

基于全息数据的变电智慧设计方法研究及应用

袁敬中, 谢景海, 许 颖, 付玉红, 仝冰冰, 徐 畅, 吕 科

(国网冀北电力有限公司经济技术研究院, 北京 100038)

摘要: 随着电网工程建设规模的不断扩大, 电网设计越来越复杂, 设计人员在设计质量和效率等方面面临诸多挑战。为了提高设计质量和效率, 减少人为因素失误, 实现设计与造价一体化贯通, 推进电网设计技术与造价变革和发展, 历经数年开展了基于大数据、强人工智能等新技术的电网设计研究工作, 创新提出了基于全息数据的变电智慧设计方法。首先提出了变电智慧设计的理念、方法和关键技术; 然后构建了变电智慧设计总体方案, 并对主要功能进行研究、实现和验证; 最后给出了变电智慧设计平台的构建流程和典型应用场景。

关键词: 智慧设计; 大数据; 强人工智能; 地理信息系统; 变电

Research and application of intelligent substation design method based on holographic data

YUAN Jingzhong, XIE Jinghai, XU Ying, FU Yuhong, TONG Bingbing, XU Chang, LV Ke

(State Grid Jibei Economic Research Institute, Beijing 100038, China)

Abstract: As grid expansion of the engineering construction scale of the application of grid design more meters more complex, the designer faces many challenges in terms of design quality and efficiency, etc, in order to improve the design quality and efficiency, reduce the human error because, achieved the integration of design and construction cost, promote the grid design technology, and through price change and development, after several years of deep conducted using large grid design According to the research work of new technology such as strong artificial intelligence, the intelligent design method of transformer based on total data is innovatively proposed. In this paper, the concept, methods and key technologies of transformer intelligent design are firstly proposed. Then, the overall scheme of transformer intelligent design is constructed, and the main functions are studied, realized and verified. Finally, the construction process and typical application scenarios of transformer intelligent design platform are given.

Key words: intelligent design; big data; strong artificial intelligence; geographic information system; substation

0 引言

电网设计技术历经几十年的发展和演变, 从传统的手工绘制、计算机二维辅助设计, 到目前的数字化三维设计。随着新技术的飞速发展, 地理信息系统^[1-3] (Geographic Information

System, GIS)、海拉瓦全数字化摄影系统^[4] (Helava)、建筑信息模型^[5-7] (Building Information Modeling, BIM) 以及电网信息模型^[8-10] (Grid Information Modeling, GIM) 等三维设计技术手段成功地应用到电网设计

中,从而基于全球卫星定位系统^[11-12](Global Positioning System, GPS)的空间位置信息、高清卫星摄影图片以及无人机拍摄的图片等均成电网设计的重要数据资源,为进一步进行数字化电网、电力物联网及新型电力系统建设奠定良好基础。

现阶段,电气工程领域许多方面采用新技术已经实现了较高等度的数字化、自动化和智能化。但是,这些新技术在电网设计领域的应用程度还不高,还未有效引入和融合。比如三维数字化设计虽然在设计中得到应用^[13-14],但仅是展示功能较强,并未进入综合应用阶段;设计方案的获取、比选、校核、决策、判断和评估等大量复杂工作仍然需要依靠设计人员完成,这不仅需要大量的高级人力资源,而且设计质量主要取决于设计人员的技术水平和经验;电网设计与造价未实现一体化贯通^[15-18];对自动化、智能化和智慧化设计方案的研究尚处于探索阶段。

另一方面,我国电网建设从超高压时代迈入了特高压、交直流互联等新时代,远距离送电与城镇发展、乡村振兴和电力电子装备广泛应用,对电网设计也提出了更高的要求。经调研,变电站(包括换流站和开关站)的站址选择和输电线路路径选择在电网设计中极为重要;但是,面对更为复杂的电网建设环境,则两者都日趋困难。再者,近年来又提出了“三通一标”“两型一化三新”“标准化设计、工厂化加工、模块化建设”“机械化施工、流水线作业”等全新理念,无疑又给电网设计带来了巨大挑战。

同时,面对新形势、新发展和新要求,各电网公司加速能源互联网、数字电网、电力物联网和新型电力系统建设,大数据、区块链、数字孪生^[19-20]、人工智能^[21-22]和算力算法等新技术已经发展到了广泛应用的历史新阶段,而电网设计是这些新技术广泛应用的专业领域,此时正是将这些新技术引入电网设计的恰当时机。换句话说,提出电网智慧设计的新理念和新方法已经具备基础技术条件。

因此,结合目前电网数字化三维设计的成

功经验,采用大数据、强人工智能等先进新技术,大幅度提升电网设计工作效率和设计质量,是一个具有重要价值且亟待研究的课题。基于上述背景,本文研究变电工程项目智慧设计技术,创新提出一种基于全息数据的变电智慧设计方法;形成了变电智慧设计的理念、方法和关键技术;构建了变电智慧设计总体方案,并对变电站智慧选址落地、电气设计、土建设计和智慧造价等主要功能进行了研究、实现和验证;给出了变电智慧设计平台的构建流程和典型应用场景。本文的研究目的在于采用人工智能、大数据等新一代技术,实现变电工程项目设计从目前的人工设计模式到智慧设计模式跨越,以大幅度提高设计效率,显著提升设计质量,更加精准评价设计方案,越加精细编制投资,实现技术与经济一体化贯通。

1 变电智慧设计概念

目前,传统的电网设计模式及功能已经不能适应高标准、高质量、精准化、精细化、智能化和数字化电网建设需要,急需改变电网设计模式和方法,提升和强化功能,适应新型电力系统发展需求。

