

平邑中阳郑城 50 兆瓦太阳能光伏并网电站 一期工程可行性研究

接入系统设计

(送审稿)

国核电力规划设计研究院重庆有限公司

工程咨询资格证书工咨乙 12820080013 号

2017 年 10 月



工程咨询单位资格证书

单位名称: 国核电力规划设计研究院重庆有限公司 资格等级: 乙级

专 业

服务范围

火电

规划咨询、编制项目建议书、编制项目可行性研究报告、项目申请报告、资金申请报告、工程设计*

以上各专业均涵盖了本专业相应的节能减排和环境保护治理内容。取得编制项目可行性研究报告、项目申请报告资格的单位,具备编制固定资产投资节能评估文件的能力;取得评估咨询资格的单位,具备对固定资产投资节能评估文件进行评审的能力。

证书编号: 工咨乙 12820080013

证书有效期: 至 2019 年 08 月 13 日

带*部分,以国务院有关部门颁发的资质证书为准



2014 年 08 月 14 日

中华人民共和国国家发展和改革委员会制

审 核 :

校 核 :

编 制 :

目 录

1	项目概况及投资方简介	1
2	设计依据、设计范围、设计原则	1
2.1	设计依据	1
2.2	设计范围和设计原则	1
3	平邑电网概况	2
4	平邑电力需求预测	3
5	电力平衡及建设必要性	4
5.1	平邑电力平衡	4
5.2	建设必要性及其在系统中的作用	4
6	接入系统方案	6
6.1	工程概况	6
6.2	周边电网及新能源项目概况	8
6.3	接入系统方案	10
6.4	潮流计算分析	13
6.5	短路计算	16
6.6	技术经济分析及投资估算	17
6.7	电气主接线及电气设备选择	17
6.8	本工程对电力系统的影响	19
7	系统继电保护	21
7.1	接入系统一次方案与对侧系统保护现状	21
7.2	系统继电保护配置方案	21
7.3	相关专业的配合	22
7.4	对侧变电站系统继电保护配置方案	22

7.5	系统继电保护设备及投资估算	22
8	调度自动化.....	24
8.1	调度关系	24
8.2	远动信息的传送方式和通道要求	24
8.3	调度自动化系统	24
8.4	调度数据网	25
8.5	远动信息	25
8.6	电量计量系统	26
8.7	光伏发电功率预测系统	26
8.8	全站时间同步系统与时间监测装置	27
8.9	电能质量在线监测装置	27
8.10	调度运行管理系统	27
8.11	调度发电计划管理系统	28
8.12	UPS 电源	28
8.13	调度端配合费	28
8.14	调度自动化设备及投资估算	28
9	系统通信.....	30
9.1	通信系统现状	30
9.2	各专业对通信通道的要求	30
9.3	系统通信方案	31
9.4	投资估算	32
10	结论.....	34
10.1	接入系统方案	34
10.2	系统一次对电站的主要技术要求	34
10.3	系统继电保护	34
10.4	调度自动化	35
10.5	系统通信	36
10.6	投资估算	36

1 项目概况及投资方简介

平邑中阳郑城 50 兆瓦太阳能光伏并网电站项目前期由临沂市平邑中阳新能源有限公司运作。本项目于 2014 年 11 月 20 日取得《临沂市环境保护局关于平邑中阳新能源有限公司平邑中阳郑城 50 兆瓦太阳能光伏并网电站一期工程环境影响报告表的批复》（临环评函〔2014〕297 号）；于 2015 年 5 月 26 日取得山东省发展和改革委员会核准（登记备案号：1500000016）；并于 2015 年取得国网山东电力公司关于本项目接入系统方案的批复（鲁电发展〔2015〕107 号）。

由于平邑中阳新能源有限公司资金实力不够，无法继续运作，临沂市奥德城开新能源有限公司通过市政府和当地政府及中阳新能源有限公司友好沟通后，决定由临沂市奥德城开新能源有限公司运作此项目，利用国家光伏扶贫指标，建设光伏电站的同时给予项目所在地贫困居民一定的经济补助，实现企业和民生的双赢。

本项目位于临沂市平邑县郑城镇东大泉村，站址中心距平邑县城约 20km，地理位置为东经 117°37′，北纬 35°30′，海拔高度约 155m 左右。总规划容量 50 兆瓦，本期建设 20 兆瓦，为并网型光伏电站，计划于 2017 年底建成投产，本报告设计水平年取 2017 年。

平邑中阳新能源有限公司隶属于临沂市奥德城开新能源有限公司子公司。临沂市奥德城开新能源有限公司由山东奥德燃气有限公司与临沂市城市资产经营开发有限公司共同出资成立。平邑中阳新能源有限公司主营业务包括建设和运营光伏太阳能发电系统、天然气分布式能源站；新能源技术开发、技术咨询、技术转让、技术服务；合同能源管理、综合节能和用电咨询等。

2 设计依据、设计范围、设计原则

2.1 设计依据

- ✧ 平邑中阳郑城 50 兆瓦太阳能光伏并网电站一期工程可行性研究报告
- ✧ 临沂电网“十三五”发展规划报告
- ✧ 平邑中阳郑城 50 兆瓦太阳能光伏并网电站一期工程接入系统设计委托合同

2.2 设计范围和设计原则

平邑中阳郑城 50 兆瓦太阳能光伏并网电站一期工程位于临沂市平邑县郑城镇。总规划容量 50 兆瓦，本期建设 20 兆瓦，计划于 2017 年底建成投产，本报告设计水平年取 2017 年。

本报告根据《平邑中阳郑城 50 兆瓦太阳能光伏并网电站一期工程可行性研究报告》和《临沂电网“十三五”发展规划报告》，通过分析临沂电网的负荷发展，结合临沂电网规划，提出本工程合理的接入电压等级及接入系统方案，根据接入系统方案，进行相应的系统继电保护、调度自动化及系统通信的方案设计，并进行投资估算。

本报告主要遵循的技术规程规范有：

《光伏电站接入电力系统设计规范》	(GB/T 50866-2013)
《光伏电站接入电力系统技术规定》	(GB/T 19964-2012)
《光伏系统并网技术要求》	(GB/T 19939-2005)
《光伏发电系统接入配电网技术规定》	(G-D/T29319-2012)
《光伏电站接入电网技术规定》	(Q/GDW617-2011)
《分布式电源接入电网技术规定》	(Q/GDW 480-2010)
《配电网规划设计技术导则》	(Q/GDW 1738-2012)
《电力系统安全稳定导则》	(DL 755—2001)
《光伏电站无功补偿技术规范》	(GB/T 29321-2012)
《继电保护和安全自动装置技术规程》	(GB14285-2006)
《电力系统调度自动化系统设计内容深度规定》	(DL/T 5003-2005)
《电力系统通信系统设计内容深度规定》	(DL/T 5447-2012)

3 平邑电网概况

平邑电网位于临沂电网西部，通过 220kV 浚河～南流泉、温水～南流泉线路与泰安电网相连，通过 220kV 温水～十里泉电厂双回、浚河～君山线路与枣庄电网相连。现已形成以 220kV 浚河站、温水站为主供电源，110kV、35kV 线路为骨干的放射型网络结构。

截至 2016 年底，平邑电网拥有 220kV 变电站 2 座，变电总容量 750MVA，分别为：温水站（150+180）MVA、浚河站（180+240）MVA；110kV 公用变电站 9 座，主变 15 台，变电容量 718MVA，110kV 公用线路 15 条，长度 241.4km；35kV 公用变电站 10 座，变电容量 180.9MVA，35kV 公用线路 23 条，长度 171.8km。

2016 年平邑县全社会用电量 16.55 亿 kWh，网供最大负荷 320.5MW。

2017 年平邑县电网地理接线详见附图 01；

2020 年平邑县电网地理接线详见附图 02。

4 平邑电力需求预测

平邑县隶属山东省临沂市，位于沂蒙山区西南部，东邻费县，西连泗水县，南与枣庄市接壤，北与蒙阴县、新泰市交界，总面积 1825 平方公里。平邑县辖 14 个镇，738 个行政村，人口 101 万人。

平邑县 2016 年全社会用电量、网供最大负荷分别为 16.55 亿 kWh 和 320.5MW。随着经济的发展，平邑县电力负荷也快速增长，预计 2020 年将达到 20.15 亿 kWh；“十三五”期间递增率为 6.34%；预计 2020 年网供最大负荷将达到 408.85MW；“十三五”期间递增率为 6.92%。平邑县电力电量预测表详见表 4-1。

表 4-1 平邑县电量、负荷预测

单位：亿 kWh、MW

年 度	2016	2017	2018	2019	2020	“十三五”递增
全社会用电量	16.55	17.59	18.71	19.89	20.15	6.34%
最大负荷	320.5	340	361.56	384.48	408.85	6.92%

5 电力平衡及建设必要性

5.1 平邑电力平衡

截至目前，平邑县电网没有大型电源项目，一直为受电地区。根据目前掌握的项目前期情况，“十三五”期间，没有规划新增大中型统调电源项目。预计 2018 年网供最大负荷将达到 361.56MW，主要通过 220kV 浚河站、温水站降压供电。

5.2 建设必要性及其在系统中的作用

5.2.1 建设必要性

(1) 符合国家能源产业政策

当前，我国的能源结构以常规能源（煤、石油和天然气）为主，由于常规能源的不可再生性，势必使得能源的供需矛盾日益突出。作为可再生能源的太阳能，“取之不尽、用之不竭”。大力发展太阳能发电，实现能源多元化，缓解对有限矿物能源的依赖与约束，是我国能源发展战略和调整电力结构的重要措施之一。

(2) 优化山东省能源结构，保护环境，符合可持续发展的需要

随着经济的持续高速发展和人民生活水平的不断提高，山东省能源对外依存度不断增加。目前山东省 96%左右的发电量均来自燃煤电站，40%左右的电煤供应依靠其他省份。

一方面资源条件直接影响到山东省经济和社会的可持续健康发展；另一方面以煤炭为主的能源结构又使山东省社会经济发展承受着巨大的环境压力。积极调整优化能源结构、开发利用清洁的和可再生的能源，是保持山东经济可持续发展的能源战略。

大力发展太阳能发电，替代一部分矿物能源，对于降低山东省的煤炭消耗、缓解环境污染和交通运输压力、改善电源结构等具有非常积极的意义，是发展循环经济、建设节约型社会的具体体现。

本项目在生产全过程中，不产生或排出有害废气、废渣、废液，系无三废工业生产项目，不会造成环境污染，太阳能电站的建设必将会给该地区带

来良好的社会效益。

（3）对电网供电能力形成有益的补充

在平邑建设太阳能光伏电站，积极开发利用太阳能资源符合国家的能源战略规划。白天将太阳能光照资源转化成电能，晚上光伏电站退出运行，有一定的错峰效应，将会对周边电网供电能力形成有益的补充。

综上所述，本工程的建设是必要的。

5.2.2 在系统中的作用

平邑中阳郑城 50 兆瓦太阳能光伏并网电站一期工程利用当地太阳能资源，所发电力全部在平邑电网内消纳，为一清洁能源项目。

6 接入系统方案

6.1 工程概况

平邑中阳郑城 50 兆瓦太阳能光伏并网电站一期工程位于临沂市平邑县郑城镇东大泉村，站址中心距平邑县城约 20km，地理位置为东经 117°37'，北纬 35°30'，海拔高度约 155m 左右。规划容量 50 兆瓦，本期建设 20 兆瓦，为并网型光伏电站，2017 年底建成投产。本报告设计水平年取 2017 年。

