



60-F23341C-Q03-01

甘肃能化庆阳 2×660MW 煤电项目

初步设计阶段

第 20 卷

节约能源部分

中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司

Northwest Electric Power Design Institute Co., Ltd. of China Power Engineering Consulting Group

2024年 11 月 西 安

本工程初步设计文件由以下各卷组成

第 1 卷	总的部分
第 2 卷	电力系统部分
第 3 卷	总图运输部分
第 4 卷	热机部分
第 5 卷	运煤部分
第 6 卷	除灰渣部分
第 7 卷	电厂化学部分
第 8 卷	烟气脱硫工艺部分
第 9 卷	电气部分
第 10 卷	仪表与控制部分
第 11 卷	信息系统及安全防护部分
第 12 卷	建筑结构部分
第 1 分卷	建筑部分
第 2 分卷	土建结构部分
第 13 卷	采暖通风及空气调节部分
第 14 卷	水工部分
第 1 分卷	供水部分
第 2 分卷	水工结构部分
第 15 卷	环境保护部分
第 16 卷	水土保持部分
第 17 卷	消防部分
第 18 卷	劳动安全部分
第 19 卷	职业卫生部分
第 20 卷	节约资源部分
第 21 卷	施工组织大纲部分
第 22 卷	运行组织及设计定员部分
第 23 卷	设备及主要材料清册
第 24 卷	工程概算

批 准 人： 刘 学 军

审 核 人： 邓 科 锋

校 核 人： 李 鹏

设 计 人： 袁 瑞 山

目 录

1	项目概况	1
1.1	厂址概况	1
1.2	建设规模	1
1.3	厂址自然条件	1
1.4	建设目标	3
2	电厂节能的意义	3
3	保证机组高效、节能运行的措施	4
3.1	机组热耗优化	4
3.2	优化热力系统疏水	5
3.3	加强保温效果	6
3.4	全厂节电措施	7
3.5	建筑节能	10
4	节水	12
4.1	全厂排水资源化重复利用	13
4.2	分类收集全厂污废水	13
4.3	加强水务管理	13
4.4	耗水指标	13

1 项目概况

1.1 厂址概况

本工程厂址位于甘肃省庆阳市宁县早胜镇境内。厂址地处鄂尔多斯盆地南部，地层区划属华北地层区鄂尔多斯分区。位于宁县东南约14.5km（直线距离），公路里程约20km（G211-G327-电厂进厂道路）。东距早胜镇直线距离约1.1km；西北距九龙川煤矿直线距离约8.9km。东南距南北村沟灰场直线距离约1.3km。

1.2 建设规模

本期工程扩建2×660MW超超临界一次再热燃煤发电机组，同步安装建设烟气除尘、脱硫、脱硝装置，全厂实现废水零排放，预留电厂二期扩建条件。

1.3 厂址自然条件

宁县地处东经 $107^{\circ}41'$ ～ $108^{\circ}34'$ ，北纬 $35^{\circ}15'$ ～ $35^{\circ}52'$ 之间，位于庆阳市东南部。东北部以子午岭为界与陕西富县、黄陵县相邻，南与庆阳市的正宁县接壤，西南以泾河为界与陕西长武县为邻，西与平凉市的泾川县比邻，西北部与庆阳市的西峰区相连、北部与合水县相接。西距兰州510km，东距西安200km。

宁县地形呈不规则长方形，东西宽、南北窄，地势由高到低，呈东北—西南走向，周长313千米。地形主要有3种：梁昂沟壑类型，高原沟壑类型，川台河谷类型。除子午岭外，当地人将一些高于平川、类似山脊的残原梁昂称为山。

宁县，属暖温带半湿润气候区，气候具大陆性高原气候特点。暖湿空气势力不强，常受冷空气影响，雨水较少，温润适中，四季比较分明，夏

季短，冬季长。冬季寒冷，夏季不甚炎热。年平均气温10.2摄氏度，年平均降水量527.1毫米。年平均蒸发量1462.2毫米，为年降水量的2倍。2019年，日照总时数为2083.1小时，比常年平均少232.6小时。

