

# 算力网打通 数字基础设施大动脉

伴随着大数据、云计算、物联网和大模型等产业的蓬勃发展，对于高效、安全、可持续的计算资源的需求日益增长，算力已成为数字经济时代的石油和电力。如何满足这一日益增长的需求，已成为全社会共同关注的重要议题。

在此背景下，算力网应运而生。算力网具有能够在云、边、端之间按需分配和灵活调度计算、存储以及网络资源的特点，可以将全国范围的通用计算、智能计算、超级计算等大型异构算力资源与数据资源进行互联互通，实现资源的高效调度和灵活供给，加速算力为数据、算法等新生产要素赋能，对经济运行规律、社会资源配置方式乃至国家治理理念等带来深远影响。

今年政府工作报告明确提出，适度超前建设数字基础设施，加快形成全国一体化算力体系，培育算力产业生态。加快布局算力网络建设，已成为打通数字基础设施大动脉，夯实数字中国建设基础的必然选择。

为此，《中国信息界》与中国信息协会算力网专业委员会共同策划此期封面报道，深入分析算力、算力网的内在价值及发展趋势。

# 中国信息协会算力网专业委员会 成立大会暨 2024 算力网发展大会成功举办

文◆语 迟

10月22日，由北京市海淀区政府指导、中国信息协会和鹏城实验室联合主办的“中国信息协会算力网专业委员会成立大会暨2024算力网发展大会”在中关村国家自主创新示范区展示中心成功举办。

在该会议上，中国信息协会算力网专业委员会（以下简称“算力网专委会”）正式宣布成立。中国信息协会会长王金平宣读专委会成立通知及首批成员名单，包括新一代人工智能产业技术创新战略联盟（中关村视听产业技术联盟）、国家高性能计算机工程技术研究中心中国科学院计算机网络信息中心、之江实验室、2035实验室、北京智源人工智能研究院等在内的94家机构入选。

中国信息协会会长王金平在致辞中指出，算力网以及基于算力的人





工智能，在服务中国式现代化、支撑新质生产力、赋能数字强国中起着不可替代的关键作用。中国信息协会作为中国信息化领域的全国性行业协会，将发挥社会组织优势和桥梁纽带作用，积极汇聚行业力量。

王金平会长对算力网专委会的成立表示热烈祝贺并寄予厚望。希望通过算力网专委会的组建，能够凝聚算力网领域各方力量，为建设中国式现代化、数字强国贡献力量、为数字经济与新质生产力协同发展提供智力支撑。

算力网专委会新任主任梅建平在发言中表示，在数字化浪潮的推动下，算力已成为提升国家竞争力的关键因素。算力网专委会将与成员单位携手，共同抓住历史发展的新机遇，积极推动算力网建设，在算力网的场景应用、行业标准、成熟度评价、国际合作、绿色算力发展等方面开展积极有效的工作，加强“政、产、学、研、用、金、介”的紧密合作，推动我国算力网技术、产品和应用实现质的飞跃，促进算力网乃至整个国民经济的持续发展，更好地赋能各行业的新质生产力发展，为算力网的发展贡献力量。

算力网专委会筹建以来，得到行业的广泛关注，已有近百家会员单位加入，覆盖算力网领域“产、学、研、用、金、介”全链条的强大产业生态。发起单位涵盖国内知名高校院所、权威科研机构、硬件制造、

电信运营商、网络设备、算力调度、超算智算中心、算力设备制造、系统集成、人工智能、量子计算企事业单位以及金融和中介服务机构。

算力网专委会将以国家发展改革委、国家数据局、中央网信办、工业和信息化部等行业主管部门的政策为指引，在中国信息协会的领导下，团结成员单位，汇聚行业资源，推动技术创新，促进产业合作，推动算力网科研技术突破与产业应用推广的协同发展，共建全国一体化算力网、共促技术多元创新、共筑算力应用产业生态，推动中国算力网的发展。■

# 钱德沛： 算网融合与智算融合共促算力网建设

文 ◆ 中国科学院院士 钱德沛



中国科学院院士 钱德沛

---

一个是计算资源与网络资源的融合，另一个是人工智能与高性能计算的融合，两个‘融合’共同促进我国算力网建设。

---

要把关系国计民生、关乎国家创新发展、由国家主要投入的高端算力联成一张“网”，作为一个基础设施来运行，支撑科研发展。算力网的建设，需要考虑二个融合：

### **第一个融合是计算资源与网络资源的融合。**

算网融合实际上是建立算力网的一个基本的条件，它可以是技术上的这个保证，也是一些理念上的启发。所谓算力网，就是要把算力作为一种基础资源或者公共资源提供用户，要想做到这一点，没有网是不行的。

算网融合就是过去 30 多年来发展起来的。过去网络是网络，比如打电话、传数据；计算是计算，单纯做运算。这两件事情最终要合成一个，过去叫网络计算，现在叫算力网，实际上更强调它公共资源的性质。

### **第二个融合是人工智能与高性能计算的融合。**

随着技术迭代发展，计算解决问题的范式不断变化。从早期的数学模型驱动，到数据驱动，再到 AI 赋能，高性能计算与 AI 的融合重塑计算科学、IT 产业和社会发展格局。

高性能计算与 AI 融合将形成三个层次：首先是‘赋能 AI (For AI)’，即利用强大算力来提升 AI 性能；其次是‘借力 AI (By AI)’，通过 AI 技术使计算系统更加智能和高效；最后是‘融合 AI (Being AI)’，使 AI 技术成为计算系统的核心和灵魂。

超算不应该是只有少数人用得起、用得上的‘神器’，而是越多人参与、越多人使用越好。现在许多领域一旦离开计算就玩不转了，比如高能物理、生命科学、气象预报、航空航天、汽车制造等，可以预见社会许多领域的发展，都可以借助计算来优化。下一步超算也好、智算也好，努力的方向还是要回归到应用，使算力真正发挥出实效。

### **建设算力网一张网，需要建立竞争机制。**

“算力一张网”实际上是一个逻辑上的概念，并不是完全物理上的，在这个领域需要竞争。

算力网，作为国家的数字基础设施，是以服务为特征的，要保证服务质量，因此非常有必要建立竞争机制。确保随时随地为用户提供算力服务的同时，这个服务形式还要不断地丰富。

建设一体化的算力网，需要国家、企业、高校、研究机构等多方主体共同参与建设，大家风险共担、利益共享，既要解决互通互联问题，又要能够互相协同。■

# 王金平： 中国信息协会 要在国家算力网建设中发挥好桥梁和平台作用

文◆中国信息协会会长 王金平



中国信息协会会长 王金平

今年的二十届三中全会指出，要培育全国一体化数据市场，建设和运营国家数据基础设施，促进数据共享。以“东数西算”工程为基础，加快推动全国一体化算力网建设，实现全国范围内算力资源高效协同调度，已经成为国家的发展战略。

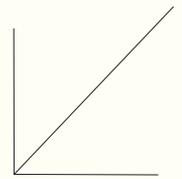
中国信息协会算力网专业委员会，这是目前第一个国家级的行业协作平台，所以它的这个使命也很明确，就是配合国家的战略需求，做好平台服务。

任重而道远，中国信息协会算力网专业委员会最紧迫的任务就是要发挥好桥梁和平台作用。

一是要做好标准。通过行业标准的制定，把面临数字化转型的政府、企业、市场联合起来，踏踏实实地把全国各地的松散的、离散的资源整合起来，形成一个全国的一体化网络。国家的现状是原创技术少一点，但是我们有最广阔的市场和最多的应用场景，我们在应用方面应该大有可为。

二是做好人才的培养。人才培养，是国家政府赋予协会的一项重要职能。我国科技创新最大的缺口就是人才。大数据，云计算，物联网，包括现在风起云涌的 AI，需要大量的、梯度化的人才做支撑。算力网建设，它不仅仅是一个单纯的技术概念，它主要靠的是组织管理协调能力建设。就像当年我们发展电力一样，发电本身没有问题，但是怎么样来输电，怎么来用电，怎么来调度，这是很难的。在算力网建设这方面，我们不缺技术创新人才，缺的是管理创新人才。推动社会进步的创新由两部分组成，一部分是技术创新，另一部分就是管理创新。

技术创新人才的培养，可以依靠高校；而管理创新人才的培养，恰



恰是协会的强项。我们协会目前有大数据培训，有数据资产人才培养等专项培训，我们正在策划算力网的人才培训，跟国家人社部一起合作，这个培训项目目前已列入人社部的人才培养目录了，接下来就是尽快组织实施。

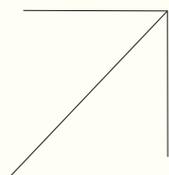
中国信息协会算力网专业委员会的组建，将致力于加强“政、产、学、研、用、金、介”的紧密合作，在算力网的场景应用、行业标准、成熟度评价、国际合作、绿色算力发展等方面开展工作，推动我国算力网技术、产品和应用实现质的飞跃。■

# 李扬： 中国算力产业与算力网建设

文◆中国信息协会算力网专业委员会秘书长 李扬



中国信息协会算力网专业委员会秘书长 李扬



近年来，中国算力产业取得了显著的发展成果。从数据中心的建设规模来看，中国在用数据中心机架总规模持续增长，算力总规模也迅速扩大。全国在用算力中心机架总规模超过 830 万标准机架，算力总规模达 246EFLOPS（EFLOPS 是指每秒进行百亿万次浮点运算），位居世界前列；全国算力中心平均电能利用效率降至 1.47，创建国家绿色数据中心 246 个；工业、教育、医疗、能源等多个领域算力应用超过 1.3 万个

同时，智算中心的建设步伐也在加快，智能算力规模占整体算力规模的比例不断提高。

此外，算力设施内、算力设施间、用户入算等网络创新发展，有力支撑了 AI、云—边—端协同、“东数西算”等应用场景。特别是“东数西算”工程的实施，推动了我国西部枢纽算力设施建设的加快，初步形成了国家枢纽节点—省内—边缘协同发展的算力梯次布局体系。

### 算力网对发展中国算力产业的意义

算力网作为将全国范围的通用计算、智能计算、超级计算等大型异

构算力资源与数据资源进行互联互通的数字基础设施，对发展中国算力产业将发挥重要作用。具体来说：

- 1、释放数据要素的创新活力：通过算力网将全国范围的算力、数据等资源汇聚共享，可显著降低数据传输成本，切实解决海量数据传输技术障碍，为各类



创新主体提供丰富算力资源和数据支持。

2、推动数字经济和实体经济深度融合：算力网能够推动算力、数据、算法协同应用，促进产业全要素的互联互通，打破产业、地域限制，推动数字经济和实体经济深度融合。

3、满足新产业的计算需求：当前人工智能的新浪潮，推动了智慧城市、自动驾驶、远程医疗、智能制造等为代表的新产业、新业态、新模式、新场景的新需求，需要实时进行识别

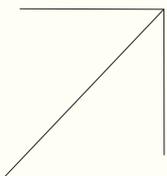
判断，对算力随时调用、高效计算有较强需求。算力网通过汇聚海量数据、算法和算力资源，能够有效满足这些新产业的计算需求。

### 中国信息协会算力网专业委员会的工作目标

中国信息协会算力网专业委员会的目标是推动中国算力网的建设和发展，促进算力产业的创新和发展。具体来说，该委员会将致力于推动算力网科研技术突破与产业应用推广的协同发展，共建全国一体化算力网，共促技术多元创新，共筑算力应用产业生态。专委会核心定位就是汇聚行业资源，推动技术创新，促进产业合作。专委会将依托国家发展改革委、国家数据局、中央网信办、工业和信息化部等行业主管部门的政策指引，在中国信息协会的领导下，团结相关方面，共同推动中国算力网的发展。

以专委会重点工作之一——算力网成熟度为例，我们将通过专委会平台评测工作组，建立算力网节点的成熟度模型体系建设和评测工作，通过成熟度评测、评级等方式，一是为新建和现有智算中心等算力网节点的规划、建设、运营提供参考，二是支撑国家部门全面了解各个节点的实际运行状况和效能水平。这就是定位为建立政府和产业间桥梁纽带作用的具体工作，通过这项工作，解决政府端和产业端双方的诉求，同时满足产业发展需求和产业协同管理的需求。

类似的，我们还在能源与算力融合、算力网技术生态、数算融合、算力互联等方面都建立了专业工作组，通过汇聚算力网各方行业资源，推动技术创新的应用，促进产业内外合作。■



# 科技创新

## Technical Innovation

习近平总书记在党的二十大报告中强调，完善科技创新体系。坚持创新在我国现代化建设全局中的核心地位，加快实现高水平科技自立自强。以国家战略需求为导向，集聚力量进行原创性引领性科技攻关，坚决打赢关键核心技术攻坚战。

科技已经成为当今世界发展的核心驱动力，它深刻地影响着人类生活的各个方面，促进了社会进步和经济繁荣。我们身处一个数字化、智能化、信息化的时代，科技已经深入到我们生产生活的方方面面，成为人类生存和发展的必需品。中国高度重视科技创新工作，坚持把创新作为引领发展的第一动力。它不仅可以帮助人们更高效地完成工作任务，更重要的是，它正在推动全球范围内的创新、跨界合作和知识分享，为人类未来的发展探索出一条光明的道路。

# 面向绿色发展的分布式 能源系统深度学习优化调度

文 ◆ 汕尾市节能中心 林光育

## 引言

传统的集中式能源系统面临能源浪费、环境污染和系统调度效率低下等问题，特别是在大规模集中生产和远距离输送过程中，由于传输损耗的增加，能源利用效率大幅降低。随着可再生能源的快速发展，分布式能源系统凭借其灵活高效、环境友好等优势，逐渐成为未来能源发展的重要趋势。然而，分布式能源接入和应用增加了能源系统的复杂性，导致传统调度方式无法有效应对动态供需变化和多能源形式的协调管理问题<sup>[1-2]</sup>。

为了解决这一问题，本文提出了一种面向绿色发展的分布式能源系统深度学习优化调度方法，利用门控循环单元（GRU）模型对能源需求和供给进行精确预测，并结合优化算法，实现能源的智能化调度。该方案不仅提升了分布式能源系统的资源利用率和调度准确性，还显著减少了碳排放。通过动态调整能源供需平衡，GRU模型能够高效应对多变的能源需求和供应波动，为绿色发展目标提供了有力的技术支持。

## 1 分布式能源系统

分布式能源系统是一种将发电、输配电、负荷和储能等功能集成于一体，靠近用户端或分布在用户侧的综合能源系统。其利用太阳能、风能、水能、生物质能等可再生能源，结合电池储能、热储能等多种储能方式，实现能源的就地生产和利用。与传统集中式能源系统相比，分布式能源系统具有更强的灵活性和适应性，能够更好地满足用户侧的多样化用能需求，同时具有降低能源成本、提高能源利用效率、减少碳排放等优势。

分布式能源系统的关键组成部分包括各种可再生能源资源、储能系统以及分布式控制和管理技术。这些组成部分相互协调，确保系统的高效运行与优化。其中，分布式能源系统中的主要能源形式有太阳能、风能、水能和生物质能。太阳能通过光伏电池将太阳光直接转化为电能，风能依靠风力驱动风机发电，水能通过水流的机械能驱动水轮机发电，而生物质能通过有机物质的燃烧或转化生成能源。这些可再生能源资源具有环保性和可再生性，能够有效减少碳排放，推动绿色发展。

在分布式能源系统中，储能系统同样至关重要，如锂离子电池和超级电容器等设备能够在能源生产过剩时存储多余电能，并在需求高峰或可再生能源供应不足时释放电能，确保能源供需平衡。这种调节能力对于提高电网的稳定性尤为关键，因为其可以帮助平衡间歇性可再生能源的波动性，从而确保持续的能源供应。

分布式控制与管理技术是分布式能源系统的核心，通过智能化的控制和管理手段，实现能源资源的协调分配与电网的稳定运行。分布式能量管理系统通过在不同能源节点之间共享信息，实现能源生成和消耗的局部优化与全局协同。而虚拟电厂技术则将多个分散的分布式能源资源整合为一个整体，由中央控制系统进行统一调度，以确保能源的最优分配。同时，能量共享网络通过能源交易与共享机制，在不同区域之间优化配置能源，进一步提高了系统的灵活性和适应性。

总的来说，分布式能源系统的关键组成部分相辅相成，共同构建了

【作者简介】林光育（1973—），男，广东陆丰人，本科，工程师，研究方向：节能低碳、新能源等。

一个灵活高效的能源管理模式，能够有效应对当前日益复杂的能源供需挑战。通过结合各种可再生能源、储能系统以及先进的分布式控制技术，分布式能源系统不仅实现了能源利用的优化，还在推动能源领域的绿色转型进程中发挥了重要作用。

## 2 GRU 模型

GRU（门控循环单元）的主要特征在于通过重置门和更新门来控制信息流动，从而决定是否保留或更新前一时刻的隐藏状态。GRU 的结构更为简化，只有两个门，因此在一些任务中具有较高的效率。在分布式能源系统中，优化调度需要同时考虑多个目标，如降低成本、最大化可再生能源的利用率、减少碳排放以及确保电网的稳定性。GRU 通过门控机制，特别是重置门和更新门，能够高效处理时间序列数据，并帮助系统在这些目标之间找到平衡，GRU 模型架构如图 1 所示。

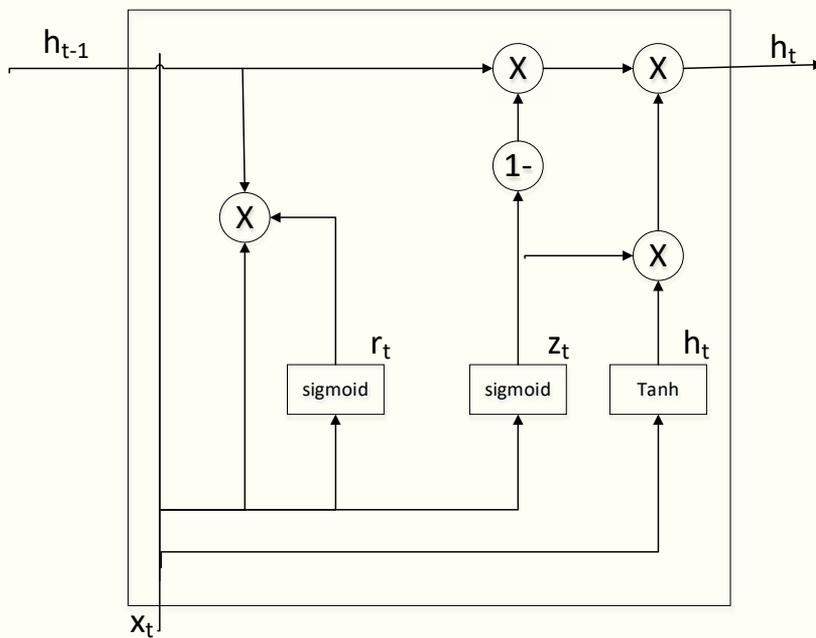


图 1 GRU 模型架构

在这个系统中，重置门用于选择性地遗忘前一时刻的隐藏状态信息，类似于能源调度系统中的历史能源使用模式。例如，当系统预测未来某一时段的太阳能或风能发电量较低时，重置门可以“遗忘”过多依赖历史数据的趋势，转而更多依赖当前新的输入信息，及时调整调度策略，避免系统在环境变化下失效。这一机制使 GRU 在处理短期依赖时更加灵活，尤其适用于短时间序列数据的优化调度任务，重置门  $r_t$  的计算公式如式（1）所示。

$$r_t = \sigma(W_r \cdot [h_{t-1}, x_t]) \quad (1)$$

式（1）中， $\sigma$  为 sigmoid 激活函数， $W_r$  是重置门的权重矩阵， $h_{t-1}$  表示前一时刻的隐藏状态， $x_t$  是当前时刻的输入数据。

更新门则在 GRU 中负责决定当前时刻的输入信息和历史隐藏状态之间的平衡，更新门  $z_t$  的计算公式如式（2）所示。

$$z_t = \sigma(W_z \cdot [h_{t-1}, x_t]) \quad (2)$$

式（2）中， $W_z$  为更新门的权重矩阵。

在分布式能源调度中，系统需要根据最新的供需情况及时调整调度策略，而更新门则通过控制新输入信息与过去数据的权重比例，决定如何调节能源分配。例如，当可再生能源供应充足时，系统可以通过更新门更多地利用这些清洁能源，降低对化石能源的依赖，而当供应不足时，则通过保留前一时刻的隐藏状态信息来确保能源的稳定供应。GRU 模型因此能够在不同时间步长内灵活应对供需波动，实现对能源利用效率的最优控制。

候选隐藏状态则表示 GRU 当前时刻对未来能源供应和需求的估计，候选隐藏状态的计算公式如式（3）所示。

$$h_t = \tanh(W \cdot [r_t \odot h_{t-1}, x_t]) \quad (3)$$

式（3）中， $W$  为权重矩阵。

分布式能源系统需要根据实时的天气数据、历史发电数据等信息，对未来的能源供需进行预测。GRU 通过计算候选隐藏状态，结合重置门和更新门的作用，帮助系统作出更精确的能源调度决策。这种能力使系统能够有效地调整能源分配，平衡最大化可再生能源利用率和提高电网稳定性之间的关系。最终的隐藏状态则是通过更新门的加权结果计算得出的，其决定了系统是继续沿用前一时刻的调度策略，还是根据最新的预测进行调整，隐藏状态更新公式如式（4）所示。

$$h_t = (1 - z_t) \odot h_{t-1} + z_t \odot h_t \quad (4)$$

式（4）中， $z_t$  为更新门的输出， $h_{t-1}$  是前一时刻状态， $h_t$  是候选状态。

这种机制使 GRU 能够在分布式能源系统的复杂环境中保持

动态调节能力，确保系统运行的高效性和稳定性。

GRU 的简化结构和高效计算能力，使其在分布式能源系统的调度优化中能够快速处理大量历史数据与实时信息，并为未来的能源需求做出合理预测。通过 GRU 的门控机制，系统能够智能化地进行调度决策，从而在降低成本、提高可再生能源利用率、减少碳排放和提高电网稳定性等多个目标之间实现动态平衡。GRU 在处理这些时间序列任务时展现出出色性能，特别是在不稳定天气条件下，能够有效帮助系统应对不同的能源需求波动，确保在变化的环境下实现最优的能源调度。

### 3 实验设计

实验中使用了分布式能源系统的真实数据集，数据包括太阳能发电、风能发电、用户用电需求以及储能系统的状态等。时间跨度为 12 个月，数据粒度为小时级别。实验使用天气数据作为输入变量，预测未来 24h 的能源供需情况。实验模型的目标是优化能源调度，最大限度地利用可再生能源，同时降低成本和碳排放。

本实验设计采用了基于 GRU（门控循环单元）的调度优化算法，并将其与其他几种常见的算法进行对比，如传统的规则调度

表 1 实验结果

算法	资源利用率 (%)	调度准确率 (%)	碳排放减少率 (%)	调度响应时间 (ms)
传统规则调度	75.3	72.5	15.4	85
朴素贝叶斯	84.2	88.7	26.5	135
LSTM	84.7	88.3	25.6	145
GRU	86.5	91.4	27.1	120

方法、LSTM（长短期记忆网络）以及朴素贝叶斯方法。通过对能源调度效率、调度准确率、可再生能源利用率和碳排放减少效果进行比较，评估不同算法在分布式能源系统中的实际应用表现。

实验结果如表 1 所示，GRU 算法在调度准确率和碳排放减少率上表现出色，调度准确率达到 91.4%，能源利用率为 86.5%，碳排放减少率为 27.1%。这意味着 GRU 能够高效预测能源需求和供应，并通过动态调整策略实现能源的最优调度。相比之下，LSTM 的调度准确率为 88.3%，响应时间较长，尽管同样有效，但略逊于 GRU。而朴素贝叶斯算法尽管简单，表现相对接近 GRU，调度准确率为 88.7%，但由于其假设的限制，在处理复杂能源供需波动时表现略差。

GRU 在应对复杂时间序列任务时表现优异，能够准确捕捉能源需求和供应的变化趋势，并在动态调整能源调度的过程中保持高效。相比之下，LSTM 和朴素贝叶斯虽然也能优化调度，但其潜力受到模型结构和假设的限制，而传统的规则调度方法已无法有效应对当前能源系统的复杂需求，表现最差，显示出其在处理复杂波动时的不足。

### 结语

通过系统性对比实验，结果表明 GRU 模型在资源利用率、调度准确率和碳排放减少等关键性能指标上，均显著优于传统调度方法和其他机器学习模型。GRU 的门控机制使其能够有效捕捉分布式能源系统中能源需求和供应的非线性动态变化，从而实现高效、灵活的调度优化。这一优势不仅最大化了可再生能源的利用率，还大幅降低了系统的碳排放，为推动能源系统的绿色转型提供了坚实的技术支持。

然而，随着能源系统的复杂性和多样化需求的不断增加，未来的研究需要进一步探索更加先进的算法和优化模型。例如，结合深度强化学习等前沿技术，以提升对能源供需波动的适应能力和实时响应效率。同时，随着大数据技术的发展，整合更多外部变量，如市场电价和用户行为数据，也将是提升调度决策智能化的关键方向。总体而言，本研究为分布式能源系统的智能调度提供了新的技术路径，不仅在理论上具有创新性，也为构建更加高效、环保的现代能源系统奠定了坚实基础。

### 引用

- 刘锋.面向分布式能源系统的电力调度与检修协同优化算法研究[J].装备制造技术,2023(11):44-46+58.
- 韩中合,马立,段宇轩,等.基于多元储能的分布式能源系统优化调度方法研究[J].动力工程学报,2024,44(2):317-327.

