

新能源基地建设工程地质条件综合评价研究

汪祥兆

中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司，湖南 长沙 410014

[摘要]伴随风电以及光伏这类新能源基地建设进程的快速推进，其工程地质方面所呈现出的复杂性以及区域间的差异性也愈发明显起来。当下，在基地选址以及建设相关事宜上，大多依靠的是传统勘察方式或者仅仅针对单一因素展开分析，然而却缺少对于地形地貌状况、岩土体的具体性质、水文地质情况、各类不良地质现象还有风光资源等多方面的综合评定。如此一来，便致使部分工程项目在建设以及后续运行期间出现了诸如基础发生沉降、施工过程中存在诸多困难亦或是维护成本不断增高等一系列问题。从这一系列情况能够看出，针对新能源基地的工程地质条件展开系统的综合评价并进行分区分析，其意义颇为重大，能够为基地选址、规划制定以及安全稳定运行等相关事宜给予科学合理的依据。

[关键词]新能源基地建设；地质条件；综合评价

DOI: 10.33142/sca.v8i10.18284

中图分类号: X391

文献标识码: A

Comprehensive Evaluation of Geological Conditions for the Construction of New Energy Bases

WANG Xiangzhao

PowerChina Zhongnan Engineering Corporation Limited, Changsha, Hunan, 410014, China

Abstract: With the rapid progress of the construction of new energy bases such as wind power and photovoltaics, the complexity and regional differences in engineering geology have become increasingly apparent. At present, in terms of site selection and construction related matters, most rely on traditional survey methods or only analyze a single factor. However, there is a lack of comprehensive evaluation of terrain and landforms, specific properties of rock and soil, hydrogeological conditions, various adverse geological phenomena, and wind and solar resources. As a result, some engineering projects have encountered a series of problems during construction and subsequent operation, such as foundation settlement, numerous difficulties during construction, or increasing maintenance costs. From this series of situations, it can be seen that conducting a systematic comprehensive evaluation and zoning analysis of the engineering geological conditions of the new energy base is of great significance, which can provide scientific and reasonable basis for site selection, planning, and safe and stable operation of the base.

Keywords: construction of new energy base; geological conditions; comprehensive evaluation

引言

随着全球能源结构不断转型以及低碳发展战略持续推进，新能源基地建设已然成为推动可再生能源开发利用、保障能源安全并达成可持续发展的关键途径。风能、太阳能等新能源资源较为丰富的地区，因地理环境与地质条件存在差异，给风电场、光伏电站以及综合能源基地建设给予了基础条件，然而也带来了工程技术层面以及管理方面的诸多挑战。新能源基地建设一般会涉及占地范围广、设施分布密集、基础工程情况复杂等特性，其安全性、经济性以及运行效率在相当程度上依靠工程地质条件是否适宜。地形地貌状况、岩土体工程相关性质、水文地质条件、不良地质现象以及风光资源环境等诸多因素，一方面影响

着基地的选址事宜以及设施的布置安排，另一方面直接关乎基础的稳定性、施工的难度以及后期运行维护的可靠性。虽说已有部分研究针对单一地质因素或者局部工程展开过分析，可是缺少对新能源基地建设区域开展的多因素综合评价以及空间分区方面的研究。鉴于此，本研究打算通过构建一套系统的工程地质条件综合评价指标体系，同时结合多源数据以及科学的评价方法，针对新能源基地建设区域的工程地质条件展开全面且细致的分析与分区评价，从而揭示出不同区域在适宜性方面存在的差异，进而为基地的选址工作、规划设计环节以及风险管控举措给予科学方面的依据，助力新能源基地实现高效、安全且可持续的建设目标。

1 新能源基地建设工程特点

新能源基地建设工程作为构建新型能源体系的关键环节，具有多能互补、一体化开发的特点，通过整合水、风、光及储能等资源，实现能源协同优化和供电稳定性提升；同时高度依赖先进技术与创新驱动，推动智能化管理和新型能源业态发展，提高系统灵活性和效率。基地建设投资规模大，成本控制关键，需科学管理进度、采购和施工；资源依赖性强，选址需充分评估日照、风力等自然条件以确保效率。工程建设周期长，涉及水工、电气、土建等多个子系统，管理复杂，同时强调储能设施配套以应对新能源间歇性问题，保障电网调节能力。项目实施还需遵循国家能源政策和战略，注重全生命周期管理，包括运营维护、性能监测及升级改造，以实现长期稳定收益。

