智利CGE公司Talagante乡镇配电网规划研究

文/刘梦璇　戴　彦　黄春光　杨　军
国网国际发展有限公司

对智利CGE公司Talagante乡镇配电网规划展开研究，在充分调研的基础上，明确规划思路及重点，合理安排工作进度，针对配电网存在的主要问题进行分析研究，并提出相应解决方案，为电网科学有序建设提供指导。

CGE公司供电区共分为12个大区，每个大区下辖数个乡镇，共167个乡镇。此次针对Talagante乡镇开展配电网分析。Talagante乡镇位于梅利皮拉供电大区，规划面积12.82 km^2，用户数2.68万户。电压等级为12 kV、13.2 kV和23 kV。规划基准年为2021年，规划水平年为2022—2026年。

Talagante作为CGE公司梳理的37个问题较多的乡镇之一，存在媒体曝光度高、政府关注度高、多电压等级供电及转供能力低问题。规划年以轻量化改造为主，提升供电能力，加强网架结构。Talagante区位图如图1所示。

图1　Talagante区位图

本次规划从电网现状入手，分析区域内负荷增长趋势，立足于解决现有电网薄弱环节、优化电网结构、提高电网供电能力和适应性，依据智利当地配电监管的新要求，制定适应智利的配电网建设改造方案，按照“一乡镇一策略、一线路一策略”的基本要求，指导未来五年的网架优化提升工作，提高供电可靠性和供电质量，更好地保证智利地区绿色低碳、可靠、安全以及高质量的供电。

规划重点：

1）以需求为导向。以解决现状问题为主，以构建坚强网架为辅，着重降低罚单、减少停电时间、停电次数及降低线损，考虑电力需求增长及负荷空间分布情况，以问题为导向开展轻量化配电网规划。

2）适应地方法律法规。以智利法律法规和监管依据为基础，结合CGE公司相关标准和国家电网公司配电网规划导则等国内主要技术规范，立足CGE公司配电网现状，紧密结合智利经济发展规律，制定CGE公司配电网规划技术原则，指导各大区配电网规划建设，促进电网与城市建设协调发展。

3）以经济发展为核心。以项目的投入及电量产出为核心，考察项目的盈利能力、偿债能力、可持续能力及回收期等指标，综合考虑智利法律法规和监管制度等宏观因素，为后续电网建设提供决策依

据，提升精准投资能力，提高精细管理水平。

4）形成项目储备库。形成2022—2026年五年规划项目库，为项目储备、综合计划提供项目支撑，便于未来CGE公司的项目管理。

规划流程如图2所示。

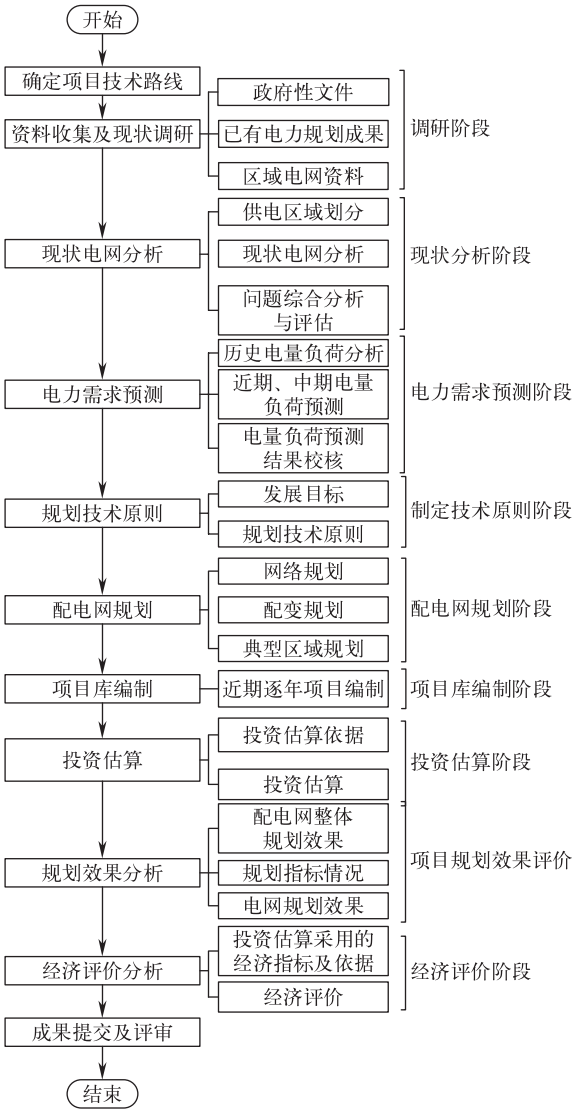

图2　规划流程图

Talagante位于智利圣地亚哥都市区的中西部，毗邻圣地亚哥、迈波和梅利皮利亚省，地处南纬33°40′，西经70°52′，海拔313 m。以典型智利中部地中海气候为主，是世界五个地中海气候区之一，土地肥沃，适宜水果和蔬菜种植，益于优质农产品生产，主要经济支柱为工农业经济。