宁县境内有泾河、蒲河、马莲（连）河、城北河、九龙河、湘乐河、平道川、砚瓦川、无日天沟9条河流，均系黄河水系泾河支流。除泾河、蒲河之外，又皆为马莲河支流。九龙川、湘乐川、平道川全程在县境以内，其余均为过境河流。

厂址位于甘肃省庆阳市宁县早胜镇境内，厂址现状为一般农田，场地平整，标高介于1111.43~1240.43之间。场地地势开阔，地貌单元较为简单，现状种植农作物。

厂址高于西侧马莲河约270m，不受西侧马莲河百年一遇洪水影响。厂址位于山塬顶部，整体地势较高，局部地势东北高西南低，站址东北角受少量坡面水的影响，建议东、北侧围墙基础抬高约0.4m并保持排水通畅，站址北侧、西侧、及东南角有三条冲沟发育，站址高于冲沟底部上百米，站址不受冲沟洪水影响，但距离冲沟较近，应注意高边坡的稳定性。

工程场地的地基土类型为中软场地土，建筑场地类别为II类。根据《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2015)，所在区50年超越概率10%地震动峰值加速度0.05g，对应抗震设防烈度为6度，地震动反应谱特征周期为0.45s。

厂址范围呈举行，东西长873m，南北宽420m，可利用地面积34.51hm²，用地满足本期2×660MW机组建设用地需要，并具有扩建条件。

厂址周边为南北村，厂址附近约150户居民，无名胜古迹；厂址西南侧为徐家屯古墓区，已按照相关单位意见避让。无自然保护区、无河流湖泊、

无机场、无军事设施。

1.4 建设目标

建设绿色环保、节能高效、科技引领的世界一流电厂；建成代表煤电指标领先、技术领先、工程品质领先的创新驱动工程；建成“信息融合、智能管控、智慧运营的智能电站”；高标准达标投产，创建中国电力优质工程，争创国家级优质工程，达到项目建设“六个一流”（一流的设计、一流的设备、一流的施工、一流的管理、一流的智能化、一流的投资）目标。

2 电厂节能的意义

节约能源是中国经济发展的一项长期战略方针，节约能源不仅是为了缓解能源供需矛盾，更是为了促进国民经济健康、快捷地发展，以及促进产业结构调整和产业升级。

节约能源是指加强用能管理，采用技术上可行、经济上合理以及环境和社会可以承受的措施，从能源生产到消费的各个环节，降低消耗，减少损失和污染物排放，制止浪费，有效、合理地利用能源。

对于火电项目，尽管火电在未来能源结构中的比例将逐步下降，但是“十四五”期间甚至以后更长的一段时间内，火电装机规模增长的势头表明，在我国固定资产投资项目节能评估和审查制度正式步入实施阶段的时刻，火电项目建设仍然需在节能降耗上进一步下足工夫。加强火电项目的节能管理，可以促进科学合理利用能源，从源头上杜绝能源浪费，提高能源利用效率。

通过对项目用能情况和工艺路线的分析，使项目用能具有一定的先进性和合理性。采用源头控制的方法，防止落后的工艺、技术、设备繁衍，

减少能源的损失和浪费，以推进节能进步，落实国家有关节能政策。

相关数据显示，目前我国煤电装机占发电总装机容量的63%，而现有燃煤机组的平均热效率约为35.6%，低于发达国家先进水平。本工程为超超临界燃煤供热机组，主辅机采用间接空冷，供电煤耗及厂用电率远低于平均水平，再通过节能优化，进一步降低能耗，节约一次能源消耗，降低污废物排放。

对火电项目进行节能评估，将遵循资源利用最佳、能源消耗最小、技术先进、合理和节约利用能源的原则，有利于提高机组参数，提高煤电机组的热效率，节约一次能源的消耗，促进节约型社会的建设，促进人与自然的和谐，发展循环经济和知识经济，实现经济社会全面协调可持续发展的目标。

