

变电土建室专业技术培训 专题（一）

特高压工程设计设计总结 （建筑、结构）

电网工程部变电土建室

2011 年 11 月

审 核： 郭东锋

校 核： 彭敏文

编 写： 郭东锋 刘可庆

目录

1	前言.....	1
2	工程设计	1
2.1	建筑结构专业设计重点和难点问题.....	1
2.2	相关电气内容简介	2
2.3	建筑设计	5
2.4	结构设计	15
3	工程设计创新及特点	40
	附件：设计回访记录	45

1 前言

1000kV 晋东南～南阳～荆门特高压交流试验示范工程是我国第一次自主设计、自主建设、自主设备制造、自主调试、自主运行管理和拥有自主知识产权，具有世界领先水平的特高压交流输变电工程。本工程技术难度大、时间紧、要求高，在建设过程中集电网规划、科研、设计、设备制造、工程施工、试验调试、商业运营于一体，机械制造与电力行业团结协作，以企业为主体，以市场为导向，产学研相结合，走自主创新之路，攻克了一个个难关，成功解决了多个具有挑战性的难题。从2005年2月正式启动前期工作，2006年8月获得国家核准，2006年12月正式开工，2008年12月工程全面竣工并顺利完成各项系统调试，2009年1月6日正式投入商业运营，现场建设仅用两年多时间，就高标准、高质量、高效率地完成了整个工程建设任务。

设计是工程建设的龙头。为确保工程稳步推进，国家电网公司和中国电力工程顾问集团公司创新设计管理模式，加强集团化运作力度，采用联合设计和集中攻关各种组织形式，对工程设计实行统一组织和协调。创新评审流程，实施分步评审，定期组织有关专家召开研讨会和评审会，确定工程设计各阶段重大技术原则

工程设计人员坚持“安全可靠、自主创新、经济合理、环境友好、国际一流”的方针，以坚强的信念、饱满的热情、积极的工作态度、科学的工作方法、创新的工作意识攻坚克难，圆满的完成了1000kV特高压交流试验示范工程各项设计任务。

认真总结1000kV特高压交流试验示范工程建设的经验，对于加快后续1000kV输变电工程的建设及相关各项工作的开展具有十分重要的借鉴作用。

2 工程设计

2.1 建筑结构专业设计重点和难点问题

(1) 1000kV 配电装置尺寸大，变电构架具有高度大、荷载重的特点，以往低电压等级常用的钢管人字柱结构和角钢格构塔架等结构型式已很难满足结构的变形和受力要求。1000kV 构架为国内首次设计，同时也缺乏国外的相关设计资料，经过前期工作的详细调研和专题研究，1000kV 构架推荐采用全钢管格构式结构，作为一种新型的结构型式是本工程结构设计重点也是难点。而安全性、经济性、美观性是1000kV 变电构架的关键和核心问题。

(2) 为满足 1000kV GIS 安装要求，需解决大体积混凝土基础的设计、施工等一系列问题。

(3) 1000kV 变电站作为世界上第一条特高压交流输变电工程中的变电站，站内建筑物设置和规模如何适应全新的运行维护管理模式是本工程建筑设计中的重点和难点。

2.2 相关电气内容简介

(1) 电气平面布置

晋东南变电站电气总平面布置形成自西至东依次为 1000kV 配电装置区、主变压器及无功补偿装置区、500kV 配电装置区的格局。1000kV 线路向西、北方向出线。1000kV 配电装置采用 GIS 设备一字型布置，1000kV 并联电抗器采用“一”字型布置在站区西侧 1000kV 架空线路的下方，站区西侧围墙设高抗运输道路。500kV 出线方向均为向东侧出线。500kV 配电装置采用 HGIS 方案，采用三列式布置，母线采用户外悬吊式管母线。配电装置外侧设有环行道路，并在间隔中相间设纵向通道。主变及无功补偿装置布置在 1000kV 配电装置和 500kV 配电装置中间。主控制楼布置在主变压器的南侧，在 1000kV 配电装置区、500kV 配电装置区及主变压器设备区内设置各级配电装置的保护小室，站用电室布置在全站的中心处。

南阳 1000kV 开关站远景电气总平面布置采用了自西向东依次为 1000kV 配电装置、主变及 110kV 配电装置和 500kV 配电装置的布置方案。1000kV 配电装置布置在站区西侧，向北、南两个方向出线；远景 500kV 配电装置布置在站区东侧，向北、南、东三个方向出线，不设相间道路，配电装置内设置环形道路；主变及 110kV 配电装置布置在上述两个配电装置之间；电气布置按远景 1000kV-主变压器-500kV 电气连线流向考虑，各电压等级之间的连线基本为直接连接，构架简单，符合简明清晰，运行方便的原则。主控通信楼、水工设施等布置在 1000kV 配电装置北侧的站前区，近进站道路，在 1000kV 配电装置区、500kV 配电装置区及主变压器设备区内设置各级配电装置的保护小室。

荆门变电站电气总平面布置自东向西依次为 1000kV 配电装置区、主变压器及无功补偿装置区、500kV 配电装置区。1000kV 配电采用 HGIS 设备断路器三列式布置，出线方向为南北两侧出线，变压器通过低架横穿从配电装置的端部进线；500kV 配电装置采用悬挂式管母，HGIS 设备断路器三列式布置方式，结合出线方向及各级电压配电装置配合的总体协调性，10 回出线均向西侧出线；主变压器和 110kV 无功补偿

装置位于 1000kV 和 500kV 配电装置中间。主控通信楼布置在主变及 110kV 配电装置北侧，在 1000kV、500kV、110kV 配电装置内分别设有下放至各级配电装置的保护小室，站用电室设置 110kV 配电装置区。该方案进站道路正对所前区由北向引入，直接连接变压器的运输道路，有利于变压器的检修搬用，整体布置紧凑合理，功能分区明确流畅。

晋东南 1000kV 变电站、南阳 1000kV 开关站及荆门 1000kV 变电站本期总平面布置见图 2.1-1~3。

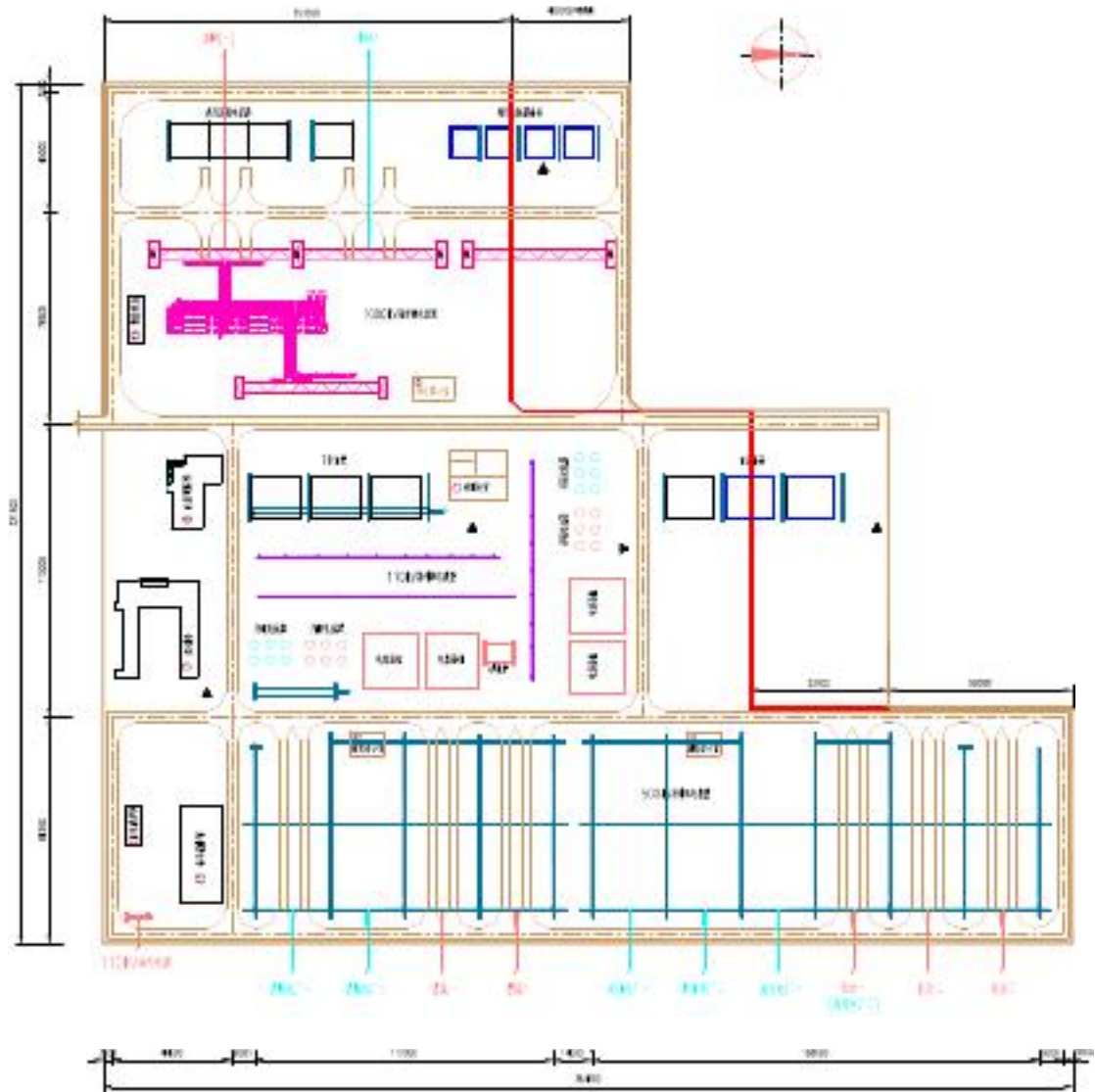


图 2.1-1 晋东南变电站本期电气总平面布置图

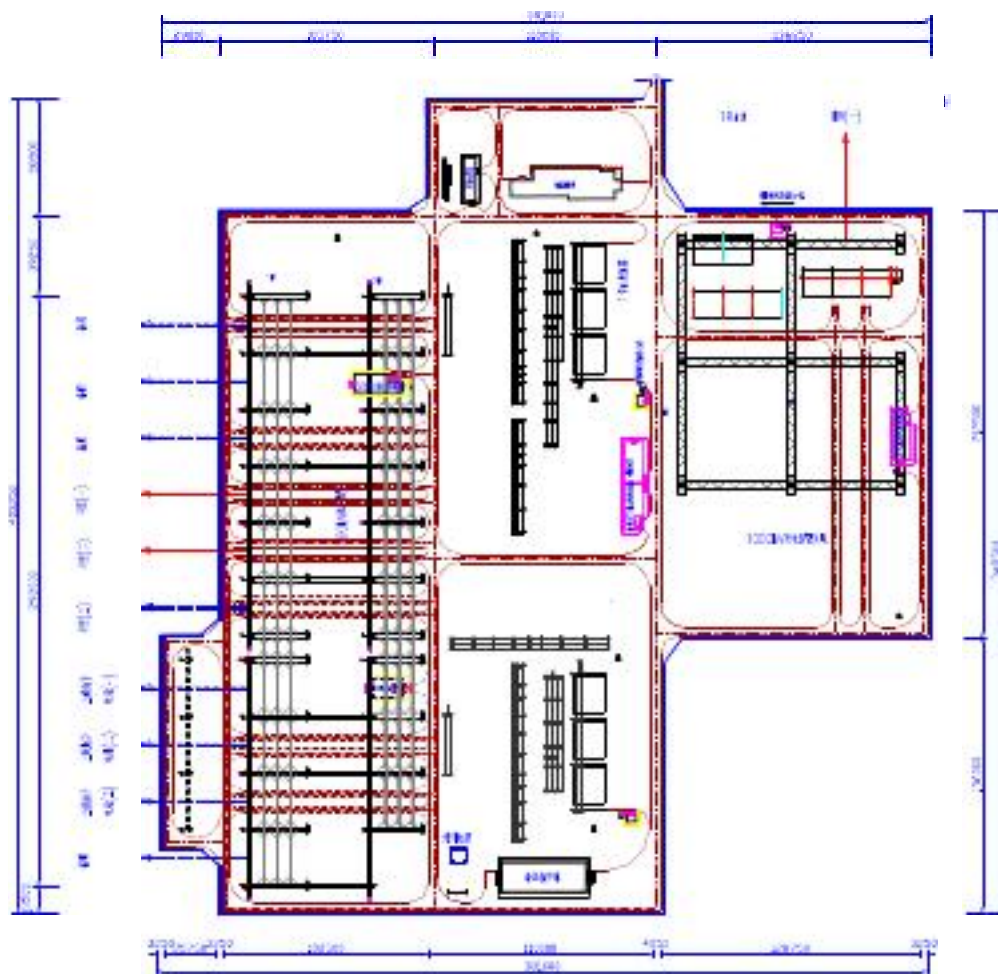


图 2.1-3 荆门 1000kV 变电站本期电气总平面布置图

2.3 建筑设计

晋东南～南阳～荆门 1000kV 变电站建筑设计原则：

(1) 晋东南 1000kV 变电站站内设置主控通信楼及综合楼，主控通信楼建筑面积控制在 800m² 以内，综合楼建筑面积控制在 2200m² 以内；南阳 1000kV 开关站及荆门 1000kV 变电站站内不设置综合楼，主控通信楼建筑面积控制在 1400m² 左右。

