

[分布式光伏]

深大城际九围车辆基地分布式光伏可行性研究

文/中国铁路设计集团有限公司 葛思佳

在碳达峰、碳中和战略中，绿色建筑是非常重要的组成部分。近年来，光伏技术的快速发展为绿色建筑提供了有力的支持。因此对深大城际九围车辆基地分布式光伏可行性进行了分析。

2021年全国两会期间，碳达峰、碳中和首次被写入政府工作报告，为实现碳达峰、碳中和战略，其中较为重要的一点就是发展绿色建筑，降低建筑碳排放。因此，九围车辆基地作为深圳都市圈城际铁路的第一个车辆基地，其建设更应秉承绿色低碳理念，努力打造成为大湾区具有科技化、先进化、智能化和时代化的标志性建筑。

近年来，我国太阳能光伏发电的项目建设水平不断提升，光伏技术愈发成熟，已经在世界光伏发电产业中占据稳定份额，究其原因：一是因为世界光伏发电产业不断发展的推动作用；二是因为我国内外能源和环境问题日益严峻。与传统能源相比，光伏发电是一种清洁的能源，不直接消耗化石资源，每年可以减少大量的温室效应性气体 CO_2 ，大气污染气体 SO_2 和 NO_x 等的排放。

九围车辆基地位于我国太阳能资源分布带的III类地区（全年日照时数为2 200~3 000 h，一年接收的太阳辐射总量为5 016~5 852 MJ/m^2 ，相当于170~200 kg标准煤燃烧所发出的热量），属于太阳能资源可利用地区。因此，可考虑将光伏发电技术融入绿色建筑设计之中。

工程概况

1. 工程规模

九围车辆基地大部分用地位于深圳市宝安区凤凰山森林公园范围内，调度指挥中心、综合楼及宿舍布置在场区中部咽喉区东侧的森林公园用地范围以外；三栋楼依次由南向北布置，高低错落有致，既美观简洁又各具特点。整个基地由上盖平台及上盖平台内外18个单体建筑组成。房屋总建筑面积约220 900 m^2 （不含上盖平台建筑面积），上盖平台建筑投影面积250 115 m^2 。九围车辆基地总平面布置图如图1所示。

2. 上盖规划

九围车辆基地大部分用地位于凤凰山森林公园范围内，在森林公园范围线内库区及满足规范要求的生产用房均设置上盖平台，有规范要求的生产房间及综合楼、宿舍及调度指挥中心布置在凤凰山森林公园范围以外。

