



位于天津长芦海晶集团盐场的“盐光互补”项目。

近些年,以光伏为代表的新能源发展十分迅猛。为贯彻国家“双碳”战略,并着力打造能源革命先锋城市,天津积极布局光伏发电项目。国家能源局公布的数据显示,截至去年年末,天津累计并网光伏装机容量为489.5万千瓦。其中,仅去年就新增了268.9万千瓦。

围绕光伏发展,天津如今已形成了“渔光互补”“盐光互补”等典型模式,比如有的企业就在打造集“盐、渔、光、储、游”为一体的产业体系,推动第一、第二、第三产业深度融合发展。通过“光伏+”,这座城市正在谱写产业协同合奏曲。

■ 本报记者 韩启 宁广靖

从“渔光曲”到“盐光曲” “光伏+”谱写产业协同合奏曲

“渔光互补”项目

上有光伏下有鱼虾
一地多用 村里年收入增3倍

靠海吃海,滨海新区杨家泊镇李自沽村养鱼虾的历史悠久。最近,养殖户们陆续开始投放虾苗了,经过四五个月的繁殖期,这些虾在10月前后就能出网。村里现在有近3000亩池塘,年产鱼虾数百万斤。

走进李自沽村,鱼塘、虾塘波光粼粼、清澈透亮,其中,2000亩的水面上架起了12.5万块光伏板。上有光伏下有鱼虾,一块土地多份收入。而在2018年,村支书张强跟村民们谈起通威渔光一体观光产业园项目的时候,遭到了质疑。桩子打进水里会不会影响出鱼出虾的进度?池塘上装光伏板影响光照,水温变化会不会对鱼虾生长有影响?一旦害病,能不能像以往一样一下子把鱼虾打捞上来?一系列问题被抛了过来。

张强给大伙儿算了一笔账:以前,村民承包1亩池塘要1000元,2000亩池塘包给村民,只收1100亩净水域面积的承包费,村集体一年收100多万元;现在,2000亩池塘按每亩2000多元的价格包给通威集团,村集体一年有超过400万元的收入。另外,架上光伏板后,通威集团再把池塘返包给养殖户进行养殖,每亩池塘的承包费还不到300元。这只是村里的小账本,往大了算,建设2000亩“渔光互补”项目,每年发电量超过8000万度,减少二氧化碳排放量约7万吨。

这一个账本,展开了“水下渔业养殖、水面光伏发电”的绿色养殖美丽画卷……2018年,李自沽村村民张明喜成了村里第一批在光伏板下面养虾的养殖户。他承包了70多亩池塘,主要养殖南美白对虾,年产量达8万多斤。“南美白对虾的养殖期是每年的5月至10月,我这每亩池塘大概投5万只虾苗。”他告诉记者,架上了光伏板,遮阴地方的藻类不容易变质,虾的生长环境比较稳定,成活率能提高10%左右。看到了张明喜这光伏板下的鱼虾养得不错,村里其他养殖户也纷纷走上了这条“绿色养殖”的道路。

不只是李自沽村,现在,杨家泊镇有5000多亩池塘都在通威集团杨家泊“渔光互补”一期项目推进中架上了光伏板。据了解,杨家泊“渔光互补”一期项目采用分块发电、集

中并网的设计方案,2018年10月开工,2020年7月实现全部发电,装机容量14.5万千瓦,每年发电量约2.5亿度,年减排二氧化碳约22.5万吨,年节约标准煤约10万吨。

走进通威渔光一体现代渔业产业园杨家泊光伏电站,一排排间隔6米至8米的水上光伏板映入眼帘。据该项目负责人介绍,这里有40多万块光伏板,晴天的时候,一天能发50万度电。

目前,通威集团也在积极推动杨家泊镇渔光一体观光产业园二期项目建设,总投资约6.8亿元,建设规模16.8万千瓦,项目占地面积约3600亩,选址位于高庄村、罗卜坨村,全部达产后预计年发电量2.2亿度,实现产值约0.7亿元。据了解,二期项目将打造光伏体验馆、休闲栈道和垂钓乐园等文旅平台,以光伏产业带动文旅产业的发展。