(2) 建筑设计应自然、环保、节能、典雅、协调、朴素、简洁、大方、明快、适用；

(3) 建筑物疏散用楼梯、通道标准及门的设置均满足国家现行《建筑设计防火规范》及《火力发电厂与变电所设计防火规范》的要求。

(4) 主控通信楼靠近主变设备区的位置独立布置，既便于值班运行人员观测室外设备，又便于各种管线的进出(节省电缆和投资)。

(5) 装修标准要严格控制经济指标，把握实用、经济、美观的原则，根据运行

的具体使用要求进行；

2.3.1 晋东南 1000kV 变电站建筑设计

晋东南 1000kV 变电站围墙内的建筑物有：主控通信楼、综合楼、备品备件库、1000kV 继电器小室、500kV 继电器小室(2 个)、主变无功补偿继电器小室及站用电室、消防生活泵房及高抗雨淋阀间、电锅炉间及水处理室，全站总建筑面积 4524m²。

站内建筑物面积一览表见下表 2.3.1-1。

表 2.3.1-1 站内建筑物面积一览表

序号	建筑名称	结构形式	数量	建筑面积 (m ²)
1	主控通信楼	框架结构	1	780
2	1000kV 继电器小室	砖砌体结构	1	156
3	500kV 继电器小室	砖砌体结构	2	132×2=264
4	主变无功继电器小室(包括站用电室、电力蓄电池室和主变雨淋阀间)	砖砌体结构	1	363
5	消防泵房及高抗雨淋阀间	砖砌体结构	1	130
6	电锅炉间及生活水处理室	砖砌体结构	1	100
7	综合办公楼	框架结构	1	2161
8	备品备件库及检修间	框架结构	1	570

(1) 主控通信楼和综合楼

1) 主控通信楼和综合楼的平面设计

本设计方案的主控通信楼和综合办公楼在站前区分开布置。设计方案根据所区总平面布置情况、所前区地形及相对于进站道路的关系，综合考虑了使用空间的功能要求及运行使用效果，将其合理的布置，充分利用了有效面积和空间。主控通信楼靠近变电站主要运输道路布置，是主入口向南的二层建筑。而综合办公楼布置在临近主控通信楼的东侧，主要出入口向西，是一个“U”形的三层建筑。设计利用这两个建筑物的形体差别将其巧妙的结合，在变电站内形成了相对独立的空间区域，还有一个比较宽敞的站前区广场。主控通信楼向南的主入口和综合办公楼向西的主入口都位于站前区广场内，对于人流交通起到了引导作用。广场上设有漂亮的柱廊并结合周围的绿化，在整个变电所中起到了一个点缀的作用。创造出一个优美的室

外空间环境，使来访者感到赏心悦目。

主控通信楼为二层钢筋混凝土框架结构，建筑面积为：780m²。将其布置在站前区西侧靠近 1000kV 屋外配电装置和主变压器设备区，这样对室外电气设备能有良好的观察视线，而且便于控制电缆的敷设并能节省电缆和就近巡视检修。主控通信楼一层由西向东主要布置有警卫室、通信机房、通信蓄电池室、门厅楼梯间、检修安全工具间、厕所和休息室。二层西面有主控制室、交接班室和办公室。向东隔壁北面是计算机室，南面是办公室。两层的房间靠一个主楼梯间相连接。交通组织良好、功能分区明确、充分满足生产工艺流程。

综合办公楼是一个三层钢筋混凝土框架结构的建筑，建筑面积为：2161m²。将其布置在主控通信楼东侧附近，这样有利于对功能区域的划分。运行人员换班以后，可以到综合办公楼里去用餐和休息。综合办公楼是多功能综合性生产办公楼。内部使用功能比较全面(集客房、办公、会议、餐厅、职工活动室等多项功能)。一层北侧布置了活动室、餐厅、厨房、厕所洗衣间。一层南侧主要是标准客房和一个值班室。西面是主入口大厅；二层北侧有电视电话会议室(2 个)，办公室和厕所卫生间。二层南侧是标准客房；北侧有办公室和机动用房。三层南侧为标准客房。整个建筑的布局象一个“U”字，中央是一个室外庭院，有绿化和庭廊，突出了人性化的理念。一层主入口大厅的共享空间具有现代化的形象，使人们的视觉观感更加丰富。标准客房都位于南侧具备很好的朝向，是以人为本方针的充分体现。建筑内共都有 3 个室内楼梯间充分满足疏散的要求。通道标准及门的设置均满足国家现行《建筑设计防火规范》。

2) 主控通信楼和综合楼的立面设计

建筑物的外观和立面造型结合站区室外设备布置体现了工业化形象。表现在主控通信楼和综合楼的布置合理利用了地形、简洁明快赋有现代感的建筑立面与主变运输道路自然结合，并且针对进站大门形成了一个比较合适的站前区广场。

立面设计色彩明快、时尚美观，并且使站前区的主控通信楼和综合楼的立面及色彩的相互协调，体现了工业建筑特点和整体性。

3) 本专业设计中不同以往的特点

a) 在建筑立面造型要美观协调，特别是一些细部的的优化处理。如：为了建筑外立面美观，将所有房间的空调室外机从外墙上移到各建筑物的屋面上，利用建筑檐口女儿墙将其遮挡，避免人的视线直接看到。还有就是将蓄电池室、卫生间、

站用电室等一些有强制排风要求房间外墙上的轴流风机，通过风道改装到建筑屋面上成屋顶风机。使站内建筑物显得更加整洁明快。

b) 根据用户的要求，综合办公楼的功能使用相对较多。它包含生产办公、电视电话会议、厨房餐饮、职工活动和客房休息。根据各项功能使用的特点，设计进行了认真考虑，明确了他们的功能分区，使他们既方便相互联系，又避免相互间的干扰。措施是用主入口门厅这个高大的共享空间将生产办公部分和客房休息部分这两大功能区域有效分隔开。而它们之间可以通过大厅中的走廊进行联系。餐厅厨房和职工活动等房间单独布置在生产办公部分的一层，也影响不到二三层的办公(资料)室和会议室。在一栋建筑中巧妙的解决了不同功能房间的相互干扰问题。另外所有休息客房全部朝南，楼内所有房间采光优良，没有采光死角，有利于节电节能。



图 2.3.1-1 晋东南 1000kV 变电站主控通信楼及综合楼实景照片

(2) 其它建筑物

站内其它建筑：备品备件库、1000kV 继电器小室、500kV 继电器小室(2 个)、主变无功补偿继电器小室及站用电室、消防生活泵房及高抗雨淋阀间、电锅炉间及水处理室均为单体单层建筑，各建筑物立面色彩、风格协调统一。

2.3.2 南阳 1000kV 开关站建筑设计

站区建筑有主控通信楼(1 幢)、1000kV 继电器室(1 幢)、站用电室(1 幢)、生活消防泵房(1 幢)、阀门室(2 幢)、检修备品库(1 幢)及消防小室，总建筑面积 2503m²。

站内建筑物面积一览表见表 2.3.2-1。

表 2.3.2-1 站内建筑物面积一览表

序号	名 称	建筑面积 (m ²)	轴线尺寸	高度 (m)
1	主控通信楼	1399	38.1m×15m	13
2	1000kV 继电器室	187	14.8m×12.2m	5.5
3	#1 阀门室	129	17.5m×9.6m	5.1
4	#2 阀门室	54	10m×5m	5.1
5	站用电室	142	23m×9.6m	5.5
6	生活消防泵房	108	17.1m×6m	8.3
7	检修备品备件库	484	15.4m×30m	13
8	消防小室	不计	3m×1m	2.0

(1) 主控通信楼

主控通信楼的总平面位置在进站道路西侧，主入口面向南向靠近站内主干道。次入口面向西向的一条站内道路。

主控通信楼整体呈“一”字型南北向三层布置方案，房间布置原则：满足工艺要求条件下，功能分区合理，办公用房和附属生活用房布置在南向有利于采光，采光、通风条件极佳。控制室与计算机室布置在二层南侧部分，两个房间连结在一起，通信室交流配电间和其他一些电气房间布置在北侧。考虑到主控楼内办公要求，在一层设置一个可容纳 25-30 人开会的会议室，正对建筑主入口。主控通信楼内除站长室外办公室共 7 间，考虑 12-15 人同时办公。根据运行要求，共配置 10 个带卫生装置的休息室。公共卫生间除三层外，每层设置一间，根据主控通信楼以后运行后楼内主要人员数量，设置大便器 6 个，小便器 4 个，洗手盆 2 个。平面布置上在功能满足的同时做出适当的变化，在控制室北面做出一阳台，既能看视场地，又可做吊装平台用。

因大门处取消了警卫室，主控通信楼在一层进口处旁，设置一个警卫间，对外联系方便。

主控楼一 - 三层平面图见下图：



立面造型设计：主控通信楼南立面面向进站道路，门厅采用大面积的落地玻璃，通透明亮。蓄电池室人为的不规则开窗；为了突破工业建筑立面的单调感，通过大面积的玻璃和实墙的对比，产生虚与实的变化，使整幢建筑立面富有变化，给人以一种简洁、明快、雅致的感觉。外墙采用 300×600 的米白色面砖与黑色面砖组合。

主控通信楼屋面防水等级为 II 级，设 2 道防水材料。面层采用 60 厚细石混凝土内配钢筋网。

外墙采用银灰色弹性涂料与灰色文化砖相结合，窗户为铝合金窗。

主控通信楼见图 2.3.2-2。



图 2.3.2-2 南阳 1000kV 开关站主控通信楼

(2) 1000kV 继电器室

1000kV 继电器室为一层建筑，层高 4.2m，继电器室设一幢，并布置蓄电池屏，继电器室建筑面积为 187m^2 。

(3) 阀门室

阀门室有两幢，其中靠北侧的阀门室，与柴油机房联合建设。阀门室为单层建

筑，层高 4.6m，总建筑面积为 183 m²。

(4) 生活消防泵房

消防泵房一幢，建筑面积 108 m²，上部为单层，层高 7.2m，下部深 3.0m，为箱体结构。

(5) 站用电室

站用电室为单层建筑，建筑面积 142 m²，层高 4.2m。

(6) 备品备件库

备品备件库为单层建筑，建筑面积暂估 484 m²，层高 10m。

(7) 消防小室

站内设置 2 幢消防小室，以放置消防设备、消防工具和消防材料。

消防小室尺寸 3×2(长×宽)，层高 2m，建筑面积不计。

2.3.3 荆门 1000kV 变电站建筑设计

荆门 1000kV 变电站本期站区建筑物包括主控通信楼，1000kV 继电器小室，500kV 继电器小室，站用电室、主变及 110kV 继电器小室，检修备品备件库，综合水泵房，雨淋阀间及消防小室，消防小室，大门。总建筑面积为 3025.4m²。

站内建筑物面积一览表见表 2.3.3-1。

表 2.3.3-1 站内建筑物面积一览表

序号	名称	面积(m ²)	数量(幢)	结构形式	轴线尺寸
1	主控通信楼	1425.6	1	二层框架结构	54.6m×15.3m
2	1000kV 第一继电器小室	200.6	1	单层框架结构	26.0m×9.0m
3	500kV 第一继电器小室	193.3	1	单层框架结构	22.0m×9.0m
4	站用电室、主变及 110kV 继电器小室	375.3	1	单层框架结构	42.8m×9.0m
5	检修备品备件库	656.4	1	单层框架结构	42.0m×15m
6	综合水泵房	129.8	1	单层框架结构	24.0m×5.5m
7	雨淋阀间及消防小室	22.2	2	单层框架结构	8.0m×4.0
8	消防小室	—	3	单层砌体结构	3.0m×2.0m

(1) 主控通信楼

主控通信楼是集控制、通信及行政办公于一体的综合性建筑，结构采用钢筋混凝土框架结构。主控通信楼平面呈“一”型布局，采用两层布置形式，单体建筑面积为 1425.6m²。

主控通信楼内设置主控室 1 间、计算机室 1 间、通信机房 1 间、通信蓄电池室 1 间、交流配电室 1 间、工具间 1 间、仪器仪表间 1 间、交接班室 1 间、会议室 1 间、办公室 5 间(2 大 3 小)、资料室 1 间、职工休息室 10 间(按标准间设计)、厨房 1 间、餐厅 1 间(满足 30 人就餐)、警卫值班室、门厅、卫生间及楼梯间等功能用房。主控通信楼各层平面布置详见下图:



