

森兰别墅岛供电配套工程设计与实践

卫霞

衡诚能源科技(上海)有限公司 上海 200125

【摘要】：针对森兰别墅岛六个地块的高端居住用电特征及区域规划需求，本文提出“集中电业站+分级配电”的供电方案，采用10kV电缆地面排管敷设、400V电缆相邻地块跨地库桥架敷设、配电间集中装表的设计模式，旨在解决传统供电方案地面分支箱布局分散、运维成本偏高、景观和谐性差等痛点。本文从工程负荷精准计算、设备容量选型优化、电缆敷设方案设计及关键技术施工管控要点等方面展开详细论述。鉴于项目分期建设，其中两个地块计划2026年9月通电，故障频次、供电可靠性、电压降、设备温升、谐波及三相不平衡度等验证数据尚未采集，后续将通过实际运行监测完成方案可靠性验证，以期为同类型别墅区域的供电配套工程提供可复制的技术参考。

【关键词】：别墅群；供电配套；集中电业站；电缆敷设；集中装表；施工管控

DOI:10.12417/3083-5526.25.06.022

1 引言

在寸土寸金的上海，低密度高端别墅群愈发稀缺。传统分散供电模式存在线路损耗大、运维成本高、环境不美观等问题，已难以满足高端住户对居住舒适性、隐私性、供电稳定性及运维便捷性的多元需求。森兰岛别墅群涵盖六个集中环水地块，其中四个地块地库两两连通的独特条件，为供电方案创新提供了基础；同时，项目对降本增效、预留户用分布式光伏接入、智能化建设及景观协调性的高要求，也推动供电系统优化升级。

基于此，本文结合该别墅群的地理特征与用电需求，设计“集中电业站+分级配电”供电架构，通过合理优化电业站布局、电缆敷设路径及设备容量选型，构建高效、安全、经济的供电系统。文章重点阐述工程设计与施工的核心技术要点与经济社会效益，为同类高端住宅供电配套工程提供实用借鉴。

2 工程概况与设计目标

2.1 工程概况

森兰别墅岛坐落于上海浦东森兰板块，岛上总建筑面积258993平方米，划分为A8-1/8-2、A9-5、A7-5、A6-6/6-3六个地块。其中A8-1地块为13710平方米的商业配套用房，承担会所、泳池、健身及小型商业功能；其余五地块为住宅区域，建筑面积245283平方米，包含329套别墅、地下车库、公建配套及974个停车位。项目地理特征独特，四周环水通过三座桥梁与岛外连通，区域地势平坦。A8-1/8-2及A6-6/6-3地块地库两两连通，地库层高3.6米，桥架敷设空间充足，为低压电缆统一敷设、减少地面施工提供便利。作为高端别墅群，项目对供电可靠性、景观美观度及运维便捷性要求较高。

2.2 设计目标

本工程以可靠用电为首要目标，兼顾经济性、景观协调性与未来拓展性，具体目标如下：

(1) 供电可靠：保障供电稳定性，满足近、远期用电需

求，预留户用分布式光伏接入接口，支持“源网荷储”一体化升级；

(2) 景观和谐：取消地面分支箱，100kW以下公建负荷就近接入配电间PML柜出线开关（进线容量汇集成200-230kW），低压电缆通过桥架在地库内敷设，契合景观规划；

(3) 集中运维：在地库楼幢间居中设置集中配电间，供电半径控制在150-200米以减少电压降；住户电表集中安装于配电间挂壁式电表箱，接入远程抄表系统，实现智能化运维、降低成本；

(4) 降本增效：在满足负荷需求的前提下，最小化电业站数量与占地面积，KT站及PT站400V出线电缆全部沿地库桥架敷设（距离更短），相同界面桥架造价比排管低约40%，实现资源优化配置。

3 供电配套工程核心设计方案

本工程以设计目标为方向，根据《超大城市配电网规划设计技术规范》(DB 31/T 1557-2025)及《新建住宅区供电配套工程技术导则》(2014)等规范标准，结合项目地理特征与负荷分布，构建“集中供电+分级配电”的供电体系，核心设计内容如下：

3.1 负荷核算与变压器选型

负荷计算是供电方案设计的核心前提，本工程按照新建住宅供电配套技术导则中不同负荷的用电特性，精准核算总负荷容量：

(1) 负荷分类统计：将项目分成住宅负荷、商业配套负荷、公建配套负荷、地库及充电桩五类负荷。其中，住宅按80W/m计算每户负荷，商业配套按100W/m计算，公建配套按60W/m计算，地下室按40W/m计算，充电桩按7kW/桩计算。