1.1 智慧设计基本概念

智慧设计是指根据应用场景灵活采用大数据、强人工智能、区块链、数字孪生、5G(Fifth-generation)、VR(Virtual Reality)、3DS(Three Dimension Studio)、云雾边(端)缘计算、万物智联、镜像、图像识别和虚拟成像等新技术手段,具有设计、比对、评估、迭代的质量控制过程和较高自动化程度,能够满足技术经济一体化的全方位数字化设计方法。

智慧设计是基于设计技术新发展和设计结果新要求理念创新,具有高度的独立设计和整体设计的灵活性,能够满足各种复杂条件下的设计要求。智慧设计技术应用在电网变电工程中就形成变电智慧设计。变电智慧设计的功能框图如图1所示。

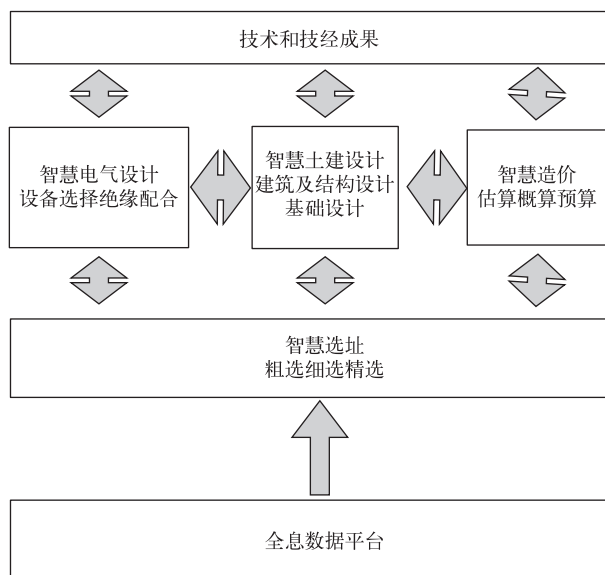


图1 变电智慧设计功能框图

Fig. 1 Substation intelligent design function framework

1.2 智慧设计目的

智慧设计目的旨在对工程项目开展精准化、精细化、数字化、立体化和空间化设计，进一步大幅度提升设计质量和效率，减少人为影响因素，实现精准设计、精细算价，具有高度自动化的思考、推理、自检、纠错和评估等智慧功能。

1.3 智慧设计模式

智慧设计模式将充分利用传统电网设计的可靠经验和多种先进新技术手段的优势，构建具有良好适应性、灵活性和学习性的电网设计高度自动化、数字化智慧平台，实现设计阶段一体化、技术与经济一体化及设计和评估（评审）一体化。

1.4 智慧设计方法

在工程项目各个设计阶段，基于强人工智能等最新技术融合的智慧设计系统，在各个阶段采用设计、比对、评估和优化多步多次迭代，以及整体设计方案采用比对、评估和优化三步多次迭代，获得整体最优化设计方案，形成高质量、高水平设计产品。

2 变电智慧设计的关键技术

变电智慧设计作为一种多维度崭新设计理

念，融合了各领域多方面的智能化关键技术。多种技术的有效融合促使电网智慧设计的应用从理论走向现实。下面综合讨论电网变电智慧设计在全息数据技术、强人工智能技术应用、区块链技术应用和云雾边（端）技术应用等方面内容。

2.1 全息数据技术

数据是开展一切设计工作的基础。数据是全息数字孪生平台的核心，是电网智慧设计的基础。利用数字孪生和克隆技术，统一标准、统一规格、统一属性、统一赋能，融合多源数据，构建适用于智慧设计的全息数字孪生平台。

基于大数据、图像识别、虚拟成像和数字孪生等技术，还原现场真实环境，构建全息数字孪生平台，形成虚拟全息空间环境，重现空间孪生体或克隆体，能够完成三维虚拟全息环境的构建。

2.2 强人工智能技术

目前，普遍广泛采用的人工智能技术是弱人工智能，只能解决特定的领域限定问题，完成有限事务，是机械地实现设定的行为，是一种技术工具。强人工智能技术，实现类人意识，通过深度学习，具备工程项目设计推理和解决问题的能力。结合强人工智能技术和虚拟三维成像技术，可将卫星遥感、航飞、激光点云、海拉瓦、摄像和照相等影像通过算法还原成真实立体物体，并赋能属性。在站址选择、路径选择、方案选择及比选、设备选择、造价编制分析等方面，通过模型建立、算法训练实现智慧设计功能，具备学习、推理和解决问题的能力。

2.3 区块链技术

区块链技术的去中心化、透明性、开放性、可追溯性、不可篡改、隐私匿名和多点共识等这些特征，非常适合应用在电网设计技术和造价中。在电网变电设计中站址选择、电气、土建、基础、勘测和造价等专业协同同步开展设计，有效地保证设计方案的正确性，以及工程项目造价编制和算价的精准性。利用区块链技术，同步实

现设计中各个阶段设计、对比、评估和评审等功能。

2.4 云雾边（端）技术

在电网变电工程项目设计中，将短路电流、导体电流、地基变形、土石方和冷热负荷等计算融入到设计过程中，随着设计进程，应用边缘计算技术及时开展计算，选择合适方案、设备等，同时完成电气安全净距、避雷针保护范围、构支架基础承载力、防火、碰撞和运输通道等校核。评审和审核功能也随时通过边缘计算、分析和评估及时完成，实现分步评审和审核功能。

开展电网设计工作的相关数据涉及网架、敏感地理位置等敏感保密信息，一般设置在内网，导致设计人员在外现场工作时无法登录内网，不能开展相关业务。为了及时有效开展工作，采用镜像技术，在需要时经授权把内网相关需要的数据镜像到外网服务器，以加密方式，通过5G技术在远端使用终端开展设计工作，实现边（端）、雾、云设计和计算功能。当设计工作完成之后，及时收回授权，并把最新成果镜像到内网服务器，保持系统内容及时更新及完整。

