

输变电工程对高原地区环境影响指标和效益评价研究

张 智¹, 宋继明¹, 杨怀伟¹, 王关翼¹, 张亚静², 章 鹏²

(1. 国家电网有限公司特高压建设分公司, 北京 100032;

2. 南京工程学院, 江苏 南京 211167)

摘 要: 目前, 关于高原地区输变电环境影响的研究工作还处于初始阶段, 其影响因子选取还不全面, 且停留在定性分析层面。为了丰富中国特定地形地貌区域的输变电工程建设对环境的影响, 该研究建立了相关环境评估系统, 并根据国际国内机构研究以及其他行业的成功经验, 通过可信度分析、主成分分析和验证性因子分析等各种方式, 提炼出了环境影响评估的通用指标体系; 根据中国高原地区的特殊环境, 运用模糊层次分析法, 提供了环境评估特性指标; 在此基础上建立最终的中国高原地区的输变电工程建设环境评估指标, 并开展了效果分析。

关键词: 高原地区; 输变电工程影响; 效益评价

中图分类号: X821

文献标志码: A

DOI: 10.16803/j.cnki.issn.1004-6216.2022.01.16

Research on environmental impact index and benefit evaluation of power transmission and transformation projects in plateau area

ZHANG Zhi¹, SONG Jiming¹, YANG Huaiwei¹, WANG Guanyi¹, ZHANG Yajing², ZHANG Peng²

(1. State Grid UHV Engineering Construction Company, Beijing 100032, China;

2. Nanjing Institute of Technology, Nanjing 211167, China)

Abstract: At present, the research on the environmental impact of the power transmission and transformation in the plateau area is still in the initial stage. Since the selection of impact factors is not comprehensive, only the qualitative analysis can be obtained. In order to improve the environmental impact assessment system of power transmission and transformation projects in special landform areas in China, considering the experience of institutions and other industries at home and abroad, various methods such as reliability analysis, principal component analysis and confirmatory factor analysis are used to refine the general indicators for the environmental impact assessment. According to the special environment of the plateau area, the characteristic indexes of environmental impact assessment are extracted by the fuzzy analytic hierarchy process. Thus, the final environmental impact assessment index of power transmission and transformation projects in the plateau area is formed, and the benefit is evaluated.

Keywords: plateau area; impact of power transmission and transformation; benefit evaluation

CLC number: X821

在经济可持续发展背景下, 电力需要量增加, 供电工程范围不断扩大, 逐渐向青藏高原等地区发展。随着输变电工程的大力发展, 其在带动产业链上下游相关产业发展和促进国家经济水平提高等方面具有重要作用^[1]。然而, 随着输变电工程的建设其对沿线自然环境和社会环境的负面影响日益凸显, 如电晕、噪声和电磁污染等环境风险^[2], 对输变电工程环境影响的研究也随之增多。

输变电工程对环境的损害主要集中在建设期和运营期。建设期主要通过破坏植物、占用农田、制造粉尘和机械噪音等影响环境, 运行期间影响主要包括电磁影响和生活污染等^[3-4]。我国输变电建设项目主要采用环境影响评价方式和竣工期环保验收制度进行环保管理^[5]。虽然已有较多研究对输变电环境影响进行了分析, 但由于其对环境的影响具有长期、复杂、多变等特点, 特别是具有特殊气

收稿日期: 2021-05-16

基金项目: 国家电网有限公司管理咨询项目(SGJL0000XXWT2100047)

作者简介: 张 智(1983-), 男, 硕士、高级经济师。研究方向: 电网工程管理与环境保护。E-mail: 105623400@qq.com

通信作者: 章 鹏(1990-), 男, 博士、讲师。研究方向: 环境评价与工程管理。E-mail: pengzhanghu@gmail.com

引用格式: 张 智, 宋继明, 杨怀伟, 等. 输变电工程对高原地区环境影响指标和效益评价研究[J]. 环境保护科学, 2022, 48(1): 95-100.