为满足森林公园用地要求，车辆基地上盖平台不予开发，考虑覆绿，在上盖平台设置景观绿地，覆土厚度约1.5 m。

九围车辆基地地理环境优越，周边自然环境优美，整个车辆基地坐落在凤凰山森林公园及自然山

体之上,为延续生态景观环境,将上盖平台进行覆绿设计,同时在临市政路一侧地面营造微地形,弱

化车辆基地体量,使整个车辆基地融合在自然环境之中,减少对城市景观的影响。

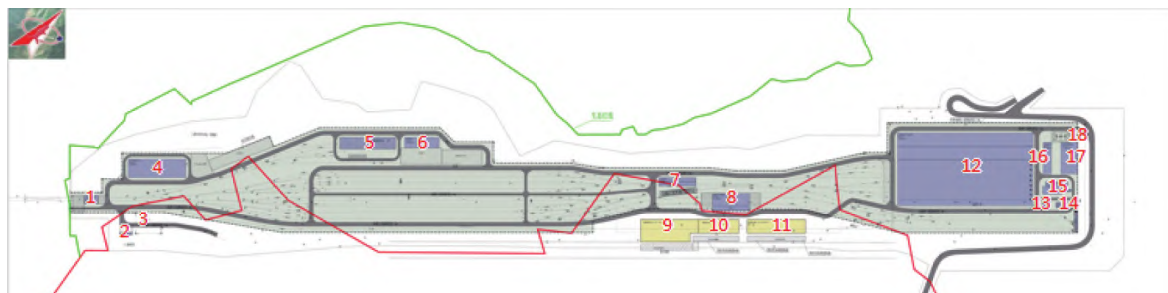


图1 车辆基地总平面布置图

- 1—轮对踏面检测棚 2—油料间 3—门卫一 4—牵引变电所 5—轨道车库 6—材料库 7—洗车库
8—临修及不落轮镟库 9—调度指挥中心 10—综合楼 11—宿舍 12—联合检修库 13—空压机间
14—杂品库、垃圾站 15—冷冻站、废水处理站 16—运用车间 17—生产设备用房 18—门卫二

光伏发电系统

1. 系统组成

光伏发电是利用半导体界面的光生伏特效应而将光能直接转变为电能的一种技术。太阳能光伏发电系统主要由光伏组件、汇流箱、逆变(升压)系统、并网系统和交直流配电系统等组成。

2. 系统特点

1) 整个光伏系统主要由电子元器件构成,不涉及机械部件,也没有回转运动部件,运行没有噪声。

2) 没有燃烧过程,发电过程不需要燃料,太阳光就是燃料。

3) 发电过程没有废气污染,也没有废水排放,整个发电过程零排放。

4) 设备安装和维护都十分简便,维修保养简单,维护费用低,运行起来性能可靠稳定,使用寿命很长,作为关键部件的太阳电池组件的使用寿命可以达到25年左右。

5) 环境条件适应性比较强,可以在不同环境下正常稳定工作。

6) 能够在长期无人值守的条件下正常稳定工作。

3. 系统接入方式

光伏发电系统可根据发电容量选择接入供配电系统的方式,具体有以下两种。

1) 光伏发电输出的交流电直接接入低压配电系统,采用0.4 kV低压侧并网方式,如图2所示。

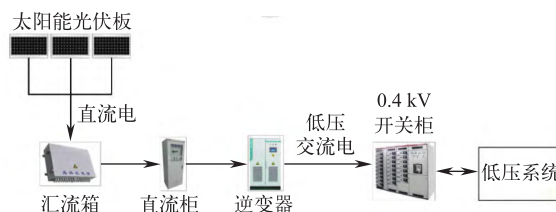


图2 光伏发电采用低压侧并网

2) 光伏发电输出的交流电升压后接入中压配电系统,采用10 kV(35 kV)中压侧并网方式,如图3所示。

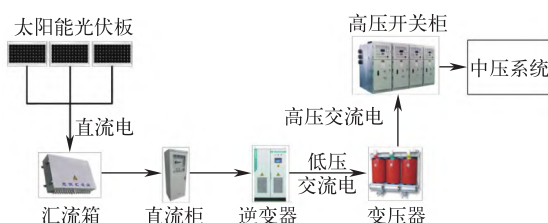


图3 光伏发电采用中压侧并网

装机容量2 MWp以下的发电项目,一般适用于分布式接入0.4 kV低压系统。

装机容量2 MWp及以上的发电项目,一般适用于分布式接入10 kV(35 kV)中压系统或多点接入0.4 kV低压系统。

可行性分析

1. 研究基础

考虑到上盖物业开发的经济回报远远大于上盖覆绿或上盖光伏,因此,本次可行性研究暂按车

辆基地上盖物业开发,光伏占地范围以一次性建成25年内无废弃为基础,进行车辆基地建设光伏发电系统的分析。

根据目前九围车辆基地建筑布局、上盖开发规

模、自然条件、交通运输条件和地形地貌等因素进行综合分析,本工程可采用分布式光伏发电系统。

经过初步判断,分布式光伏发电位置可划为以下3个地块,如图4所示。



图4 九围车辆基地光伏发电分布图

2. 地面光伏布置原则

GB 50797—2012《光伏发电站设计规范》中的7.2.2规定:

- 1) 固定式布置的光伏方阵、光伏组件的安装方位角宜采用正南方向。
- 2) 光伏方阵各排、列的布置间距应保证每天9:00~15:00(当地真太阳时)时段内前、后、左、