目前，区域内经研体系已经建成了“1+7”三维设计平台，在经研院设置了三台主服务器，在七家经研所和设计单位设置了七台辅助服务器。各单位完成的设计成果在各自服务器上储存。主服务器实现云计算功能，辅助服务器实现雾计算功能，操作终端实现边（端）计算功能。

2.5 虚拟VR技术

虚拟VR技术应用到电网设计将是一项全新的实用技术，包括计算机、电子信息、仿真技术于一体，计算机模拟虚拟环境，从而给人以环境沉浸感。采用AI+3D+VR技术，可以实现身临其境，处于物体空间内开展立体沉浸式设计状态，更加直观、精准、真实地开展设计，特别适合变电土建设计工作。如与无人机结合，实时成像，坐在办公室就可以开展现场设计工作，实现远程

同步协同设计功能。

2.6 智慧知识库构建

结合国家、行业、国网公司、冀北公司等设计标准和规范，在“三通一标”“两型三新一化”、专家设计经验等基础上建立具有自学习、自推理、自丰富、自诊断和自积累等功能的智慧专家库。智慧专家库应标准统一、规范统一、赋能统一、使用统一、维护统一，做到从规划设计、采购制造、建设运维全生命周期贯通统一，虚体和实体一致。智慧专家库包括常用通用设计库、主接线库、设备库、材料库、建筑物库、构筑物库、基础库、策略库、规则库和经验库等，这些库用于智慧选择、判断、比对及优化等应用。

2.7 万物智联技术

基于物联网思维和全生命周期理念，建立电网统一识别码体系。将电网设备、材料、建筑物和构筑物等任何一个可独立元件或单元从规划设计开始统一编码（Grid Identity Document，GID），给予赋能，标注相关特性和属性等并记录记忆，成为一个智慧单元或元件，任何一个单元或元件全感知、智能、智慧，实现万物智联。变电站可自动实现设计成型，如规模确定后，智慧单元就按照逻辑关联图算法实现自动智慧组联，形成完整的设计成果，同时完成自动排查和校验。工程建设时也同样，每个环节每个部件能全感知，可以实时跟踪，状态感知，是一个设计产品的孪生体，可以用于实时动态现场安全、质量、进度、技术和造价管理。建成后，形成了一个设计产品的孪生体，用于运行、维护全生命周期有效健康管理。

3 变电智慧设计

变电智慧设计有智慧站址选择、电气设计、土建设计和造价等主要内容。由于变电智慧设计各阶段设计深度不同，分为初步设计和施工图设计两个阶段，变电智慧设计工作框图如图2所示。

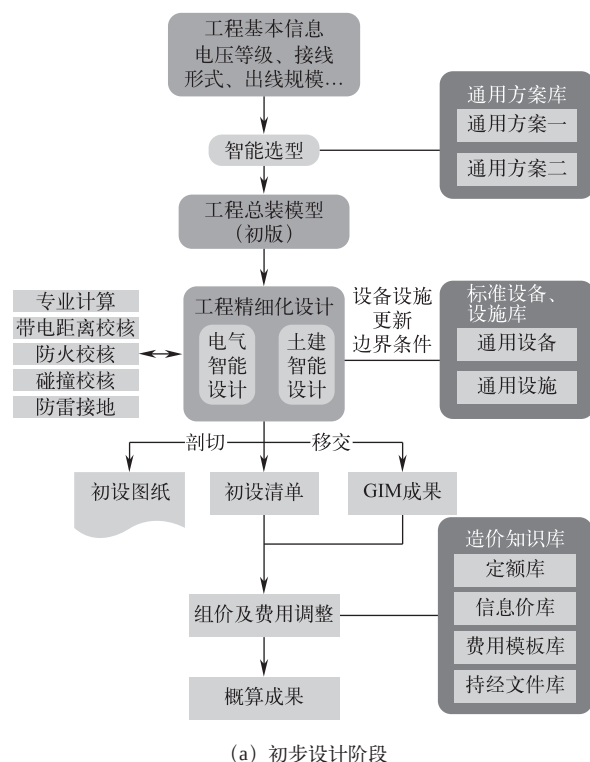
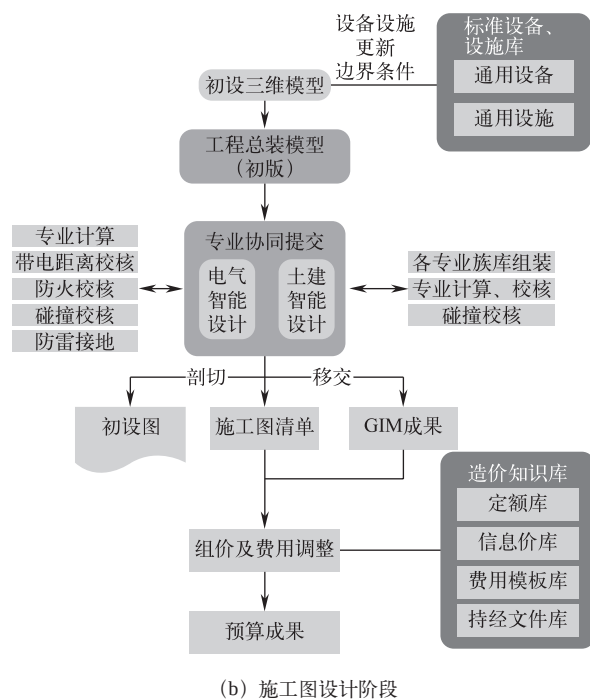