候和自然环境的高原地区,不能直接套用现有的环境影响评价方法,需要建构适用于该地区的输变电工程环境影响评价模型。目前中国高原地区输变电环境影响评价研究还处在初期阶段,影响因子选取还不全面,且大多停留在定性分析层面^[6]。

本文将 SPSS 软件引入环境影响评价指标的筛选。在总结了基础设施建设项目与工业项目环境评估指标体系的基础上,通过可信度分析、主成分分析和验证性因子分析等方式,提炼出了环境影响评价共性指标;根据我国高原地区气候特点,运用模糊层次分析法,得到环境评价特性指标体系;从而得出了输变电工程对我国高原地区影响的主要环境评估指标。

1 研究范畴及研究思路

1.1 高原地区环境特点

高原地区环境主要特点:1)低压缺氧。高原地区的大气压强和氧气浓度与海拔成反比。随着海拔增加,大气压强降低,人体血液中的氧气浓度也随之降低,一旦低于一定程度,人体摄氧能力降低,会出现头晕、头疼、胸闷和呕吐等症状^[7];2)寒冷干燥。高原地区海拔高,空气稀薄,昼夜温差较大,常年温度较低。而且高原地区空气中的含水量与海拔成反比,海拔越高天气越干燥^[8];3)太阳辐射强。高原地区空气稀薄,对太阳辐射的阻挡能力很弱^[8];4)冻土面积较大。高原温度较低,很多土壤常年冻结,由此导致的冻胀和热融会严重破坏地基的稳定性,给输变电工程带来巨大的隐患^[9];5)水源的季节性。高原地区冬季和夏季的取水方式不同^[10],分别取自冰雪融化水和江河水、井水、溪水等。

1.2 环境影响研究范畴界定

环境影响是指人类开发行为可能引起的包括生物、环境、社会、物理和经济等系统在内的改变^[11]。按照不同的影响对象把环境影响分为自然环境、社会环境和生态环境。大自然指的是由自然界事物所产生的自然环境,主要包括大气、水体和电磁环境;社会环境影响是指相对人类,对社会人文环境的影响,主要可以从噪声环境污染、景观环境保护和污染废弃物这三方面划分;而自然生态环境是“由生态关系组成的环境”的概念简称^[12]。本文基于高原地区的特殊性,考虑特殊地势、地貌的输变电工程对动植物的主要影响,包括高寒湿地影响、

冻土影响和动植物影响。

1.3 环境影响指标体系研究思路

本文把环境影响评价指标体系分成共性指标和特殊指标。其中,共性指标是指应用于整个电网行业中的工程环境影响评价的整体技术指标,而特殊指标则是指仅应用于我国高原地区输变电工程环境影响评价的特殊性技术指标。在搜集、整理国内专家学者有关输变电工程环境影响评价有关研究成果的基础上,初步筛选环境影响评价共性指标,在此基础上利用 SPSS 数据分析软件对指标进行数据检验和指标归集。通过系统分析高原输变电工程建设特点,抽取出高原地区输变电工程建设的特殊指标,采用模糊层次分析法加以筛选,从而得出青藏高原输变电工程建设影响评估特征指数集。

2 高原地区输变电工程环境影响评价共性指标体系构建

2.1 共性指标筛选过程概述

通过文献分类和汇总得到初始环境评价通用指标集。经过 SPSS 大数据分析软件对问卷调查数据进行可靠性分析,检测结论的一致性、稳定能力和准确度。采用主成分分析法对指标归类,并归纳出对应的低一级指标。通过因子分析法,证明构建的模型具有良好拟合效果。最后整理得到高原输变电工程环境影响评价共性指标集。

2.2 环境影响评价共性指标筛选

2.2.1 初次筛选 在文献研究的基础上,汇总得出影响评价共性指标 21 个。初步筛选出来的指标没有明确标识和划分,包括:永久用地占用率(C1)、野生动物保护措施(C2)、新增水土流失量(C3)、耕地占用率(C4)、植被恢复率(C5)、电磁环境(C6)、生活污水排放达标率(C7)、建筑废物总排放量达标率(C8)、地表径流处理措施(C9)、施工行为噪音(C10)、施工机械噪音(C11)、爆破噪音(C12)、变电站噪音(C13)、输电线路噪音(C14)、扬尘高度(C15)、有害气体排放浓度(C16)、烟尘排放浓度(C17)、施工垃圾处理措施(C18)、生活垃圾处理措施(C19)、环境风险(C20)和拆迁安置(C21)。

