

光伏设备在某再生水厂的应用

王 猛

北京城市排水集团有限责任公司 北京 100076

摘 要: 目前,国内首都市政再生水厂建设在较为平整、占地面积较大的位置,这就给光伏建设带来较为便利的地理条件,依据《光伏电站设计规范》要求,光伏电站能够与再生水厂结合,充分利用再生水厂的曝气池、沉淀池、清水池等水池上方大量闲置空间和厂房屋顶,安装太阳能光伏发电系统,为再生水厂提供绿色能源,达到节能降耗的目的。

再生水厂因为工艺链条长,涉及机械设备多,往往成为耗电大户,通过引入光伏发电,能够为水厂低碳运行,节能降耗提供资源。同时良好的运维行为和光伏发电的充分利用,保证了水厂替碳行为的持续和高效。

关键词: 光伏发电;节能;运维

引言

北京南部某再生水厂充分利用厂内曝气池、二沉池、清水池等水池及构筑物屋顶上方大量空间,安装光伏板进行发电,采用“自发自用,余量上网”的模式,为再生水厂的正常生产提供用电。光伏发电系统正式发电后,如何提高自发自用比例,成为使用者需要考虑的问题。

1 光伏简介

北京某再生水厂光伏项目,主要使用光伏板将光能转化为电能,供厂内用电使用。厂内光伏建设规模约6.16MW,共使用光伏板21482块,汇流箱26台,逆变器122台,变压器6台。共设两个接入点。1号接入点位于污水区预处理单元总变,并网于高压一路,重点负荷为污水三台10KV高压鼓风机(550KW);两台10KV高压进水泵(550KW、650KW各一台);污水区1250KVA变压器一半负荷、为四座消化池一半负荷、两台离心机、三台浓缩机供电,并网光伏接入容量为3.26MW。2号接入点位于再生水膜池总变,并网于高压二路,重点负荷为总变一个2000kva变压器所带反冲洗鼓风机、回流水泵、曝气鼓风机、膜一区域2500kva变压器:相当于膜一一半负荷、膜二两台2000kva变压器相当于膜二两个系列一半负荷及中水2台2500kva变压器的负荷接入容量为2.9MW。

该再生水厂光伏电站是上级集团建设的三个发电站中光伏组件安装结构形式最为丰富的一个站点。由于清水池特点是管线在地下,上层是绿化土地,在该区域采取地面支架结构,建设成本低廉,后期维护简单。曝气池直接暴露在地表,根据该区域矩形结构特点,采取门式钢架结构安装,结构稳固,适用于跨度较小光伏组

件安装。二沉池横向跨度将近50米的分布特点,在该区域采取柔性支架结构,有效解决大跨度安装难题。在水厂建筑物屋面,采取平铺形式建设光伏系统。

水厂光伏组件选用295Wp的单晶硅电池组件,采用组串式布置,通过组串式逆变器逆变至500V交流,交流汇流箱汇集后经过1000kVA箱式变压器升压至10kV接至再生水厂内的10kV配电室并送至电网。

2 影响光伏发电因素

在光伏发电系统中,光伏组件方阵的放置形式和放置角度对光伏系统接收到的太阳辐射有很大的影响,从而影响到光伏系统的发电能力。与光伏组件方阵放置相关的有下列两个角度参量:光伏组件倾角,光伏组件方位角。这两个角度参量在建设之前,已经通过设计院测算,在建设完之后无法改变。因此影响光伏发电的因素为光照和转化效率。

2.1 水厂自身原因:

光伏组件受水厂地理条件影响,曝气池周围有高约30米的灯杆,随着时间的变化灯杆的投影会对周边90米范围组件局部遮挡,每一串光伏组件中被遮挡的太阳组件会消耗能量发热,产生热斑效应,会减少一定的使用寿命。并且影响少量光伏发电量。

曝气池及二沉池上方,光伏常年处于高温高湿的条件,随着潮湿及温度的不断变化,光伏组件表面被导电性、酸性、碱性以及带有离子的物体污染的程度也会随之变化,造成组件表面出现衰减等极化现象。

光伏组件表面为玻璃结构,采用自洁涂层,光滑度高,但是光伏组件板面依旧会吸附浮尘、雨后灰浆、粘结物和鸟粪等。昼夜温差大时组件表面结露后产生的灰尘粘结。光伏组件表面的清洁度直接影响到光伏系统的输出效