# 基于无线传感器网络的 皮带机人员定位与监控系统设计

文◆日照港股份岚山港务有限公司 毕雪峰 杨丽华 马德发  
匡章（山东）信息科技有限公司 刘芳

## 引言

在实际工业生产中，皮带机作为重要的物流输送设备，发挥着至关重要的作用。然而，由于其通常在封闭环境中运行，给操作和维护人员带来了一定的安全风险。为了提高生产效率、保障人员安全，并实现智能化监控管理，基于无线传感器网络的皮带机人员定位与监控系统应运而生。该系统主要利用无线传感器网络技术，对皮带机工作区域内人员进行实时定位、监控和管理。凭借精准的人员定位功能，系统能及时发现人员位置异常或危险情况，及时采取应对措施，保障人员安全。此外，监控系统还能实现对皮带机运行状态、环境参数等信息的实时监测和分析，为生产管理提供数据支持。本文将从系统需求分析、传感器网络设计、数据采集与处理、人员定位算法、系统架构设计、系统实现、系统性能评估等方面展开研究，为基于无线传感器网络的皮带机人员定位与监控系统的设计和实现提供可行的解决方案。通过本研究，以期为工业生产领域的智能化管理和安全生产提供有力支持，进一步推动传感器网络技术在工业领域的应用与发展。

## 1 国内外研究现状

### 1.1 国外研究现状

世界上第一台输送机出现在英国，至今已有 150 多年的历史。随后，美国人 Thomas Robins 发明了基于槽形托辊结构的带式输送机，并将其应用于采矿工业中。随着人类社会的进步和科技的发展，带式输送机的结构和性能也更加成熟日益完善，逐渐在煤矿等散装物料运输领域占据主导地位。目前，带式输送机正朝着功能多元化、应用广泛化、智能化以及绿色高效运行的方向发展。根据承载方式的不同，带式输送机可以分为托辊式带式输送机、气垫带式输送机、液垫带式输送机、磁悬浮带式输送机等多种类型，不同结构形式的带式输送机在智能化发展上的技术要求也各不相同<sup>[1]</sup>。

### 1.2 国内研究现状

近年来，我国对于基于无线传感器网络的人员定位与监控系统也给

予了高度重视。一些高校、科研院所和企业纷纷投身相关研究，积极探索如何利用传感器网络技术实现对工业生产环境中人员的精确定位和有效监控。随着工业智能化的发展，我国部分企业已开始尝试将传感器网络技术应用于工业生产中，以期提升生产效率和人员安全保障水平。虽然国内在这一领域的研究起步较晚，但在人员定位算法、传感器网络技术、数据处理和系统集成等方面已取得了显著进展，为相关技术的推广应用奠定了坚实基础。

## 2 系统设计

### 2.1 系统总体架构

基于无线传感器网络（WSN）的皮带机人员定位与监控采用无线传感器技术，实现对皮带机人员的精准定位与实时监控，提高作业场所的安全性和效率。系统采用星型拓扑结构，主要由传感器节点、基站、通信网络、数据处理与决策系统以及监控终端等关键组件构成。传感器节点布置在作业场所的关键位置，并通过无线通信与基站连接；基站负责接收传感器数据、处理数据并进

【作者简介】毕雪峰（1973—），男，山东日照人，本科，高级工程师，研究方向：设备技术管理。

行决策，将结果传输至监控终端。数据处理与决策系统对传感器数据进行实时处理与分析，根据预设规则进行决策<sup>[2]</sup>。

### 2.2 传感器节点设计

传感器节点包括位置传感器、环境传感器和通信模块。位置传感器用于实时采集人员位置信息，环境传感器监测温度、湿度等环境参数，通信模块则负责与基站进行数据传输。传感器节点具有低功耗、高精度和抗干扰能力。

### 2.3 基站设计

基站作为数据处理中心，具有数据接收、存储、处理和决策功能。基站通过无线通信与传感器节点通信，接收实时数据并进行处理，根据算法判断人员位置和环境状态。一旦发现异常情况，基站会立即触发警报。此外，基站还可以连接监控终端，实现远程监控和管理。

### 2.4 通信网络设计

系统依托无线传感器网络，采用低功耗的通信协议，如 Zigbee 或 LoRa，实现传感器节点与基站之间的数据传输。通信网络具有较大的覆盖范围和稳定的连接性能，以确保数据的可靠传输<sup>[3]</sup>。

### 2.5 数据处理与决策系统设计

数据处理与决策系统负责对传感器数据进行实时处理、分析和决策。系统采用算法对人员位置、环境参数等进行监测，识别异常情况并生成警报。同时，系统还可以对历史数据进行分析，提供安全管理和作业效率提升的建议。

### 2.6 监控终端设计

监控终端为用户提供了直观的操作界面，实时显示人员位置、环境参数以及报警信息等。用户可以通过监控终端查看实时

数据、历史记录，并进行操作和管理。监控终端可以连接到云平台，实现远程监控和数据存储。

### 2.7 系统部署与优化

系统部署到实际作业场所后，需要进行系统优化和调试，确保系统稳定运行。根据实际情况对系统进行调整和改进，提高系统的性能和可靠性，满足作业场所的需求。

通过以上系统设计，基于无线传感器网络的皮带机人员定位与监控系统能够有效提高作业场所的安全性和效率，实现对人员的实时监控和定位，及时发现并处理潜在的安全风险，提高作业效率和管理水平。系统框架流程图如图 1 所示。

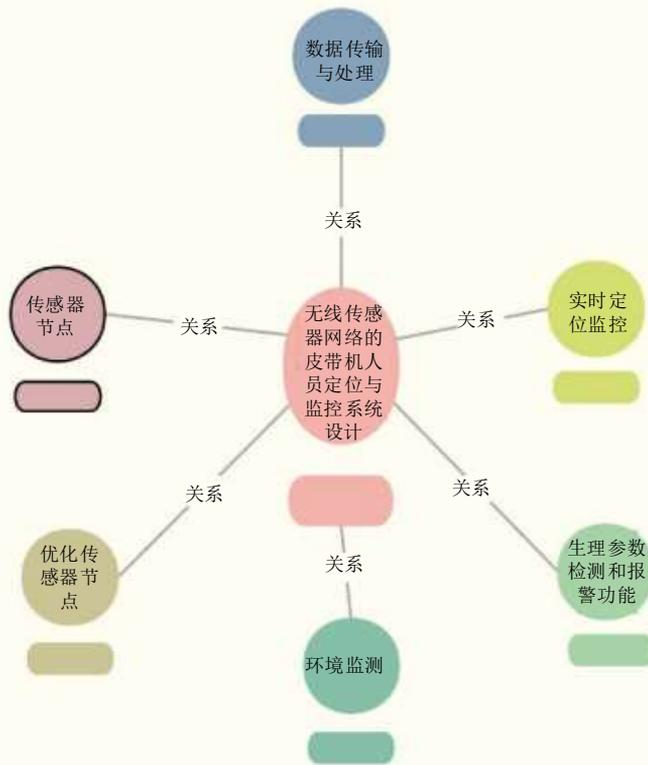


图 1 系统框架流程图

## 3 系统实现

基于无线传感器网络（WSN）的皮带机人员定位与监控系统是一种应用于矿山等工业环境的先进技术系统。该系统利用无线传感器网络技术，可以实现对皮带机上人员的实时监控和定位，提高工作场所的安全性和管理效率。在该系统中，需要部署一组无线传感器节点，这些节点可以被安装在皮带机周围的关键位置，以便实时监测人员的位置信息。传感器节点可以包括各种传感器，如加速度计、温度传感器、声音传感器等，用于采集环境数据和人员活动信息<sup>[4]</sup>。

基于 WSN 的皮带机人员定位与监控系统通过合理选择并部署传感器节点，设计通信协议和网络拓扑，开发数据处理算法，实现了人员位置的实时监控和定位。经过系统集成测试，该系统不仅能提高工作场所的安全性，及时发现安全风险，保障人员的生命安全和健康，还能提升工作效率，优化管理流程。

### 3.1 系统功能实现

系统功能涵盖实时定位监控、环境监测、生理参数监测及报警等多个方面。通过精心规划传感器节点布局、优化能耗管理和通信协议，系统确保了通信和信号的全面覆盖，并实现了高效的节点部署。在实时定位监控方面，系统采用了精确的人员定位算法和多传感器融合技术，显著提高了定位精度。同时，实时监控中心能够实时接收并显示数据，保证画面的即时更新和系统的稳定运行。此外，系统还设计了完善的报警系统，设定了明确的触发条件和报警级别，以便在异常情况发生时及时通知相关人员并采取应对措施。这些功能的实现，得益于对传感器节点部署、人员定位算法设计、实时监控系统设计、报警系统设计、数据存储与分析、远程监控功能和用户权限管理等多个方面，从而确保了系统能够高效、准确地完成对工作人员位置的监测和监控任务，为工作效率和安全性的提升提供了有力支持<sup>[1]</sup>。

### 3.2 系统优化

系统优化工作主要集中在功耗管理、数据安全和通信可靠性 3 个方面。通过优化传感器节点的功耗管理，延长设备寿命；采用数据加密和身份验证技术，确保数据的安全传输和存储；采用可靠的通信协议和信道管理策略，提高数据传输的稳定性。

综上所述，基于无线传感器网络的皮带机人员定位与监控系统的实现，是一个涉及硬件设计、传感器选择、数据传输与处理、系统功能实现和系统优化等多个方面的综合性工程，确保系统能够稳定可靠地运行，为工业生产提供更高效、更安全的保障。

## 4 系统性能评估

评估基于无线传感器网络的皮带机人员定位与监控系统的性能，需全面考量定位精度、响应实时性、覆盖范围、能耗水平、网络稳定性、安全性和系统扩展性等多个维度。通过综合评估发现并优化问题，提高系统性能和可靠性，满足实际应用需求，为系统发展提供参考。

## 总结与展望

基于无线传感器网络的皮带机人员定位与监控系统，作为一种高度智能化的监控解决方案，已经展现出其在提升工作场所安全性和生产效率方面的显著优势。该系统通过传感器节点和监控中心的紧密协作，实现了对工作人员位置和状态的实时追踪与监控。在系统设计和实施过程中，需要深入考虑系统的可靠性、定位准确性、数据处理效率、能耗控制、安全性、用户体验和系统扩展性等多个关键因素，力求打造一个全面、高效的监控系统。通过对系统性能的评估，不仅能够及时发现并解决存在的问题，还能够不断优化系统，提升其稳定性和效率。在实际应用中，基于无线传感器网络的皮带机人员定位与监控系统已在许多工业领域得到广泛应用，如煤矿、工厂等，其出色的实时追踪能力和预警功能为工作场所的安全性和生产效率提供了坚实的保障。

展望未来，基于无线传感器网络的皮带机人员定位与监控系统仍拥有广阔的发展空间和优化潜力。(1) 智能化发展。通过引入机器学习和

深度学习等先进的人工智能技术，可以进一步提升系统对人员行为的理解和预测能力，从而推动监控系统向更高层次的智能化方向发展。(2) 多传感器融合技术。结合不同类型的传感器，如摄像头、声音传感器等，实现多维度信息的融合，提高人员定位和监控的准确性和全面性。(3) 低功耗技术创新。研究和应用低功耗技术，延长传感器节点的电池使用寿命，降低系统能耗，从而提高系统的可持续性。(4) 强化数据安全与隐私保护。通过加强系统的数据加密和隐私保护机制，确保传感器数据的安全性，保护用户的隐私信息。(5) 提升跨平台兼容。不断优化系统的跨平台兼容性，使其能够支持更多种类的设备 and 操作系统，进而提高系统的灵活性和可扩展性。(6) 用户体验优化。不断优化监控中心的界面设计，以提供更加直观、易用的操作体验，使用户能够更加便捷地操作系统，并充分发挥其功能优势。■

### 引用

- [1] 黄彬丞. 基于无线传感器网络的数控机床故障预测系统研究[D]. 大连: 大连海洋大学, 2024.
- [2] 卢佳成. 基于无线传感器网络的DV-Hop定位算法研究[D]. 南京: 南京邮电大学, 2023.
- [3] 李庆. 基于无线传感器网络的目标定位与节点定位算法研究[D]. 南京: 南京邮电大学, 2023.
- [4] 郭照人. 无线传感器网络中的安全数据聚合方法研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2022.
- [5] 陈柄材. 基于LoRa无线传感器网络的海洋环境监测系统[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2023.

# 医用耗材 SPD 系统内外网 数据交互安全风险及安全防护体系建设实践\*

文◆中山大学附属第六医院 广州市黄埔区中六生物医学创新研究院 邓智丽 林仁回 闵登梅 李靖雯 黄蓓丽

## 引言

随着医疗行业信息化建设的快速发展，医院内外网数据交互频次显著增加，网络安全、数据安全和个人信息安全的潜在风险也显著增加，因此，强化医院数据信息交互过程的安全防护尤为重要。本文对中山大学附属第六医院（以下简称“六院”）医用耗材的“供应—加工—配送”（Supply, Processing, and Distribution, SPD）系统（以下简称“SPD系统”）的安全定级进行分析，详尽分析了医用耗材 SPD 系统数据交互风险以及相应的风险应对措施，旨在优化医院耗材管理流程，保障内外网数据交互的安全性，持续推进医院耗材管理的信息化建设，提高工作效率，促进医院的持续发展，助力医疗机构高质量发展。

## 1 背景

医用耗材 SPD 管理模式是指由医院医用耗材管理部门主导、以物流信息技术为工具，通过合理使用社会资源，对全院

医用耗材在医院内的供应、加工、配送等院内物流的集中精细化管理方法。医院耗材 SPD 系统运作涉及医院、运营服务单位和耗材供应商等多方协作，覆盖了日常管理、运营、财务等多个关键环节，该系统实现了医用耗材全流程精细化信息化管理<sup>[1]</sup>，使医用耗材管理更加规范化和智能化，推动了医疗卫生管理的系统化和现代化。

此外，作为需要与医院所有网络进行数据交互，尤其需要在内外网业务系统之间数据交互的 SPD 系统，其内外网数据交互安全尤为重要。然而，在这一过程中，平台间大量的数据传输和交互带来了大量数据安全隐患。

## 2 SPD 系统信息网络安全定级

六院 SPD 系统主要由数据库服务器、应用服务器、内部用户终端、交换机、防火墙、数据库、操作系统等组成，位于六院局域网内，采用 B/S 架构。网络边界分别是外网防火墙下联至核心交换机区域、外网防火墙上联至互联网。在整个网络架构中通过核心交换机进行数据交换，涉及网络划分为互联网出口区、核心交换区、运维管理区、服务器区、终端接入区等。因此，应严格控制与 SPD 系统接口的信息字段，对敏感数据进行脱敏处理，以保障医生、患者等信息的隐私安全性。同时，明确 SPD 系统的安全等级，并针对各类潜在风险制定相应的应对策略。对 SPD 系统的安全定级主要包括对业务信息和系统服务安全保护等级的确定，一旦耗材 SPD 系统的业务信息安全和系统服务安全遭受破坏，受影响的主体将包括公民、法人和其他组织的合法权益以及社会秩序和公共利益<sup>[2]</sup>。最终，SPD 系统安全等级定级为二级。

## 3 SPD 系统数据交互安全风险清单

### 3.1 人为风险复杂

医院信息系统数据交互的人为风险主要包括内部泄露和外部攻击。

\*【基金项目】广东省基础与应用基础研究基金委员会“基于 SPD 管理模式的骨科耗材及配套器械的院内全流程管理优化研究”（2023A1515220120）

【作者简介】邓智丽（1990—），女，河南项城人，硕士，助理工程师，研究方向：医院信息化、网络安全、政府采购。

【通讯作者】黄蓓丽（1985—），女，山东莱阳人，硕士，工程师，研究方向：医院信息化、网络与信息安全、耗材管理。

医疗行业内部人员，如系统管理员、网络管理员、终端用户以及第三方运维人员等因权限管控不足导致的越权访问极易造成患者、药品、耗材、设备等重要业务或管理数据泄漏。此外，在经济利益驱使下，来自外部的黑客攻击、恶意软件、新型病毒等外部攻击会窃取、篡改或破坏医疗行业重要敏感数据。

### 3.2 制度体系不完善

首先，医院信息系统数据交互过程中，如果缺乏严格的规范和制度约束，那么会导致数据交互的混乱和无序，如出现非法分解和重复收费问题的信息系统漏洞。其次，医院信息系统的使用过程中，存在未按需分配系统权限导致数据泄漏问题、未严格进行审计审查导致的人员岗位调整但权限未对应调整的问题以及未定期更换口令密码导致的被外部攻击等权限管理问题。

### 3.3 运维管理不规范

首先，运维过程责任不清、分工不明确等问题，会导致运维效率低下和错误处理不及时。其次，缺乏“预防为主，监控为辅”风险防控手段，导致运维风险的识别、监控、处置流程缺少有效管理，影响系统的正常运行。最后，传统医院的信息化管理手段缺乏云平台、云服务、云技术的长效运维管理机制，存在物理安全边界模糊、安全漏洞等弱点，容易出现基于运维漏洞的数据泄漏风险。

### 3.4 缺乏分级管理

部分医院管理者对分级管理的重要性认识不足、缺乏充足的资金投入、信息设备更新升级缓慢、信息化覆盖程度较低等问题，从而导致了实际管理不到位的问题。

## 4 SPD 系统安全防护体系建设

### 4.1 网络边界安全防护强化

首先，在关键网络节点部署防火墙，过滤掉不必要的流量，只允许授权数据通过。其次，在互联网入口、医保系统接口、银医系统接口等关键节点，部署下一代应用防火墙，并开启应用识别管控、URL 过滤、病毒防护、入侵防御、恶意域名和威胁情报检测等功能。同时，定期更新系统规则库，以有效应对不断演变的新威胁。此外，关闭不必要的网络服务，如 FTP、Telnet 等，以降低潜在的攻击风险。

### 4.2 终端安全防护强化

为确保医院网络环境的安全，首先应在医院内网、外网终端统一安装终端杀毒防护软件，并保证病毒库与扫描引擎的实时更新，以有效防御最新型的网络威胁。同时，医院应制定并执行严格的防火墙规定。其次，医院应限制网络访问，在终端设备上开启防火墙，只允许必要的网络流量访问终端设备，并关闭不必要的网络端口和服务，降低遭受网络攻击的风险。最后，必须对应用程序的权限实施严格控制，仅授予必要的操作权限，防止恶意软件利用安全漏洞进行数据窃取或执行其他恶意行为。

### 4.3 数据中心安全防护强化

通过在内网服务器集群前部署下一代防火墙和态势感知平台，对此区域建立了一个多层次、全方位的网络安全防护体系。这一体系有效加

强了六院针对漏洞攻击、Web 应用和僵尸网络的防御能力。此外，六院还建立了一体化容灾平台，该平台确保了六院信息集成平台、临床信息系统等关键业务系统的应用和数据库得到有效备份，极大提升了业务连续性和数据安全性，保障了医疗服务的高效稳定运行。

### 4.4 运维安全防护强化

(1) 在内外网之间增设堡垒机，对网络、服务器、数据库、应用等进行身份验证、账号管理、授权控制和访问控制，并实施密码控制和权限控制，同时对操作行为进行审计。(2) 部署综合日志审计系统，通过 SNMP 协议收集网络设备、安全设备以及服务器设备的操作信息，并利用 FTP 协议将数据备份到异地服务器，以便在出现问题时能够迅速追踪到问题的根源。(3) 通过部署数据库审计系统，对核心业务系统数据库的操作活动进行记录，达到数据安全、操作合规、防范威胁、追踪分析和数据追溯等目的。(4) 北塔运维系统负责监控医院内网、外网、骨干节点安全设备以及无线网络的 CPU 使用率、内存占用率和线路流量等关键性能指标，根据监控情况和设置的预警阈值提供实时预警并协助快速定位、排查网络故障，保障医院网络稳定运行。(5) 安全态势感知平台在内网和外网区域部署了流量探针，用于采集和分析网络流量数据。安全运维人员对系统发出的预警信息和分析报告进行持续的跟踪与处理，确保医院信息系统的安全态势得到有效管理和控制。(6) 部署 SSL VPN，采用基于角色的最小权限原则，对远程运维的外部人员进行精细

的权限划分，以减少数据泄露和遭受网络攻击的风险。(7) 通过漏洞扫描设备定期对医院设备进行安全检查扫描漏洞，安全运维人员对漏洞提出解决方案并跟踪处理。

#### 4.5 使用专业的数据传输软件

基于安全防护体系建设基础，内外网实现网络隔离，但是出于业务或科研需要，内外网数据传输仍然不可或缺。基于此，六院部署了专业的联软数据传输软件，用于非专业技术人员内外网数据的交换，使数据交换实现过程可控，事前有审批、事中防泄漏、事后有审计，并全程追踪文档。

#### 4.6 合理利用外部技术支持

首先，通过等级保护测评服务对 SPD 系统进行安全技术测评和安全管理测评，评估安全防护水平，发现潜在的安全风险和漏洞，提出有针对性的整改方向和措施，从而提升信息系统的整体安全性和防护能力。其次，基于等级保护测评服务、六院中长期信息化建设目标等，信息网络管理部门可以邀请安全服务或设备厂商进行市场调研，利用他们的专业优势、先进技术和丰富经验，依据医院现有安全架构和策略制定不同的安全建设规划。医院信息安全管理机构和负责人综合考量实际需求，择优选择最合适的方案<sup>[1]</sup>。最后，在信息系统建设或安全体系建设过程中，为了确保信息网络安全，可以对院内信息网络安全人员进行不定期的培训或者交流学习。

#### 4.7 完善管理体系提升安全防护能力

一方面，制定管理规章和制度。内外网数据交互安全相关的

规章制度主要包括网络安全、数据安全、应用开发、资源共享、终端操作规范等方面，而 SPD 系统需要结合系统特殊性和医院特色，重点强调网络边界安全强化、终端操作安全规范和数据保密，最终达成制度指导操作、操作规范安全的目标。另一方面，制定应急预案并定期演练。管理人员应对系统突发事件制定责任细分、责任到人的应急预案，以保障在断电、断网、服务器宕机、数据库损坏、遭受外部攻击、网络堵塞或瘫痪等情况下为临床提供持续性服务。

### 5 安全防护应用成效

首先，实现硬件冗余部署。SPD 系统部署在由 4 个物理节点服务器通过虚拟化软件创建的虚拟化集群上，保障服务器硬件和系统的冗余可靠性。另外，网络架构方面，内网核心交换机、内网防火墙、外网核心交换机、外网防火墙等骨干节点均使用双节点部署，保障网络设备节点高可用性，最终确保 SPD 系统在物理层面实现冗余部署和安全防护。其次，实现网络互访安全。一方面，内网业务系统互访安全。SPD 系统访问医院综合运营管理系统（HRP 系统）先经过网闸把服务器网卡 IPV4 地址转换成一个虚拟的 IPV4 地址，接着经过入侵防护检测系统进行数据防泄密等安全策略的检查，然后通过外网防火墙及内网防火墙做 ACL 限制访问的业务端口，再由下一代防火墙对应用层进行安全检测放行，最终访问到 HRP 系统相关应用。反之亦然，从而实现内网业务系统的互访安全。另一方面，内网和公网互访安全。SPD 系统访问公网业务系统先经过网闸把服务器网卡 IPV4 地址转换成一个虚拟的 IPV4 地址，再经过入侵防护检测系统进行数据防泄密等安全策略的检查，然后通过外网防火墙 ACL 限制访问公网的业务端口。反之亦然，从而实现内网业务系统和公网的互访安全。

### 结语

SPD 系统的稳定性和内外网之间数据交互的安全性对公立医院提供持续稳定医疗服务至关重要。通过梳理网络架构查找风险清单，最终以等级保护建设为目标、以消除风险清单为辅助，对网络、运维、终端等在技术层面和管理层面进行持续优化升级。但是，对 SPD 系统内外网数据交互的安全护航是一个持续推进的过程。未来，可以通过异地容灾备份、超融合技术和零信任技术等加强安全防护策略，提高系统安全性、可靠性、稳定性。■

### 引用

- [1] 周俊裕.SPDM 模式下三级医院医用物资成本管理应用研究[J].中国医疗设备, 2024,39(8):132-138.
- [2] 哇春芳.等级医院评审提升现代医院管理水平[J].中国卫生产业,2018,15(25):47-48+53.
- [3] 曹磊,涂志炜.医院网络安全服务模式研究与实践[J].中国卫生信息管理杂志,2023,20(5):689-693+701.

# 基于信息技术的石化自动化仪表故障解决方案

文◆中海油能源发展装备技术有限公司 高翔 曲波

## 引言

随着自动化仪表在石化生产中的广泛应用，其故障问题日益凸显，给生产安全和效率带来了较大挑战。自动化仪表的故障不仅直接影响生产过程的正常运行，还会导致生产事故，甚至对环境和人员安全构成威胁。因此，研究自动化仪表的故障及其解决对策，对于提升石化行业的生产效率和安全水平具有重要意义。

## 1 信息技术助力石化自动化仪表的重要价值

### 1.1 提高生产效率和过程控制精度

在石化行业，生产过程复杂，原料和产品种类繁多，且对生产过程中的温度、压力、流量等参数控制要求极高。信息技术的应用使自动化仪表能够实时监测和精确控制这些参数，从而确保生产过程的稳定性和产品质量的一致性。自动化仪表如温度传感器、压力传感器、流量计等，通过高速的数据采集和处理系统，可以实时监测生产过程中的关键参数。信息技术的进步，尤其是物联网（IoT）的应用，使仪表能够实现更高级的数据通信和集成。例如，通过高级过程控制（APC）系统的应用，可以实现对石化生产过程的优化控制。APC系统通过分析历史和实时数据，自动调整控制参数，确保生产过程在最优状态下运行。

### 1.2 促进信息化管理和决策支持

信息技术的发展促进了石化行业管理信息系统（MIS）和决策支持系统（DSS）的建设。通过自动化仪表收集的大量生产数据，可以为企业管理提供准确的数据支持，帮助管理层进行科学决策。例如，实时数据收集和分析可以帮助企业监控生产成本，分析能源消耗，优化资源配置。

信息技术还有利于企业实现供应链的实时监控和管理，通过自动化仪表和信息系统的集成，企业可以实时跟踪原料的供应状态、产品的生产进度和库存情况，从而更加灵活地响应市场变化，提高供应链的效率和响应速度。

## 2 石油化工行业自动化仪表常见故障与处理措施

### 2.1 压力仪表的常见故障与处理

压力仪表最常见的故障之一是压力传感器的漂移。这种故障通常

表现为压力读数不准确（偏高或偏低），影响对实际压力的监控。处理这一问题的关键是定期进行校准。在实际操作中，建议每3个月进行一次校准。校准时，应使用高精度的校准设备，如压力校准器，确保校准器的准确度在0.05%以内。首先将压力仪表从系统中拆下，连接到压力校准器上。其次，逐级施加已知压力值（如0, 20, 40, 60, 80, 100kPa），记录压力仪表的读数，并与标准值进行比较。

另一常见故障是压力仪表的泄漏，通常发生在连接部位或仪表内部。处理泄漏故障的方法包括更换密封件和重新紧固连接部位。在实际操作中，更换密封件时，应选择耐高温、耐腐蚀的材料，如氟橡胶密封圈，更换步骤如下。首先关闭系统压力源，缓慢释放仪表内的压力。其次，拆下压力仪表，检查密封件状况，如发现老化或损坏，立即更换。最后，在重新安装时，确保所有连接部位紧固到规定的扭矩值，如管螺纹接头的紧固扭矩通常为25~30Nm，以防止再次发生泄漏。

压力仪表的阻塞也是一个常见问题，尤其在测量介质含有颗粒物或黏性物质时。处理阻塞故

【作者简介】高翔（1989—），男，山东泰安人，硕士研究生，高级工程师，研究方向：控制理论与控制工程。

障的方法是定期清洗仪表内部。清洗频率根据具体介质和使用环境确定，一般建议每月进行一次。在清洗过程中，首先关闭系统压力，拆下压力仪表，使用清洗液（如乙醇或异丙醇）浸泡仪表的传感器和连接管道，确保清洗液能够溶解和去除阻塞物。

电气故障也是压力仪表常见的故障类型，主要表现为信号传输不稳定或中断。处理电气故障的方法包括检查电源供应和信号线路。在实际操作中，首先使用万用表测量电源电压，确保在额定范围内（如 24VDC  $\pm$  5%）。其次，检查信号线路的连接，特别是接线端子的接触是否牢固。如果发现氧化或松动，应使用砂纸打磨接线端子，并重新紧固。如果电气故障仍未解决，应更换信号线缆。选择新线缆时，应确保其耐高温、耐腐蚀性能符合现场环境要求，如使用聚四氟乙烯（PTFE）绝缘的线缆。

### 2.2 温度仪表故障分析及处理

在石化行业中，温度仪表是关键的过程控制设备，其故障会直接影响生产的稳定性和产品质量。测量误差是温度仪表常见的问题，为排除这一问题，应对温度传感器和测量系统进行全面检查。通常情况下，可以使用高精度的标准温度计作为参照，逐点测量并记录标准温度计和被测温度仪表的读数。例如，在温度范围为 0 ~ 1000℃ 的情况下，每隔 50℃ 进行一次测量，记录对比值。如果发现误差超过  $\pm$  0.5℃，则应对温度传感器进行重新校准或更换。

传感器损坏是另一常见故障，尤其是热电偶和热电阻在长期使用后易老化或机械损坏。为检测

传感器是否损坏，可以使用万用表测量热电偶的电压输出或热电阻的电阻值，并与标准值进行对比。例如，对于 K 型热电偶，正常输出电压在 25℃ 时应约为 1.000mV，如果测量结果偏差超过  $\pm$  0.1mV，则表明热电偶存在问题，需要更换。此外，可以通过使用标准电阻箱对热电阻进行测试，在不同温度点上施加已知电阻值，并检查仪表的读数是否准确。

信号传输故障主要体现在连接线路的断路或短路。为解决此类问题，应首先检查接线端子的连接情况，确保没有松动或腐蚀。使用万用表测量各段线路的电阻值，正常情况下，线路电阻应在 0.1Ω 以下。如果电阻值过高或为无穷大，则说明存在断路，需要重新连接或更换线路。在确认线路连接正常后，还应检查信号传输的稳定性和抗干扰能力。可以通过向传输线路施加已知信号（如 4 ~ 20mA 电流信号）并检测接收端的读数是否一致，确保信号传输过程无明显衰减或干扰。

仪表校准失准也是影响温度测量准确性的一个重要因素。定期校准温度仪表是确保其准确性的关键步骤。校准过程中，应使用经过认证的标准校准设备，在校准范围内逐点进行测试。例如，对 0℃、100℃、500℃ 和 1000℃ 进行校准，记录每个点的偏差值，并调整仪表的校准参数，直至每个校准点的偏差在  $\pm$  0.2℃ 以内。为进一步提高校准的精度，应采用双重校准方法，即先进行初步校准，再通过细化调节确保每个校准点的精度在  $\pm$  0.1℃ 以内<sup>[1]</sup>。

### 2.3 流量仪表的常见故障与处理

流量仪表最常见的故障之一是测量值不稳定或波动过大。这种情况通常是由流体中的杂质或气泡造成。解决这一问题的第一步是检查并清洁流量仪表的传感器和管道。在实践中，发现传感器表面有明显沉积物时，可以使用浓度为 10% 的盐酸溶液对传感器进行浸泡清洗，浸泡时间控制在 30min 内。清洗完毕后，用蒸馏水彻底冲洗，确保没有残留酸液。对于管道中的气泡问题，可以通过增加管道压力来减少气泡的产生，实际操作中，通常将管道压力提高至 1.5 倍工作压力来检测效果。

第二个常见故障是流量仪表的零点漂移，主要由温度变化或电子元件老化引起。首先，进行温度补偿。实际操作中，在流量仪表附近安装一个温度传感器，并将其与流量仪表连接，通过温度补偿功能来自动调整测量值。例如，在温度变化范围在 -10℃ 到 +50℃ 之间的情况下，可以通过调节补偿系数，将温度变化对流量测量值的影响控制在  $\pm$  0.5% 以内。如果零点漂移仍然存在，则需要检查流量仪表的电子元件是否老化或损坏，必要时更换新的元件。

第三个常见故障是流量仪表读数偏低或偏高，通常由于传感器校准不准确或安装位置不当引起。应对流量仪表进行重新校准，实际操作中，使用标准流量计对流量仪表进行对比较准。例如，使用精度为 0.2% 的标准流量计进行校准，将流量误差控制在  $\pm$  0.5% 以内。检查流量仪表的安装位置，确保其安装在直管段中，且上游直管段长度不小于 10 倍管径，下游直管段长度不小于 5 倍管径，避免因安装位置不当造成的测量误差。

超声波流量计在石化行业被广泛使用，其常见故障包括传感器信号弱或无信号，主要由于传感器表面结垢或安装位置不当引起。解决这一

问题时，首先清洁传感器表面，确保其清洁无污染。实际操作中，使用无水乙醇擦拭传感器表面，可以有效去除污垢和油脂。其次，检查传感器的安装位置，确保其安装在管道的水平面上，且上下游直管段长度符合要求。

### 3 信息技术背景下石油化工行业自动化仪表故障的预防方法

#### 3.1 基于大数据的故障预测模型

在石油化工领域，自动化仪表的故障预防具有重要意义。故障预测模型基于大数据分析，为该问题提供了一种高效解决策略。该模型通过传感器和数据采集系统，全面收集仪表运行数据，如温度日平均值为 75℃、压力为 1500kPa、信号强度为 -80dBm 等。一旦检测到任何异常或故障，该系统会记录相应的数据参数。此外，在中央数据库中储存的资料，为数据后续分析提供了原始素材。

采用机器学习技术中的聚类算法，如 K-means，对收集到的多维数据进行分析。例如，设置 K 值为 3，将数据分为 3 个类别，即正常运行、轻微异常和严重故障。通过历史数据训练，这些聚类会自动形成并更新，反映出仪表运行的不同状态。每当新数据输入系统时，算法会实时将其归类到最接近的聚类中。如果新数据被归类到轻微异常或严重故障类别，系统则会发出预警。因此，为了提高预测的准确性，应定期对模型进行调整和优化。

#### 3.2 实时监控系統

在石油化工行业自动化仪表的实时监控系統设计中，采用网络信息技术构建远程监控平台是关键。该系统通过高速网络连接，实现对石油化工自动化仪表的实时数据采集与传输，系统部署在仪表上的传感器，每秒采集电流和电压参数，同时记录仪表的响应时间。

在监控中心，智能诊断算法对接收到的数据进行实时分析。算法首先对数据进行预处理，滤除噪声，然后根据设定的阈值判断仪表是否正常<sup>[2]</sup>。以电流为例，如果连续 5 次采集的电流值超出了 20mA 的上限或低于 4mA 的下限，算法会判断为电流异常，由内部电路故障所致；如果仪表的响应时间超过 0.7s，算法会判断为传感器响应延迟，原因为传感器老化或损坏。一旦算法发现异常指标，系统立即通过邮件和短信渠道向维护团队发出警报。警报信息包括仪表的具体位置、异常参数以及其他故障原因。维护团队接到警报后，可以利用远程桌面功能先行对仪表进行初步诊断，判断是否需要现场处理。这种预警机制大幅减少了故障的响应时间，从而避免了潜在的安全风险和生产损失。

监控系统还具备数据分析功能，能够根据历史数据分析仪表的运行趋势，预测潜在的故障发生，通过对过去一月内的数据进行趋势分析，系统可以识别出逐渐增长的电流或逐步延长的响应时间，这些都是仪表即将出现问题的先兆。

#### 3.3 增强信息安全保障

在石油化工行业中，确保自动化仪表系统的信息安全，关键在于采取具体而高效的技术措施，对于数据传输加密，采用至少 256 位的高

级加密标准（AES）对所有传输数据进行加密，确保数据在传输过程中的安全性。对于访问控制，实施基于角色的访问控制策略（RBAC），并设置不少于 5 级的访问权限，以精确控制不同级别员工对敏感数据和控制系统的访问权限。例如，只有授权的高级技术人员才能对系统配置进行更改<sup>[3]</sup>。

网络安全措施中，部署入侵检测系统（IDS）和入侵防御系统（IPS），并确保这些系统每天自动更新至少一次，以便及时响应新的安全威胁。还应确保所有自动化仪表设备和网络设备的固件和软件保持最新，至少每 3 个月进行一次系统性的安全审查和更新。

### 结语

随着新技术的不断涌现，如物联网、人工智能、大数据分析等，自动化仪表的维护和故障处理将更加智能化和高效。不仅将进一步提升石化生产的自动化和智能化水平，还将为石化行业带来全新的发展机遇。持续关注并研究自动化仪表的应用故障及其解决对策，对于推动石化行业技术进步和产业升级具有深远的意义。<sup>[4]</sup>

### 引用

- [1] 王继海.石化行业中自动化仪表的应用故障及解决对策[J].石化技术, 2023,30(9):99-101.
- [2] 卢瑾.工业自动化仪表与自动化控制技术分析[J].内燃机与配件,2021(13):79-80.
- [3] 高海英.基于计算机信息技术下化工企业自动化仪表系统分析[J].粘接, 2020,42(6):141-144.