Talagante为电网密度高区域，常住人口8.29万人，2021年GDP为8.87亿美元。

配电系统现状

1. 高压电网现状

智利的大部分输电系统由上级部门CEN管辖，少部分区域为CGE自有变电站。此次Talagante乡镇供电范围内上级电源点有3个，均为CGE自有变电站，分别为66 kV EL MONTE变电站、66 kV ISLA DE MAIPO变电站及110 kV MALLOCO变电站，电压变比包含110 kV/23 kV、110 kV/12 kV、66 kV/13.2 kV、66 kV/12 kV。详情见表1。

表1　变电站明细表

变电站名称	电压等级/kV	电压变比	总容量/（MV·A）	负载率（%）
EL MONTE	66	66/13.2	10	101.7
ISLA DE MAIPO	66	66/12、66/23	66.2	53.38
MALLOCO	110	110/23	129.9	61.23

2. 中压电网现状

Talagante为电网密度低乡镇，截至2021年年底共有中压线路8条，其中，12 kV线路3条，13.2 kV线路2条，23 kV线路3条，线路总长度为253.61 km，柱上开关52台，线路绝缘化率23.9%，电缆化率0.96%，联络率75%。共有配电变压器1 010台，配电变压器总容量99.23 MV·A，无电缆分支箱、环网柜，用户数2.68万户。详见表2。

表2　中压线路统计

电压等级/kV	整条线路长度/km				主干线平均长度/km	电缆化率（%）	绝缘化率（%）
	线路总长度	其中电缆长度	架空裸导长度	架空绝缘长度			
12	53.75	1.19	34.94	17.62	3.95	2.21	35.00
13.2	60.15	0.03	54.96	5.16	7.33	0.05	8.63
23	139.71	1.22	103.10	35.39	9.48	0.87	26.20
合计	253.61	2.44	193.00	58.17	6.87	0.96	23.90

3. 配电网服务质量现状

Talagante有中压线路8条，无末端低电压线路。系统平均停电持续时间（SAIDI）指标5.25，系统平均停电频率（SAIFI）指标6.85，乡镇总技

术线损为2.37%，罚款赔偿金额26.88百万比索。

配电系统诊断

1. 负荷供应能力

中压线路负载率小于20%的线路有2条，占比为25%；负载率超80%的线路有2条，占比为12.5%；负载率超过100%的线路有1条，占比为25%。线路重过载主要由于线路负荷高和导线线径小所致，规划年通过改造线径解决过载问题。存在过载配电变压器9台，主要由于容量较小所致（10 kV·A、25 kV·A），规划年通过增容改造解决配电变压器重过载问题。详情见表3。

表3　现状中压线路负载率分布情况

地区	各负载率区间线路条数/条					线路平均负载率（%）
	<20%	20%～50%	50%～80%	80%～100%	>100%	
Talagante	0	2	4	1	1	63.39

2. 网架结构水平

Talagante中压线路总长度253.61 km，线路平均长度31.7 km，主干线平均长度6.87 km。联络线路6条，联络率75%，其中单联络线路3条，两联络线路2条，多联络线路1条。单辐射线路2条，占比33.33%。通过N-1线路条数3条，N-1通过率37.5%。不满足N-1主要由于单辐射及线路负荷重所致，规划年通过优化网架结构切改负荷提升联络水平与转供能力。详情见表4。

表4　现状中压网架结构

地区	架空线路/条				联络线路比率（%）	N-1通过率（%）
	多联络	两联络	单联络	单辐射		
Talagante	1	2	3	2	75	37.5

3. 装备技术水平

目前，Talagante中压线路总长度253.61 km，绝缘化率23.9%，电缆化率0.96%。导线截面积在185 mm^2及以上的线路长度26.75 km，占比10.54%；导线截面积低于70 mm^2的线路长度194.95 km，占比76.87%。总体来看，线路线径较小，部分主干线存在“卡脖子”问题。规划年结合运行情况改造线路，提高设备标准及线路供电能力。运行小于10年的中压线路长度144.15 km，占比为56.84%；运行年限在11～20年的中压线路长度92.48 km，占比为36.47%；运行年限在21～30年的中压线路长度16.98 km，占比为6.7%。线路运行年限均在30年以内。存在运行年限超30年配电变压器1台，整体来看，运行状态良好。规划年结合设备运行水平改造老旧设备，具体情况详见表5。