率，长时间的不下雨或不进行清水清理，会影响到组件的出力，所以每年应定期进行光伏组件的清洗工作^[1]。

2.2 光伏组件自身原因：

并网光伏系统转换效率主要受光伏阵列效率 η_1 、逆变器转化效率 η_2 、交流并网效率 η_3 ，三大因素影响。

2.2.1 光伏阵列效率 η_1 ：

光伏阵列在能量转换与传输过程中的损失包括：

- 1) 表面灰尘遮挡损失：3%；
- 2) 不可利用的太阳辐射损失：早晚不可利用的低、弱太阳辐射损失，早晚阳光辐射强度低，达不到逆变器启动条件引起的损耗取值0.5%；

3) 方阵前后遮挡损失：设计间距要求在上午9点到下午3点之间组件之间完全不遮挡发电，在此范围之外，由于遮挡造成的发电损失约3%。

- 4) 组件匹配损失：3%；
- 5) 直流线路损失：2%；
- 6) 系统不可利用损失（故障、维修）：1%；
- 7) 温度损失：4.0%。

$$\eta_1 = 97\% \times 99.5\% \times 97\% \times 97\% \times 98\% \times 99\% \times 96\% = 84.5\%$$

2.2.2 逆变器转化效率 η_2 ；

组串逆变器一般取 η_2 为98%。

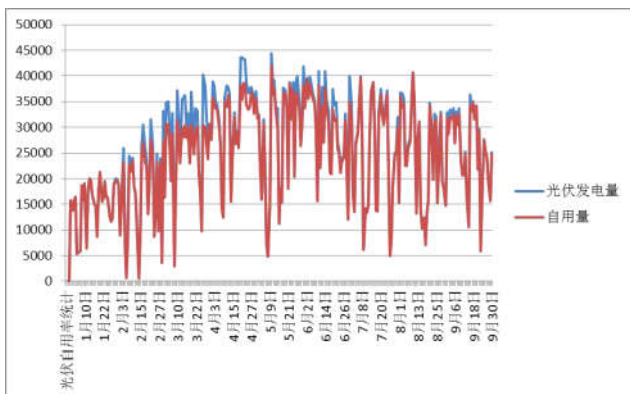
2.2.3 交流并网效率 η_3 ：从逆变器输出至高压电网的交流线损效率。

$\eta_3 = 97.5\%$ （光伏组件输出功率在25年内会逐年衰减，本项目所选组件首年衰减2.5%，第2年至25年内每年功率衰减为0.7%，）

综上，可得光伏发电工程总效率：

$$\eta = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 = 84.5\% \times 98\% \times 97.5\% = 80.8\%。$$

3 提高光伏发自用比例



本图为2020年1月1日至9月30日，该再生水厂光伏发电量和自用量的统计。从图中可以看出，蓝色线为光伏发电量、红色线为光伏自用电量。部分天次存在光伏发电量大于自用电量，厂内没有完全消纳，造成光伏余电上网。因

此，为了提高光伏发自用比例，做了以下实验。

3.1 提高污水区发自用比例：

因光伏第一个并网点在水厂污水区高压一路上，对应大功率设备为1、2号进水泵（650KW/550KW）及5-7号电拖动鼓风机（550KW*3）。厂内污水区高压配电室共有4台进水泵和7台电拖动鼓风机。原进水泵运行模式是根据上游来水量进行两路大小水泵切换运行，电拖动鼓风机是根据需氧量和运行台时切换及开启设备。

提高措施是在白天光伏发电期间调整鼓风机开启的优先级，在保证至少开3台电拖动鼓风机的情况下，将5-7号鼓风机先于1-4号开启，优先运行5-7号鼓风机。调整进水泵开启顺序，将进水泵调整至优先开启1、2号。以上操作是提高光伏并网测用电端设备

本次实验3月31日开始，4月2日结束，以下是切换设备后，发自用比例情况，对比前后余电上网电量，有很大的提高。

日期	污水区			
	发电量 (kwh)	余电上网电量	自用量 (kwh)	自用比例
3月27日	21300	7120	14180	66.57%
3月28日	20040	5600	14440	72.06%
3月29日	16860	4000	12860	76.28%
3月30日	14760	3120	11640	78.86%
3月31日	14700	0	14700	100.00%
4月1日	14760	0	14760	100.00%
4月2日	20520	1520	19000	92.59%

