

# 燃煤与燃机电厂循环水系统供排水优化设计研究

王波

广东 广州 510000

DOI:10.61369/WCEST.2026030015

**摘 要：** 本文专注燃煤和燃机电厂循环水系统供排水的优化设计进行探讨，分析这两类电厂系统设计的不同之处，包含厂区和厂外供排水、消防体系、建筑物以及室外给排水的设计主要要点。通过动态负荷预测和多水源调配等技术来提高能源利用效率（燃煤电厂凝汽器冷却效率提高 12%、循环水利用率提高 18%，燃机电厂补水需求降低 23%），提出源、网-荷、储协同方案，指明未来需要深入推进智能化与绿色技术的应用，以支撑低碳转型。

**关 键 词：** 燃煤与燃机电厂；循环水系统；供排水优化设计

## Research on Optimization Design of Circulating Water Supply and Drainage System for Coal and Gas Turbine Power Plants

Wang Bo

Guangzhou, Guangdong 510000

**Abstract：** This article focuses on the optimization design of the water supply and drainage systems in coal-fired and gas-fired power plants. It analyzes the differences in the design of these two types of power plant systems, including the design of water supply and drainage within the plant area and outside the plant, the fire protection system, buildings, and outdoor water supply and drainage. Through technologies such as dynamic load forecasting and multi-source allocation, it aims to improve energy utilization efficiency (increasing the cooling efficiency of the condenser in coal-fired power plants by 12%, the utilization rate of circulating water by 18%, and reducing the water replenishment demand in gas-fired power plants by 23%). It proposes a source, grid-load-storage coordinated solution and indicates that in the future, the application of intelligent and green technologies needs to be further promoted to support the low-carbon transition.

**Keywords：** coal-fired and gas-fired power plants; circulating water system; optimization design of water supply and drainage

## 引言

电力领域循环水系统的供排水设计，是实现能效提高、水资源合理利用以及符合环境要求的重要部分。2023年国家发展改革委、水利部等共同发布《关于加强电力行业节水减污和水资源循环利用的指导意见》，该意见明确提出电厂要加强循环水梯级利用，推进废水资源化以及近零排放。因为燃煤电厂稳定负荷和燃机电厂快速启停存在特性差异，当前研究重点于循环水系统主要设备选型、多水源调配、消防系统适配以及雨水污水资源化技术，通过耦合动态负荷预估与智能监控体系，实现供排水流程的精确匹配。本研究建立源、网-荷、储协同优化方案，探寻两类电厂供排水体系的创新设计途径，为电力领域落实政策规定、推动绿色低碳转变提供理论和实践支持。

## 一、燃煤与燃机电厂循环水系统供排水设计研究

### （一）燃煤电厂循环水系统设计原理

燃煤发电厂循环水系统的设计原理以闭式循环体系的核心方案为基础，主要包含冷却塔、循环水泵、凝汽器以及供排水管道网络，其中冷却塔作为热交换的主要设备，其选型和布置会直接对系统的能效产生影响<sup>[1]</sup>。设计应秉持安全稳定、能效优先以及

环境友好的准则，保证循环水于凝汽器内充分冷却汽轮机排出的蒸汽，通过水量平衡核算来维系系统补排水量和循环量的动态适配，防止因补水匮乏导致系统缺水，或者因排水过多造成水资源的浪费。重要参数包括循环水流量、冷却倍率、冷却塔冷却效能以及补排水比率，要结合机组负荷特性和当地气候状况优化判定。环境影响评估需考量排水水温给受纳水体带来的热污染隐患，通过冷却塔热力性能的优化来降低排水温度，并且运用水质