本工程设计阶段采用高效的设备、先进的设计理念使机组各项指标达到国内同类机组领先。

3 保证机组高效、节能运行的措施

3.1 机组热耗优化

对于凝汽式机组，提高机组热经济性指标可以从以下方面着手优化：

- (1) 汽轮机热耗率；
- (2) 锅炉热效率；
- (3) 热力系统优化；
- (4) 降低厂用电率。

本文对以上前三个方面中与设计优化关系最密切的汽轮机热耗率和热力系统热效率分别进行深入探讨。

在发电热力循环中，汽轮机的热耗率与许多因素有关，除汽机本体结

构因素外，蒸汽初参数和排汽背压是决定机组热效率的重要参数。燃煤火电厂的热力系统基础是朗肯循环，采用一次再热系统，提高蒸汽的初参数（蒸汽压力和温度），降低排汽背压，提高锅炉热效率，优化回热系统配置都是提高循环热效率的主要手段。

3.2 优化热力系统疏水

对热力系统疏水设计优化如下：

1) 主蒸汽、再热及旁路蒸汽系统、抽汽系统严格按照《火力发电厂汽轮机防进水和冷蒸汽导则》和《火力发电厂汽水管道设计规范》中的相关要求对管道进行放坡及疏水点的设置，保证机组在启动暖管和低负荷或故障条件下能及时排尽管道中的冷凝水，防止汽轮机进水事故的发生。

2) 轴封供汽系统管道选用进口浮球式疏水器来代替原来的节流孔板疏水，减少热损；轴封加热器疏水采用我院的科研成果，用进口浮球式疏水器代替水封，以解决现场水封布置及维护难，且运行易出现封不住或疏水不畅的问题。

3) 高、低加疏水管道按规程要求考虑的流量及输出端和接收端的压差进行管径和流速的合理选择。对于压差过小的两级加热器在设备、管道布置及阀门选型时进行考虑，避免出现疏水不畅。7号低加疏水系统设置低加疏水泵，低加疏水泵采用变频调速，降低机组热耗、降低厂用电。同时考虑疏水阀后管道的冲刷问题，疏水阀后管道选用合金钢材质。

4) 取消辅汽系统常规的辅汽扩容器，辅汽系统的疏水通过一根辅汽疏水母管排至锅炉疏水扩容器或汽机本体疏水扩容器，回收工质的同时，避免主厂房出现可能的冒汽现象。设备的取消也能降低投资和维护费用，节省布置空间。

5) 设置凝汽器扩容器上的疏水集管, 疏水集管按全厂疏水的压力等级划分。疏水集管按接收疏水的参数选用不同材质及壁厚。每个疏水集管上的疏水按压力由高到低排列, 压力越低越靠近凝汽器扩容器。

3.3 加强保温效果

3.3.1 热力管道的保温

保温设计是根本、选材是保证、施工是关键, 验收是手段。在设计上, 要结构合理、切实可行; 在施工上, 要严格管理、认真操作; 在选材上要性能优良、价格适中; 在验收上要两个方面齐备, 一方面要严格按照国家的相关规范规定验收。另一方面对施工完成后的工程必须进行热力测试, 这是工程质量好、坏的直观反映。保温工程是一个众多环节有机结合的一个过程, 任何一个环节都不能偏重或是忽略, 只有严把各个环节的质量关, 使其发挥自身本应具备的积极作用, 这样才可以达到预期的保温效果, 节约能源、提高经济效益。

本工程保温保温材料选择如下:

(1) 介质温度在 350°C 及以上的管道采用硅酸铝、高温玻璃棉组合成的复合保温型式, 内层采用硅酸铝, 外层采用高温玻璃棉;

(2) 介质温度在 350°C 以下的设备、管道采用高温玻璃棉制品;

(3) 以上三条中涉及的保温材料均敷设反射膜(金属箔);

(4) 阀门采用可拆卸式玻璃钢阀门保温罩壳。

保温结构外表面温度控制如下:

(1) 当环境温度不高于 25°C 时, 可适当降低高温大管径管道(如主蒸汽、再热热段、再热冷段)的保温结构外表面温度至 49°C ;

