

能源转型背景下发电企业人力资源适配机制研究

——基于智能化培训体系的实证分析

史 莉

嘉陵江亭子口水利水电开发有限公司 四川广元

【摘要】随着能源结构转型加速，发电企业新能源业务扩张与人力资源结构滞后的矛盾日益尖锐。本文以四川某发电企业为例，基于企业实际运营数据，分析其业务结构与人力资源之间的核心矛盾和突出表现，以智能化培训体系优化为切入点，提出提升人力资源适配性的解决方案。研究融合了数字孪生、AR/VR 等技术，通过技能迁移算法和模块化认证体系，为企业战略转型提供新方法新思路，助力企业可持续发展。

【关键词】发电企业；业务结构；人力资源矛盾；培训体系；柯氏模型

【收稿日期】2025 年 7 月 14 日 **【出刊日期】**2025 年 8 月 23 日 **【DOI】**10.12208/j.jmba.20250039

Research on human resource adaptation mechanism of power generation enterprises under the background of energy transformation——empirical analysis based on intelligent training system

Li Shi

Jialingjiang Tingzikou Water Conservancy and Hydropower Development Co., Ltd, Guangyuan, Sichuan

【Abstract】 With the acceleration of energy structure transformation, the contradiction between the expansion of new energy business and the lag of human resource structure in power generation enterprises is becoming increasingly acute. Taking a power generation enterprise in Sichuan as an example, this paper analyzes the core contradiction and outstanding performance between its business structure and human resources based on the actual operation data of the enterprise. Taking the optimization of intelligent training system as the starting point, this paper puts forward a solution to improve the adaptability of human resources. The research integrates digital twin, AR / VR and other technologies, and provides new methods and new ideas for enterprise strategic transformation through skill transfer algorithm and modular certification system, so as to promote the sustainable development of enterprises.

【Keywords】 Power generation enterprises; Business structure; Human resources contradiction; Training system; Coriolis model

1 引言

该发电企业业务涵盖水电、火电、风电、光伏等多个领域，在“双碳”目标背景下，公司新能源装机容量年均增长 28%^[1]，然而，与此形成鲜明对比的是，但相关技术人才供给增速仅为 9%^[2]。2022-2023 年，企业因技术团队资质不足导致新能源项目流标 3 次^[3]。传统的人力资源体系已经难以满足业务发展的需求，结构性矛盾日益凸显。本文基于企业实际

运营数据，深入分析了业务与人力资源之间的核心矛盾，并提出了智能化、模块化、数字化的培训优化方案。同时，本文还探讨了柯氏四级评估模型的创新应用，以验证培训的实效性，从而探索企业转型路径。

2 业务结构与人力资源的主要矛盾

2.1 业务多元化与人才结构单一的矛盾

新能源技术人才短缺问题严重：根据 2023 年第

四季度人力资源审计数据显示,光伏与储能领域的技术人力缺口呈现结构性特征(光伏:43人/储能:27人),主要集中于系统调试与故障诊断岗位^[3]。新能源项目核心技术岗位外部依赖率高达68%,核心技能自主可控性不足,其中:光伏系统设计岗外包比例82%,储能BMS调试岗外包比例76%^[3]。

技能代际断层问题突出:传统技能与新兴需求脱节,45岁以上员工中,有83%未接受过光伏组件IV曲线分析等基础培训,机械类专业背景占比58%,而所需的大数据、物联网专业仅占7%^[3]。数字化能力缺口,智慧能源系统运维人才占比仅12%,远低于25%的行业基准值^[5],能熟练使用SCADA系统的员工不足40%,这种情况严重影响了远程集控的推进^[3]。

2.2 地域分布广与人力资源集中化的矛盾

岗位空缺率:四川地形复杂,新能源项目多分布于甘孜、阿坝等偏远地区,但人才倾向于聚集在成都等城市,甘孜、阿坝地区新能源场站技术岗位年均空缺率达35%-42%^[3],显著高于成都周边区域15%左右的空缺率。

流失率对比:高海拔地区,气候条件恶劣,工作环境的适应性要求非常高,因此员工流失率增高,阿坝州光伏电站岗位年均流失率38%,较成都区域高27个百分点^[3]。

2.3 转型速度与员工能力更新的矛盾

培训转化效率低下:“上大压小”技改项目关停火电机组,需转岗127人,但是实际仅有29人(22.8%)通过光伏运维考核,41人(32.3%)转入后勤岗位,57人(44.9%)选择买断工龄^[3]。