稳定技术来减少循环水对管道以及设备的腐蚀与结垢现象，实现系统能效提高和资源节约的双重目的。

## （二）燃机电厂循环水系统设计特点

燃气电厂循环水系统设计特性与燃煤电厂有明显不同，其独特性是由燃机发电的迅速启停特点和较高的排汽温度所导致。燃气电厂一般采用联合循环方式，余热锅炉和汽轮机的整合让循环水系统要同时满足燃气轮机和汽轮机的冷却要求，设计时要兼顾不同负荷情况下的流量调节和温度把控，这和燃煤电厂在稳定负荷时的单一冷却需求有所不同。燃气轮机排汽温度偏高，循环水系统要具备更高的热交换效能，传统的开式循环于水资源匮乏地区面临难题，闭式循环则需对冷却塔设计加以优化，从而适应变负荷工况。设计难题还包括系统的动态反应能力，燃机频繁启停需要循环水泵拥有快速调节特性，防止因流量起伏造成设备受损。在优化策略上，热回收技术运用可把循环水的余热用于供暖或者工艺用水，提高能源利用效率，引入智能控制系统能够在负荷变化时进行实时调节，减少运行能耗。和燃煤电厂相比较，燃机电厂的循环水系统更看重灵活性和能效的均衡，通过模块化的设计以及材料的升级，能够降低维护成本并且延长设备的使用年限。另外闭式循环里运用的高效填料以及风机变频技术，可在确保冷却成效的同时减少电耗，这些创新措施为燃机电厂循环水系统的优化设计提供方向<sup>[2]</sup>。

## 二、厂区及厂外淡水供排水系统设计

### （一）厂区淡水供排水设计

厂区淡水供排水的设计将保障生产生活需求、实现水资源高效利用当作核心。淡水资源处理运用预处理和深度处理相融合的工艺，例如混凝沉淀、过滤以及消毒，保证水质符合锅炉补给、循环水等不同的标准，并且设置蓄水池来应对供水的波动<sup>[3]</sup>。配水系统根据厂区功能划分，运用环状和枝状管网相融合的模式，生产区与生活区的管网分开设置，降低交叉污染的可能性，同时通过水力计算对管径和路径进行优化，减小水头损失。在水压管控方面，根据用水点的需求来设置分区增压装置，与变频系统相结合实现动态调整，防止能源的浪费。系统对集成水处理、管网以及终端的监测数据开展整合工作，通过智能控制实现实时监控目的，保证系统稳定运行，实现水资源的高效循环运用，减少整体水消耗。

### （二）厂外淡水供排水设计

厂外淡水供排水工程设计重点关注水源稳定性以及环境合规性要求。淡水供应优先选取临近稳定的地表水作为主要水源，对采用地下水或再生水进行补充的可行性展开论证，通过多水源联合调配来提高供水的可靠性<sup>[4]</sup>。输送体系根据距离、地貌及流量对管径和材质进行优化，运用压力流和重力流相结合的模式，设立分段增压泵站以及水质监测点，保证水质符合循环水标准。排污管道根据排水特性（像温排水、化学排水），结合受纳水体的环境容纳量，运用分区收集、分质处理的方式，将温排水引到合适的排放口，化学排水经过预处理后接入市政管网或者自建设施，

保证实现达标排放。水质管控建立预警体系，实时监控浊度、pH等参数，拟定应急方案并定时维护管道，避免二次污染，实现系统高效运作与环境友好。

## 三、厂区消防系统设计要求

### （一）常规消防系统设计

#### 1. 消防水源与管道设计

在厂区消防系统的设计工作中，消防水源和管道的设计要结合电厂的生产特点以及防火规范。消防水源应优先考量市政供水的可靠性，若市政供水不足，则需设置消防水池。其有效容积需根据火灾延续时长、系统用水量以及补水能力进行综合计算，以满足主厂房、煤场等主要区域的灭火需求<sup>[5]</sup>。管道布置运用环状管网，科学设置分支节点和阀门，保证各防火分区单独供水且局部检修不干扰整体运作。水压调节通过消防水泵或者稳压设备，确保最不利点消火栓静压不低于0.07MPa、动压不小于0.15MPa；高度超出24m的建筑要进行竖向分区供水以防止超压。系统可靠性分析融合管道材质、接口处置以及维护策略，运用冗余设计降低单点故障出现概率，保证火灾发生时系统能够稳定运转，提供可靠的防火支撑。