6.1.1 太阳能资源

平邑中阳郑城 50 兆瓦太阳能光伏并网电站一期工程站址位于临沂市平邑县郑城镇境内。根据该项目可行性研究报告，临沂的年太阳总辐射量为 5571.2MJ/m² a。根据《太阳能资源评估方法》（QX/T 89-2008）中太阳能资源丰富程度的分级评估方法，该区域资源丰富程度属 III 类，处于太阳总辐射量分布的高值区，适宜建设光伏电站的，具有较好的商业开发价值。

6.1.2 光伏组件选型

本工程规划规模为 50 兆瓦，本期建设 20 兆瓦，本工程拟采用 290Wp 型单晶硅光伏组件，参数如下表 6.1-1。

表 6.1-1 太阳能电池组件参数

指标	单位	参数
型号		单晶 290Wp
太阳电池组件尺寸结构	mm	1656*991*40
太阳电池组件重量	kg	18.2
太阳电池组件效率	%	17.7
峰值功率	Wp	290
开路电压（Voc）	V	38.8
短路电流（Isc）	A	9.71
工作电压（Vmppt）	V	36
工作电流（Imppt）	A	7.5
峰值功率温度系数	%/℃	-0.410

开路电压温度系数	%/℃	-0.33
短路电流温度系数	%/℃	0.059

本项目总规划规模为 50 兆瓦，本期建设 20 兆瓦，本期共采用 290Wp 型单晶硅太阳能电池约 70400 片。根据优化计算，方阵安装的最佳倾角为 30°，全年所接收到的太阳辐射量最大。

6.1.3 逆变器配置

1 个发电单元按 1 兆瓦配置 20 台户外型 50kW 的逆变器，本期工程配置 400 台逆变器，基本参数如下：

表 6.1-3 逆变器技术参数

输入		孤岛保护	具备
最大输入功率	54300W	低电压穿越	具备
最大输入电压	1100V	直流反接保护	具备
额定输入电压	780V	交流短路保护	具备
启动电压	200V	漏电流保护	具备
MPP 电压范围	200~1000V	直流开关	具备
满载 MPPT 电压范围	550V~850V	直流保险丝	具备
MPPT 数量	3	过压保护	直流 2 级防雷器（40KA） /AC 二级防雷器
每路 MPPT 最大输入组串数	2003/3/3	系统	
最大输入电流	99A（33A/33A/33A）		
输入端子最大允许电流	12A	最大效率	99.00%
输出		中国效率	98.49%
		隔离方式	无变压器
额定输出功率	48000W	防护等级	IP65
最大输出功率	53000W	夜间自耗电	<1W

(PF=1)			
最大输出视在功率	53000VA	工作温度范围	-25~60℃
最大输出电流	56.7A	相对湿度	0~100%
额定电网电压	3/PE, 540Vac	冷却方式	智能强制风冷
电网电压范围	432~594Vac	最高海拔	5000m (>3000m 降额)
额定电网频率	50Hz/60Hz	通讯	RS485/PLC
电网频率范围	45~55Hz/55~65Hz	直流端子	MC4
总电流波形畸变率	<3% (额定功率)	交流端子	螺丝压接端子
直流分量	<0.5%In	机械	
功率因数范围	>0.99@满功率, (可调范围 0.8 超前~0.8 滞后)		
保护		尺寸 (宽×高×深)	510×700×240mm
重量	48kg	安装方式	壁挂式

6.2 周边电网及新能源项目概况

根据《配电网规划设计技术导则》，考虑平邑中阳郑城 50 兆瓦太阳能光伏并网电站总规划容量及周边电网实际情况，该光伏电站考虑以 35kV 或 110kV 接入系统。

平邑中阳郑城 50 兆瓦光伏电站工程周边公用变电站有 110kV 山阴站及 35kV 白彦站、35kV 郑城站。

110kV 山阴站位于本工程位置以北约 9km 的山阴村附近，电压等级为 110/35/10kV，主变容量为 (31.5+50) MVA，110kV 出线 2 回，内桥接线；35kV 规划出线 6 回，采用单母线分段接线，一次设备已上齐，已有出线 4 回。山阴站通过浚河~山阴、温水~山阴 2 回 110kV 线路与系统相联，正常由浚河~山阴线路供电，温水~山阴线路作为山阴站热备用线路。山阴站 35kV 母线正常分段运行。

35kV 白彦站，现有主变 (20+10) MVA，35kV 出线两回，已出线 1 回，

通过 1 回 35kV 线路接至 110kV 山阴站，另一回已规划，不具备直接接入条件。

35kV 郑城站，现有主变（2×6.3）MVA，35kV 出线两回，已出线 1 回，通过 1 回 35kV 线路接至 110kV 山阴站，另一回已规划，不具备直接接入条件。

短路比：

并网逆变器具有快速调节特性，对于弱电力系统，这一特性极易引起暂态电压稳定问题。

为避免分布式电源对电网电压产生大的波动，《配电网规划设计技术导则》要求分布式电源短路比（指接入点短路电流与分布式电源机组的额定电流之比）不低于 10。

2017 年，浚河站（180+240）MVA 主变，温水站（150+180）MVA 主变，山阴站短路计算结果如下表所示。

	三相短路电流 (kA)	三相短路容量 (MVA)	可接入的光伏容量 (MWp)
浚河站 110kV 母线	25.7	4898	489.8
山阴站 110kV 侧（浚河站供电）	2.80	533	53.3
山阴站 110kV 侧（温水站供电）	3.45	657	65.7
山阴站 35kV #1 段母线	3.27	198	19.8
山阴站 35kV #2 段母线	4.21	255	25.5

由 2017 年山阴站短路计算结果可以看出，山阴站 35kV 两段母线总共可以接入的最大光伏容量为 45.3 兆瓦，不具备接入本工程光伏电站的条件，而山阴站 110kV 短路容量能够满足本项目总规模 50 兆瓦光伏电站接入的要求。

山阴站规划出线 2 回，采用内桥接线，已无备用出线间隔，且受站内空间所限，无法新增出线，因此，光伏电站不能以 1 回线路接至山阴站 110kV 配电装置。

110kV 温山铜线（温水～山阴线路）已 T 接 1 回线路至 110kV 铜石站，若本项目接入将出现光纤纵差保护多端配合问题，继电保护配置方面较困难，故暂不考虑 T 接 110kV 温山铜线。

110kV 浚山线（浚河至山阴线路），线路型号为 JL/GIA-300，具备本项目 T 接条件。

综上所述，本工程光伏电站以 110kV 电压等级接入可行方案为：以 1 回 110kV 线路 T 接 110kV 浚山线。

周边光伏电站接入情况：

1) 平邑金城光伏电站

项目位于平邑县经济开发区朝阳村附近，容量（20+20）兆瓦，以 1 回 35kV 线路接至 220kV 浚河站。

2) 富翔平邑流峪光伏电站

项目位于平邑县流峪镇许家岭村附近，容量 30 兆瓦，以 1 回 35kV 线路接至 220kV 浚河站。

3) 汇阳光伏电站

光伏电站容量 20MW，以 1 回 35kV 线路接至 220kV 浚河站。

4) 华能平邑郑城风电场

项目位于平邑县郑城镇，容量 49.5 兆瓦，以 1 回 110kV 线路接至 220kV 浚河站。

6.3 接入系统方案

根据平邑中阳郑城 50 兆瓦太阳能光伏并网电站总建设规模及周边电网情况，提出如下接入系统方案：

平邑中阳郑城 50 兆瓦光伏电站工程总规划容量为 50 兆瓦，本期建设 20 兆瓦，每 1 兆瓦为 1 个发电单元，每个单元共配置多晶 290Wp 组件 3520 块，50kW 逆变器 20 台，4 路交流汇流箱 5 台，1000kVA 箱变 1 台，均通过逆变升压至 35kV。每 10 兆瓦通过 1 回 35kV 线路（共 5 回，本期建设两回）接至 35kV 汇流母线。经 1 台 110/35kV 变压器升压至 110kV 后，以 1 回 110kV 线路 T 接至 110kV 浚山线 092 号杆塔。

本工程新建 1 回 110kV 线路 T 接至 110kV 浚山线路 092 号杆塔，线路 T 接杆塔见下图 6.3-1，新建线路自光伏电站升压站单回架空线路出线，向西北方向架设至石门南岭水库西侧，向东北走线至西石门村东侧，继续向前架设

跨越 S342 省道至大营村西北角，然后向西北方向架设至东沟崖村东侧，继续向西北方向架设至地庞线南侧，然后电缆下线钻越地庞线，沿道路向北直埋敷设至 092 号杆塔进行 T 接，线路 T 接杆塔见下图 6.3-1，路径详见下图 6.3-2。



图 6.3-1 线路 T 接杆塔（092 号）

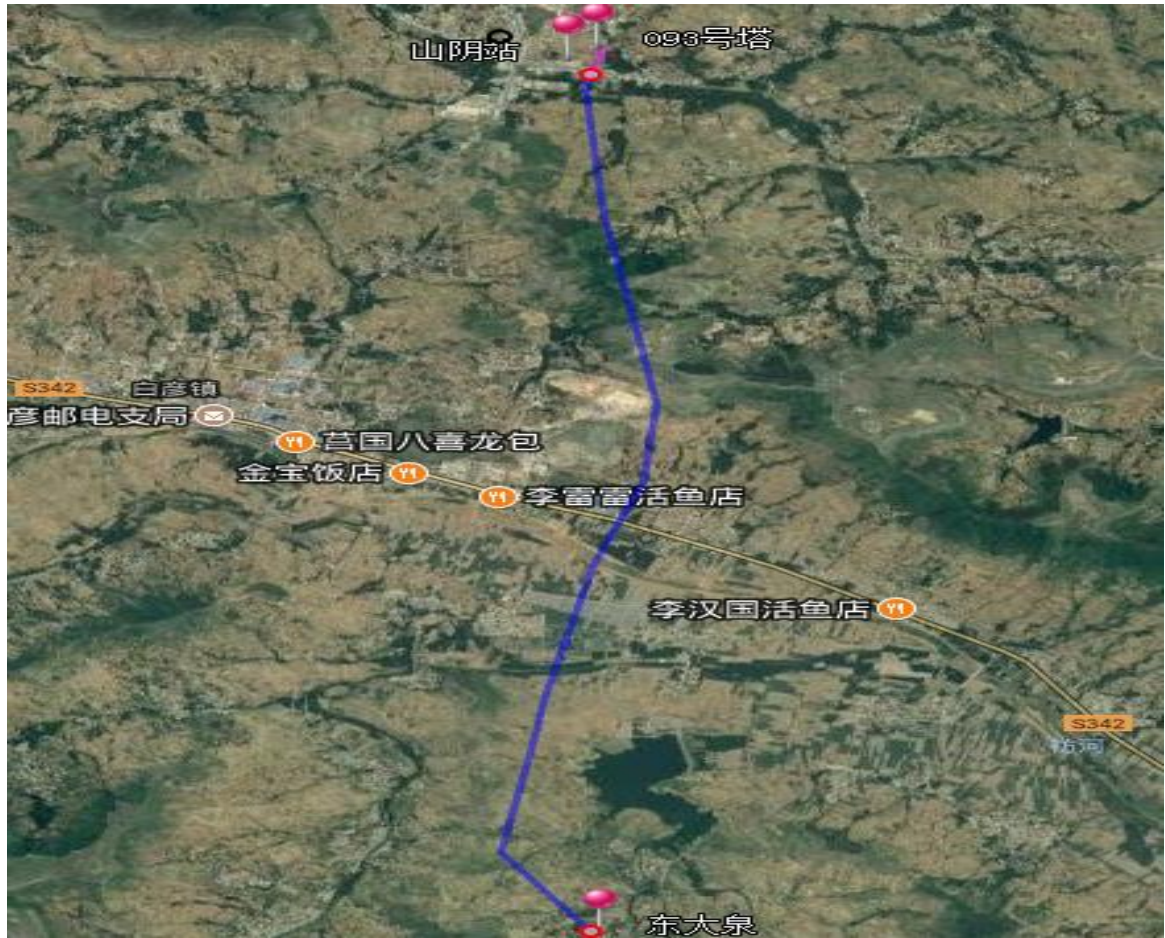


图 6.3-2 方案路径图

本工程新建光伏电站至浚山线 T 接点 092 号杆塔线路，全长约 10km，其中架空线路长约 9.5km，型号采用 JL/GIA-300/40 型钢芯铝绞线，电缆线路长约 0.5km，型号采用 ZRC-YJLW02-Z 64/110 1×630 交联聚乙烯绝缘电力电缆。