荆门 1000kV 变电站主控通信楼一层平面图



荆门 1000kV 变电站主控通信楼二层平面图

主控通信楼南北朝向，各房间内均具有良好的采光和通风，有人工作或生活的房间及部分电气、通信设备用房内设有空调，以满足运行人员在工作、生活卫生环境方面的需求。

荆门 1000kV 变电站地处楚文化的发源地——荆门，根据国网建设运行公司建议，站内建筑利用现代建筑流行元素，采用自由式建筑构图，通过对檐口和女儿墙的处理、横竖对比、虚实对比和凸凹对比，使建筑充分体现荆楚建筑庄重而富有灵气的特点，又具有现代感和时代气息。



荆门 1000kV 变电站主控通信楼实景照片

(2) 辅助及附属生产建筑

1) 大门及围墙

进站大门宽 8m，大门采用 2.2m 高电动不锈钢伸缩门，门柱和标志墙采用银灰色和绿色铝塑板贴面；围墙采用水泥砂浆拉毛。

大门造型现代、简洁、新颖，且在色彩上与国网公司的文化底蕴完美结合。

2) 其它辅助及附属生产建筑

(a) 蓄电池室：本期在配电装置区设有蓄电池室 3 幢，轴线尺寸均为 7.2m×4.8m，单层布置。分别与 1000kV 第一继电器小室、500kV 第一继电器小室、主变及 110kV 继电器小室联合建筑。

(b) 继电器小室：本期设 1000kV 继电器小室 1 幢，轴线尺寸为 $18.8\text{m} \times 9.0\text{m}$ ，与蓄电池室组成联合建筑；设 500kV 继电器小室 1 幢，轴线尺寸均为 $14.8\text{m} \times 9.0\text{m}$ ，与蓄电池室组成联合建筑；设主变及 110kV 继电器小室 1 幢，轴线尺寸为 $15.6\text{m} \times 9.0\text{m}$ ，与蓄电池室组成联合建筑。继电器小室均采用了单层布置，层高 4.2m。

(c) 站用电室：轴线尺寸为 $20.0\text{m} \times 9.0\text{m}$ ，单层布置，层高 4.8m，布置于三台主变中间。与主变及 110kV 继电器小室组成了联合建筑。

(d) 检修备品备件库：轴线尺寸为 $42.0\text{m} \times 15\text{m}$ ，层高 12m。设有 10t 电动单梁吊车 2 台。

(e) 综合水泵房：轴线尺寸为 $24.0\text{m} \times 5.5\text{m}$ ，半地下式布置，地下部分消防水池层高 4.0m，地上部分层高 7.0m。（装设 3t 电动单轨吊 1 台）

(f) 雨淋阀间：本期设雨淋阀间 2 座：轴线均尺寸为 $5.0\text{m} \times 4.0\text{m}$ ，单层布置，层高 3.6m。布置于主变压器和 1000kV 高压电抗器附近。

(g) 消防小室：轴线尺寸为 $3.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ ，由灭火器室、工具室和砂池组成，灭火器室、工具室高度为 2.1m。本期设 5 座，分别布置在本期主变压器、每组高压电抗器、两组平行布置低压电抗器和站用变压器附近。其中两座分别与雨淋阀间联合建筑。

建筑风格与主控通信楼协调一致。

2.4 结构设计

2.4.1 1000kV 构、支架设计原则

(1) 1000kV 构架的设计原则

1) 1000kV 变电构架采用全钢管格构结构，构架柱采用矩形变断面钢管自立柱，钢管主材、钢管腹杆、螺栓连接的格构式柱；构架梁采用矩形等断面、钢管弦杆、钢管腹杆、螺栓连接的格构式钢梁。柱、梁弦杆拼接接头采用刚性法兰连接。采用螺栓连接刚接柱脚，设置剪力键。

2) 全钢管格构结构构架柱腹杆体系的变化对整个构架柱的用钢量影响很小，采用单斜布置相对较优，由于杆件数量少，节点板用钢量较小；同时，加工、安装周期较短，方便施工。

3) 仅考虑单侧挂线的情况(进线侧挂线)时，钢材用量及占地面积等综合指标弧垂 7m~8m 较经济；双侧挂线的情况(进线侧挂线出线侧也挂线)，需控制两侧导线拉力差值的大小，综合各种因素选择好弧垂，尽可能减小导线拉力的大小及其拉力

差值。

4) 柱脚经济根开为 $4\text{m} \times 10\text{m}$ ，其尺寸可根据导线拉力的大小、风荷载、电气带电距离的要求及场地的要求适当增减。

5) 对于风振系数，在工程设计当要简化计算时取加权平均值放大 5%，否则分段计算。

6) 1000kV 构架在连续 2 跨布置时，温度作用对构架的整体影响相对较小，故两跨连续出线构架，单跨跨度 54m 时可不考虑温度作用效应；1000kV 构架在连续 3 跨或 4 跨布置时，温度作用对构架的整体影响相对较大，考虑温度作用对构架的整体影响。

7) 通过对构架进行 7 度~9 度 I~IV 类场地的抗震计算，钢管构架具有良好的抗震性能，由于质量轻，地震作用小，地震作用对构架截面设计不起控制作用，因此在构架设计中可不考虑地震作用的影响。

8) 1000kV 配电装置构架梁柱采用钢管格构式，其构架梁、构架柱的主材断面选取受材料强度控制，而辅材的断面选取绝大部分由构件的长细比控制，仅少量受力较大的构件断面选取由材料强度控制。由于构架的辅材占整个结构的 40% 左右，所以对于钢管格构式的构架来说，辅材采用高强钢意义不大。构架的主材采用 Q345 钢，构架的辅材采用 Q235 钢。

9) 对于联合构架，构架联合后进出线构架柱的用钢量增加在 10% 以内，母线构架柱的用钢量基本不变；进出线梁和母线梁的用钢量基本不变。同时在母线构架柱设计时可适当加大母线柱的根开。

10) 构架采用三维空间分析软件进行结构计算分析，受力结果更接近于结构实际受力状态，对所有构件依照设定的应力比控制指标进行设计，使构件的截面设计更趋合理，并使他们都具有相近的安全度，任一构件的可靠度指标与构架的整体可靠度指标都是相符的。

(2) 1000kV 设备支架的设计原则

1000kV 设备支架高度约 8m，其上电气设备高度约为 10m~13m，单相设备重量约为 3t~8t，综合钢结构支架和设备总高度为 20m，其荷载重心高，结构自振周期长，具有高柔结构的特点，而部分硬管母连接方式，对设备支架柱头处的变形要求很严格。为满足电气设备对支架强度、尤其是变形的限值要求，1000kV 设备支架选用了钢管矩形格构式结构型式，其具备以下特点：

整体刚度好，结构体系合理，构件受力明确。全部由钢管构件组成单斜腹杆的空间桁架体系，节点采用螺栓连接。杆件基本为轴力杆件，传力直接明确，分析简单。

构件受力性能好。钢管构件，在相同面积的情况下，回转半径较大，力学性能好；其风荷载体形系数较小，可以减小结构本体的风压；可选用无缝钢管，其压曲系数为 a 类，而角钢等型材为 b 类，稳定系数相差 7% 左右。

经济性好、外型美观。由于钢管具有较好的几何截面特性，即各个方向的截面特性相同，结构构件数量少、断面相对较小，节间距有较大幅度的增加，使得结构布置更为简洁美观，经济性好。

取材方便。随着我国钢结构加工制造水平的大幅度提高，对于轧制钢管、焊接钢管、卷制钢管能力大大增强，钢管的种类大大丰富了，质量有了较好的保证，供货渠道日趋通畅，相对于角钢等其它型材，钢管在其规格选择上具有更大的优势。

加工、安装方便。单个构件规格尺寸及自重小，制作、运输及防腐处理简单，全部采用螺栓连接节点，不需要现场焊接，同时现场组装不需大型起吊设备。

1000kV 设备支架设计原则如下：

- 1) 支架柱采用矩形全钢管格构式结构型式，为单斜腹杆体系，柱脚根开尺寸约为 1.0~1.5m。
- 2) 腹杆端头采用插板连接方式，全部节点为螺栓连接方式。
- 3) 支架结构地震计算中需考虑上部设备对其不利的影响。

2.4.2 晋东南 1000kV 变电站结构设计

晋东南 1000kV 变电站建(构)筑物结构设计内容主要有：主控通信楼、综合楼、1000kV 继电器小室、500kV 继电器小室、主变及无功继电器小室及其它附属辅助生产建筑，主变压器基础及防火墙、高压电抗器基础及防火墙、站用变压器基础及防火墙、1000kV、500kV 及 110kV 配电装置构架及设备支架、独立避雷针等，以及地下井池等水工消防建(构)筑物。

(1) 基本数据

基本风压： 0.50kN/m²；

基本雪压： 0.35kN/m²；

最大冻土深度： 0.66m；

地震加速度及建筑场地类别：0.05g； II 类场地

抗震设防烈度： 6 度；

(2) 抗震设防

本工程建、构筑物安全等级：变电站的主控通信楼结构、1000kV 配电装置结构、500kV 配电装置结构的安全等级为一级，结构重要性系数为 1.1，其余建、构筑物安全等级为二级，结构重要性系数为 1.0。

晋东南 1000kV 变电站工程场地地震动峰值加速度 0.05g，地震动反应谱特征周期 0.45s，抗震设防烈度 6 度；

站内建(构)筑物抗震措施设防烈度调整表如下：

建、构筑物	调整后设防烈度	备 注
主控通信楼	7	
综合楼	6	
1000kV、500kV 保护小室	7	
屋外变电构(支)架	6	
其它建筑物	6	

(3) 建筑物结构设计

1) 主控通信楼

主控通信楼为 2 层框架结构，基础埋深 2.5m，采用现浇钢筋混凝土框架结构，楼、屋面为现浇钢筋混凝土结构，轻质隔墙。主控通信楼按 7 度采取抗震措施。

地基基础设计等级为丙级。采用现浇钢筋混凝土柱下独立基础，素混凝土垫层，并沿纵横框架设置现浇钢筋混凝土基础拉梁。

2) 辅助及附属建筑

主要附属建筑有：综合楼，1000kV 继电器小室、500kV 继电器小室、主变及无功继电器小室(与站用电室、雨淋阀间、蓄电池室合建)、水泵房及蓄水池、备品备件库及检修间等。

综合楼为 3 层框架结构，基础埋深 2.0m，采用现浇钢筋混凝土框架结构，楼、屋面为现浇钢筋混凝土结构，轻质隔墙。综合楼按 6 度采取抗震措施。综合楼地基基础设计等级为丙级。采用现浇钢筋混凝土柱下独立基础，素混凝土垫层，并沿纵横框架设置现浇钢筋混凝土基础拉梁。

备品备件库及检修间为单层砌体结构，钢筋混凝土带形基础；其余附属建筑均

为单层框架结构，钢筋混凝土独立基础。其中 1000kV 继电器小室、500kV 继电器小室按 7 度采取抗震措施，其余均按 6 度采取抗震措施。屋面采用现浇钢筋混凝土屋面板。水泵房座于蓄水池之上。

(4) 构筑物

1) 1000kV 构架

1000kV 配电装置采用 GIS 方案，构架主要有：出线构架、主变进线构架，采用格构式构架，构架柱高度为 45m，构架梁跨度为 54m。构架柱采用自立式四边形变截面格构式钢柱，钢梁采用矩形截面格构式钢梁，柱和梁主弦材采用钢管，腹杆均采用钢管，主、腹杆采用螺栓连接，构架柱主材采用 Q345 钢，腹材采用 Q235 钢，构架梁采用 Q235 钢。格构式构架柱与格构式钢梁刚接，纵向端部不设置端撑柱。根据工艺配电装置区设置避雷线的要求，各构架柱顶设置地线柱，地线柱采用采用四边形拔梢格构柱，其上的避雷针顶标高 70 米。

各类构架截面尺寸见下表：

	构件名称	构件尺寸	主材截面尺寸
出线构架	四边形变截面格构柱	高 45m、底 4×10m、顶 4×4m	4 φ 480×14 钢管
	四边形格构式构架梁	4×4m	4 φ 245×10 钢管
进线构架	四边形变截面格构柱	高 45m、底 4×7m、顶 4×4m	4 φ 400×10 钢管
	四边形格构式构架梁	4×4m	4 φ 219×8 钢管
地线柱	四边形拔梢格构柱	高 20m、底 4×4m、顶 0.5×0.5m	4 φ 133×8 钢管

构架柱与钢梁主材均采用工厂分段加工制作，现场拼接采用法兰高强螺栓连接。

在钢结构设计工作中，连接节点的设计是一个重要的环节。为使连接节点具有足够的强度和刚度，设计时，根据连接节点的位置及其所要求的强度和刚度，合理地确定连接节点的形式、连接节点的的连接方法和连接节点的具体构造以及基本计算公式等。

构架梁、柱节点设计，钢管结构连接节点包括通过节点板连接、空心球连接、螺栓头连接等多种形式。梁、柱主材(圆钢管)通过节点板，用普通螺栓与腹杆角钢或钢管铰接连接，螺栓分并列布置和错列布置。