2.2.2 数据检验 信度是指测试结论的一致性、稳定性和可信度,反映问卷选择者对问卷内容看法是否存在一致性,也说明测试工具能够稳定地测试其所要测试事件的程度^[13]。

采用 Cronbach α 系数对问卷数据进行信度分析。Cronbach α 系数反映了问卷题目是否反映同一种特质,且这些题目的得分是否具有较高的相关性,适合用于态度、意见等形式的问卷调查^[14]。Cronbach α 系数越高表示该测验的结果越一致、稳定、可靠。NUNNALLY^[15] 认为,Cronbach α 值 >0.7 ,表明此问卷具有较强的信度,如果 <0.6 ,则需要重新制定调查工具或重新编写较为合理^[16]。本文采

用 Cronbach α 系数 <0.6 即为不可信的判断标准。针对每一个指标体系,考虑其“校正得项总计相关性”(corrected item-total correlation, CITC),若观测指标的 CITC 值偏低或负值(校正项总计相关性系数 <0.40),且剔除后仍对总体信度有显著改善效应时,则应予以剔除。经检验,本问卷的 Cronbach α 系数分别为 0.986,属于很可信的区间范围,且单个指标的 CITC 值均 >0.40 ,见表 1。

表 1 信度检验结果

编号	指标	CITC	对应指标删除后的Cronbach α	整体量表Cronbach α
C1	永久用地占用率	0.868	0.985	0.986
C2	野生动物保护措施	0.854	0.986	
C3	新增水土流失量	0.837	0.986	
C4	耕地占用率	0.931	0.985	
C5	植被恢复率	0.898	0.985	
C6	电磁环境	0.889	0.985	
C7	生活污水排放达标率	0.924	0.985	
C8	建筑废物总排放量达标率	0.919	0.985	
C9	地表径流处理措施	0.902	0.985	
C10	施工行为噪音	0.899	0.985	
C11	施工机械噪音	0.910	0.985	
C12	爆破噪音	0.871	0.985	
C13	变电站噪声	0.902	0.985	
C14	输电线路噪声	0.859	0.985	
C15	扬尘高度	0.944	0.985	
C16	有害气体排放浓度	0.909	0.985	
C17	烟尘排放浓度	0.760	0.986	
C18	施工垃圾处理措施	0.896	0.985	
C19	生活垃圾处理措施	0.918	0.985	
C20	环境风险	0.901	0.985	
C21	拆迁安置	0.655	0.987	

2.2.3 指标归集 运用最为常用的主成分分析法提取公因子,对指标进行归类,分析每一种指标在所有共同因子上的总负载 (Factor Loading),并按照总负荷量的大小来筛选指标,如果某一种指标在事先假设的共同因子上具有较高的负载时,即视为与该指标有较大的区别度 (Item Discrimination)^[17]。

公因子的特征值、解释方差以及累计解释方差,见表 2。

表 2 可知,前 2 个因子的特征值 >1 ,分别为 16.710、1.330,累计解释方差占总方差的 86.869%,表明这 2 个因子可以解释变量中的大部分信息,可以将这 2 个因子命名为 P1、P2。

经方差最大化正交转换后,得出旋转成分矩阵,见表 3。由此可根据表中各因子的载荷系数大小完成对 2 个公因子的分类及命名。综合各因子的特性,并依据指标内容和内部关联,可将因子重新