图2 变电智慧设计工作框图

Fig. 2 Substation intelligent design work block diagram

3.1 智慧设计基础数据构建

3.1.1 全息环境构建

在工程项目中，使用三维场景构建技术，在

全息平台上合成三维环境影像，构建三维虚拟环境，用于智慧变电设计与建设。三维虚拟环境场景构建的重点包括：

1) 通过调查和研究，了解区域内目前国内外电网、地质、航天和交通等行业卫星图片及航空图片等内容，获取相关有效数据信息，为构建三维虚拟场景提供数据准备。

2) 研究国内外各主流GIS平台及所支持的地理信息数据格式，通过对不同数据格式的分析及对比建立符合项目要求的数据组织结构和算法。

3) 研究将矢量地形图数据与地理信息数据融合的方法，将不同比例尺地形图叠加到三维数字化站址路径选择场景并实现快速切换。

4) 研究将河道、路网和矿区等专题图数据与地理信息数据融合的方法。数据融合成果将为站址选择提供优化依据。方便设计人员设计施工过程中对运输费用进行综合考虑，得出最优站址结果。

3.1.2 数据种植和处理

通过数字孪生和克隆技术将相关数据种植到平台上，经过处理和清洗，形成立体全息可用的熟数据。

需要种植电网工程设计相关的数据主要分四类：地理信息、地上物、地下物以及数据虚物体（孪生体）；其中地理信息包括地形、地貌、高程信息和公路铁路等基本信息；地上物包含电力杆塔、树木和构筑物等物体；地下物包含矿产、地层结构和地下管道等；数据虚物体主要包括设计所需的规程、规范、模型及政府文件要求等，在此基础上，判别该区域的属性所划分的区域，即规划区、文物保护区和自然保护区等，即为属性判别区域。

为了更加有效使用，将数据属性定义分成红区、黄区、绿区和灰区四类区。红区为工程设计选址选线过程中必须避让的区域；黄区为工程设计选址选线过程中需要付出直接或间接代价的区域；绿区为工程设计选址选线过程中可无代价优先选择或经过的区域；灰区为工程设计选址选线过程中存在潜在风险的区域，可随实际情况转化成为其他类型区域。

利用数字孪生技术，通过数据种植、清洗、煎熟，形成获得立体全方位空间数据，用于强人工智能算法使用。

3.1.3 多元数据融合

在设计平台的构建中，需要融合包括结构化数据、非结构化数据和图片数据等各种数据源。利用大数据、图像识别和虚拟成像等技术进行处理分析。通过分析国内外主流GIS平台及三维设计技术的应用情况，研究、融合并管理各类新型测绘数据和工测数据。

构建的全息数字孪生平台是实物空间的孪生体。在全息数字孪生平台上，结合模块化设计，通过数字孪生、克隆技术生成实际物体孪生体；同时也可以开展全过程设计、模拟施工和运维等。每个独立模块是一个感知体，具有电网识别码（GID），全生命周期有效。

现场空间孪生体经过设计、加载和加工变成设计产品（可研、初设、施工图和竣工图），就是设计孪生体；再经过建造变成实物孪生体（电网），设计孪生体和实物孪生体是一对一模一样的孪生体。

采用这个孪生体可以建设孪生变电站、孪生输电线路，形成数字孪生电网。在数字孪生电网上可以开展实物电网上所有的一切工作，可以提前分析、预判和诊断等，用于指导实物电网运行、控制、维护和仿真等健康管理。

3.2 变电站智慧选址

变电站站址选择的传统方法是：首先在纸质或扫描地形图上进行站址方案初步确定，然后进行现场踏勘测量，发现问题再对站址初选方案进行修改。这种工作方式存在以下缺点：敏感数据的获取、管理和保密等工作耗时费力；地形图的准确度低，导致现场勘测的次数增加；传统地形图直观性差，不利于站址方案的合理性判断；已完成工程资料数据电子化转换困难，数据复用性差；工作时间长，效率低，不精准。

因此，提出融合海拉瓦技术、GIS技术和强人工智能、大数据等先进技术的智慧选址方法。智慧选址的优点主要体现在三个方面：①由计算

机完全替代人工，根据相应的约束条件及多种高级综合算法进行自动寻优，选择最优站址，使设计效率大为提高；②针对不同地域的地形特点和地形细节，结合丰富的经验自动做出最佳的选择，提高变电站址选择的技术水准、成果质量和方案的可实施性；③有效利用海拉瓦和航空影像等先进测绘技术获得高质量数据，大幅度提高设计准确性。智慧选址总体框架包括基础设施、应用支撑层、业务和展示四层，如图3所示。

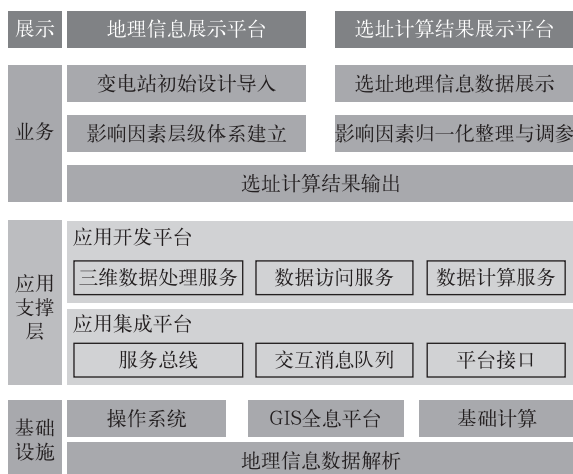


图3 智慧选址总体框架

Fig. 3 General framework of Intelligent site

变电站选址是电网规划组成要素之一。变电站选址的合理程度，不但关系到相关企业的经济利益，而且对电力系统的安全性、稳定性、可靠性及运行能力有直接影响。为了突破变电站站址选择及优化的难点，需要用地理信息数据构建三维场景。同时，充分考虑地形图数据在变电站站址选择工作中的意义和作用，通过融合多种数据源以确保三维场景的真实性和准确性。构建适用于变电站站址选择的三维化仿真场景，将各种比例尺的地形图数据与地理信息基础数据相结合，支持多种数据源的数据格式，包括测量数据、卫星图片、航拍图片和激光雷达点云数据等。