传统转岗培训周期长:火电转光伏平均需9.2个月,其中:理论培训耗时3.8个月,现场跟班学习5.4个月^[3]。

知识迁移效果差:转岗员工首次独立操作故障排除成功率仅41%,56%的受训者反映“培训内容与现场需求脱节”^[3]。

培训滞后性:现有课程中,碳交易、综合能源服务等新业态内容占比不足5%,另外偏远电站员工获取新认证速度较城区慢30%^[3]。

2.4 国企体制与市场化用工需求的矛盾

薪资竞争力:关键技术岗位薪资竞争力不足,如储能工程师岗位薪资较行业平均水平低15%-

20%^[5],股权激励等中长期激励工具使用率不足5%,难以吸引和留住新能源领域的市场化高端人才。

晋升通道单一:管理序列占比70%,虽然有双通道晋升途径,但是技术专家通道发展空间有限,晋升机制较僵化,90后员工晋升至中层平均需8.2年,较民营企业多3.5年^[5]。

3 优化培训体系的建议

3.1 破解业务多元化与人才单一性矛盾

数字孪生赋能转型。开发“火电、水电--新能源”技能迁移算法模型,通过分析n+岗位能力单元,建立传统技能与新能源技能的映射关系。采用基于自然语言处理的BERT模型与图神经网络融合算法,经测试集验证,传统技能到新能源技能的映射准确度达82个百分点^[6],平均转岗周期有效缩短。

“AR技能嫁接”计划。老员工通过AR眼镜叠加新能源设备操作指引,实现“传统技能+数字叠加”的渐进式转型,试点项目转岗成功率提升至65%^[6]。

模块化微认证。将新能源技能拆解为n+微证书,如“光伏组串故障诊断”“电池SOC估算”等,员工通过“学分银行”自由组合认证,形成个性化技能矩阵;建立配套激励机制,例如每获得5个相关微证书自动晋升一档薪资等。

3.2 化解地域分布与人才集中矛盾

建设5G+AR远程实训系统。设置“高原风电”“山地光伏”等特色场景,通过5G网络实现专家远程AR指导现场操作,一线员工佩戴AR眼镜即可获得实时操作指引。据中国移动2023年5G行业应用测试报告显示,5G+AR远程实训时延可达到<20ms^[6]。

开发“数字员工”陪练系统。基于数字孪生技术创建虚拟教练和训练对象,可模拟各类设备故障、极端天气等复杂场景,实现全天24小时自主训练,据测算,偏远电站培训成本可降低40%^[6]。

无人机送教上门系统。搭载培训模块的巡检无人机定期飞赴偏远电站,实现空中理论授课,设备扫描诊断指导,应急演练监督,成本预计较传统送教降低65%。

3.3 弥合转型速度与能力更新差距

“AI培训管家”系统。基于机器学习分析数万份培训案例,自动优化课程内容、教学方式和节奏,实现“千人千面”的个性化培训体验,个性化培训覆

盖率可提升至 90%^[6]。

构建“知识图谱”动态课程库。将企业知识体系构建为可视化知识图谱，实时分析行业趋势，自动生成紧缺技能培训包，新知识自动关联已有课程节点，支持智能推荐“学习路径导航”。新知识上线周期从 3 个月缩短至 2 周^[6]。

建立“数字人才实验室”。运用大数据预测未来 3-5 年技能需求，提前布局前沿技术培训课程，实现人才储备与业务发展的前瞻性匹配。

3.4 突破国企体制约束

通证经济激励体系。发行企业专属“技能通证”，与行业联盟链对接，实现跨企业技能认证互通，解决新能源人才流动时的信任成本问题。通过完成培

训、知识共享、带教新人等途径获取“技能通证”；“技能通证”人才可参与项目分红，兑换高端培训，置换休假等。

柔性组织赋能。建立“新能源特种部队”虚拟团队，成员保留原编制，按项目获取市场化报酬。提高骨干员工薪资水平，降低人才流失率。

4 培训实效性评估方法

培训体系优化效果评估，培训体系优化效果评估可采用柯氏四级评估模型，参照 Kirkpatrick（1959）提出的培训评估四层次理论，将培训效果评估划分为四个递进层次，即反应层、学习层、行为层、结果层，构成完整的评估链条。在当前数字化转型背景下，将模型与新技术融合，并进行电力行业适配改造。