近年来,杨家泊镇充分利用资源禀赋,探索“新能源+”发展模式。眼下,镇上“渔光互补”形成的发电新模式走出了乡村绿色富民新路。“与常规养殖相比,‘养殖+发电’综合效益增长明显,可以实现‘一块土地多份收入’,村民养殖的收入、项目发电收入,后期我们还有研学旅游板块,还能增加旅游收入。”杨家泊镇副镇长宋向东向记者介绍说,杨家泊镇养殖水域超1.4万亩,对“渔光互补”产业来说资源丰富。目前,他们正在洽谈多个光伏项目,比如高压水库附近要建一个光伏项目,国投有个3000亩规模的光伏项目正在准备中……下一步,他们将探索这些绿电在附近企业中应用。



架上了光伏板,遮阴地方的藻类不容易变质,虾的生长环境比较稳定,成活率能提高10%左右。

摄影 韩启

“盐光互补”项目

年平均发电量将超33亿度
养殖区域盐水浓度应不超过6波美度

登上天津长芦海晶集团与华电新能源集团联合开发的,装机容量达100万千瓦的“盐光互补”光伏发电项目的观景台,一排排光伏板汇成的“蓝色海洋”映入眼帘,记者极目远眺依然望不到边。这个项目位于天津长芦海晶集团盐场,所占面积达2万亩,被称为世界单体装机容量最大的“盐光互补”项目。天津长芦海晶集团副总经理牛跃同告诉记者,该项目已于去年12月全部投产,年平均发电量可达14亿度左右。

除了华电新能源集团外,天津长芦海晶集团近些年还分别与国电新能源集团旗下的龙源电力集团、国电电力公司联合开发“盐光互补”项目。

作为龙源电力集团的子公司,天津龙源新能源开发有限公司负责集团在津的光伏、风电等新能源业务。该公司副总经理桑晨亮对记者介绍说,公司参与开发的“盐光互补”项目的年平均发电量为58.6万千瓦,已于去年6月投产,年平均发电量约7亿度。

“针对盐场这一特殊环境,我们项目采用了双玻光伏组件,发电效率相较单玻光伏组件可提升3%左右。”他进一步解释道,“尽管盐田会反光,但同时盐水也在吸光,因此双玻光伏组件背面的发电效率并未达到最优状态。我们最终选择双玻光伏组件而非单玻光伏组件,原因之一是为了解决‘抗腐蚀’,旨在延长光伏组件使用寿命。如果是在雪地、沙漠上铺设,那么双玻光伏组件的发电效率可提高10%以上。”

与华电新能源集团、龙源电力集团不同,国电电力公司的“盐光互补”项目尚未全部投产。“公司与国电电力公司联合开发的‘盐光互补’项目规划装机容量约100万千瓦,有望今年年底全部投产。等项目全部投产后,我们盐场里的三大‘盐光互补’项目的年平均发电量将超过33亿度,每年可节约标准煤约103.8万吨,减少二氧化碳排放量约284万吨。”牛跃同一边指着三大“盐光互补”项目的分布图,一边给

记者计算,“以目前的上网电价0.3655元/度来算,仅光伏发电收入每年就将超过12亿元。”

“盐光互补”项目并非单纯的光伏发电项目,可实现“一田多用”,包括水上光伏发电、水面蒸发制盐、水下养殖等。目前,天津长芦海晶集团正依托“盐光互补”项目打造集“盐、渔、光、储、游”为一体的产业体系。

广阔的盐田让水下养殖有着极大的想象空间。比如,天津长芦海晶集团盐场里三大“盐光互补”项目的面积为5.2万亩,而这只占盐场全部面积的1/5。

在盐水养殖方面,天津长芦海晶集团已探索多年。除了海参、梭鱼等之外,该集团近些年养殖最多的品种便是南美白对虾。“盐水的养殖,尽管生长慢,但肉非常紧实。想吃的时候,只用水煮就行,味道十分鲜美。”牛跃同十分看好盐水养殖,但他也强调,“养殖区域的盐水浓度应不超过6波美度。”

