强了765kV跨州交流联络线的建设,使765kV输电线长度由2001年的3925km增到2008年的15122km。

直流联络线具有电网内部故障不影响相邻电网的隔断作用。两大同步大电网,面临一定的大停电事故风险,但为什么不采用直流联网?主要是因为直流联网从原理上不能取得同步联网的经济效益。

为了减少同步联网的超高压大电网的大停电风险,同时全面获得联网效益,从目前的电网技术发展水平来看,在超高压电网之上建设特高压输电网,形成了分层分区,电网结构清晰的特高压大电网是大电网的重要发展方向。

7 同步联网对建设特高压电网的启示

同步联网的超高压大电网,电源分两个电压层次分区接入。在超高压电网之上建设特高压输电网,形成分层分区特高压大电网,电源可按3个电压层次分区合理接入。特高压联络线的输电容量和输电距离可分别为500kV的近5倍和2倍以上。因此,特高压大电网的容量和跨越地域规模将

远远超过UCTE同步联网的超高压大电网和北美东部互联大电网。

同步联网的超高压大电网已产生显著的联网效益。同步联网的特高压大电网,由于跨网输电容量大,输电距离远,可同时产生全面的联网效益和输电效益,可解决同步联网超高压大电网难以解决的问题。

同步联网的超高压大电网的大停电事故的起因主要是:电网重载元件严重故障被切除后,大量功率转移,引发连锁反应,扩大事故,导致系统稳定破坏,或电压崩溃,或频率崩溃,因而造成大面积停电。电网结构合理,电网控制有效的同步联网的超高压大电网的运行已表明,可避免发生大停电事故。同步联网的特高压大电网,构筑合理的电网结构,优化电源分层分区接入,无功电源分层分区补偿就地平衡,统一与协调相结合的分层分区调度和控制,加强在线动态安全分析,在获得更大的同步联网效益的同时,大停电风险的概率也可降低到最小。■

作者简介:



曾庆禹,教授级高级工程师,中国电力科学研究院原副院长,中国电机工程学会原常务副秘书长,从事电力系统运行与控制研究,科研成果获一项国家科技进步奖,2000年以来,在全国性学术技术期刊上发表有关变电站及自动化、光电数字电气量测、电力市场、特高压输电等方面研究论文10篇,其中3篇入选《中国科技发展经典文库》,参与《特高压电网》一书的编写工作等。

中3篇入选《中国科技发展经典文库》,参与《特高压电网》一书的编写工作等。

简 讯

《中国电机工程学报》程序文件讨论会召开

7月30日,在中国电机工程学会总部449会议室召开了《中国电机工程学报》程序文件讨论会。中国电机工程学会秘书长李若梅,《学报》社长何长华,常务副主编张文涛、范明天,编辑部主任陈树勇参加了会议。会议由何长华社长主持。

为了规范学报的编辑出版工作,稳步提升期刊质量,依据《中华人民共和国著作权法》等法律法规的相关规定和有关科技期刊编辑出版方面的国家标准,借鉴ISO9000质量管理体系,《学报》制订了编辑出版工作程序,程序文件规

定了《学报》编辑出版的职责和工作程序,以加强编辑出版工作的规范性,保证期刊质量。

会上,对程序文件中有关文件进行了修订,进一步明确了组织机构和岗位职责的相关内容,并把程序文件纳入编辑的绩效考核中,加强了文件的执行力度。

中国电机工程学会综合部副主任周纛,会刊《动力与电气工程师》编辑部周文、《学报》编辑部副主任韩蕾和全体编辑共20余位参加了会议。