(2) 电业站配置数量:

a) 公建平方米配套费部分视在功率计算

按照规划许可证及设计院建筑面积,按照《上海配电网技术导则》的住宅及配套公建负荷计算原则,计算视在功率:

$$S_{sz1} = P_{cy} * T * K / \cos\phi$$

S_{sz1} ——小区用电视在功率

P_{cy} ——小区常用装接容量(不含备用)

T ——同时率(夏峰负荷最高日小区实测总负荷/小区各台配变自负载最高点的实测负荷之和;一般取0.9)

K ——需要系数(根据住宅需用系数表结合本地实际进行选择,一般取0.45)

$\cos\phi$ ——功率因数,一般取0.9

b) 别墅按实收费部分视在功率计算

$$S_{sz2} = P_{cy} * K_p$$

K_p ——配置变压器的容量(KVA)与住宅区低压用电负荷(kW)之比值,根据变压器或低压配电干线所供居民住宅总户数多少,综合考虑同时率、功率因素、设备负载等因素确定。一般取0.7-0.8

(3) 总负荷核算:经计算,项目总用电负荷为21958KVA,其中常用负荷19898KVA,备用负荷2060KVA。扣除A8-1商业地块1533KVA用户站容量后,别墅区常用负荷为18366KVA,具体为:575KVA(A8-2)+4226KVA(A6-6)+5324KVA(A6-3)+3991KVA(A9-5)+4250KVA(A7-5);合计配置容量为14740KVA。最终选用1K(2*1250KVA)+8P(8*2*800KVA)方案,合计变压器总容量为15300KVA,变压器选型满足供电要求,且为未来容量增长留有冗余。

3.2 电业站选址与负荷分配

电业站选址遵循“中心辐射、负荷均衡、节约用地”原则,直接影响供电半径、线路损耗及工程投资:

(1) KT型加强站:设于项目中心A8-1商业地块地面一层,配置2*1250KVA变压器,覆盖A8-2、A6-3/A6-6三地块邻近站的用户,缩短供电半径、减少损耗,且商业地块与住宅距离较远,降低负面干扰。

(2) PT型站:在A9-5、A7-5地块外侧各新建2座站,A6-6/A6-3地块外围新建4座站,每座站配置2*800kVA变压器,实现负荷均衡分配;电业站主大门吊装平台紧贴道路,尺寸2.4M*2.7M,设备运输、吊装及驳运条件良好。

(3) 面积优化效果:采用小型化高低压设备,KT型站单座面积较常规减少42.8m²,PT型站单座减少52.1m²;通过KT站强化配置,减少1座PT站,将电业站数量从原预留1K9P优化为1K8P。合计减少建筑面积1055m²,其中地上计

容面积527.5m²、电缆层面积527.5m²,节省面积转化为住宅可售面积及公建功能,显著提升项目经济效益。



3.3 环网供电结构设计

(1) 10KV线路敷设:KT站10KV一段、二段仓位分别向A6-3/A6-6地块四座PT站对应进线仓供电,两路电缆环通该区域PT站;同时另出甲、乙两路电缆,环通A9-5、A7-5地块四座PT站,形成两个独立的10KV双回路单环网供电环。电缆选用ZA-YJV-10-3*240mm²型号,采用地面排管敷设,排管为φ150mmUPVC管现浇钢筋混凝土包封,埋深≥0.7米。

(2) 环网保护机制:继电保护配置原则及保护动作顺序如下:

10KV进线配置线路纵差保护、定时限过电流保护及定时限零序过电流保护;10KV分段设置定时限过电流保护、定时限零序过电流保护及备用电源自切装置,具备自动投切功能。KT站10kV二路进线电源分别供七路出线独立运行,分段断路器处于分闸位置;若任一路进线故障,分段开关自动投切,另一路进线供十四路出线。出线侧短路故障时,先跳该回路出线开关,若拒动则由进线开关后备保护跳闸。

(3) 低压分级配电:KT站及PT站低压开关柜采用带脱扣器保护的框架式空气断路器,采用“电业站—集中配电间—住户”三级配电模式。电业站400V出线通过地库防火桥架敷设至各集中配电间,100kW及以上进线容量直接从电业站低压出线开关供出,取消地面分支箱,实现低压电缆全车库内桥架敷设。