电气主接线：光伏电站升压站 110kV 采用线变组接线，35kV 母线采用单母线接线。

对侧间隔：山阴站 110kV 规划出线 2 回，内桥接线，已出线 2 回，本期无需扩建间隔。并网线路两侧均装设检无压、检同期电压互感器，考虑接线方式及现场实际，光伏电站侧装设三相电压互感器，浚河侧、山阴侧可装设单相电压互感器。

导线截面选择：

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}u_e \cos \varphi} = 50\text{MW} / (1.732 \times 110\text{kV} \times 0.99) \times 1000 = 265\text{A}$$

I-额定电流； U_e -额定电压；P-有功功率； $\cos\phi$ -功率因数；

表 6.3-1 110kV 架空导线截面及输送容量表

导线截面 (mm^2)	长期允许电流 (A)	极限输送容量 (MVA)
185	515	98.1
240	610	116.2
300	710	135.3

考虑总规划容量，平邑中阳郑城 50 兆瓦太阳能光伏并网电站一期工程，采用 1 回 110kV 线路并网，推荐架空型号采用 JL/GIA-300/40 型钢芯铝绞线，电缆型号采用 ZRC-YJLW02-Z 64/110 1 $\times$ 630 交联聚乙烯绝缘电力电缆。截面为 300 mm^2 导线极限输送容量为 135.3MVA，电缆截面为 630 mm^2 导线极限输送容量为 140MVA（长期允许载流量按 779A 计算），满足供电电力输送要求。

平邑中阳郑城 50 兆瓦太阳能光伏并网电站一期工程接入系统方案示意图见附图 03。

6.4 潮流计算分析

6.4.1 计算原则

1、计算水平年

本工程取 2018 年为潮流计算水平年。

2、计算负荷：2018 年平邑电网计算负荷取 362MW。

3、计算程序：采用电科院引进开发的《BPA 潮流程序》（Windows 版）

4、功率因数

计算负荷的功率因数取 0.95。发电机组功率因数最低取 0.85，火电机组功率因数最高取 0.95，水电机组功率因数最高取 1.00，原则上不考虑进相运行，以便为调度留有裕度。光伏电站功率因数最低取 0.99，最高取 1.00。

5. 电压控制范围

◇ 500kV 母线电压控制在 500~550kV 之间。220kV 母线电压控制在 214~235kV 之间，且偏差幅度不大于 11kV。110kV 母线电压控制在 106.7~117.7kV 之间，且偏差幅度不大于 5.5kV。35kV 母线电压控制在 33.95~37.45kV 之间，且偏差幅度不大于 3.5kV。

6.4.2 潮流计算分析

平邑中阳郑城光伏电站以 1 回 110kV 线路 T 接至浚河~山阴线路 092 号杆塔，光伏电站满发时所发 50MW 电力平衡山阴站约 20MW 负荷后，富余 30MW 送往 220kV 浚河站，线路有功损耗约 0.33MW，无功损耗约 1.18Mvar。光伏电站及山阴站 110kV 电压为 113kV，浚河站 220kV、110kV 母线电压分别为 232kV、112kV。

光伏电站停运时，浚河~山阴 110kV 线路有功潮流为 20MW，线路有功损耗约为 0.06MW。浚河站 220kV、110kV 母线电压分别为 232kV、111kV。浚河站主变高压侧降压潮流较光伏电站满发时增加约 50MW。

平邑中阳郑城光伏电站满发及停运时周边电网潮流图见附图 6.4-1、6.4-2。由潮流计算结果可以看出，光伏电站满发与停运对周边电网潮流分布及电压变化影响较小，线路潮流分布合理，正常运行及“N-1”方式下无过流线路。

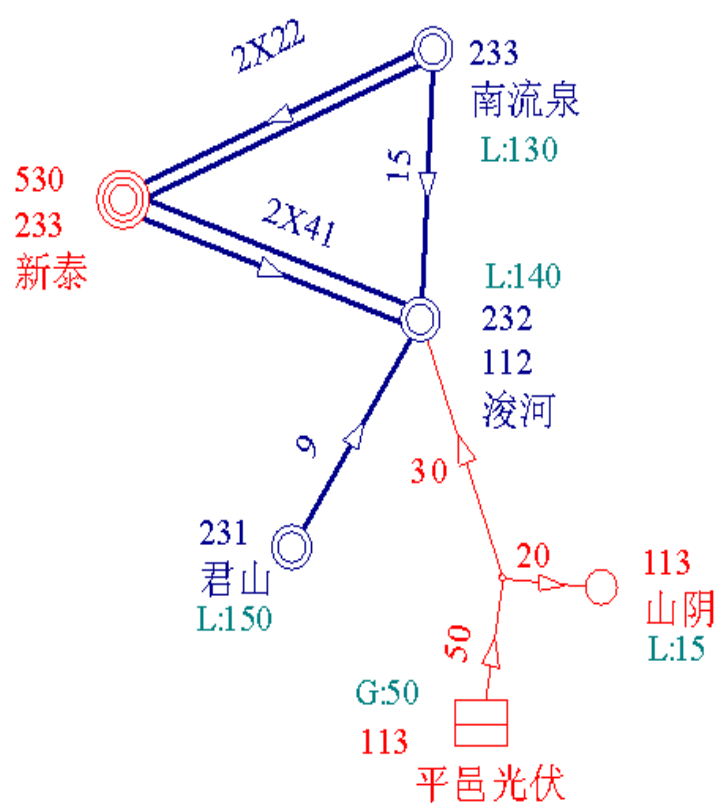


图 6.4-1 平邑中阳郑城光伏电站满发时周边电网潮流图

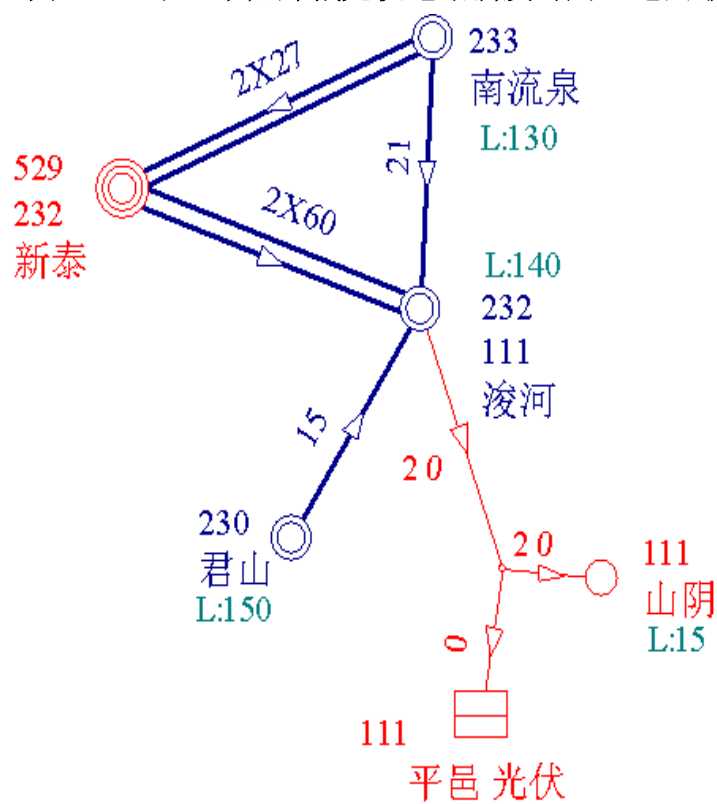


图 6.4-2 平邑中阳郑城光伏电站停运时周边电网潮流图

6.5 短路计算

2018 年短路计算边界条件：

➤ 系统最大运行方式，500kV 电网全接线。新泰站 2×1000MVA 主变并列运行，浚河～君山、十里泉电厂～温水双回 220kV 线路合环运行；圣源～八里线路开环运行。

➤ 220kV 浚河站 220kV 出线 4 回，至新泰 2 回，南流泉 1 回，君山 1 回；1×180MVA 主变，阻抗电压 $U_{k1-2}\%=14$ 、 $U_{k1-3}\%=23$ 、 $U_{k2-3}\%=8$ 。

2018 年相关变电站短路计算结果详见表 6.5-1。

表 6.5-1 2018 年短路电流计算结果 单位：kA

厂站母线名称	三相短路电流	断路器额定开断电流
浚河站 110kV 母线	25.7	40
温水站 110kV 母线	10.2	40
山阴站 110kV 侧	3.45	40
光伏电站 110kV 侧	2.7	40

注：光伏电站向系统提供的短路电流按额定电流的 1.5 倍考虑。

2028 年短路计算边界条件：

➤ 系统最大运行方式，500kV 电网全接线。新泰站 2×1000MVA 主变并列运行，浚河～君山、十里泉电厂～温水双回 220kV 线路合环运行；圣源～八里线路开环运行。

➤ 220kV 浚河站 220kV 出线 4 回，至新泰 2 回，南流泉 1 回，君山 1 回；1×180MVA+1×240MVA 主变，阻抗电压 $U_{k1-2}\%=14$ 、 $U_{k1-3}\%=23$ 、 $U_{k2-3}\%=8$ 。

2028 年相关变电站短路计算结果详见表 6.5-2。

表 6.5-2 2028 年短路电流计算结果 单位：kA

厂站母线名称	三相短路电流	断路器额定开断电流
浚河站 110kV 母线	26.5	40
温水站 110kV 母线	11.4	40
山阴站 110kV 侧	3.75	40
光伏电站 110kV 侧	2.7	40

注：光伏电站向系统提供的短路电流按额定电流的 1.5 倍考虑。

由短路计算结果可见，光伏电站接入后周边变电站短路电流均在短路额定开断电流以内，现有设备不需进行更换。

6.6 技术经济分析及投资估算

本工程接入系统方案能够满足平邑中阳郑城 50 兆瓦太阳能光伏并网电站一期工程安全经济送出的要求，接入点及周边变电站现有设备不需更换。本工程接入系统一次部分投资估算为 1252.5 万元，详见表 6.6-1。