命名为生态安全(P1)、环境质量(P2)。

表 2 因子解释的总方差

成分	初始特征值			提取载荷平方和		
	总计	方差百分比	累积%	总计	方差百分比	累积%
1	16.710	78.527	79.627	16.710	78.527	78.527
2	1.330	6.342	86.869	1.332	6.342	86.869
3	0.970	4.617	90.586			
4	0.565	2.688	93.274			
5	0.811	1.846	95.121			
6	0.721	1.337	96.457			
7	0.710	1.069	97.526			
8	0.651	0.664	98.191			
9	0.621	0.459	98.650			
10	0.545	0.429	99.078			
11	0.510	0.306	99.385			
12	0.461	0.262	99.647			
13	0.345	0.150	99.797			
14	0.310	0.095	99.892			
15	0.281	0.053	99.945			
16	0.255	0.033	99.978			
17	0.195	0.015	99.993			
18	0.170	0.005	99.998			
19	0.140	0.002	100.000			
20	0.126	0.001	100.000			
21	0.098	0.000	100.000			

生态安全 (P1) 包括永久用地占用率 (C1)、野生动物保护措施 (C2)、新增水土流失量 (C3)、耕地占用率 (C4)、植被恢复率 (C5)、环境风险 (C20) 和拆迁安置 (C21); 环境质量 (P2) 包括电磁环境 (C6)、生活污水排放达标率 (C7)、建筑废物总排放量达标率(C8)、地表径流处理措施(C9)、施工行为噪音 (C10)、施工机械噪音 (C11)、爆破噪音 (C12)、变电站噪声(C13)、输电线路噪声(C14)、扬尘高度(C15)、有害气体排放浓度(C16)、烟尘排放浓度(C17)、施工垃圾处理措施(C18)和生活垃圾处理措施(C19)。

2.3 环境影响评价共性指标体系

在结构方程模型中, 其评价的核心就是模型的拟合度, 模型对观测数据拟合情况的良好程度, 决定了模型的有效性能否得到验证, 概念模型是否合理和可行。判断拟合模型的优劣, 主要是用各种拟合优度指数 (简称拟合指数) 对模型做整体评价。

本文使用 LISREL8.7 统计软件, 对以上指数进行了验证性因子分析, 所得模型的拟合指数, 见表 4, 各项模型拟合指标都符合规定, 表明所建立的模型有着良好的拟合效应。

表 3 成分矩阵^a

编号	成分	
	1	2
C1	0.360	0.885
C2	-0.335	0.865
C3	-0.349	0.849
C4	0.127	0.939
C5	0.117	0.914
C6	0.896	-0.359
C7	0.934	0.037
C8	0.923	-0.334
C9	0.917	0.247
C10	0.905	-0.253
C11	0.914	-0.238
C12	0.885	0.199
C13	0.909	-0.253
C14	0.876	0.325
C15	0.951	0.107
C16	0.923	0.217
C17	0.789	0.356
C18	0.904	-0.188
C19	0.924	-0.104
C20	0.213	0.914
C21	0.170	0.682

注：提取方法为主成分分析法；a表示提取了 2 个成分。

表 4 输变电生态环境影响因子拟合指数

拟合指数	测量值	测量值
卡方 χ^2	17.870	-
自由度df	64.000	-
拟合优度卡方检验 χ^2/df	0.280	< 2.00
显著性P	0.000	< 0.05
拟合优度指数GFI	0.940	> 0.90
调整后的拟合优度指数AGFI	0.920	> 0.90
比较拟合指数CFI	0.930	> 0.90
近似误差均方根RMSEA	0.049	< 0.08
均方根误差RMR	0.051	< 0.08

根据上述结果分析, 输变电工程环境影响评价共性指标体系, 见表 5。

表 5 输变电工程环境影响评价共性指标体系			
编号	二级指标	编号	三级指标
P1	生态安全	C1	永久用地占用率
		C2	野生动物保护措施
		C3	新增水土流失量
		C4	耕地占用率
		C5	植被恢复率
		C20	环境风险
		C21	拆迁安置
P2	环境质量	C6	电磁环境
		C7	生活污水排放达标率
		C8	建筑废物总排放量达标率
		C9	地表径流处理措施
		C10	施工行为噪音
		C11	施工机械噪音
		C12	爆破噪音
		C13	变电站噪声
		C14	输电线路噪声
		C15	扬尘高度
		C16	有害气体排放浓度
		C17	烟尘排放浓度
		C18	施工垃圾处理措施
		C19	生活垃圾处理措施