表5　设备运行年限分布

年限	线路长度/km	占比（%）	配电变压器台数/台	占比（%）
0～10年	144.15	56.84	215	21.52
11～20年	92.48	36.47	530	53.05
21～30年	16.98	6.70	253	25.33
31～40年	0.00	0.00	0	0.00
41年及以上	0.00	0.00	1	0.10

4. 运行管理水平

SAIDI和SAIFI指标不达标线路7条，主要由于线路运行负荷高、转供能力不足，且存在自然灾害、树障及材料老化等因素导致。规划年通过优化网架结构、改造线路及提升供电能力，解决停电时间长问题。存在3条线路线损大于3%。规划年结合线路改造项目加强线损控制水平。2021年Talagante罚款赔偿金额为26.88百万比索。规划年结合项目改造工程提升网架结构，降低赔偿金额，提高公司经济效益。

电力需求预测

1. 预测方法

根据历史负荷数据，采用“自然增长+大用

户”“回归分析法”“人均电量法”三种方法进行预测，并且相互校验，最终得到负荷预测结果。

2. 预测结果

综合上述负荷预测结果，结合历史数据的规律，进行专家干预，最终选取回归分析法的预测结果。至2023年，Talagante最大负荷达到51.96 MW，电量21 583万kW·h；至2026年，最大负荷达到56.59 MW，电量24 219万kW·h，2021—2026年年均负荷增长率3.25%。详见表6。

表6 最终负荷电量预测结果

分类	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	2026年	2021～2026年年均增长率（%）
负荷/MW	48.22	50.41	51.96	53.50	55.04	56.59	3.25
电量/（万kW·h）	19 635	20 732	21 583	22 445	23 322	24 219	4.29

规划目标及技术原则

1. 规划目标

（1）供电可靠性

优化网架结构，改造频繁发生故障的老旧设备，有效降低系统平均停电频率（SAIFI）和系统平均停电持续时间（SAIDI）。

（2）节能降损

以“配电网全经济运行”为总目标，以“管理精、措施准、成效实”为基本要求，全力推进Talagante电网精准降损工作，专业协同更加紧密，业务基础更加夯实，技术手段更加丰富，实现精准降损。

（3）电能质量

供电电压允许偏差不应低于技术原则中的相关要求，高、中电网密度地区电压允许偏差为±6%，低和极低电网密度地区电压允许偏差为±8%。

2.技术原则

电网分类：根据每个乡镇中连接的客户数量和当前电力线路的总长度来体现电网的密度，将供电区域分成了不同类别，分别为高、中、低、极低四类，电网分类标准代表在特定地区提供配电服务的难度。Talagante电网类别的划分等级为高。

一般原则：主要参考我国国家电网公司配电网规划设计技术导则及CGE配电网规划技术导则。

差异化原则：结合智利当地情况，参考智利配电系统服务质量技术标准。

建设方案

1. 改造思路

（1）接线模式标准化

根据网架基础现状，结合城市用电需求及变电站新出线，统筹规划主联络通道，简化城区复杂联络，消除单辐射线路，提高线路有效联络率，便于设备保护配置，提高供电可靠性。

（2）主干线线径统一化

详细梳理各条线路主干线线径，优先改造主干线“卡脖子”线段，尽量统一联络线路的线径，注重支线联络线路的改造，使联络通道与载流量匹配。

（3）供电范围合理化

参考网格化规划思路，开展分区分片规划，尽量避免跨越乡镇行政边界、铁路、河流及山川等天然屏障。结合线路分布及负荷分布现状，以主干道为界，通过合理切改优化供电范围。

（4）电压序列协同化

分析不同电压线路分布现状，近期改造小范围的13.2 kV等非标准电压等级，实现区域性电压协同。未来在中心城区、人口密集区等重点区域，积极尝试采用同一电压等级供电，增强互转互供能力，提高供电可靠性。

（5）建设改造轻量化

结合CGE公司运营现状，制定以解决现状问题为主的轻量化建设改造思路，以最小的建设改造量，最大化降低停电时间，减少罚单，避免大拆大建，提高经济效益。

2. 建设方案

2022—2026年Talagante乡镇中压项目共计5个，均为基建类项目，共新建改造中压架空绝缘线路18.06 km，新建改造配电变压器9台，容量1 400 kV·A，新建改造柱上开关（重合器）4台，计量装置12套，详见表7、表8。项目实施前后电网地理接线图如图3、图4所示。项目实施前后电网拓扑图如图5、图6所示。