变电站选址受到负荷中心远近、进出线需要、电力规划和环地理境等诸多因素的影响，需综合考虑以上因素，得到切实可行、具有实际意义的最优场址。通过分析研究，梳理出四大类十五项选址重要因素。具体如图4所示。

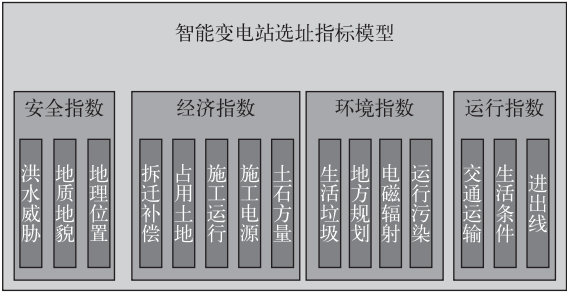


图 4 智慧选址指标体系
Fig. 4 Intelligent site selection index system

变电站选址的过程为量化分析站址的过程。基于地理信息数据，以层次分析法为基础，整合影响因素构成指标体系，对选中的站址进行相对权重分析。电力发展规划和环境因素均涉及地理问题，因此加入与地理有关的系统或模型对变电站选址问题进行模型优化。为了提高变电站选址的可行性，结合影响其场址选择的非量化因素，加入如地理信息系统等技术系统，从可量化和非量化两个方面进行分析并建立模型，使用算法最终得到切实可行的最优场址，实现智慧选址。

为了全面、客观和科学地进行综合评价，在研究和确定评价指标体系过程中，依据系统全面性、简明科学性和灵活可操作性原则。变电站选址指标体系构建采用了世界银行及国家政府部门普遍采用的评价指标体系设计准则——SMART 准则，并以此构建变电站项目评价指标体系。智慧选址模型包括目标层、准则层和方案层，如图 5 所示。

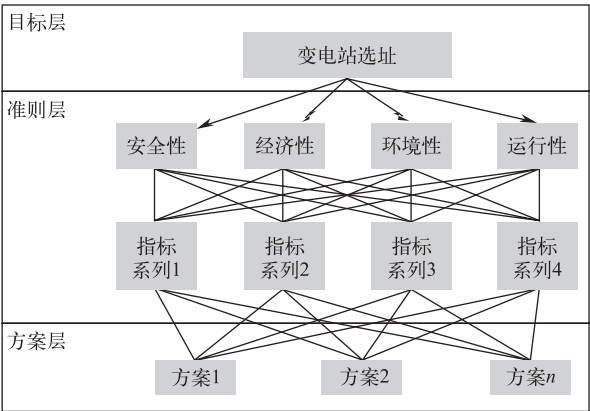


图 5 智慧选址模型
Fig. 5 Intelligent location model

基于变电站站址内自然地形的分析及变电站落地的具体要求，提取变电站设计范围内的地形走势、等高线和水网路网等信息，计算出推荐的变电站布置方式、挡土墙和护坡等设计方案，最终生成变电站落地的智慧推荐方案。

通过研究分析已建成的变电站地基处理方案，构建变电站地基处理库，用于站址基础方案智慧选择。

3.3 变电站智慧电气设计

变电站智慧电气设计有标准化数据库、智慧设计、智能校核、自动出图、工程量统计和成果移交等主要功能模块，变电智慧设计流程如图 6 所示。

1) 标准化数据库。研究分析地区通用设计方案、常用模块化设备设施的标准化设计，并结合地区情况设置各专业模块应用的边界条件，构建标准化数据库，为智慧设计提供数据基础。

2) 智慧设计系统。结合本工程实际规模、地质水文等自动复用通用设计方案，搭建工程总布置模型，依托丰富的标准设备设施模型库，实现工程模型快速更改迭代、智能电缆规划和智能组柜，并完成工程设计。