# 基于 5G-R 的轨道交通策略通信应急平台设计和性能研究

文◆上海申通地铁集团有限公司 顾佳樑  
上海应用技术大学轨道交通学院 刘虎

## 引言

本文设计并研究了一种基于 5G-R 的轨道交通策略通信应急平台，以提升轨道交通无线通信系统在抗灾害等紧急情况下的通信性能。在文中提出了基于 5G-R 的轨道交通策略通信应急平台，详细阐述了该平台的架构设计、关键技术及其在轨道交通中的仿真效果。通过仿真验证，平台可以根据网络需求进行组合部署。用户只需要携带一部策略通信终端，根据业务量、信道质量、成本控制规则进行动态切换。不仅满足了平时正常的通信业务需求，还支持应急场景在内的各类应用，在降低成本的同时，提升整个系统的抗灾害应急通信能力。

本文的研究内容包括 5G-R 系统技术要求、基于 5G-R 无线策略通信应急平台设计和仿真性能分析。通过仿真验证，基于 5G-R 无线策略通信应急平台在带宽灵活性、吞吐量、动态切换等方面表现优异，能够有效满足现代轨道交通的多样化业务需求和应急响应需求。

## 1 5G-R 系统技术要求

5G-R 系统实现的业务功能包括优先级管理、安全管理、移动性管理、轨道交通特定业务、语音业务、与呼叫相关的业务、数据业务、视频业务和互联互通等功能<sup>[1]</sup>。

### 1.1 5G-R 系统架构

5G-R 系统架构如图 1 所示，主要包括铁路业务 MCX (Mission Critical Services, 简称“MCX”，关键任务系统)、终端、无线接入网、核心网等。5G-R 系统架构采用分层架构设计，包括传输层、服务层和铁路应用层<sup>[2]</sup>。

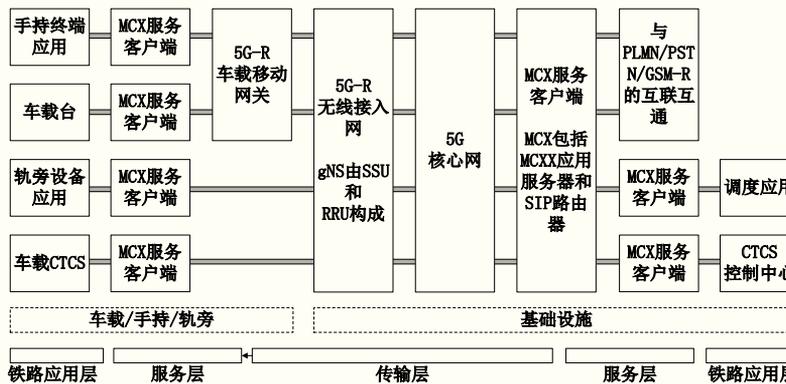


图 1 5G-R 系统架构

### 1.2 现有研究与应用

轨道交通行车指挥及控制、运营维护应用业务在 5G-R 方面的需求可以归纳为语音类、数据类、视频类通信模型。每种模型包含优先级、业务连续性、业务流向、业务数据类型、用户带宽等基本要求。优先级分类如表 1 所示<sup>[3]</sup>。

## 2 基于 5G-R 无线策略通信应急平台设计

### 2.1 系统架构设计

在现有的轨道交通通信系统中，有多种异构通信系统并存，包括

【作者简介】顾佳樑（1987—），男，江苏无锡人，本科，工程师，研究方向：轨道交通设备管理。

【通讯作者】刘虎（1973—），男，陕西渭南人，博士，副教授，高级工程师，研究方向：无线通讯和大数据建模。

表 1 优先级分类

优先级	业务数据类型
0	紧急呼叫
1	行调语音通信、行车安全数据传输（不包括视频）、应急通信（不包括视频）
2	其他调度语音通信、行车安全视频传输、行车信息数据传输、 应急数据传输（包括视频）、运营维保告警数据传输、运营维保控制数据传输
3	调度视频通信、运营及维保语音业务通信
4	运营维保数据传输（包括视频通信）

GSM-R、5G-R、WLAN 等常用的无线通信系统。而对于应急通信系统，则包括卫星通信系统、自组网等无线通信系统。采用松耦合的方式构建基于 5G-R 无线策略通信应急平台，基于 5G-R 无线策略通信应急平台示意图如图 2 所示。

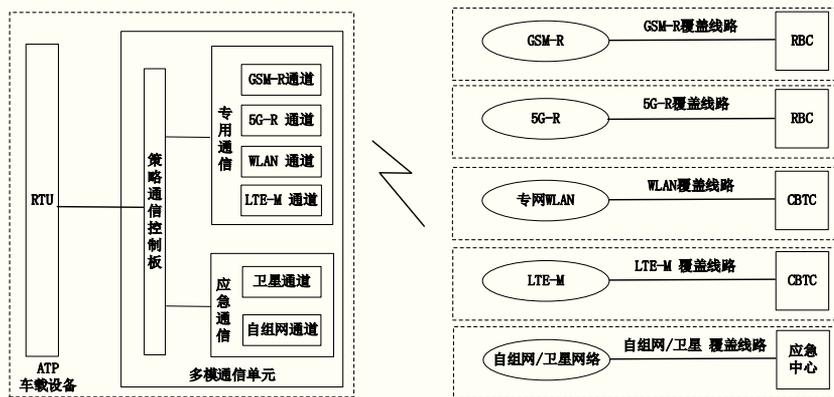


图 2 基于 5G-R 无线策略通信应急平台示意图

图 2 中，RBC（Radio Block Center）即无线闭塞中心是高速列车安全运行的核心，也是高速列车运行的“神经中枢”，用于指挥调度高速列车运行。调度指令由 RBC 不同区间的服务器通过有线传输，如电缆或光缆传送到各个通信基站，这些通信基站部署在铁路沿线，由这些部署在铁路沿线的通信基站将调度指令通过无线电波发送到运行中的高速列车上，从而指挥列车运行。CBTC（Communication Based Train Control System）系统是基于无线通信的轨道交通列车自动控制系统，采用无线网络承载列车与地面设备的双向无线通信，用于实时反馈列车位置，代替固定的轨道区段闭塞，实现列车运行自动控制。

基于 5G-R 无线策略通信应急平台可以根据不同的系统配置不同的通信系统。在铁路交通系统，配置 5G-R 和 GSM-R 以及应急通信，其中专网通信 GSM-R 和 5G-R 互为备份，根据业务量需求选择不同的专网通道。在城市轨道交通、市域铁路交通或城际铁路交通系统中，配置 LTE-M 或 5G-R、WLAN 通道，互为备份，根据业务量需求选择不同的专网通道。应急通信系统则配置卫星通信和自组网通信，在上述专网通信无法正常工作的极端情况下，系统切换到应急通信。

无线策略通信应急平台的重点在于策略通信控制，也就是在不同的环境下，根据无线信道环境、网络状态、路由、业务类型等因素，快速选择对应的通信通道。

### 2.2 策略通信算法设计

策略通信算法的核心在于根据用户的优先级、信道质量、路由质量、通信成本和传输块大小等参数，动态评估不同通信模式的切换门

限。通过实时计算和监控，确保通信模式的最优选择和切换。

策略通讯算法切换判断表达式如下。

$$V_k = W_k^1 * U_k + W_k^2 (CQI) + W_k^3 (Route) - W_k^4 (Cost) + W_k^5 (TBSize) \quad (1)$$

式（1）中，各个表达式代表的含义如下。

（1） $V_k$ ：用户  $k$  在当前无线通信模式以及其他几个无线通信模式下，通信模式切换评估值。如果集合元素的值大于门限  $V_k^{th}$ ，则该元素对应的无线通信模式进入切换备选集；如果等于或小于门限，则不进入备选集，即该元素对应的无线通信模式不满足条件。

（2） $W_k^1$ ：用户  $k$  的优先级权重，默认是 1，取值范围 [0, 1]。

（3） $U_k$ ：用户  $k$  的优先级，优先级分为 3 个，从低到高分别是 1, 2, 3。

（3） $W_k^2$ ：用户  $k$  的信道质量加权系数，默认是 1，取值范围 [0, 1]。

（4） $CQI$ ：信道质量集合，信道质量越差则分值越低，取值从低到高分别是 1, 2, 3, 4, 5。

（5） $W_k^3$ ：用户  $k$  的路由加权系数，默认是 1，取值范围 [0, 1]。

（6） $Route$ ：路由质量集合，路由质量越差则分值越低，表示该路由由延迟比较大，经过的节点数量多，取值从低到高分别是 1, 2, 3, 4, 5。

（7） $W_k^4$ ：用户  $k$  的通信成本加权系数，默认是 1，取值范围 [0, 1]。

（8） $Cost$ ：通信成本集合，单位是元/kbit，分值越低，表示成本越低。

（9） $W_k^5$ ：用户  $k$  的通信传输块加权系数，默认是 1，取值范围

[0, 1]。

(10)  $TBSize$  : 传输块集合, 单位是 bit, 分值越低, 表示传输块越小。

### 3 仿真性能分析

仿真条件参考高速铁路平均移动速度 300km/h。模拟网络配置包含 5G-R (FDD 模式)、GSM-R、自组网、低轨卫星通信 4 种网络, 仿真对应最大流量分别是 30Mbps, 4Mbps, 10Mbps 和 1Mbps。数据流按照优先级高中低 3 类服务, 分别对应 VoIP、文件传输流、多媒体视频流, 生成 4 路 64kbps 的 VoIP 数据流、4 路 [50,100]kbps 随机发送速率的文件传输流、4 路 [1000,6000]kbps 随机发送速率的多媒体视频流, 仿真实验的持续时间为 3000s。仿真基于无线策略通信应急平台自动切换模式, 以策略通讯算法切换值  $V_k$  作为切换参考, 当该值低于当前通信模式的切换门限时, 则切入备选通信模式。

根据  $V_k$  的变化, 有 24 种不同的策略通信选择方式进行仿真, 本文重点仿真 5G-R 和 GSM-R、自组网和卫星通信之间, 通过策略通信切换时的吞吐量变化情况。不同通信模式切换吞吐量变化如图 3 所示, 策略通信应急平台从 5G-R 切换到 GSM-R、

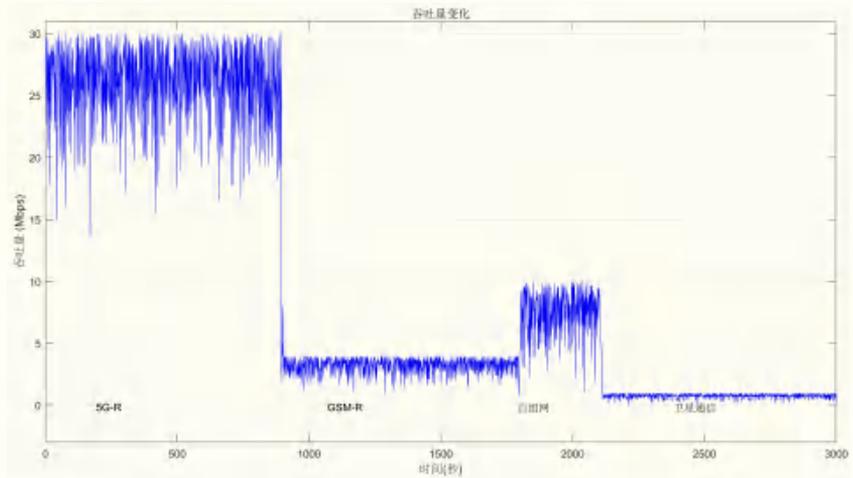


图 3 不同通信模式切换吞吐量变化

从 GSM-R 切到自组网以及切到卫星通信的吞吐量变化情况, 即 5G-R、GSM-R、自组网以及卫星通信按先后顺序分别提供通信服务时长是 300s, 300s, 100s 和 300s。

通过仿真, 可以看到不同条件下, 策略通信应急平台能够进行准确的通信模式选择, 完成动态切换, 对应吞吐量的波动变化符合预期。

### 结语

本文设计并研究了一种基于 5G-R 无线策略通信应急平台, 旨在提升铁路系统的通信性能和应急能力。通过对该策略通信应急平台进行仿真, 得出以下结论。

(1) 平台优势显著。5G-R 系统在带宽灵活性、吞吐量等方面表现出显著优势。基于 5G-R 无线策略通信应急平台, 融合了不同规范的无线通信系统, 具有日常通信与应急通信兼顾的优势。(2) 仿真结果表明, 策略通信应急平台可以根据网络需求进行组合部署。用户只需要携带一部策略通信终端, 根据业务量、信道质量、成本控制规则进行动态切换。不仅满足了平时正常的通信业务需求, 还支持应急场景在内的各类应用, 在降低成本的同时, 提升整个系统的抗灾害应急通信能力。其高效的通信能力和灵活的架构, 为轨道交通安全运营和服务质量提供了坚实保障。

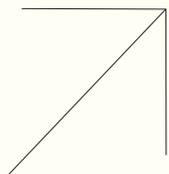
基于 5G-R 的轨道交通应急通信平台的设计和性能研究, 验证了其在铁路中的有效性和优越性。未来, 可以进一步优化系统设计, 探索更多高效的策略通信, 以满足不断变化的铁路通信需求。

### 引用

[1] 王芳,李岸宁.铁路5G-R系统技术标准解读[J].铁道通信信号,2023,59(7):1-8+22.

[2] 程华,张萌,李芳,等.铁路5G-R承载技术与组网方案研究[J].中国铁路,2023(5):1-7.

[3] 王前军.基于5G-R的铁路信息化建设和运用架构研究[D].北京:中国铁道科学研究院,2022.



# 风电桨叶电磁刹车驱动控制系统的可靠性分析

文◆新疆能源（集团）哈密清洁能源有限责任公司 黄超 邓万平 杨志龙 李云

## 引言

风力发电作为一种重要的可再生能源，其在全球能源结构中的地位日益显著。风电桨叶电磁刹车驱动控制系统作为风力发电机组的关键技术，负责控制桨叶的旋转速度，确保风力发电机在各种风速条件下均能安全、高效地运行。系统的可靠性直接关系到风电场的经济效益和安全性能。因此，对风电桨叶电磁刹车驱动控制系统的可靠性进行深入分析，对于提升风电系统的整体性能具有重要意义。

## 1 系统组成与工作原理

### 1.1 系统组成

风电桨叶电磁刹车驱动控制系统是一种专门设计用于风力发电机组的制动系统，其主要功能是在必要时对风力发电机组的桨叶进行有效制动，以确保系统的安全运行<sup>[1]</sup>。该系统由多个关键组件构成，包括电磁刹车装置、控制器、传感器以及执行机构等。

电磁刹车装置是该系统的核心部件，其工作原理基于电磁感应。当系统接收到制动指令时，电磁刹车装置会产生磁场，通过磁力作用于桨叶上的金属部件，从而实现桨叶的制动。这种制动方式具有响应速度快、控制精度高的特点，能够有效控制桨叶的旋转速度。

控制器是整个系统的指挥中心，负责接收来自传感器的数据，并根据预设的控制策略发出相应的控制指令。控制器通常采用微处理器或可编程逻辑控制器（PLC），具有强大的数据处理能力和灵活的控制逻辑。通过控制器，系统能够实现对电磁刹车装置的精确控制，确保在各种工况下都能提供稳定的制动效果。

### 1.2 工作原理

电磁制动系统在风力涡轮机叶片中的应用是一项借鉴电磁学原理来实施叶片制动的创新技术。其核心效能聚焦于运用电磁力的有效管理，以调控叶片的转动速率，进而保障风能发电体系既安全又平稳地运作。该系统运作机理围绕若干关键元件展开，涵盖了传感元件、控制单元以及作用执行器等。

在该系统架构中，传感器充当了监视元件的角色，其核心职责聚焦于实时追踪桨叶的转速变化。通过对速度的精准测定，传感器为系统提

供了不可或缺的数据流，这些数据随后被导入控制器单元。作为系统的中枢决策机构，控制器负责解析传感器的输入信号，并依据预定的算法逻辑框架，输出相应的调控信号。此过程旨在精细校准电磁制动机制的动作模式，从而确保对桨叶转速的严密掌控。

电磁刹车系统中的操作核心组成部分为执行机构，其直接执行控制单元的指派任务，通过调节电磁力的强度与方向来控制桨叶的制动效能。具体来说，控制单元在接收到传感信息并判定需削减桨叶转速时，将发出激活执行机构的命令，增强电磁力输出，进而增大制动力矩，促使桨叶减速。反之，若目标为提升桨叶转速，控制单元则反向操作，削减电磁力，减小制动力矩。

系统的效能依托于精准的信号传递和高效的命令执行功能。以此途径，电磁制动系统得以实现在多样化的风速环境里，对风力涡轮机叶片转速的精密调控，持续维系其运行的最佳效能。这一控制策略不仅促进了风能利用的效率增长，还加固了系统运行的安全壁垒与稳定性，成为当代风能发电技术创新中的一项核心组成元素。

【作者简介】黄超（1993—），男，甘肃酒泉市人，中级工程师，研究方向：电力系统。

## 2 影响可靠性的关键因素

### 2.1 系统设计

在风力发电机叶片电磁制动控制系统的设计阶段，系统设计工程师应全面权衡多方面的核心性能指标，以保障系统的最优效能和高度可靠性。首先映入眼帘的两个关键考量为电磁制动装置的制动效能以及响应时间。制动效能涉及该装置在施加电磁力下迅速减缓叶片转速的能力，响应时间则是评估系统从接收到操作指令至制动效果显现之间的时间差。这两项参数直接关联到系统对风速突变的应对灵活性和面对紧急状况时的即刻反应力。

在控制系统的设计阶段，评估控制器的运算效能与稳健性是至关重要的环节。运算效能关乎控制器对传感信号快速解析的精确度以及其执行高级控制策略的有效性。另一方面，稳健性指标聚焦于控制器在持续作业期间的表现一致性，尤其重视其对抗环境温度差、电磁干扰等外界变数影响的能力。一个兼具高效能与高稳定性的控制器是确保系统在多样化操作条件下维持精准控制的基石。

在评估传感器和执行机构的性能时，其精准度与耐久性同样是不可或缺的考量因素。传感器的精准度直接关系到系统监测桨叶转速的精确性，而其耐久性则是确保传感器能在恶劣环境下长期稳定运行的关键。至于执行机构，其精准度对于制动指令的精确执行起到决定性作用，耐久性的提升则是保障执行机构在反复工作循环中维持高度稳定性和延长使用寿命的基础。

### 2.2 部件质量

风力涡轮机叶片的电磁制动

控制系统中，各组成元件的质量对该系统综合效能起到决定性作用。此系统核心职责在于风力发电操作环节，借助电磁制动机制来实现叶片的精密调控，确保发电机运作的安全与稳定性。元件质量的好坏直接影响控制系统的稳定运行能力和生命周期。

在风力涡轮机叶片的电磁制动控制系统中，选用高性能的组件是保障系统在各种操作条件下维持卓越运行状态的关键。具体而言，选用优秀的电磁线圈与制动衬块能够确保更稳定的电磁力输出以及更高效的制动效能，从而缩减因元件损耗或失效而引发的系统性能衰退。此外，采用高规格的电子控制模块（ECU）能够实现系统参数的精密监控与调节，进而增强系统反应的敏捷度与控制的精密度。

在探讨系统可靠性的作用时，采用高级组件被证实能有效减少故障的发生概率，随之降低维护开支和非运营时间。尤其在风能发电领域，系统的可靠性直接关联到发电效能与经济收益的提升。因此，集成高品质组件的风电叶片电磁制动驱动控制系统，在强化系统持久稳定性和延长使用寿命的同时，也对增强风能发电系统的经济效益和市场竞争地位起到了积极作用。

### 2.3 环境因素

设计与运作机制的探究。风电叶片电磁制动控制系统在性能表现和稳定性方面，面临由构成组件质量和外在环境变量的双重制约。这些环境参数，涉及温度波动、湿度变化和风力强度等多维度因素，对系统效能产生复杂而深远的影响。特别在诸如酷热、严寒、疾风或高湿等极端气象场景下，系统被要求展现出卓越的抗扰动能力，以维系其平稳且有效的作业状态。此过程不仅是对技术适应性的考验，还是系统设计智慧的体现。

温度波动对风力发电机叶片电磁制动系统性能的效应主要表现在其电子组件的功能性上。具体而言，在高温情境下，电子组件面临过热风险，会导致性能衰减乃至损坏。相反，在低温环境中，组件的反应速率减缓，从而影响整个系统的即时调控能力。鉴于此，系统设计阶段必须融入温度校正策略，以保障系统在多样化的温控场景中展现出稳健的性能表现。

湿度条件作为一个关键变量，对电气绝缘特性和金属组件的腐蚀速度具有显著影响。具体而言，高湿度环境可促发电气短路事件，加速金属部件腐蚀，这一系列反应不可避免地会削弱系统可靠性，缩减其使用寿命。因此，系统设计环节必须融入高效的防潮策略并审慎挑选材料，旨在增强系统在湿润条件下的持久度与稳定性。

鉴于风速直接影响风能转换系统的运作效能，其对电磁制动机制的调控速率和精确度提出了更为严格的标准。特别是在面对剧烈风况时，系统应迅速且精准地调节叶片倾斜度，以防范超速运转或机械损伤的发生。因而，在设计此类系统时，充分考虑风速变化对管理策略的潜在影响，并配置相应的动态适应功能显得尤为重要<sup>[2]</sup>。

### 2.4 维护管理

风电叶片电磁制动控制系统的可靠性不仅取决于其设计精良度与组成部件的高品质，还深受维护实践与管理策略的影响。规律性保养与即

时管控构成了支撑系统持久稳健运作的双柱石。此保养过程蕴含了对系统组件的检验、清洁、润滑、置换以及效能评估等诸多环节，这些步骤助力于预见并消除隐患或性能衰减迹象，继而拓宽了系统的使用寿命界限。

在进行维护作业时，应高度重视易于损耗或易受外界条件侵扰的组件，如电磁线圈、制动衬片以及电子控制系统等。通过规律性的目视检验与性能验证，可以保障这些核心组件的功能维持在最优水平。此外，详实记录并审视维护日志是极其重要的环节，有助于辨识维护周期性特征并预先估算将来的维护需求。

### 3 提高系统可靠性的策略

#### 3.1 优化系统设计

风电桨叶制动控制系统的核心效能源自其构成部件间的紧密协作。为保障系统运行的高效性，各个组成单元必须经由精细设计与配置来促进无缝集成与协同作业。这一过程涵盖了对电磁制动机制、传感元件、指令中枢以及作用器等核心部件的精妙匹配调校，旨在确保其在动态反应敏捷性、操控精确度以及稳定性方面均能达到最优表现。

系统的整合效能不仅局限于组件在物理以及电气接口上的兼容性，还包含了软件控制逻辑层面的精确同步需求。通过采纳尖端的控制算法规则与实时监控技术，系统状态的精准跟踪与迅速应对机制得以建立，进而促进了系统动态属性与稳定性的提升。此外，定期的系统检验与校正工序是维护各组件间协同作业能力以及保障系统综合效能的关键措施。

#### 3.2 选择高质量部件

设计与优化风电叶片的电磁制动驱动控制系统是增强风电机组运行稳定性和耐久性能的关键技术要素。此系统通过精确调控电磁制动器的行为，达成对叶片转速的高效管理，确保风力发电机能在多样化的风速环境下维持稳健运作。设计阶段，必须重视电磁制动的响应时效性、操控精度以及与主控制系统之间的协同作用，以强化系统稳定性。而提升耐用性，则有赖于精心挑选电磁制动元件的材质、创新的构造设计及其对外界条件的适应能力。实施利用高韧度、抗腐蚀材料，并融合科学的构造方案，能有效拉长电磁制动体系的使用寿命。

#### 3.3 加强环境适应性设计

设计风电叶片电磁制动驱动控制系统的核心目的是保证系统在各种严峻环境条件下维持其稳健运作。该系统通过对电磁制动器行为的精确引导，成功达成了对风电叶片转速的高效调控。风力发电作业进程中，依据风速的动态变化，应借由电磁制动实现桨叶转动速率的及时减缓或增快，以此保障风电机组输出功率的恒定性。

#### 3.4 建立维护管理体系

维护与检验风电叶片电磁制动控制系统是保障其长期可靠运转的重要步骤。此系统通过电磁制动机制实现对风电叶片的精确调控，维系风电机组的安全性与高效运作。为维护系统最优性能状态，规律性的检查以及维护工序极为必要，涵盖电磁制动组件的电气衔接检查、机械构造审查以及控制软件系统的全面诊断。电气衔接应被验证无松弛、腐蚀情况或损害迹象；机械构造检查侧重于刹车垫的损耗度与装配稳固性；控

制软件则应检测其逻辑准确性与反应时效性。此外，解析系统运行的综合数据，用以评判其性能是否达标亦为关键一环。经过这些周密的维护与检验程序，能够预先防范可能的故障，延长系统的使用寿命，为风能发电的持续稳定性提供坚实保障<sup>[3]</sup>。

### 结语

风力发电系统中，电磁刹车驱动控制装置的可靠性是保障其高效安全运行的核心要素。本文通过理论解析的视角，细致探究了系统可靠性背后的关键影响因子，并针对性地提出了改良策略。未来研究的展望在于通过实际案例的剖析与现场实践的验证，进一步确认这些策略的实际成效，并持续迭代优化设计，以期全面提升风电系统的综合效能。<sup>[4]</sup>

### 引用

- [1] 张辉.风电机组飞车案例分析及防治措施[C]//中国农业机械工业协会风力机械分会.第九届中国风电后市场交流合作大会论文集.内蒙古优利康达新能源培训学院有限公司; , 2022:8.
- [2] 姚叶宸,黄典贵.大型风电长叶片气动外形的高效低载三维设计[J].上海理工大学学报,2023,45(6):584-590.
- [3] 应华东.风电机组桨叶螺栓断裂失效分析及优化[D].杭州:浙江大学, 2022.