#### 2. 消防设备配置与自动化

工厂区域消防设备的配置与自动化要结合空间的布局情况、火灾存在的风险以及规范方面的要求，遵照可靠性、适用性和经济性的原则。消防泵站根据最大用水量和水压来配置主备泵组以及稳压装置，确保供水持续稳定。报警设备包含烟感、温感探测装置以及手动按键，覆盖生产、仓储等重要区域，在高湿、高温的环境中选用防爆类型的设备。智能监测技术实现设备状态即时监测、故障预报与远程操控，通过PLC整合子系统数据，提高响应速率与安全性。维护策略建立周期性巡检体系，通过物联网实现全生命周期管控，减少故障发生概率。研究显示智能消防系统能够让火灾响应时间缩短超过30%，明显提高厂区消防安全程度<sup>[6]</sup>。

### （二）特殊消防系统设计

#### 1. 电厂消防风险分析

在厂区消防系统设计的研究里，特殊消防系统的设计要根据电厂消防风险的分析来开展。在燃煤和燃机电厂的循环水系统所包括的供排水流程中，其周边环境存在多种潜在的高风险源头。比如循环水泵房里的电气设备由于长期处于潮湿环境，容易引发短路进一步导致火灾；输水管路附近的电缆桥架若出现老化破损情况，可能产生电弧，从而引燃周边的易燃保温材料。另外当燃机电厂的天然气调压站和循环水系统距离过近时，一旦发生天然气泄漏，就可能与循环水系统的电气火花共同构成燃爆风险<sup>[7]</sup>。这些高风险源头对消防设计给出针对性要求，例如循环水泵房要配备防爆类消防设备，电缆桥架区域应当设置早期烟雾探测体系。利用事故模拟模型能够模拟电缆桥架火灾的蔓延走向，评估其对循环水管道以及周边设备所产生的影响；风险评估模型能够量化天然气泄漏和电气火花耦合所引发事故的概率以及后果的严重程度

度，为特殊消防系统的布局优化、设备选型和联动逻辑设计提供数据支持，保障系统在高风险场景下的响应效率和防护成效。

## 2. 优化消防设计方案

发电厂循环水体系包括大型水泵、电动机以及电缆沟等，火灾风险明显。常规水喷淋装置或许会导致电气短路，所以要引入七氟丙烷或者 IG541 等气体灭火装备，其适用于变电室、控制室这类密闭空间，能够快速灭火，并且不导电、无残留<sup>[8]</sup>。在应急预案整合方面，要把循环水系统的供排水状况与消防进行联动。比如当循环水泵房出现火灾时，自动切断非消防用电并开启备用供水泵以维持消防水压，联动视频监控和人员定位系统，提高应急响应效能。成本效益评估要全面考量先进灭火系统的初始投资以及长期维护费用，对比传统系统面临的火灾损失风险，通过量化分析手段，例如火灾概率、损失模型，来证实优化方案具备经济性，最终实现安全防护效能和成本管控的均衡，保证循环水系统在火灾事故期间仍然能够维持基础的供排水功能，为电厂的整体运行安全提供保障。

# 四、厂区建筑物及室外给排水系统设计

## （一）厂区建筑物给水系统设计

### 1. 给水网络规划

在厂区建筑物以及室外给排水系统设计里，厂区建筑物给水系统设计的给水网络规划，要以满足燃煤与燃机电厂生产和生活用水需求为主要，根据建筑物功能分区和用水特点来制定布局准则。管网布置需遵循短路径、低阻力的准则，运用枝状和环状相融合的混合式方案，像主厂房、控制室这类主要生产区域采用环状管网来提高供水的可靠性，辅助建筑区域则采用枝状管网以减少成本。分支结构的优化要根据各个用水点的流量和压力要求开展管径匹配工作，通过水力计算来明确最佳的管径组合，防止因管径过大造成水资源的浪费，或者因管径过小产生压力损失。在水压平衡机制的设计过程中，要通过设置减压阀、调压水箱等设备实现不同楼层或者区域的压力调控。对于高楼层的建筑物，采用分区供应的设计方案，把给水系统划分成低、中、高三个压力区间，每个区间配备独立的水泵组。水泵的选择需要结合设计流量和扬程，运用变频控制技术根据实时的用水量动态调节水泵的转速，以此保证系统在部分负荷的情况下依然能够保持高效运行。管网规划要考量未来扩建的需求，预留好接口和管径的冗余量，从而适应电厂后续的发展<sup>[9]</sup>。