表 6.6-1 本工程接入系统一次部分投资估算

工程名称	建设规模	投资(万元)
新建光伏电站至浚山线 T 接点 092 号杆塔线路	110kV 单回架空线路 9.5km，采用 JL/GIA-300/40 导线，电缆线路长约 0.5km，型号采用 ZRC-YJLW02-Z 64/110 1×630 电力电缆。	1227.5
PT	新建 110kV 线路光伏电站站侧装设三相 PT，浚山线两侧均装设单相 PT(检同期、检无压)共 5 台	25
合 计		1252.5

6.7 电气主接线及电气设备选择

6.7.1 主变选型

光伏电站总共安装 50 台 35kV 升压主变，本期安装 20 台，变压器选型如下：

主变型式：双绕组无载调压变压器；

额定容量：1MVA；

容量比：100/100；

电压比：38.5±2×2.5%/0.48kV；

短路阻抗：6.5%；

接线组别：D，y11；

光伏电站安装 1 台 110kV 升压主变，变压器选型如下：

主变型式：双绕组有载调压变压器；

额定容量：50MVA；

容量比：100/100；

电压比：115±8×1.25%/37kV；

短路阻抗：10.5%；

接线组别：Y，D11；

35kV 系统为中性点非有效接地系统，本工程 35kV 系统采用小电阻接地方式。110kV 系统为中性点有效接地系统，本工程 110kV 升压主变中性点采用直接接地。

6.7.2 电气主接线

本光伏电站总规划规模为 50 兆瓦，本期建设 20 兆瓦，每 1 兆瓦为 1 个发电单元，每个单元经过 1 台双绕组变压器升压至 35kV。根据布置位置将每 10 个发电单元并接为 1 回进线接入光伏电站 35kV 配电装置。

光伏电站 35kV 进线 5 回，本期建设 2 回，采用单母线接线。光伏电站 110kV 出线 1 回，采用线变组接线。

光伏电站电气主接线见附图 06。

6.7.3 无功补偿

根据《光伏电站接入电网技术规定》（Q/GDW617-2011），平邑中阳郑城 50 兆瓦太阳能光伏并网电站一期工程属于专线接入公用电网的大中型光伏电站，其配置的容性无功容量应能够补偿光伏电站满发时站内汇集系统、主变压器的全部感性无功及光伏电站送出线路的一半感性无功之和；其配置的感性无功容量能够补偿光伏电站送出线路的一半充电无功功率。

根据《光伏发电站接入电力系统技术规定》（GB/T19964-2012），并网逆变器应满足额定有功出力下功率因数在超前 0.95～滞后 0.95 的范围内动态可调；通过 35kV 电压等级并网的光伏发电站功率因数应能在超前 0.98～滞后 0.98 范围内连续可调，有特殊要求时，可做适当调整以稳定电压水平。

根据本光伏电站可行性研究报告，本期工程选用的逆变器交流侧出口功率因数在可超前 0.9～滞后 0.9 之间调节，满足光伏电站并网要求；考虑远景规模，光伏电站共安装 1MVA（35/0.48kV）双绕组变压器 50 台，短路阻抗按 6.5%考虑，安装 50MVA（110/35kV）双绕组变压器 1 台，短路阻抗按 10.5%

考虑。本工程无功补偿配置方案如下表所示。

表 6.7-1 平邑中阳郑城光伏电站无功补偿容量配置表 单位: Mvar

光伏电站		送出线路		需补偿容量	
无功损耗	充电功率	无功损耗	充电功率	容性	感性
8.5	0	1.18	1.56	9.09	0.78

根据山东电力调度中心文件《山东电网新建光伏电站并网验收流程》(调技〔2012〕34号)的规定,“容性无功容量不小于光伏电站总容量的+25%,感性无功容量不小于光伏电站总容量的-12.5%”。即本工程光伏电站容性无功容量不小于 12.5Mvar,感性无功容量不小于 6.25Mvar。

综合以上因素,光伏电站本期工程安装 1 组调节范围为-6.5Mvar~+12.5Mvar 的动态无功补偿装置。

6.8 本工程对电力系统的影响

本工程与普通发电厂相比,具有很多不同点,如具有分布式电源的明显特征、采用并网逆变器将直流电转换为交流电等特点。

(1) 孤岛效应

孤岛效应是指当电力公司的供电因故障或停电检修而跳闸时(例如大电网停电),并网发电系统未能及时检测出停电状态而将自身切离供电网络,而形成由并网发电系统和周围负载组成的一个电力公司无法掌握的自给供电孤岛。

孤岛效应的危害主要有:

- ① 对电网负载或人身安全的危害,用户或线路维修人员不一定意识到自给供电系统的存在;
- ② 没有大电网的支持,自给供电系统的供电质量难以符合要求;
- ③ 电网恢复时会因相位不同步引起大的电流冲击;
- ④ 孤岛状态意味着脱离了电力管理部门的监控而独立运行,具有不可控性和高隐患性。

注:光伏电站与电网断开不包括用于检测电网状态的主控和检测电路。

(2) 谐波

在逆变器将直流转换为交流的过程中，不可避免地会产生谐波，所以并网逆变器的质量与性能对并网交流电的电能质量有着至关重要的影响，因此，对光伏电站运行测试提出下列要求：

(a) 光伏电站接入电网的测试点为光伏电站并网点，应由具备相应资质的单位或部门进行测试，并在测试前将测试方案报所接入电网企业备案。

(b) 光伏电站应在并网运行后 6 个月内向电网企业提供有关光伏电站运行特征的测试报告，以表明光伏电站满足接入电网的相关规定。

(c) 当光伏电站更换逆变器或变压器等主要设备时，应重新提交测试报告。

测试应按照相关标准或规定进行，包括但不限于以下内容：

- a) 电能质量测试；
- b) 有功输出特性（有功输出与辐照度的关系特性）测试；
- c) 有功和无功控制特性测试；
- d) 电压与频率异常时的响应特性测试；
- e) 安全与保护功能测试；
- f) 通用技术条件测试。

7 系统继电保护

7.1 接入系统一次方案与对侧系统保护现状

光伏电站建设 1 台 110/35kV 升压变，110kV 规划出线 1 回，本期出线 1 回，T 接至 110kV 浚山线 092 号杆塔。光伏电站 110kV 采用线变组接线，35kV 采用单母线接线。

110kV 山阴站现有 110kV 进线 2 回，1 回接入 220kV 浚河站，1 回 T 接至 110kV 温水～铜石线路。110kV 浚山线已配置光差保护、RCS-943AMV 型线路保护。

7.2 系统继电保护配置方案

根据接入系统方案，光伏电站系统继电保护配置方案如下：

1) 110kV 线路保护

在光伏电站 110kV 出线侧配置一套光纤电流差动保护装置，含有三段或四段可经复压和方向闭锁的距离保护，零序保护，低压减载，过负荷、零序过流，小电流接地选线功能，配置三相重合闸功能及三相操作箱。并网线路具备光缆通道，线路保护要求四根光芯，主用 2 芯，备用 2 芯。

本工程配置 1 套相应的 110kV 线路测控装置。

2) 35kV 母线保护

本工程 35kV 采用单母线接线，配置 1 套独立的、快速的、灵敏的微机型母线差动保护。母线保护应适应母线汲出电流影响，母线差动保护设复合电压闭锁回路，母线保护特性应满足内部故障快速动作，外部故障 CT 严重饱和不会误动作。

3) 失步解列装置

为适应当电力系统失步时实现解列、切机、压出力、切负荷或启动其它使系统再同期的控制措施，本工程配置 1 套失步解列装置。

4) 故障录波器装置

本工程配置 1 套故障录波器，记录故障前 10 秒到故障后 60 秒的情况，并将故障信息通过数据传输通道传至所属地调。

5) 继电保护信息系统子站

本工程配置 1 套继电保护信息系统子站，实现继电保护运行管理、故障分析、辅助决策等主要功能。

6) 防孤岛保护

本工程配置 1 套防孤岛保护装置，与公用电网侧继电保护相配合，动作时间不大于 2s。

7) 继电保护试验电源柜

为方便调试，本工程在继电器小室配置 1 面继电保护试验电源。

7.3 相关专业的配合

1) 并网线路保护每个线路方向要求 1 条 4 芯光缆通道，主用 2 芯备用 2 芯。

2) 并网线路三侧均装设检无压、检同期电压互感器，考虑接线方式及现场实际，光伏电站侧装设三相电压互感器，浚河侧、山阴侧可装设单相电压互感器。

3) 光伏电站具备快速切除站内汇集系统单相故障的保护措施。

7.4 对侧变电站系统继电保护配置方案

配合本工程：1) 拆除原有线路保护装置（RCS-943AMV），对侧 220kV 浚河站、110kV 山阴站各新上与光伏电站一致的 1 套 110kV 光纤电流差动保护（三端），保护通道采用专用光纤芯方式，要求 T 接线路每个线路方向具备 1 条光缆通道，保护占用其中 4 芯。

2) 110kV 温山铜线山阴站侧保护柜增加联切 110kV 浚山线山阴站侧保护功能，并通过外部压板投退，防止故障扩大。

7.5 系统继电保护设备及投资估算

平邑中阳郑城 50 兆瓦太阳能光伏并网电站一期工程接入系统继电保护部分投资估算为 145 万元，其中光伏电站侧 105 万元，电网侧 40 万元。详见表 7.5-1。

表 7.5-1 本工程接入系统继电保护部分设备材料表

序号	设备名称	单位	数量	总价（万元）
一	光伏电站侧			

1	110kV 线路保护装置	套	1	15
2	110kV 线路测控装置	套	1	5
2	35kV 母线保护装置	套	1	20
3	失步解列装置	套	1	15
4	故障录波器装置	套	1	15
5	继电保护信息系统子站	套	1	10
6	防孤岛保护装置	套	1	20
7	继电保护试验电源装置	套	1	5
			合计	105
二	电网侧			
1	浚河站 110kV 线路保护装置	套	1	15
2	浚河站 110kV 线路测控装置	套	1	5
3	山阴站 110kV 线路保护装置	套	1	15
4	山阴站 110kV 线路测控装置	套	1	5
			合计	40
总 计				145

8 调度自动化

8.1 调度关系

根据山东电力系统调度管理规程，平邑中阳郑城 50 兆瓦太阳能光伏并网电站一期工程属山东电力调度控制中心（以下简称山东省调）和临沂电力调度控制中心（以下简称临沂地调）双重调度。远动信息分别送至山东省调和临沂地调主、备调。

8.2 远动信息的传送方式和通道要求

8.2.1 远动信息传输方式

光伏电站与省调、地调主、备调通信均采用电力调度数据网络方式。

光伏电站调度自动化设备与省调、地调主、备调通信应采用符合省调、地调主、备调主站要求的通信规约。数据网络通信方式采用 DL/T634.5104 规约。

8.2.2 通道要求

光伏电站配置 2 套调度数据网接入设备，每套接入路由器配置 2 路 2Mbps 数字通道，分别接至电力调度数据网地调接入网的不同节点，传送生产控制大区业务。

光伏电站配置 1 路 2Mbps 数字通道接至山东电力调度管理信息网的地调节点，传送管理信息大区业务。

具体通道组织详见通信专业设计部分。

8.3 调度自动化系统

根据山东电网调度自动化系统要求，考虑本场的装机容量、电压等级及其在电网中的位置，本工程设计厂站综合通信管理终端 2 套，设备冗余配置，应具备远动主机、自动发电控制(AGC)、有功自动控制、无功电压控制功能。信息直采直送，用于采集光伏电站远动信息。

有功功率控制系统应具备有功功率调节能力，接收并自动执行省调发送的有功功率控制信号，确保光伏电站有功功率值符合省调给定值。

无功电压控制系统应根据电网调度部门指令自动调节光伏电站无功功

率及电压水平，其调节速度和控制精度满足电力系统电压调节要求。

新建光伏电站在接入系统送电和发电单元并网前，应完成新能源调度技术支持系统建设（含 I 区和 III 区），具备信息交换和实时监控、调度生产管理等功能。光伏发电功率预测预报（II 区）按省调要求建设。按省调要求建设光伏电站调度技术支持系统，与省、地调调度技术支持系统进行应用调试，并按照光伏电站并网调度自动化设备现场验收标准验收合格，由省、地调签署光伏电站并网调度自动化设备现场验收合格单。

本工程考虑对侧变电站调度自动化装置的扩容费用。

8.4 调度数据网

根据电力调度数据网双平面双设备的建设原则，以及光伏电站二次系统安全分区的要求，本工程在光伏电站侧设调度数据网接入设备 1 套，设备配置包括路由器 2 台、交换机 2 台，配置相应的二次安全防护设备，2 套路由设备共配置纵向加密认证装置 2 台。在光伏电站内安全区 I 与安全区 II 之间配置硬件防火墙 1 台，在光伏电站内生产控制大区与管理信息大区之间配置反向隔离装置 1 台。

本工程在光伏电站侧设计调度管理信息网接入设备及二次系统安全防护设备 1 套，包含路由器 1 台、交换机 1 台、硬件防火墙 1 台。配置 1 台防火墙，部署在天气预报工作站和外网之间；配置 2 台 IDS 入侵监测装置，用于监测安全 I / II / III 区交换机数据。

8.5 远动信息

光伏电站远动信息按照电力系统调度自动化要求和 DL/T 5003-2005《电力系统调度自动化设计技术规程》、DL/T 5002-2005《地区电网调度自动化设计技术规程》及《山东光伏电站并网调度自动化技术规范》要求设定采集量。

光伏电站与电网调度机构间交换的调度自动化信息，是指在电力调度自动化系统中主站端与光伏电站端交换的信息。按信息传送方向分为：光伏电站端传送的上行信息、主站向光伏电站传送的下行信息。

光伏电站上传的数据类型主要有：

- （1）气象参数（模拟量）：总辐射、直接辐射、散射辐射、环境温度、

湿度、光伏电池板温度、风速、风向等信息；

(2) 电气参数（模拟量）：有/无功(MW/MVar)、电压 (kV)、电流 (A)、频率 (Hz)；

(3) 运行状态（状态量）：开关/刀闸（状态）；

(4) 统计计算（模拟量）：光伏电池投运容量、光伏电池检修停运容量 (MW)；

(5) 功率预测参数（15 分钟）：提供短期、超短期功率预测（E 语言文本）；

(6) 其它参数：光伏电池方阵编号及容量等应在发生改变后及时上报。
光伏电站接收的数据主要有：

(1) 光伏电站发电计划曲线；

(2) 数值天气预报：辐照强度、云量、气温、湿度、风速、风向、气压等。

8.6 电量计量系统

8.6.1 关口计量点设置及计量设备要求

光伏电站的计量关口点暂按厂网产权分界处原则设定，即在并网线路对侧 220kV 浚河变电站、110kV 山阴变电站设置关口计量点，按单表配置 0.2S 级的智能电能表。

在光伏电站并网线路出线侧设置关口考核点，按单表配置 0.2S 级的多功能电能表。要求电能表带双 485 输出，具备失压计时功能。本工程在光伏电站安全区 II 设电能量远方终端 1 台，机架式电能量远方终端 1 台。

8.6.2 电量计费通道及规约

电能量远方终端与省调、地区供电公司电量主站系统均采用数据网络通信方式，与地调电量主站系统的通信采用 PTN 通道，规约为 SCTM 和 IEC870-5-102。数据网络接入设备与远动共用。

8.7 光伏发电功率预测系统

本工程在光伏电站安全区 II 配置 1 套功率预测系统，功率预测系统接收

气象部门的数值天气预报信息（或直接接收调度主站系统下发的数值天气预报信息）和调度主站系统下发的发电计划，向主站上传数值气象预报信息，并根据历史和运行数据计算、分析、修正和校核，将光伏电站的功率预测结果上传到调度主站。功率预测系统通过调度数据网安全区 II 与主站系统通信；功率预测系统与光伏电站内安全区 I 监控等系统通信经过硬件防火墙，采集气象数据经过反向隔离装置。

8.8 全站时间同步系统与时间监测装置

光伏电站应配置 1 套全站统一的公用时间同步系统，高精度时钟源双重化配置，采用 GPS、北斗双主时钟，时间同步系统满足站内控制、保护等设备或系统的对时，费用列入光伏电站本体工程，不在接入系统部分计列。

本工程在光伏电站安全区 II 配置 1 套时间监测装置。时间监测装置通过光纤或 RS-485 接口（IRIG-B（DC）码）监测时间同步装置（主时钟及扩展装置等）的时间精度，时间同步装置具备频率测量、自身运行状态和异常告警信息的输出功能，通过时间监测装置实现调度端对时间同步装置运行工况的监测和管理，监测信息包括时钟装置的时钟、锁定卫星数量、同步或失步状态、GPS 主备用情况、失电情况、电网频率以及其它涉及装置运行情况的信息等。时间监测装置通过网络方式（NTP 协议）实时监测功率预测服务器的时间信息，支持通过网络、串口、IRIG-B（DC）码等方式监测监控系统、测控、PMU、电能量远方终端等设备与系统的时间信息并上传主站系统。时间监测装置通过调度数据网 II 区与主站系统通信。

8.9 电能质量在线监测装置

本工程在光伏电站侧配置 1 套电能质量在线监测装置，实现对光伏电站并网线路及母线电能质量连续监测，以确保电网安全运行。电能质量监测装置具备远传数据到相应调度端的功能。

8.10 调度运行管理系统

本工程在光伏电站安全区 III 配置调度运行管理系统的终端设备 1 套，用于调度生产日报、检修申请业务的数据上报和信息浏览等。

8.11调度发电计划管理系统

配置调度发电计划管理系统 1 套，接入调度数据网交换机非实时 VPN，用于调度发电计划浏览、运行监视及考核结果查询等

8.12UPS 电源

光伏电站配置 1 台 UPS 电源设备。光伏电站调度管辖设备供电电源应采用不间断电源装置（UPS）或站内直流电源系统供电，在交流供电电源消失后，不间断电源装置带负荷运行时间应大于 40min。

8.13调度端配合费

为接收光伏电站调度自动化相关信息，相应调度端主站系统图形、模型、数据库等均需进行扩充。由此增加的工程费用在本工程中计列。

8.14调度自动化设备及投资估算

平邑中阳郑城 50 兆瓦太阳能光伏并网电站一期工程接入系统调度自动化部分投资估算约为 336.5 万元,其中光伏电站侧 324.5 万元,电网侧 12 万元,详见表 8.14-1。为接收光伏电站调度自动化相关信息，相应调度端主站系统图形、模型、数据库等均需进行扩充，由此增加的工程费用在本工程中计列。

表 8.14-1 本工程接入系统调度自动化投资估算

	序号	名 称	型 号 及 规 范	单 位	数 量	备 注 (总价: 万元)
光 伏 电 站 侧 投 资	一	光伏电站侧远动设备				
	1	综合通信管理终端	冗余配置，具备远动通信、有功功率控制、无功电压控制等功能	套	2	80
	二	电量计费系统				
	1	电能量远方终端	机架式，双网卡，具备网络功能	套	2	20
	2	多功能电能表	0.2S 级	块	1	6
	3	电能表屏屏体		面	1	1.5
	三	电力调度数据网接入设备及二次安全防护设备	双平面双设备配置,包括路由器 2 台、交换机 2 台、纵向加密认证装置 2 台,硬件防火墙 1 台, 及反向隔离装置 1 台	套	1	60
	四	电力调度管理信息网接入设备及二次安全防护设备	包括路由器 1 台、交换机 1 台、硬件防火墙 1 台	套	1	20
	五	防火墙	部署在天气预报工作站和外网之间	套	1	3
	六	IDS 入侵监测装置	用于监测安全 I / II /III区交换机数据	套	2	12
	七	电能质量在线监测装置		套	1	15
	八	光伏电站功率预测系统		套	1	80
	九	UPS 电源		套	1	1
	十	时间监测装置		套	1	6
	十一	调度运行管理系统终端		套	1	5
	十二	调度发电计划管理系统		套	1	5
	十三	山东省调软硬件接口费				5
		临沂地调软硬件接口费				5
光伏电站侧投资合计						324.5
电 网 侧 投 资	十二	对侧 220kV 浚河变电站智能电能表	0.2S 级	块	1	6
	十三	对侧 110kV 山阴变电站智能电能表	0.2S 级	块	1	6
	电网侧投资合计					
本工程调度自动化部分投资总计						336.5

9 系统通信

9.1 通信系统现状

临沂地区电力通信网现已基本建成以 2.5Gbit/s 环网为核心层、155M/622Mb/s 为接入层的拓扑结构，并建成了具有核心层、汇聚层和接入层三层结构的 PTN 数据承载网，满足了不断增加的电力通信业务对通信带宽和传输速率的需求，并兼顾了临沂地区电力通信业务远期发展的需要。

浚河～城西～平邑县调～城东～温水～薛庄～费县～钟罗～太和～临沂～临沂地调～柳青～沂蒙～阳都～临沂备调、浚河～君山～十里泉电厂～尚岩～苍山～宝泉～临沂均已架设了不同芯数 OPGW/ADSS 光缆，温水～铜石架设有 1 条 16 芯 ADSS 光缆，铜石～流峪、流峪～山阴分别架设有 1 条 12 芯 ADSS 光缆，浚河～山阴架设有 1 条 24 芯 OPGW 光缆。浚河站、山阴站均已配置有临沂地区级 SDH 及汇聚层 PTN 设备各 1 套。

9.2 各专业对通信通道的要求

9.2.1 调度通信和调度自动化通道

光伏电站建成后，由山东省调和临沂地调双重调度，远动信息分别送至山东省调和临沂地调、临沂备调。

远动通道要求：

光伏电站配置 2 套调度数据网接入设备，每套接入路由器配置 2 路 2Mbps 数字通道，分别接至电力调度数据网临沂地调接入网的不同节点，传送生产控制大区业务。

光伏电站配置 1 路 2Mbps 数字通道接至山东电力调度管理信息网的临沂地调节点，传送管理信息大区业务。

9.2.2 线路保护对通道的要求

根据保护专业提供资料，线路保护对通信通道的要求如下：

110kV 光伏电站 T 接线路三侧保护通道采用专用光纤芯方式，要求 T 接线每个线路方向具备 1 条光缆通道，保护每个线路方向占用 4 芯，主用 2 芯、备用 2 芯。

9.3 系统通信方案

9.3.1 光缆通信

(1) 光缆建设方案

根据《山东电力集团公司科信部关于规范输变电工程光缆设计技术要求的通知（集团科信通信【2013】36号）》中第8条“35kV及以上变电站、电厂（含35kV及以上风力、光伏发电厂）应具备2条不同方向的随电力线路架设的光缆，终端厂站应随单条电力线路架设2条光缆”的规定，本工程光缆通信方案如下。