3) 智能校核。在设计中，实现边缘计算、校核和校验工作，如安全净距校核、防火校核和碰撞校核等相关工作，对有问题的地方及时纠错，完成修改，优化并保证工程设计质量。

4) 出图。通过剖切三维设计成果直接生成施工图，实现二三维设计成果一致。

5) 工程量统计。实现常规材料表自动生成，如断面图材料、照明材料、接地材料和技术经济指标表，并依托于三维设计实现电气、土建的精准统计，将工程量移交各专业。

6) 成果移交。实现三维设计成果GIM格式输出及移交。

3.4 变电站智慧土建设计

变电站智慧土建设计基于通用设计、基础处理和专业族等各类库，实现智慧设计功能。包括地基方案、建筑物设计、校核检查和成果输出等

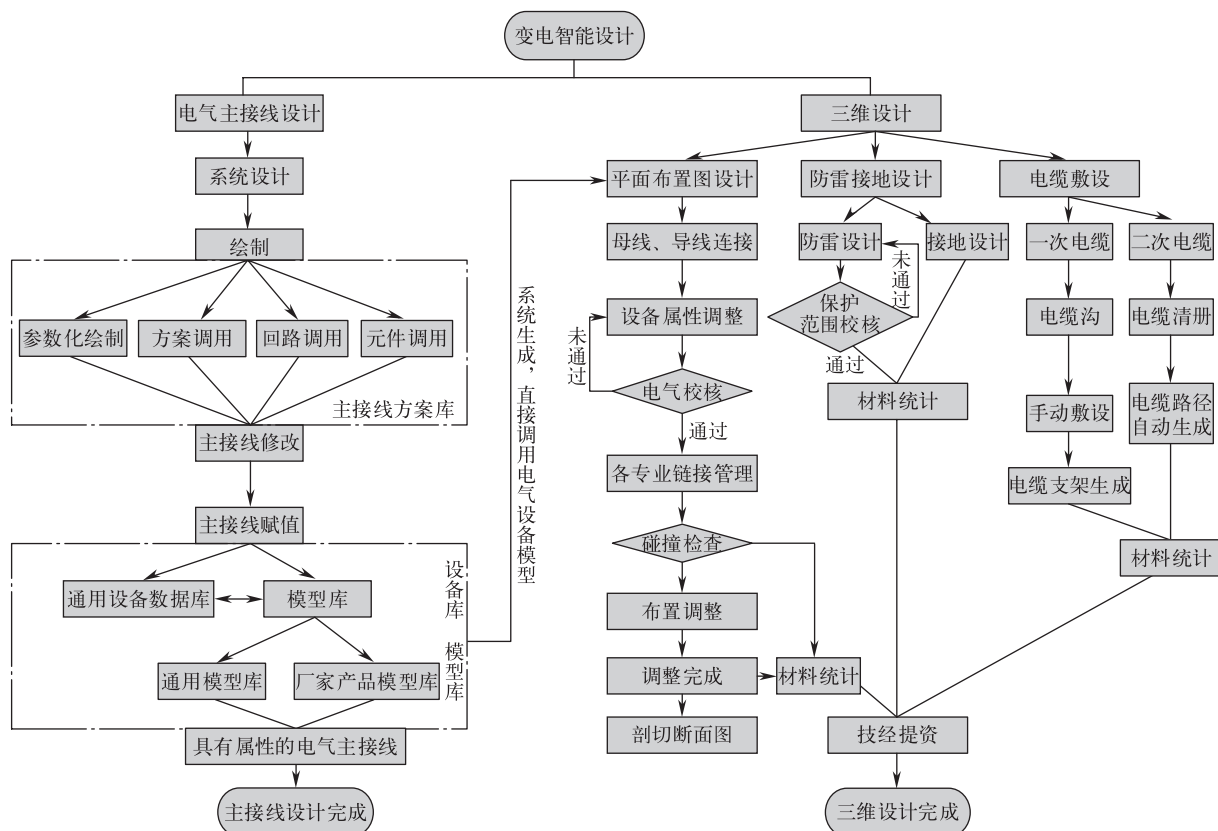


图6 智慧电气设计流程

Fig. 6 Intelligent electrical design flow

主要内容。

1) 地基方案。变电站站址选定落地后，依据勘测资料，通过分析判断地质情况，智慧选择合适的地基处理方案，并给出建构物基础形式以及站址平整方案。

2) 建筑物设计。通过边界条件分析，基于通用设计库及各专业族库，开展智慧设计方案比选、模型搭建，实现全站建筑物、构筑物智选，完成各专业方案设计。

3) 校核检查。开展方案设计同时完成各专业计算、校核和校验工作，包括地基变形计算、负荷统计计算、坑槽土石方计算、结构校验、构支架基础承载校验、防火校验和碰撞校验等，同步自动完成土建与电气专业三维碰撞检查。

4) 成果输出。实现土建专业完成三维设计成果GIM格式输出及移交。

3.5 智慧造价

目前，造价人员算量时需要翻阅海量二维

设计图样，并在计算表格中逐项计算工程量。最后形成的数据信息并不是以计算机能识别的结构化数据表达或者分散在多个不同的系统环境中，而是存在诸多问题。现有三维模型的属性信息难以与算量等信息匹配，导致设计人员后期还是需要重复二维设计中的造价资料提取及开展计算工作，大大降低了三维设计的效率，且由于人工容易造成错误。基于亟需解决这些问题，提出并研究智慧造价，以推动三维设计的应用与技术进步，提升工程造价编制效率、管控能力及精准水平。

智慧造价就是将变电站技术经济一体化贯通。实现设计数据到技经数据的无损转化匹配，实现工程量的自动计算和多维度统计，解决了设计提资信息分散和数据非结构化的问题，降低了设计和技经专业间配合的难度，避免了电网工程造价编制工作中的“信息孤岛”，改变了造价专业改动工作量大的现状，节约了算量和造价编制

工作的成本,利用提供的标准工程数据的传输和共享,确保数据的一致性和信息传递的及时性,进而实现造价编制时自动套项、快速组价以及对比等功能,达到电网建设从设计到造价过程的数据共享。通过分析整理造价数据,解析设计模型与造价模型匹配难题,研究三维几何体工程量计算,建立项目划分标准、定额自动匹配规则标准、定额与信息价匹配机制,实现费用自动提取获取。在工程项目本体设计完成之后,包括方案、可研、初设、施设和竣工等阶段,系统自动获取设备、材料等价格信息,自动套取定额,编制完成估算、概算、预算和工程量清单;同时,同步完成造价分析,实现设计造价(技经)与分析一体化贯通。智慧造价实现了工程设计与造价一体化,对电网的建设质量、全过程管控、投资精准和投资效益起到关键的作用,有效提高电网建设水平。智慧造价工作框图如图7所示。