(2) 当环境温度高于 25°C 时, 保温结构外表面温度不应超过 $25^{\circ}\text{C} + \text{环}$

境温度。对于防烫伤保温，保温结构外表面温度不应超过60℃。

3.4 全厂节电措施

3.4.1 电气系统节电措施

1) 合理使用配电变压器

变压器的经济运行区，它的范围一般在额定负载的25%~75%之间，在此区间效率较高。最佳运行区为50%~70%之间，此时变压器损失率最低、经济运行最好。在此基础上合理选择本工程低压变压器容量和台数，使变压器正常运行处于最佳经济负载状态。在综合考虑设备选择经济性的情况下，合理选择变压器阻抗，选用节能型变压器，降低变压器本身的铜耗、铁耗。本工程选用低损耗的干式变压器。本工程拟在照明PC处设自动电压调整装置，提高特定负载的功率因数，减少无功损耗，节能15%左右，同时延长灯具使用寿命。

2) 降低配电线路损耗

合理配置动力供电中心，使动力中心至配电设备之间的电缆尽可能缩短。一方面电缆末端电压损失减少；另一方面，电缆长度缩短，相应减少了在电缆中的电量损耗，同时电缆长度缩短，在电缆中的对地容性电流降低，减少了电缆中的无功损耗，在电缆敷设时电缆之间距离保持一定的裕度，减少电缆的发热量，使电缆工作在温度较低的环境中，即相应增加了电缆的载流量，减少了电缆的损耗。

3) 采用绿色节能照明

照明电源线路采用三相四线制供电，以减少电压损失。在设计时应尽量使三相照明负荷对称，以免影响灯泡的发光效率。采用节能型高效光源。采用智能照明控制技术，智能照明控制不仅能实现灯光系统的调控，还可

以依据实际需要预设照明场景，并针对时段、场所属性、室内外照度等因素对灯光进行自动或远程可视化遥控操作，从而有效地节省电能开销、改善工作环境，并可以提高综合管理水平。智能照明控制系统的节能效果，根据现场照明功率的测算，节省能耗达到近50%。

4) 选用节能型电动机

电动机在电厂转机中广泛使用，电机系统节能潜力巨大，采用高效率、低损耗的节能型电动机。电动机能效满足《电动机能效限定值及能效等级》GB 18613-2020要求。

5) 变频器技术的应用

对于600MW、1000MW等级的大容量火电机组，由于制造和价格的约束，锅炉三大风机电机采用变频器调速有一定的难度。本工程根据负荷特点，对于用水不连续、用水流量、水压变幅大的水泵采用变频设备控制，以节约电耗。本工程凝结水泵、闭式循环水泵等电动机采用变频器进行变频调节。采用变频调速方案有效降低了厂用电率。

3.4.2 工艺系统节电措施

(1) 运煤系统

运煤系统设计应尽量采用成熟、可靠的工艺和设备，努力提高运煤系统的机械化、自动化水平，提高运煤系统的可靠性和安全性，同时应研究分析设备性能与特性，积极采用新技术，选用先进的主辅机设备，优选节能设备。对于新技术、新工艺、新设备和新材料的应用，应做好技术经济论证。

本工程在运煤系统设计中，采用了一系列节能技术设备，以达到节能效果。

1) 带式输送机电机采用满足《电动机能效限定值及能效等级》GB 18613-2020能效要求的电动机,以提高电机效率,均配备限矩型液力偶合器,通过降低起动电流,使电机功率选用正常值,减少电机选型裕量,避免重复增加裕量,以节省电机耗电量。

2) 本工程拟使用的新型封闭导料槽技术,防尘降尘效果明显,已在很多电厂改造项目安装使用、运行良好,相对于其它除尘设备而显现出的优点有消尘效果好、不消耗电能、无需开闭操作、无噪声、无二次污染等。