3 高原地区输变电工程环境影响评价特殊指标研究

3.1 高原地区输变电工程环境评价特殊性分析

高原区域输变电工程项目环境影响评价因素包括共性因素和特殊因素。其中,特殊因素主要包括以下内容。

(1)对生态体系的影响。主要包括植物、土壤等。主要影响植物可以分为自然植被和人工植被,其中自然植被包括 6 个植物种类、12 个群系;人工植被分为 3 个植物种类^[18]。面积影响前 5 的植物是针叶林、灌丛、草甸、农业植被和阔叶林,分别占总面积的 29.93%、23.82%、12.75%、5.79% 和 0.25%^[18]。输变电线路会在一定程度上破坏沿途的地表系统,具体表现为土壤侵蚀、水土流失。部分生活在地表土壤中的生物因缺少生存环境而消亡;原有的高等动物(鸟类、哺乳动物等)也会因为缺少食物而被迫寻找其他聚居地^[19]。

(2)对动物的影响。主要包括两栖动物和爬行

动物,主要包括施工过程中的施工机械噪声和挖填方两方面^[20]。施工机械的噪声会驱赶两栖动物和爬行动物;施工中通过对小溪、水塘、沟渠等的开挖回填方法工序将部分爬行动物迁入它处,从而远离施工区域范围。一些两栖动物和爬行动物种类也随着巢穴的破坏而减少^[21]。

(3)对冻土环境的影响。高原地区具有广泛的冻土区域,冻土厚度较薄且有很大的热敏感性。而输电线路塔基会对冻土产生热干扰,土壤一经破坏很难恢复原状,即造成冻土退化、地表侵蚀和火熔沉陷等问题^[22]。

3.2 高原地区输变电工程环境影响评价特性指标筛选

针对我国高原地区的输变电工程项目环境影响评价特性指标体系编制了问卷调查,共发出 35 份问卷调查,实际接收 30 份,有效问卷 29 份。在问卷调查中专家对各因素相对于与上一指数的比较关键程度做出了评分,并形成单位模糊评估矩阵。根据三角形模糊数的计算规律,将各单位模糊判别矩阵集合为模糊判别矩阵。将三角形模糊数转换为非模糊数以后,利用 AHP 计算出经归一化后的各种因素载荷值,以各种因素载荷值作为判别准则对特性指数加以过滤^[23]。把影响载荷数较小的因素,作为不重要指标(共 18 个)加以剔除处理,最后得出了包括 15 个指标的评价体系,见表 6。

表 6 高原地区输变电工程环境影响评价特性指标体系		
一级指标	二级指标	三级指标
对生态系统的影响	自然植被	常绿针叶林
		灌丛
		草甸
	人工植被	人工林
		经果林
		旱地作物
对动物的影响	两栖动物	交配
		产卵
		生长
	哺乳动物	洞穴
		食物
		迁徙
对冻土环境的影响	冻胀	退化
	融沉	地表破坏
		沉陷

4 项目效益分析

输变电工程对高原地区的环境会从以上这些方面产生影响,对优化地区资源具有积极的作用。首先,一方面,电力设施的增加能改善沿线城市及农村用电现状,比如减少当地的用煤量,减轻大气和水体污染,由此能改善所在区域环境质量;另一方面,正在建设的新电力工程将推动本地服务业的发展,同时在外地务工人员和本地社会公民之间形成思想碰撞,也能够带动本地社会公民消费意识的提升。其二,由于工程项目的建成需要大量的务工人员,因此也会吸收本地务工人员,给当地人提供临时就业;其三,在环境工程实施过程中,通过政府部门和企业对公民开展环保知识讲座,可以进一步提高群众的环保意识,从而推动了本地环境保护工作的开展^[24]。