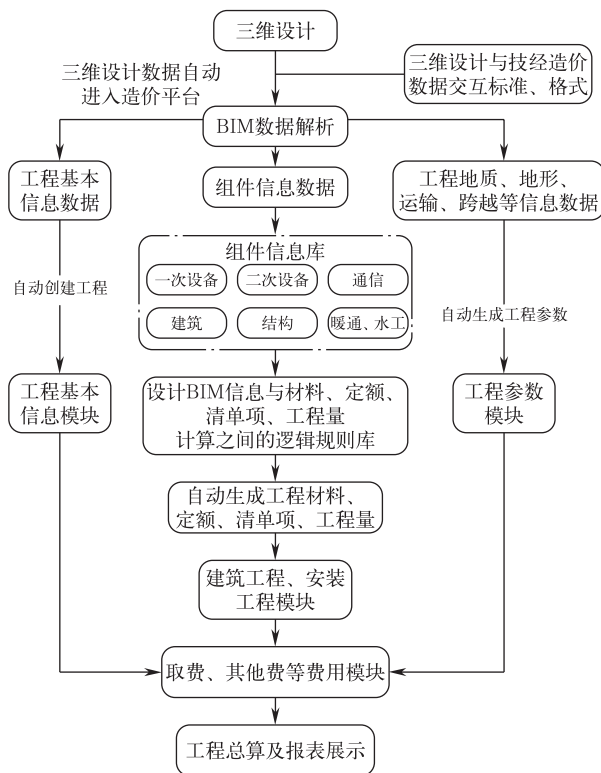


图7 智慧造价工作框图

Fig. 7 Intelligent cost work-block diagram

3.6 应用情况

本文研究的变电智慧设计技术已应用于多

项工程设计中,大大提高了工程项目设计质量,成倍提升了设计效率,极大地加快了造价编制速度,使形成的项目投资更加精准精细。

1) 智慧设计基于全息数据、设计方案及模块的快速应用,使变电站整体设计速度和准确度大大提高,经测算同类工程采用智慧设计使变电站设计周期缩短40%,设计人员人力成本节约20%。

2) 智慧选址功能的实现,使变电站选址精准化、量化,节省大量的人力和时间成本,同时设计的成果可运用于工程建设全周期,一次性投入产出的成果可以终身使用。

3) 智慧设计中实现了多种边缘计算、校核和校验工作,优化了工程设计,减少了工程设计、施工阶段的缺陷、失误和返工可能性,同时通过优化净空、深化管线排布方案使现场施工进度加快和质量大大提高。

4) 通过定额、信息价匹配、智能推荐及标准化等细化研究,实现了智慧造价功能,研究成果已在多项输变电工程中应用,同类工程与人工编制的相比,准确度已经达到95%以上。

4 变电智慧设计平台

随着电网多维度智慧设计技术、人工智能技术不断发展,输变电工程设计未来将广泛地应用于人工智能、专家系统、智慧选址、动态规划、GIS、GIM、BIM大数据、虚拟合成成像和图像识别处理等新技术,以此全面提升工程项目设计质量和水平。在电网智慧设计技术的基础上构建电网设计平台,将推动电网设计理念的发展。

基于新技术融合的全息数字孪生电网智慧设计平台,具有构建真实虚拟空间和设计平台功能,完成可研、初设和施设等各个阶段智慧设计任务,其作用贯穿于整个电网设计全过程。智慧设计成果可以实现全电子化移交,使数据用于全数字智慧电网建设,服务于电网运行。基于强人工智能等新技术的电网智慧设计平台的构建主要内容如下。

(1) 构建完整地理信息

利用现有卫星、照相、移动测量和地下探测

等综合技术,采集工程区域内相关变电站站址、线路路径高清晰度立体地理信息,也可通过移动数据采集系统,获取站址、路径附近详细地理信息,弥补信息不足的缺点,从而建立起区域内完整全面的地理信息库。

(2) 构建全息数字孪生平台

通过结合地理信息处理技术和三维仿真技术等先进技术,在地理信息库上附加地上物、地下物、矿藏、铁路、公路和电力线等全部关键信息,并进行数据赋能,形成全息空间数据,从而建立完整立体的多维度全息数据平台,满足智慧规划设计的需要。

(3) 构建基于强人工智能专家系统

结合建立的智慧知识库,构建可视化的变电智慧选址平台。变电智慧选址平台是人工智能专家系统的支撑核心,利用该平台进行变电站智慧化站址选择,能够更好地解决现有专家系统存在的问题。该平台具有以下优点:①采用独立的地理信息构建系统,可以高效真实地还原现场的地形、地貌场景,减少站址选择过程中不确定的因素,从而减少设计人员现场勘查的次数;②对站址的选择进行智慧规划,输入限定的边界条件后,该平台将给出数个智慧站址选择结果,并实时呈现设计站址的平断面等重要数据,从而为设计人员完成站址确定提供依据,有助于提高站址选择的质量和效率;③支持卫片、航片、电子地形图、扫描地形图、激光点云、倾斜摄影测量和虚拟成像等测绘数据导入,有助于提高站址选择初期数据准备的便利性,平台对所有数据进行统一管理,对敏感数据进行加密存储,以满足设计人员针对不同数据的管理需求;④对已经设计完成的工程进行呈现存档,提供对相关历史数据的自助提取服务。系统与目前市场上的主流设计软件有效兼容。