(2) 锅炉系统

1) 优化烟风阻力,降低三大风机的电耗;引风机与脱硫增压风机合并。

2) 本工程采用双室五电场除尘器,电区推荐采用高频电源方案,在造价增加不多的前提下大大提高了节能效果,节能幅度为70%~90%。

3) 制粉系统采用中速磨煤机,燃用相同煤质的条件下,中速磨煤机比钢球磨电耗要低约40%。

(3) 暖通系统

汽机房通风采用自然通风方式,能最大限度降低运行电量。本项目以屋顶通风器作为排风设备,相比较使用屋顶风机排风,大大降低了设备用电负荷。

(4) 脱硫系统

目前普遍使用的石灰石-石膏湿法脱硫工艺,技术成熟可靠,投运业绩占有所有脱硫装置的90%以上。目前各个发电企业均提倡节能降耗,脱硫装置作为一项污染治理设施,有很大的环境效益和社会效益,但其本身不会对企业产生经济效益。因此,在满足环保要求的前提下,应尽可能地降低其运行费用和维护费用。

本工程脱硫系统采用的节能降耗技术具体如下：

a) 采用圆盘脱水机

圆盘脱水机占地面积较小，较原真空皮带脱水机，圆盘脱水机配置真空泵运行功率小，可节省能源消耗，因此本工程推荐采用圆盘脱水机。

b) 采用高速离心氧化风机

高速离心风机具有流量大、扬程高、效率高等特点，满足脱硫要求。离心风机效率可达80%以上，采用离心氧化风机节能效果明显，因此本工程推荐采用单级高速离心风机。

c) 采用多层浆液循环泵配置

本工程推荐采用带烟气均布装置的高效单吸收塔技术方案，多层浆液循环泵配置，脱硫效率按99.4%设计。

本工程煤质含硫量设计煤种1.35%、校核煤种为1.4%，考虑到电厂长期运行燃煤含硫量变化及来煤灵活性，脱硫装置留有一定裕度，投标阶段暂按脱硫设计含硫量为1.5%进行设计，对应脱硫入口SO₂浓度分别为2997、3225mg/Nm³、3455mg/Nm³，脱硫效率要求不低于99.4%。为满足近零排放（≤20mg/Nm³）的环保要求，每塔采用5台离心式循环浆泵，分别对应5层喷淋层，不设备用。当含硫量达到1.5%时，5台循环浆液泵运行；采用设计煤质、校核煤质时，可减少浆液循环泵的运行台数。多层循环泵配置，可满足机组燃煤硫份变化、负荷改变和深度调峰时的节能要求。

3.5 建筑节能

建筑节能，在发达国家最初为减少建筑中能量的散失，普遍称为“提高建筑中的能源利用率”，在保证提高建筑舒适性的条件下，合理使用能源，不断提高能源利用效率。

建筑节能具体指在建筑物的规划、设计、新建（改建、扩建）、改造和使用过程中，执行节能标准，采用节能型的技术、工艺、设备、材料和产品，提高保温隔热性能和采暖供热、空调制冷制热系统效率，加强建筑物用能系统的运行管理，利用可再生能源，在保证室内热环境质量的前提下，增大室内外能量交换热阻，以减少供热系统、空调制冷制热、照明、热水供应因大量热消耗而产生的能耗。

3.5.1 外墙保温

本工程建筑外墙保温设计主要分为三类：

1) 压型钢板外墙

主厂房建筑主要采用工厂复合带保温压型钢板外墙，重量轻，选择合适的保温材料厚度满足国家相关规定。

2) 加气混凝土砌块自保温外墙

本工程厂区辅助建筑采用加气块自保温的做法，外墙采用400厚加气混凝土砌块砌筑，基本能满足规范中对该地区工业建筑围护结构的传热系数要求，同时造价低，易施工。

3) 加气混凝土砌块+岩棉板保温外墙

根据《火力发电厂节能设计规范》GB/T51106-2015第7.1.5条2，“集中控制楼、继电器楼、运煤综合楼、除尘电控楼、脱硫控制楼等生产建筑，其围护结构热工设计宜按现行国家标准《公共建筑节能设计标准》GB50189的有关规定执行”。该标准中，外墙围护结构传热要求要高于《工业建筑节能设计统一标准》GB51245-2017的相关要求，采用单一加气混凝土砌块外墙自保温无法满足规范要求，本工程中厂区辅助建筑物如集中控制楼、电控楼、警卫传达室、职工宿舍及食堂等，外墙设计均采用250厚加气块外加