构架梁、柱腹杆形式有 T 形连接、十字形连接、槽形连接及一字形连接等。十字形连接用于构件内力较大的节点，连接螺栓按双剪设计，连接螺栓数量较少，但

管头构造相对复杂，焊接工作量大。槽形连接和一字形连接用于构件内力较小的节点，节点构造简单。T形连接介于二者之间。综合各方面因素，本工程构架柱腹杆管头连接采用T形连接，构架梁腹杆管头连接采用槽形连接，避雷针部分管头连接采用一字形连接。

梁柱连接处的节点设计，一种连接方式为柱身伸出1100mm长短梁，梁主材与短梁通过法兰连接。这种连接方法对构架梁的加工精度要求较高，若加工误差较大，则会增加构架梁的安装难度，且柱身伸出长度不可太长，否则对热镀锌有影响。另外一种为在主构架柱身设置用于支承构架梁的牛腿，安装时可先将构架梁置于牛腿之上，然后紧固连接螺栓，此方法安装简单，且安全性高，故本工程采用此种连接方式。

法兰形式，梁、柱主材(圆钢管)通过法兰盘连接，分段长度根据加工单位的镀锌长度决定，控制在12米以下。法兰分段靠近节点处，不仅有利于受力，而且避免由于热镀锌变形而影响构件的组装。

钢管格构结构法兰连接有刚性法兰和柔性法兰两种。刚性法兰在法兰盘上焊有许多加劲肋，受力后法兰变形小，但因施焊加劲肋而使法兰盘产生焊接残余应力和焊接残余变形。柔性法兰无加劲肋，焊接残余应力和焊接残余变形较小，法兰盘平整，虽然螺栓用量较多，法兰盘稍厚，但不需加劲肋，制作简单，安装更方便，施工工效高，故本工程采用柔性法兰。

柱脚设计，经过多方案分析比较，采用预埋地脚螺栓形式。柱脚按刚接计算。地脚螺栓不宜承受水平剪力，为解决柱跟部水平力的传递，在柱脚底板下设置抗剪件，使其抵抗导、地线张力及风载所产生的构架柱根部水平剪力，同时在基础顶部设计坑槽，在构架柱安装前预先填满高强度的早强细石混凝土，构架柱安装时抗剪件插入其中。

出线构架柱基础采用钢筋混凝土独立基础，基础埋深约4.5m，进线构架柱基础采用钢筋混凝土独立基础，基础埋深约4.0m，基础短柱内配置钢筋。构架梁采用地脚螺栓法兰连接，可为后一道工序顺利实施提供有利的技术保证，在构架柱吊装完成后可以紧接着及时安装电气导线和母线，省去了杯口内后浇筑细石混凝土的养护时间而白白地浪费掉的的建设工程工期，比同等规模构架安装可缩短工期1个月左右的时间，而且可以冬季进行安装，为工程整体建设顺利完成和尽快投产运行创造了先进良好的技术条件。

另外采用这种地脚螺栓法兰连接，减小了构架柱基础短柱的平面尺寸，不但能节约一定的基础工程量，而且在变电所综合管线布置时，就会有充裕的空间，同时也减少了构支架基础与各个综合沟道管线的碰撞问题。

1000kV 构架详见图 2.4.2-1。



图 2.4.2-1 晋东南 1000kV 变电站 1000kV 构架

2) 1000kV GIS 基础

1000kV GIS 全封闭组合电气设备，电气元件全部密闭在 SF₆ 气室内，密封环节多，每个间隔之间采取硬连接(母线套管连接)，故除设备本身对基础的差异沉降的严格限制外，设备连接形式也决定了基础不能有太大的差异沉降。

本工程 1000kV GIS 组合电气设备基础采用整体刚度良好的现浇钢筋混凝土整体式基础，并按照基础形心与设备主体荷载形心重合的原则确定主体设备基础的平面尺寸，在满足地基基础的承载力要求的前提下，可使基础受力均匀，减小基础的不均匀沉降，避免基础发生倾斜，以保证 1000kV GIS 设备的正常运行。

1000kV GIS 设备基础除具备常规钢筋混凝土设备基础所具有的特点以外，还具有几何尺寸大、结构较厚、体形大、钢筋密、混凝土方量大等特点。对此大体积混凝土结构其技术难点在于：其一，GIS 基础几何尺寸超长，结构复杂，混凝土方量较

大，在混凝土浇筑过程中产生的水化热大，将产生较大的温度应力及收缩应力；其二，埋件密集，且对其埋件的整体平整度要求严格：基础顶面高差在同一间隔内为 $\pm 2\text{mm}$ ，埋件水平误差不大于 5mm ，埋件高度误差不大于 2mm ；其三，预留接地端子多，且要求定位准确。

为解决这些施工难点，结合以往工程实践和详细的分析计算结果，分析了温度裂缝产生的原因，优化基础设计方案，从设计角度提出了本工程大体积混凝土结构防止产生裂缝的措施。

a) 结合电气布置，在满足工艺专业要求的前提下，沿长度方向，设置温度伸缩缝，有效减小设备基础的单体体积，减小基础的温度变形。

b) 设置施工后浇带，以减小施工期间的温度应力。

c) 利用电缆沟作为基础表面的伸缩缝，减小温度应力，从而控制裂缝的产生和开展。

d) 进行基础温度应力的计算，采取合理的配筋构造控制裂缝。采用先进的ANSYS(V10.0)软件进行基础温度应力的计算，通过对计算软件结果的分析，GIS基础的表面与内部的温降有明显差异，在基础表面容易出现裂缝，在大板基础的四角和底板外形凸出和凹进的部位，温度应力比较集中。为此，在满足承载能力的基础上，优化基础的配筋方案，对薄弱环节采取加强措施，在基础表面配置小直径、小间距的温度钢筋，并在应力集中的部位将温度钢筋加密，以提高混凝土的抗裂性能，达到更好的抗裂效果。



图 6.4.3.2-2 晋东南 1000kV 变电站 1000kV GIS 基础

3) 1000kV 设备支架

1000kV 设备支架高度约 6~8m，其上部的设备高度约 10~12m，设备总高约 18m 左右，设备重量约 2.5~6t，其高度及重量远大于常规 500kV 设备支架。故风荷载及地震作用对设备支架及设备本体的影响不可忽视，且设备本体以磁性材料为主，其刚度远小于设备支架，设备支架设计时要避免设备与支架产生共振，由于格构式支架的刚度远大于单钢管结构，可以更好地解决这一问题，故本工程 1000kV 设备支架采用格构式支架。由于全站的构支架主材均采用钢管结构，为保证结构形式与风格的统一，1000kV 设备格构式支架的主材选用钢管结构。腹材可选用角钢或钢管，角钢腹材节点构造简单，且易于安装，钢管腹材美观，且与 1000kV 构架腹材形式统一，两种材料各有其优越性。为了确定腹材形式，我们对这两种结构形式分别进行分析计算。计算表明，二者的用钢量差别不大，故本工程主要根据站内构支架结构形式的整体统一性决定腹材采用钢管的支架形式。

设备支架柱根部采用地脚螺栓连接。支架基础均采用混凝土独立基础，基础埋深约 1.5~2.0m，基础短柱内配置钢筋，并预埋地脚螺栓、设置可调节螺母。

4) 500kV 配电装置结构

500kV 配电装置采用 HGIS 方案，出线布置为一个方向，母线构架与进(出)线构架采用联合布置方案，进线构架、出线构架、母线构架形成纵横双向联合构架，而且在各层面均有不同方向的导、地线荷载。

变电构架柱采用直缝焊接圆钢管组成的“A”字型柱；500kV 钢梁采用三角形变截面格构式钢梁，构架梁、柱均采用 Q235 钢。构架柱与钢梁主材均采用工厂分段加工制作，现场拼接采用法兰高强螺栓连接。所有构架柱根部采用地脚螺栓连接。

构架柱基础采用重力式混凝土独立基础，基础埋深约 3.0m，基础短柱内配置钢筋，并预埋地脚螺栓、设置可调节螺母。

500kV HGIS 组合电气设备基础按设备布置情况采用现浇钢筋混凝土基础，基础埋深约 1.5m，混凝土采用 C30 混凝土。除 HGIS 组合电气设备外，其余设备支架均采用传统的钢管柱支架。

所有设备支架柱根部采用地脚螺栓连接。支架基础均采用混凝土独立基础，基础短柱内配置钢筋，并预埋地脚螺栓、设置可调节螺母。

5) 主变及高抗部分配电装置结构

1000kV 变压器由主变压器和调压变压器两部分组成，其重量及尺寸均较 500kV 主变压器大很多，且主变压器基础和油枕基础顶面的不均匀沉降要求较高，仅为 $\pm 3\text{mm}$ ，这就为主变基础的设计增加了很大难度。为满足这一要求，主变压器基础与油枕基础应连成一体，采用钢筋混凝土厚板基础，并使基础底面形心与设备重心重合。调压变基础位于主变压器基础的侧面，由于调压变与主变压器基础之间的不均匀沉降可通过设备之间的伸缩节吸收，故在二者之间设置沉降缝，将二者分开。基础埋深均约 1.5m，主变事故油坑底板及侧壁采用素混凝土浇筑。

本工程的主变防火墙采用钢筋混凝土框架+清水填充墙结构，现浇钢筋混凝土柱下条形基础。主变压器防火墙高 9.5m，长 17m，基础埋深约 2.0m，防火墙间距为 22.5m。采用清水填充墙避免了填充墙抹灰开裂、脱落的问题，同时又增强了防火墙的观感。防火墙设计时，主变构架位于防火墙顶部，防止了墙体出现沿主变构架柱裂缝的毛病。

主变构架柱高 30m，采用直缝焊接钢管组成的“A”字型柱，安装在防火墙顶部。主变构架梁采用三角形变截面格构式钢梁，单相主变构架梁跨度为 22.5m。



图 2.4.3-3 晋东南 1000kV 变电站 1000kV 主变区配电装置

高抗基础及防火墙的选型基本同主变部分，高抗防火墙采用钢筋混凝土框架+填充墙的形式。

6) 110kV 配电装置结构

110kV 设备支架均采用传统的钢管柱支架。支架柱根部采用地脚螺栓连接。支架基础均采用混凝土独立基础，基础埋深约 1.5m，基础短柱内配置钢筋，并预埋地脚螺栓、设置可调节螺母。

7) 其它构筑物结构

主要包括独立避雷针，蓄水池，雨、污水泵池，污水调节池，事故油池等。

独立避雷针采用格构式钢管结构，基础采用重力式混凝土基础，基础埋深 3.0m。

污水调节池，雨、污水泵池，蓄水池及事故油池均采用现浇钢筋混凝土结构。

(5) 防腐处理

所有钢构件均采用工厂分段加工制作，分段或整体热镀锌防腐。现场拼接采用法兰高强螺栓连接。地基土对混凝土结构及钢结构无腐蚀性。

(6) 地基处理

场地为非自重湿陷场地，湿陷性黄土地基的湿陷等级为 I 级，结合区域资料及当地的建筑经验，综合判定站址场地为 I 级非自重湿陷场地。

图 6.4.3.2-1 地基土主要物理力学性质指标推荐值

地层 编号	地基土 名 称	重力密度 (kN/m ³)	压缩模量		压缩模量 (浸水状态)		抗剪强度 (天然状态)		地基承载力 特征值 f_{ak} (kPa)
			Es _{0.1-0.2} (MPa)	Es _{0.2-0.4} (MPa)	Es _{0.1-0.2} (MPa)	Es _{0.2-0.4} (MPa)	粘聚力 C (kPa)	内摩擦角 Φ (°)	
①	黄土状 粉质粘土	17.0	3.8	4.2	3.3	3.9	35	25	120
②	老黄土	19.6	13.8	18.1	12.4	14.1	56	23	240

站址场地上部虽然分布湿陷性黄土，但厚度不大，一般厚度 3.0~4.5m，且为 I 级非自重湿陷性黄土场地，场地可不进行大面积的地基处理。

建构筑物地基采用灰土换填方式处理，压实系数通过现场试验确定。具体分述如下：

1000kV 出线构架基础埋深约 4.5m，进线构架基础埋深约 4.0m，基础持力层为②层老黄土，该层老黄土具有湿陷性的部分仅分布在该层顶部，湿陷土的厚度为 0.3~1.6m，基底换填灰土厚度约为 1.0m。

500kV 构架基础埋深约 3.0m，基础持力层为①层黄土状粉质粘土，浸水具有湿陷性，基底换填灰土厚度约为 1.5m。

主变及主变构架基础，埋深约 1.5~2.0m，基础持力层为①层黄土状粉质粘土，浸水具有湿陷性，基底换填灰土厚度约为 1.5m。

高抗及防火墙基础，埋深约 2.0m，基础持力层为①层黄土状粉质粘土，浸水具有湿陷性，基底换填灰土厚度约为 1.5m。

主控制楼及综合楼，基础埋深约 2.0~2.5m，基础持力层为①层黄土状粉质粘土，浸水具有湿陷性，基底换填灰土厚度约为 1.5m。

附属建筑物基底根据验槽情况适当换填灰土。

1000kV GIS 及 500kV HGIS 组合电气设备基础埋深 1.5~2.0m，基底换填灰土厚度约为 1.5m。其余设备支架基底换填灰土厚度约为 1.0m。