(4) 集中装表方案:在地下一层配电间墙壁上设置挂壁式集中4-9表位电表箱,配合信息采集系统,每户安装智能电表,支持S485通信接口光纤到户;电表箱内电表按楼栋号连

续布置，便于运维人员现场巡检。

3.4 电缆敷设关键技术

本工程采用“高压地面排管+低压地库桥架”组合敷设模式，使高、低压电缆通道完全独立，保障运行安全；低压电缆以地库桥架敷设为主，大幅减少地面电缆井数量，提升小区景观整洁度，且桥架造价比排管更低，显著降低通道建设成本。具体技术方案如下：

(1) 10kV 电缆地面排管敷设方案

优化排管路径，仅 10KV 电缆采用排管通道，大幅减少地面排管工程量，规避地下综合管线标高冲突、空间不足的问题。KT 站与 PT 站之间优先在绿化带内沿直线排管，孔数为 6-12 孔，采用双层敷设；主干道预留 4-6 孔备用孔位，满足未来充电桩扩容、光伏并网及故障抢修需求，避免后期重复开挖改造，节约二次建设成本。

(2) 低压电缆地库桥架敷设方案

桥架选型与安装：选用热镀锌桥架，规格涵盖 400x200mm~1000x200mm，根据电缆根数合理选择截面，确保敷设后散热空间充足，降低局部温升风险。桥架沿地库顶板下方吊装，采用膨胀螺栓固定，支架间距≤2 米；转弯、变径等应力集中部位增设加固支架，保障稳定性。低压电缆供电半径严格控制在 150-200 米，通过缩短供电距离降低电压损耗，确保末端设备供电质量达标。

4 工程施工关键技术与质量管控

施工环节是设计方案落地的核心保障，本工程第一批通电地块为 A8-1/8-2 及 9-5 地块样板区。针对 KT/PT 站及配电间设备安装、电缆敷设、设备调试等关键工序，通过标准化作业与精细化管理、制定严格的施工技术措施，保障施工验收一次性通过。

4.1 KT/PT 站变压器、高低压柜及配电间 PML/GGD 柜设备

(1) 变压器安装：变压器就位采用液压拖车配合吊车，就位后进行水平度调整，水平误差≤2mm/m；变压器与高低压柜采用侧出铜排连接，铜排表面做镀锡处理，连接处涂抹导电膏，降低接触电阻。

(2) 高低压柜、配电间内 PML 柜/GGD 柜安装：高低压柜排列整齐，柜间间隙≤2mm，垂直度误差：1.5mm/m；柜体接地可靠，接地电阻≤4Ω；柜内二次回路接线牢固，接线横平竖直，二次线号及柜上铭牌清晰，便于后期运维人员快速识别线路功能，缩短故障排查与检修时间。

(3) 设备安装质量管控：严禁柜体未找平、未固定就接线；严禁母线搭接面不做搪锡/涂复合脂处理，严禁力矩不足紧固母线螺栓，防止螺栓松动产生电弧放电；严禁零地混接、接地虚焊，杜绝漏电隐患；严禁电缆头制作不规范、裸线直接接

入端子，严禁一孔多芯接线，防止绝缘破损引发短路；严禁未做绝缘摇测、未做通电试验直接送电运行，通过前置检测提前排除设备缺陷，保障供电系统投运安全。

4.2 电缆敷设施工质量管控

电缆敷设前需开展绝缘电阻测试（10kV 电缆≥1000MΩ）及排管“通牛”试验，清除管内杂物积水，同步进行耐压试验排查绝缘缺陷。敷设时采用机械牵引，控制牵引力避免绝缘层损伤，杜绝电缆扭曲交叉，桥架内排列整齐，固定间距≤1.5 米。电缆终端头制作严格遵循工艺标准，确保绝缘达标；中间接头采用干包热缩式，统一在电缆井内作业，便于运维排查。施工完成后对电缆孔洞做防火封堵，阻隔火灾蔓延，提升供电系统防火安全等级，保障整体运行可靠性。