# 一种基于“陆海空天”多维感知的水域态势感知系统设计构想

文◆中电博微电子科技有限公司 孔经东

## 引言

中共中央、国务院印发的《国家综合立体交通网规划纲要》明确提出，要加强国际通道安全保障、海上巡航搜救打捞、远洋深海极地救援能力建设，并提出到2035年，基本建成陆海空天立体协同的交通安全监管和救助体系，有效保障国家安全。为此，交通运输部海事局提出建设目标为实现“经略海洋、布防要域、立体掌握、精准服务”的“陆海空天”一体化水上交通运输安全保障体系，推动“全域抵达、多维感知、高效协同、智能处置”的全要素水上“大交管”建设<sup>[1-2]</sup>。本文以通过陆海空天多维感知手段构建大范围预警感知能力为主线，探讨多维水域态势感知系统的设计构想，为构建“陆海空天”一体化水上交通运输安全保障体系提供参考。

## 1 现状与问题

### 1.1 我国水上动态感知能力现状

交通运输部数据显示，截至2022年底，我国已建成全国沿海各港口以及长江下游VTS

(船舶交通管理系统)中心54个，雷达站391个，监管覆盖水域20万平方千米，基本覆盖沿海港区大部分水域和重要航段；建成AIS国家数据中心1个、海区数据中心3个、AIS基站610座，基本实现全国沿海和内河四级及以上高等级航道全覆盖；建成视频监控中心250个，监控点2000多处，实现重点港口码头监视可视化；建成国际海事卫星北京关口站、船舶远程识别跟踪系统；建成沿海北斗地基增强系统站点110座，覆盖我国沿海渤海湾、长三角、珠三角和台湾海峡等重要海域<sup>[3]</sup>；北斗短报文系统已加入全球海上遇险与安全系统(GMDSS)，成为继海事卫星系统、美国铱星系统后第三个通过IMO认可的GMDSS卫星通信系统。

### 1.2 存在问题

当前构成我国水上动态感知能力的系统主要以VTS、AIS、CCTV等设备为基础，感知范围仅能覆盖到沿海20至35海里，局限于内河与近海水域，存在监控盲区且缺乏主动识别能力。卫星船舶自动识别(AIS)、卫星甚高频数据交换系统(VDES)、船舶远程识别与跟踪系统(LRIT)、北斗等系统虽可在30海里外水域感知中发挥一定作用，但AIS数据自主可控程度低、VDES卫星星座仍在建设当中、LRIT系统信道容量与更新率不足等问题依然存在，并且包括北斗系统在内，均无法探测非合作目标。综上，我国水上动态感知存在难以实现对深远海域以及非合作船舶的主动感知和实时跟踪识别问题。

## 2 需求分析

以陆海空天多维感知手段构建多维水域态势感知系统，利用对大范围水域的全天候、全天时、全方位态势感知能力，实现对我国管辖全水域船舶动态的全面掌握、重要通道和战略支点的即时感知，是建设“陆海空天”一体化水上交通运输安全保障体系，全面保障海上供应链安全畅通的必然要求。多维水域态势感知系统应具备以下能力。

### 2.1 广域信息感知能力

对内河、近海监管场景的船舶、航道、航标、建筑物、船闸、锚地

【作者简介】孔经东(1989—)，男，安徽合肥人，硕士研究生，工程师，研究方向：雷达系统。

等基础设施以及深远海区域舰船行为进行主动探测，实现对通航环境以及战略纵深的广域泛在感知，为公共安全风险预警、违法犯罪打击等业务应用提供数据支撑。

### 2.2 通航船舶监管能力

主动采集通行船舶的船名、类型、船长、船宽、航向等信息，对单位时间内通过航道截面的船舶流量进行统计和可视化呈现，以便于监管，并为用户后续的业务建设规划提供参考。

### 2.3 船舶行为分析能力

探测、跟踪、记录并重访船只一定时间段的运动轨迹和速度，自动分析船只行为并识别异常可疑船只，对疑似违法船舶、黑名单船舶、异常关闭 AIS 船舶等进行报警。

### 2.4 支撑执法取证能力

支撑执法部门调阅通航视频监控资源，将可疑视频、图像信息保存，通过雷达光电联动实现目标报警与自动抓拍跟踪。对涉案海事场景船舶航迹、视频资料进行记录、存档，并提供证据支撑。

## 3 系统设计

### 3.1 总体思路

多维水域态势感知系统利用遥感卫星、空基无人传感器、球载传感器、岸基传感器、海巡船、无人艇等多维手段，对大范围水域内大型水面舰艇、中小型移动和固定目标进行主动探测和跟踪识别，融合北斗、AIS、VDES 等信息，形成目标分布态势图，联动岸基、船载光电设备对目标取证跟踪，实现“远海跟踪、近海可视”的广域感知。

各级指控中心按照管辖范围和权限管理跟踪水上目标，通过水上动态监管平台实时掌握监管水域内目标分布、航迹、航向、速度等信息，通过目标筛选、跟踪、区域警戒、光电联动对特定区域、特定类型船只进行 24 小时实时监控、报警、记录，对管辖水域实施全面、动态监管。

### 3.2 架构设计

多维水域态势感知系统主要由天基遥感、空基监视、海岸监视、船载巡视 4 个系统构成的基础感知网络和 1 个动态监管平台构成，构建多层次指挥控制中心共享监管平台，实现对监管水域的分级、分域管理，并具备陆海空天全域覆盖、连续跟踪、精确识别、高效决策、快速处置等能力，全面保障海上交通安全。

### 3.3 系统组成

#### 3.3.1 天基遥感系统

天基遥感的主要手段包括 SAR 遥感卫星、光学遥感卫星两种。SAR 遥感卫星具备全天时、全天候监测能力，可实现高分辨、大范围海域监测，且不受光照条件、恶劣天气等影响。我国高分三号系列卫星已顺利实现“三星组网”，平均重访时间缩短至 5h 以下，单日成像可达 5 次。商业遥感 SAR 卫星“海丝一号”“巢湖一号”“泰泉四号”“涪城一号”等相继发射，实现了 1m 分辨率、D-InSAR 和星上图像处理等能力。未来，我国民用遥感 SAR 卫星星座的逐步完善将使平均重访时间下降至 1h 以下并实现更高精度分辨率，大幅提高观测时效性与精确性。而人

工智能与深度卷积神经网络技术的发展使大规模 SAR 数据船舶目标智能识别的研究成为可能，从而解决传统 CFAR 检测器无法有效检测处于极度异质背景中目标的问题。

天基遥感系统通过卫星地面测控数传站接收和解析 SAR 遥感卫星和光学遥感卫星两种传感器的数据，并对卫星进行状态监视、姿轨控制、资源调度等，从而实现对深远海水域的全天时、全天候态势感知。

#### 3.3.2 空基监视系统

空基监视的主要手段包括临近空间平流层飞艇监视平台、系留气球、长航时无人机平台和传感器无人机等。实际使用时可选择一种或多种手段组建空基监视系统。

临近空间平流层飞艇一般飞行在 20km 以上高空，形成慢速亚轨道平台，实现持久驻空与前出探测，可搭载多种载荷执行目标探测、通信导航、情报收集、遥感监测等任务。其中，通过搭载高性能有源电扫相控阵雷达、多波段广域高分辨率光电载荷，平流层飞艇可实现对海面目标的全天时、全天候广域探测跟踪与精确定位。系留气球可实现类似功能，相比飞艇滞空时间更长。

长航时无人机平台可搭载预警雷达、光电、SAR 等载荷，实现对中远海域的实时监测。例如，航天彩虹无人机股份有限公司研制生产的彩虹-5 无人机，最大起飞重量 3300kg，任务载荷 480kg，最大飞行速度 290km/h，最大升限达 8000m，续航时间可达 35h。该机作为最先进的大型多用途无人机，可搭载全天候侦察载荷，其海洋应用型于 2020

年完成首飞并在 2022 年第十四届中国航展上公开展示。传感器无人机将雷达传感器与无人机平台融为一体，并可安装多种通用任务载荷，实现情报、侦察、监视等多种功能，可单独执行常态化预警监视等任务，也可与其他装备协同组网。在卫星中继的协同下，可实现对无人机的超视距指挥与控制，理论上 3 颗部署合理的卫星即可实现全球覆盖，使无人机飞行员可在全球任何地点接收无人机传感器的遥测数据并实时掌握其飞行状态，大幅便利了指控中心的态势感知信息融合与指令传达。

### 3.3.3 海岸监视系统

海岸监视系统由多个前端探测站点组网构成，前端探测站点集成船舶监视（VTS）雷达、AIS/VDES 和光电设备等多种感知手段，可主动探测水面目标并实现连续跟踪。前端探测站点通过 VTS 雷达与光电设备联动，并与 AIS/VDES 系统信息相互印证，对水面船只进行跟踪、监视、识别与报警，具备高集成、高可靠性，可无人值守运行，多点组网实现内河航道与近岸 30 海里左右水域的连续覆盖监测。

近年来，国产化 VTS 雷达取得了长足进步，国内已有多个厂家具备性能领先的成熟产品，如由中电博微电子科技有限公司控股的四创电子（600990）、中国电科西北集团有限公司以及中国船舶集团第八研究院等。其中，四创电子开发的 SCR-127 型 VTS 雷达，采用 X 波段、裂缝波导天线、全固态脉冲压缩技术体制，性能满足 IALA G1111 最高标准，量程最多可达 96nm，能够跟踪监视水面运动船只的位置、航速、航

向等参数，也可跟踪监视锚泊船只、灯塔、浮标等静态目标位置，为船舶监视系统提供基础数据。

### 3.3.4 船载巡视系统

目前我国排水量千吨级以上的大型海巡船有 9 艘，通过增加大型海巡船数量，结合中小型海巡船，并与无人艇编队协同作战，进行联网探测与信息融合，是本文构建我国海上船载巡视系统的主要思路。

大型海巡船对提高深远海水域的航海综合保障能力至关重要。例如，2023 年 9 月 21 日正式列编的“海巡 08”，是我国海事系统目前规模最大、装备最先进、综合能力最强的大型专业测量船，可支撑海事部门实现高精度、高分辨率获取，处理和挖掘从浅水到深水、从水表到浅地层的海洋空间地理信息数据，推动以航海信息为主的海洋地理信息采集全覆盖。

无人艇是一种具有自主规划、自主航行能力，并可自主完成环境感知、目标探测等任务的水面平台，可搭载多种不同的载荷模块以执行多种任务。无人艇信息感知系统正向着多传感器融合、跨平台多传感器协同方向发展。

### 3.3.5 态势监管平台

海上态势监管平台基于电子地图、海图，融合天基、空基、岸基、舰载传感器网络信息，在“一张图”上展示监管海域的全景态势，并将各级海事指控中心连接起来，构建分布式情报处理体系，协同气象、渔政、海警等部门，共享海上态势情报。主要功能包括区域电子巡航、区域态势显示、目标身份识别、目标风险评估、疑似目标报警、目标轨迹跟踪等，并支持远程调拨遥感卫星、无人机等对关键区域执行重点监控。该系统可实现多系统、多平台数据互通，并可协同海警等部门进行执法船指挥，实现动态监管和统一调度。

## 结语

构建“陆海空天”多维水域态势感知系统是一个长期且复杂的过程，本文所提及的多种态势感知手段中仍有一些技术尚不成熟。在当前阶段，要完全实现对 200nm 专属经济区，尤其是战略纵深海域的全天候、全天时、全方位态势感知能力，仍有较长的路要走。此外，海事监管体制机制变革、多级指挥控制体系与多部门联动协调效能提升等也将对实现全域态势感知能力建设起到举足轻重的作用。

未来，随着我国“陆海空天”一体化水上交通运输安全保障体系建设的不断推进，相关技术的发展和應用將不断完善，“陆海空天”多维水域态势感知系统将为全面保障海上供应链安全畅通发挥重要作用。<sup>[8]</sup>

## 引用

- [1] 曹德胜.关于“陆海空天”一体化水上交通运输安全保障体系构建的初步思考[J].水上安全,2022(1):1-7.
- [2] 交通运输部海事局.交通运输部海事局关于印发《全要素水上“大交管”建设工作方案》的通知[Z].北京:北京交通运输部海事局,2021.
- [3] 张蕾,张兰兰,刘锦洋.数说“太空全能神探”[N].光明日报,2022-04-08(8).

# 风电与光伏自动电压控制（AVC）系统的多目标优化与控制策略

文◆新疆能源（集团）哈密清洁能源有限责任公司 李鹏 王东 王有河 徐炜哲 王兴杰

## 引言

近年来，全球范围内对可再生能源的需求日益增长，促使风力发电与光伏发电技术得到了前所未有的推广与应用。在这两大新能源领域，自动电压控制系统（AVC）在维持电网稳定性方面扮演了核心角色。本文深入探讨了风电与光伏自动电压控制（AVC）系统的多目标优化与控制策略，着重分析了电压控制在现代电力系统中的重要性及其对电能质量的影响。通过详细阐述光伏电站和风电系统在维持电压稳定和无功功率平衡中的关键角色，揭示了可再生能源发电系统在电力网络中的不可或缺性。为了提高系统的安全性、合规性和运行效率，提出了一系列针对光伏与风电 AVC 系统的优化策略。这些策略不仅支持了可再生能源的有效整合，还增强了电网的整体稳定性与可靠性，为未来智能电网的发展奠定了坚实的基础。

## 1 风电与光伏电站的电压控制需求

### 1.1 电力系统电压稳定的重要性

电力系统运行中，电压稳定性扮演着核心角色，直接关系到电能质量的优劣。作为评估电能质量的关键指标，电压稳定性对电力设备的运行效能与寿命有着深远影响。通常，电力设备在额定电压状态下能展现出最优的技术性能以及经济效益。因此，确保电压的持续稳定，既是保障设备正常运转的基石，也是推动电网高效运行的必要前提。实践中，电力系统面临负荷的动态波动与电网架构的复杂性，导致电压偏差成为常态挑战。此类偏差会引起设备性能衰减、能耗上升，并触发更重大的电力系统事故。鉴于此，有效控制电压稳定性成为电力系统设计与操作中亟待攻克的基本课题<sup>[1]</sup>。

### 1.2 光伏电站的无功功率平衡

随着太阳能光伏发电技术的不断进步及其在全球电力供应体系中比例的持续增长，光伏电站对于无功功率平衡以及电压稳定性的作用愈发凸显。无功功率作为维持电网电压水平的基本要素，其有效调控对电力系统的整体稳定性起着决定性作用。现今的大中型光伏电站，除却发电

的基本职能外，还肩负着电网电压调控的任务，主要通过实施无功补偿技术达成。具体而言，无功补偿涉及根据电网的实际瞬时需求调整无功功率输出，从而确保电压的稳定状态。

无功补偿技术主要是通过部署静止无功补偿器（SVC）和静止同步补偿器（STATCOM）类装置实施。这些装置能够对电网状况的变化作出动态反应，在遭遇瞬时干扰或负荷变化时，能够快速调整无功功率的输出量。通过科学配置和高效调度无功补偿设施，光伏电站不仅能有效参与电网电压调节的进程中，还显著提高了电站的运营效率，并对电力系统整体的稳定性和可靠性起到了核心支撑作用<sup>[2]</sup>。

### 1.3 风电系统的电压调节需求

风力发电系统作为现代电力体系中一个日益关键的构成部分，其电压调控的需求日益增长且愈加复杂。类似于光伏电站，风力发电系统的并网大幅提升了电网的复杂程度，尤其在无功功率控制与电压稳定方面带来了更为严格的技术挑战。在风力发电系统的运行过程中，由风速

【作者简介】李鹏（1988—），男，甘肃张掖人，中级工程师，研究方向：电力专业、电力系统及其自动化。

波动引发的功率输出变化，使电网电压面临不稳定性问题增加。因此，针对风力发电系统的电压控制策略，应实施精密的优化设计以确保其效能。

改进风电系统中电压控制策略的核心在于实现无功功率的高效动态管理，包括利用风力发电机组内置的无功功率调节机制以及外部部署的无功补偿设施，这些设备依据电网当前的实际运行状况，灵活地进行无功功率调节，以维系电网电压的稳定性。此外，变压器抽头的自如调节构成了风电系统电压控制的另一重要支柱，通过变动变压器的抽头位置以适配电网电压的波动，进一步巩固了整个系统的稳定运行性能<sup>[3]</sup>。

借助精准的电压控制手段，风电系统不仅促进了发电效能的提升，还有力保障了电网运行的稳定性。这一特性在大规模风电接入电网的情境下显得尤为关键，直接关系到风电供应的稳定性和可靠性。良好的电压调控实践能够缓解由电压波动引发的发电损耗以及设备损伤问题，进而增强风电系统的经济效用，延长其运行周期。

## 2 自动电压控制原理与策略

### 2.1 AVC 系统基本原理

在当代电力系统领域，自动电压控制（AVC）系统扮演着至关重要的角色，其设计宗旨是为了达成无功电源与电压调节装置管理的高效率自动化。通过融合尖端的计算机科技与高度整合的通信网络资源，AVC 系统能持续监控电网的实际运行状况，并在此基础上展开智能化分析与决策过程。该系统的核心理论是对电

网各节点电压值以及无功功率分配进行动态优化调节，以确保电网运行的安全性、可靠性和经济效益最大化。

AVC 系统运行机制包含多个协同作业的功能模块。初步阶段，系统借助传感器与通信设备实施实时数据收集，涉及电压、电流、功率因数等电力参数的获取。这些第一手资料构成了后续状态评估的基石，使系统能够对电网的即时状况进行精细建模与预判分析。在此基础上，优化计算模块利用复杂的运算法则，在满足电网运行限制条件以及目标函数的前提下，制定了调控策略的最优解。此过程深入应用了非线性优化技术，有效应对电网结构的复杂度以及非线性属性。

当优化计算进程结束后，AVC 系统将即刻分配控制指令至关联的电压调节设施以及无功补偿设备。这些指令的精准实施保证了在电网负载变动与外界干扰情境下，敏捷调控电压层级与无功功率分配，有效抑制电压波动对电网稳定性带来的不利影响。借此动态适应机制，AVC 系统不仅增强了电能品质，还极大促进了系统运行效率，缩减了能量损耗，达成了电网资源的最优化配置与经济化运行目标。

### 2.2 AVC 控制策略

#### 2.2.1 逆变器控制策略

在太阳能光伏电站的运行过程中，逆变器作为构成自动电压控制系统（AVC）的中枢调节元件，发挥着不可或缺的作用，主要承担着无功功率精确调控的职责。其控制策略依据于电网状况的即时监控与分析，灵活地调试无功功率的输出量，旨在维系电网电压的稳定状态。此过程凸显了逆变器对于电压波动的迅速反应能力，能够即刻介入提供必要的无功功率支撑，实现电压水平的快速平衡。这一特性不仅增强了光伏电站对电网调节的效能，还加强了其在电力系统中总体的稳定度与适应力。通过执行精密的控制算法，逆变器能够动态适应负荷变动和外部干扰，保障电力输送的连贯性与品质。凭借其高效的调节性能，逆变器成为优化光伏电站与电网交互作用的关键要素，有力推动了电能传输与分配效率的提升。

#### 2.2.2 无功补偿装置的协调

在面对电网工况的复杂性时，单一依赖逆变器的调节效能难以全面迎合电网对于无功功率的全部需求。在这种情境下，自动电压控制系统（AVC）必须介入以协同其他无功补偿设施，如静止无功补偿器（SVC）与静止同步补偿器（SVG）<sup>[4]</sup>。这些装置通过补给额外的无功功率，实现电网无功功率配置的优化，从而维系电压稳定。AVC 系统凭借高精度的监控工具和先进的控制算法，精确评估各个装置的运行状况，并科学调配逆变器与无功补偿设备的任务分配，力图达到资源使用的最大化效益。这一套多层级、跨设备的协同管控策略，确保了即便在电网负荷动态变化或遭遇意外故障的情境下，系统依旧能够维持顺畅运行，大幅增强了电网的综合性和可靠性。通过这样的协作控制机制，AVC 系统在强化电力系统安全稳定的同时，有力推动了新能源电力的有效集成与应用。

## 3 多目标优化的实现

### 3.1 安全性优化

在可再生能源领域，尤其是太阳能光伏发电与风力发电系统中，安

全性的维持是确保系统稳定和可靠运行的根本。随着电力系统的架构日趋复杂且互联系统日益广泛，强化安全保障措施显得尤为重要。现今的电力系统通过融入先进的传感技术与高度智能的自动化管理系统，其安全性能得到了显著提升。在此过程中，传感技术扮演了核心角色，能够实现实时监控并采集系统运行的一系列关键数据，涵盖电压状况、无功功率变化以及外部环境因素（如温度、湿度、风速）。这些数据的即时获取为系统提供了全面的运行状态信息，为后续的系统状态评估与策略决策奠定了坚实基础。

自动化控制系统依据传感器采集的数据，开展即时分析与处理工作，旨在辨识潜在的安全风险。这些风险源自电压波动所引发的设备故障或系统运行不稳定，而系统配置的快速响应机制使自动化控制能够即刻采取相应行动，实时调节与介入，从而维系电力网络的稳定运行状态。具体来讲，通过操控无功功率的输出量、优化负载配比等方式，自动化控制系统能确保系统电压维持在安全阈值内，有效防范潜在的安全事故。

### 3.2 合规性提升

确保太阳能光伏与风力发电系统符合规定是其在当代电力市场中得以推广与发展的关键要素。在此情境下，自动电压调节系统的设计和部署必须严格遵守由 IEEE（电气与电子工程师学会）和 IEC（国际电工委员会）等国际权威机构所确立的标准与法则。这些标准不仅汇总了技术规格，还涵盖了设备互操作性、抗电磁干扰能力、运行的可靠性以及对不同环境的适应性等多个维度的综合性指导原则。

依据这些准则，太阳能光伏和风力发电系统能确保其技术和管理层面的符合性，防止因未达到标准而引发的违规情况和法律后果。同时，增强符合性有助于提升系统在市场上获得的信任与接纳程度，奠定坚实的市场声誉基础。对企业来说，不仅降低了法律与运营风险，还为其开拓了更加宽广的市场发展空间。

合规性增强还驱使了可再生能源领域的技术革新与飞跃。企业在设计与运营环节严格执行规范，力保其产出和服务能满足国际市场的技术规格与品质基准，进而加快了可再生能源技术的国际化推广与实践步伐。这一系列标准化与合规化进程，为可再生能源产业的长期发展构建了稳固根基。

在当今技术日新月异的背景下，合规性已成为企业通向市场的关键“准入证”，同时也是维系并提升市场竞争力的关键要素。光伏与风电企业通过紧密跟踪行业规范的最新进展与优化趋势，能够敏捷调整其技术应用与管理模式，以适应市场环境和趋势的快速变迁，确保在激烈的行业竞争中占据前沿位置。这一持续演进的合规管理策略，为企业的长期发展铺设了坚实的基础，为促进可再生能源在全球的广泛普及与可持续发展贡献了重要力量。

### 3.3 运行效率提高

电力系统日常运行中，自动化系统的整合极大削减了人工干预的需求，促成了全面运行效能的提升。通过自动执行各类复杂调控与管理职责，优化了电力资源配置和利用效率，保障了电网在高强度负载环境下维持稳健运行状态。特别在面临高峰负荷期时，自动化系统能迅速适应负荷

变动，调节电压与无功功率配比，确保系统的动态均衡。不仅增强了电力系统的灵活性与应变能力，还大幅缩减了运营成本，为可再生能源的大规模融合应用奠定了坚实基础，加速了能源结构的改进与转型升级进程。

## 结语

自动电压控制（AVC）技术在光伏电站与风力发电站中的实施，对于增强电网电压稳定性与提升运行效率起到了积极作用<sup>[5]</sup>。展望未来，伴随技术演进与需求变迁，AVC 系统将不断进化，朝向更高智能化与效能比的方向发展。本研究通过深入的理论探讨表明，应用于风电和光伏电站的自动电压控制系统所采用的多目标优化策略，不仅对电网综合性能的提升有所助益，还为可再生能源的有效利用奠定了坚实的基础。随着“双碳”目标的深入推进，预示着风力与光伏发电的自动电压控制技术将迎来更为宽广的发展天地。■

## 引用

- [1] 徐溶峰. 电网中的三级自动电压控制及其优化[D]. 南京: 南京邮电大学, 2021.
- [2] 吕树冬. 兴安电网自动电压控制系统的应用研究[D]. 长春: 长春工业大学, 2019.
- [3] 黄凯. 大电网电压无功自动控制关键问题研究[D]. 南京: 东南大学, 2018.
- [4] 屈爱艳, 袁玉宝, 陈洪雨, 等. AGC 与 AVC 在光伏电站的应用与实现[J]. 电气技术, 2016(6): 146-148.
- [5] 程彩艳, 施佳锋, 马冬冬, 等. 基于三级电压控制的宁夏电网 AVC 系统的建设[J]. 宁夏电力, 2012(4): 1-6.

# 基于云环境的血液管理 信息系统数据备份优化策略

文◆安徽省血液管理中心 李响

## 引言

公共卫生安全一直是国家和公众关注的重点，中心血站作为承载公共卫生安全的重要场所，对于信息数据记录、整理与保存至关重要。现今，计算机网络技术一方面促进了生产力的提升，另一方面也为数据保存与利用提供了优化路径。本文从当前血液管理信息系统数据备份情况出发，尝试提出相应的优化策略，以便于血站和临床医疗机构正常开展采供血业务，为血液质量安全提供必要保障。

## 1 背景

信息时代背景下，我国采供血系统应加快完善信息管理系统，实现业务管理、数据分析的系统化、标准化建设。血站和医院工作人员将采集、加工、检验、输注等业务数据录入信息平台中以满足数据分析、利用的需求<sup>[1]</sup>。为顺利实现采供血工作资源保障以及完成临床救治的重要工作，重视其数据保存与备份十分必要，相关人员应从在工作中发现的问题出发，提出有针对性的处

理措施，以满足采供血业务系统的正常运转。

## 2 血液管理信息系统数据备份现状分析

### 2.1 现有数据备份情况分析

数据备份就是利用存储设备实现相关信息、数据的收集与存储。现有的数据备份方式可分为两种，一是完全备份（Full Backup），二是增量备份（Incremental Backup）。完全备份是指对所有选定的文件和文件夹进行备份，不依赖文件的存档属性，确保备份集中包含所有数据的完整副本。这种方式的优点在于恢复数据时速度快，因为所有需要的文件都包含在同一个备份集中。其缺点在于其需要最多的存储空间，且在备份过程中占用大量的网络带宽。如果备份的数据量较大，还会导致备份过程耗时较长。增量备份仅备份自上次备份（无论是完全备份还是增量备份）以来发生更改的数据。这种方式的优点在于其占用的存储空间较少，因为只备份新的或更改过的数据。此外，增量备份还可以进一步细分为差异增量备份和累积增量备份。差异增量备份在恢复时需要最新的完整备份集和最新的差异增量备份集，通常恢复速度较快，而累积增量备份则需要从最后一次完整备份以来的所有累积增量备份集进行逐一恢复。增量备份的缺点在于恢复过程比较耗时，因为需要按顺序恢复多个备份集，且如果任何一个增量备份集丢失或损坏，则无法进行完全恢复。

### 2.2 现存数据备份问题分析

目前，安徽省血液管理信息系统所使用的数据备份方式以完全备份为主，相关人员将应用数据传输到对应服务器后，对数据进行逻辑备份。恢复相关数据时应在搭建数据库的基础上，重建信息对象并导入数据后恢复相应信息。但该方式存在的问题，一是备份流程相对复杂，需搭建数据库、重建对象实现数据恢复。二是备份时间无法更新，恢复数据所体现的时间点只能为数据备份时间点。三是传输效果较差，使用完全备份方式传输数据，系统虚拟化后，存储的工作效率降低，容易导致系统卡顿。四是在传统数据备份方式的影响下，信息系统每日处

【作者简介】李响（1980—），男，安徽合肥人，硕士研究生，高级工程师，研究方向：血液管理与信息化、公共卫生管理与信息化等。

理工作量较大，系统工作不流畅，容易出现反应滞后问题。五是数据本身容易因人为操作或数据备份安全等级较低等原因出现安全风险。

### 3 血液管理信息系统数据备份的优化分析

#### 3.1 科学选择备份策略

针对数据备份效果不佳、工作效率低下等问题，应科学选择相应备份策略，在了解不同备份方式优缺点的基础上，选择符合血站工作实际的备份方式，并调整备份时间、数据传输方案等增强备份策略的实用性和有效性。

(1) 重视备份策略比对。目前常用的数据备份方法分为完全备份、增量备份两大类<sup>[2]</sup>。通过比对可以发现差异增量备份恢复所使用的数据文件相对较少，只需包括最近完全备份文件和最近累积增量备份数据两部分内容。而累积增量备份在同样的工作环境下，在进行数据恢复时需对最后一次完整备份以来的所有累积增量备份集进行恢复，恢复速度较慢，但存储空间使用较少，数据保存更加全面。因此，从血站业务情况出发，应选择累积增量备份方法。

(2) 利用数据灾难恢复计划，增强数据安全性。当发生重大事故时，利用数据灾难恢复计划迅速恢复业务，确保血站业务正常运行。相关人员应定期开展恢复演习，评估数据中心灾难恢复计划的可行性，增强灾难恢复计划的反应能力，确保管理系统可以正常运行。

#### 3.2 优化备份时间方案

优化备份时间，应重视备份时机的选择。在数据备份过程中使用的3种备份方式在时间利用上各有优缺点，因此应把握好备份时机。针对需实现数据完整备份的数据服务器，应采用增量备份的形式完成数据备份，时间应选择在工作较少的数据处理低峰时段，避免影响正常业务的开展。若是设备无须全天运作，则可以在晚上或使用率较低的时段完成数据备份。

此外，采取以下措施提升数据备份效率。(1) 定期进行数据备份工作，做好数据备份计划，避免出现同一时间备份大量数据的情况，降低数据备份系统运行压力，优化工作效果。(2) 实现分段备份，将所需数据按照一定标准分段，有序备份，以减少备份时间。

#### 3.3 选择合适的传输策略

(1) 重视备份工具的选择。应确保其稳定可靠，避免在数据传输过程中出现错误影响数据的完整性。此外，数据还应具备一定的兼容性，满足血站和医院间长期、大量数据的传输需求。(2) 在选定备份策略的基础上，制定匹配性强的传输策略。传统的文件传输方式有 ETP、WGET 等，但需压缩文件后进行传输。因此，应使用 Rsync 技术支持下的数据传输策略，相关人员只需传输差异数据文件即可，以减少磁盘空间被占用的情况，进而缩短备份时间，降低数据传输系统总体能耗<sup>[3]</sup>。(3) 保障数据传输的安全性。相关人员应构建安全的传输端点和传输通道，增强对数据传输的控制，避免出现端口被恶意破坏的情况。