本工程随光伏电站至T接点处新建线路架设2条24芯光缆，其中新建24芯OPGW光缆 $2\times 9.5\text{km}$ ，管道光缆 $2\times 0.5\text{km}$ ；经收资浚山线光缆芯数还剩余16芯，在T接点新建光缆与浚山线原有光缆接续，形成光伏电站～浚河、光伏电站～山阴光缆通道。

(2) 设备配置方案

光伏电站新上临沂地区622M光传输设备1套，带2个622M光口，浚河站、山阴站原SDH设备上均配置1个622M光口，利用新建光缆，对光伏电站-浚河站、光伏电站-山阴站，开通1路622Mb/s临沂地区级光通信电路。

光伏电站新上接入层PTN设备1套，带2个GE光口，浚河站、山阴站原PTN设备上均配置1个GE光口，利用新建光缆，对光伏电站-浚河站、光伏电站-山阴站，开通1路GE临沂地区级光通信电路。

为满足光伏站至地调和备调调度软交换电话需求，在光伏站配置2套调度软交换终端IAD。对地调和备调的调度电话业务均通过调度数据网承载。

光伏电站内配置配线设备，包含1套综合配线柜，内置12芯ODF模块4块、16单元DDF模块2块，安装于现有光纤配线柜内；山阴站新增1面光配柜。

在光伏站内设48V通信电源柜一面，采用DC/DC模块方式供电，与直流系统共用蓄电池，给通信设备供电。

9.3.2 调度通道安排

光伏电站由山东省调和临沂地调调度，远动信息分别送至山东省调和临沂地调、临沂备调。

光伏电站～临沂地区调度数据网平面一通道（暂按接入临沂地调节点和临沂备调节点组织路由），均利用临沂地区 622Mb/s SDH 光路，各分配 2M 带宽，其中至临沂地调节点的路由为光伏电站～浚河～温水～临沂～临沂地调，至备调节点的路由为光伏电站～浚河～尚岩～苍山～宝泉～沈泉～城南～临沂电厂～相公～沂蒙～临沂备调。

光伏电站～临沂地区调度数据网平面二通道（暂按接入临沂地调节点和临沂备调节点组织路由），均利用临沂地区 GE PTN 光路，各分配 FE 带宽，其中至临沂地调节点的路由为光伏电站～浚河～温水～钟罗～临沂～临沂地调，至备调节点的路由为光伏电站～浚河～温水～云蒙～沂水～阳都～临沂备调。

光伏电站～临沂地调管理信息业务利用临沂地区 622Mb/s SDH 光路，分配 2M 带宽，路由为：光伏电站～浚河～温水～临沂～临沂地调。

光伏电站内 IP 数据业务全部利用数据网通道（PTN 平台）承载。

9.3.3 线路保护通道安排

光伏电站～浚河站，光伏电站～山阴站，浚河站～山阴站线路保护均利用本工程形成的光缆通道及原有光缆通道，采用专用光纤芯方式，主用 2 芯，备用 2 芯。

9.3.4 载波通信

光伏电站出线线路均不开设高频通道，不需要高频加工设备。

9.4 投资估算

本工程接入系统通信部分投资估算为 212.2 万元，其中光伏电站侧投资 88.2 万元，电网侧投资 124 万元，详见表 9.4-1。

表 9.4-1 光伏电站侧系统通信投资估算表

单位：万元

序号	名称及规格	单位	数量	单价	总价	备注
1	622M 光设备	套	1	25	25	含两个光口
2	接入层 PTN 设备	套	1	18	18	含两个光口
3	调度软交换终端 IAD	套	2	2	4	
4	配线设备	套	1	5	5	DDF、ODF
5	本地维护终端	套	1	5	5	
6	24 芯导引光缆	km	2×0.2	3	1.2	
7	通信电源	套	1	10	10	
8	辅助设备及其它				20	
	合计				88.2	
电网侧						
1	24 芯 OPGW 光缆	km	2×9.5	5	95	含金具
2	24 芯管道光缆	km	2×0.5	3	3	
3	622M 光口板	块	2	5	10	浚河站、山阴站
4	GE 光口板	块	2	4	8	浚河站、山阴站
5	光配柜	面	1	2	2	山阴站
6	辅助设备及其他				6	
	合计				124	
	总计				212.2	

10 结论

平邑中阳郑城 50 兆瓦太阳能光伏并网电站一期工程位于临沂市平邑县郑城镇。总规划容量为 50 兆瓦，本期建设 20 兆瓦，计划于 2017 年底建成投产。

10.1 接入系统方案

平邑中阳郑城 50 兆瓦光伏电站工程规划容量为 50 兆瓦，本期建设 20 兆瓦，每 1 兆瓦为 1 个发电单元，每个单元共配置多晶 290Wp 组件 3520 块，50kW 逆变器 20 台，4 路交流汇流箱 5 台，1000kVA 箱变 1 台，均通过逆变升压至 35kV。每 10 兆瓦通过 1 回 35kV 线路（共 5 回，本期建设两回）接至 35kV 汇流母线。经 1 台 110/35kV 变压器升压至 110kV 后，以 1 回 110kV 线路 T 接至 110kV 浚山线 092 号杆塔。

本工程新建光伏电站至浚山线 T 接点线路，全长约 10km，其中架空线路长约 9.5km，型号采用 JL/GIA-300/40 型钢芯铝绞线，电缆线路长约 0.5km，型号采用 ZRC-YJLW02-Z 64/110 1×630 交联聚乙烯绝缘电力电缆。

电气主接线：光伏电站 35V 配电装置采用单母线接线，110kV 配电装置采用线变组接线。

无功补偿：光伏电站安装 1 组调节范围为-6.5Mvar~+12.5Mvar 的动态无功补偿装置。

10.2 系统一次对电站的主要技术要求

逆变过程将产生一定的谐波，电站应采用高性能的逆变器和滤波装置以减少谐波分量。建议在工程投产后，测试相关电网的谐波，以保证电压质量。

10.3 系统继电保护

（1）110kV 线路保护

110kV 光伏电站 T 接线三侧配置光纤电流差动保护，含有相间、接地距离及零序电流保护。保护通道采用专用光纤芯方式。

（2）35kV 母线保护

35kV 单母线接线，配置一套微机型母线差动保护。

(3) 本工程配置 1 套失步解列装置。

(4) 本期在升压站安装故障录波仪。

(5) 配置 1 套继电保护信息系统子站。

(6) 配置 1 套防孤岛保护装置。

(7) 新建 110kV 线路光伏电站侧安装三相 PT，浚山线两侧均配置一组单相 PT。

(8) 配置 1 套继电保护试验电源装置

(9) 对侧变电站继电保护配置

对侧 220kV 浚河站、110kV 山阴站各新上 1 套与光伏电站一致的 110kV 光纤电流差动保护（三端）。保护通道采用专用光纤芯方式。

10.4 调度自动化

(1) 平邑中阳郑城光伏电站属山东省调和临沂地调双重调度。远动信息分别送至山东省调和临沂地调主、备调。

(2) 数据网络通信方式采用 DL/T634.5104 规约。

(3) 调度自动化系统

(4) 在光伏电站安全区 I 设综合通信管理终端 2 套；配置调度数据网接入及二次安全防护设备各 1 套，设备配置包括路由器 2 台、交换机 2 台、纵向加密认证装置 2 台，硬件防火墙 1 台；配置调度管理信息网接入设备及二次系统安全防护设备 1 套，包括路由器 1 台、交换机 1 台、硬件防火墙 1 台；增加 1 台防火墙，部署在天气预报工作站和外网之间；增加 2 台 IDS 入侵监测装置，用于监测安全 I / II / III 区交换机数据。

(5) 电费计量系统

在并网线路对侧 220kV 浚河变电站、110kV 山阴变电站设置关口计量点，按单表配置 0.2S 级的智能电能表。在光伏电站并网线路出线侧设置关口考核点，按单表配置 0.2S 级的多功能电能表；在光伏电站安全区 II 设电能量远方终端 1 台，机架式电能质量远方终端 1 台。

- (6) 本工程在光伏电站安全区 II 配置功率预测系统 1 套。
- (7) 本工程在光伏电站安全区 II 配置 1 套时间监测装置。
- (8) 在光伏电站配置 1 套电能质量在线监测装置。
- (9) 在光伏电站安全区 III 配置调度运行管理系统的终端设备 1 套。
- (10) 在光伏电站配置调度发电计划管理系统 1 套。
- (11) 在光伏电站配置 1 台 UPS 电源设备。

10.5 系统通信

(1) 随光伏电站至 T 接点处新建线路架设 2 条 24 芯光缆，其中新建 24 芯 OPGW 光缆 $2 \times 9.5\text{km}$ ，管道光缆 $2 \times 0.5\text{km}$ ，在 T 接点处与浚山线原有光缆接续；

(2) 光伏电站新上临沂地区 622M 光传输设备 1 套，带 2 个 622M 光口，浚河站、山阴站原 SDH 设备上均配置 1 个 622M 光口，利用新建光缆，对光伏电站-浚河站、光伏电站-山阴站，开通 1 路 622Mb/s 临沂地区级光通信电路。

(3) 光伏电站新上接入层 PTN 设备 1 套，带 2 个 GE 光口，浚河站、山阴站原 PTN 设备上均配置 1 个 GE 光口，利用新建光缆，对光伏电站-浚河站、光伏电站-山阴站，开通 1 路 GE 临沂地区级光通信电路；山阴站新增光配柜一面。