而对场地浅部地层中水量较小且分布规律差的上层滞水，在基坑开挖时只需采取在基坑底部四周挖排水沟，采用集水井的方式排水即可。

2.4.3 南阳 1000kV 开关站结构设计

(1) 建筑物结构设计

主控通信综合楼为三层建筑，生活消防泵房生活泵房为地上单层地下为箱体建，1000kV 继电器室、站用电室、阀门室(包括柴油机房)和备品备件库为为单层建筑。

考虑南阳站地质为膨胀土，建筑跨度都在 6m 至 10m 左右，所有建筑结构方案均采用混凝土框、排架结构。

主控通信综合楼为三层框架结构；1000kV 继电器室、站用电室、阀门室(包括柴油机房)为单层框架结构；生活消防泵房为上层框架下层箱体结构；备品备件库为单层排架结构。

备品备件库因高度及跨度较大，吊车较重，屋面梁板采用钢与混凝土组合结构，这种结构可减少搭拆室内满堂脚手架，加快施工进度。

除检修备品备件库外，其它建筑物的屋顶及楼面均为现浇钢筋混凝土板，内、外墙均采用混凝土砌块。

基础可根据实际情况，采用桩承台、钢筋混凝土条形基础、钢筋混凝土独立基础或筏板基础。

(2) 抗震设防

地震基本烈度值均为 6 度，地震动峰值加速度为 0.05g。

场地土类型均为中硬场地土，建筑场地类别为 II 类。场地地基土不存在地震液化效应。

站内建(构)筑物抗震措施设防烈度调整表如下:

序号	名 称	抗震等级(计算/构造)	备 注
1	主控通信楼	6/7	三层框架结构
2	继电器室	6/7	单层框架结构
3	检修备品备件库	6/6	单层钢排架结构
4	#1 阀门室	6/6	单层框架结构
5	#2 阀门室	6/6	单层框架结构
6	站用电室	6/6	单层框架结构
7	生活消防泵房	6/6	单层框架结构

(3) 构筑物结构设计

1) 1000kV 室外构架

1000kV 室外构架按本期并结合远景考虑布置, 分批建成。

构架结构采用钢管组合格构式钢结构, 自立柱式。

1000kV 构架按 2×3 联合构架布置。

HGIS 布置, 出线构架梁高 55m, 长 54m 或 62m, 地线柱高 22.5m; 母线梁高 38m, 长 56m; 主变梁高 55m, 长 54m 或 62m。构架两柱合计: 梁 21 根, 柱 49 根。

柱底根开为 $4 \times 10\text{m}$ 和 $3 \times 7\text{m}$, 柱顶矩形截面为 $4\text{m} \times 4\text{m}$; 出线构架梁矩形截面为 $4 \times 4\text{m}$ 。

1000kV 构架基础施工时, 根据情况适当考虑马凳筋。

1000kV 构架基础选择 PHC 桩基和钢筋砼承台基础, 与选择天然基础比, 在满足各种要求下, 经济性好。

1000kV 构架地基处理见地基处理章节。

1000kV 构架详见图 2.4.3-1。



图 2.4.3-1 南阳 1000kV 开关站 1000kV 构架

2) 1000kV 室外支架

1000kV 支架高度约 8m，采用钢管格构的结构型式，与 1000kV 构架结构型式统一。

1000kV 支架考虑 HGIS 和高抗两个回路设计。

1000kV 支架的设计，考虑支架及设备共同抗震情况，用结构动静力有限元分析软件计算，模拟计算 7 度、8 度地震情况。

1000kV 支架的设计，考虑支架及设备在大风作用的情况，设备水平变位一般是由大风作用控制。

基础型式采用素混凝土杯口基础。

1000kV 设备支架地基处理见地基处理章节。

1000kV 支架见下图 2.4.3-2。



图 2.4.3-2 南阳 1000kV 开关站 1000kV 支架

3) 1000kV HGIS 和高抗基础

1000kV HGIS 基础设计，基础尺寸长 42m，宽 4.4-7.7m，厚 2.16m，基础按中大体积混凝土考虑。

1000kV HGIS 基础设计为天然钢筋混凝土筏板基础，厂家资料条件中，对 1000kV HGIS 基础沉降要求很严，施工埋件误差很小。基础顶部预埋件组内的水平、垂直误差必须小于 $\pm 2\text{mm}$ ；相邻埋件组的水平、垂直误差必须小于 0.2%，且不允许大于 $\pm 5\text{mm}$ 。

基础设计首先考虑荷载的受力情况，按规范和规程的要求，1000kV HGIS 基础及地基的设计满足承载能力极限状态和正常使用极限状态的要求。

设计考虑二次浇筑措施，减小施工偏差，以保证基础沉降差不大于 5mm，以满足安装要求。

1000kV HGIS 基础考虑了设置表层温度钢筋，电缆沟布置在基础中部起到伸缩缝作用，根据埋件设置分仓缝等措施，以防止产生温度裂缝。实际情况表明，这些措施效果良好。

1000kV HGIS 和高抗基础约 1m^2 设置 1 个马凳筋。

1000kV HGIS 和高抗基础处理：采用 300mm 厚 3:7 石灰土。

1000kV 高抗基础设计为天然钢筋混凝土筏板基础。

1000kV 高抗基础考虑了设置表层温度钢筋，以防止产生温度裂缝。

根据创优策划，所有露出地面的构筑物基础，根据实际情况做倒角处理。

4) 其它构筑物结构

a) 深井泵池结构

深井泵池采用钢筋混凝土结构，结构顶部高出地坪 150mm，上部和侧部覆土保温防冻。

b) 35kV 电源引线构、支架及基础

35kV 电源引线构、支架柱采用钢管结构，引线构架梁采用三角形钢梁，钢材采用 Q235B 材质。

基础采用插入式杯口素混凝土独立基础。

c) 电缆沟结构：

因场地为膨胀土，电缆沟采用 C25 钢筋混凝土沟道。电缆沟盖板采用 50mm 厚钢筋混凝土盖板。

d) 事故油池结构

事故油池钢筋混凝土结构，中心尺寸 9.9m×4.8m×3m 高。

5) 防腐处理

所有构、支架等外露钢结构，均采用热浸锌防腐，现场局部破损部位热喷锌处理。

(5) 地基处理

1) 地质条件

站区内地基土层分布场地所揭露地层为第四纪及以前的冲积物，根据地层的特征，地基土分布情况自上而下描述如下：

①粘土：灰黄～黄褐色，湿～稍湿，可塑～硬塑。局部含大量姜结石，局部含量达到 30%左右，表层约 0.20～0.50m 左右的耕土。遍布，层厚 1.96m(平均值，以下同)。

②粘土：黄棕～棕红色，稍湿，硬塑。含大量铁锰质结核，局部含姜结石，夹少量灰白色粘土条带。遍布，层厚 5.61m，层顶埋深 1.96m(平均值，以下同)。

③粘土：黄棕色，稍湿，硬塑。含铁锰质结核，局部夹少量细砂、含砾石粒径 0.5～5cm 左右，夹灰白色粘土条带，局部夹砂质粘性土。遍布，层厚 7.92m，层顶埋深 7.58m。

④粘土：灰白色，稍湿，硬塑。夹黄褐色粘土条带，局部夹砂质粘性土，局部含砾石，粒径 1~4cm 左右，亚圆~棱角状。遍布，本次勘察为钻穿。

①、②号土的膨胀土的自由膨胀率 $\delta_{ef}(\%)$ 介于 40%~65%之间，胀缩潜势分类等级属于弱等级。膨胀土在环境湿度变化影响下产生强烈的胀缩变形，使部分建筑物上下反复升降造成开裂破坏。根据《工程地质手册》查表估算，该地区膨胀土湿度系数 ψ_w 为 0.787，则大气影响深度为 3.57m，大气影响急剧层深度约为 1.61m。

2) 膨胀土地基处理

本站址地势高差 6m，地形为坡地。站址范围内的场地为膨胀土，该种土的特点是吸水膨胀、失水收缩，易产生经常性的胀缩变形，对围墙、挡土墙和道路危害很大。大气影响急剧层深度约为 1.61m，可用增大基础埋深作为主要的防治措施，基础埋深取大于 1.61m 或通过变形计算。设计根据建筑、结构类型和使用要求，选取适当的处理措施来保证场地和结构的安全。

地基处理措施见表 6.4.3.2-1。

表 6.4.3.2-1 地基处理措施

建、构筑物名称	地基处理措施	目的及作用
控制楼	基础埋深-3.0m(室外地坪下)； 四周做散水，宽 1.5m；设升降观测。	消弱或减小膨胀土的不良影响， 保证上部结构的安全，同时施工 方便快捷。
继电器室 阀门室 (包括柴油机房)	基础埋深-2.0m(室外地坪下)； 基底下面用 300mm 厚砂石垫层，四周做 宽散水， 宽 1.5m；	同上。
站用电室	基础埋深-2.0m 和-2.6m(室外地坪下)两 种； 基底下面用 300mm 厚砂石垫层，四周做 宽散 水，宽 1.5m；	同上。
检修备品库	基础埋深不小于-2.7m(室外地坪下)； 基底下面用 300mm 厚砂石垫层，四周做 宽散水，宽 1.5m；	同上。
1000kV 电抗器及其防 火墙基础	基础埋深-2.0m； 基底下面再设一道厚 300 mm 垫层。	同上。
HGIS 基础	基础埋深-2.0m； 基底下面再设一道 3:7 灰土垫层，厚	同上。

建、构筑物名称	地基处理措施	目的及作用
	300mm。	
1000kV 构架	采用桩基；	消除膨胀土的不良影响，保证上部结构的安全，同时考虑工程造价。
1000kV 支架基础	基础埋深-2.0m； 基底下再设一道砂、石垫层，厚 300 mm。	同上。
道路	站内全部做柔性路面； 路基下设一道砂、碎石垫层，厚 300mm； 路面变形缝间距加密； 并考虑在道路两边做 2:8 灰土隔水层。	同上。
挡土墙 (h=1~3m)	基础埋深-2.0m； 基坑用混凝土封闭；墙顶设混凝土防水层； 墙背填非膨胀土，膨胀土掺 10%石灰； 设置砂卵石滤水层及排水孔； 伸缩缝加密。	同上。
电缆沟	钢筋混凝土结构； 沟底下面设一道砂土缓冲层，厚 250 mm； 伸缩缝加密。	同上。

主控楼、消防泵房、生活消防泵房等建筑物，基坑施工采用大开挖方案，因膨胀土地基，基坑回填土需处理。对附近建、构筑物基础有影响的基坑，回填土更需采取妥善的处理。处理方法为膨胀土掺 10%的石灰，分层夯实。压实系数要求达到 0.90 及以上。

2.4.4 荆门 1000kV 变电站结构设计

本期主要建(构)筑物包括：主控通信楼、1000kV 继电器小室、500kV 继电器小室、110kV 继电器小室及站用电室、备品备件库、综合水泵房、1000kV 主变基础及其防火墙、1000kV 主变构架、1000kV 高抗基础及其防火墙、1000kV 构架、1000kV 设备支架、1000kV HGIS 基础、500kV 构架、500kV 设备支架、500kV HGIS 基础、110kV 设备支架及设备基础、消防小室、雨淋阀间、事故集油池、消防水池、地埋式污水处理装置基础、污水调节池等。

(1) 原始数据

表 2.4.4-1 荆门 1000 变电站土建结构设计原始数据

50 年一遇基本 风压(kPa)	50 年一遇基本 雪压(kPa)	建筑场地 类 别	设计基本地震 加速度	抗震设防 烈度	膨胀土 等级	膨胀土大气影响 急剧层深度(m)
0.30	0.40	II 类	0.05g	6 度	I ~ II 级	1.35

(2) 抗震设防

表 2.4.4-2 站内建(构)筑物抗震构造措施设防烈度调整表

序号	建(构)筑物名称	抗震设防烈度	抗震构造措施设防烈度
1	主控通信楼	6	7
2	继电器小室	6	7
3	站用电室	6	7
4	屋外配电装置(构)支架	6	6
5	其它建(构)筑物	6	6

(3) 建筑物结构设计

1) 主控通信楼

主控通信楼为两层现浇钢筋混凝土框架结构，楼面及屋面均为钢筋混凝土现浇板，外墙和内墙均采用 240mm 厚蒸压灰砂砖。

基础采用钢筋混凝土独立基础，素混凝土垫层，并沿纵横框架设置现浇钢筋混凝土基础拉梁。

结构按 6 度计算，按 7 度采用抗震构造措施。

2) 附属建筑物

主要附属建筑有：1000kV 继电器小室、500kV 继电器小室、110kV 继电器小室、站用电室、综合水泵房、备品备件库、消防小室及雨淋阀间等。

各电压等级继电器小室、站用电室、备品备件库均采用现浇钢筋混凝土框架结构，屋面均采用钢筋混凝土现浇板，基础采用钢筋混凝土独立基础。外墙和内墙均采用 240mm 厚蒸压灰砂砖。基础采用钢筋混凝土独立基础。同时各继电器小室室内侧墙面衬铺钢板网屏蔽电磁干扰。