根据天津长芦海晶集团规划,未来5年内,养殖业务的年产值要达到10亿元。目前,其养殖业务的年产值尚不足5000万元。为此,该集团正发力工厂化养殖,除了自身直接养殖外,也采取合作方式进行养殖。

在开展“渔光互补”项目之前,天津长芦海晶集团曾专门评估了光伏板遮挡对制盐、养殖等产量可能造成的具体影响。比如,光伏板遮挡阳光会对卤水蒸发产生不利影响。通过与合作方综合测算后,针对项目施工,除了明确限定光伏支架高度、光伏板间距外,该集团还将光伏板的遮光率控制在50%以内。此外,其还可通过配套的储能、电解水制氢等项目进一步实现增收。

5月8日,天津长芦海晶集团投资建设的天津海悦盐韵文化园对外开放。立足该文化园,并做大工业游项目,也是该集团所构建的“盐、渔、光、储、游”为一体的产业体系的重要组成部分。

设计施工

从开工到并网发电历经15个月
光伏板倾斜角度被限定为30度左右



为减少光伏板遮挡可能对制盐等产生不利影响,项目方确定的遮光率为不超过50%。

位于天津长芦海晶集团盐场的三大“盐光互补”光伏发电项目中,龙源电力集团参与开发的项目装机容量为58.6万千瓦。2021年8月,为了推动项目建设,该集团与天津长芦海晶集团专门成立了合资公司。其中,龙源电力集团持股85%。

天津龙源新能源开发有限公司隶属于龙源电力集团,负责集团在津新能源业务。该公司副总经理桑晨亮告诉记者,上述项目所占面积达1.1万亩,已于2023年6月全部投产,年平均发电量约7亿度。“项目自开工到最终并网发电前后历经15个月。在此期间,我们先后解决了施工地质承载力不足、盐池冬季冰冻等多个难题,最终高效完成了项目建设任务。”他说。

在项目施工时,除了朝向外,光伏板倾斜角度也会影响光伏发电量。“正

南方通常是最佳朝向,这主要为了让光伏组件的发电效率更高。至于光伏板与水平面的倾斜角度,我们将其控制在30度左右。”桑晨亮解释说,“这是按照天津的经纬度,并结合天津长芦海晶集团制盐的遮光率要求来综合设置的。”

据天津长芦海晶集团副总经理牛跃同介绍,为减少光伏板遮挡可能对制盐等产生不利影响,他们确定的遮光率为不超过50%。

不过,针对不同的光伏项目以及不同的地理位置、施工环境等情况,光伏板倾斜角度也有明显差异。以天津龙源新能源开发有限公司开展的天津地铁6号线大毕庄车辆段屋顶光伏发电项目为例,该项目的光伏板与水平面的倾斜角度仅为15度左右。据介绍,尽管倾斜角度较小会减少单日发电量,但这也是在权衡装机容量、屋顶条件等因素后确定的。

此外,为了避免影响制盐作业正常开展,“盐光互补”光伏发电项目对于各排光伏板的间距也有明确规定。“以我们这个项目为例,单个光伏板的面积约2.6平方米。针对不同区域,我们共有两种布局方案:一种是桩长12米,前后间距11米,相邻桩间距4.3米,打桩深度约9米;另一种是桩长14米,前后间距14米,相邻桩间距为4.1米,打桩深度约11米。”桑晨亮说。

光伏电站

仅需8人便可完成常态化运营
并入电网前经历两次升压操作



就单日情况而言,光伏发电的波峰通常出现在中午前后,即上午11时至下午1时。

采访韩宇轩时,他刚忙完上午的工作。作为天津龙源新能源开发有限公司设备维保中心电气班班长,他的主要职责之一便是给集团位于天津长芦海晶集团盐场的“盐光互补”光伏发电项目“保驾护航”。