表7　Talagante新建改造工程量

年份	线路长度/km	配电变压器数量/台	配电变压器容量/（kV·A）	柱上开关/台	计量装置/套
2022	0	0	0	0	0
2023	10.88	3	400	2	4
2024	6.98	4	600	1	3
2025	0.2	2	400	1	5
2026	0	0	0	0	0
合计	18.06	9	1400	4	12

表8　一线路一策略典型项目

项目名称	188-TEGUALDA线路与21-CARAMPANGUE联络改造工程
项目编号	V-13601-02-2023
项目实施起止时间	2023/01/01-2023/12/31
项目存在问题及实施必要性	13.2 kV TEGUALDA线位于Talagante，接线模式为单联络接线，2021年最大负载率54.94%，线路共装接配电变压气94台，容量7 094 kV·A；线路主干线长度共计3.75 km。线路分段数2段，线路SAIFI为5.73次，SAIDI为13.32 h，线路平均停电时间较长，频率较高，线路运行年限22年，线损率3.31% 23 kV CARAMPANGUE线位于Talagante，接线模式为单联络接线，2021年最大负载率59.88%，线路共装接配电变压器170台，容量23 823 kV·A；线路主干线长度共计5.64 km。线路分段数2段，线路SAIFI为11.82次，SAIDI为39.83 h，线路平均停电时间较长，频率较高，线路运行年限5年，线损率1.7%
项目技术实施方案	改造TEGUALDA线主干5 km，由变电站出口电缆沿santa adriana-Ruta G-78至于线路125305处改造为AL240导线，并在线路125305处新建0.2 km通过自耦变压器与CARAMPANGUE线路714210联络，并在新建联络开关处、联络开关6519、14180处新建计量装置3套，并将配电变压器ME02164、ME02167增容为100 kV·A，将Naltagua线ME03569配电变压器增容为200 kV·A
项目建设成效	项目建成后：TEGUALDA线预计目标年SAIDI值降低至7，SAIFI值降低至4.45，解决13.2 kV TEGUALDA线路存在的频繁停电、设备安全隐患问题；CARAMPANGUE线SAIDI和SAIFI值大幅降低，解决LAS PARCELAS线路存在的大分支问题
项目投资估算 488.31	总计488.31百万比索。其中：线路投资343.93百万比索，开关投资19.67百万比索，配电变压器投资52.22百万比索，其他投资72.49百万比索