5 结论

高原地区的自然环境非常脆弱,在评价输变电工程建设的影响时,以往的输变电工程建设环境影响评价方法具有局限性。通过对我国高原地区环境特点的系统分析,将指标体系分为具有通用性质的 21 个共性指标及针对高原地区特殊环境的 15 个特性指标,构建了适合于我国高原地区建设的输变电工程环境影响评价指标体系,对推动我国高原地区环境评估工作具有重要积极意义。工程建设对高原自然环境主要包括了积极影响及负面影响两个方面,需要采取有效的环境保护措施,降低工程对高原自然环境的负面影响,如,应尽可能选择远离人群聚集地、保护区和风景名胜区等环境保护敏感区或较远的区域,以减少建设项目对敏感区的环境影响;尽量避免在高含冰量冻土地段进行开挖,以减少对冻土环境的影响。通过实施相应的环境保护措施,可以抑制负面影响的产生,使项目满足国家和地方颁布的各项标准规范的要求。

参考文献

- [1] 刘建林,张琛.输变电工程环境影响综合评价指标体系的研究[J].*能源环境保护*,2017,31(3):42-45.
- [2] 陈永铜.对输变电工程环境影响评价的分析[J].*资源节约与环保*,2017(4):22-24.
- [3] 许杨,张小青,杨大晟.高压输电线路工频电磁环境[J].*电力学报*,2007,22(1):9-14.
- [4] 罗超,查智明,姚为方.高压输变电工程中的环境问题及其管理和应对[J].*环境科学与管理*,2012,37(3):11-13.
- [5] 濮文青,王圣,宋燕燕,等.输变电建设项目环境影响评价的认识与实践[J].*电力环境保护*,2009,25(2):38-40.
- [6] 赵吴鹏.高原地区输变电工程环境影响评价指标体系研究[J].*科技经济导刊*,2018,26(7):102.
- [7] 科普中国.高原气候[EB/OL].[2021-05-26] https://baike.baidu.com/item/%E9%AB%98%E5%8E%9F%E6%B0%94%E5%80%99/712568?fr=aladdin#ref_3_38628.
- [8] 李莉.云端上的电力天路——记藏中电力联网工程[J].*中国科技奖励*,2017(8):39-40.
- [9] 张宪洲,何永涛,沈振西,等.西藏地区可持续发展面临的主要生态环境问题及对策[J].*中国科学院院刊*,2015,30(3):306-312.
- [10] 吕永达,谭玲.高原气候特点及对人体生理功能的影响[J].*旅行医学科学*,1999,5(1):1-6.
- [11] 王丽婷,李亚楠,焦卓彬.基于 DEA 法的城市交通环境影响评价研究[J].*汽车实用技术*,2021(4):192-195.
- [12] 龙陵波.一种履带式喷水车:,CN205518747U[P].2016.
- [13] 吕俊友.房地产开发企业诚信评价研究[D].南京:东南大学,2013.
- [14] 韩欢欢.基于场论的商品房预售资金监管强度模型研究[D].重庆:重庆大学,2016.
- [15] NUNNALLY J C. *Psychometric Theory*[M]. New York: New York L MC Graw-Hill Inc., 1978.
- [16] 于树江,王维,李艳双.基于生命周期的高阳纺织产业集群路径发展特征研究[J].*河北工业大学学报*,2010(4):77-80.
- [17] 刘军.总监理工程师执业信用评价研究[D].南京:东南大学,2010.
- [18] 谭景明,龙迪.藏中联网输变电工程施工期生态环境影响及保护对策[J].*科技经济市场*,2017(11):170-173.
- [19] 戴明丽,许伟,钱谊,等.330 kV 兰州-西宁-格尔木青海段输变电的生态影响[J].*安徽农业科学*,2009,37(9):4175-4179.
- [20] 谭景明,龙迪.藏中联网输变电工程施工期生态环境影响及保护对策[J].*管理纵横*,2017(11):170-173.
- [21] 樊杰,徐勇,王传胜,等.西藏近半个世纪以来人类活动的生态环境效应[J].*科学通报*,2015,60(32):3057-3066.
- [22] 梁波.青藏高原多年冻土地区环境土工问题的探讨[J].*岩石力学与工程学报*,2003(22):2639-2642.
- [23] 王晓晖,刁海琛,卢艳超,等.输变电重大工程社会效益评价指标体系研究[J].*科技和产业*,2018(3):83-89.
- [24] 张立新.电网建设工程环境影响评价研究——以临河北 500 kV 输变电工程为例[D].呼和浩特:内蒙古大学,2013.