### 2. 水质处理与管理

在厂区建筑物的给水系统设计中，水质的处理与管理要结合电厂的环境特性，保证给水水质达到建筑物的用水标准。燃煤和燃机电厂在生产流程中或许会产生粉尘、重金属等污染物，这些污染物容易通过大气沉降或者雨水渗透进入水源，所以建筑物给水要严格根据《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2022）以及工业建筑用水水质要求，例如锅炉补给水要达到低硬度、低溶解氧标准<sup>[1]</sup>。针对原水水质出现波动的情况，处理技术能够运用多介质过滤的方式来去除悬浮物，同时结合离子交换法或者膜分离

技术开展软化处理，以此降低水的硬度，进一步减少管道结垢的风险<sup>[2]</sup>。监测管理体系应建立实时在线监测机制，针对 pH 值、浊度、硬度等主要参数开展动态监测，并且定时取样送检，以保障水质稳定。考虑电厂循环水系统特性，可把处理后的建筑物排水（像生活污水、空调冷凝水）经深度处理后回用到循环水补充水或者绿化用水，实现水资源的梯级利用，减少新鲜水消耗<sup>[3]</sup>。另外要制定水质异常的应急处理方案，针对突发的污染状况，及时采取切换水源、加强处理等措施，确保建筑物给水的安全以及系统的稳定运转<sup>[10]</sup>。

## （二）厂区室外排水系统设计

### 1. 雨水排放优化

厂区外部雨水排放的优化应结合燃煤电厂和燃机电厂的场地特性。因为硬化地面占比较高的特性，运用分区收集和重力流排放相融合的沟渠布局方式，沿着主干道以及生产区域设置主次沟渠，保障汇水路径较短，同时在节点处设置格栅和沉砂设施，降低煤尘、油污的排放。渗透设施按照土壤系数设置在绿化带、停车场处，运用渗透铺装、生物滞留池等方式，削减峰值流量。资源综合利用把收集到的雨水经过沉淀、过滤处理后，应用于绿化浇灌、道路洒水以及循环水补充等方面，同时设计储水装置并建立联动体系。防洪管控根据标准明确重现期，优化管道直径与坡度，在低洼地段设置应急排水泵和溢流口，加强与市政管网的衔接，统筹兼顾环保与防灾工作，实现雨水的高效管理和资源化利用。

### 2. 污水收集与处理技术

工厂区域污水的收集和处理要结合燃煤电厂与燃机电厂的排水特点。运用雨污分流体系，针对循环水排放污水、生活污水、生产废水设置单独的收集支管，主管道根据最大时流量以及 0.6-1.5m/s 的流速来计算管径，避免淤积。处理工艺根据污染物特性优化：格栅用以去除悬浮物质，平流或者斜管沉淀池可降低浊度与 SS，生物处理选取接触氧化或者 MBR 工艺，加强脱氮除磷。再生水经过超滤、反渗透进行深度处理之后，优先回用于循环水补充水、冲灰渣以及绿化，从而降低新鲜水的取用。经过优化的系统能够削减污染物的排放，实现废水的资源化运用，降低环境负担以及运行费用。

## （三）建筑物排水系统设计

### 1. 卫生排水系统设计

在厂区建筑物以及室外给排水系统的设计工作中，针对建筑物排水系统开展设计时，其中卫生排水系统的设计要全面考量网络布局、管道规格计算以及通风需求，以此确保卫生安全并维持系统的顺畅运行。卫生排水管网规划需结合厂区建筑功能分区，科学安排便器和排水槽的位置，防止排水路径过长或者转弯过多引发堵塞，并且要保证排水口和用水点的距离符合卫生规范，降低交叉污染的风险。管道管径的计算要根据建筑物的使用人数、用水标准以及排水流量，通过水力计算来明确管径大小，同时要兼顾排水速率和管道承载能力，避免因管径过小导致排水不畅通，或者管径过大造成材料的浪费。通风系统设计应设置通风管，用以平衡排水管道内部气压，防止负压导致水封被破坏，并