#### 3.4 优化系统结构

##### 3.4.1 采供血业务管理

血站采供血业务涉及内容较多，数据传输和备份量较大，因此，想

要实现数据的有效备份和提取，应重视业务管理与调整，规范业务流程，确保各项工作环节所提供的血液数据真实、完整、有效。

(1) 采供血部门应明确数据信息记录标准和规范，将各类血液根据使用功能分类编码，如献血编码、血型编码等，便于数据传输，在备份时可以直接根据分类完成同类型血液信息的快速查找。

(2) 建设系统性强、业务流程明确的数据信息管理体系，整个数据记录与备份应包括个人信息、血液采集信息、检测信息，搬运、发出、销毁流程、收费情况、血液返还信息等。

(3) 应增强业务信息的时效性，相关人员应能够判断献血者、用血者的实际情况，确保采供血信息完整、真实。从实际备份情况出发，由于采供血业务的时效性较强，血站内信息变化较快，因此应采用完全备份的策略，将每日业务中产生的联机数据备份到备份服务器中。

(4) 运用人工智能、机器学习等技术，实现对异常、关键信息自动化识别，在智能分析的过程中，强化数据备份监控和管理效果。

##### 3.4.2 医院临床输血管理

对于血液管理信息系统而言，医院临床输血管理是其重要组成部分，所涉及血液信息为输血信息、病种/科室用血信息、血液库存、输血不良反应、紧急用血申请等，在对数据进行备份期间，应注重对此类信息实施优化。工作人员应结合具体需求，从血液检测、采集、制备、储存、报废以及医院的发放管理等各个环节对信息实施备份，为血液使用工作提供信息支撑。应以临床输血需求为核心，采用系统血液管理服务，

在献血和用血的过程中协同备份采供血信息，满足临床用血需求的同时，促使血站、医院共享血液库存信息，增强数据备份的全面性。

### 3.4.3 行政综合管理

结合行政综合管理特点，主要是从卫生健康行政部门入手，拓宽实际职能范围，使其对各个血站信息实施监测，以采供血业务、临床输血信息为主，提升查询效率，扩大信息备份范围，为后续血液资源的合理调配奠定基础。在具体应用过程中，针对献血者信息、血液类型、血液库存等信息实施备份，并采用共享模式，实现血液信息数据的统筹管理。

### 3.4.4 对外公众信息管理

要想实现血液信息高质量备份，相关人员应加大对公众信息的管理，即献血相关法律法规、预约献血（联系电话、姓名、时间等）。为保证血液应用的合理性，应以信息管理为基础，实现预约和个人信息的全面备份。

## 4 血液管理信息系统数据备份注意事项

为实现对数据备份情况的优化目标，应合理设置备份环境，在应用 Oracle 数据库的过程中，应保证其持续处于归档模式。此外，应合理修改环境参数，在顺利完善 Rman 备份参数的过程中，使其实现对文件的自动备份控制。Rman 技术在应用期间，可凭借 GUI、CLI 进行备份与恢复，保证各项初始化参数文件的自动化水平，使其满足实际需求的前提下，保证数据库落实正常装载目标，再与 Rsync 相结合，实现对差异数据的有效传输，避免产生重复读取。为进一步降低人为因素的干预，可应用 Rman

累积增量备份的方式，修改 Rman 备份参数，并借助备份脚本，运用 Rsync 实现完全备份、累计增量备份，结合实际需求，将数据保存到同一目录，顺利实现血液管理信息系统数据备份目标，进而提高数据备份质量<sup>[4]</sup>。科学配置相关参数，保证其可以实现正常工作目标。在数据传输期间，为实现数据增量的同步性，可运用同步文件时间戳，有效确定文件类型，明确其修改、新增情况，进而高效落实数据备份目标。

## 5 血液管理信息系统数据备份应用效果分析

在应用血液管理信息系统进行数据备份的过程中，为实现对应用效果的全面掌握，相关人员对数据备份完成情况进行了分析。以3个月为周期，在持续监测、记录的过程中，明确数据是否能够正常传输，分析结果显示数据备份稳定性较高，基本可达到100%。从数据完整性方面来看，结合实际情况，采取数据随机抽样的方式，对庞大数据基数随机抽检3~5次之后，明确数据完整性，在保证其满足实际要求和标准化的前提下，对其传输耗时进行分析。在这一过程中，采用数据泵的方式，对文件实施压缩，并对其实际耗时情况实施分析，数据库备份传输耗时情况对比如表1所示。结合数据信息，可直观发现采用“Rman+Rsync”方式，可直接缩短传输耗时，实现数据备份目标。从根本上来说，血液管理信息系统数据对于采供血相关业务具有至关重要的作用，数据备份的科学性、高效性可直接影响血站运行效率<sup>[5]</sup>。因此，相关人员可应用 Oracle 数据库，优化备份策略，提高数据备份的安全性。

表1 数据库备份传输耗时情况对比

周耗时	备份	传输	小计
数据泵	2345	105	4620
Rman+Rsync	1322	128	1450

## 结语

本文主要基于“Rman+Rsync”方式，在备份的基础上实现数据增量同步。与以往备份方式相比，该优化策略可在缩短备份时长的同时改善献血体验，提高血站工作人员的工作效率与服务治理质量。在具体应用期间，整个系统故障风险较低，可促使备份、传输同步进行，进而为血液相关业务的高质量开展提供保障。

## 引用

- [1] 史博伦,何发明,丁哲,等.急性Stanford A型主动脉夹层术后早期非洗涤式自体血液回收技术的回顾性分析[J].医药论坛杂志,2024,45(6):592-596.
- [2] 文海燕,侯全斌.基于医疗投诉分析工具的管理模式在血液中心投诉管理中的应用研究[J].中国输血杂志,2024,37(3):338-343.
- [3] 周雷雷,袁晓利.个案管理优势模式对维持性血液透析患者治疗依从性和疲乏状况的影响[J].临床医学工程,2024,31(3):375-376.
- [4] 刘彩飞,刘小敏,龙卓,等.血液净化用中心静脉导管相关血流感染防控管理的最佳证据总结[J].中国卫生质量管理,2024,31(3):45-50.
- [5] 王石娟,朱茂冰,卢昌媛,等.静脉通路安全管理在血液系统恶性肿瘤患者围化疗期的效果评价[J].中国医药科学,2024,14(5):165-168.

# 基于 VR 技术的高职英语 虚拟场景教学平台的设计开发与应用\*

文◆江西信息应用职业技术学院 孙敏 王琳 谭燕

## 引言

虚拟现实技术在高职教育领域具有广泛的应用空间，特别是针对以语境教学为重要特征的英语教学。相比传统的英语教育方式，虚拟现实技术可以通过计算机系统和相关设备模拟虚拟环境，为学习者提供生动逼真的沉浸感课堂环境体验，创造适合英语教学的虚拟语境，以此调动学生的学习主动性和积极性，培养学生在真实场景中的英语听、说、读、写能力，突破教学的重点和难点，提升课堂教学质量和效率，为高职英语教育教学改革与创新创造条件。因此，探索通过 VR 技术手段，开发设计高职英语虚拟场景教学平台，按教材课文教学内容，制作组成平台的系列 VR 课件，并引入教学过程之中，以创建适合英语教学的虚拟语境，进一步提升英语课堂教学质量和效率。

## 1 虚拟现实技术助力英语教学的需求分析和可行性

高职院校致力于培养具备一定专业知识、职业技能和素养的高素质技能人才，在人才培养过程中，实践技能的培养尤为重要。高职英语教学应注重情景化、互动性和沉浸式体验，重在听、说训练。然而，高职英语教学大多仍采用传统方式，即便教师讲解生动，学生认真聆听、努力学习，仍难以达到满意效果。随着高职英语教学改革地开展，广大教师深刻认识到英语沉浸式教学的重要性，将一些多媒体教学手段引入教学，如各类音频、视频、动画等多媒体资源。但这些方法难以创造生动、逼真、自然的沉浸式英语学习环境。教师试图通过课堂师生角色扮演方式，实施情景式教学，达到一定的沉浸式学习效果。但这种传统的英语沉浸式教学应构建对应的情景环境，需要师生配合，扮演角色现场演示，课前师生要费时费力反复演练，时间成本高、效率低。因此，英语情景沉浸式教学迫切需要虚拟仿真信息化技术的支持，创造合适的英语教学语境，改革英语教学方法，提高教学效率。

虚拟现实技术是以计算机系统为主要技术平台，综合运用显示技术、三维立体图形技术、音频视频多媒体技术、虚拟仿真技术、网络技

术等多种科技手段，借助 VR 设备，构建形象逼真的三维立体视觉、听觉、触觉等多重感官体验的虚拟现实场景，生成身临其境的沉浸感，并构成人机互动效果<sup>[1]</sup>。针对高职英语教学改革和创新，应借助虚拟现实技术，将原本需要机械记忆、抽象的英语教学内容转化为直观、生动、形象的语音、图片、动画和三维场景，设计开发沉浸式、交互式的高职英语虚拟场景教学平台课件，创设三维立体的虚拟世界，实现对高职英语学习的沉浸式虚拟场景，让学习者拥有实时、生动、逼真的英语学习语境。

伴随 VR 技术发展和应用，很多高职院校建设了 VR 智慧教室，配备了高性能计算机和 VR 设备，为虚拟现实技术助力英语教学搭建了良好的开发和应用平台。随着信息技术的发展和计算机的广泛应用，大批高职院校开设了计算机和媒体设计方面的专业，如软件技术、数字媒体技术专业、动漫制作技术、数字媒体艺术设计等。

\*【基金项目】江西省教育厅科学技术研究项目“基于 VR 技术的高职英语虚拟场景教学平台的设计与开发”(GJJ214507)

【作者简介】孙敏(1984—)，女，江西南昌人，本科，讲师，研究方向：英语教学、信息技术辅助英语教学。

## 2 基于 VR 技术的高职英语虚拟场景教学平台的设计开发

针对学校选用的高职英语教材，设计开发高职英语虚拟场景教学平台，根据教材中课文的教学内容、教学目标和教学任务，采用任务驱动模式，设计制作系列 VR 课件。虚拟场景教学平台课件的设计与开发需要英语教师与计算机应用研发人员的通力合作，反复沟通交流、探讨和实践。根据高职英语教学和 VR 技术的特点，精心设计 VR 技术在构建高职英语教学虚拟场景的实现方案，做到虚拟现实技术与高职英语教学的有效融合。具体设计与开发流程如下。

(1) 调研论证和需求分析。并不是高职英语教材中所有的教学内容都适合 VR 开发，必须以教学实际为导向，选择情景性、交互性强的教学内容，如课文中以呈现某种场景的场景类、互动交流的交互类、叙述人文历史事件的叙事类内容。切勿为了开发而开发，为了制作而生硬地制作。

(2) 教学设计。高职英语虚拟场景教学平台课件的设计应做到精心研究，结合学生学习基础和能

力，针对所选用的教学内容，拟定教学目标、课程目标、教学策略与手段，构思英语语言环境的虚拟场景。通盘考虑在一堂课中，VR 课件与其他教学方法的融合以及教学环节安排。

(3) 开发制作。精心搭建沉浸式、虚拟化场景，制作相关模型，综合应用场景、模型、音频、图形、动画，在设计布局、色彩搭配、模型制作方面讲究艺术美感，要对学习者具有艺术与感官的吸引力。实现学习者与虚拟情境中的角色对话以及

与场景和物体的多方交互，带

动学习者的口、耳、眼、脑、手等多种感官，多感官的有机配合和联动对英语学习非常重要<sup>[2]</sup>，有利于提升对英语单词、短句和课文的理解和记忆，将枯燥的英语教学课堂转变为虚拟环境下生动有趣的互动英语教学课堂。为了增强课件的趣味性和互动性，引导学生赶学赶超，在课件设计中，应设计卡通效果、入场登录、过卡闯关、得分排位等效果和功能。(4) 效果测试与修改完善。设计制作的高职英语虚拟场景教学平台课件需要反复修改完善，并投入教学实践中加以效果验证。验证是否正确呈现教学内容、达到教学目标，虚拟场景是否合理化设计，是否符合功能需求，是否好用易用，是否能实现英语学习环境的沉浸性、交互性、多元性和构想性等。

例如，设计开发《Zoo》一文的 VR 教学平台课件。该课文通过汤姆在管理员引导下逛动物园，以掌握常见动物的英文单词、描述动物习性的英文短句和短文。这篇课文场景性强，互动对话多，题材特别适合用 VR 开发出沉浸式体验场景。动物模型和馆舍模型也有丰富的、现成的网络资源，可以减少制作成本和开发周期。设计在虚拟情景中由学生扮演汤姆，进行虚拟角色代入，与动物园管理员进行互动交流。汤姆在管理员引领下参观动物园，在不同的动物馆舍，学生可以沉浸式体验动物的吼叫、鸣叫和动作行为，并触碰动物，中间穿插管理员的英文介绍以及与汤姆的对话。学生通过视、听、触等感官信息识别，与情境产生关联，建构交互模式，提高情境沉浸度和参与度。在狮吼鸟鸣的真实自然的背景音效中，系统要求学生根据观察到的景象和听到的语句，用英文来描述动物。学生通过音频系统录入语音，完成单词、短语和课文朗读、情景对话等课程任务。系统对学生提交的语音进行检测，对学生知识掌握情况作出客观有效的评价，实现教、学、训、考等环节一体化。在设计中，引入了小游戏的闯关思路，把课文介绍的 6 种动物，设置为 6 个关卡，设计分任务场景，开展任务性学习。参观过一种动物馆舍后，随即有一个小测试，测试是否准确读出动物名称单词，测试角色与管理员的对话，能否听懂以及正确回复有关动物的常见特征与习性问题的，而这些都是课文中要求掌握的知识点。

例如，设计开发《Weather phenomena》一文的 VR 教学平台课件。该课文介绍风云雷电等天气现象，学生要掌握这些天气现象的英文单词、描述天气状况的英文短句和短文。将风云雷电天气现象以 VR 形式呈现，通过导入风吹云涌、电闪雷鸣效果的模型和场景，有效地刺激视、听等感官，让学习者在逼真的、模拟的天气场景中观察和体验，并提供英文听说对话训练，促进学习者在英语学习中语感的生成和升华。设计闯关模式，按课文要求掌握的知识点，设计关卡，测试学习者能否准确读出这些天气现象的英文单词，能否用英文短句准确、流畅表述天气现象。

设计开发基于 VR 技术的高职英语虚拟场景教学平台，借助主流的开发技术和工具，主流工具具有技术成熟、资源丰富、开发效果好的特点。搭建三维场景，选择 Unity 或 Unreal Engine 虚拟现实引擎平台；模型制作采用 3D Max 或 Maya 三维建模工具软件，或在三维模型资源平台获得免费或付费的模型；交互式设计和后台数据分析功能开发，采

用 C# 脚本, Visual Studio 为开发工具;教学中采用的 VR 设备常用的有 HTC、Oculus 等头显品牌。英语课件制作应嵌入纯真的音频素材,音频源可以采用录制英语教师的配音,也可以从翻译软件中提取所需音频素材。为了降低开发制作难度和周期,VR 课件开发也可采用易上手操作、模块化的 VR 课件制作工具。由于 VR 技术尚处发展阶段,画面刷新率是一个需要攻克的技术问题,使用过程中容易出现卡顿现象,所以 VR 课件宜短小精悍。

### 3 基于 VR 技术的高职英语虚拟场景教学平台的应用

为了验证高职英语虚拟场景教学平台的应用效果,在学校选择同年级同专业的两个班级,分别设为实验班和对照班。实验班英语教学中采用高职英语虚拟场景教学平台,完成一个周期的教学任务后,测试学生的听、说、读、写、译能力,进行成绩排序和统计分析。在三轮教学效果测试中,实验班学习提升最快、成效最佳,成绩明显优于对照班。研究表明,学习者在虚拟环境中,获得视觉、听觉、触觉等多种与现实环境一致的体验,可以与虚拟环境中的各种对象进行实时互动,全身心地沉浸在虚拟场景中学习知识与技能。学习者并不是被动接受信息,而是通过促进学习行为的积极渗透,产生新意和构想,主动去探索知识。设计开发的高职英语虚拟场景教学平台在教学过程中的应用,受到了学生的欢迎。学生反馈在虚拟环境下创设出他们在学习过程中所希望呈现的语境,有很强的代入感,能够形成多种感官体验,既有知识性,又有趣味性和主观参与性,提升了他们主动学习的兴趣,有利于他们理解课文,提升对单词、短句和文章的听读水平。

由于 VR 技术和设备因素,VR 长时间使用存在一定的眩晕感,不适合长时间操作,不能成为日常教学手段的主体,只能起辅助教学作用。在课堂上,VR 课件要巧妙植入教学环节,并协调与其他教学手段的关系,多种教学手段相互衔接与融合<sup>[3]</sup>。切勿追求好奇或者是热闹的效果,不顾教学内容和教学目标需求,单纯使用 VR,也切勿在课堂上满堂使用 VR 手段。英语教师应根据教学内容与目标,考虑学生的学习能力和基础,不断进行实践和探索,探索出 VR 辅助教学的科学的、理想的应用方案<sup>[4]</sup>。除了在课堂应用 VR 课件,建议引导学生在课后使用,突破教学时空限制,发挥课件的最大效益。同时,为了提高学生的英语自主学习能力和学习积极性,在学校的支持下,VR 智慧教室在课余安排了开放时间,方便学生利用课余时间,应用高职英语虚拟场景教学平台课件进行英语课程的预习、复习和听读练习,巩固课堂所学,在反复练习中,不断提升英语听读能力。

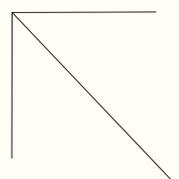
### 结语

通过基于 VR 技术的高职英语虚拟场景教学平台的设计开发与应用研究,改革以往传统教学模式,为学生搭建出逼真生动的英语学习环境,满足了以语境教学为重要特征的英语教学需求,将英语教学转化为

一个可以参与感知的过程。学生通过在虚拟现实场景中扮演角色,参与教学内容的呈现,沉浸在英语学习的语境中,深刻感受英语学习的情境,提高学习热情和主动性,增强英语学习和应用技能,培养英语素养。随着 VR 技术的发展进步,近年来元宇宙概念的推出,VR 技术助力英语教学得到快速发展。英语教师应积极学习了解 VR 和人工智能等新一代信息技术,观摩和学习这些技术在教学中的应用,通过基于 VR 技术的计算机辅助英语教学,为教学创建生动有趣的虚拟现实教学场景,让学生在过程中获取良好的学习体验,推动高职英语教学的变革。<sup>[5]</sup>

### 引用

- [1] 张冠萍.基于VR的英语互动学习系统设计[J].信息与电脑(理论版),2022,34(16):111-113.
- [2] 叶一青.多模态交互下VR于英语情境的应用及创新[J].佳木斯大学社会科学学报,2023,41(1):189-192.
- [3] 刘艺,李江涛.虚拟现实技术与职业院校教学手段融合的路径研究[J].河北职业教育,2022,6(5):40-44.
- [4] 范冬梅.基于虚拟现实(VR)技术的大学英语教学模式研究[J].海外英语,2022(4):216-218.



# IP 角色设计课程与 3D 建模打印技术结合与应用的探索

文 ◆ 武汉工商学院 汤澄莹

## 引言

IP 领域在商业市场中占据了重要地位，而 IP 角色设计作为 IP 的核心元素，设计质量直接影响 IP 的市场表现和受众接受度。因此，IP 角色设计成为相关设计专业的必修课程。传统的 IP 角色设计主要以平面图像为主，但随着技术的发展和市场审美的变迁，三维化的表现形式已成为大趋势。然而，在课堂教学中，三维建模后的画面表现本质上仍停留在平面阶段，无法像商品化一样形成实体制作。

得益于近年来 3D 打印技术的普及和广泛应用，3D 建模和 3D 打印技术的结合为 IP 角色设计课程带来了新的教学手段和实践机会，显著提升了学生的作品表现力和完成度。3D 打印技术不仅能够将虚拟的三维模型转化为真实的物理对象，使学生的设计作品更加立体和生动，还能帮助学生在实践中发现和改进设计中的不足，提升设计水平和创新能力。

基于此，本文结合实际教学操作流程，梳理在 IP 角色设计相关课程中引入 3D 建模和 3D 打印

技术的思路和课程设计，探索如何将 3D 打印技术融入 IP 角色设计的教学过程中，帮助学生更好地掌握设计技能，提升作品的市场竞争力和受众接受度。

## 1 3D 打印技术简述

3D 打印技术，又称增材制造技术。有别于传统的减材制造和等材制造，其基于计算机中的三维模型数据，将一个三维模型切片成多个二维平面，然后逐层堆积材料来构建三维实体，将数字模型转化为实体对象。

3D 打印技术不仅能够精确再现设计细节，还能够快速、低成本地制作出多个版本的原型。尽管 3D 打印技术存在一些弊端，如生产效率低、批量化生产困难、复杂模型耗时长等，但从学生个人以 IP 角色设计课程为跳板入门探索新技术的角度来看，劣势表现并不明显。同时，3D 打印技术为学生提供了一个全新的实践平台。通过这一过程，IP 角色设计课程中 3D 建模与 3D 打印技术的应用可以带来以下 4 个方面的优势。（1）增强表现力。3D 打印能够将学生亲自设计的虚拟三维模型转化为真实的产品对象，使学生的作品更加立体和生动。（2）提升完成度。通过 3D 打印，学生可以直观地看到设计的实际效果，及时发现并修正问题，快速迭代修改设计、提高作品的完成度。（3）激发创新。3D 打印技术鼓励学生进行创造性设计，尝试新的想法和解决方案，培养创新思维。（4）激励创作。通过实际看到自己的设计变成现实，学生的学习兴趣 and 动力会极大增强。成功的作品展示和反馈机制可以进一步激励学生积极参与学习活动。

## 2 3D 打印技术与课程的衔接

为了充分发挥 3D 打印技术在 IP 角色设计课程中的作用，采用实践导向型的教学设计，将角色设计课程与 3D 建模课程联合起来，强调学生完整体验，即从设计到实物制作的全过程。

除了常规的角色设计课程的平面设计流程外，需要额外关注的是 3D 建模打印部分，这也是本文的侧重点。本文将略过平面设计的部分，

【作者简介】汤澄莹（1990—），女，湖北武汉人，硕士研究生，研究方向：数字媒体艺术。

着重讨论 3D 打印部分。

作为增材制造的 3D 打印常见的工作流程基本包括 3 个步骤，分别是设计 / 印前准备、打印细节实践以及后期处理。本文将基于 3D 打印的工作流程，梳理课程设计的思路以及需要注意的关键细节。

### 2.1 设计 / 印前准备

在建模阶段，教师按照课程规划，指导学生学习并使用三维建模软件（如 Blender、Maya、Cinema 4D 等）完成设计。教师应提供详细的教程和示范，帮助学生掌握建模技巧。同时，鼓励学生进行创意设计，发挥个人特长。

在此阶段，可以将 IP 系列课程，如角色设计课程等与三维制作课程结合起来。鼓励学生使用自己在其他课程上完成的原创设计为原型，如以角色设计课程中完成的平面角色三视图辅助完成 3D 模型的制作。学生可以将之前设计的平面角色三视图导入三维建模软件，逐步构建出立体的 3D 模型。不仅能够巩固学生在角色设计课程中学到的知识，还能提升他们的三维建模能力。类似地，学生可以将其他课程中的设计作品转化为 3D 模型，实现多学科知识的综合应用。

从教学层面来说，这种课程整合可以打通专业内的各个课程，使课程间不再孤立。通过跨课程的学习和实践，学生能够更好地理解和应用不同课程的专业技能知识，提升综合能力。

对学生来说，跨课程的学习方式可以贯通专业技能的应用场景，打通技能间壁垒。不仅能够将理论知识应用于实际项目中，还能在实践中不断优化和提升自己的设计水平，增强设计创作的落地感与成就感。

### 2.2 打印细节实践

因为有别于单纯服务于视觉效果模型，满足 3D 打印需求的模型有其基于工艺技术的特点，为了避免学生在后期对模型进行反复修改、反复返工而造成的挫败感，在建模课程的整个过程中都要对学生植入基于三维打印制作的相关认知，养成良好的建模习惯。

#### 2.2.1 注意尺寸

以实体制作目标的模型制作，推荐以实际希望做出实体物的大小为数值，在建模时以标准化的数据输入建模，控制好建模中模型的大小。

例如，如果希望制作一个高度为 10cm 的模型，那么就在建模软件中设定相应的高度参数。尤其注意确保在建模软件中使用的单位与实际打印时的单位一致，避免因单位不匹配而导致的尺寸误差。在建模阶段尽量做到精确，可以减少后期调整负担。一旦模型尺寸出现偏差，后期调整会非常繁琐，甚至需要重新建模。在建模完成后，可以使用软件的预览功能检查模型的尺寸和比例，确保一切符合预期。

通过标准化的数据输入和真实比例的参考，可以使模型在建模阶段就接近实际效果，减少实际物体与设计想象之间的差距。使学生在建模过程中能够更好地预见最终成品的效果，提升设计的准确性。

#### 2.2.2 注意比例细节

由于 3D 打印技术的精度限制，设计时应特别注意模型细节的精度，尤其是最细薄处的厚度设计。3D 打印的本质是材料的逐层堆积，喷头的材料吐出有其极限粗细，不同的 3D 打印技术也有各自的表现极限。

因此，过于细碎的设计在实际打印中无法实现。以常见的 3D 打印机性能为例，所建模型的最细处应不薄于 2mm。对于确实需要强化模型效果的细节部分，可以引导学生灵活思考。例如，将建模模型设计成符合打印要求的粗细厚薄，然后在后处理环节中通过打磨和修整来达到预期效果。这样既能确保模型的可打印性，又能提升最终成品的视觉效果和质量。

#### 2.2.3 模型修正优化

在 3D 打印过程中，模型的修正和优化是非常重要的步骤，其直接影响最终打印成品的质量和功能性。为了确保模型的打印效果，应对模型进行一系列的修正和优化，具体要求如下。

(1) 单一壳体。针对刚接触 3D 打印的学生，应将模型设计为单一壳体，避免过多的分件。单一壳体的模型不仅更容易打印，而且在打印过程中更稳定，减少了拼接和组装的复杂性。

(2) 闭水性。确保模型具有良好的闭水性，即模型内部没有空洞或裂缝。闭水性好的模型在打印时能够更好地保持形状，避免程序识别出错。

(3) 允许简单穿插。模型可以包含简单的穿插结构，但这些穿插部分应尽量简化，在保证闭水性的前提下、避免过于复杂的设计。复杂的穿插结构会增加机器识别和打印难度，导致打印失败或成品质量下降。

(4) 可拆卸设计。对于必要的复杂结构，可以考虑进行后期二次分件拆件，分别打印后再进行组装。

(5) 高级模型修复。对于有更多接受力和更高技术水平的学

生，可以额外教学使用 Materialise Magics 类软件进行模型修复和一体化处理。通过学习，学生可以掌握更高级的模型修正技巧，如自动修复、手动编辑、布尔运算等，这些功能能够显著提升模型的质量和打印成功率。

### 2.3 后处理

常规意义上的后处理是指对打印成品进行一系列的精加工，以提升其外观质量和功能性。在完成模型 3D 打印后，这一阶段的工作在课程后期验收中尤为重要。

如果教学条件允许，可以带领学生学习切片软件，了解 3D 打印机器的基本原理。同时，鉴于目前 3D 打印市场的成熟和普及，作为设计专业的课程，学生的重点应放在掌握设计技能本身，能够制作出符合打印要求的模型即可，打印过程可以交由专业机构完成。是否学习 3D 打印机相关的知识，各学校可根据自身特点和资源情况进行选择。

学生选择外部代工打印是一个可行的方案，学校也可以统一联系相关工厂进行打印服务。

打印完成后，拿到的 3D 件通常是素模，进行简单的后处理，便可以提升其外观质量。常见的后处理步骤如下。

(1) 打磨。使用砂纸或其他打磨工具去除模型表面的粗糙部

分，使其更加平滑。

(2) 上色。使用丙烯颜料或其他适合的涂料为模型上色，增强视觉效果。

(3) 喷漆固定。使用喷漆等手段，防止褪色或脱落。

根据各学校专业的不同，后处理的具体方法和步骤可以灵活选择。安全且通用的方法是打磨处理后使用丙烯颜料上色，掌握正确的上色技巧同样能够达到良好的效果。

通过这些后处理步骤，学生不仅可以提升模型的外观质量，还能进一步增强对 3D 打印全流程的理解和实践能力。

## 3 课后反馈

在学生完成 3D 打印作品后，通过实物展示与评价是总结学生学习成果的重要环节。不仅能够检验学生的设计和制作能力，还能为他们提供宝贵的反馈和改进建议。

学校可以组织一场专门的展览，展示学生的作品。展览可以设在校内图书馆、艺术走廊或专门的展览室，为学生提供一个展示自己创意和技能的平台。

除了展览，还可以组织教师和行业专家进行集体评审。教师的专业意见能够指出技术上的问题和改进方向。行业专家的反馈能够提供市场和行业的视角，帮助学生了解作品的商业潜力和实际应用价值。

反馈不仅是对当前作品的评价，还是对未来学习的指导。通过评审和反馈，学生可以清晰地了解到自己作品的优点和不足，认识需要改进的地方。通过反馈不断积累经验，提升自己的设计水平和实践能力。

## 结语

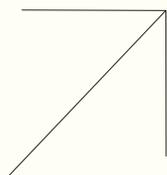
3D 打印技术的普及和应用已经是既定的趋势。拥抱新技术，将 3D 打印技术应用于 IP 角色设计课程中，为学生提供了全新的学习和实践工具，极大地丰富了教学内容和方法。

3D 打印技术能够将虚拟的三维模型转化为真实的物理对象，使学生的设计作品更加立体和生动。学生可以直观地看到设计的实际效果，更好地展示创意。同时，这种快速迭代的过程降低了试错成本，鼓励学生大胆尝试和创新，帮助学生发现并改进设计中的不足之处，提升作品的整体质量。