右互不遮挡。

- 3) 光伏方阵内光伏组件串的最低点距地面的距离不宜小于300 mm,并应考虑积雪深度、洪水位和植被高度三个因素。

3. 光伏发电系统设计方案

(1) 1#地块分布式光伏系统

1#地块边坡位置示意图如图5所示。

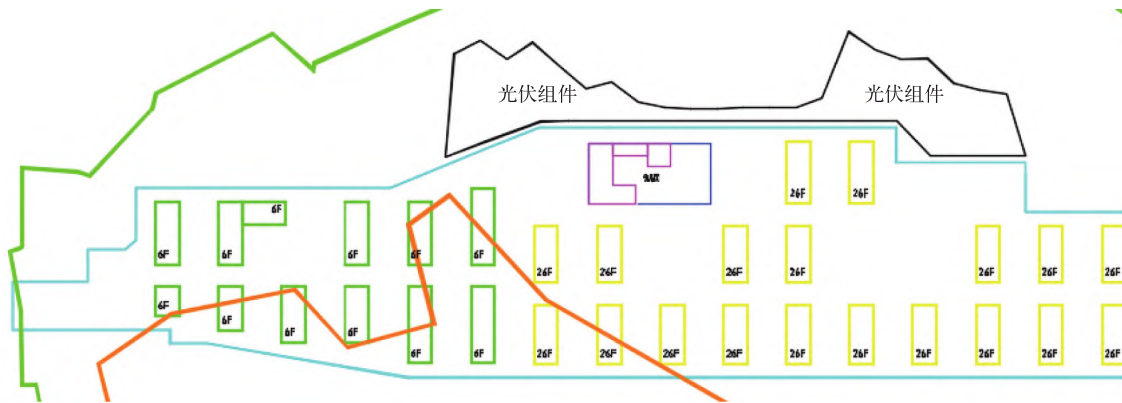


图5 1#地块边坡位置示意图

- 1) 用地范围参数。方向为边坡位于北偏东 34.34° ;边坡总面积为 $16\ 706\text{ m}^2$;范围长度为 $K_0+496\text{ m}\sim K_0+950\text{ m}$,共计454 m;边坡最大高度为69 m,里程为 $K_0+800\text{ m}$;边坡距上盖水平最小距离为4.5 m;边坡距上盖水平最远距离为87 m,里程 $K_0+560\text{ m}$ 。

- 2) 光伏设置方案。在边坡架设光伏板,通过

汇流箱、逆变器等设备输出低压交流电并接入用户侧。

边坡总面积约为 $16\ 706\text{ m}^2$ 。由于边坡南侧车辆基地上盖物业的住宅楼较高,对边坡的采光有部分遮挡,影响部分边坡的日照时间。根据目前上盖物业开发规模以及规范要求,可以粗略计算出边坡光伏组件可设置范围。边坡左右约有 $5\ 782\text{ m}^2$ 、 $3\ 670\text{ m}^2$ 的

面积可以铺设光伏板。再考虑边坡设置人行通道等的影响, 1[#]地块光伏板的有效铺设面积约为6 616.4 m² (有效面积系数按0.7考虑)。

3) 发电量。经过查询, 深圳地区的年可利用发电时间约1 200 h, 采用发电量为200 W/m²的光伏组件, 1[#]地块分布式光伏系统发电容量为1 323.28 kW, 年发电量约为158.79万kW·h。

4) 存在问题。①根据九围车辆基地建筑规模, 离边坡最近的降压变电所位于轮对踏面检测棚, 距离边坡直线距离400 m, 发电距离预计500 m, 发电距离较远, 因此无法采用低压侧并网供电方式, 只能采用中压35 kV侧并网方式, 将增加升压变电站投资成本; ②若在边坡设置光伏板, 还需要在边坡范围设置台阶硬化路面及边坡防护, 供运营人员通行, 因此增加路基投资; ③边坡属于盖外建筑范畴, 部分区域陡峭, 最大边坡角度达60°, 不利于光伏板的安装、维修和维护; ④此处地块光伏设置方案受盖上开发影响较大, 受限因素较多。