2 新能源基地工程地质条件影响因素分析

2.1 地形地貌对基地选址与建设的影响

地形地貌在新能源基地选址方面属于极为重要的基础条件，其呈现出的各类特征会对场址的可利用状况、工程建设的布局安排以及施工组织的方式方法产生直接的影响。平坦或者呈缓坡状的地形，一般都拥有地表较为稳定、施工操作起来比较便利、开展基础处理工作时所需的工作量相对较小等诸多优势，这无疑给风电项目以及光伏项目的建设赋予了相当高的适宜性。然而在丘陵、山地亦或是沟谷发育的区域，因为存在高差偏大、坡度较为陡峭、地貌单元情况复杂等状况，这不但会让场地平整以及基础开挖方面的工程量有所增加，而且还极有可能致使地层厚度出现较为明显的变动情况、岩土结构呈现出不均一的状态，如此一来便使得工程的不确定性得以提高。除此之外，地形的形态走势还会对风能资源以及光照资源的分布格局造成影响，比如说山脊以及迎风坡这类地形往往具备较强的风能资源，而那种起伏遮挡情况较为显著的地形则有可能引发光照分布不均或者日照时间有所减少的现象，最终会对能源的利用效率产生一定的影响。

2.2 岩土体工程性质对基础稳定的影响

岩土体的工程性质在很大程度上决定了新能源基地基础的稳定性，它属于重要的控制因素之一。岩土体的物理力学特征会对地基的承载能力、变形特性以及结构物长期开展工作的可靠性产生直接的影响。不同类型的岩土体在诸多方面存在着明显差异，像密实度、结构性、层理特征、水敏性以及强度参数等，这些差异使得基础的受力状态和变形表现呈现出不一样的情况。比如说，那种密实且坚硬的岩层，一般而言会具备比较高的承载力，并且还拥有不错的变形控制能力，这对于大型风机、变电站这类重

载设施的基础建设而言是有利的^[1]。然而像松散砂土、软黏土或者风化程度较为强烈的岩体，就可能会出现压缩性偏大、抗剪强度偏低、结构不够稳定等等特点，如此一来便容易引发不均匀沉降、侧向位移或者局部发生破坏等情况，进而对上部结构的安全性造成影响。

2.3 风、光等资源环境因素对场址条件要求

风、光这类资源环境方面的因素，在新能源基地选址这件事上，属于极为关键的核心约束条件。它们具体的分布情况以及稳定性状况，会在很大程度上直接对项目的能源利用效率以及经济效益起到决定性的作用。就风电基地来讲，得拥有那种能够持续存在、相对稳定的并且风速还足够的风能资源才行。与此还得把风向是否具有一致性、风切变呈现出怎样的特性以及湍流强度处于什么水平等诸多参数都考虑进去，毕竟这些特性可是会对机组怎么布置、能否安全运行以及发电效率高低等方面产生影响的。再看光伏基地，它对于太阳辐射的强度、一年当中有多少日照时数、光照的稳定性怎么样以及地表的反照率如何等一系列因素，通常会表现得更为敏锐一些。

2.4 水文地质因素对建设与运营的影响

水文地质方面的情况对于新能源基地的建设以及后续运营来讲有着颇为重要的影响。它的相关特征一方面能够决定地基土体呈现出怎样的力学行为，另一方面还同工程结构所能保持的长期稳定状况以及耐久性能紧密关联起来。像地下水所处的埋深情况、具体类型、补给与排泄方面的条件，还有水位变化的幅度等等这些因素，都会直接作用于岩土体，对其天然含水量、软化程度以及抗剪强度等方面产生影响，进而对基础的承载能力以及变形特性起到相应的作用。在那种地下水位处于较高状态或者水文条件较为复杂的区域当中，地基是极有可能会出现湿陷情况、遭受渗流破坏，亦或是出现孔隙压力升高这类现象的，如此一来便会让施工以及运行过程中的风险有所增加。地下水所具有的化学性质，比如其中的盐分、腐蚀性成分等等，也是有可能给钢筋混凝土结构、金属设备的基础以及电缆通道带来一些不利的影响的^[2]。除此之外，就区域而言，其地表水系具体的分布状况、洪水出现的频率、暴雨径流所呈现出来的特征等这类水文环境条件，同样是会对场区的排水组织安排以及防洪安全状况产生影响的，并且对于风电场的道路、光伏阵列的布置方式以及附属设施的运营情况而言，还会有着长期的影