综合水泵房上部为现浇钢筋混凝土框架结构，下部为现浇钢筋蓄水池结构。

消防小室、雨淋阀间均采用砌体结构，基础采用钢筋混凝土条形基础。

(4) 构筑物结构设计

1) 1000kV 构架

1000kV 构架按本期规模建设，并结合远景考虑布置。本期 1000kV 构架为联合布置，即进线构架、出线构架与母线构架形成纵横双向联合的设计方案，进出线构架与母线构架联合跨数为 2 跨。荆门 1000kV 变电站出线构架间隔宽度为 54m，挂点高度为 55m；母线构架梁跨度为 61m 和 58.5m，挂点高度为 38m，构架柱上设标高 77m 避雷针，出线构架柱上兼设 70m 地线柱，是目前国内结构尺寸最大的变电构架。进出线构架柱的柱脚根开尺寸为 $10\text{m}\times 4\text{m}$ ，进出线构架梁矩形断面尺寸为 $4\text{m}\times 4\text{m}$ ，母线构架柱的柱脚根开尺寸为 $6\text{m}\times 4\text{m}$ ，母线构架梁矩形断面尺寸为 $4\text{m}\times 4\text{m}$ 。1000kV 构架详见图 2.4.4-1。



图 2.4.4-1 荆门 1000kV 变电站 1000kV 构架

2) 1000kV 设备支架

1000kV 支架柱采用矩形变截面全钢管格构式结构，钢支架高度约为 8m，柱脚根开尺寸为 $1.2\text{m}\times 1.2\text{m}$ 。支架从柱脚向上，采用由大变小的矩形变截面，不仅和结构内力分布规律相一致，同是也保证了与设备安装支座尺寸相协调，避免了整体结构的刚度突变，结构体系合理。基础采用预埋地脚螺栓或插入式杯口方式。1000kV 支架详见图 2.4.4-2。



图 2.4.4-2 荆门 1000kV 变电站 1000kV 设备支架

3) 1000kV HGIS 基础

1000kV HGIS 组合电气设备基础采用现浇钢筋混凝土整板基础，基础受力均匀，减小基础的不均匀沉降，避免基础发生倾斜，保证了 1000kV HGIS 设备的正常运行。

按照基础形心与设备主体荷载形心重合的原则确定主体设备基础的平面尺寸。结合电气设备、伸缩节和电缆沟的布置，在满足工艺专业要求的前提下，沿长度方向，在大板基础的适宜位置设置温度伸缩缝，减小设备基础的单体体积，减小温度对基础变形的不利影响。

1000kV HGIS 组合电气设备基础详见图 2.4.4-3。



图 2.4.4-3 荆门 1000kV 变电站 1000kV HGIS 设备基础

4) 1000kV 主变及高抗部分配电装置结构

主变、高抗基础采用现浇钢筋混凝土整板基础。

主变、高抗事故油池底板及侧壁采用现浇钢筋混凝土结构，并设置隔油钢格栅架空层。

主变、高抗防火墙采用现浇钢筋混凝土框架填充墙结构，基础采用钢筋混凝土独立基础。主变、高抗防火墙采用清水墙工艺。

主变构架为 3 孔连续构架，与主变防火墙联合布置，单孔跨度为 22.5m，挂点高度为 30m。构架柱采用 A 型直缝焊接圆形钢管柱，构架梁采用三角形变断面格构式结构。构架梁、柱材料均采用 Q235B 或 20[#]钢。除端撑采用插入式杯口基础外，其余构架柱立于防火墙顶部。

5) 500kV 配电装置结构

500kV 构架按本期规模建设，并结合远景考虑布置。本期 500kV 构架为联合布置，即进线构架、出线构架与母线构架形成纵横双向联合的设计方案，进出线构架连续跨数分别为 5 跨和 4 跨，母线构架连续跨数为 3 跨。500kV 出线构架间隔宽度为 28m，挂点高度为 28m；母线构架梁跨度为 26.5m、29m 和 31m，挂点高度为 20.5m，进出线构架柱上设标高 45m 避雷针，出线构架柱上兼设 36m 地线柱。进出线 A 字构架柱的柱脚根开尺寸为 6m，进出线构架梁三角形断面尺寸为 1.8m×2.0m，母线 A 字构架柱

的柱脚根开尺寸为 4m，母线构架梁三角形断面尺寸为 1.8m×1.8m 和 1.5m×1.5m。

500kV 构架采用 A 型钢管构架柱配三角形断面格构式简支梁结构。构架柱采用 A 型直缝焊接圆形钢管柱。构架横梁采用三角形变断面、钢管弦杆、角钢腹杆、螺栓连接的格构式钢梁。钢管柱接头采用柔性法兰接头。横梁与构架柱顶铰接。

500kV 支架柱采用单柱式正多边形钢管格构式结构，基础采用插入式杯口方式。

500kV 构、支架均采用插入式杯口基础。

500kV HGIS 组合电气设备基础采用钢筋混凝土整板基础。

6) 110kV 配电装置结构

110kV 设备支架采用单柱式或 T 型式直缝焊接圆形钢管结构，采用 Q235B 材质，其基础采用插入式杯口钢筋混凝土独立基础。

110kV 设备基础采用钢筋混凝土独立基础或整板基础。

7) 其它构筑物结构

包括独立避雷针，事故集油池，污水调节池、废水池、污水处理装置基础等。

独立避雷针采用拔梢式钢管结构，套接接头，采用 Q235B 材质，基础采用插入式杯口钢筋混凝土独立基础。

事故集油池、污水调节池、废水池等均采用现浇钢筋混凝土池体结构。

污水处理装置采用钢筋混凝土整板基础。

(5) 钢结构防腐

本工程钢结构采用锌、铝、镍合金热浸镀工艺防腐。现场的局部焊缝或运输过程中镀锌层的局部损伤采用热喷锌处理。

所有构、支架安装完毕后外表均涂 919 银灰色防腐涂料两道。

(6) 地基处理

1) 工程地质条件

荆门 1000kV 变电站站址地层岩性主要为第四系人工堆积层素填土，第四系全新统湖积层淤泥，第四系全新统冲积湖积层粉质粘土、粉砂、淤泥与粘土，第四系上更新统冲积洪积层粘性土层。地基岩土层由上至下详细描述如下：

人工堆积层(Q^s):

①层，素填土：属新近堆积土，颜色为黄褐色、褐色、灰褐色，成份主要为粘性土，含草根、植物根系，结构不均匀，稍湿，松散～稍密，局部分布，厚度在 0～2.5 米之间。

第四系全新统湖积层(Q_4^l)

②层，淤泥：灰褐色，饱和，流塑状态，该层仅分布于水塘内。

第四系全新统冲积湖积层(Q_4^{al+l})

③层，粉质粘土：褐黄色，黄褐色，含少量铁锰质氧化物，湿，可塑状态，该层分布于进站道路局部地带。

④层，粉砂：棕黄色，含多量云母片，饱和，松散，该层分布于进站道路局部地带。

⑤层，淤泥：灰褐色、深灰色，饱和，流塑状态，含有腐植物，该层分布于进站道路局部地带。

⑥层，粘土：深灰色、黑灰色，局部含腐植物，该层分布于进站道路局部地带。按状态分三个亚层：(6-1)层软塑状态，(6-2)层可塑状态，(6-3)层硬塑状态。

上更新统冲洪积层(Q_3^{al+pl}):

⑦层，粉质粘土：褐黄色，黄褐色，含铁锰质氧化物及其结核，稍湿~湿，呈可塑状态，该层局部分布于低洼、沟谷地带农田内。

⑧层，粘土：褐黄色，黄褐色，棕黄色，灰白色，含铁锰质氧化物及其结核，含灰白色高岭土，稍湿，层厚较厚，本次钻孔未揭穿，此层站址内普遍分布。按状态分三个亚层：(8-1)层可塑状态，(8-2)层硬塑~坚硬状态。

各地基岩土层工程特性指标详见表 2.4.4-3。

表 2.4.4-3 各地基岩土层工程特性指标推荐值表

层号	岩土名称	含水量	重度	孔隙比	液性指数	含水比	压缩系数	压缩模量	快剪		饱和快剪		自由膨胀率	渗透系数		承载力特征值
									凝聚力	内摩角	凝聚力	内摩角		垂直	水平	
		W	γ	e	IL	aw	a ₁₀₀₋₂₀₀	E _{s100-200}	C	ϕ	C	ϕ		kV	kh	
		%	kN/m ³				MPa-1	Mpa	kPa	°	kPa	°	%	(cm/s)	(cm/s)	kPa
①	素填土		17.5					3								80
②	淤泥															40
③	粉质粘土	30	19.5	0.752	0.55		0.28	6.6	29	10.7						120
④	粉砂		18.2													100
⑤	淤泥	45	17	1.27	1.29		0.83	2.5	5	6						60
(6-1)	粘土	40.1	17.1	1.1	0.96		0.92	2.5	6	3.7						90
(6-2)	粘土	27.8	19.3	0.814	0.51		0.32	5.2	25	10.7						150
(6-3)	粘土	23.4	19.7	0.72	0.19		0.21	8.2	34	13.4						200
⑦	粉质粘土	28.2	19.2	0.832	0.45	0.71	0.25	6.9	28	10	9	4.2				110
(8-1)	粘土	26.4	19.6	0.775	0.2	0.54	0.34	6.4	33	10.1	10	6.2	68	5.93×10^{-7}	6.34×10^{-7}	150

2) 地基土的膨胀性

(8-1)层粘土自由膨胀率为 70%，(8-2)层粘土自由膨胀率为 71%，计算得到地基分级变形量 S_c 在 15~35mm 之间，地基土为具中膨胀潜势的膨胀土，膨胀等级为 I 级，大气影响深度为 3.0m，大气影响急剧层深度为 1.35m。

3) 总平面布置及场地平整

根据电气设备布置，站区总平面可分为 4 个区域：1000kV 交流配电装置区域；500kV 交流配电装置区域；主变及 110kV 交流配电装置区域；站前区。

场地平整根据土方挖填平衡的原则，场地采用平坡式布置，初平标高 64.5m，整平后，500kV 交流配电装置区域、主变及 110kV 交流配电装置区域基本布置在挖方区，该区域地基土持力层主要由可塑粉质粘土(7)，可塑粘土(8-1)，硬塑粘土(8-2)等土层，是良好的天然地基持力层，因此，该区域建(构)筑物基础均采用天然地基。1000kV 交流配电装置、站前区建(构)筑物位于填方区，填土厚度 4.0~10.0m，由于新近回填土厚度较大，而且填土下存在软弱土层，为了防止出现太大的地基变形，保证电气设备的正常运行和建(构)筑物的正常使用，填方区需采用地基处理。

4) 地基处理

对于挖方区和浅填方区，根据结构受力特点，采用独立基础或墩基础。

对于深填方区域，在填方相对浅、荷载相对较小的站前区、500kV 交流配电装置、主变及 110kV 交流配电装置区域采用扩底人工挖孔灌注桩，在填方相对深、荷载相对大的 1000kV 交流配电装置区域采用机械旋挖扩底钻孔灌注桩。

所有主要建(构)筑物基础的埋深均应大于 1.35m 膨胀土的大气急剧影响层深度。

电缆沟及小型设备基础下，可采用换填 3:7 灰土垫层的方法进行地基处理。

3 工程设计创新及特点

(1) 1000kV 特高压构架设计创新

1) 1000kV 构架的尺寸是目前变电站工程中尺寸最大的。1000kV 构架的单柱最大高度为 77m(包括避雷针)，地线挂点高度为 70m；进出线构架梁跨度为 54m，其挂点高度约为 55m；母线梁跨度约为 62m，其挂点高度约为 38m；约是常规 500kV 构架规格、挂点高度的两倍。

2) 1000kV 构架的荷载是目前户外配电装置构架的最大荷载值。1000kV 构架的出线侧导线拉力约为 12 吨，而常规 500kV 构架的出线侧导线拉力约为 5~6 吨，导线拉力约增大了一倍；同时因构架的高度大大增加，其风压的高度系数和风振系数增幅较大，

导致其整体侧向风荷约增加了 1.5~2 倍，柱脚风荷载整体倾覆弯矩增加了 3~4 倍。

3) 1000kV 构架采用全钢管格构式结构，构架柱采用矩形变断面钢管自立柱，钢管主材、钢管腹杆、螺栓连接的格构式柱；构架梁采用矩形等断面、钢管弦杆、钢管腹杆、螺栓连接的格构式钢梁。构架柱、梁均采用单斜腹杆体系。柱、梁弦杆拼接接头采用刚性法兰连接。采用预埋地脚螺栓方式柱脚，并设置剪力键。