岩棉板作为外保温材料。

3.5.2 屋面保温

本工程混凝土屋面保温一般采用挤塑聚苯板保温，局部由于防火需要可采用燃烧性能等级为A级的岩棉板，保温层设在结构层与防水层之间，屋面上设细石混凝土保护层，防止保温材料和防水材料等不易被损坏。

3.5.3 外门窗保温

本工程主厂房建筑及一般辅助建筑等，外窗均采用内平开节能铝合金窗中空玻璃，外门采用保温钢门。节能设计执《公共建筑节能设计标准》《居住建筑节能设计标准》的建筑物，如厂前区建筑集中控制楼、电控楼、警卫传达室、职工宿舍及食堂等，外窗户采用断桥铝合金中空玻璃窗，外门采用断桥铝合金门或保温钢门。

3.5.4 地面保温

本工程建筑物根据是否做地面保温设计共分为两类：

1) 需要做地面保温的建筑

本工程属于严寒地区，地面及供暖地下室的外墙均需要做保温。

2) 仅周边地面做保温的建筑

本工程按《公共建筑节能设计标准》设计的辅助车间仅周边地面及供暖地下室的外墙设计保温，主要为厂前区建筑集中控制楼、电控楼、警卫传达室、职工宿舍及食堂等。

4 节水

全厂排水根据条件，采用如下两种方式重复利用：

(1) 梯（递）级使用：简化上一级排水处理工艺，做到“废”尽其用。

(2) 全厂各类废水处理后综合利用：生活污水经处理后回至工业废水回用系统；工业废水经处理后回至除灰渣详协调，化学的高含盐废水排入脱硫系统作为水源，脱硫废水经处理后回用之脱硫系统，输煤系统的排水处理后回用，在正常情况下废水排放量为零。

4.1 全厂排水资源化重复利用

全厂各类污、废水采用分流制。为实现梯（递）级供水和重复利用目标，设立工业废水（淡水）中水道系统，同时设单独的生活污水下水道。从设计入手，将污、废水根据其水质和处理难度分类，使污废水的收集、处理和回用落到实处，便于运行管理。

4.2 分类收集全厂污废水

全厂各类污、废水采用分流制。为实现梯（递）级供水和重复利用目标，设立工业废水（淡水）中水道系统，同时设单独的生活污水下水道。从设计入手，将污、废水根据其水质和处理难度分类，使污废水的收集、处理和回用落到实处，便于运行管理。

4.3 加强水务管理

(1) 在各供水系统的出水干管及主要用水支管上安装水量计量装置，必要时设调节和控制流量的装置，并将厂区内主要计量数据送到一个地点，进行统计分析，以便有针对性的控制水量。

(2) 加强水务管理和节水的宣传力度，提高全厂人员的节水意识，制定切实可行的规章制度，将水务管理作为电厂运行考核的一项重要指标，使各项节水措施最终得以落实。

4.4 耗水指标

采用上述水量平衡设计方案及相应可靠的节水措施后，电厂 2×660MW 机组在没有增加较大投资和运行难度的条件下，实现了年平均耗水量最小的废水零排放目标。各项节水措施落实可靠、经济合理、便于实施运行。

本工程耗水指标均优于国家对新建电厂节水的有关规定，达到国内先进水平，目前国内最新的有关用水指标规定见表 5-1。

表 4.4-1 电厂耗水指标要求一览表

序号	名称	净水总用水量	自来水	生产用水
1	纯凝工况夏季 10%气象条件时全厂耗水量(m ³ /h)	274.5	4	270.5
2	设计耗水指标 (m ³ /s.GW)	0.058	/	/
3	纯凝工况年净水总用水量(10 ⁴ m ³ /a)	179.33	3.504	175.83

表 4.4-2 国家现对空冷机组规定的耗水指标一览表 [m³/(s. GW)]

序号	项 目	空冷机组耗水 [m ³ /(s. GW)]
1	《发电厂节水设计规程》(DL/T5513-2016)	辅机干冷:0.04~0.08
2	《大中型火力发电厂设计规范》(GB50660-2011)	辅机干冷≤0.10
3	本工程 2×660MW 间接空冷机组容量折合百万千瓦耗水指标	0.058