而学生通过操作 3D 打印机，可以将理论知识应用于实践中，提高动手能力和解决问题的能力。这种实践经验不仅增强了学生的自信心，还为他们未来的职业发展奠定了坚实的基础。掌握这项技能有助于学生在未来的职业生涯中更具竞争力。

最终，通过整个课程的完整流程，学生可以亲身体验从设计概念到实物制作的全过程，提升综合实践能力。

3D 打印技术在 IP 角色设计课程中的应用，不仅能够提升学生的设计能力和实践水平，还能够激发创新思维，促进跨学科合作，提高教学效果和就业竞争力。通过这一结合，学生将能够更好地适应未来市场的需求，抓住更多的发展机遇，实现职业发展的突破。■



# 化工自动化仪表及控制系统智能化分析

文◆中海油能源发展装备技术有限公司 邢东 高翔 曲波

## 引言

随着自动化、智能化技术的不断发展，化工生产进入变革时代。化工生产以自动化控制技术为基础，打造自动化生产过程。自动化仪表是化工生产中必不可少的部分，自动化技术在化工仪表中的应用在整个系统有效管理工作中占据重要地位，能够全方位监督控制化工生产流程。基于此，本文就当前应用于化工自动化仪表的控制技术进行分析，设计规划自动化仪表控制系统的整体架构，构建过程控制模块和数据采集模块，展现自动化仪表的自动化控制功能。

## 1 应用于化工自动化仪表中的控制技术

化工自动化仪表中最为常用的技术是自动化检测与修复技术、总线控制技术、分散式控制技术，通过多项技术的融合，为自动化仪表的使用提供更多可能性，使控制技术贯穿生产操作全过程。

### 1.1 自动化检测与修复技术

自动化仪表最基本的技术支持是自动化检测与修复技术，其能够满足化工产品在线生产检测的要求，减少其他因素对整个化工生产过程的干预。化工产品生产涉及多个环节，每个环节以及关键的生产节点出现问题都会对整个化工的生产过程造成影响<sup>[1]</sup>。因此，为实现化工生产的安全性要求，工作人员应实时掌握化工产品的生产状态和设备运行状态，为生产管理提供信息化支撑。而自动化检测与修复技术能够在自动化仪表的运行中，分析化工生产其他设备的运行情况，掌握当前设备的使用问题，对风险和故障作出分析，通过自动化修复手段，保证化工生产安全稳定地开展。

### 1.2 总线控制

总线控制技术可为自动化仪表的使用提供数字化、微型化以及开放化功能，上述功能能够助力化工企业实现当前的生产目标，并随着总线控制技术在化工生产中的广泛应用，其重要性日益凸显。总线控制技术在本文中，主要将自动化仪表与控制系统结合，通过现场总线控制与局域网组网的配合，共享化工生产过程信息，发挥自动化仪表与控制系统在化工产品生产中的最大优势。化工产品生产期间，会产生多源数据

信息，在控制系统与局域网的支持下，使化工生产流程与产品信息公开化，最大程度上保证产品生产的安全性。

### 1.3 分散式控制

成品、半成品材料是化工生产中常见的材料，而应用分散式控制技术能够监控产品生产的各个流程，通过分析产品生产的多种情况，为工作人员提供更为确实的证据和数据，以保证化工产品生产的可控性。当前，我国很多化工企业已经建立了自动化化工系统，而分散式控制技术为仪表控制系统的使用提供了技术支持。在分散式控制技术的助力下，自动化仪表与DCS系统相配合，实现了对现场产品生产的分级和综合管理。其整个生产核心在于控制，而在分散式控制技术的支持下，自动化生产过程逐渐完善，提升了现场分散的管控能力，真正做到对生产流程的监督控制，实现化工生产的一体化管理。

## 2 化工自动化仪表控制系统的整体架构与功能模块

基于上述自动化检测与修复技术、总线控制技术、分散式控制技术的分析，本文拟设计了一

【作者简介】邢东（1983—），男，蒙古族，内蒙古赤峰人，仪表工程师，研究方向：自动化控制、控制系统（DCS、SIS、PLC等）、智能仪表等。

款化工自动化仪表控制系统。该化工自动化仪表控制系统，主要针对化工产品生产期间出现的“跑料”或“过载”等问题，旨在利用自动化控制方法，满足生产实际需要。

### 2.1 整体架构

结合化工产品生产的实际需要，为实现生产系统自动化，在本文提出的系统架构中，选择以太网作为系统架构的核心网络。系统主要由服务控制器、数据库、冗余通信模块、控制模块组成。服务控制器是整个系统的中枢系统，对系统中的各个模块发布指令；冗余通信模块主要作用在于提升信息传输的稳定性，以免个别通信故障导致整体信息传输不畅；控制模块联合多个设备，实现对化工生产的一体化管控<sup>[2]</sup>。从当前系统结构可以看出，该系统集成了控制软件，并为保证自动化控制系统可完成数据采集，在系统中布置了16个数据采集节点，用于后续服务器查看和发出指令，决策后续化工产品生产。

### 2.2 过程控制模块

过程控制模块以以太网为核心网络，以控制器为核心系统，下设HMI网络模块、I/O机架、冗余电源。考虑冗余电源设计部分，为实现分层控制，共设计两个控制器框架，如果其中一个出现应用故障，那么可以替换另一个控制模块<sup>[3]</sup>。其中，HMI网络模块可为人机交互界面提供连接端口；I/O机架可实现对其他模块的控制。按照上述过程控制模块部署，为进一步提高对化工自动化仪表的保护作用，在设计过程控制模块时，首先，以模糊控制算法为主要算法，通过确定系

统输入输出量，分析自动化仪表的运行参数，构建自动化仪表的模糊语言集，并赋值隶属度函数，采用If-then条件语句完成该模块建模。其次，按照三相电压、三相电流划分代码段，求解三相电压、三相电流正序、负序以及零序分量。最后，对比计算结果和常见电流故障，判断过程控制模块功能<sup>[4]</sup>。

### 2.3 数据采集与数据库模块

#### 2.3.1 数据采集

在设计数据库过程中，应利用自动化采集工具，收集自动化仪表的各项数据参数，实时监控运行情况，并确定后续化工生产指令。在设计数据采集模块时，综合化工产品生产问题和需要，将ZMOT101作为电压互感器和高精度运放电路采集电压，在采集仪表信号的前提下，利用对称分量法分析当前仪表信号。

#### 2.3.2 数据库

化工产品生产期间会产生大量数据，这些数据在运行维护工作中可发挥重要作用，因此在设计数据库模块时，应考量化工数据处理的全面性以及高效性要求，按照生产数据字段，完成数据库设计。按照数据字段，可将数据分为ybmc、yszt、kzlj、sfjm、jmsf、jmkl，其集合成了数据信息录入库字段。待至完成数据字段设置后，为保证数据信息录入的安全性，在数据库中设计云端加密程序，应用数据密钥生成随机数据密钥，将化工生产数据转化为密文，待至数据加密后，数据库客户端运行，完成数据信息加密工作。

### 2.4 通信模块

在进行通信模块设计过程中，根据化工生产实际，以RS485通信电路作为通信模块核心。该模块额定工作电压为3.3V，共3个接口，用于仪表与通信模块之间数据信息的传输。在通信模块电路中，芯片选用SP3485EN，使数据信息传输速度达到10M/s，是目前数据传输速率最高的芯片。

## 3 化工自动化仪表控制系统的智能化功能

将上述化工自动化仪表控制系统投入使用，可实现智能降耗分析、完成数据计算、编程、仲裁、故障预测以及对化工生产模拟的完整管理和培训管理，真正实现化工生产的一体化。

### 3.1 能源管理与智能降耗分析

作业现场设备内介质处在-200℃~1800℃之间，在反应过程中会释放大量热量。为获取化工生产反应期间的结晶介质的析出以及能源的消耗，自动化仪表控制能够获取热电阻偶信号，借助分散控制技术分散化工生产信号，监测产品生产的能源消耗。在化工生产作业中，易进行结晶的介质以及其他介质都将成为计算生产消耗的参数，通过实时监测化工生产数据，对当前生产实验过程中的各类物料能效以及成分进行分析，以免生产后形成的产物对环境造成污染。例如，物料仪表盘运行期间，通过监测物料静电、浮力、电容，监测物料当前温度、液位、压力以及流量参数，详细分析物料反应结束后的排放物质，以免排放物质超出废物排放标准，对环境造成污染。

### 3.2 计算控制功能

自动化仪表控制系统与微型计算机连接,使化工生产产生的数据信息,可同步进行计算和处理。即使在化工生产中产生庞大复杂的数据信息,也能对数据信息进行精准计算。在进行化工产品生产期间,经常会遇到数据线性处理的需要,通过对化工生产数据信息的自检、测量以及校对,可保证数据处理期间排除其他数据信息的干扰。另外,在应用过程中,自动化仪表控制系统与微型计算机,共同完成数据信息的检索和优化,调整后续信息生产流程。

### 3.3 可编程过程控制

在以太网网络结构助力下,可直接对自动化仪表进行编程。在设计该仪表自动化系统时,加入计算机软件,其可代替硬件逻辑电路,提高仪表的使用性能。同时,在设计系统通信模块时,为保证 SP3485EN 芯片接口的有效利用,设置了 3 个通信接口,全部可以与自动化仪表进行对接,按照自动化仪表的编程逻辑完成通信,忽视硬件设备的影响。

### 3.4 系统冗余和仲裁

系统冗余是指在系统运行过程中,增加冗余的资源以及信息,使整个系统的运行不受到影响。在该仪表控制系统中,为保证资源的合理分配,对电源、传感器以及通信设备等冗余资源进行仲裁,避免因某项资源失效,造成后续数据资源采集和输出受阻。系统开启冗余模式后,可实现多个并行的数据采集和处理通路,当系统中某个单元出现故障时,系统将及时作出响应,并迅速切换到备用通路开展工作,以免影响化工生产<sup>[5]</sup>。系统资源冗余备份是在数据采集的基础上,对类似数据进行备份和仲裁,以保证数据信息处理的安全性和正确性。

### 3.5 设备故障的智能预测

本文设计的系统实现了多设备对应一个控制室,在总控制器的控制下,时刻显示设备的运行状态,以便于在工作人员开展作业期间,能够予以设备故障提醒。在化工生产期间,如发生设备故障,引发化工产品生产事故,将会对人民生命安全以及财产安全造成严重威胁。而现今,通过总控制中心将所有设备的运行情况都显示在 LCD 屏幕上,能够提醒工作人员按照要求进行生产操作,按照化工原料分类,设置设备类型,选择设备连接方式。如果人员在显示屏操作期间,发现设备无法连接,则开启系统的智能检测功能,分析设备出现运行故障的具体环节,以便及时排除设备故障,保证化工生产作业的顺利开展。

### 3.6 设备完整性管理

本次设计的自动化仪表系统是集散控制系统,在化工生产中可连接多个设备,自动监控化工生产期间的工艺流程和参数,按照化工生产批量和顺序连接对应功能模块,实时反馈化工生产实际情况。以 PID 为核心的控制器中的控制室含有多个装置,每个控制室都可在 CRT 的支持下形成一个独立的控制中心,完成对全厂设备的控制。在工作人员进行化工生产时,通过人机交互界面,能够对设备进行智能化操作,通过显

示屏控制设备,从而保证整个化工生产过程的完整性。

## 结语

在我国化工生产过程中,必须提高对自动化仪表的重视程度,通过自动化控制技术与仪表结合,拓展化工生产过程的监督范围,推动化工生产自动化以及智能化迈向一个更高的台阶。待化工生产与数字化和智能化深度融合后,进一步拓展仪表在化工生产的使用功能,使其具备更多的实用功能,如计算功能、控制功能和编程功能,使自动化仪表在化工生产领域中的使用更为广泛,进而提高化工生产的安全级别,实现对化工生产的集成控制,助力化工企业在激烈的市场竞争中占据有利地位,成为化工生产数字化、智能化以及自动化的“领头羊”。<sup>[6]</sup>

## 引用

- [1] 门亚杰.自动化仪表与控制系统的智能化研究[J].中国仪器仪表,2024(8):52-55.
- [2] 李秋香,孔令涛.国内自动化控制技术在石油化工仪表中的运用[J].石化技术,2023,30(8):13-15.
- [3] 张智庆.化工自动化仪表与智能化控制系统的设计[J].自动化应用,2023,64(9):212-214.
- [4] 石洋.化工自动化仪表的可靠性及其发展趋势研究[J].自动化应用,2023,64(7):173-175.
- [5] 梅容芳,付莉,颜玉玲.自动控制技术在化工仪表领域应用研究——评《化工仪表与自动控制技术》[J].化学工程,2022,50(12):79-80.

# 便携式偏心摄影验光仪 控制系统设计与信息处理优化研究\*

文◆辽宁何氏医学院 杨静

## 引言

便携式偏心摄影验光仪，依托于光学成像技术与智能控制机制，能精确测定人眼的屈光度数，为眼科诊断领域带来便捷且高效的检测手段。本文着重分析此设备的控制系统在信息处理方面的优化方法，涵盖图像预处理技术、屈光参数计算算法的改进、实时追踪与精确定位技术以及多光源的协同调控等。经由这些优化措施，设备在各种使用情境下的测量精度与稳定性均得到显著增强，为眼科医疗行业提供适应性更强、准确性更高的测量仪器，确保便携式设备在远程医疗服务以及视力筛查中的广泛且有效的应用。

## 1 便携式偏心摄影验光仪

便携式偏心摄影式验光装置是一种融合光学影像捕捉与智能化调控技术的高效且便于携带的装备，专门针对人眼屈光状态的测量而设计。其运作根基植根于偏心摄影原理，利用捕获眼球反射光像，解析眼球的屈光参数，

旨在协助医师迅速掌握患者的视力状况。此装置在眼科临床诊断、视力筛查以及日常视力健康管理领域得到广泛应用，尤其适用于偏远区域或难以部署大型设备的场合，进行高效视力筛查工作。便携式偏心摄影式验光装置的核心在于偏心摄影技术，该技术依据光线非中央凹反射来评估眼睛的屈光特性。装置释放的光束穿透瞳孔，历经眼球内的屈光组件（如角膜、晶状体）后，其反射光线回归至装置的感应元件<sup>[1]</sup>。感应元件所捕获的反射光像，揭示了眼球的屈光状态以及角膜曲率的变化情况。借助先进的图像处理算法，装置能即时计算出患者的屈光值，提供准确的屈光异常评估结果。该便携式装置由光源模块、成像组件、控制单元以及显示界面等核心部分构成。光源模块负责投射测量所需光线；成像组件凭借高精度镜头与图像感应器，精确捕捉眼睛反射的光像；控制单元负责协调各功能模块，保证设备在不同操作环境下稳定运行；显示界面则实时展示数据，便于医师或操作者即时获取测量结果。便携式偏心摄影验光仪的便携特性得益于轻巧的结构与高度集成的设计，非常适合流动医疗服务、户外筛查等移动应用场景。

## 2 便携式偏心摄影验光仪控制系统设计

为确保便携式偏心摄影验光仪能够稳定、高效地运行，控制系统的设计至关重要。控制系统是设备的核心部分，负责协调光源、成像和用户交互等多个模块的工作。以下从控制系统架构、光源与成像系统控制、用户交互与数据传输 3 个方面对系统设计进行详细说明。

### 2.1 控制系统架构设计

#### 2.1.1 实现低功耗与增强稳定性

针对便携式设备在移动应用中对功耗和稳定性的严格要求，本文在控制系统设计时，首先考虑采用低功耗微控制器（MCU）执行核心计算任务。MCU 的选型极为关键，应同时满足图像处理、实时控制的计算需求，并确保在低功耗状态下能够维持长时间的待机模式。架构上，采

\*【基金项目】本文为 2023 年度辽宁省教育厅基本科研项目“便携式偏心摄影验光仪控制系统设计”（JYTMS20231471）的研究成果

【作者简介】杨静（1985—），女，辽宁沈阳人，硕士，讲师，研究方向：机器视觉。

取模块化策略,使光源、成像、交互等功能模块能够依据实际需求分段激活,有效规避无谓的能耗<sup>[2]</sup>。

### 2.1.2 模块化布局与协同运作机制

为提升设备的灵活性与扩展潜力,控制系统采用模块化设计理念,分别设计光源管理、成像控制、数据运算以及用户交互四大模块,并通过标准化接口实现数据与信号的顺畅交换。此设计的优势在于,任一模块的升级或维护均可独立进行,不会干扰到其他模块的正常运行。例如,光源模块能依据测量环境的变化灵活调整光照强度与角度,而成像模块则依据光源信息相应调节图像捕获参数,共同保障设备在不同操作环境下的稳定性能。

## 2.2 光源与成像系统控制

### 2.2.1 光源调控机制

光源设计对于确保偏心摄影图像的质量与精确性具有关键作用。本研究引入可调式光源体系,该体系通过精细调节光源的亮度级别、照射角度以及波长特性,实现对多样光照条件的灵活适配。例如,在自然光线不足的环境下使用时,系统会自动提升光源亮度,以保障所捕获图像具备充足的亮度与对比度。同时,光源的角度调节特性能够确保光线均匀覆盖眼球表面,有效避免因光线分布不均而产生的测量偏差。

### 2.2.2 成像系统管理

成像系统作为便携式偏心摄影验光仪的核心组成部分,对获取高质量图像至关重要。为此,本设备配置高分辨率图像传感器与自动对焦机制。自动对焦功能使设备能够依据眼球位置以及反射光线的实际情况,自动且精确地调整焦距,从而确保图像的清晰度达到最佳。此外,设备还集成光圈调控系统,该系统能够根据周围环境的光照强度以及成像的具体要求,动态调整光圈开合程度,进一步提升图像的整体质量。通过这些精细的调控措施,本设备能够在各种光线条件下保持稳定运行,提供清晰准确的屈光度测量图像。

### 2.3 用户界面交互设计优化

为增强设备的用户友好性,用户界面交互设计在控制系统中占据核心地位。本装置采用简洁明了的触控屏界面,用户可直接在屏幕上执行操作并即时浏览测量结果。该触控界面强调简洁流畅的操作体验,用户仅需遵循少数几个简单步骤即可完成整个测量流程,非常适合非专业人士或患者自主操作。另外,设备还集成语音引导与图像展示功能,以辅助用户在操作过程中更清晰地把握每一步骤,显著提升整体使用体验。

## 3 便携式偏心摄影验光仪控制系统信息处理优化策略

为提升便携式偏心摄影验光仪的性能和测量准确性,优化信息处理系统是关键环节。通过图像预处理、屈光参数计算算法优化、实时跟踪与定位技术的应用以及多光源协同控制,设备能够在复杂的环境下保持高效、稳定的工作状态,并提供精准的屈光度测量结果。以下从4个方面详细介绍信息处理优化策略。

### 3.1 图像预处理技术

图像预处理技术是确保偏心摄影图像质量与屈光度计算精度的基

石。在便携式偏心摄影验光仪的测量流程中,所获取的原始图像易受噪声、光照不均等不利因素影响,进而降低图像的清晰度与对比度,这对后续的屈光参数精确计算构成挑战。因此,实施有效的图像预处理措施成为优化设备信息处理的首要环节。鉴于测量环境光线波动和设备微小震动等因素,所采集的图像会遭受多种噪声干扰<sup>[3]</sup>。为提升图像质量,本研究采纳诸如高斯滤波、中值滤波等多种去噪技术。高斯滤波通过平滑图像以减少随机噪声,同时保护图像细节;中值滤波则擅长消除图像中的斑点噪声,且能保留边缘信息,有效规避传统去噪方法引发的图像模糊问题。为进一步提升图像品质,增强对比度显得尤为关键。本研究采用直方图均衡化技术处理图像亮度分布,该方法能够显著增强图像的局部对比度,凸显瞳孔与周围结构的差异,使图像细节更为清晰。此技术尤其适用于光照条件不均的环境,有助于确保屈光度计算的准确性。在屈光参数计算过程中,眼球边缘信息的准确获取至关重要。本文运用Canny边缘检测算法,该算法通过计算图像梯度变化,在确保边缘清晰的同时,有效剔除了多余的背景信息,为后续参数计算提供了精确的边缘信息支撑。

### 3.2 屈光参数计算算法优化

屈光参数计算是验光过程中的关键环节,其准确性直接决定测量结果的可靠性。本研究针对传统屈光参数计算算法进行全面优化,融入自适应滤波、模板匹配等前沿图像处理技术,旨在提升算法的稳健性和精确度。在屈光参数的传统计算中,眼球的微

小移动或光线变化常引发误差。为应对此问题，本文引入自适应滤波技术。自适应滤波技术能够依据当前的测量环境与图像状况，灵活调整滤波参数，从而消除外部环境变化对图像造成的干扰。借助自适应滤波，屈光参数的计算变得更为稳定，有效降低设备振动或光源波动所带来的误差。为增强对不同人眼屈光状态的识别精度，本文将模板匹配技术整合到屈光度计算中。该技术通过构建一系列代表不同屈光状态的瞳孔图像模板，并将实时采集的图像与这些模板进行比对，从而迅速确定眼球的屈光度数。此方法不仅有利于提升计算的准确性，还有利于加速计算过程，使设备能够在较短时间内完成测量。鉴于每个人眼睛的生理特性各异，传统通用算法往往忽视了这些差异，导致测量结果存在偏差。因此，本研究在屈光参数计算时，充分考虑人眼的个体差异性，并对算法进行个性化调整。针对年龄较大的患者，其眼球晶状体会发生不同程度的硬化，导致反射光线特性发生变化。针对此类情况，算法会自动调整权重参数，以确保每次测量都能准确反映患者的实际屈光状态。

### 3.3 实时跟踪与定位技术

为确保测量结果的精确性和图像捕获的准确度，本文引入尖端的眼动追踪技术，以实现人眼位置与状态的实时监控。此技术不仅能即时反馈瞳孔位置信息，还能捕捉到眼球的细微移动，进而保障成像系统在任何瞬间都能精准对焦，有效规避因眼球活动引发的测量偏差。借助动态追踪

算法，设备在测量进程中能够灵活调整成像系统的焦距与角度，确保瞳孔始终处于最优成像区域。该算法具备检测眼球运动速度与方向的能力，并据此对设备的成像参数进行精细调校，从而确保图像的清晰度与精确度。例如，若患者在测量时不慎头部移动，那么系统能够即刻调整光源与镜头位置，保证瞳孔平面图像仍能被清晰捕获。为提升瞳孔检测的准确性，设备融合了多种瞳孔定位技术，涵盖灰度质心算法与霍夫圆变换算法。灰度质心算法能迅速锁定图像中瞳孔的中心位置，而霍夫圆变换则能更精确地界定瞳孔边界。这些技术的综合运用，能够确保瞳孔定位的高精度，为屈光参数的准确计算提供坚实的几何依据。

### 3.4 多光源协同控制与优化

为增强设备的适应能力以及测量精确度，光源管理成为设备信息处理优化中的关键环节。鉴于个体间眼睛屈光状态的差异性，其对应的照明需求亦各不相同。本文通过实施多光源的协同调控策略，旨在确保各类屈光状态下的人眼均能获得最适宜的照明条件。光源的亮度和投射角度对成像品质与屈光度计算精度有着直接影响。本文在设备内部配置多重光源，并实现对光线的精密控制。系统能够依据当前的测量环境以及眼球状况，动态调节光源的亮度与投射角度。例如，针对屈光不正较为严重的患者，设备会自动提升光源亮度，以确保反射光线的清晰度。同时，通过调整光源角度，确保光线均匀覆盖眼球，有效避免因光线分布不均而产生的测量误差。多光源的协同调控是本设备的核心特色之一。通过实时运算，确定每个光源的最佳照射角度与亮度，在复杂多变的光线环境中维持高质量的成像效果。该多光源协同控制系统融入智能调光技术，各光源会根据图像反馈进行自动调整，从而为不同屈光状态的眼球提供最优化的照明方案。此技术不仅显著提升了设备的适应性，还大幅提高了测量的准确性与稳定性。

## 结语

偏心摄影便携式验光仪在屈光检测范畴内显现出显著的应用潜力。经由对控制系统信息处理的改良优化，不仅在图像品质与屈光参数计算的精确度上实现了提升，还提高了实时追踪功能以及多光源的协同控制能力。研究结果显示，这些优化措施有效增强了设备在复杂环境下的测量效能，使其适用于远程医疗服务以及流动筛查项目。展望未来，随着技术的不断进步，便携式验光仪有望在更多元化的医疗场景中实现广泛应用，进一步促进眼科医疗向便捷化、精准化方向发展。■

## 引用

- [1] 吴慧倩.综合验光仪验光在眼科临床中的有效性分析[J].中国医疗器械信息, 2022,28(21):101-103.
- [2] 王英丽.综合验光仪验光盘结构原理及其相关故障维修[J].中国眼镜科技杂志, 2022(7):135-139.
- [3] 郑奋,周琴.双裂隙偏心摄影验光仪研究[J].医疗卫生装备,2007(4):14-16.

# 数字经济

## Digital Economy

自人类社会进入 21 世纪以来，数字技术的快速发展和广泛应用衍生出了数字经济。作为一种新的经济、新的动能、新的业态，其加快推动了社会和经济的整体性深刻变革。同时，人工智能、大数据和云计算为代表的数字技术加速融合发展，成为推动传统工业经济向新一代数字经济过渡的关键驱动力，并加速向经济社会各个领域渗透，引发了系统性、革命性以及群体性的产业变革，不断形成新的创新体系、生产方式和产业形态，持续优化、拓展数字经济的发展空间，为数字经济发展开启新征程。

数字经济是一种快速发展的经济形态，它以数据资源为关键要素，以现代信息网络为主要载体，通过信息通信技术的融合应用和全要素数字化转型，促进公平与效率更加统一的新经济形态。

数字经济的构成主要包括四部分，分别是：

**数字产业化：**包括电子信息制造业、电信业、软件服务业等基于数字技术的产业。

**产业数字化：**通过数字技术改造传统产业，提高生产效率和产品质量，如智能制造、智慧农业等。

**数字化治理：**利用数字技术提升政府服务和监管效率，如电子政务、智慧城市等。

**数据价值化：**通过数据分析挖掘数据价值，为决策提供支持，如大数据分析在金融、医疗等领域的应用。

数字经济已经成为推动世界经济包容性增长和可持续发展的重要引擎，其发展对于经济社会发展的引领支撑作用日益凸显。



# 数字经济与黄河流域企业 高质量发展的研究述评

文◆甘肃政法大学 赵旭娜

## 引言

在新时期，数字经济已成为破解黄河流域生态环境难题、促进产业结构优化升级的新手段和新优势。在数字经济背景下，以资讯为动力的资源流动速度加快，产业竞争日趋激烈，已有的市场格局正在发生变化，优胜劣汰、产业融合效率不断提升。因此，以黄河流域为例，通过系统梳理数字经济对黄河流域企业高质量发展的影响，得出数字经济显著促进了企业高质量发展的结论。

## 1 文献回顾

自从 Tapscott 首次提出“数字经济”这一概念以来，近年来，关于数字经济和高质量发展的研究已成为学术界热议的焦点。到 2023 年，我国的数字经济规模将突破 50 万亿元，占到国家经济总量的 41.5%，数字技术已成为推动我国经济快速增长的重要力量。黄河流域作为我国的一个重要战略基点，其高质量发展对我国整体经济的高质量发展具有深远影响<sup>[1]</sup>，被誉为我国的“能源流域”。

黄河是我国的母亲河，不仅承载着丰厚的历史文化遗产，还是国家重要的生态屏障和经济命脉。然而，黄河流域因水资源短缺导致的生产性工业布局不合理、生态系统失衡等问题长期存在，严重制约了其高质量发展潜力。产业层次偏低，特别是技术密集型制造业和现代生产型服务业发展薄弱，加之基于资源禀赋的产业结构，已经成为黄河流域制造业高质量发展的瓶颈。近年来，碳中和目标的提出更是给黄河流域企业的高质量发展带来了诸多挑战<sup>[2]</sup>，因此，亟须通过发展数字经济促进产业升级，提高产业竞争力，保障流域产业链的安全与稳定。高质量发展旨在追求高水平、高效率的经济和社会发展，从而达到可持续发展的目的。

国外学者对“绿色发展”概念的探讨多是从经济学视角出发，而对于“高质量发展”的内涵，学者们虽从理论架构、实践路径、观念建构、协调发展和持续性等方面进行了阐释，但目前对其界定仍不够清晰。相比之下，我国学者从绿色经济视角丰富了高质量发展的内涵，既关注经济发展的质量与效率，也兼顾社会、民生、环境等多个方面的发展。在评价方法上，国内外研究较多采用成熟的 DPSIR 模型和三系统模型来评估高质量发展水平，而我国学者则基于“创新、协调、绿色、开放、共享”的新发展理念，对经济运行状况、新旧动能转换、区域一体化发展和资源合理利用进行了评估。数字经济作为一种新型经济形式，对经济发展、生态环境和人民生活等多个领域均产生了显著促进作用。针对黄河流域企业数字化转型与高质量发展，本文拟从经济效益（全要素生产率）、社会效益和环境效益三个方面进行深入分析。

### 1.1 数字经济对黄河流域企业经济效益的影响

企业的经济发展依赖于结构优化、效率提升以及创新驱动，这些因素共同推动效率变革，提高全要素生产率，进而增强企业的经济效益。黄河流域企业的数字经济发展受到空间格局的影响，表现出显著的地域差异，其根源在于产业结构不合理、产业倚能倚重问题突出。因此，黄河流域上游和中游地区亟须加快构建绿色智能化产业链，以促进产业结构转型升级。从总量上看，黄河流域数字经济的发展态势呈现出“下游城市 >

【作者简介】赵旭娜（1997—），女，山东聊城人，研究方向：会计。

中游城市 > 上游城市”的特点<sup>[3]</sup>。值得注意的是，数字经济、产业发展和生态环境三者紧密相连，黄河流域要实现高质量发展，就必须实现这三方面的耦合与协同发展，而这种耦合与协同在空间上同样重要<sup>[4]</sup>。