依托上述光伏发电项目,天津龙源新能源开发有限公司的母公司——龙源电力集团打造了天津龙源渤化光伏电站。据韩宇轩介绍,该光伏电站共安装光伏组件100多万块、组串式逆变器1551台、箱式变压器135台。

光伏组件是光伏电站的核心部件,是将一定数量的光伏电池片焊接到互联条上,通过串联、并联或者串并混合方式进行连接,并加以封装而成。在阳光照射下,光伏组件可产生直流电。据业内人士介绍,光伏组件采购成本占光伏电站的投资比重最

大,为40%至60%。

中国光伏行业协会发布的数据显示,去年,随着下游应用端对于双面发电组件发电增益的认可,其市场占比已达67%。

记者获悉,自去年6月投产后,龙源电力集团在津“盐光互补”项目所发的电全部并入电网。其中,从光伏发电到并入电网需经历两次升压操作。“首先,光伏组件将直流电传输到逆变器;然后,逆变器将直流电逆变成800伏交流电,经过箱变升压到35千伏;最后,再经过主变压器升压到500千伏,最终送入电网。”韩宇轩说。

尽管所占面积高达1.1万亩,但天津龙源渤化光伏电站仅需8人便可完成常态化运营。天津龙源新能源开发有限公司副总经理桑晨亮告诉记者,通过借助智能化运维手段,公司大大减少了运营人员配置。

在天津龙源渤化光伏电站的升压站里,工作人员每天可通过多台电脑监测到电压、电流、温度、气压等各项数据。据桑晨亮介绍,若就单日情况而言,光伏发电的波峰通常出现在中午前后,即上午11时至下午1时。“由于中午前后太阳辐射最强烈,因此这一时间段的发电量通常较大,发电量占比可达全天发电量的30%至50%。”他说。

业内观点

“光伏+”衍生众多业态

部分项目度电成本已降至0.4元以下

——对话天津龙源新能源开发有限公司副总经理林金刚

除了“盐光互补”“渔光互补”外,国内近些年出现的“光伏+”项目还包括“林光互补”“牧光互补”等。

以光伏和饲料业务为主业的上市公司通威股份此前在天津开发了“渔光互补”项目。早在2022年年报中,该公司就指出,“光伏+”市场已衍生出包括与农业、工业、建筑、交通、通讯相结合的多种业态,为光伏企业提供了更广阔的发展机会,相关企业通过投资、收购、业务合作等方式参与到各应用场景的业务开发,实现业绩增长。

作为国内新能源巨头,三峡能源在“光伏+治沙”方面颇受业界关注。位于内蒙古库布其沙漠的“光伏+治沙”项目中,该公司打造了“板上发电、板下种植、板间养殖、治沙改土、带动乡村振兴”的循环产业发展模式。

天津龙源新能源开发有限公司副总经理林金刚此前参与过多个“光伏+项目”。据他介绍,该公司近些年积极探索多产业协同发展模式,与天津市属国企展开合作,分别

形成了“光伏+高速”“光伏+轨道”“光伏+渔业”“光伏+制盐”等合作模式。让林金刚颇为自豪的是,母公司龙源电力集团已成功探索出“新能源+沙漠、戈壁、荒漠生态系统保护和修复”新路径,并深入推进“新能源+绿色氨氢醇”业务模式。“就‘光伏+’项目而言,其综合收益率受项目规模、地理环境、电价水平等多因素影响,在项目启动前,投资方应做好充分调研和评估。”他说。

林金刚告诉记者,根据不同开发场景,目前光伏发电项目的收益率为8%至15%。在他看来,收益率的差异主要源于项目所处的环境,比如是否是水上项目,是否处于高盐雾腐蚀区域,是否处于高风速地区,是否遭受风沙影响等。

近年来,随着光伏技术不断发展和政策支持力度加大,光伏项目的度电成本呈现下降的趋势。据林金刚介绍,一些地区光伏项目的度电成本已降至0.4元以下,具有较高的竞争力。

本版图片除署名外均由受访者提供