4) 在出线构架设计中，首次规定了出线构架两侧导线挂线顺序。因出线侧和站内侧的导线拉力差值较大，如果按以往 750kV 及以下电压等级的出线构架设计原则，即需考虑出线侧单侧挂线的工况，将大大降低 1000kV 出线构架的经济性。考虑到以往工程中出线构架挂线的实际情况及站内侧先挂线的可行性，1000kV 出线构架的设计中规定了计算原则：先挂站内侧导线，后挂出线侧导线，同时仅考虑站内单侧挂线的工况。

5) 首次在构架计算中采用了分段计算风振系数的原则。以往在构架设计中，通常采用简化风振系数方式，即整个构架采用统一相同的风振系数。但由于 1000kV 构架高度较大，已接近以往规范简化设计的极限条件，若取用单一的风振系数，将给构架上段的结构带来设计的安全隐患，为保证风荷载计算的准确性和结构的安全性，比较精确的进行结构受力分析，构架的风振系数计算采用了分段计算的原则。

6) 1000kV 构架采用联合构架大大减少用钢量，节省占地，节约投资。构架联合后进出线构架柱的用钢量增加在 10%以内，母线构架柱的用钢量基本不变；进出线梁和母线梁的用钢量基本不变。但构架柱数量的减少和占地指标的优化，降低了该部分的整个综合投资。

7) 根据受荷特点及设计控制条件，合理选择钢材材质，进一步优化了 1000kV 构架的经济性。1000kV 构架梁、柱的主材规格选取受材料强度控制，而辅材的规格选取基本由构件的长细比控制，仅少量受力较大的构件断面选取由材料强度控制。由于构架的辅材占整个结构的 40%左右，如果辅材采用高强钢，因其强度富裕度很大，将降低构架的经济性。辅材采用高强钢意义不大。工程中构架的主材采用 Q345 钢，构架的辅材采用 Q235 钢方案总造价较低，可以节约一定的资源和能源，符合当前国家倡导的“节约型社会”的号召，可以降低 1000kV 工程的投资。

8) 1000kV 构架结构造型简洁，外形美观，抗震性能好，安装方便。1000kV 构架采用单斜布置的腹杆体系，杆件数量少，节点板小巧；全部节点采用螺栓连接方式；加工、安装周期较短，方便施工。

(2) 1000kV GIS 大体积基础设计研究

1) 1000kV GIS 设备的特点

1000kV GIS 设备具有重量、占地面积和体积大、安装精度要求高、设备随温度变化产生的作用于基础的应力大的特点。

2) 1000kV GIS 设备基础形式的选择

由上述 GIS 设备的特点可看出,沉降控制是 GIS 基础设计的重要问题。因此,我们首选对差异沉降有较强调节能力的整体式基础。

制造厂处于对安装精度的考虑和对于安装场地的平整度及清洁度要求,提出安装时需要一个整体平台,因此,选用了厚板式钢筋混凝土基础。

3) 基础底面尺寸的确定

根据 1000kV GIS 组合电气设备的平面布置、荷载分布情况,以及晋东南变电站工程地质资料,我们进行了多方案的调整,按照基础形心与设备主体荷载形心重合的原则确定主体设备基础的平面尺寸,在满足地基基础承载力要求的前提下,调整基底附加应力,可使基础受力均匀,减小基础的不均匀沉降,避免基础发生倾斜,以保证 1000kV GIS 设备的正常运行。

4) 基础持力层和板厚及配筋的确定

结和晋东南 1000kV 变电站工程地质资料,选择地基强度和变形性质较好的 2 层粉质粘土作为基础的持力层。进行了强度和沉降试算后,根据板跨、荷载分布、整板刚度和变形协调的原则,综合确定基础板厚。厚板基础的钢筋,不仅要满足抵抗地基反力,承载上部设备重量,同时还应满足混凝土在施工过程中由于温度变形产生的内力。

5) 1000kV GIS 设备基础大体积混凝土的裂缝控制的设计措施

1000kV GIS 基础采用厚板整体式基础,属大体积混凝土,除满足强度和变形要求外,大体积混凝土的温度裂缝控制也很关键。如果出现严重的裂缝,将会影响基础的整体性,改变基础的受力特性,从而有可能难以控制基础的不均匀沉降,因此,大体积混凝土的裂缝控制是应该予以重视的。结合工程实践和科研成果,我们分析了温度裂缝产生的原因,优化基础设计方案,从设计角度提出了对大体积混凝土结构防止产生裂缝的措施如下:

设置温度伸缩缝。

设置施工后浇带。

利用电缆沟作为基础表面的伸缩缝

进行基础温度应力的计算,采取合理的配筋构造控制裂缝

6) 设计对 1000kV GIS 设备基础施工的建议

优选材料、优化配合比。

分块分层进行浇筑。

控制温差、加强养护。

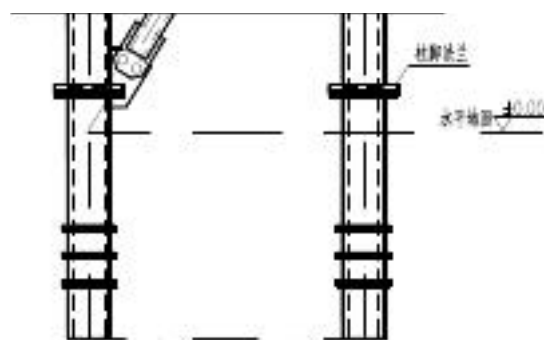
(3) 1000kV 支架设计创新

1000kV 设备较高，如支柱绝缘子和避雷器普遍都有 10m 多，电气设备最重约 10t 重，并且受特高压电气设备安全净距和导地线对地距离的要求，下部的设备支架高度在 8m 左右。设备支架不仅要满足设备支架本身的安全，还要保证设备安装后，在地震、风荷载的作用下，满足设备的抗震和顶部位移要求。

工程设计采用等截面和变截面钢管格构式支架两种。相对于常规 500kV 及以下电压等级钢管结构的设备支架相比，力学性能好，受风面积小，刚度大，抗震性能好，用钢量省。我们还针对交流特高压设备的安装和运行要求进行了多项优化创新：

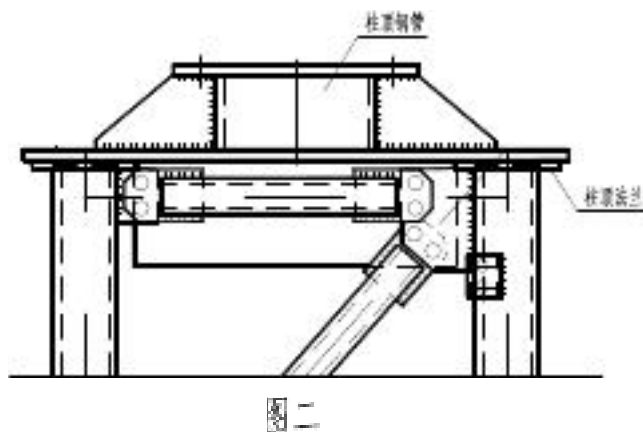
在此结构型式的大前提下，根据我们电力行业工艺的要求，我们对结构进行了优化，具体如下：

1)、在设备支架的四根主材底部设置法兰，如图一，由于变电站以后的扩建或检修需在间隔内搬迁设备，此法兰的设置便于支架临时拆除，便于变电站内设备安装和检修；

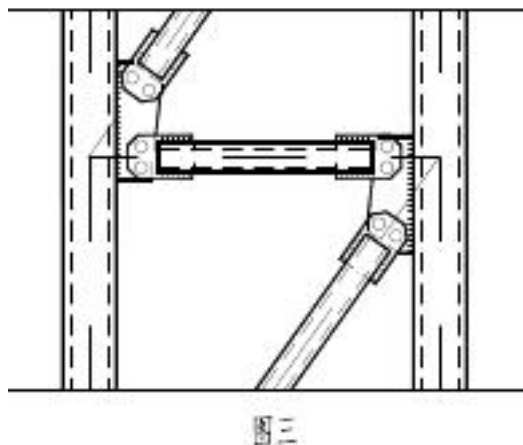


图一

2)、设备支架的主材顶部与一小段大直径钢管连接，如图二。这种结构便于安装人员对设备进行固定，提供工作效率，缩短安装周期；



3)、主材和斜材通过插板连接，如图三。在主材和大钢板之间设置法兰，如图二。这使结构都由独立的较小的构件组成，便于加工和运输；另外这种斜材的通用性强，在以后变电站需改造时，这些斜材可以拆卸下来直接用到其他地方。



4)、设备支架上下等截面，相比变截面支架而言，增加的用钢量不多，但便于加工和安装。

附件：设计回访记录

工程名称	晋东南 1000kV 变电站新建工程			负责人	何民	回访日期	2010-03-27
参 加 人	万新梁、王立红、何民、吴祎琮、燕立、郭东峰、吴志明、张红、刘可庆、黄建、罗克宇、唐振宁、张元明						
参加专业	电气一次、电气二次、结构、总图、建筑、水工、暖通、继电保护、调度、通信、						
设计回访对策表							
序号	存 在 问 题	原 因 分 析	对 策 措 施	负责 完成人	完成时间		
1	蓄电池室事故照明灯具未采用防爆灯具	普通酸性蓄电池充电时，其电解液会分解出大量的氢气，正常运行时也会产生一些氢气。蓄电池室应选用应采用具有防爆功能的照明灯具。	在施工图 B249S-D0111-02、08 图中通信蓄电池室、电力蓄电池室所采用的事故照明灯具均为防爆灯具。				
2	1000kV 主变风冷控制箱尺寸较小，电缆较多，接线较困难，且散热不好。	主变风冷控制箱的设计由厂家单独完成，其尺寸及电缆规格数量等分别提供给设计单位的一次、二次专业，因此设计单位无法核查其尺寸与电缆的匹配问题。	向厂家进行信息反馈，使其满足电缆敷设时对空间要求。				
3	110kV 断路器无操作平台	110kV 断路器支架由厂家提供，基础高度由设计单位根据 C 值（3500mm）确定。断路器本体机构箱距离地面过高，造成运行人员读数、操作困难。	1) 已向厂家进行信息反馈，但受设备限制，无法下调机构箱安装位置。 2) 目前已经操作平台已经安装。				
4	通信室内接地干线无接地端子	通信室内接地干线加装接地端子方便运行人员实现接地。	在通信室墙面加装接地端子，与室内干线相连。				
5	防火墙爬梯没有设明显接地引下线	接地行标 DL/T 621 中，未对爬梯接地做出明确表述。而靠近配电装置的金属围栏应接地，对比金属围栏，爬梯也应有明显的接地引下线。	各爬梯均加装有明显的接地引下线				

6	110kV 管母不宜与地面平行	不美观、不利于金具受力	已经修改支架高度，使管母保持水平		
7	控制电缆宜全程穿管	运行要求，减小电缆的机械损坏	控制电缆已经全程穿管		
8	运行单位提出：重要的直流电源空开跳闸应在监控系统发信号	因 1000kV、500kV 汇控柜内交、直流空开较多，各电压等级断路器单元分别将交、直流空开的报警接点并联后在监控系统发了“交流电源故障”、“直流电源故障”信号，详见相关施工图。	如果认为“电源故障”不够确切，可在监控系统数据库中将此信号的定义改为“空开跳闸”。		
9	卫生间门下应有通气孔或百叶窗。	规范中没有此要求	在综合楼中的标准间(暗室)的门下设有百叶窗的；主控楼卫生间门下不需要加百叶窗的，它有对外的窗来换气。		
10	站内排水沟应全部加装盖板，目前只有过道处有。	规范中没有此要求	在费用增加不多的情况下可考虑		
11	考虑在长治站扩建时，增加一大面积的备品库。	备品备件库内的布置按双层设计。	建议安装货架，实现双层布置		
12	高抗水喷雾消防水管的选择及安装应考虑给运行人员留下正常的巡视通道。	由于高抗后期增加 BOX-IN 防噪，设施，占用了部分通道，因导致减少了运行人员的巡视通道。	在今后的工程中应预留出防噪设施的空间，以保证运行人员的正常巡视通道。		
注：此次设计回访的内容不仅包括 2010-03-27 日的内容，还包括设计院之前组织回访解决的问题。					