在此基础上，以黄河流域为例，可以利用地理信息系统（GIS）技术研究黄河流域数字经济的空间分布特征和演变规律，并进一步细分出不同类型的数字产业。对于不同的城市而言，数字经济能助力当地企业实现高质量发展。由于网络交流的及时性，它可以有效缓解信息不对称问题，提高公司的融资效率，推动技术进步，进而提升经济发展的质量。

### 1.2 数字经济对黄河流域企业社会效益的影响

数字经济以解决社会矛盾为主要出发点，致力于满足居民生活需要。通过保护区域生态环境，可以提高区域居民的福祉和总体社会福利，增强区域宜居共享程度，从而减少区域劳动力外流，并吸引外来劳动力。不仅有利于促进区域经济发展，还能推动区域工业的繁荣，进而促进产业结构的优化和升级。

随着数字技术在日常生活中的广泛应用，数字金融凭借其数字化技术，使得支付变得更加方便、多元化。不仅优化了消费结构，还持续提高了消费品质。通过智能化生产和多元化定制，数字经济可以有效促进投资与消费结构的优化，从而促动经济的蓬勃发展。互联网发展与数字化普惠金融的普及，对流域经济的高质量发展起到了积极的推动作用，并且这种影响在非资源型城市中表现得尤为显著。在数据信息共享和区域间流动的背景下，一个合理的数字产业集群能够为区域发展注入新的动力。数字技术的发展突破了空间和时间的限制，推动了公共资源的高效配置和流通，扩大了公共服务的覆盖面，提升了其影响力，为实现城乡协调发展、提升居民幸福感和满意度提供了有力支持。不仅有助于改善环境，提高经济的高质量发展，还能显著提升企业的社会效益，为人们营造一个更加美好的生产和生活环境，使人们更好地享受生活。

### 1.3 数字经济对黄河流域企业环境效益的影响

黄河流域生态保护和高质量发展国家战略（简称“黄河国家战略”）明确提出，要开展流域生态文明建设，全面发展绿色经济，促进经济发展与生态保护之间的良性互动与协调发展。企业环境效益是指以经济发展为前提，以生态容量为边界，实现经济、社会、环境的绿色、低碳、循环发展过程。产业结构优化是推动经济提质增效的内在需求，也是实现产业转型升级的重要路径<sup>[5]</sup>。黄河发展战略的核心在于生态保护和高质量发展，特别强调其可持续的“绿色”特质。关键在于确保生态安全并解决环境污染问题，以推动区域经济的绿色转型。提高技术效率对于推动黄河流域的高质量发展至关重要。

数字经济是黄河流域生态保护区实现创新、协调、绿色、开放和共享发展理念的基础，也是激发黄河流域制造业高质量发展的新引擎和驱动力。过去依赖环境资源的经济增长方式对黄河流域的生态造成了严重破坏。因此，借助数字化和智能化的技术，能够促进资源的有效利用，推动经济结构转型，显著减少传统行业对物质资源和能源的过度消耗，防止环境污染和生态恶化。这将有助于提升能源效率，塑造黄河经济的核心增长点和创新轴线，同时避免再次陷入粗放式发展的模式。构建智

能电网、智慧运输网络是实现节能减排的重要途径。

## 2 文献述评

本文旨在述评数字经济对黄河流域企业高质量发展的影响，重点分析数字经济如何推动产业结构升级、改善生态环境和提高社会效益。

（1）数字经济的迅速发展，为企业重组与转型升级提供了有力支持。数字经济以数字技术为核心，通过产业集聚推动全要素生产率的提升。产业发展不仅可以为数字经济的运作提供高质量、高效率的数字工业支持，还可以降低资源的消耗和保护生态环境。数字经济与实体经济的深度结合，带动了制造业、农业、零售业等公共服务行业的产业融合与转变，推动了产业结构的升级。产业结构绿色化不仅可以提升黄河流域的生态环境，还可以提升黄河流域的数字经济水平，以及产业的绿色化和智能化程度。

（2）数字经济的发展受其空间模式、发展模式、环境等诸多因素的影响，在黄河流域内部存在显著差异。黄河流域下游具有较好的数字经济发展基础，其发展势头与活力得以充分发挥，而上游区域多为自然生态保护区，数字经济发展相对落后。黄河流域部分区域对传统工农业的过度依赖，导致产业结构相对滞后，已成为制约区域经济韧性和可持续发展的瓶颈。值得注意的是，数字经济对全要素生产率提升的贡献在黄河流域中游地区表现最为显著。由于黄河流域的高质量发展直接关乎区域经济的繁荣、生态环境的健康以及社会的和谐发展。因此，必须结合黄河流域

实际情况，提出以因地制宜发展数字经济为核心的区域发展战略。

(3) 数字经济对改善生态环境和提高社会效益具有重要意义。在生态环境方面，黄河流域上游存在水源涵养能力不足的问题，而中游地区则面临生态环境严重受损的挑战，这一现状很大程度上归咎于水资源的不合理配置。数字经济的介入为这些问题提供了新的解决方案。例如，通过智能监测系统和大数据分析，可以实时监测水质和水量，为科学决策提供依据，从而有效保护水源地。同时，数字经济促进了绿色技术的研发和应用，有助于中游地区生态环境的修复和改善。在社会效益方面，数字经济的蓬勃发展带来了多方面的积极影响。企业的数字化转型能够推动各方实现双赢，通过与供应商、顾客和雇员等利益相关者建立价值共创网络，减少信息不对称，进而提升社会福利。同时，数字平台的建设为生产要素的流通开辟了新的途径，加速了不同网络间的融合，提高了要素市场的配置效率。此外，利用数位技术，可显著降低市场搜寻、磋商、信息交流及操作成本，并改善资金与劳动市场的匹配效能，为黄河流域的高质量发展注入了新的活力。

### 3 研究展望

(1) 探讨黄河流域企业在数字化转型过程中“脱虚向实”的可能性与路径。传统意义上的“脱实向虚”是指从实际经济活动中剥离出来的投资、生产和流通活动，转而投向虚拟经济的一种投资行为。随着数字经济对经

济高质量发展的驱动作用日益显著，许多公司都在以数字技术为基础，对其进行优化，以改善其自身的环境效益，并以此来提升公司的高质量发展。然而，鲜有企业为缓解外部融资约束、增强研发创新动力而致力于绿色化办公。因此，研究黄河流域企业如何通过数字化转型实现“脱虚向实”，明确其关键要素及驱动机制，对促进我国实体经济和高质量发展具有重要意义。

(2) 分析数字经济在黄河流域企业层面的作用与影响。作为数字化转型的微观主体，企业正积极运用数字技术推动生产变革。以黄河流域企业为研究对象，深入探讨数字经济在企业层次上的作用。数字经济已经成为推动我国经济高质量发展的重要途径，也是推动我国经济快速增长的重要动力。尽管“高质量发展”与“高速度增长”都是从宏观经济发展与增长的角度出发，但它们的实现最终依赖于企业层面的高质量发展与快速增长。

(3) 研究数字经济促进黄河流域实体企业高质量发展的的监管保障机制。在将传统产业进行数字化、网络化、智能化的过程中，数字经济能够使产业进行融合与转变，推动产业结构的升级，以提高经济的增长动力，让企业能够更好地发展。然而，数字经济仍然面临着“大而不强、快而不优”的问题，包括在关键领域创新能力不足、传统产业的数字化进程缓慢、数字鸿沟需要缩小以及数字经济治理体系有待完善等。因此，在数字经济推动企业高质量发展的进程中，必须加强对其的治理与监督，从而保证其对企业高质量发展产生积极的促进作用。

### 结语

现有研究多集中于数字经济赋能作用，而缺乏对数字经济与黄河流域企业高质量发展之间机理机制的深入探讨和实证考察分析。本文通过对已有研究成果进行系统性梳理，探寻影响黄河流域数字企业高质量发展的关键要素，为数字经济能够更好地服务实体经济提供依据。通过数字化技术的创新，企业能够在源头设计的过程中，融入绿色理念，精准收集生产数据，优化生产流程，降低能耗，从而实现产品全生命周期和办公的绿色化，进而提升企业的环保效益和可持续发展能力。<sup>[5]</sup>

### 引用

- [1] 刘育红,赵依梅.黄河流域高质量发展文献综述[J].西安财经大学学报,2022,35(4):74-84.
- [2] 任保平,豆渊博.碳中和目标下黄河流域产业结构调整制约因素及其路径[J].内蒙古社会科学,2022,43(1):121-127+2.
- [3] 韩燕,潘成,金凤君,等.黄河流域数字经济产业空间格局演化及影响因素[J].资源科学,2024,46(3):488-504.
- [4] 王艳,张雪芳,雷淑珍.黄河流域数字经济、产业发展与生态环境耦合协调度的实证检验[J].统计与决策,2024,40(4):108-113.
- [5] 周清香,何爱平.环境规制能否助推黄河流域高质量发展[J].财经科学,2020(6):89-104.

# 传统制造企业产品研发数字化转型路径分析

文◆山重建机有限公司 杨宗健

## 引言

在数字化时代，传统制造企业面临着严峻的挑战，为了提升其市场竞争力，应在产品研发阶段就开始向数字化转型。本文主要基于传统制造业产业研发数字化转型的必要性，提出了一系列转型路径，包括发展智能化生产线，完善供应链体系；结合数字孪生技术，加强产品设计的合理性；加强产品生命周期管理；推动新技术充分发挥示范作用，加强设计制造协同；建设智能制造协同创新平台，最终达到提升研发效率、增强制造业市场竞争力的目标。

## 1 传统制造业产品研发数字化转型的必要性

### 1.1 提高生产率

在进行数字化转型时，通过集成不同信息系统和自动化工作流程来减少手动操作和重复工作，从而减少错误并提高效率。数字化转型使传统制造企业能够远程监控设备状态并进行维护，有助于减少停机时间并提高生产连续性。通过计算机辅助设计和计算机辅助工程等数字化工具，可以更好地模拟和测试产品设计，从而提高产品质量并减少返工频率<sup>[1]</sup>。此外，通过数字化转型，有助于传统制造企业更好地管理和协调供应链，实现更快的响应时间和更灵活的生产计划，以适应市场需求的变化。

### 1.2 提升产品品质

在传统制造企业中，开展数字化转型的过程会产生大量数据，这些数据主要用于实时监控。通过人工智能和机器学习算法对数据进行分析，能够及时发现生产过程中的异常，从而减少缺陷率，提升产品品质。在进行数字化转型时，一般会引入机器人、智能传感器等自动化和智能化的生产设备，有助于提高生产的精确度和一致性，减少人为错误，进一步提升产品品质。此外，数字化转型可以帮助企业更有效地管理供应链，确保原材料和零部件的及时供应，减少因供应链问题导致的产品质量问题。数字化技术使传统制造企业能够更好地应对客户定制化需求，通过灵活的生产流程和个性化的产品设计，满足客户的特定需求，进而提升产品品质。

### 1.3 满足个性化需求

在产品研发过程中，通过收集和分析客户数据，企业可以更好地理

解客户的偏好和需求，从而开发出更符合个性化需求的产品。数字化技术也支持更灵活的生产流程，以实现根据客户特定需求，定制化生产产品，满足市场对个性化产品的需求。采用模块化设计，产品可以灵活组合，以适应不同客户的需求，提高产品的可定制性。此外，利用数字化工具，如虚拟现实和增强现实等技术，可以更快地模拟和测试出不同的产品配置，快速响应客户的个性化需求。数字化工具如3D打印可以快速制作原型，实现快速迭代，缩短产品从设计到上市的时间，不仅能够减少产品研发的成本，还能更好地满足客户的个性化需求。通过数字化转型，传统制造企业可以提供个性化的营销和售后服务，增强客户体验，提高客户满意度。

## 2 传统制造企业产品研发数字化转型路径

### 2.1 发展智能化生产线，完善供应链体系

数字技术为传统制造企业产品研发充分赋能，企业经营者为推动数字化转型，加快开设智能化生产线，并构建供应链体系，发挥网络协同作用，提高生

【作者简介】杨宗健（1997—），男，山东济宁人，本科，助理工程师，研究方向：智能制造与数字化工厂。

产资源的利用率<sup>[2]</sup>。首先，基于制造企业产品交付需求，加强管控产品质量与生产过程。通过智能化生产线，降低人工生产的比例，提高生产效率。例如，某智能化生产车间，对产品零件进行加工，通过热处理，提高工艺的生产效率。对产品的表面进行热加工，合理设计智能化生产组织模式，大规模制造产品。制造系统严格按照智能流程运行，将生产资源进行循环利用。其次，技术人员通过智能平台进行集中控制，数字设备对产品信息进行收集，生成系统模型，提高大数据分析技术的应用效果，并按照物理制造系统进行科学映射，将智能化车间的生产资源信息互联互通，提高智能化生产线运行的稳定性。智能信息反馈到数字化制造系统中，对数字系统进行实时的动态仿真，并对系统资源作出有效评估，通过科学预测来进一步提高柔性生产制造水平。最后，通过对生产资源进行网络化协同配置，构建供应链体系，打造多元化协同供应链体系。智能化生产车间根据产能需要，不断提高供应链网络动态的供给能力，实现内外资源的创新融合。车间的生产能力与服务能力得到显著增强，制造企业利用智能信息平台，将生产、服务信息高度共享，上传到云服务平台，提高生产资源的柔性配置能力，促进全产业链协同发展。此外，动态监控供应链体系的运行情况，总结体系建设成果，实现体系建设，促进制造业产品生产效率的提升。

## 2.2 结合数字孪生技术，加强产品设计的合理性

数字孪生技术是传统制造企业产品研发数字化转型的重要内

容，通过集成技术，将多学科、多尺度与多物理进行集成，提高人机交互效率，加强产品设计研发的合理性。首先，数字孪生技术具有实时映射、同步跟踪的功能，将产品生产研发信息进行使用，促进现实世界与虚拟世界的信息交换。技术人员利用数字技术中的仿真模拟，向虚拟世界投射实物。数字孪生设备的使用，使实物在虚拟空间映射出模型，模型的动态与静态特征均符合设计要求，为制造企业产品研发提供了技术支撑。在数字孪生技术的支持下，有效减少产品研发信息的提取难度。通过技术设计，提高生产匹配度，有效降低产品设计误差。产品设计信息是以真实投射的形式展现，并为研发团队提供测试平台，为产品设计评估提供保障。其次，运用数字孪生技术获取的产品关键信息，在智能化生产线上进行产品研发。技术人员跟进调查，对产品的各项指标进行管控，发现产品设计缺陷及时反馈，避免造成生产成本上升。制造企业投入大量成本搭建测试平台，对产品开发设计的模型进行测试，有效评估产品设计的合理性。另外，借助数字孪生设备与产线，加快产品研发速度。再次，针对产品中的关键零部件，使用数字孪生技术进行分析，掌握设备的真实性，并对仿真系统进行设计，加强对产品线上、线下的联合调试，降低系统整合所需的时间，保障产品研发的质量。最后，树立创新意识，将数字孪生技术与其他技术相融合，提高产品的研发速率，更新产品研发生产模式。

## 2.3 加强产品生命周期管理

制造企业产品管理是数字技术运用的重要环节，基于产品生命周期管理架构，加强设计，推动企业数字化转型。首先，产品生命周期管理系统的数字化与智能化主要体现在功能延伸方面。借助大数据分析、云计算与数据库技术，控制系统图样，加强生产工艺的有效运用，优化PLM系统的功能架构，显著提升数字处理能力。例如，技术人员将产品研发数据输入PLM系统中，对系统中的管理对象进行观察。确保产品研发涵盖整个生命周期，有效解决管理需求，促进产品供应能力的提升。产品售后维护作用增强，为企业产品生产与销售提供保障<sup>[3]</sup>。其次，产品生命周期管理系统的数字化有助于提高企业管理统一性，能够从多角度进行观察，帮助企业解决产业链管理协同困难的问题。例如，某传统机械行业，针对PLM产品研发需求，使用3D技术进行联合绘制，并结合仿真模拟技术，对产品进行分析。技术人员操控有限元分析软件，通过协同制图的方式绘制产品模型。在实际生产中，做好产品研发上下游的沟通与协调工作，帮助企业克服产业管理的难题，促进制造企业数字化转型发展，推动企业产品生命周期的有效延长。最后，通过数字技术对产品生产模块进行标记，并将产生的数据信息分类封装。有效检索逻辑信息，实现对产品的管理。例如，某制造企业针对新产品需求进行设计，使用产品生命周期管理系统，对产品进行全生命周期的数字化管理。通过协同制图的方式，对产品研发进行调试，发现产品出现质量问题，及时进行调查，明确产品生产漏洞点，强化管理措施，保障产品生产质量。

## 2.4 推动新技术的示范作用，加强设计制造协同

随着传统制造企业产品研发的数字化转型，大量的新技术应运而

生。在此背景下，企业主动运用新技术进行示范，发挥数字新技术的示范作用，促进产品研发设计的协同发展。首先，不同制造行业对数字技术的运用存在较大差异，5G网络时代下，制造企业主要采用大数据分析、人工智能、区块链与云计算技术，以提高新技术的场景应用水平。在产品研发阶段，利用区块链技术进行核心把控，科学培育新模式，促进生产规模的扩大。同时，借助数字技术新成果，推动制造能力的提升，共享数字信息，促进数字化生产线的延伸。其次，探索共享制造模式，优化资源配置，提高企业产品研发与设计能力。根据实际情况，加强软件设计，发挥软件功能优势，并使用专用工具进行协同，提高集中管控能力。例如，对产品研发信息与设备仪器的使用进行控制，提升产品制造的共享能力。协同制造能够加快产品生产效率，设计水平得到显著提升。同时，制造企业持续优化产业流程，做好协同场景的管理与设计。最后，做好资金与信息流的协同管控工作，为企业产品制造提供保障，以准确的信息实现上下游企业的合理分工，推动数字技术的融合与发展。例如，云计算与云平台协同发展，共同支撑复杂产品的设计与制造。企业通过三维技术，对产品与零件进行生产，并使用计算机虚拟设计，实现数字化建模，有效缩短产品的研发周期，提高产品研发成功率。同时，运用数据驱动产品开发，提高设计效率，为企业带来较大的经济利润，推动制造企业的数字化转型。

### 2.5 建设智能制造协同创新平台

在传统制造企业产品研发的数字化转型中，应建设智能制造协同创新平台，促进跨部门、跨领域的协作，提高研发效率，加快产品创新。在建设这一平台时，首先，应进行顶层设计和规划，主要是明确平台的目标、功能、适用范围和预期效果，其中顶层设计的内容包括了确定平台的架构、技术路线、数据管理和安全规范等<sup>[4]</sup>。

其次，应建立必要的技术基础设施，包括云计算平台、大数据中心、物联网网络等，以实现数据实时收集、处理和分析。

再次，应集成研发工具和软件，如CAD、CAE、产品生命周期管理和制造执行系统等软件。通过软件集成，实现产品研发的数字化和协同化，并增强数据管理和分析能力，对数据进行清洗、存储、挖掘和可视化等方面的处理，以便从数据中提取有价值的洞察。

此外，应创建一个协同工作环境，如在线协作平台、虚拟实验室等，让不同领域的专家能够共同工作和分享资源。利用人工智能和机器学习技术，优化研发流程，提高设计自动化程度，预测产品性能和市场趋势。鼓励人员进行创新，与外部研究机构、高校和初创企业合作，共同进行技术研究和产品开发。同时，在平台建设中，应保证平台的安全性，符合相关法规要求，包括数据保护、隐私和知识产权等。

最后，根据实际运行情况和技术发展，不断优化和升级平台，以适应不断变化的市场需求和技术环境。传统制造企业通过建立一个信息化平台，有助于提高研发团队之间的沟通效率和协作效果，提升产品研发水平，满足远程工作的需求。通过这些步骤，传统制造企业可以建设一

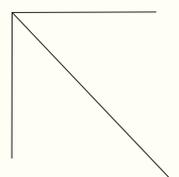
个高效、灵活的智能制造协同创新平台，从而提高产品研发的效率和质量，加快创新速度，提升竞争力。

### 结语

本文对传统制造业产品研发数字化转型的路径进行了分析，有助于提升研发的效率，提高产品质量，更好地满足市场需求。在进行转型的时候，主要从生产线、产品设计、生命周期管理、设计制造等方面入手，保证数字化转型更全面，研发出符合市场需求的产品，促进传统制造企业的可持续发展。■

### 引用

- [1] 丁世豪,李平.数字化转型如何促进制造业创新[J].技术经济,2024,43(8):1-11.
- [2] 陈怀钧.新时代德化中小陶瓷企业数字化转型发展研究[J].老字号品牌营销,2024(15):113-115.
- [3] 陈蕾,马慧洁,周艳秋.企业数字化转型的前因组态、模式选择与推进策略[J].改革,2024(7):65-79.
- [4] 蔡伟平,龙华.探究传统制造企业产品研发数字化转型之路[J].智能制造,2021(6):44-50.



# 基于知识图谱的钻井作业决策问答系统设计研究

文 ◆ 华北油田数智技术公司 陈立萍

## 引言

钻井作业是石油与天然气开采的重要环节，其多样性和高风险性对钻井技术有着更高的要求，因此需要更先进的技术来保证钻井安全、经济和效率。知识图谱可以提高大模型的语义理解和准确性，而大模型可以为知识图谱提供更丰富的语言知识和生成能力。这两种人工智能技术的结合可以帮助实现钻井知识的线上管理和沉淀，并且以高效便捷的形式提高知识利用效率。将知识图谱等人工智能技术应用于钻井作

业领域，构建一个智能的钻井知识问答系统，通过集成和分析钻井领域多模态数据，提供实时、准确的决策支持。系统包括知识图谱的构建、问答算法的设计以及用户交互界面的开发。实验结果表明，该系统能够有效提升钻井作业决策的支持能力，并具有较高的实用价值和应用潜力。

## 1 知识图谱概述

### 1.1 知识图谱的定义与构建

知识图谱是一种通过节点和边来表示实体及其关系的图形化数据结构。节点代表实体，如人、事物或概念，边表示实体之间的关系。构建知识图谱的步骤分为模式设计、数据清洗、实体识别、关系识别以及知识融合。

### 1.2 知识图谱在决策支持中的应用

在钻井决策支持问答系统中，利用知识图谱可以为其提供结构化的知识基础，显著提高决策流程的智能化水平。将知识图谱与决策支持系统融合，用户可以在多种数据环境里迅速找到有关信息，了解各种实体



【作者简介】陈立萍（1985—），女，重庆人，本科，工程师，研究方向：数据分析与建设。

和关系，同时结合图谱给予的全面背景开展决策<sup>[1]</sup>。

### 1.3 钻井数据的特点与需求

钻井数据涉及复杂的工程设计和环境条件，涵盖地质勘探、钻井设计和设备操作等多个方面，其主要特点包括数据多样性、实时性需求、高风险性以及跨学科知识的需求。这些数据种类繁多，如地质数据、设备状态数据和操作日志，必须实时处理以确保作业安全和效率。由于环境的不确定性和设备的复杂性，钻井作业面临较高风险，如井喷和设备故障。此外，决策过程需要整合地质学、工程学和材料学等领域的专业知识。

## 2 钻井作业决策支持系统的现状与挑战

### 2.1 当前决策支持系统的分类与应用

决策支持系统（DSS）的分类包含数据驱动型系统、模型驱动型系统、知识驱动型系统和混合型系统。

### 2.2 钻井作业中的主要决策问题

在作业开始前，应进行全面的钻井设计和规划，包括选择合适的钻井方法、设计钻井路径、确定钻井液配方以及制定施工计划。合理的设计和规划能降低作业风险，提升效率。在实际钻井过程中，实时监控设备运行状态、地理条件和钻井参数至关重要。决策者应根据实时数据调整钻井参数，以应对突发状况，如井喷、设备故障或地质变化。此外，常见的故障如设备故障、钻井液问题和地质异常也要求决策者及时确诊并采取有效措施，确保作业的安全性和连续性<sup>[2]</sup>。

### 2.3 现有系统的局限性

钻井作业产生的数据来源复杂，包括地质数据、设备数据和操作数据等，导致数据整合和融合面临挑战，兼容性和一致性问题亟待解决。模型驱动型系统依赖准确的物理和数学模型，但实际钻井过程中存在许多不确定性因素，影响了模型预测的准确性和可靠性。知识驱动型系统则需要不断更新和维护专家知识库，以跟上钻井技术的发展，这一过程往往耗费时间且会导致知识滞后。此外，数字驱动型系统面临处理大量实时数据的挑战，容易出现延迟和性能瓶颈，从而影响实时决策的有效性。现有系统的用户界面和交互设计不够友好，使用户在复杂决策情境中操作困难，亟须改进以支持更高效的决策过程。

## 3 基于知识图谱的决策问答系统设计

### 3.1 知识图谱在问答系统中的作用

知识图谱在问答系统中充当信息组织和语义理解的核心工具，可以将信息结构化为节点（实体）和边（关系），从而将繁杂的数据转换为易于检索和推理的网络。其支持系统通过语义理解回答用户问题，而不只是根据关键词匹配。知识图谱可以提供上下文信息，支持推理能力，帮助系统在钻井作业领域里提供精准的决策支持答案，保证问答系统的答案更准确且相关。

### 3.2 系统架构设计

根据知识图谱的问答系统通常包括数据层、知识图谱层、问答引擎层和用户接口层等组件。数据层负责数据采集和处理，包括数据清洗和

结构化；知识图谱层搭建并维护图谱的结构和内容，通过实体识别、关系抽取和语义链接来实现；问答引擎层运用知识图谱查询、推理和答案生成；用户接口层则提供与客户的交互界面，支持自然语言输入和结论输出<sup>[3]</sup>。整个系统架构的设计需保证高效率的数据流动、精确的知识映射和友好的用户体验。

### 3.3 数据采集与知识图谱构建

数据采集通常包括从各种数据源（如钻井日志、技术文档、专家知识等）中提取信息。数据采集后需要经过清洗、标准化和格式化处理。知识图谱的构建涉及实体识别（如设备、地质层）、关系抽取（如设备与操作的关系）以及语义链接（如概念的层次结构）。搭建环节中应持续验证和更新图谱，以保证其准确性和实效性。除此之外，使用自动化工具和机器学习技术可以提升构建效率和质量。

### 3.4 问答系统的核心算法

问答系统的核心算法包含语义解析、查询生成和答案检索。语义解析通过自然语言处理技术（如词性标注、实体识别和依存句法分析）将用户的问题转化成结构化查询。查询生成则根据问题的意图和知识图谱的结构生成合适的查询。答案检索运用知识图谱中的信息开展推理和配对，以寻找适配答案<sup>[4]</sup>。近些年，深度学习模型（如BERT、GPT）在理解自然语言和生成答案层面发挥出色，能够进一步提升问答系统的效果。

### 3.5 用户接口与交互设计

用户接口与交互设计的目的是提供直观且高效的用户体验。页面应支持自然语言输入，并能

展现结构化和详细的答案。设计过程中应考虑用户的实际需求和操作习惯，给予简单的交互方式（如对话框、图表、列表等）。同时，系统应具备上下文跟踪能力，以维持对话的连贯性，支持用户的反馈和修改。出色的用户接口不仅能提升客户满意度，还能有效提升问答系统的实用性和准确性<sup>[5]</sup>。

## 4 系统实现与实验

### 4.1 实现方法与技术选型

在系统实现中，数据采集与处理可使用 Python 及其库（如 Pandas、BeautifulSoup）进行数据提取和清洗。构建知识图谱时，推荐使用 Neo4j 等图数据库，以支持图数据的高效存储与查询。为实现语义解析和生成查询，可选用自然语言处理工具包（如 spaCy、NLTK）和深度学习框架（如 TensorFlow、PyTorch）。问答引擎核心算法可集成 BERT 或 GPT 等预训练模型以提升回答准确性。在用户界面方面，React 或 Vue.js 适合构建友好的前端，后端则可借助 Flask 或 Django 实现逻辑处理和 API 接口。

### 4.2 实验环境与数据集

实验环境应配置高性能服务器或云平台（如 AWS、Azure），使用 Ubuntu 操作系统并安装必要软件。数据集应涵盖设备日志、地质数据和操作记录，保证数据质量以确保知识图谱和问答系统的准确性。

### 4.3 实验设计与步骤

实验设计应明确评估指标（如准确率、响应时间、用户满意度），设定对照组与实验组，通过不同配置或算法进行对比测试。实验步骤包括数据准备、系统构建（知识图谱与问答引擎）、系统测试

以及结果记录。每一步骤应详尽记录，以确保实验可重复性和数据可靠性。

### 4.4 实验结果与分析

实验结果分析应围绕系统表现与预期目标展开。首先，统计实验数据，分析问答系统在不同场景下的表现，包括准确率和召回率等指标。其次，评估系统在高负荷下的响应能力。通过用户满意度调查收集反馈，识别技术的优势与不足。比较不同算法和技术的表现，讨论对系统性能的影响。最后，根据分析结果提出优化建议，如改善知识图谱结构和自然语言处理模型，以提升系统整体效率。

## 5 讨论与优化

### 5.1 系统性能评价

系统性能评价从多个维度进行，主要包括准确性、响应时间、稳定性和可扩展性。

### 5.2 优化方案与改进建议

为提升系统性能，自然语言处理模型应采用更先进的版本，如 GPT-4 或 BERT，以增强语义理解和生成能力。为了改善响应时间，可通过提升数据库查询效率以及优化数据处理算法来实现，同时使用更有效的硬件资源至关重要。用户界面设计应更加直观友好，以提升用户体验，并及时更新系统以适应新需求和技术进步<sup>[6]</sup>。

## 结语

本文设计并实现了一个根据知识图谱的钻井作业决策支持问答系统。根据对知识图谱的深入分析，构建了一个全方位的系统架构，有效地将钻井作业的复杂知识融进问答系统中。实验结果表明，此系统在提供准确、快速地决策支持层面表现出色，可以明显提高钻井作业的效率 and 决策质量。然而，实验中仍存在一些局限，如数据源的全面性和系统的扩展性问题。未来，将进一步优化系统性能，并拓展数据源以提高系统的使用范围和准确性。除此之外，随着技术的发展，将考虑引进更先进的算法和模型，以提升系统的智能化水平，增强用户体验。■

## 引用

- [1] 魏瑾,李伟华,潘炜.基于知识图谱的智能决策支持技术及应用研究[J].计算机技术与发展,2020,30(1):1-6.
- [2] 魏盈盈.人工智能在钻井工程中的应用[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(23):127-129.
- [3] 杜睿山,张轶楠,田枫,等.基于知识图谱的智能问答系统研究[J].计算机技术与发展,2021,31(11):189-194.
- [4] 王建林,陈萌萌,冶存花,等.基于知识图谱的档案领域问答系统研究与应用[J].软件工程与应用,2024,13(2):190-198.
- [5] 董天波.基于知识图谱的智能问答系统实现与应用[J].数字技术与应用,2022,40(3):165-167.
- [6] 魏晓玲,蔡敏.基于知识图谱的创新创业智能问答系统[J].电脑编程技巧与维护,2023(1):101-103.