4.3 调试

完成 10kV 高压柜绝缘电阻、工频耐压及继电保护装置调试，各项试验合格；完成变压器绝缘、直流电阻、变比组别、交流耐压等试验，本体及附件运行正常；同步完成高压柜、变压器与低压柜的系统联动核相、逐级送电及带负荷试运行，整系统相序正确、保护可靠、三相电压电流平衡，设备无异响、无过热、无故障告警，调试全部合格。

项	试	R15	R60	R15/R60	耐压后	直	位置				相间误差 (%)
							高压	A-B	B-C	C-A	
电	阻	高-低及地	>10000	>15000	>15000	1	11025	0.8756	0.8815	0.8766	0.67%
		低-高及地	>10000	>15000	>15000	2	10763	0.8526	0.8573	0.854	0.55%
		铁芯-地	>3000	夹件-地		3	10500	0.8315	0.8352	0.8331	0.44%
		电容器		tg δ (%)		4	10238	0.8099	0.8159	0.8108	0.74%
		高-低及地				5	9975	0.7867	0.7915	0.7882	0.61%
	压	试验电压 (kV)	耐压前/后 (uA)								
		高-低及地					低压	a-0	b-0	c-0	
		低-高及地					400	0.0004333	0.000442	0.0004413	0.45%
		试验电压 (kV)	结果				A-B	B-C	A-C		向量图
		30	合格				a-b	+	-	0	
比	高-低及地	2.6	合格			b-c	0	+	+		
	低-高及地					a-c	+	0	+		
	本体/有载开关绝缘油击穿电压: (kV)										
与	率	位置	高/低额定电压 (V)	铭牌比率	KUA	KUB	KUC	KUA误差 (%)	KUB误差 (%)	KUC误差 (%)	三相平均误差 (%)
		1	11025/400	27.56	27.559	27.563	27.563	0.18	0.19	0.19	0.19
		2	10763/400	26.91	26.908	26.908	26.908	0.03	0.03	0.03	0.03
		3	10500/400	26.25	26.276	26.285	26.279	0.09	0.13	0.11	0.11
		4	10238/400	25.60	25.627	25.627	25.627	0.14	0.14	0.14	0.14
		5	9975/400	24.94	24.959	24.961	24.963	0.11	0.12	0.13	0.12

5 效益分析

5.1 经济效益提升

(1) 工程投资效益：地库桥架敷设成本为地面排管的 60%，合计节约电缆通道级电缆成本约 220 万元；电业站面积优化节省的 527.5m² 计容面积，转化为住宅可售面积后，为项目增加经济效益约 6000 万元，同时可节省约 500 万元土建建设费用。

(2) 景观美观效益：低压电缆走地下室改敷后，取消了地面电缆井及地上分支箱，与别墅群景观完美融合；

(3) 运维便捷效益：将分散的各个点集中于居中配电间内，通过集中装表与智能化运维提升了后端运维的便捷性，同时缩短了用工时间。

5.2 技术价值增加

(1) “集中供电+跨地块地库桥架敷设+分级配电”模式，解决了高端别墅群供电可靠性、经济性与景观和谐性的矛盾，为同类项目提供了可复制的设计方案。

(2) 基于负荷精准计算及了解政策下的变压器选型，避免了电业站冗余建设的闲置浪费，实现了技术框架的优化配置。

(3) 环网供电结构和智能监控系统结合，户用分布式光伏储能系统预留接入端，为将来推动传统配电网向智能化绿色配电网的升级预留空间。

参考文献：

- [1] DB 31/T 1557-2025, 超大城市配电网规划设计技术规范
- [2] 国网上海市电力公司新建住宅区供电配套工程技术导则 (2014)
- [3] GB 50052-2009, 供配电系统设计规范
- [4] 王晨光.住宅小区集中供电模式设计与实践[J].电力工程技术, 2022, 41(3):120-125

6 结论与展望

森兰别墅岛供电工程通过“集中供电+分级配电”的设计，结合 10kV 电缆地面排管、低压电缆地库桥架敷设及集中装表智能化管理，实现了高端别墅群供电可靠性、经济性与美观性的多重需求。本项目分期实施，最后通电地块计划为 2027 年 12 月。待工程整体实施后，再最后验证运维效率、技术效益、经济效益是否与预期目标统一。

目前户用分布式光伏屋面设计也正在开展，按自发自用、余电上网模式进行，同时，为满足“源网荷储”一体化模式预留储能接口。结合大数据分析实现负荷精准预测，为将来“微电网”使用提供条件，最终实现别墅群绿色低碳及发展。