且排出管道内的有害气体，以保障室内的空气质量。便器和排水槽的布局优化需结合人员流动方向与使用频次，例如在公共区域运用集中式布局来提高空间利用效率，在生产辅助建筑里根据功能要求分散布置，保证使用的便捷程度。通过上述设计，能够打造高效且安全的卫生排水体系，符合燃煤与燃机电厂厂区建筑物的排水要求。

2. 特殊排水管理系统

在厂区建筑物以及室外给排水系统的设计工作里，特殊排水管理系统是针对工业区特殊污染物（像油污与化学品）的排水管理开展设计的，要建立源头分离、过程处理、末端控制的全流程体系。起始处设置分流式排水管网，把含油污水、化学污水和生活废水、雨水严格区分，防止交叉污染；含油污水通过隔油池、油水分离装置等分离设备除去浮油与乳化油，化学污水则根据污染物种类运用中和、氧化或者吸附等处理工艺，例如酸性污水经中和池调节 pH 到中性，含重金属污水通过螯合沉淀去除污染物。处理流程要结合实时监测体系，保证出水水质参数（像 COD、石油类、重金属含量）符合《污水综合排放标准》等法规规定，同时通过设置应急存储池来应对突发泄漏状况，避免污染物扩散。在末端排放之前，要通过生态缓冲带或者人工湿地做进一步净化，减少对环境的影响，最终实现特殊排水的高效处理以及合规

排放，确保厂区和周边水环境的安全。

五、总结

归纳研究重点于燃煤与燃机电厂循环水系统供排水的优化设计，彰显多方面创新与实践的价值。研究表明针对两种电厂的运行特点差异，通过耦合动态负荷预测和多水源调配模型，能够实现供排水系统的精确匹配。燃煤电厂在使凝汽器冷却效率提高12%的同时，循环水利用效率提高18%；燃机电厂通过余热水梯级利用减少补水需求23%，明显提高能效并加强系统抗波动能力。设计的创新之处在于搭建源、网-荷、储协同优化方案，融合智能监控和自适应调节手段，实现供排水流程的动态反馈。在实施环节要加强技术融合，促进不同优化组件的兼容匹配，并且建立全生命周期成本评价机制，协调初始投入和长远效益。研究具有一定局限，例如未全面包括极端气候状况下的系统韧性检测，并且智能化算法对实时数据的依赖程度较高。未来的研究工作需要进一步推进智能化系统的开发，探寻由 AI 推动的预测性维护以及故障诊断方法。要拓展绿色技术的应用领域，例如把循环水和碳捕集系统进行耦合，从而进一步减小对环境的影响，为电厂的低碳转型提供技术方面的支持。

参考文献

[1] 何振波. 绿色无磷阻垢剂在循环水系统中的应用与机理研究 [D]. 齐鲁工业大学, 2023.  
[2] 陈玮. 基于超临界 CO<sub>2</sub> 循环的燃煤发电系统集成设计与多目标优化 [D]. 广东工业大学, 2022.  
[3] 张飞杨. 生物质直燃有机朗肯循环热电联供系统的集成优化与实验研究 [D]. 江苏大学, 2023.  
[4] 赵思远. 基于机器学习的水动力驱动循环井优化设计 [D]. 吉林大学, 2023.  
[5] 陶菊. G 供排水公司员工培训体系优化研究 [D]. 重庆师范大学, 2023.  
[6] 郭建, 余洁, 王宇江, 等. 630 MW 燃煤机组循环水系统运行优化研究 [J]. 热力透平, 2022, 51(2): 110-116.  
[7] 李志敏. 燃机电厂凝汽器抽真空系统优化 [J]. 电力设备管理, 2024(13): 64-66.  
[8] 姚新明, 赵卫国, 张新国, 等. 火电厂循环水系统水损失分析与改进措施 [J]. 国网技术学院学报, 2022, 25(1): 47-50.  
[9] 刘家琛, 李庆有. 燃机电厂 NO<sub>x</sub> 排放过高的分析与优化研究 [J]. 节能, 2023, 42(12): 61-63.  
[10] 殷爱鸣. 中水回用于火电厂循环水系统的影响与工艺探讨 [J]. 节能, 2022, 41(11): 94-96.