(2) 2[#]地块分布式光伏系统

1) 用地范围参数。方向为边坡位于北偏东34.34°, 调度指挥中心为长×宽×高=114 m×36 m×51.2 m; 综合楼为长×宽×高=74 m×27 m×61.3 m; 宿舍楼为长×宽×高=100 m×27 m×87.4 m。

2) 光伏设置方案。在调度指挥中心、综合楼和宿舍楼的屋面(混凝土)设置光伏板, 在楼体侧面设置光伏幕墙。由于三座单体建筑内部各自设有35 kV/0.4 kV降压变电所, 因此, 光伏输出低压交流电可就近接入各自楼内的降压变电所低压侧, 自发自用。

调度指挥中心、综合楼、宿舍楼的屋顶面积分别为4 104 m²、1 998 m²和2 700 m², 屋面铺设光伏板的有效面积(除去维修通道、屋面设备等, 有效面积系数按0.7考虑)约2 872.8 m²、1 398.6 m²和1 890 m², 总计6 161.4 m²。

光伏幕墙面积暂按三座单体建筑向南面、调度指挥中心向西面一半和宿舍楼向东面一半考虑, 分别为19 113 m²、921.6 m²和1 179.9 m², 有效系数按照0.9考虑, 总计19 093.05 m²。

由上可见, 2[#]地块分布式光伏系统的总有效面积为25 254.45 m²。

3) 发电量。经过查询, 深圳地区的年可利用发电时间约1 200 h, 采用发电量为200 W/m²的光伏组件, 2[#]地块分布式光伏系统发电容量为5 475.18 kW, 年发电量约为657.02万kW·h。

4) 存在问题。①屋顶设置光伏板已成为工程建设中常规设置方案, 不存在技术问题, 打造BIPV-光伏幕墙则需解决光伏组件的温度效应问题, 光伏组件的温度越高, 光电转换效率越低, 若组件背部与建筑的结合设计不好, 易导致通风不良、散热较差的问题, 进而降低光伏输出功率; ②经过了解, 打造BIPV-光伏幕墙需专业团队开展设计, 此处光伏设计及投资需结合建筑造型、透光率、隔热、安全、结构等内容进行综合判断, 而目前光伏幕墙没有一个明确投资指标。

(3) 3[#]地块分布式光伏系统

1) 用地范围参数。方向为边坡位于北偏东34.34°, 光伏设置区域为联合检修库上盖平台。

2) 光伏设置方案。3[#]地块分布式光伏系统设于联合检修库的上盖平台, 在平台空闲区域铺设光伏板。由于联合检修库内设有35 kV/0.4 kV降压变电所, 光伏发电可就近接入变电所低压侧, 自发自用。根据目前盖上规划, 在联合检修库上盖平台内一侧有一座幼儿园和几栋80 m高的住宅楼, 综合考虑住宅楼和幼儿园的遮挡间隔、安全距离等因素, 初步估算光伏组件可利用区域面积为180×80=14 400 m²。再考虑检修通道、系统设备等影响, 3[#]地块光伏板的有效铺设面积约为10 080 m² (有效面积系数按0.7考虑)。

3) 发电量。经过查询, 深圳地区的年可利用发电时间约1 200 h, 采用发电量为200 W/m²的光伏组件, 3[#]地块分布式光伏系统发电容量为2 016 kW, 年发电量约为241.92万kW·h。

4) 存在问题。技术上, 对3[#]地块完全可以进行分布式光伏系统的设计, 但按照上盖平台物业开发考虑, 3[#]地块建筑布局较为复杂。需要明确盖上住宅楼、幼儿园及周边规划, 才可精确计算光伏可设置范围。