3 新能源基地工程地质条件综合评价应用研究

3.1 评价区域与数据准备

评价区域的空间范围以及边界确定要依据研究目标

和工程规模来开展,要清晰地把拟建的新能源基地还有其影响缓冲区都囊括进去,并且要在图件之上标注出行政区划、主要交通方面的情况、供电相关情况以及水利设施等方面的具体要素,这样做有助于展开综合性的分析工作。评价区域的地质单元划分需要参照比例尺为1:50,000或者1:100,000的地质图、工程地质填图所涉及的资料以及遥感影像,同时结合由DEM生成的坡度、坡向以及高程分布图来对地形地貌进行初步的分区操作。数据准备涵盖了多源资料的收集、整理以及质量把控等方面:其一便是基础地质资料,像地层岩性、构造、断裂带分布状况以及不良地质体分布的相关记录;其二为工程地质勘探资料,包含钻孔日志、原位测试(例如贯入、剪切、标准贯入等),还有室内试验得出的结果(比如粒径、含水率、固结与三轴试验等)以及现场观测留下的记录;其三属于水文地质与气象水文方面的数据,包含了地下水位的监测情况、水文断面的具体情况、径流以及极端降雨的相关资料,还有长期的气象观测所获取的数据;其四为资源环境数据,像是风场和太阳能辐射的时空序列、植被覆盖以及土地利用/覆被图;其五是工程配套与社会经济方面的数据(如道路、电网、土地权属、建设限制区等等)。

3.2 指标权重计算与模型参数确定

在构建起新能源基地工程地质条件的综合评价体系之后,有必要对各个评价指标所具有的重要性予以量化处理,如此一来便能够保证最终的评价结果可以如实且准确地反映出工程地质条件在差异性以及适宜性方面的实际情况。指标权重的计算一般会遵循将定性判断同定量分析相互融合起来这样的原则,借助层次分析法(AHP)、熵权法或者是组合权重法等相关方法来达成这一目的。依据像地形地貌、岩土体的工程性质、水文地质条件、不良地质现象还有资源环境因素等一系列指标彼此之间存在的逻辑关联去构建起层次结构模型,然后邀请众多在地质、工程以及规划领域都颇有造诣的专家针对指标对比判断矩阵展开评分操作,凭借AHP来计算出主观权重,与此同时还要开展一致性检验工作,以此来确认判断矩阵具备足够的可靠性。接着,要把各类指标的原始数据都进行一番标准化的处理,依照其呈现出的离散程度去计算出熵值以及差异度,进而获取到客观权重值,这样做能够在很大程度上削减因为因素而引发的偏差情况^[3]。对于评价模型的参数而言,得依据不同指标所处的类型(是定性的还是定量的)来明确其相应的分级标准以及评分区间,比如说借助地形坡度的分级情况、岩土强度指标所处的范围、地下水位变化的幅度、灾害敏感性的等级、资源条件的等

级等这些方面来形成参数化的表达形式;并且要根据实际的评价需求去挑选与之相匹配的综合评价模型,像是加权叠加模型、模糊综合评价模型、灰色关联分析模型或者集成多因子适宜性评价方法等,而后还得对模型当中诸如阈值、隶属度函数、评分区间之类的各项参数加以校准处理。

3.3 工程地质条件分区评价

工程地质条件分区评价在新能源基地建设规划里属于极为关键的一个环节。其主要意图在于依据地质环境所呈现出的空间方面的差异情况,把相应的评价区域划分成若干个有着相近工程地质特征的单元,进而能够为建设布局以及风险管理给予科学层面的依据。在开展分区工作的过程当中,起初会借助GIS平台针对已经经过整理的地形地貌、岩土体工程性质、水文地质条件、不良地质现象还有风光资源等众多类型的各类空间数据展开叠加分析操作。经过运用空间插值以及地理加权等相关方法之后,便能够生成连续性的工程地质属性分布图。接着再将各个评价指标赋予与之相匹配的权重,而后对其进行综合性的评分处理,由此便形成了综合工程地质适宜性指数。不同的分值范围会对应着不一样的适宜性等级,进而依据此来划定出高适宜区、一般适宜区以及限制开发区等不同种类的地质条件分区。在整个划分的过程之中,务必要充分考虑到地质单元的连通性以及连续性这两个方面的情况,要尽力避免出现过度分割而导致评价碎片化这种状况的发生。