工程名称	南阳 1000kV 开关站		负责人	胡文华	回访日期	2010.03.28
参加人	潘益华、王向平、林小兵、薛锦安					
参加专业	变电一次、系统二次和变电二次、土建、水工					
设 计 回 访 对 策 表						
序号	存在问题	原 因 分 析	对策措施	负责完成人	完成时间	
1	运行单位提出：主控楼电缆竖井设计不合理，无法有效实现防小动物的措施，无法合理安排电缆布置，设计的空间较小，可能不满足扩建需要	吊顶内部分电缆竖井未采用电缆柜包封	设计空间可满足扩建需要，设计将结合南阳开关站扩建工程完善电缆柜布置以有效防止小动物从电缆竖井中进入主控楼			
2	运行单位提出：厂区照明设计不合理，站用电设备没有照明	未设置就地检修用投光灯	站用变附近已设置草坪灯，如运行要求，可在站用变附近增设投光灯			
3	运行单位提出：电缆沟进入房间的设计不够合理，不能有效防止小动物	吊顶内部分电缆竖井未采用电缆柜包封	见上述 1 条对策措施			
4	运行单位提出：电缆竖井设计应满足防小动物和扩建的要求	吊顶内部分电缆竖井未采用电缆柜包封	见上述 1 条对策措施			
5	送变电提出：避雷器接线板建议可调，便于施工安装	该部分属避雷器厂家设计范围	设计将在今后的扩建及其他工程中咨询厂家，看能否改进			
6	送变电提出：高抗之前的支柱绝缘子距离套管较近，不便于检修等	目前布置满足规程要求，考虑到机械受力和抗震因素，因此尽量压缩了二者之间距离	以后的工程中尽量在满足机械受力和抗震等要求的前提下增加其间距离			
7	运行单位提出：主控楼通讯机房、主控楼及计算机房的电缆预埋管较少，	设计时仅考虑到满足工程设计要求，没有考虑更加便于运行、维	在后期扩建时，加强与运行单位沟通，满足后期扩建的要求，			

	存在管径较小的现象。	护，没有与施工单位、运行单位加强紧密的沟通。	且不应影响运行设备的正常运行。如果可能，后期增加一些埋管，并重点评价后期扩建需要增加的电缆数量。		
8	运行单位提出：高抗的在线监测采集单元箱体离本体太近，不便于观察	在线监测厂家自带设备，一般由厂家建议安装位置。设计时未与运行单位沟通，导致巡检不便	今后对厂家确定的二次箱体位置应充分同时考虑信号传输的距离要求和巡检方便		
9	交流建设分公司提出：南阳站特高压设备支架设计不合理，支架下部没有地脚螺栓，安装之后误差校正很困难，而且安装耗时很长，建议改成荆门站或晋东南站的方式。	设计考虑不周，未充分考虑施工的便利性	在以后的工程中优化设备支架的设计，可通过增加地脚螺栓或修改上部斜杆的布置来实现。		
10	运行单位提出：厨房设计在主控楼不合理，不利于控制楼内的卫生清洁。	根据当时要求，站内不能设置综合楼，所以厨房只能设置的主控楼内。	目前在锡盟-南京 1000kV 的输变电工程中，所有 1000kV 变电站已经把主控楼和综合楼分开设置。		
11	运行单位提出：厂区道路设计不合理，无法满足较大型车辆的转弯。	满足设计规范要求，但未充分考虑安装期间的大型车辆	核实变电站安装期间可能出现的大型车辆，和评审单位协商，考虑在以后的工程中加大相间道路的转弯半径		
12	运行单位提出：充油设备处无消防小间，后经运行方提出意见后，增加了高抗区域的设计，但站用电附近没有设置。	满足规范要求，但对消防小室的位置未考虑充分。对于南阳站，北侧高抗的消防小室可以布置在高抗的东侧，这样就可以兼用作站用电室的消防小室	以后工程中，对消防小室的平面位置进行优化		
13	运行单位提出：资料室设计面积偏小，	1000kV 变电站房间的设计思路是根	和评审单位协商，是否能提高		

	是否考虑放在二楼或三楼，方便管理和查阅。	据 500kV 变电站来的，南阳主控楼的面积控制在 1400m ² 以下，所以面积偏小。	设计标准，并在以后的工程中，按新标准实施。		
14	运行单位提出：安全工器具室面积偏小，目前使用两个小房间分别放置一些工器具。	1000kV 变电站房间的设计思路是根据 500kV 变电站来的，南阳主控楼的面积控制在 1400m ² 以下，所以面积偏小。	同上		
15	运行单位提出：变电站未设计活动室。	在目前的设计标准下，不能设置活动室。	不执行	/	/
16	运行单位提出南阳站在夏秋季节各种鸟较多，设计未考虑鸟害问题。	1000kV 架构和设备支架上采用的都是钢管的结构，斜材的端头未封闭，导致鸟在端头筑窝。	以后的工程中，在类似的环境中，在一开始设计的时候，就采取适当的措施，避免此类情况的发生。		
17	交流建设分公司提出：沉降观测点设置及保护需要细化	设计院未对沉降观测点的设置和保护做详细的说明。	在今后的设计中，对沉降观测点布置的位置、个数、形式和保护措施做详细的规定。		
18	交流建设分公司提出：大体积混凝土温度缝的设置需细化。	设计院未对温度缝的设置做详细的规定。	在今后的设计中，结合大体积混凝土表面埋件和电缆沟的布置，对温度缝的设置做合理的布置和详细的说明		
19	交流建设分公司提出：站内生活区与控制区的分离	根据当时设计的标准，站内不能设置综合楼，所以生活设施的房间和办公房间都只能一并设置在主控楼内。	目前在锡盟-南京 1000kV 的输变电工程中，所有 1000kV 变电站已经把主控楼和综合楼分开设置。		
20	施工单位及建设管理单位提出：水喷雾管道布置影响现场人员的行走。	水喷雾灭火系统是一种有效的大型油浸设备灭火手段，运用比较广泛。	在后续工程的高抗及主变水喷雾设计中在保证满足灭火要求		

		在设计中主要考虑水喷雾灭火系统对变压器的保护，未能充分考虑运行人员的巡视走道。	的情况下考虑运行单位巡视便利的要求进行设计		
21	施工单位提出：站用电附近应设计专用消防小间并配置相应的灭火材料	站用变已配有相应的灭火器材，由于站用变距离高抗比较近，原考虑兼用高抗的消防小间，可是高抗消防小室位置距离站用变较远	在后续扩建工程中考虑在站用变附近增加消防小室		
22	运行单位提出：全站生活及消防水系统只有一台深水泵供水，如其故障或损坏将影响正常的生活和消防用水，应增加一台备用或站内消防和生活水系统分开设计。	站内设有 350m ³ 消防水池，可供站内最大一次火灾时所需的消防水量，因此水泵损坏不会影响到消防用水，且原设计考虑预留一台深井泵在仓库备用。如果设两口深井及两台深井泵的确可以增加生活用水供水的可靠性，但只有定时切换使用才能保证备用井由于不会长时间而淤积。	是否设两台深井及深井泵是设计标准问题，在后续工程初步设计中可以根据运行单位的要求提出		
23	建设管理单位提出：消防检漏管沟的防渗问题及是否已考虑其中的积水。	消防检漏管沟是按照国家标准图集进行设计，并设有检漏井可供检漏管沟的检漏及排水用。	设计已考虑	/	/

工程名称	荆门 1000kV 变电站	负责人	彭开军	回访日期	2010.03.29
参加人	朱毅 陈宏明 卢铭 陈俊 王幼军				
参加专业	变电一次、变电二次、结构、水工、暖通、总图				
设计回访对策表					
序号	存在问题	原因分析	对策措施	负责完成人	完成时间
1	监理单位提出: 1000kV 接地开关放电较大, 希望加大均压环直径或者增加均压环。	该部分属于接地开关厂家的设计范围。	在后续工程中将结合其它 1000kV 设备均压环电晕问题解决的方案, 与厂家共同解决优化均压环设计。		后续工程给制造厂提要求
2	监理单位提出: 1000kV 上下层架空线之间引线有点斜, 不美观。	由于 1000kV 耐张绝缘子串的长度太长, 受间隔宽度的限制, 引起了架空线上下层之间的引接位置有偏移。	后续的特高压工程的发展方向均为 GIS 设备, 与本工程设备选型不通, 避免了引线问题的发生。		后续工程解决
3	运行单位提出: 1000kV HGIS 在设计上不够成熟, 将原有的立式设计套用到目前的卧式 HGIS 中, 导致 HGIS 的 CT 密封容易进水受潮, 导致绕组绝缘降低, HGIS 的刀闸结构设计不好, 存在出现操作时零件脱落导致内部短路放电的隐患。	该部分属于 HGIS 厂家的设计范围。	在后续的工程中, 会充分收集运行单位对设备本体设计提出的合理化建议并反馈给制造厂, 在合同谈判和设计联络会时给制造厂提出要求。		后续工程给制造厂提要求
4	施工单位提出: 变电站电抗器设备接地的设计方案和评优专家的要求不一致。	专家认为低压并联电抗器的每个支柱绝缘子底座均为一个单独的设备, 需要单独引接接地。	对于电抗器设备接地, 我们认为每相电抗器及其支座应视为一个设备, 按有关规定, 只需两点接地即可。		/

5	施工单位提出：变电站主变中性点通过设备支架接地，不满足强条的要求。	主变中性点管母及主变低压侧的汇流母线共用一个 T 型支架，设计考虑接地的可靠性并兼顾美观要求，中性点的接地利用了 T 型钢支架，忽略了强条要求。	将中性点接地改为直接通过 T 型线夹和铜排直接接入主地网的方案。		2
6	运行单位提出：T022 开关汇控柜交流电源开关互投回路设计存在缺陷，如果站用电 I 段停电时，T022 第一路交流电源就会丢失，T022 第二路交流电源就会自动投入，当站用电 I 段电压回复时就会造成交流短路，建议修改设计。	T022 开关汇控柜电源回路为厂家提供，其电源互锁回路需改进。	跟厂家配合，修改相关接线。		
7	运行单位提出：厨房设计在主控楼不合理，不利于控制楼内的卫生清洁。	初步设计阶段审查仅保留主控通讯楼而取消了综合楼,但因运行人员生活的要求,需保留厨房,为避免站内建筑物设置的零乱性,同时兼顾运行人员生活的便利性,将厨房整合于主控通信楼之内，未单独分离设置，忽视了厨房设置对主控通讯楼的火灾和鼠灾的隐患。	在后续工程中,采取主控楼和厨房单独分离设置或整合于综合楼中的方案,彻底杜绝火灾和鼠害的隐患.至于在站内另外建设厨房的事宜,需征求建设各方意见确定。		
8	运行单位提出：站内没有设置车库和危险品库	本工程为国内第一批建设的 1000kV 变电站，无相关的设计依据和运行经验，设计原则基本参照 500kV 变电站，以致对 1000kV 变电站运行的特殊要求，如：检修车车库、危险品库等必要设施，考虑不周。	调研和收集已建 1000kV 变电站的运行要求，在后续特高压工程中加强与运行单位的沟通,以达到功能性房间设置的合理性，能满足运行的客观要求。		

9	运行单位提出：在投运后，临建区设在站内不利于防止无关人员进入设备区，建议将临建区的出入位置设在站外。	鉴于已按站前区设置主控通讯楼、综合楼的方案征地，而后期站内取消了综合楼的设置，为对已征地范围空余场地的合理利用，将施工临建区设置在围墙内的站前区主控楼后侧的空余场地，未考虑投运后，出入临建区的非运行人员进入设备区的可能性，不便于变电站的安全管理。	因周边条件局限性导致临建区/另设外引道路的困难性,建议采取增设围栏,以达到临建区和设备区隔离的要求，同时加强站内临建区进出人员的管理。	/	/
10	运行单位提出：建筑物外壁瓷砖用干挂手段，容易损坏。	干挂施工工艺要求较高，检测范围广泛，施工过程中存在较大的工艺控制难度。	对干挂墙面进行大比例的复检，清除不可靠的干挂节点。后续工程施工中优化干挂关键节点，设计文件中加强干挂技术的质量要点的控制要求,或采用其它顾美观、质量的外墙面施工工艺。		
11	运行单位提出：主控通讯楼房间设计太少	本工程为国内第一批建设的1000kV变电站，无相关的设计依据和运行经验，设计原则基本参照500kV变电站，根据初步设计的审查意见，受主控楼建筑面积的限制，导致房间设计偏少。	加强1000kV变电站的设计调研和与运行单位的沟通，在后续特高压工程审查中,积极将收集的信息反馈给审查单位，在确保工程经济性、合理性前提下,也能满足运行配置房间的需求。		

12	施工单位提出：在 1000kV 特高压线路施工中，设计上考虑了许多留给施工的孔和牵引点等，施工非常方便。希望在变电站设计时也适当考虑。	构支架的设计主要考虑荷载因素，未充分考虑施工方便的因素。	是否设置留给施工的孔和牵引点等，需要结构专业进行受力核算，如果不影响基础和支构架的受力，我们会在以后的工程中考虑设置适当的孔和牵引点，以方便施工。		
13	运行单位提出：综合水泵房无通风设备	设计中对水泵房中潮气过重的情况考虑不充分，对于开门窗通风的设计方案的合理性、可操作性未进行充分的论证，因其带来的运行安全隐患导致开窗通风无法进行，而引起墙面返潮霉变。	重新清除霉变部位，墙面基层完全干燥后，重新涂刷防潮性能优良的乳胶漆，增加吸湿装置或通风装置。同时建议对屋面四周天沟处的防水可靠性进行复查。		