需综合考虑光污染、安全、电磁辐射、业主态度和管理权等多方面因素, 因此受限因素较多。

对比分析总结1[#]、2[#]、3[#]地块光伏发电方案对比见表1。

表1 1#、2#、3#地块光伏发电方案对比

方案选址	1#地块	2#地块	3#地块
并网方式	35 kV侧	0.4 kV侧	0.4 kV侧
供电可靠性	技术成熟，但35 kV配电属于深大城际中压配电系统，若光伏电站发生故障，影响范围较大，存在一定安全隐患	技术成熟，若光伏电站发生故障，只影响本体建筑低压侧配电，影响范围较小	技术成熟，若光伏电站发生故障，只影响本体建筑低压侧配电，影响范围较小
维护性	边坡区域陡峭，还需定期除草，维护不便	容易	容易
适用性	受远期上盖规划等因素制约	无	受远期上盖规划等因素制约
光伏利用率	受上盖开发及自身环境影响，有效发电面积及利用率大打折扣	屋顶及向南一侧墙利用率高，东西两侧墙体可利用率为屋顶一半	受上盖开发及自身环境影响，有效发电面积及利用率大打折扣
发电面积/m ²	6 616.4	27 375.9	10 080
经济指标/(元/m ²)	1 500	屋顶1 000；侧墙2 000~4 000	1 200

以上分别从供电可靠性、维护性和适应性等方面对三个拟定方案选址进行了分析。可以看出，三个选址区域均可进行光伏发电系统设计，但综合远期规划及考虑可实施性后，只有2#地块更适合开展光伏发电系统设计。

(上接第51页)

面的问题，电力系统的电网调度无法根据输出的电能质量进行并网的预判及精准的电网调度。要在制定电力系统并网统一标准及新能源电力设备生产运行技术标准的前提下，不断完善并网电能质量监控系统，最大程度地减少谐波和电流电压的影响，保证逆变器和控制器的稳定运转，提高用电质量。做到并网运行标准统一化，分级进行管理，以分散控制管理模式为主、协调控制管理模式为辅，针对风险约束的广域制定相应调度方案，实现电力调度的多元化控制，保证电力系统的安全运行。

结束语

当前，我国新能源技术还处于发展阶段，特别在新能源发电并网的实际生产应用中还存在一些问

经济效益

深圳市实行峰谷电价，根据本车辆基地用电情况，电费均价为0.8元/kW·h。按照年发电量657.02万kW·h计算，预计每年节约电费为525.616万元。

2#地块的投资成本为4 434.75万~8 253.36万元（取决于BIPV成本）。依据分布式光伏电站近年的运行经验，光伏电站故障多集中在逆变器等电力电子设备，光伏组件可靠性高。在设备质保期后每年维护成本可按设备价值的1%考虑。除部件维修外，运营维护成本主要为巡检与面板清洗等，对于系统建设容量较小的光伏发电项目，每年运营维护成本约为15元/m²，总计约41万元。

因此，综合考虑运维、折旧成本，2#地块分布式光伏发电回收成本年限在9~18年，而光伏板一般使用寿命25年，因此还可以创造很大的经济效益。**EA**

参考文献

[1] 翟学，郭紫昱，曲名新，等．分布式光伏发电系统接线方案优化[J]．电气应用，2020，39(12)：87-93．

(收稿日期：2022-04-06)

题。新能源是把“双刃剑”，让电力系统面对新的形势与挑战。**EA**

参考文献

[1] 张哲闻．新能源并网对电力系统电能质量的影响[J]．通信电源技术，2019(12)：211-212．

[2] 杜梅，叶涛．新能源并网对电力系统电能质量的影响[J]．数字通信世界，2019(7)：152，193．

[3] 薛易，李坚，张旺，等．光伏并网储能系统电能的控制策略[J]．黑龙江科技大学学报，2019(3)：322-328．

[4] 宋冠蕾．基于STM32F407的单相光伏并网逆变器研究[J]．电气应用，2020，39(5)：29-34．

(收稿日期：2022-03-04)