通过人工智能专家系统能够实现对变电站站址的智能化、智慧化和合理化选取,从而实现对工程站址的规划设计过程的优化。

(4) 构建多维度智慧设计平台

未来的设计概念,就是在一个平台上进行

云雾边(端)设计概念。从设计开始,对电网每个元件进行编码,形成电网中统一、编号唯一的代码,用于电力物联网基础构建。多维度智慧设计是指在多维度空间上实现立体旋转设计,引入时间变量,就可实现更多维度设计理念。变电工程项目确定边界条件后,系统自动完成变电站站址选择、设备选择和建筑物选择等,智慧自动设计并生成出满足要求的推荐方案,便于设计人员选择;同时,与工程设计相关图样、数据、工程量、估算、概算和预算等全部信息量也自动生成,以供设计人员自动调取;实现立体多维度设计工作,进而形成设计所需的全部信息。如某一外部条件发生变化,系统随时修改调整,并重新生成相关信息及方案。

(5) 设计产品无纸化输出和移交

智慧设计实现了全过程多维度智慧完整设计,并生成了完整的数字化成果;同时实现了全设计过程、全信息的无纸化输出与无纸化提交,这样可以做到真正意义上的技术、造价(技经)一体化贯通设计。

未来,结合3D打印技术,可以在工厂或现场自动打印建构物,实现全链条自动化设计、制造与建造。

(6) 设计输出产品合规性自动检查

智慧设计平台集成了电网所有的严格策略、规则、规范和标准等,设计输出的产品全部是满足要求、符合规则的合格产品,自动分步随时完成各个阶段评审工作,实现自动检查与评审功能。

5 结束语

智慧设计实现了电网设计全寿命、全过程融合,实现了真正意义上多维度数字化设计。如将规划、设计、评估、评审、建设、调控和运维等更多功能融入其中,可以把设计平台打造成一个集电网设计、评审、运维等业务于一体的综合服务平台。随着科学技术的飞速发展,电网设计技术也迫切需要加快革新发展的步伐。采用和融合先进的测量、强人工智能、区块链、

数字孪生、专家系统、GIS、BIM、GIM和大数据等新技术,从而深度创新设计手段和工具,沉浸立体多维度式开展设计,大大提升设计效率与设计质量,实现电网设计手段革命性改进、创新性发展,更好地适应对大规模、高电压、高水平新型电网建设的需要。可以预见,电网智慧设计技术的普遍应用,必将对特高压、智能、柔性等电网设计过程产生巨大变革,使设计质量和效率获得巨大提升,对电网高质量发展起到巨大推进作用,有效助力高质量数字电网及新型电力系统建设。

参考文献

- [1] 黄孝斌,王志龙,高雪,等.虚拟现实技术的电力行业地理信息系统(GIS)设计[J].信息技术,2021(7):39-45.
- [2] 封殿波.地理信息系统在国土空间规划中的应用分析[J].智能城市,2020(8):155-156.
- [3] 温庆敏.地理信息系统(GIS)在国土空间规划中的应用研究[J].农业灾害研究,2021(11):103-104.
- [4] 黄正煌.基于海拉瓦全数字化摄影技术的超高压输电线路施工技术探讨[J].中国新技术新产品,2013(22):72-73.
- [5] 韦向高.建筑信息模型BIM在建筑行业的应用[J].四川建材,2021(9):40-41.
- [6] 钱鹤轩.基于建筑信息模型(BIM)的三维协同设计在施工组织设计中的应用[J].河南科技,2021(13):74-76.
- [7] 李达耀,刘骁,朱英华.基于建筑信息模型技术的建筑设计研究[J].绿色科技,2021(4):183-185.
- [8] 丁宽.以电网信息模型(GIM)技术构建智能电网信息共享平台研究[J].中国设备工程,2020(2):40-41.
- [9] 王志英,张诗军,邓琨.统一电网信息模型在南方电网的应用[J].电力系统自动化,2014(5):133-136.
- [10] 黄东,杨涌.基于物联网技术的智能电网信息模型研究[J].山东工业技术,2015(6):158.
- [11] 段廷魁.全球卫星定位系统(GNSS)在工程测量中的实践运用探索[J].科技创新与应用,2021(5):188-190.
- [12] 李校雯,付宇彤,丁家圣.浅谈全球卫星定位系统GPS发展[J].通讯世界,2016(13):75.
- [13] 盛大凯,郝鑫,胡君慧,等.研发电网信息模型(GIM)技术,构建智能电网信息共享平台[J].电力建设,2013(8):1-5.
- [14] 胡君慧,盛大凯,郝鑫,等.构建数字化设计体系,引领电网建设发展方向[J].电力建设,2012(12):1-5.
- [15] 邱宗华,闫富强,李燕,等.输变电工程造价智能分析云计算设计研究[J].中国管理信息化,2017(1):85-86.
- [16] 曹建平,袁瑛,徐春华.基于深度学习的输变电工程造价异常识别与应用[J].工业控制计算机,2018(1):120-121.
- [17] 罗勋.BIM技术在输变电工程造价管理中应用的推进策略[J].科技资讯,2017(12):40-41.
- [18] 徐洪.基于人工神经网络的输变电工程造价预测研究[J].中国优秀硕士学位论文全文数据库,2017(3):1-56.
- [19] 黄文德,张晓飞,庞湘萍,等.基于北斗与数字孪生技术的智能电网运维平台研究[J].电子测量技术,2021(21):37-41.
- [20] 黄文雯,韩璐,孙萌,等.基于数字孪生的数字电网建设[J].电子技术与软件工程,2021(22):221-223.
- [21] 陈学莲.计算机人工智能技术应用分析和研究[J].大众标准化,2021(18):247-249.
- [22] 陈晗阳.大数据时代下人工智能技术的应用研究[J].科技创新与应用,2021(25):183-185.

作者简介

袁敬中(1966—),男,硕士,教授级高级工程师,从事电网建设设计、技术、技经和科技创新等研究及管理工作。

(收稿日期:2022-04-21)