(4) 光伏电站对临沂地调配置 2 套调度软交换设备 IAD。

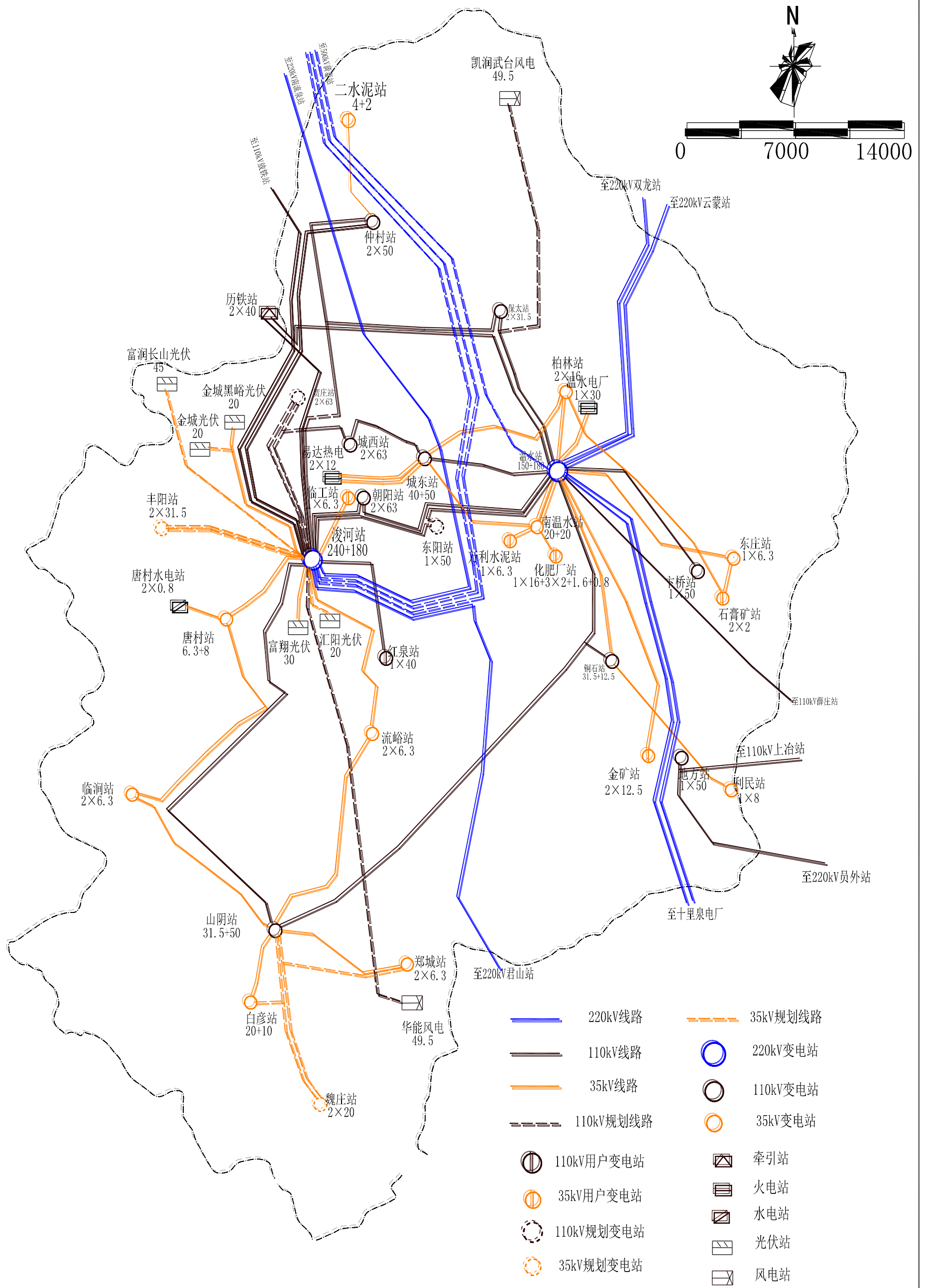
(5) 在光伏站内设 48V 通信电源柜一面，采用 DC/DC 模块方式供电，与直流系统共用蓄电池，给通信设备供电。

10.6 投资估算

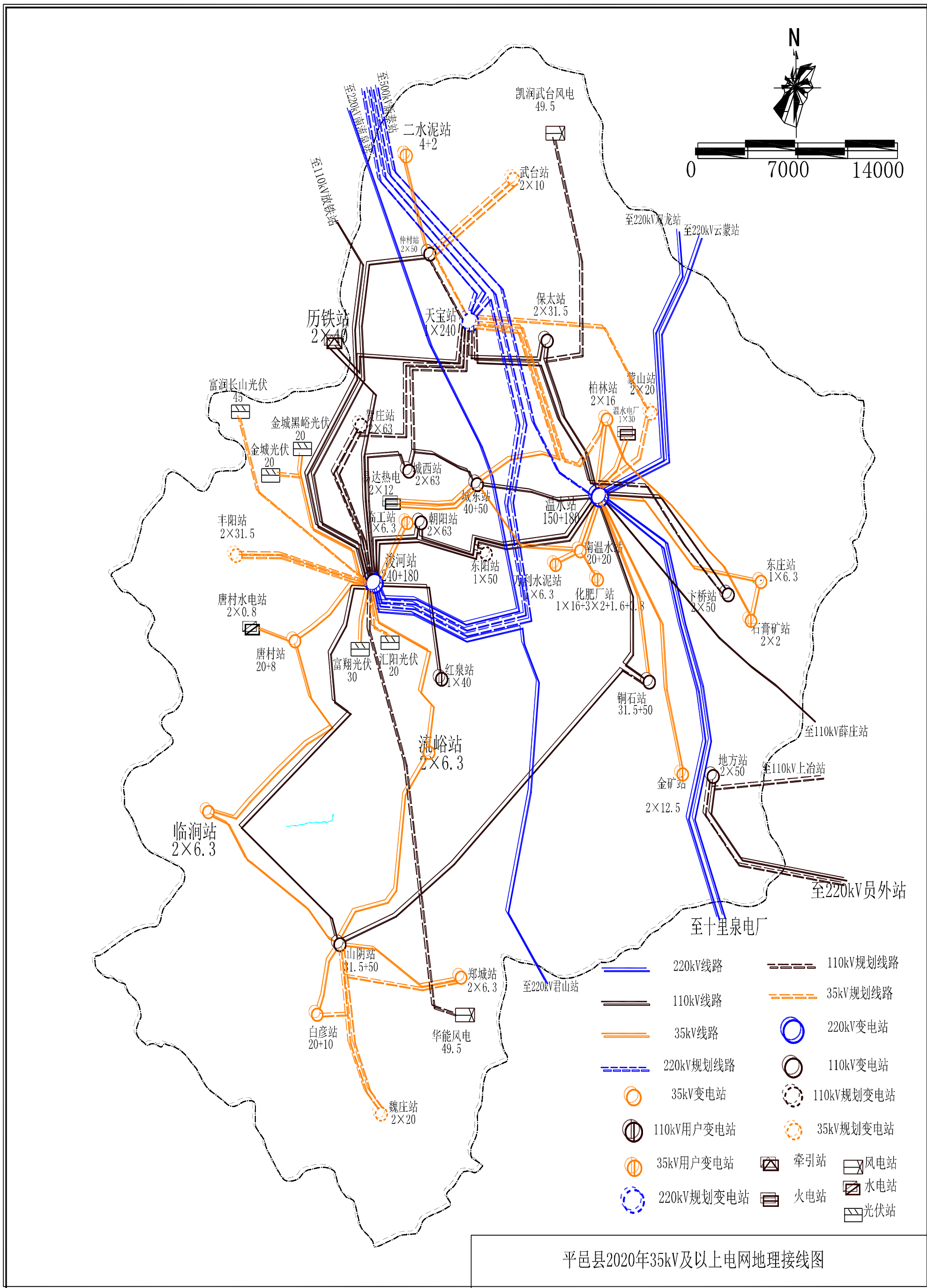
平邑中阳郑城 50 兆瓦太阳能光伏并网电站一期工程接入系统投资估算为 1946.2 万元，其中光伏电站侧 532.7 万元，电网侧 1413.5 万元，详见表 10.6-1。

表 10.6-1 本工程接入系统投资估算表 单位：万元

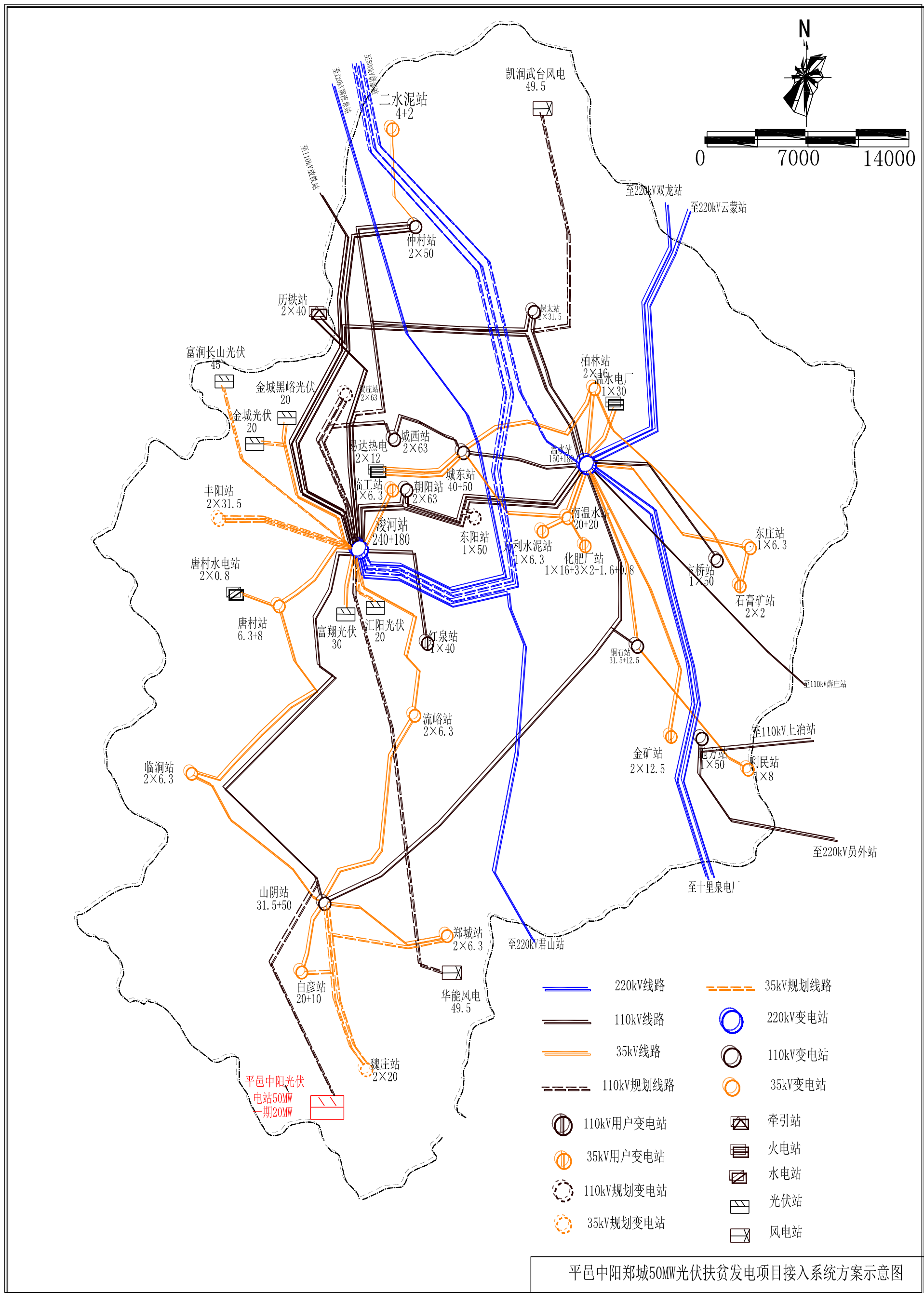
工程规模	投资估算（万元）	
	电网侧	光伏电站侧
一、系统一次		
1、光伏电站 T 接至浚山线 092 号杆塔，新建线路 10km，其中架空线路长约 9.5km，型号采用 JL/GIA-300/40 型钢芯铝绞线，电缆线路长约 0.5km，型号采用 ZRC-YJLW02-Z 64/110 1×630 交联聚乙烯绝缘电力电缆。	1227.5	\
新建 110kV 线路光伏电站站侧装设三相 PT，浚山线两侧均装设单相 PT（检同期、检无压）共 5 台，投资约 25 万元	10	15
二、系统二次		
1、系统继电保护	40	105
2、调度自动化	12	324.5
3、系统通信	124	88.2
合 计	1413.5	532.7
总 计	1946.2	