3.4 不同分区适宜性综合分析

在完成工程地质条件分区评价之后,得要对各个分区的适宜性展开综合分析,以此来明确不同区域在新能源基地建设当中的建设潜力以及限制条件。综合分析主要是依据各分区的工程地质适宜性指数、资源环境条件、地形地貌特征还有不良地质现象分布状况,对各分区的建设优势与风险予以量化比较。把各类指标的权重与评分结果加以叠加,进而形成综合适宜性等级,由此划分出高适宜区、适宜区、一般区以及限制区,并且在地图上进行可视化呈现,方便直观地反映出区域空间的差异。高适宜区一般有地形较为平整、岩土体较为稳定、水文条件良好、风光资源丰富以及不良地质现象较少等特性,适宜大规模风电或者光伏项目布局;而适宜区和一般区就可能存在局部地质较为复杂或者资源条件不均等方面的情况,这就需要在设计与施工环节当中采取与之相应的工程举措。

3.5 结果可靠性验证与敏感性分析

在完成针对新能源基地的工程地质条件所展开的综合评价工作之后,便有必要对此次评价得出的结果可靠性予以验证。与此还需积极开展敏感性分析,借此来评估各

个指标对于综合适宜性评价所产生的影响程度,进而切实保障分析结果具备科学性以及可应用性。可靠性验证主要是通过将评价结果与实地勘察所获取的数据、以往的历史建设案例以及已有的地质灾害记录加以对比的方式来进行的。其目的在于检查分区评价结果在对地质条件的反映情况、风险识别状况以及适宜性等级划分方面是否具有一致性以及准确性。还可以借助交叉验证、留一法或者蒙特卡洛模拟等多种方法,针对评价模型在不同样本或者是不同参数条件之下的稳定性展开检验,以此来分析模型结果可能出现的波动范围以及误差水平。敏感性分析是通过调整各个评价指标的权重、评分标准或者模型参数等操作,去观察综合适宜性结果呈现出的变化规律,从而精准识别出对评价结果有着最大影响的关键指标,并且评估权重分配以及参数设置对于最终分区等级划分所具有的敏感程度。

4 结束语

新能源基地建设工程在施工过程中,其安全性以及所能够取得的效益都很大程度上依靠对地质条件做出合理的评估。具体而言,全面且细致地去分析地形地貌方面的状况,了解岩土体所具有的性质,掌握水文地质的具体条件,关注不良地质出现的现象,并且考虑风光资源等相关因素,进而针对这些方面展开综合分析并进行分区评价,

如此一来便能够较为科学地去识别出不同区域在建设时的适宜程度以及存在的潜在风险。相关研究已经明确指出,建立起系统性的工程地质条件综合评价体系,一方面能够为基地的选址工作以及规划设计环节给予可靠的参考依据,另一方面还有利于对工程的整体布局加以优化,促使建设效率得以提升,并且能够有力地保障后期运行时的安全性,从而为新能源基地实现可持续发展给予了极为重要的支撑作用。

【参考文献】

- [1]李树鹏,常海宁.新能源建设工程地质灾害评估研究[J].环境科学与管理,2022,47(1):26-28.
- [2]迟永宁,刘燕华,王伟胜,等.风电接入对电力系统的影响[J].电网技术,2007,31(3):5.
- [3]董莹.地质灾害危险性评估技术在新能源工程建设中的应用——以辽宁省某地面光伏发电工程建设为例[J].科学技术创新,2015,5(14):14.

作者简介: 汪祥兆 (1984.2—), 男, 湖南衡阳人, 毕业于长沙理工大学, 现就职于中国电建集团中南勘测设计研究有限公司, 主要从事水利水电地质勘察, 新能源工程地质勘察, 参与多项相关领域工程勘察项目, 具备扎实的专业理论与丰富的工程实践经验。