3.2 提高再生水区发自用比例：

光伏另外一个并网点在再生水区膜池高压配电室二路上，膜池配电室设备大部分为双路供电，通过调整，将膜池臭氧设备、热泵设备调整至膜池高压二路上。本次实验4月28日完成设备的切换工作，以下是切换设备前后发自用比例情况：

日期	膜池			
	发电量 (kwh)	余电上网电量	自用量 (kwh)	自用比例
4月4日	16440	1080	15360	93.43%
4月16日	15600	840	14760	94.62%
4月26日	17760	1920	15840	89.19%
4月27日	17940	600	17340	96.66%
4月28日	17400	360	17040	97.93%
4月29日	16380	120	16260	99.27%
4月30日	15480	0	15480	100.00%
5月1日	15240	0	15240	100.00%
5月2日	15360	120	15240	99.22%

通过对比4月4日和4月29日,发电16000余度,自发自用比例由93%提高至99%;4月16日发电15600度和4月30日发电15480度,自用比例由94.62上升至100%。自发自用比例由不同程度均有提高。

通过上述两区域试验,调整并网端厂内用电设备,能够提高光伏自发自用比例。

为了充分利用光伏发电,提高绿色清洁能源占比,减少市电投入,间接实现节能降耗和集团碳减排目标,该再生水厂设备部制定“一个策略、”“一个机制”、“一个提高”和“一个关注”。

大周期策略:再生水厂设备部对光伏系统运行方案进行优化,制定了再生水厂光伏系统优化运行调整方案。针对光伏并网路所带的污水进水泵、鼓风机等设备,进行设备轮换的优化,按照一年四季光伏发电特点,制定轮换策略,在满足生产的情况下,保证光伏并网侧设备优先开启。形成4月-10月与11月至来年3月的大周期设备运行策略,同时也考虑到设备的轮转开启、大修的时间安排、电气清扫的时间安排等一揽子计划!同时提高对并网所带设备如进水泵、搅拌器、回流泵等的保障度,设备出现故障,相关技术人员根据生产情况,优先维修光伏并网侧损坏设备,努力提高光伏能源的自用比。

多方联动机制:通过微信群形成与光伏运维公司、水厂设备部、车间属地的多方联动。保证信息沟通顺畅,及时获得光伏运行情况。

提高清洗频次:为了提高光伏发电量,水厂设备部要求运维公司,增加了光伏板的清洗频次,由原来的每年两次增加到三次。光伏板清洁有了保证,发电量自然会有所提高。通过提前对光伏组件加固,同时减少了光伏设备故障率,充分保障光伏设备的稳定运行,保证光伏设备良好的发电环境^[2]。

重点关注:水厂设备部做为主管部门,有专人关注每天自发自用比例的变化区间,发现超出限值等异常情

况,及时了解设备运行情况,尽快恢复光伏所在路的主要用电设备,确保在高区间利用光伏,达到降低外电的使用,实现节能减排的目标。

虽然通过多开并网设备能够提升光伏自发自用比例,同时存在几个风险:

(1)不能将所有大功率设备均调至并网端,一旦电网出现波动,导致该并网端高压断电,容易造成进水泵冒水或泵房被淹风险。(2)另外同开一侧进水泵,导致生物池配水不均,工艺调节波动较大。

4 提高光伏运维人员素养

光伏设备在日常的工作过程中,难免会出现各种设备问题,这就考验了运维人员的素养。通过有效的计划维保和维修,能够使得光伏设备在高效率下工作。

首先是能否及时发现故障问题,通过先进的监控软件和日常的现场巡视,确保在有限的发电时间段,第一时间确认故障点。其次根据故障现象分析故障原因,确定维修策略,这是考验运维人员的难点,通过加强人员培训和日常的工作积累,能够提升运维人员的专业水平。准确有效的维修方法,提高维修效率,减少光伏发电损失。

结论

光伏发电设备在该水厂运行五年,每年能够为水厂供电约830万度。光伏发电是作为水厂能源化、绿色化发展的一部分,光伏设备得到充足的日照、良好的运维措施、保持洁净的板面、同时充分发挥水厂设备调动灵活性,能够有效提高光伏发电量和自用量的比例,保证了水厂替碳行为的持续和高效。

参考文献

[1]姚一波.光伏发电系统储能技术的发展现状与展望[J].电力自动化设备,2022,28(5):63-70.

[2]董威.光伏发电系统在大型水厂中的设计与实践[J].中国给水排水,2020,36(02):59-64.