附图 01 2017 年平邑县电网地理接线图



附图 02 2020 年平邑县电网地理接线图



附图 03 平邑中阳郑城 50 兆瓦太阳能光伏并网电站一期工程接入系统方案示意图

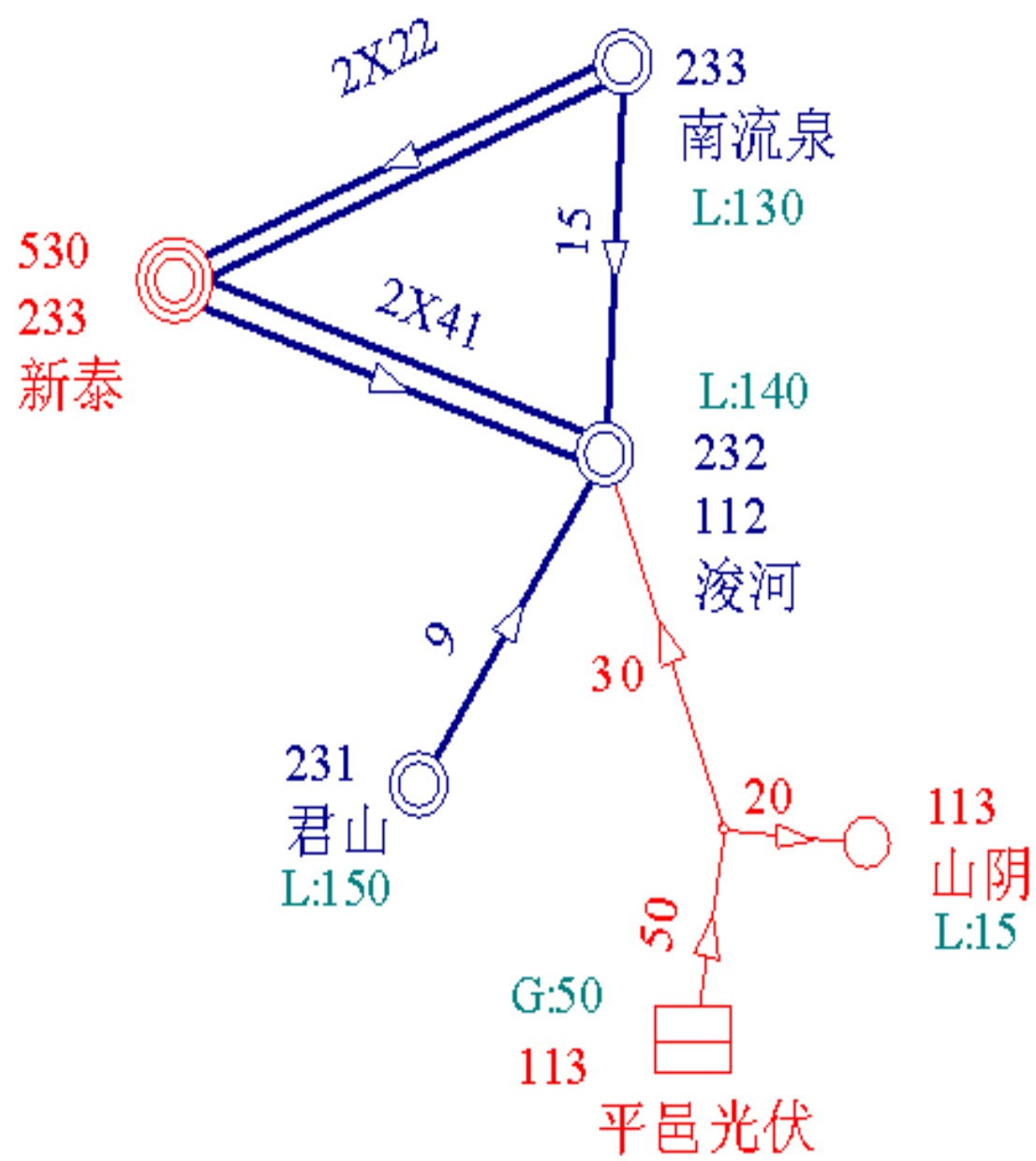


图 04 平邑中阳郑城光伏电站满发时周边电网潮流图

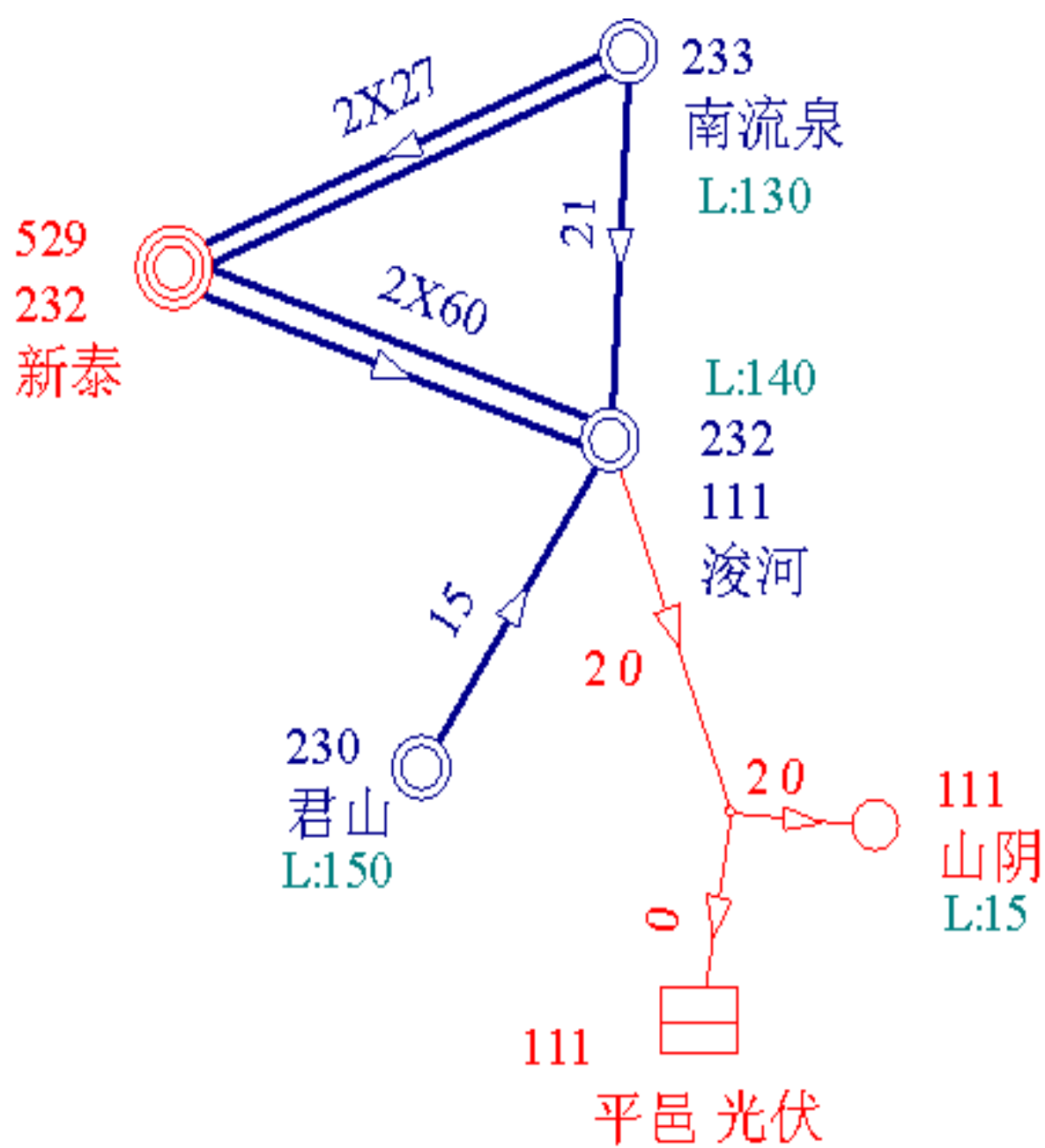


图 05 平邑中阳郑城光伏电站停运时周边电网潮流图

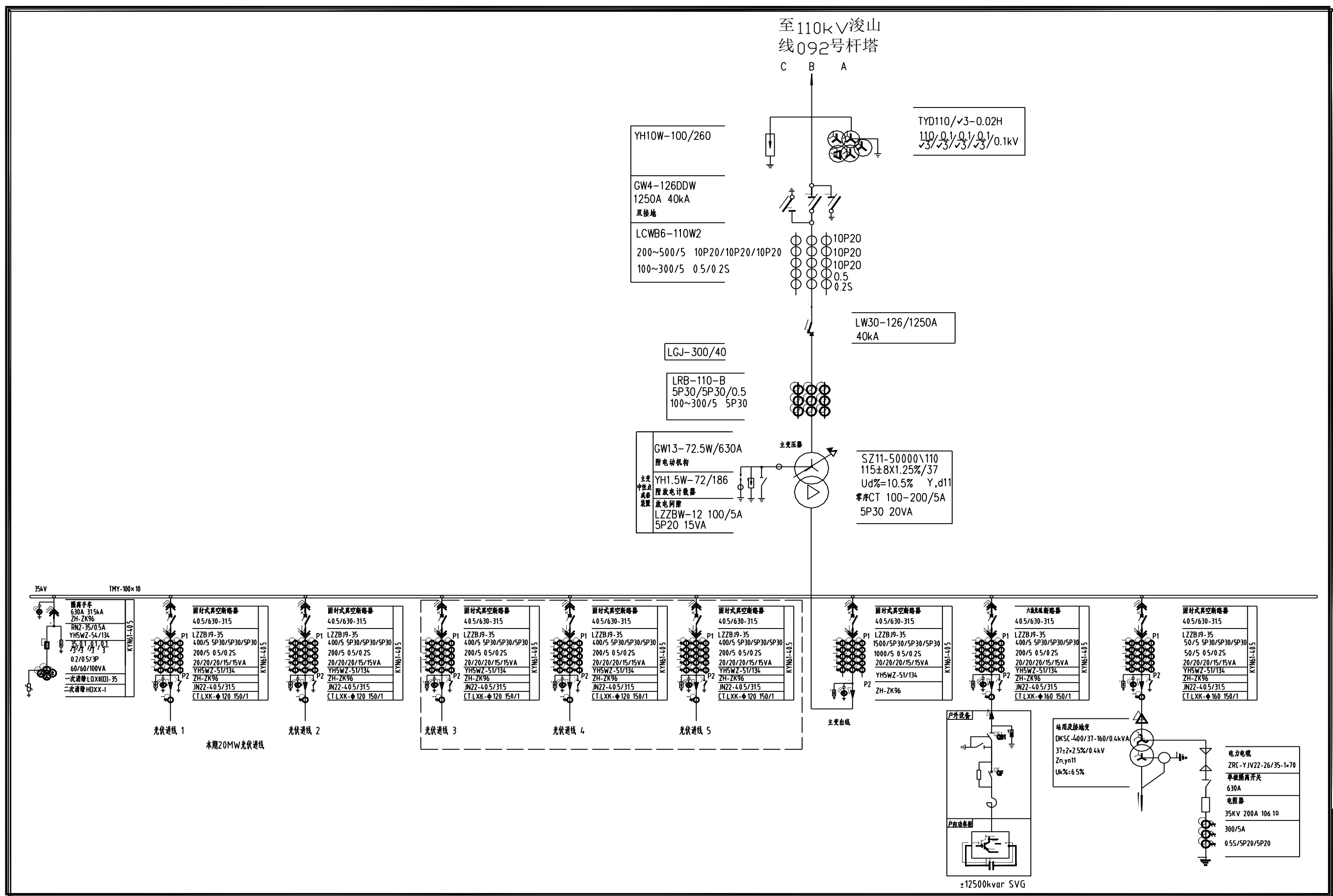


图 06 光伏电站电气主接线图