# 基于大数据的岩土工程监测研究

文 ◆ 福建省厦门地质工程勘察院 陈 振

## 引言

岩土工程监测过程中往往会产生大量复杂且多样化的监测资料，这些资料的应用面临着诸多难题。为确保我国岩土工程能够健康、有序地发展，必须对其给予充分的关注与投入。随着现代科学技术的进步，对岩土工程进行实时监测已成为确保其安全稳定运行的核心技术手段。然而，传统监测方法存在局限性，如监测周期冗长、数据采集存在滞后性，难以充分满足实际需求，甚至会引发严重的安全事故。因此，开展基于大数据时代的岩土工程监测尤为关键，已成为一项极具价值与意义的研究课题。

## 1 岩土工程监测概述

岩土工程监测的基本原理在于对岩土体实施持续不断地监测，旨在捕捉潜在的变形与位移信息。通过深入监测岩石内部的应力状态，能够准确评估岩石的承载能力。同时，监测地下水位、水温等水文参数，有助于全面把握岩土工程地质条件及其对建筑物的影响。

岩土工程监测过程中，应全面考量各类参数与指标，以科学评估岩土的稳定状态与安全性。（1）变形监测。通过精准测量与分析，掌握岩土体的形变特征。（2）变形实时监控。利用位移传感器（亦称位移监测器）、倾斜传感器（或称倾角监测器）等先进设备，对岩土体的变形进行即时、持续地监测，及时发现并预警潜在的变形风险。同时，结合应变仪等精密仪器，对岩体的应力状态进行实时、准确监控与记录，以实现对其应力状态的量化评估。（3）水动力条件监测。采用水位计、湿度传感器等多种专业观测手段，对岩土工程中的水动力条件进行全天候、全方位的实时监控与分析，深入探究不同水文要素对岩土工程的具体作用机制。（4）温度场监控。借助测温装置，对岩石内部温度场进行严密的实时监控，详细分析不同环境条件对岩石内部温度分布的影响，科学评价各类环境因子对岩石物理特性的综合作用。

## 2 大数据时代的岩土工程监测价值

### 2.1 提升工程监测效率

随着大数据技术的持续进步，岩土结构监测能力显著提升。借助高精度的传感技术、精密监测设备以及现代无线通信技术，能够全面获

取土体的位移、应力、压力、温度等多维度物理特性参数。大数据的核心优势在于其强大的数据处理与存储能力，通过优化数据存储结构与管理方法，确保了数据的完整性与实时性。同时，分布式存储与云计算等前沿技术的运用，加速了数据访问速度并提升了整体处理效率，为监控数据的实时性与精确性提供了坚实保障。基于大数据的监控体系，可通过深度挖掘与分析历史监控数据，建立智能预警模型，该模型具备提前识别潜在风险并发出预警的能力，能够有效降低事故发生率，并显著增强监控工作的针对性与敏锐度。此外，通过直观的数据可视化分析，监控人员能够更便捷地理解数据、洞察问题，提升项目监控工作效率与质量<sup>[1]</sup>。

### 2.2 保障监测人员安全

在大数据技术的广泛应用下，岩土工程监测工作已能够依托远程、高精度的遥感技术手段，实现岩土勘察的精准执行。此流程中，监测人员无需亲临现场，只需借助先进的远程监测与遥感设备，就可实现对关键数据的实时、高效采集，从而显著降低工作人员面临的职业风险。同时，大数据技术为岩土工程的早期预警机

【作者简介】陈振（1983—），男，福建宁德人，本科，工程师，研究方向：水文地质与工程地质。

制奠定了坚实基础。通过精准分析实时监测数据，并主动触发预警信号，确保监控团队能在最短时间内获取关键信息，迅速作出科学决策，显著提升工作流程的安全性及效率。随着大数据与物联网技术的深度融合，各类监控设备正逐步向自动化、智能化方向迈进。这些设备不仅具备自我故障诊断能力，还能独立执行维修任务，有效减轻了监控人员在恶劣环境下的工作负担，为其生命安全构筑了坚实防线。此外，借助大数据平台，可实现对监控对象的全方位、动态化监控与管理，通过深入分析监控对象的行为规律，能够提前预判潜在异常，进而将作业中的安全隐患降至最低。

### 2.3 提升工程施工质量

大数据技术在建筑行业中扮演着至关重要的角色，为行业提供了强有力的数据分析工具。基于大数据分析技术，能够深入剖析工程实际情况，为工程设计提供更为精准、可靠的建议，从而提升工程设计的科学性和合理性。通过整合地质、水文等相关资料，并进行全面的分析，能够制定出更加科学、符合实际情况的建设方案，对于提升建设工程的总体质量具有显著作用。此外，大数据技术还能够实现对项目建设质量的精准监督。通过对项目中各项关键指标的实时监测，能够及时发现并处理潜在问题，确保项目建设的稳定性和可控性。同时，对历史监控数据的深入分析，有助于建设单位总结经验教训，避免类似问题的再次发生。借助大数据技术，建设单位能够全面掌握过往的建设情况，为未来制定更为优化的建设计划提供

有力支持。大数据技术支持下的岩土工程监测，有助于实现全生命周期质量管理。从工程规划、设计、施工到运营维护，借助大数据的全程监测，确保工程在各个阶段的高质量执行。

## 3 大数据时代的岩土工程监测技术

### 3.1 传感器技术与数据采集

随着信息处理技术的持续进步，众多研究人员逐渐认识到准确捕捉环境因素（如位移、压力、温度、湿度等）对建筑物影响的重要性。传感器技术的核心旨在通过实施一系列措施，显著提升岩土工程监测的实时性与准确性，为岩土工程评估奠定坚实的科学基础。在数据采集方面，系统核心在于高效、可靠地收集、传输和存储传感器数据。该系统集成了数据采集器、无线传输设备以及数据处理与存储软件等关键组件，确保数据流的顺畅与完整。得益于大数据技术的迅猛发展，当前的数据采集系统已具备高频大容量数据传输与处理的能力，使工程人员能够迅速获取实时数据，并据此对潜在的安全隐患做出及时响应。此外，传感器的种类选择与布局策略对于监控的精度与效率具有直接影响。针对多样化的监控需求，当下已有多重传感器设备，包括应变片、倾角片、裂缝仪以及光纤等多种传感器。其中，光纤传感技术因其卓越的抗干扰能力、广泛的测量范围以及低廉的维护成本，在长距离、大尺度监测环境中展现出广阔的应用前景。为确保监测结果能够全面、准确地反映结构状态，应综合考虑结构特性、监测目标以及周边环境等因素，对传感器系统进行优化配置。这一举措将进一步提升岩土工程监测的精度与可靠性，以确保监测数据能够全面反映结构的健康状况<sup>[2]</sup>。

### 3.2 数据处理与解析方法

鉴于现代传感系统的迅猛发展，监测系统所积累的数据量急剧增长，如何从庞大的数据集中提炼出有价值的信息，已成为一项亟待解决的挑战性任务。随着大数据技术的不断进步，工程技术人员已能够对监测资料实施高效的处理与分析，进而实现对岩土工程健康状态的精准评估。这一流程涵盖了数据前处理、特征提取、数据融合、异常检测及状态评价等多个关键环节。首先，为提高数据处理与解析质量，采用了滤波、降噪等处理手段。其次，在特征提取方面，特别注重从图像中捕获对监控对象具有关键意义的信息。再次，通过多源信息的融合，实现了信息的有效整合，显著提升了监控的精确度和可靠性。此外，异常检测环节则致力于识别数据中的异常现象，为及时发现潜在的结构性问题提供有力支持。最后，健康评估方法则基于以上步骤的结果，对工程结构的健康状况进行综合评价。近年来，随着信息技术、人工智能等领域的蓬勃发展，基于这些领域的信息分析与处理手段正逐步向智能化、高效化方向迈进。特别是机器学习、深度学习等先进技术的应用，使得从复杂数据中挖掘规律与模式成为可能，极大地提升了数据处理的精度与效率。因此，数据处理与解析技术在提高岩土工程健康监测的科学性和有效性方面发挥着至关重要的作用。

### 3.3 数据存储与处理

基于大数据的岩土工程监测系统的数据存储与处理方案是确保监测

数据安全、可靠地存储和高效处理的关键部分。首先，构建合理的数据存储架构，应选择适宜的数据库系统或存储设备，以高效存储海量的监控数据。常见的数据库体系涵盖关系型数据库如 MySQL、SQL Server 等以及非关系型数据库如 MongoDB、InfluxDB 等。其次，深入研究数据存储策略与备份机制，确保监控数据能够长期稳定地保存，并在数据丢失或损坏时能够迅速恢复与备份，以保障数据的完整性与可用性。最后，专注于监控系统中的数据处理流程与方法，致力于实现监控数据的实时处理与分析，深入挖掘数据间的关联与异常现象，并从中提取有价值的信息。

## 4 大数据时代的岩土工程监测保障措施

### 4.1 培养专业工程监测团队

在当前以大数据为主要特征的时代背景下，构建一支高素质的工程监测队伍，对于提升我国岩土工程领域的工作效率与质量具有深远意义。鉴于此类高度专业化的监控工作特性，必须对相关人员的理论素养与实践经验给予充分重视。相关人员应具备对岩土工程的深刻理解，并熟练掌握大数据相关技术，以实现监测数据的高效分析与处理。面对“大数据”带来的巨大挑战，亟须加强队伍建设，全面提升队伍的整体能力。因此，培养专业工程监测团队不仅要传授岩土工程的基本理论，还要着重培养大数据处理与数字勘探方法方面的能力。通过培养专业工程监测团队，期望能够显著提升项目监测队伍的综合素质，并推动其在岩土工程监测领域的深入研究与实际应用。同时，为了有效应对大数据环境下的新需求，应加强多学科之间的交叉合作，具体应借鉴计算机科学、大数据科学等多个领域的协同工作模式，整合各专业的优势资源，全方位提升工程监测队伍的综合能力。

### 4.2 综合分析工程多项参数

岩土工程具有独特的复杂性，其涉及位移、应力、温度等多重因素。然而，传统参数解析方法存在计算效率低、易受人干扰等局限，导致模型参数解析与统计过程中错误频发，严重制约了岩土工程监测结果的精确性。鉴于当前大数据时代的背景，构建一种基于先进传感技术的多参量协同监控体系显得尤为重要。此体系旨在通过同步获取与分析多个关键参量，实现对整个工程项目运行状态的全面掌控。同时，随着大数据技术的蓬勃发展，机器学习方法在解决实际问题中的应用日益广泛。借助预先训练好的模型对海量数据进行智能处理，不仅能够显著提升数据分析的精度与效率，还为岩土工程多参量观测资料的分析提供了强有力的技术支持。为此，应建立一套标准化、科学化、合理化的分析程序与方法体系，涵盖数据收集、处理、分析等各个环节，确保综合分析成果的科学性与规范性。在此基础上，运用数据挖掘技术深入挖掘数据背后的内在规律与隐藏信息，揭示各参量之间的关联关系，为岩土工程状态的精准判定提供有力支撑，进而推动监控效率与质量的双重提升<sup>[1]</sup>。

### 4.3 更新岩土工程监测设备

随着科学技术的不断进步，光纤传感器、微传感器等新型传感器以

及监控技术层出不穷，为我国岩土工程监控装备的升级与改造带来了前所未有的机遇与挑战。在此背景下，我国应全面考量成本、维护等多重因素，择优选取具备前瞻性的传感技术，以提升监控的灵敏度和准确性。面对大数据时代，确保终端间无缝互联以及数据共享已成为亟待解决的关键问题，旨在促进监控设施间的紧密关联，构建完善的系统体系，为大数据的广泛应用奠定坚实基础。借助物联网技术，对监控装置实施远程监控与故障诊断，能够显著提升故障响应速度，增强设备运行的稳定性与可靠性。此外，及时淘汰落后设备，引入先进工艺与装备，是保持监测仪器技术领先、提升环境监控质量的有效途径。

## 结语

岩土监测技术在工程领域的应用已成为确保工程安全、稳定和可持续发展的重要手段。随着科技的不断发展和创新，岩土监测技术将不断完善和提升，并为工程建设提供更加精准、可靠的监测数据和管理手段。<sup>[2]</sup>

## 引用

- [1] 李江川. 岩土工程自动化监测系统及其实践研究[J]. 四川建材, 2023, 49(2):95-97.
- [2] 王伟才. 岩土工程监测管理系统设计与实现[J]. 工程建设与设计, 2021 (17):106-108+135.
- [3] 文选跃. 大数据时代岩土工程监测面临的机遇与挑战[J]. 大众标准化, 2021(14):40-42.

# 高速公路视频监控建设关键技术比选论证

## ——以宿淮盐公司全线视频监控摄像机加密项目为例

文 ◆ 江苏宿淮盐高速公路管理有限公司 符骏 黄从锋 庄一星  
苏交科集团股份有限公司 缙剑  
江苏高速公路信息工程有限公司 武寿春

### 引言

视频监控是高速公路清障救援、道路管养、路况监管等工作的重要工具，也是道路数字孪生、特情监测等智慧高速建设的基础。因此，建设一套功能先进、运行高效的监控系统具有重要意义。本文以盐洛高速视频监控建设项目为例，介绍了应用的新技术和新工艺，阐述了监控建设过程中所开展的摄像机样式、外场供电、网络架构、视频存储、枪机角度等关键技术比选和论证，以供其他高速路段开展视频监控建设以及相关技术研究作参考。

### 1 研究背景

截至目前，我国高速公路总里程已超过 18 万 km，居世界首位。2010 年后，各路段高速公路陆续建设视频监控系统。如今，视频监控已经成为高速公路相关交通主管部门、高速公路运营管理部门以及高速执法单位工作的重要工具。

高速公路里程长、周边空旷，

监控点位的建设、供电、传输、存储等难度远大于城市道路。此外，随着电子信息技术的不断发展以及交通管理需求的不断提升，对视频监控系统也提出了更高的要求，促使视频监控系统性能不断升级。

本文以宿淮盐公司全线视频监控摄像机加密项目外场监控系统建设为例，从外场摄像机的摄像机样式、供电方案、网络传输方案、视频存储、监控角度等关键方案逐个比选并论证。

(1) 摄像机样式比选。通过分离式两枪一球和枪球一体机的镜头、云台、场景适用、点面联合、对接协议等方面进行对比，结合宿淮盐公司现场实际安装条件进行比选推荐。

(2) 外场供电方案论证。通过成本分析、维护便捷性等角度综合分析太阳能供电、低压电缆直埋、远程供电等主流供电方案的优缺点，推荐最适合宿淮盐高速的供电方案。

(3) 网络传输方案论证。从运维的便捷性、光纤资源占用和整体造价等角度比选了外场监控设备传输方式。

(4) 视频存储策略。结合宿淮盐视频加密项目整体项目建设方案情况，综合比较集中式、分布式存储在造价、运营管理上的优劣以推荐该项目视频存储策略。

(5) 监控角度设置分析。通过营运管理的视角，分析监控摄像头的俯仰角对画面的影响，以实际监控画面的案例分析论证监控视频画面的最佳角度。

### 2 关键技术比选论证

#### 2.1 摄像机样式比选论证

根据当时高速公路监控需求，道路主线应实现监控全覆盖，但是传统的单个球形摄像机无法满足业务需求。为实现监控全覆盖，一方面应加密监控点位，监控点位布设间距最远约为 600m，如有标志牌、门架等遮挡，则适当加密。另一方面，每个点位应设置 2 套枪机和 1 套球机

表 1 摄像机比选表

名称	枪球一体机	分离式两枪一球
镜头	三镜头均可电动变焦	球机电动变焦, 枪机手动变焦
云台	球机、枪机均可转动角度, 灵活调整	球机电动云台, 枪机固定
配套	单 IP, 单电源, 维护简单	3 个 IP, 3 个电源, 维护复杂
安装支架	1 个支架	3 个支架
施工调试	一次安装, 后期可直接由监控中心远程调试监控位置和聚焦	固定式枪机的调试和角度调整仅能通过现场调试, 需要封道、登高作业等, 较为复杂
场景范围	上行、下行双向视角均可自由调节	固定视角
合成视频	三路视频合成一路输出	三路视频三路输出
点面联动	内部联动, 响应速度快	后端识别, 事件联动速度慢
对接协议	视频: GB/T28181、ONVIF 事件: 扩展协议	视频: GB/T28181、ONVIF
维护	单网线、单电源线、单 IP, 占用网络带宽少; 三镜头共用供电、传输等, 故障冗余性较低	三网线、三电源线、三 IP; 三镜头的供电、传输独立, 冗余性强, 单套设备故障不影响该点位其他设备
功耗	15 ~ 30 W/套	45 ~ 65 W/套

或枪球一体机, 每个监控枪机应能覆盖 300m 范围。摄像机比选表如表 1 所示, 枪球一体机与分离式两枪一球如图 1 所示, 表 1 和图 1 是“枪球一体”型摄像机和“分离式两枪一球”型摄像机的对比<sup>[1]</sup>。



图 1 枪球一体机与分离式两枪一球

通过比选可见, 枪球一体机相对于分离式两枪一球具有系统结构简单、安装维护方便、摄像机远期应用场景灵活度高等优点。结合近年来高速公路未来感知体系的发展趋势和智慧高速的时代要求, 同时考虑到现有设备的充分利用, 本文建议: 对于新增和更换点位, 采用枪球一体机; 对于利旧监控点位, 考虑成本因素, 采用分离式两枪一球模式, 增加两个枪型摄像机。

## 2.2 外场供电技术比选论证

摄像机外场供电一般有 4 种方式, 分别是“常规供电+太阳能供电”、交流远距离供电(传统)、直流远距离供电和交流浮动电压远距离供电。

### (1) 方案 1: 常规供电+太阳能供电

离供电点较近的摄像机采用低压电缆直埋方式取电自就近取电点(收费站、服务区等); 离供电点较远的摄像机利用太阳能供电。

太阳能供电系统为清洁能源, 具有扩充容易、节能环保的优点。但对于后期维护, 需要经常清洁太阳能光伏板, 更换蓄电池(约 5 年就需要更新), 维护成本较高。此外, 高速公路有较多桥梁路段, 蓄电池需要安装在桥梁上, 安装维护成本较高, 且蓄电池有被偷盗的风险, 增加了营运成本。

### (2) 方案 2: 交流远距离供电(传统)

在沿线配电房设置局端设备, 将 AC220 V/380 V 通过升压变压器升压, 利用主线通信管道敷设供电电缆, 在远端监控设备端通过降压变压器将电压降到 220V, 以实现交流远距离供电。

本方案能够满足监控设备全天候运行的需求, 相比低压电缆直埋能够有效降低供电电缆线径和损耗, 提高供电效率, 且工程造价低于方案 3 和方案 4。

由于线路损耗和电流平方成正比, 传统交流远距离供电方式为降低线路损耗, 会进行升压处理以降低线路电流。如果供电电缆敷设施工工艺水平较差, 连接处水密性不强的情况下, 较高的电压对故障点附近作业的人员有较大的安全隐患, 尤其是在雨雪天气表现最为突出。

### (3) 方案 3: 直流远距离供电

在沿线配电房设置局端设备, 将 AC220 V/380 V 转换为直流电, 利用主线通信管道敷设供电电缆, 在远端监控设备端将直流电转换交流电, 给远端供电设备供电。

由于直流电不存在电抗问题, 相比远距离供电方案有着最低的线路损耗和最低的线路建设造价。同时, 直流供电采用悬浮式供电, 且直流摆脱电流阈值比交流摆脱电流阈值大, 人体对直流电呈现的阻抗远远高于交流电, 安全性高于方案 2 和方案 4。

交直流局端、远端转化设备造价较高且需要配置无功补偿装置, 虽然长距离时主干电缆的建

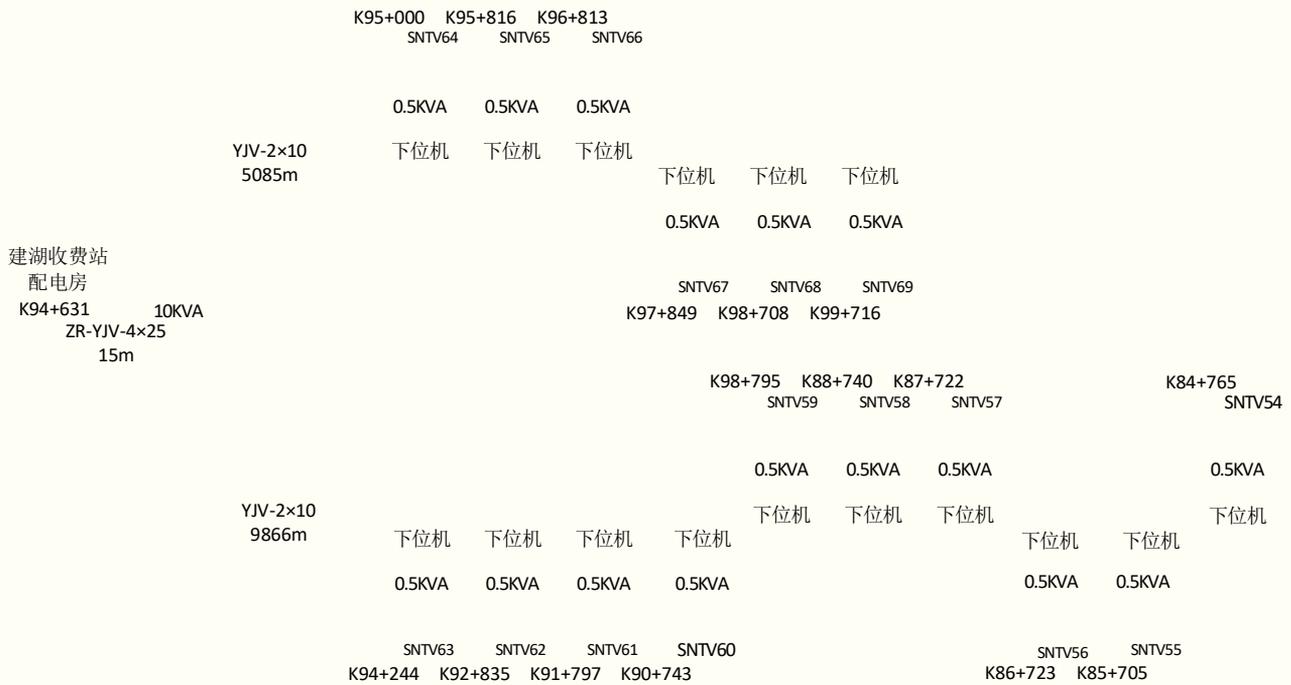


图 2 宿淮盐公司全线视频监控摄像机加密项目供电系统图

设费用直流要小于交流，但是对于本项目应用环境下（每隔 500m，总距离为 10 ~ 20km 左右的供电接入需求），直流远距离供电的整体造价要高于交流远距离供电方式（即方案 2 和方案 4）。

（4）方案 4：交流浮动电压远距离供电

在沿线配电房设置局端设备，采用浮动电压技术供电，电源发生器根据线路负荷电流在一定范围内自动实时调节输出电压，在用电侧隔离变换器同样根据用电负荷电流自动调整降压比，然后再经过二次宽稳压输出。利用道路沿线通信管道敷设供电电缆<sup>[2]</sup>。宿淮盐公司全线视频监控摄像机加密项目供电系统图如图 2 所示。

本方案能够有效降低供电电缆线径和损耗，提高供电效率。工程造价要略高于方案 2 交流远距离供电（传统），低于方案 4 交流浮动电压远距离供电。

系统采用浮动电压原理，浮

动电压低于 1000V，属于低压供电范围，所有开关设备、接线端子、电缆都可以按照低压供电设备标准配置，维修配件易于采购，运行维护只需要普通低压电工即可，符合高速公路管理运行模式。输入和输出变压器采用完全隔离模式，远程供电电缆任意一端与地不产生电压差，具有完备的过压、过流、过载、短路保护装置，并且采用二次稳压技术，输出电压稳定，各用电负荷之间不相互影响，大小功率设备可混合使用，今后扩容、负载调整灵活方便。

因此，经外场供电技术比选后推荐方案 4 交流浮动电压远距离供电。

### 2.3 网络传输方案论证

传输方案有一般环形和星形两种，结合高速公路实际情况，对比如下。

#### （1）方式 1：点对点传输方案

监控外场设备图像通过工业以太网光端机点对点就近传输到收费站汇集交换机，利用通信网络将监控外场图像、数据传输到监控分中心。

点对点传输方案优点是整体造价较低，远端设备与局端设备单点对接，单点位故障不影响其他外场监控设备，且后期维护简单，可扩展性强。缺点是对光纤占用较多，不适合光纤资源较为紧张的应用场景。

#### （2）方式 2：工业以太网环网方案

主线的监控图像组成 1 个传输环网，接入收费站汇集交换机，利用通信网络将监控外场图像、数据传输到监控分中心。

工业以太网环网方案优点是对光纤资源占用较少，采用工业级以太网设备，设备性能较稳定。缺点是考虑到本项目外场监控视频较多，传输占用带宽较高，对环网内的外场工业级以太网传输设备的性能要求较高，整体造价较高。同时，环网结构在日常维护工作中，对于单处设备点位故障的巡检难度大。

在建设过程中，综合考虑光纤资源情况以及设备的稳定性和经济

性，在光纤资源充足情况下，建议采用点对点传输方案，便于后期维护。

#### 2.4 视频存储技术论证

高速公路监控视频存储一般采用分布式存储、集中式存储两种方式。分布式存储是将沿线监控视频等就近存储于收费站、服务区等视频汇聚点，监控（分）中心远程调用。集中式存储即将沿线监控视频等集中存储于监控（分）中心，各站区远程调用。两种方案的优缺点如下。

集中式存储方案优点是能够有效减少视频存储节点，视频存储设备高度集中，设备综合使用率较高，系统运维管理方便。缺点是高清视频集中传输到中心机房，对视频传输系统的带宽要求较高，另外视频存储的可靠性也存在较大问题，一旦主干传输光缆终端或者传输设备故障，视频图像将无法存储，必然会出现图像丢失，严重影响视频后查业务（特别是收费图像和应急事件图像）<sup>[3]</sup>。

分布式存储方案优点是视频图像能够就近接入存储设备，不受主干传输平台的影响，视频存储可靠性较高。存储压力分散到多个节点，发生大规模系统故障概率较低，视频传输网络带宽要求较低。缺点是视频存储节点较多，机房综合利用率较低，系统综合造价较集中式存储方案略高（高 10% ~ 20%），系统运维管理的工作量较大。

经过对比，系统可靠性是以上因素中的核心，考虑项目同期开展整体式机房、通信接入网改造，为视频集中式存储提供了较为良好的机房运行环境和通信接入环境，因此，推荐采用集中部署方案。

#### 2.5 监控角度设置论证

监控角度的设置同样重要，特别是摄像机俯仰角（相机光轴与地面的夹角）对拍摄的范围有重要影响。俯仰角越小，拍摄方向与地面越水平，拍摄距离也越远，但景深带来的近大远小现象也会更为明显，同一个画面中的同一个目标尺度会发生剧烈变化。此外，较小的俯仰角虽然带来了较远的可视范围，但在高速上，过远的区域无拍摄意义。



图 3 可视方位图

可视方位图如图 3 所示，辅助线以上路面的车辆已经难以分辨，没有拍摄价值，辅助线以下为有效画面，该场景的有效分辨率只有原始分辨率的 50%，浪费一半的像素。如果将能够检测的最小目标相对尺度设定为“目标高度大于图像高度的 4%”，将相机俯仰角调整为“画面最上方目标的高度，刚好等于图像高度的 4%”，依据小孔成像原理，能够保证画面里所有目标的相对尺度都满足要求，充分利用了画面像素。

在此俯仰角下，结合实际的相机架设高度，画面最上方目标距离画面最下方大约是 200m，按高速道路上每段虚实线 15m 计，大约是 13 ~ 14 段虚实线，所以在调整俯仰角时，应以超过 14 段虚实线为宜，且考虑原有视频监控完整性，建议能看见远处的天空。

#### 结语

宿淮盐公司全线视频监控摄像机加密项目是江苏高速公路监控视频加密 3 个试点项目之一，是“感知高速”建设的重要组成部分，也是实现道路数字孪生以及 AI 事件监测等新技术的基础性工作。本文阐述的技术论证是高速公路视频监控建设实际过程中所积累的实践经验，供借鉴和交流。<sup>[5]</sup>

#### 引用

- [1] 王昆,郭锐.宿淮盐高速公路视频加密试点设计探析[J].中国交通信息化,2023(2):123-127+143.
- [2] 何培舟.ETC门架系统供配电方案浅析[J].中国交通信息化,2021(6):123-125.
- [3] 赵盛雄.关于高速公路监控系统建设的几点讨论[J].科学技术创新,2018(23):93-94.