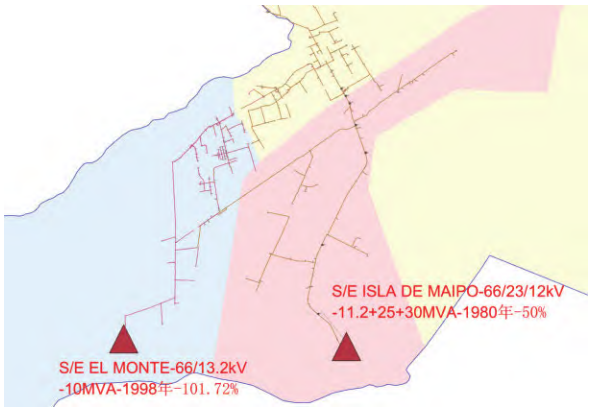

图3　项目实施前电网地理接线图

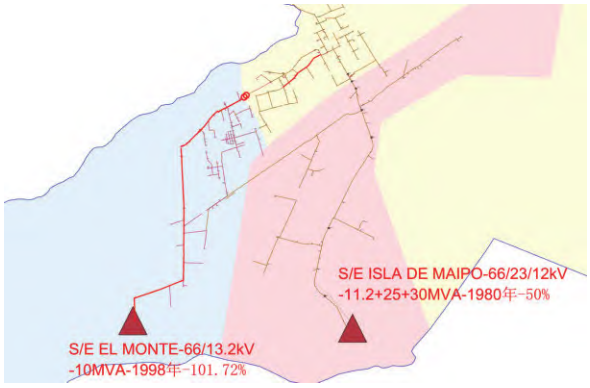

图4　项目实施后电网地理接线图

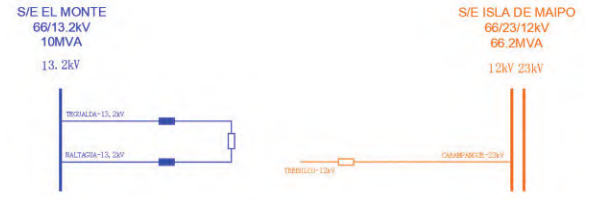

图5　项目实施前电网拓扑图

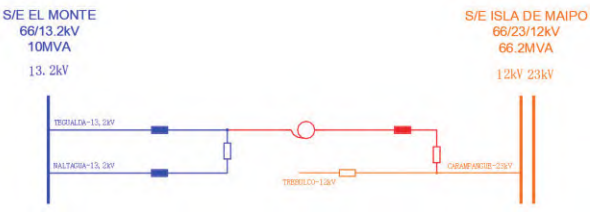

图6　项目实施后电网拓扑图

投资成效

1. 投资情况

2022—2026年，Talagante 中压线路工程投资1 727.02百万比索，逐年投资情况见表9。

表9　中压线路投资

项目	2022年	2023年	2024年	2025年	2026年
投资金额/百万比索	0.00	883.96	554.23	288.83	0.00

2. 成效提升

至目标年，Talagante配电网建设成效提升。

1）供电能力。无重过载中压线路，无重过载配变。

2）网架结构。至2026年中压线路联络率87.5%。N-1通过率75%，主干线平均分段数2.3段，无大分支问题；

3）装备水平。中压线路绝缘化率由23.9%提升至28.91%，无重过载配电变压器，户均配电变压器容量3.55 kV·A/户。

4）供电质量。至2026年，无电压质量不合格线路。

结论和建议

1. 结论

1）本次规划从调研电网现状入手，分析Talagante负荷增长趋势，立足于解决当前电网薄弱环节、优化电网结构、提高电网供电能力和适应性；在兼顾远近衔接、新建和改造结合的前提下，开展配电网能力提升工程；到2026年初步建成以“精细化保障、便利化接入”为主要特征的配电网。

2）通过本次规划，Talagante地区围绕配电网“省心电、省钱电、绿色电”的核心特征，供电可靠性和电能质量得到较大提升，设备负载率逐步趋于均衡，投资效益不断优化。

3）本次规划针对中压电网的问题，统筹考虑上下级电网的影响，做到整体方案最优。结合Talagante地区现状电网特点，在对中压配电网进行网架分析时，按照“联络—站间联络—可转供电—有效可转供电”的方式进行细化分析，精准定位影响Talagante地区网架水平的环节；在制定网架提升措施时，有序提升Talagante地区中压配电网网架结构水平。

4）其他结论。①电量及负荷预测。电量预测：预计2026年全社会用电量为24 219万kW·h，年均增长率4.29%；负荷预测：预计2026年全社会负荷为56.59 MW，年均增长率3.25%。②电网建设规模。至2026年，新建改造中压架空绝缘线路18.06 km，新建改造配电变压器9台，容量1 400 kV·A，新建改造柱上开关（重合器）4台，计量装置12套。③投资规模。Talagante地区中压配电网至2026年建设工程共需投资1 727.02百万比索。

2. 建议

（1）配电网络建设标准化及设备现代化

建立全电压等级整体优化的规划理念，进一步合理划分供电分区、优化电网网架结构，建议尽快开展配电自动化系统规划，促进配电网系统的数字化和信息化，打造一体化、现代化的配电网运行平台，实现智能供电发展战略目标，为智能配电网发展奠定坚实的基础。

（2）提高配电网投资效益

将配电网建设改造投资纳入电网企业有效资产，加强配电网投资管理，建立健全评价考核机制，各级能源主管部门要根据配电网建设改造目标，加强对项目推进与完成情况、资金投入力度等的考核评估，建立奖惩机制，有效推进配电网建设改造工作。针对高可靠性、特殊电能质量要求和不同用电时段等用户定制供电需求，实行差异化电价。

（3）降低碳排放

建议加强各行各业电能替代建设，逐步取消柴油发电机在配电网中的应用。与此同时，为了更高比例消纳新能源，建立良好的可再生能源消纳管理体系，重视“源网荷储一体化”技术及其他智能电网技术，减少对外部电网的调峰需求。

（4）降低管理线损

健全线损管理组织体系和指标管理体系，组建多部门的联动小组，每月开展线损统计分析。提升日常用电稽查力度，动员供电所人员一起参与用电稽查工作，全方面无死角检查可能存在的窃电点。执行计量表计管理制度，加强计量管理和定期检查巡视等，确保计量准确无误。EA

（收稿日期：2023-07-17）