层级	评估重点	典型方法	电力行业引入的数字化应用	行业内数字化应用案例效果
反应层	学员满意度	问卷调查、访谈等	数字化反应评估： 采用情感计算技术：通过摄像头捕捉学员微表情，AI 分析参与度。	识别 30%隐性不满
学习层	知识、技能获取或态度改变	笔试、实操、模拟演练等	智能化学习验证： 运用数字孪生技术构建虚拟考场，自动评分诊断准确性。	考核时间缩短 60%。
行为层	工作行为改变	现场观察、绩效考核、360 度评估等	行为追踪技术： 工装监测：安全帽传感器记录巡检路线规范性，语音指令分析识别值班人员术语使用规范性。	违规操作识别效率提升 4 倍。
结果层	业务影响	生产数据对比、ROI 分析等	结果层因果推断： 双重差分法（DID）：排除天气等因素，精准计算培训对发电效率的影响。 区块链存证：将员工培训记录与运维数据链上关联，验证技能提升与故障处理效率的正相关性。	ROI 提升 1.5 倍

5 建议与研究展望

5.1 实践建议

为了实现培训体系的数字化转型，新能源电力企业应当采取分步递进的改革策略。

（1）数字化平台建设期（0-1 年）：在这个阶段，企业应投入不少于年度培训预算的 30%，用于打造一个集数字孪生、AR 实训等多种功能于一体的智能培训平台。这一平台应确保覆盖所有核心岗位，实现 100%的在线学习覆盖率。通过这样的平台，员工可以随时随地进行学习，提高学习的便捷性和效率。

（2）能力体系健全期（1-3 年）：在这一阶段，企业应依托动态岗位能力图谱，构建一个全面的课

程体系，涵盖“基础技能-专项技能-领导力”三个层级。同时，将半数以上的培训内容进行模块化处理，以增强培训的灵活性和针对性。模块化的课程可以根据员工的具体需求进行组合，使培训更加个性化和高效。

（3）管理闭环构建期（3-5 年）：在这一阶段，企业应致力于构建一个完整的培训管理闭环，将“需求剖析-培训施行-认证评估-薪酬激励”整条链路紧密相连。通过这种方式，确保培训成效与员工的晋升和薪酬紧密挂钩，从而激励员工积极参与培训。此外，建议设立培训效果追踪机制，通过纵向追踪，检查不同技术路径下长期培训效果的衰减率，依此动态优化培训计划，确保培训内容和方法始终与时

俱进。

5.2 研究展望

后续的研究可以将重点放在深入探索和应用 AI 教练系统，以及在技能认证领域中创新性地实践区块链技术。AI 教练系统可以提供个性化的学习建议和实时反馈，进一步提高培训效果。区块链技术在技能认证中的应用可以确保认证过程的透明性和不可篡改性，提高认证的可信度。

此外，还需要健全和完善跨区域培训资源的共享机制，以推动培训资源的高效利用和优化分配。通过共享机制，不同地区和部门可以共享优质的培训资源，避免重复建设和资源浪费，从而实现资源的最大化利用和最佳配置。这不仅有助于降低培训成本，还能提高培训的整体质量和效果。

参考文献

- [1] 四川省能源局. 2023 年四川省能源发展报告[R]. 成都, 2023.
- [2] 中国电力企业联合会. 2023 年电力行业人才发展报告[R]. 北京, 2023.
- [3] 合作企业 2023 年度经营报告[R]. 成都, 2023.
- [4] Kirkpatrick D L. Evaluating Training Programs[M]. McGraw-Hill, 1959.
- [5] 中智咨询. 2023 年能源行业薪酬调查报告[R]. 上海, 2023.
- [6] 中国移动. 5G 行业应用测试报告[R]. 北京, 2023.
- [7] 郑昕. 发电企业人才发展体系构建与实际运用[J], 中国电力企业管理, 2025 年, 第 18 期: 60-62.
- [8] 王轶辰. 市场化改革倒逼新能源发电企业[J], 经济日报, 2025 年, 5 月 16 日: 版号 011.
- [9] 钟供芝, 毛俊力, 范静波. 基于五元价值的国有水力发电企业技术人才评价体系建设[J], 中国科技产业, 2025 年, 第 06 期: 44-49.

版权声明：©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS