

浙江省庆元抽水蓄能电站  
500kV 主变压器及其附属设备购置

# 技术文件

（技术规范通用部分）



目 次

1 范 围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 抽水蓄能电站电力变压器特点 ..... 3

4 总 则 ..... 4

5 结构和其他要求 ..... 13

6 试 验 ..... 28

7 技术服务、设计联络、工厂检验和监造 ..... 35

8 一次、二次及土建接口 ..... 38

9 包装和运输 ..... 43



## 1 范 围

本部分规定了 500kV 三相双绕组油浸式水冷电力变压器采购标准的总则、技术参数和性能要求、试验、包装、运输、交货及工厂检验和监造的一般要求。

本部分适用于 500kV 涵洞或地下布置的三相双绕组油浸式水冷电力变压器采购标准。地面布置的电力变压器可参照执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 311.1 绝缘配合 第 1 部分：定义、原则和规则
- GB/T 1094.1 电力变压器 第 1 部分：总则
- GB/T 1094.2 电力变压器 第 2 部分：液浸式变压器的温升
- GB/T 1094.3 电力变压器 第 3 部分：绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙
- GB/T 1094.4 电力变压器 第 4 部分：电力变压器和电抗器雷电冲击和操作冲击试验导则
- GB/T 1094.5 电力变压器 第 5 部分：承受短路的能力
- GB/T 1094.7 电力变压器 第 7 部分：油浸式电力变压器负载导则
- GB/T 1094.10 电力变压器 第 10 部分：声级测定
- GB 2536 电工流体 变压器和开关用的未使用过的矿物绝缘油
- GB/T 2900.95 电工术语 变压器、调压器和电抗器
- GB/T 4109 交流电压高于 1000V 的绝缘套管
- GB/T 4585 交流系统用高压绝缘子的人工污秽试验
- GB/T 5273 高压电器端子尺寸标准化
- GB/T 6451 油浸式电力变压器技术参数和要求
- GB/T 7252 变压器油中溶解气体分析和判断导则
- GB/T 7354 局部放电测量
- GB/T 7595 运行中变压器油质量
- GB/T 8163 输送流体用无缝钢管
- GB/T 8287.1 标称电压高于 1000V 系统用户内和户外支柱绝缘子 第 1 部分：瓷或玻璃绝缘子的试验
- GB/T 8287.2 标称电压高于 1000V 系统用户内和户外支柱绝缘子 第 2 部分：尺寸与特性
- GB/T 10230.1 分接开关 第 1 部分：性能要求和试验方法
- GB/T 10230.2 分接开关 第 2 部分：应用导则
- GB/T 11604 高压电器设备无线电干扰测试方法
- GB/T 13499 电力变压器应用导则
- GB/T 14976 流体输送用不锈钢无缝钢管

GB/T 16847 保护用电流互感器暂态特性技术要求

GB/T 16927.1 高压试验技术 第1部分：一般定义及试验要求

GB/T 16927.2 高压试验技术 第2部分：测量系统

GB/T 17468 电力变压器选用导则

GB 20052 电力变压器能效限定值及能效等级

GB/T 20840.2 互感器 第2部分：电流互感器的补充技术要求

GB 22382 额定电压 72.5 kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备与电力变压器之间的直接连接

GB/T 26218.1 污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第1部分：定义、信息和一般原则

GB/T 26218.2 污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第2部分：交流系统用瓷和玻璃绝缘子

GB 50150 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准

GB 50148 电气装置安装工程电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范

DL/T 264 油浸式电力变压器（电抗器）现场密封性试验导则

DL/T 272 220kV~750kV 油浸式电力变压器使用技术条件

DL/T 572 电力变压器运行规程

DL/T 596 电力设备预防性试验规程

DL/T 722 变压器油中溶气体分析判断导则

DL/T 911 电力变压器绕组变形的频率响应分析法

DL/T 1093 电力变压器绕组变形的电抗法检测判断导则

DL/T 1094 电力变压器用绝缘油选用指南

DL/T 1386 电力变压器用吸湿器选用导则

DL/T 1388 电力变压器用电工钢带选用导则

DL/T 1424 电网金属技术监督规程

DL/T 1538 电力变压器用真空有载分接开关使用导则

DL/T 1539 电力变压器（电抗器）用高压套管选用导则

JB/T 501 电力变压器试验导则

JB/T 3837 变压器类产品型号编制方法

JB/T 6484 变压器用储油柜

JB/T 8314 分接开关试验导则

JB/T 8316 变压器用强迫油循环水冷却器

JB/T 8637 无励磁分接开关

JB/T 10088 6kV~1000kV 级电力变压器声级

DL/T 2292 电力变压器抗短路能力校核导则

国家电网公司十八项电网重大反事故措施

国家电网公司水电厂重大反事故措施

国家能源局防止电力生产事故的二十五项重点要求（2023 版）

下列为所参照的 IEC 标准，但不仅限于此：

IEC 60815.1 污秽条件下用高压绝缘子的选择和尺寸 第一部分：定义、信息和通用原理

IEC 60815.2 污秽条件下用高压绝缘子的选择和尺寸 第二部分：交流系统用陶瓷和玻璃绝缘子

IEC 62271-211 高压开关设备和控制设备 第 211 部分：额定电压 52kV 以上的电力变压器和气体绝缘金属封闭开关设备之间的直接连接

### 3 抽水蓄能电站电力变压器特点

#### 3.1 运行特点

a) 变压器具有升压（对应于发电工况）、降压（对应于抽水工况）两种正常运行工况。

b) 变压器应考虑本电站设置的静止变频装置运行时谐波分量影响。

电站设置 1 套静止变频装置，电动工况起动以 SFC 起动为主，背靠背同步起动作为备用。背靠背起动时电站接线可满足使任一台机组可逐台起动其他 3 台机组，也可在 1#、2#和 3#、4#机之间同时进行背靠背起动。SFC 电源分别取自 1#、3# 主变压器低压侧经隔离开关、限流电抗器和断路器引接。变频起动装置（暂定）：

① 额定容量：约 24MW；

② 输出电压：0~19.8kV；

③ 输出频率：0~52.5Hz；

④ 一个工作周期连续起动次数：不小于 6 次。

c) 变压器固有超铭牌容量运行方式应符合 GB/T1094.7 的有关规定，应能承受本电站起动工况时的短时过负荷，任何附属设备的过负荷能力不得小于变压器的过负荷能力。卖方应提供变压器固有的超铭牌容量运行的能力曲线。

d) 电站机组每天发电时间 7~11h；抽水时间 7~11h；其余每天每台机组旋转备用或调相运行，机组日平均起停 10 个循环（“开—停”为一循环）。

e) 变压器需承受机组正、反向负载潮流的运行工况下负荷变化冲击，突加和突卸负荷时间短，突加和突卸负荷均需按额定负荷考虑。

f) 变压器应具备带长电缆和 GIS 合、分操作的能力，变压器每年至少带长电缆和 GIS 合、分操作各 5 次。

g) 电站运行中分合闸频繁，变压器铁心剩磁较大，激磁涌流较大，发电机甩负荷时变压器同时承受过激磁；

h) 变压器采用水冷系统。水冷却器负载和空载分为两路水源，冷却系统应能够分成负载和空载

两种工况运行。

### 3.2 结构特点

- a) 变压器高压侧与 GIS 连接。
- b) 变压器低压侧额定电流大，与离相封闭母线连接。
- c) 变压器水冷系统的水压远大于油压。
- d) 变压器采用双绕组结构，变比大。
- e) 绝缘设计应能承受较大的过电压能力。

### 3.3 现场运维特点

- a) 年检制。
- b) 现场环境温度变化小，湿度大。
- c) 现场检修空间受限。
- d) 现场巡检安全风险大。

## 4 总 则

### 4.1 一般规定

4.1.1 投标人应具备招标采购公告所要求的资质，具体资质要求详见采购文件的商务部分。

4.1.2 投标人应仔细阅读包括本标准（通用部分和专用部分）在内的采购文件阐述的全部条款。

投标人提供的变压器本体及其附件应符合技术规范所规定的要求，投标人也可推荐符合本部分要求的类似定型产品，但应提供详细的技术偏差。

4.1.3 本部分提出了对变压器本体及其附件的技术参数、性能、结构、试验等方面的技术要求。有关变压器的包装、标志、运输和保管的要求见商务部分的规定；有关变压器运输外形限制尺寸的要求见技术规范专用部分。

4.1.4 本部分提出的是最低限度的技术要求，并未对一切技术细节做出规定，也未充分引述有关标准和规范的条文，投标人应提供符合本部分引用标准的最新版本和本部分技术要求的全新产品。如果所引用的标准之间不一致或本部分所使用的标准如与投标人所执行的标准不一致时，按要求较高的标准执行。

4.1.5 如果投标人没有以书面形式对本部分的条文提出差异，则意味着投标人提供的设备完全符合本部分的要求。

4.1.6 本部分将作为订货合同的附件，与合同具有同等的法律效力。本部分未尽事宜，由合同签约双方在合同谈判时协商确定。

4.1.7 本部分中涉及有关商务方面的内容，如与采购文件的商务部分有矛盾时，以商务部分为准。

4.1.8 本部分中通用部分各条款如与技术规范专用部分有冲突，以专用部分为准。

### 4.2 投标人应提供的资质文件

投标人在响应文件中应提供下列合格的资质文件。



- 4.2.1 由权威机构颁发的 ISO 9000 系列的认证证书或等同的质量保证体系认证证书。
- 4.2.2 履行合同所需的独立设计能力、生产技术和生产能力的证明文件。
- 4.2.3 有能力履行合同设备维护保养、修理及其他服务义务的文件。
- 4.2.4 由有资质的第三方出具的与抽水蓄能电站招标采购产品结构相类似设备的型式试验报告。
- 4.2.5 所提供的组部件如需向第三方外购时，投标人应详细说明并就其质量做出承诺，并提供分供方相应的例行型式检验报告和投标人的进厂验收证明。

### 4.3 工作范围和进度要求

4.3.1 本部分仅适用于技术规范专用部分货物需求一览表中所列的设备。其中，包括负责完成技术规范专用部分组件材料配置表中所列的设备的设计（含主变外形三维设计）、制造、工厂试验；包装、运输、技术培训和交货到主变室安装位置并就位工作；提供备品备件及安装、试验的专用工器具和仪器；提交图纸、说明书和其它资料；同时对上述设备的现场安装、调试、试运行、验收及投入商业运行提供技术督导服务（包括对主变工位预埋件的安装工作进行督导，并认可监理与业主的验收结果），并对上述工作的质量负责。参加设计联络会；接受买方代表参加工厂检验、监造、目睹验证试验等。

4.3.2 合同签订后，卖方应在 2 周内，向买方提交一份详尽的生产进度计划表。

4.3.3 如生产进度有延误，卖方应及时将延误的原因、产生的影响及准备采取的补救措施等向买方加以解释，并尽可能保证交货的进度。否则应及时向买方通报，以便买方能采取必要的应对延迟交货的措施。

4.3.4 货物分批到货，具体交货日期详见专用条款相关内容。为了使交货与工地的安装协调，买方有权根据工程进展情况调整交货时间，卖方应按照买方规定的时间内到货，合同总价不变。买方如调整交货时间，应提前两个月通知卖方。

### 4.4 对图纸和技术资料的要求

4.4.1 图纸和技术资料的认可及交付。

4.4.1.1 所有需经买方确认的图纸和技术资料，均应按照下表规定的时间提交给买方进行审定认可。

**卖方向买方提供需认可的资料和图纸（但不限于此）**

表 1

序号	名 称	递交时间 (天)
1	图纸计划	20
2	对变压器的设计、材料供应、制造、培训和交货各阶段的详细进度计划	45
3	初步的外形图及起吊高压套管等部件的吊装尺寸	45
4	变压器结构设计、短路耐受能力和油箱防爆能力分析计算	45
5	全套设备（包括冷却系统）的初步布置、装配图、管路布置图、示出主要部件的结构、主要尺寸和位置及基础条件	45

序号	名 称	递交时间 (天)
6	对土建工程的指导图	45

卖方向买方提供需认可的资料和图纸（但不限于此）

续表 1

序号	名 称	递交时间 (天)
7	大件运输尺寸、重量和运输方案	45
8	变压器与 GIS、离相封闭母线相关的套管端头的初步布置图	45
9	变压器与 GIS 和离相封闭母线连接详图	45
10	设备传递到基础的所有作用力的大小和方向资料	45
11	所有主要部件的初步材料规范	45
12	作为设计、材料供应、制造和试验依据的标准	45
13	所有附件的选型说明（如套管、冷却器、油泵电动机、气体继电器、压力释放装置、速动油压继电器、油位计、油温计、绕组温度计、油流计、水流计、液压计、漏水信号器、无励磁分接开关、套管电流互感器、PLC 电源转换器、各种电动手动阀等）	45
14	铭牌图	45
15	绝缘油的牌号、数量，冷却器的油压及油流量、冷却器的水压、空载流量、额定流量等参数	45
16	变压器的本体端子箱及冷却器控制柜的原理接线图和柜体布置图	45
17	主变控制系统描述和 I/O 定义表	45
18	高压套管、中性点套管、低压套管外形图	45
19	套管电流互感器特性和参数，励磁曲线、二次阻抗、暂态误差、磁通密度、铁心截面和中心长度	45
20	冷却器油流、水流系统图、冷却器水流计算报告、冷却器水流计、液压计整定计算报告	45
21	绕组连接图、绕组布置图	45
22	变压器应对 VFTO、操作过电压，谐振过电压的绝缘强度计算分析说明书	45
23	变压器谐振频率分析计算书和变压器绕组频率响应特性曲线	45
24	电缆清册及电缆走向布置图、安装图	120
25	所提供的专用工具的详细说明	120
26	变压器控制柜、冷却系统控制的屏内设备布置图、端子图	120
27	变压器总装图	120
28	变压器耐受直流偏磁能力的最终报告	120
29	变压器承受短路能力的计算书、提高变压器抗短路能力的措施和提高线圈纵、横向稳定性的措施	120
30	变压器结构抗震稳定性计算分析报告	120
31	变压器三场计算书（包括电场、磁场、温度场的计算）	120

卖方向买方提供需认可的资料和图纸（但不限于此）

续表 1

序号	名 称	递交时间 (天)
32	线圈绝缘设计和内部场强分布计算报告	120
33	变压器受各种过电压冲击时的饼间、匝间场强分布计算与仿真（应计及变压器线圈、油气套管、高压电缆的共同作用）	120
34	过激磁曲线	120
35	结合抽蓄的典型工况及冷却水温特点，提交铁芯及线圈的受力形变计算书	120
36	事故排油装置结构图、布置图	120
37	储油柜排油详细方案	120
38	变压器及主要附属设备三维数字模型	120
39	卖方设备 KKS 编码图	150

买方在收到需认可图纸 2 周后，将一套确认的或签有买方校定标记的图纸和技术资料（买方负责人签字）返还给卖方。买方有权对供货设备的卖方图纸和技术资料提出修改意见。凡买方认为需要修改且经卖方认可的，不得对买方增加费用。在未经买方对图纸和技术资料做最后认可前，卖方任何采购或加工所造成的材料损失应由卖方单独承担。

4.4.1.2 卖方在收到买方确认图纸和技术资料（包括认可方修正意见）后，经修改应于 1 周内向有关单位提供最终版的正式图纸和一套供复制用的底图及正式的 CAD 文件电子版，正式图纸应加盖工厂公章或签字。变压器应按照经确认的最终图纸进行制造。

4.4.1.3 完工后的产品应与最后确认的图纸及生产过程中经买方认可的设计修改通知单等相一致。买方对图纸的认可并不减轻卖方对其图纸的完整性和正确性的责任。设备在现场安装时，如卖方技术人员进一步修改图纸，卖方应对图纸重新收编成册，正式递交买方，并保证安装后的设备与图纸完全相符。

4.4.1.4 图纸的格式：所有图纸均应有标题栏、全部符号和部件标志、文字均用中文书写，并使用国际单位制（SI）。

卖方应免费提供给买方 24 份全部最终版的图纸（含可编辑电子版）和技术资料。其中图纸应包括总装配图及安装时设备位置的精确布置图，并且应保证买方可按最终版的图纸资料对所供设备进行维护，并在运行中便于进行更换零部件等工作。

4.4.1.5 卖方应提供合同范围内主要设备反映各部位结构的电子版三维模型（模型文件格式应能用 microstation 及 revit 软件编辑）。三维模型的精度、编码、属性、交付时间等在设计联络会上确定。

#### 4.4.2 资料和图纸

4.4.2.1 需随设备提供的安装使用说明书和图纸见表 2。

#### 4.4.2.2 产品说明书还应包括下列各项：

- a) 关于结构、连接及铁心、绕组型式等的概述和简图。
- b) 变压器有关部件及附件的图纸和安装维护说明，例如套管、冷却器、套管式电流互感器、调压开关，以及所有保护装置和测量装置等。
- c) 变压器励磁特性曲线。
- d) 变压器（冷却装置运行台数、油温、负荷）负载能力（包括正常周期、长时和短期过负荷能力）的说明或试验报告。
- e) 变压器承受短路能力的计算书和本厂做过的最大容量变压器承受短路能力试验报告。
- f) 变压器用的特殊工具和仪器的清单、专用说明书、样本和手册等。
- g) 特殊需要的说明。
- h) 各部位密封垫的规格图表。

#### 卖方向买方提供的资料和图纸

表 2

序号	内 容	序号	内 容
(1)	买卖双方协商确定的图纸、资料和说明	(9)	变压器主要部件及配件图表
(2)	有关设计图纸、资料	1)	外形尺寸图（包括吊装图及顶启图）
(3)	运输、保管、现场安装调试用图纸、资料	2)	冷却系统图（冷却系统自动装置、冷却器图）
1)	变压器的安装使用说明书	3)	梯子及储油柜安装图
2)	吸湿器使用说明书	4)	控制电缆安装图
3)	净油器（如有）使用说明书	5)	套管及接线端子零件图
4)	套管及其电流互感器保管、安装、使用说明书	6)	套管与变压器引线装配图
5)	气体继电器使用说明书	7)	二次保护、测温、信号、动力电源的端子布置图
6)	绝缘油使用说明书	8)	压力释放装置结构及安装图
7)	冷却系统安装和使用说明书	9)	电流互感器安装图
8)	分接开关安装和使用说明书	10)	变压器铭牌（包括三相成组连接的铭牌）
9)	变压器检测装置及控制柜等说明书	11)	电流互感器铭牌图
10)	其他仪表的使用说明书	12)	变压器安装基础图
11)	变压器结构、绕组排列及连接的说明	13)	变压器外部二次线及电源线布置图
12)	温度计使用说明书	14)	分接开关切换装置及控制部分电气接线图、控制盘的正视图（如有）
13)	压力释放装置安装和使用说明书	15)	变压器接地线路图及端子位置图

## 卖方向买方提供的资料和图纸

续表 2

序号	内 容	序号	内 容
14)	滤油机、抽真空机组使用说明书（如有）；	16)	变压器本体运输图
15)	其他附件的安装使用说明书	17)	展开图及接线图
16)	投入不同数量冷却时长期负载情况及允许时间说明书	18)	变压器器身示意图
17)	高海拔修正说明（如有）	19)	上节油箱起吊图
18)	储油柜安装使用说明书	20)	注有尺寸的套管升高座的横断面图
19)	速动油压继电器安装使用说明书	21)	所有供应的附件外形尺寸图
20)	电缆清册	22)	分接开关的装配图
(4)	运行、检修、维护手册、资料	23)	分接开关、变压器冷却装置和变压器组成组控制等使用的控制柜装配图
(5)	主要设计数据	24)	铁心接地套管布置图、中性点接地套管引线支撑详图
(6)	设计、制造所依据的主要标准	25)	拆卸图
(7)	备品备件图纸、清单	26)	变压器与 GIS 和离相封闭母线连接详图
(8)	变压器所用主要材料、部件、配件清单	(10)	对于其他未列入合同技术清单但却是工程所必需的文件和资料及图纸，如涉及继电保护、控制操作及与其他设备配合需要相关文件和技术数据等

对变压器部分图纸的要求：

a) 变压器主要部件及配件图表详见表 2 中序号（9）。

b) 外形尺寸图：图纸应标明全部所需要的附件数量、目录号、额定值和型号等技术数据，运输尺寸和质量、装配总质量和油量，还应标示出变压器在运输准备就绪后的变压器重心，储油柜的位置、尺寸、带电部位与邻近接地体的空气净距。图纸应标明所有部件和附件的尺寸、位置，以及拆卸高压时所需要的空间高度，上节油箱起吊高度，起顶、拖耳位置，各阀门法兰尺寸及位置。图纸应标明变压器底座和基础螺栓尺寸、位置。

c) 套管及其接线端子图：应包括套管型号、套管内结构解剖详图、接线端子详图、固定法兰及伞型详图，套管顶部安全承力、顶部破坏作用力及爬电距离和干弧距离均应给出。

d) 铭牌图：应符合国家相关标准。

e) 变压器器身示意图：绕组位置排列及其与套管、分接开关的连接，包括引线连接装配的说明。

f) 上节油箱起吊图：标明起吊重量、起吊高度和吊索、吊点布置方式。

g) 注有尺寸的套管升高座的横断面图：应显示出法兰、电流互感器座等。

h) 所有供应的附件外形尺寸图：包括套管、气体继电器、压力释放装置、盘式温度计和绕组

温度计、电流互感器及升高座、带有油泵电机的冷却器等。

- i) 分接开关的装配图。
- j) 分接开关、变压器冷却装置和变压器组成组控制等使用的控制柜装配图。
- k) 展开图及接线图：包括计量、保护、控制、报警、照明及动力等所需的交流和直流回路的线路原理图。冷却装置的原理接线图应包括，当一个电源发生故障时，能自动向备用电源切换的原理说明。原理接线图应标示变压器控制柜和所有变压器附件的端子，如电流互感器、报警装置、电机等，以及这些设备在变压器上的布线和用户电缆连接的接线板的标志。位于控制柜内的设备，应以接近其实际位置的方式表示在连接线路图上。位于控制柜外面的器件，例如电流互感器，其在图上的位置，应能简明标示其向接线端子的引出连线；接线板上的端子间至少应留出一定的空隙，以备买方向在接线板上增加电缆连接时用。
- l) 变压器安装、运行、维修和有关设施设计所需的其他图纸和资料。
- m) 套管式电流互感器的二次电阻、拐点处的磁通密度、铁心截面和铁心平均长度等所有技术数据，套管式电流互感器的励磁曲线图等。
- n) 铁心接地套管布置图、中性点接地套管引线支撑详图：包括支柱绝缘子、支持钢结构排列、接地导体及钢结构详图。
- o) 拆卸图：包括套管的拆卸方法，以及铁心吊环位置、铁心和绕组拆卸方法。
- p) 变压器与 GIS 和离相封闭母线连接详图：包括套管吊装图、套管连接部位的详细布置图。

4.4.3 试验报告（见表 3）

- 4.4.3.1 变压器全部试验报告，包括例行、型式和特殊试验报告。需提供的试验报告。
- 4.4.3.2 主要部件（包括套管、冷却器、分接开关、套管式电流互感器、气体继电器、压力释放器、速动油压继电器、各种温度计等）例行和型式试验报告。
- 4.4.3.3 主要材料，如硅钢片、绝缘油、各类导线、绝缘纸板等的检验报告。

卖方向买方提供的试验报告

表 3

序号	内 容	序号	内 容
(1)	主要材料部件试验	8)	电流互感器例行和型式试验报告
1)	变压器油试验报告	9)	冷却器例行试验和型式试验报告
2)	无励磁分接开关例行和型式试验报告	10)	硅钢片检验报告
3)	套管例行试验、型式试验报告和油色谱分析报告	11)	导线试验报告
4)	油泵电机例行试验和型式试验报告	12)	其他部件和配件的例行和型式试验报告
5)	各种继电器例行试验和型式试验报告	(2)	变压器例行试验报告
6)	温度计例行试验和型式试验报告	(3)	变压器型式试验和特殊试验报告(含短路承受能力

7)	压力释放装置例行试验和型式试验报告	试验报告或第三方出具的抗短路能力校核报告)及抗震计算报告
----	-------------------	------------------------------

#### 4.5 标准和规范

4.5.1 按有关标准、规范或准则规定的合同设备，包括卖方向其他厂商购买的所有组部件和设备，都应符合这些标准、规范或准则的要求。

4.5.2 所有螺栓、双头螺栓、螺纹、管螺纹、螺栓头和螺帽均应遵照 ISO 及 SI 公制标准。

4.5.3 当标准、规范、本技术条款之间存在差异时，应按要求更严格的指标执行。

4.5.4 卖方应采用 KKS 设备编码系统，供货范围内的所有系统、设备、器件、电缆都要按照买方选定的设备编码系统进行编码。

#### 4.6 响应时应提供的技术数据和信息

4.6.1 投标人应按技术规范专用部分表 1（技术参数特性表）列举的项目逐项提供技术数据，所提供的技术数据应为保证数据，这些数据将作为合同的一部分。

4.6.2 产品性能参数、特点和其他需要提供的信息。

#### 4.7 安装、调试、试运行和验收

4.7.1 合同设备的安装、调试，将由买方根据卖方提供的技术文件和安装使用说明书的规定，在卖方技术人员指导下进行。卖方人员的技术指导具体按本部分的 4.3 执行。

4.7.2 完成合同设备安装后，买方和卖方应检查和确认安装工作，并签署安装工作完成证明书，共两份，双方各执一份。

4.7.3 合同设备试运行和验收，根据本部分规定的标准、规程、规范进行。

4.7.4 验收时间为安装、调试完成后并随机组完成 15 天考核试运行。在此期间，所有的合同设备都应达到各项运行性能指标要求。买卖双方可签署合同设备的验收证明书。该证明书共两份，双方各执一份。

4.7.5 如果在安装、调试、试运行及质保期内，设备发生异常，买卖双方应共同分析原因、分清责任，并按合同相关规定执行。

4.7.6 每台主变压器注油前应由买方、卖方及安装承包商等各方认可的第三方检测机构对绝缘油油品进行检测，检测合格方可注入变压器。为便于现场变压器滤油，卖方应随第一台变压器带 1 只不小于 15m<sup>3</sup> 的空油罐。现场所有设备滤油结束后，储油罐由卖方回收处理。

#### 4.8 备品备件和专用工具

4.8.1 投标人应提供安装时必需的备品备件和专用工具，价款应包括在响应总价中。

4.8.2 采购人提出运行维修时必需的备品备件和专用工具，见技术规范专用部分表 3；

4.8.3 投标人推荐的备品备件和专用工具，见技术规范专用部分表 7。

4.8.4 所有备品备件应为全新产品，与已经安装设备的相应部件能够互换，具有相同的技术规范和相同的规格、材质、制造工艺。

4.8.5 投标人应对产品实行终生保修，根据需要及时提供技术规范专用部分表 3 所列备品备件以外的部件和材料，以便维修更换。



## 4.9 其他要求

卖方应委托一家具备能力的经买方批准的单位，对VFTO、操作过电压，谐振过电压进行计算，验算变压器的绝缘强度，并对主变室的事故排油管路系统、电缆走向做统一布置，同时出具相关的电缆清册、电缆走向布置图、冷却器系统（含冷却器及控制柜的基础图、布置图）等。

## 5 结构和其他要求

### 5.1 布置要求

5.1.1 变压器本体、套管、储油柜和冷却器等布置应符合买方的要求。

5.1.2 变压器低压侧和中性点侧套管与其他设备端子相连均应采用软连接，以防止产生过高应力。变压器出线与GIS、封闭母线的连接应保证安装时接合准确、方便。为此，买卖双方图纸尺寸必须严密配合，且均应留有调节裕度。与GIS连接应考虑过电压对变压器的影响以及现场做局放试验的便利；与封闭母线连接处还应考虑排水措施。

5.1.3 变压器设计接口尺寸应满足《国网新源公司关于印发新建抽水蓄能电站主变压器标准化设计实施方案的通知》（新源生技【2021】138号）的要求。

### 5.2 铁心和绕组

5.2.1 铁心应采用优质、低损耗的晶粒取向冷轧硅钢片，铁心磁密应 $\leq 1.7T$ 。

5.2.2 全部绕组均应采用半硬铜自粘性换位导线，屈服强度 $RP_{0.2} \geq 180N/mm^2$ 。股线间应有合理的换位，使附加损耗降至最低。绕组应有良好的冲击电压波分布，变压器内部不宜采用加装非线性电阻方式限制过电压。许用场强应严格控制，采用热改性绝缘纸（GB/T 1094.7）作为匝间绝缘，确保绕组内不发生局部放电和绝缘击穿。应对绕组漏磁通进行控制，避免在绕组、引线、油箱壁和其他金属构件中产生局部过热。低压线圈中部数段应采用纸包线，提高绝缘能力。

5.2.3 变压器自粘性换位导线线圈“S”弯楔形垫块应固定，提高其机械稳定性，防止在运行中移位和脱落；线圈静电板等部位引出的等电位线应采用多股软铜线，长度合适，并注意焊接质量，防止断裂。

5.2.4 变压器纵绝缘设计裕度（设计值与内控许用值之比）应不低于130%。

5.2.5 线圈压紧过程中，各线圈的预紧力，应和卖方工艺文件一致，工艺文件要求值应和抗短路强度计算结果匹配，卖方应在线圈压紧状态对换位导线股间绝缘进行检测，并用压敏纸检测各挡位的压力是否均匀。

5.2.6 变压器线圈上的垫块、撑条等应采用高密度纸板制成，并进行倒角处理。垫块应采用机加工工艺，不得采用冲模。绕组绕制、套装、压紧应有严格的紧固工艺措施，引线应有足够的支撑，使器身形成坚固的整体，绕组应采用恒定压力值干燥处理方式，器身具有足够的抗短路能力。能够承受各种运行方式下发生出口短路时所产生的短路电流冲击，而无不允许的机械变形和电气能力损伤，线圈热点温度不超过 $250^{\circ}C$ ，短路电流持续时间2s。

5.2.7 器身内部应有较均匀的油流分布，铁心级间迭片也应留有适当的冷却油道，并使油路通畅，避免绕组和铁心产生局部过热。

- 5.2.8 变压器运输中当冲撞加速度不大于  $3g$  时，应无任何松动、位移和损坏。
- 5.2.9 变压器中性点直流电流耐受能力应不小于  $18A$ 。铁心采用绑扎方式加固，变压器内部可增设防震垫等减震措施。
- 5.2.10 与油接触的绝缘材料、胶、漆等与油应有良好的相容性。
- 5.2.11 变压器的机械强度设计，应结合抽水蓄能电站运行工况特点，对铁心、线圈及其固定件等关键设备，进行抗疲劳冲击设计和仿真计算。
- 5.2.12 变压器低压端部及其他受力较大部位应采用绑扎等方式进行加固，压钉或压块数量应适当增加，上铁轭与压板之间应填充高密度笕板或撑块。
- 5.2.13 变压器厂在进行线圈的绝缘设计时，需考虑高压套管以外的系统影响（VFTO、操作过电压、谐振过电压等）。
- 5.2.14 变压器应具有甩负荷能力，并符合 GB 1094.1 的规定。

### 5.3 储油柜

- 5.3.1 储油柜应满足 JB/T 6484 的要求。储油柜中的油应与大气隔离，其中的油量可由胶囊或金属波纹的膨胀或收缩来调节。储油柜应在最低设计温度时不缺油，在最高设计温度时有储油空间，储油柜应能显示与油温对应的油位，且在达到最低油位和最高油位后输出报警信号。
- 5.3.2 套管升高座等处积集气体应通过带坡度的集气总管引向气体继电器，再引至储油柜。在气体继电器管路的两侧加蝶阀。
- 5.3.3 选用胶囊式储油柜时，油位计应选用双浮子油位计，且应在储油柜最高处设置气体继电器（空气），用于胶囊破损自动报警；选用内油式金属波纹密封式储油柜时，应具有漏油保护，波纹伸缩时对变压器油产生的附加压力应不影响变压器压力释放阀和气体继电器参数设定。油位计应与绝缘油隔离，以方便检修维护。
- 5.3.4 胶囊密封式储油柜的气室应通过带有透明油封和内装硅胶的吸湿器与大气相通。金属波纹密封式储油柜与大气接触的内壁应有防沙、防尘和防锈措施。内油式金属波纹储油柜的波纹芯体采用不锈钢材料，为全密封结构，变压器油与外界空气完全隔绝。储油柜的油位指示窗应有醒目油面线标志或示值刻度并便于运行时观察。
- 5.3.5 储油柜应设有油位计（带高、低油位时供报警的密封接点）、变压器连接口、注排油口、排气口（塞）、排污口（塞）、吊攀和检查孔。注排油口和排气口应有连管引到地面操作高度并加装阀门和密封盖板。储油柜作为油箱的一部分，应满足油箱密封试验要求。
- 5.3.6 储油柜应单独进行试漏。吸湿器（如有）和储油柜之间不应装设阀门。变压器吸湿器的吸湿剂重量一般不低于变压器储油柜油重的千分之一。
- 5.3.7 储油柜排油应兼顾正常排放与事故排放的要求，并提供储油柜排油详细方案；事故排油装置内所有设施及线缆应满足防火要求。

### 5.4 油 箱

- 5.4.1 变压器油箱的顶部不应形成积水，油箱内部不应有窝气死角。

5.4.2 变压器底座与基础的固定方法应经买方认可。

5.4.3 所有法兰的密封面应平整，密封垫应有合适的限位，防止密封垫过度承压以致龟裂老化造成渗漏。

5.4.4 油箱上应设有温度计座、温度计固定支架、接地板、吊攀和千斤顶支撑座等。

5.4.5 油箱上应装有带安全防护的梯子，梯子下部有一个可锁住踏板的挡板，梯子位置应便于对气体继电器的检查。

5.4.6 油箱应装有下列阀门：

- a) 供油阀和排油阀（在变压器上部和下部应成对角线布置）；
- b) 油样阀（在变压器油箱上部、中部和下部装有统一口径的取样阀，取样阀的结构和位置应便于密封取样）与油箱本体之间应加装球阀；
- c) 变压器本体上的蝶阀应采用钢板阀，并带有开关指示；
- d) 抽真空阀；
- e) 滤油阀（位于变压器油箱后部和上部，要求斜对角线布置）；
- f) 事故排油阀门及管路：

① 排油口位于变压器下部，在排油管和主变本体连接处设置一只手动球阀（常开），另在排油管的中间管段设置一只手动球阀（常闭），该手动球阀布置在主变室外，位置在设计联络会确定；排油管路走向需满足上述布置等相应要求。

② 事故排油总时间不超过 60 分钟，排油系统手动球阀连续工作时间不低于 90 分钟，关键连接件应使用耐火设计结构。

③ 投标人应随投标文件提交事故排油系统完整设计方案。事故排油阀操作闭锁逻辑应满足庆元项目相关要求（最终方案联络会确定，不得由此增加合同价格）。

5.4.7 变压器应装带报警或跳闸触点的压力释放装置，安装在油箱危险区域，每个危险区域各 1 个，每台变压器至少 3 个，其中高压 AB、BC 两相之间各装 1 个，低压侧安装 1 个。压力释放装置不能带升高座安装，其结构上应能保证快速释放压力。压力释放装置应安装导向管，管口末端距地面距离宜为 300mm，导向管管径不小于 150mm。

5.4.8 气体继电器重瓦斯触点不应因为气体的积累而误动，具有引至地面的取气盒，便于采集气样。为了提高重、轻瓦斯的灵敏度，应采用多管并联结构，管道应有 2%~3% 的坡度。气体继电器应采用双浮球并带挡板结构的气体继电器。瓦斯继电器具备防水防潮措施。

5.4.9 变压器油箱应能承受真空残压 13.3Pa 和正压 0.1MPa 的机械强度试验，不得有损伤和不允许的永久变形。如压力释放阀动作压力为 0.055MPa，变压器油箱应能承受 0.1MPa 的机械强度试验压力；如压力释放阀动作压力为 0.07MPa，变压器油箱应能承受 0.12MPa 的机械强度试验压力。如选用金属波纹储油柜，油箱耐压应相应提高 0.02MPa。

5.4.10 变压器整体（包括所有充油附件）应能承受 13.3Pa 的真空度。

5.4.11 密封要求。整台变压器（包括冷却装置）应能承受在储油柜的油面上施加的 0.03MPa~0.05MPa

静压力，持续 24 小时，应无渗漏及损伤。变压器本体油箱的箱沿若是焊接密封，则应采用可重复焊接法兰（重复次数不少于 3 次），并设有合适的垫圈及挡圈等以防止密封垫被挤出或过量压缩和焊渣溅入油箱内部。

5.4.12 提供油中溶解气体在线监测、局部放电在线监测的管道接口，接口管路和阀门由卖方提供。

5.4.13 低压出线侧的电屏蔽（如有）应采用焊接结构。

5.4.14 与 GIS 联接的油箱盖面在规定的真空和压力密封试验下，其变形量应不大于 5mm。

5.4.15 油箱采用钟罩式，法兰采用焊接方式。

## 5.5 冷却装置

5.5.1 型式和生产厂家一般由投标人提供。并满足如下要求：

a) 其产品应具备国内抽蓄电站投运业绩。投标人应选择单一方案进行投标，最终品牌业主批准确认。变压器采用双重铜管的水冷却器，严格排除空气渗入绝缘油及绝缘油与冷却水互渗的可能性并应能自动排除杂物，其清洗周期在 3 年以上。冷却器及附件布置应考虑设置起吊和搬运设施，便于安装和检修。采用紧靠变压器器身或分开的布置方式，由卖方推荐，并经买方批准。

b) 水冷却器负载和空载分为两路水源，冷却系统应能够分成负载和空载两种工况运行，两种工况的运行通过卖方提供的电动阀门自动切换操作；空载时冷却器的排水至尾水管，冷却器冷却水的进出口应能承受尾水管无水时压力差，并正常工作。

c) 水冷却器应装设充、排管道和阀门，并采取措施保证在变压器和其它水冷却器不退出运行的条件下可将任一套水冷却器拆除检修。

d) 水冷却器应采用耐腐蚀材料，水冷却器端部应可靠密封无渗漏。冷却器铜管采用紫铜或其他同等材料。水冷却器的供排水管路、附件、阀门为全不锈钢材质，不锈钢牌号为 06Cr19Ni10 或等同。

e) 油泵的轴承应采用 E 级或 D 级，并采用有铭牌、有级别的推力轴承。油泵电动机定子应承受 AC2000V 耐压 1min，所有油泵电动机应由起动机起动，并配置过负荷、短路和断相保护。

f) 冷却器上下端盖采用“O”型圈密封。

5.5.2 冷却系统的电动阀门、油泵电机应为三相、380V，应有三相检测的过载、短路和断相保护。油泵应能承受最高运行油温（95℃）、不小于 1.5 倍设计压力、6h 的渗漏试验而无渗漏。

5.5.3 冷却装置应采用轴瓦式免维护液态轴承结构，油泵与冷却器为同一厂家，原装进口，至少 30 年寿命。低转速的油泵（不大于 1500r/min），靠近油泵的管路上应装设油流继电器，运行中油泵发生故障时应报警。

5.5.4 冷却装置进出油管应装有蝶阀。冷却器与本体、气体继电器与储油柜之间连接的波纹管，两端口同心偏差不应大于 10mm。

5.5.5 变压器的冷却装置应按负载和温度情况，自动逐台或分段投切相应数量的冷却器，且该装置可在变压器旁就地手动操作和远程控制操作。冷却器应按等寿命时间管理目标实现自动切换，确保每台冷却器累计运行时间基本相同。

在冷却系统不同运行工况下，变压器的负载能力和允许运行时间如下（环境温度，冷却水温度

见专用技术规范):

a) 每台变压器的水冷却器应按照“3主1备”配置,变压器空载运行时可保留仅一台冷却器运行。每组水冷却器均可按运行要求用于工作或备用,且满足温升限值的要求。当工作冷却器出现故障时,备用冷却器自动投入运行。

b) 当备用冷却器未投入运行而工作冷却器退出一组运行时,变压器应在100%负载下允许运行1h,85%负载时允许连续运行。

5.5.6 冷却系统应配置两个相互独立的电源,并具备自动切换功能;冷却系统电源应有三相电压监测,任一相故障失电时,应保证自动切换至备用电源供电。

5.5.7 当投入备用电源、备用冷却装置,切除冷却装置和损坏的油泵、电动阀时,均应发出信号。

5.5.8 当满载运行时,全部冷却电源消失后,允许继续运行时间至少30min。如果顶层油温未到75℃,允许继续运行,但不能超过60min。冷却器全停时应有瞬时告警和延时跳闸信号。

5.5.9 油泵正常运行时,冷却回油路不应出现负压。

5.5.10 变压器的负载能力应符合GB/T 1094.7的要求,卖方应提供短时过负载能力的计算报告。控制条件为冷却水进水口温度(详见专用技术条款),起始负载为100%额定容量,1.1倍额定容量应允许连续运行、1.5倍额定容量允许运行时间不低于30min,变压器的热点温度不超过140℃。

5.5.11 冷却装置宜优先配置智能控制系统,控制系统应设有完善的自检功能。卖方应提供所有基本软件、应用软件及调试维护用终端设备。

5.5.12 仪表管道及管件应为不锈钢、黄铜或紫铜管制成。在压力表计、压力变送器处和在表计管连接到主设备处应提供仪表阀。温度计的软管应有铠装防护。

5.5.13 冷却系统的监控信号,如电动阀的启停控制信号、冷却器故障信号、电动阀开关信号、跳闸信号及模拟量信号(包括油面温度、绕组温度、本体油位)等,均由机组LCU进行远控和监视。

## 5.6 套 管

5.6.1 变压器高压侧采用油/SF6胶浸纸干式套管与SF6气体绝缘封闭母线相连;低压侧采用油/空气充油套管与离相封闭母线相连;高压中性点采用油/空气干式套管引出,低压套管不应采用电容式套管。变压器高压套管应垂直安装,并便于与GIS相连。高压套管应有测量和试验用端子,其结构应便于试验接线和运行监视。测量和试验抽头套管都应能承受的试验电压为50Hz,2kV,1min。高压套管侧应带变压器局放试验用套筒。低压套管应便于与离相封闭母线相连,优先采用垂直式。

5.6.2 套管不应渗漏,高压油/SF6套管法兰与SF6管道母线法兰的连接应采用可靠的密封系统,并满足在0.607MPa(6个大气压)下无渗漏。

5.6.4 低压和中性点套管伞裙应采用大小伞,伞裙的伸出长度、伞间距等应符合IEC 60815的规定。

5.6.5 套管应能承受变压器出口短路电流冲击下的振动。

5.6.6 高压套管两端应设置接线端子。中部为双法兰结构,一个法兰与变压器油箱连接,另一个法兰与GIS管道外壳相连。

5.6.7 高压套管应留有放气通道,通过法兰引出,并连接到气体继电器。

5.6.8 套管的试验和其他的性能要求应符合 GB/T 4109 的规定。

5.6.9 新型套管在首批次生产系列中应至少有一支通过全部型式试验，并提供第三方权威机构的型式试验报告。

5.6.10 套管接线端子应满足载流量和机械强度的要求。电容式套管末屏接地方式不应选用弹簧压接式接地结构。

5.6.11 低压套管的载流量选择应考虑离相封闭母线封闭外壳内和变压器油箱内侧均是高温工作条件，投标人应保证低压套管载流量满足运行温升要求（65K），并留有适当裕度。

5.6.12 低压套管引出方式应按买方要求布置，方便与发电机离相封闭母线对接。

5.6.13 电容式套管的试验抽头应设计为试验专用，不宜设计用于接引套管在线监测装置，试验抽头运行时应可靠接地。

5.6.14 电容式套管设计安装在线监测装置时，套管应按照 GB/T 4109-2022《交流电压高于 1000V 的绝缘套管》配置电压抽头，电压抽头绝缘等级应按照接地回路开路后能安全运行设计。

5.6.15 直接接地运行的高压中性点套管，不应装设在线监测装置。

5.6.16 电容式套管试验抽头接地方式不应选用圆柱弹簧压接式接地结构。

5.6.17 电容式套管试验抽头用于接引在线监测装置时，在线监测装置应根据套管末屏结构设计专用接口，并采取有效措施确保末屏密封良好且可靠接地。采用串联在接地回路抽取信号方案的应有可靠的防止串接元件损坏后回路断路的措施。设计方案和信号接引方式通过设计联络会审查确定。

5.6.18 当电容式套管试验抽头设计用于运行中的在线监测装置时，应设计有防止开路的措施。

5.6.19 电容式套管试验抽头及电压抽头的端帽或端盖密封的防护等级应不低于 IP65。

5.6.20 低压套管导体要求用铜质。

## 5.7 套管式电流互感器

5.7.1 电流互感器的二次端子应采用整体浇注面板引出。二次引线应经金属屏蔽管道引到变压器本体端子箱的端子板上，引线应采用截面不小于 4mm<sup>2</sup> 的耐油、耐热的软线。二次引线束可采用不锈钢金属槽盒防护。

5.7.2 套管式电流互感器应符合 GB/T 20840.2 的规定。

5.7.3 绕组测温电流互感器应设于高压侧 B 相套管。

5.7.4 电流互感器的变比、准确级次、容量等应标列在变压器铭牌上。

5.7.5 卖方应提供电流互感器的下列资料：励磁曲线、拐点电压（定义为电压增加 10%，引起励磁电流增加 50% 处的电压值）、拐点处的磁通密度、在 75℃ 时的绕组电阻值、绕组匝数、铁心截面积、铁心尺寸。

## 5.8 无励磁分接开关

5.8.1 无励磁分接开关应符合 GB/T 10230.1、GB/T 10230.2 和 JB/T 3837 的规定。

5.8.2 无励磁分接开关应能在不吊油箱的情况下方便地进行维护、检修和整体更换，触头系统应具有操作与定位手感，开关本体应具备足够的强度、刚度。

5.8.3 应带有外部的操动机构用于手动操作。外部操动机构应带有安全闭锁与位置触点功能，以防止带电误操作和分接头未合在正确的位置时投运，操作运行人员可在现场和控制室看到开关分接头位置。

5.8.4 开关动触头应有足够多的接触点，确保每个接触点分配的载流量不大于 80A，以保证开关有充足的载流裕度。触头系统还应具有操作与定位手感、动触头换挡到位声响。

5.8.5 无励磁分接开关的分接头的引线和连线的布线设计应能承受暂态过电压，且应防止由于引线通过短路电流时产生的电动力使开关受力移动。

5.8.6 选择开关装置本体应有机械限位，并具有防误动锁具装置。

## 5.9 绝缘油

5.9.1 变压器用矿物绝缘油应是符合 GB/T 2536 和 DL/T 1094 规定的环烷基、低含硫量、添加抗氧化剂的新油。新矿物绝缘油应由厂家提供新油腐蚀性硫、结构簇、糠醛及油中颗粒度报告。同时还应提供 T501 等检测报告。

5.9.2 提供的新矿物绝缘油除包括变压器运行用油外，还应包括安装消耗用油和所需的备用油。提供的新油应包括 10% 的备用油。备用油的存储方式和使用要求在设计联络会上商定。

## 5.10 温度测量装置

5.10.1 变压器应按 GB/T 6451 的要求配备油温测量装置，在变压器油箱油温较高点上（不少于两个监测点），分别安装一套变压器油温测量装置。视需要也可配备绕组温度计。温度指示在变压器本体上便于观测，温度变量能够远传至控制室。

5.10.2 指针温度计测量误差应不大于 1.5%FS（表计附近温度-25℃～65℃）。所有油温测量装置之间的温度示值之间偏差应不超过 5K。

5.10.3 指针温度计开关接点动作误差应不大于 2%FS，指针温度计示值刻度和温度控制开关设定刻度的最小分度值均应不大于 2℃。

5.10.4 温度计座应固定在油箱顶部，传感器温包应至少深入油液面以下 120mm。

5.10.5 所有与油箱接触的非电量保护装置和电气元件应能耐受 80℃。

5.10.6 变压器冷却器测温应包括冷却器水管温度、油管温度等，检测用 RTD 应接入主变冷却器端子箱。

5.10.7 变压器还应包括油面温度和绕组温度等温控器，温控器可根据温度定值输出报警及跳闸信号至主变非电量保护装置，可输出 4~20mA 模拟量信号至监控系统。

5.10.8 除配置常规测温装置外，变压器还应配置荧光光纤温控系统，实时监测变压器绕组、铁芯、油面温度及变化趋势，实现事前管理和风险预测，具有高温报警功能。每台变压器测温点数不少于 12 个，其中变压器每相高压侧 2 个测点，低压侧每相 1 个测点，铁芯 2 个测点，顶层油温 1 个测点。荧光光纤温度传感器采用性能稳定的稀土发光材料，满足变压器绝缘和局放要求，并提供国际权威机构魏德曼检测报告。

每套系统由光纤温控仪、荧光光纤温度传感器、贯通器和贯通板、转接光缆（外部光纤）、温控仪保

护箱和贯通板防护罩等组成。参数要求如下：

温度测量范围：40℃ ~+260℃；测温精度：≤±1℃；分辨率 0.1℃；荧光光纤传感器使用寿命 40 年；拥有 4-20mA 模拟输出，通讯接口能与其他监控系统后进行通讯；温控仪具有就地显示模块和 1GB 以上内存；保护箱防护等级不低于 IP55。

光纤测温传感器由于采用绕组及铁芯内部埋设的方式安装，其绝缘性能需满足主变相关技术要求，光纤引出部位的密封性能需要满足主变整体密封性的相关技术要求。光纤传感器不得影响主变的整体的绝缘性能及密封性能。

### 5.11 变压器控制柜和端子箱

5.11.1 变压器二次接线端子箱、控制柜布置要求、接地端子位置及其他布置的特殊要求需在设计联络会前向买方提出。

5.11.2 气体继电器至端子箱电缆应将每个触点的引线单独引出，不得合用一根多芯电缆。

5.11.3 冷却控制柜应由专业的电控厂家提供，有抽水蓄能投运业绩，且运行良好。冷却控制柜 PLC 应采用不低于合资品牌技术规格(标准)的产品。控制柜和端子箱应设计合理，满足 DL/T 1424 的要求。控制柜和端子箱应设计合理，箱体应采用 304 不锈钢，公称厚度不应小于 2.5mm，防护等级应不低于 IP66，箱体应设置可使箱内空气流通的迷宫式通风口，并具有防腐、防雨、防风、防潮、防尘和防小动物进入的性能。控制柜为地面式布置，端子箱的安装高度应便于在地面上进行就地操作和维护。除本技术条件中规定的自动化元件外，卖方应提供所有与水冷却器监控所需的全部自动化元件，这些自动化元件所需的 DC24V 电源均由本控制柜提供。

5.11.4 控制柜和端子箱应有足够的接线端子以便连接控制、保护、报警信号和电流互感器二次引线等的内部引线连接，并应留有 15%的备用端子，接线端子采用铜质端子。交、直流端子排应分区布置，控制跳闸的接线端子之间及与其他端子间均应留有一个空端子，或采用其他隔离措施，以免因短接而引起误跳闸。电流互感器的二次引接端子应采用专用电流端子。端子排应有编号予以标识。要求所有的电缆及接头应有防水措施，电缆布置应由下往上接入，交、直流回路不得共用一根电缆，交、直流回路电缆应分开绑扎。

5.11.5 控制柜和端子箱内应有可开闭的照明设施（AC220V、50Hz），照明灯宜采用 LED 类型，并应有适当容量的带温湿度控制器（AC 220V、50Hz）的除湿装置，以防止柜内发生水汽凝结。控制柜和端子箱内设电源插座（单相，AC 220V，10A）。

5.11.6 控制柜和端子箱内均应设置 2 根截面积不小于 100mm<sup>2</sup> 的等电位接地铜排。其中，一根与柜体可靠连接，称为保护接地铜排。另一根与柜体绝缘，称为工作接地铜排，控制柜和端子箱上的工作地应采用截面积不小于 4mm<sup>2</sup> 的多股铜线与柜/箱内工作接地铜排相连。两根铜排之间用截面积不少于 50mm<sup>2</sup> 多股铜线连接。

5.11.7 安装在主变本体的主变在线监测传感器的电缆路由主变厂家负责规划，汇控接至主变本体端子箱，再由主变本体端子箱统一接至 500kV 在线监测系统。

### 5.12 涂漆和防锈



5.12.1 变压器油箱、储油柜、冷却装置及连管等的外表面均应涂漆，其颜色应依照买方的要求。变压器油箱、储油柜、冷却装置及联管等的外表面均应进行除油、除盐分、除锈等处理，表面处理完成后应及时涂漆，其颜色应依照买方的要求。油箱外部螺栓等金属件应采用热镀锌等防锈措施。变压器油箱、储油柜、冷却装置及联管等壳体的防腐涂层应满足腐蚀环境要求，其涂层厚度不应小于 120 $\mu$ m，附着力不应小于 5MPa。

5.12.2 变压器油箱内表面、铁心上下夹件等均应涂以浅色漆，并与变压器油有良好的相容性，用漆由卖方决定。所有需要涂漆的表面在涂漆前应进行彻底的表面处理（如采用喷砂处理或喷丸处理）。

5.12.3 喷砂（喷丸）处理后 8h 内，且未生锈之前，应涂一层金属底漆。底漆应具有良好的防腐、防潮和附着性能，漆层厚度不小于 0.04mm，表层面漆与底漆相容，具有良好的耐久性能。所有外表面至少要涂一道底漆和两道面漆，面漆厚度不小于 0.085mm，表层面漆应有足够弹性以耐受温度变化，耐剥落且不褪色、粉化。

5.12.4 变压器出厂时，外表面应油漆一新，并供给买方适当数量的原用漆，用于安装时现场补漆。出现划痕或污染，卖方应重新进行整体喷漆。

### 5.13 变压器的寿命

5.13.1 变压器在规定的工作条件和负载条件下运行，并按使用说明书进行安装和维护，预期寿命不应少于 40 年。

5.13.2 主要主部件的运行寿命（在运行寿命内除预试外无正常检修内容）要求：

- a) 分接开关：机械寿命：2 万次；
- b) 电容套管：30 年及以上；
- c) 套管互感器：30 年及以上；
- d) 冷却器：30 年及以上；
- e) 储油柜：30 年及以上；
- f) 吸湿器：30 年及以上；
- g) 密封件及隔膜胶囊：30 年及以上；
- h) 压力释放阀及气体继电器：30 年及以上；
- i) 各类阀门的关合次数：在油温 105℃下 100 次以上无渗漏；
- j) 端子箱：30 年及以上；
- k) 温度计、油位计等测量仪表：15 年及以上。

5.13.3 变压器短路承受能力应符合 GB/T 1094.5、DL/T 272 要求。

### 5.14 铭 牌

铭牌应包括以下内容：

- a) 变压器种类（名称、型号、产品代号）；
- b) 标准代号；
- c) 制造厂名（包括国名）；

- d) 出厂序号;
- e) 制造年月;
- f) 相数;
- g) 额定容量 (MVA);
- h) 额定频率 (Hz);
- i) 各绕组额定电压 (kV) 和分接范围;
- j) 各绕组额定电流 (A);
- k) 联结组标号 (并给出绕组连接示意图, 应与实际排列位置相符);
- l) 以百分数表示的短路阻抗实测值;
- m) 绝缘水平;
- n) 冷却方式;
- o) 总质量 (t);
- p) 绝缘油重 (t) (注明牌号、厂名、油基);
- q) 运输重 (t);
- r) 器身吊重 (t);
- s) 上节油箱重 (t) (对钟罩式变压器);
- t) 负载损耗 (实测值) (kW);
- u) 空载损耗 (实测值) (kW);
- v) 空载电流 (实测值) (%);
- w) 套管式电流互感器 (用单独标牌给出其主要技术数据);
- x) 绝缘耐热等级 (A 级可不给出);
- y) 温升 (当不是标准规定值时);
- z) 温度与储油柜油位关系曲线 (准确计算后)。

### 5.15 管道、支架及吊架

5.15.1 卖方应负责变压器及其附件所有管道的设计, 提供全部管道的连接件、紧固件、管架及成形的管道。管道、阀门和接头的布置应考虑到当拆卸相连接的设备或部件检查和检修时, 对管道、阀门和接头的影响最小。管道系统必须拆卸的部分应布置法兰或活接头联接。

5.15.2 水管应为不锈钢无缝钢管, 水介质的阀门应为全不锈钢阀门, 优先选用球阀, 不锈钢牌号为 06Cr19Ni10 或等同。水管中介质流速应不大于 3m/s。卖方应提供水管防结露措施和材料。水管路上阀门、法兰的连接螺栓、螺母采用不锈钢材质, 螺栓性能等级不得低于国标 GB/T3098.6 中 A2-70 的要求, 螺母性能等级不得低于国标 GB/T3098.15 中 A4-80 的要求。卖方应保证法兰的连接件 (含螺纹连接) 不出现“咬死”现象。

5.15.3 油管应采用合适强度的钢管, 管路连接法兰及管件采用碳钢材质, 油介质阀门应优先选用铸铜材质, 并带开关指示。卖方应对油管路上的阀门及法兰的连接螺栓、螺母进行防腐处理, 并保证

法兰的连接件（含螺纹连接）不出现“咬死”现象。

5.16 电缆及电缆敷设要求

卖方提供的所有电缆不允许有中间接头，并提供电缆清册。电缆清册中应标明编号、起点、终点、型号、芯数、截面、备用芯数及长度。

5.16.1 动力电缆

由冷却器控制箱到各冷却器所需的动力电缆由卖方提供，所提供的电缆为耐油型。采用铜导线，阻燃 A 类交联聚乙烯绝缘、聚烯烃内护套、钢带铠装和聚烯烃外护层。

5.16.2 控制电缆

由主变本体或冷却器至控制柜和端子箱的控制（含信号）电缆由卖方提供，电缆应选用阻燃 A 类、耐油、耐热的屏蔽电缆，其中用于继电保护、直流电源及消防的电缆采用耐火电缆。若电缆需经电缆沟敷设，则应采用铠装电缆。

与主变相关的消防、在线监测装置等的连接电缆由卖方负责敷设设计，并在图中体现。

5.16.3 电缆敷设

所有电缆均应通过保护管或槽盒（不锈钢材料）连接。变压器本体二次电缆应采用可方便开启的全封闭槽盒保护，至各设备元件接线盒的电缆用不锈钢材质蛇形管加以过渡，蛇形管长度不宜超过 1m。变压器非电量表计的二次接线盒应开口向下，二次电缆蛇形管应有向下滴水弯头，滴水弯头高度应低于二次接线盒高度，在滴水弯头最低处开渗水口。

电缆槽盒及支架应采用高强度的金属材质并在底部预留漏水孔。电缆槽盒过渡接头应密封良好，避免进水。

5.17 其他要求

卖方应对拟交付产品从标准执行、产品设计、关键原材料及组部件、相关设备制造能力、出厂试验验证等方面配合买方开展技术能力评估。

5.18 数字化要求

5.18.1 三维模型

a) 卖方应提供供货范围内电力变压器及主要附属设备的电子版可编辑三维模型，向买方提供的可编辑三维设计模型应包括原始格式和.dgn 或.X\_T 格式或其他双方商量确认的格式，模型文件格式应能用 microstation 及 revit 软件编辑。

b) 设备三维模型按照下表颗粒度与精度要求进行建模，应满足 NB/T 10508-2021《水电工程信息模型设计交付规范》中相关设计交付要求，精度等级需达到 LOD3.0 及以上。

序号	建模颗粒度	属性精度要求	几何精度要求
1	变压器及主要附属设备	1、名称、材质、重量、外形尺寸、容量、电压等级、功率、型式、品牌等 2、总体装配后，属性字段：名称、设备厂家名称	外形尺寸跟实际完全一致

c) 三维模型的分类及编码应满足 T/CWHIDA 0007-2020《水利水电工程信息模型分类和编码标准》中要求。

### 5.18.2 数字化移交的要求

a) 卖方需要负责将设备相关的资料按照买方要求通过买方智慧抽蓄平台进行移交, 移交资料包括但不限于如设备图纸、设备模型、设备台账、出厂文件、说明书、维护手册等资料文件;

b) 卖方负责将本合同范围内电力变压器及主要附属设备的监测数据接入买方智慧抽蓄平台数据中心。

### 5.19 主变压器冷却系统技术要求

主变压器冷却器控制系统应采用最新技术 PLC 为核心控制单元, 并配置相应数量的数字量输入模块、数字量输出模块、模拟量模块用于采集压力、温度、流量、开关刀闸位置等信号, 并配置继电器、电源模块、断路器、接触器、人机界面(HMI)等部件, 实现对主变冷却器的自动启停、自动轮换、信息采集及上送等功能。主回路及控制回路须以市场主流产品为主导器件, 元器件数量以现场实际需求为准, 并留有一定余量。

#### 1、可编程控制器 (PLC)

(1) PLC 组态及内部接线出厂前全部完成。

(2) 系统硬件应采用技术先进、可靠的微处理器为基础的硬件, 可通过 RS485 协议与现场仪表进行通讯。所有硬件应为固态电路标准化、模块化和插入式结构。机柜内的模件应能带电插拔而不损坏, 而且不影响其它模件正常工作。

(3) 处理器模件应带有 LED 自诊断显示, 所有 I/O 模件都应具有标明 I/O 状态的 LED 指示和其它诊断显示, 如模件电源指示, 并应满足 ANSI/IEEE472 冲击电压承受能力试验导则 (SWC) 的规定, 在误加 250V 直流电压或交流电压时, 应不损坏系统设备。

(4) 处理器模件使用随机存储器 (RAM), 应配备电池作为数据存储的后备电源, 电池的储存寿命 10 年, 设置电池用完指示灯, 保存的程序和数据靠电池至少维持 6 个月。电池的更换不应影响模件的工作。

(5) 在运行环境温度下, PLC 的精度应满足以下要求:

模拟量输入信号 (高电平)  $\pm 0.1\%$

模拟量输入信号 (低电平)  $\pm 0.2\%$

模拟量输出信号  $\pm 0.25\%$

(6) 4~20mA (接地或不接地), 最大输入阻抗为 256 $\Omega$ 、4~20mA, 具有驱动回路阻抗大于 600 $\Omega$ 负载能力、所有开关量输入回路在硬件上采取光电隔离措施。

(7) 信号及光字监控系统所有的必要信号, 并调试完毕。就地人机界面显示的信息与监控系统一致。

(8) 控制柜内设置触控屏, 与 PLC 同品牌, 并采用同一套编程程序, 屏幕尺寸不小于 12 英寸, 触摸屏用于显示变压器油温、绕组温度、进出口水温、电动阀门状态、变位信息、报警信息等信号。

(9) 柜内低压元件、可编程控制器选用市场主流品牌；端子应根据相应的场合使用电压型或电流型；

(10) 冷却器控制柜安装 2 个 24V 开关电源，实现冗余配置，24V 开关电源需不小于 20A。

(11) 电动机保护器技术特性

序号	参数名称		单位	标准参数值
1	电动机保护器			<ul style="list-style-type: none"> <li>•IEC 60947-1, EN 60947-1 (VDE 0660 100 部分)</li> <li>•IEC 60947-2, EN 60947-2 (VDE 0660 101 部分)</li> <li>•IEC 60947-4-1, EN 60947-4-1 (VDE 0660 102 部分)</li> <li>UL 489, CSA C22.2-No.5-02</li> </ul>
2	环境要求	允许环境温度	°C	-50 ... +80
		存储/运输	°C	-20 ... +70
		操作运行		-20 ... +60
3	基本参数	额定绝缘电压 $U_i$	VAC	690
		IEC 标准	VAC	600
		额定冲击耐受电压 $U_{imp}$	KV	10
4	IEC60947-4-1 (电动机起动器)			AC-3
5	脱扣等级 CLASS		IEC 60947-4-1 标准	10
6	断路器功率损耗 $P_v$		W	5
7	机械寿命		次数	100 000
8	电气寿命		次数	100 000
9	每小时最大工作频率(电动机起动)		1/h	15
10	断相保护			符合 IEC 60947-4-1
11	保护过热电流		A	0.11-100

(12) 接触器技术特性

序号	参数名称		单位	标准参数值
1	接触器			IEC 60947-5-1/EN 60947-5-1
2	温度	工作时	°C	-25 ... +60
		存储/运输	°C	-55 ... +80
		发热温度	°C	70
3	电压	额定绝缘电压 $U_i$	VAC	690
		额定冲击耐压 $U_{imp}$	kV	6

序号	参数名称		单位	标准参数值
		线圈与主触点之间的安全绝缘	V	400
4	线圈功率消耗	吸合	VA	24.3
		保持	VA	3.3
		功率因数	P.f.	0.25
5	线圈工作电压范围		AC/DC	0.8 1.1×Us
5	允许安装位置		°	360
6	断路器功率损耗 P <sub>v</sub>		W	5
7	机械寿命		操作次数	30×10 <sup>6</sup>
8	电气寿命		次数	30×10 <sup>6</sup>
9	操作频率 z(每小时操作次数)		1/h	10000
10	AC-4 使用类别 (I <sub>a</sub> = 6×I <sub>e</sub> )		A	1000A
11	AC-4 使用类别范围		A	6-1500A

(13) 继电器技术特性

序号	参数名称		单位	标准参数值
1	中间继电器			IEC 60947-5-1/EN 60947-5-1
2	标准模块化宽度		mm	45
3	环境要求	允许环境温度	°C	-50 ... +80
		存储/运输	°C	-20 ... +70
		操作运行		-20 ... +60
4	基本参数	额定绝缘电压 U <sub>i</sub>	VAC	690
		IEC 标准	VAC	600
		额定冲击耐受电压 U <sub>imp</sub>	KV	10
5	抗振强度	矩形冲击(交流操作)	g/ms	4.7/10
		矩形冲击(直流操作)	g/ms	5/10
		正弦冲击(交流操作)	g/ms	7.3/10
		正弦冲击(直流操作)	g/ms	8/10
6	线圈功率消耗	吸合	VA/p.f.	37/0.8
		保持	VA/p.f.	5.7/0.25
		功率因数	p.f.	0.25

序号	参数名称	单位	标准参数值
7	机械寿命	次数	30 000000
8	电气寿命	次数	30 000000
9	预制接线端子的细多股线	mm <sup>2</sup>	2×(0.5 ... 1.5)
10	紧固扭矩	Nm	0.8 ... 1.2 (7 10.3 lb.in)
11	交流电流	A	250V 5A
12	直流电流	A	24V 5A

## 2、柜体要求

(1) 提供的控制柜需满足防尘、防滴水、防腐防潮、防结露、防昆虫、防震动等要求，能承受规定的高、低温度，带防雨罩，符合 IP66 标准。柜体要求外表面光滑整洁，没有焊接、铆钉或螺栓。柜体有足够的强度能经受住搬运、安装和运行期间产生的所有偶然应力，要求 304 不锈钢板厚度至少为 2.5mm，满足 IP66 防护等级。柜体内接线端子及导轨必须有 15%余量。所有金属结构件均应固定牢靠。

(2) 柜体设有通风装置，以保证运行时内部温度不超过设备允许温度的极限值，如柜内温度不超过允许值，可不设通风装置。

(3) 柜体内设有独立的直流地、机壳安全地、电缆屏蔽地接点端子。

(4) 控制柜内部应配置 220VAC 照明灯和标准插座，插座配有漏电保护器。

(5) 柜体必须采取必要的防静电及电磁辐射干扰的防护措施，柜体不带电的金属部分应在电气上连为一体，并可靠接地。

(6) 柜体下方设有接地铜排，并应有接地端子。控制柜端子箱中所有仪表及柜中各金属部件都应可靠接地，各接地线应通过接地铜排与柜体上接地端子用黄绿色导线（应用不锈钢制作接地标牌固定在附近）连接。

(7) 柜内裸露带电铜排、端子、设备均应做好绝缘防护，不应有直接碰触带电部位风险。

## 3、软件功能要求

(1) 主变压器冷却控制系统逻辑应结合《电力变压器运行规程》及国家电网公司十八项电网重大反事故等相关措施对逻辑进行优化，不因单个元件故障导致主变冷却系统全停，PLC 逻辑程序及人机界面应为汉化版，程序中每个模块、功能组件均应有中文描述，所有相关原理图、逻辑图、安装接口图均为汉化版。其通讯方式及信号不发生改变，使主变运行更安全可靠。

(2) 控制系统需提供逻辑运行及通讯等数据正常的汉化无密码程序，并且配置三防编程工具带正版编程软件。

(3) 内部继电器应采用市场主流固态继电器，采用电机保护线路，任意一台电机出现故障时，系统只切除故障电机，其余泵电机正常运行。

(4) PLC 可编程控制器应具备可扩展 I / O 模块功能。可编程控制器控制箱可以通过通讯接口

与显示终端和打印机等外设相连。及时将冷却器的运行情况反映到控制室，便于监视冷却器的运行情况，及时维护。可编程控制器控制柜可以实现多台 PLC 之间或多台 PLC 与一台计算机之间的通讯联网要求，从而组成多级分布式控制系统，满足现代智能化电厂、智能化变电站的要求。控制柜支持常用通讯协议的扩展，Modbus、Profibus、IEC61850 等。

(5) 冷却器的手动方式适用于调试或自动回路故障以及一些特殊要求的运行方式。将冷却器工作方式选择开关置手动方式，使用相应冷却器启停按钮启停一台或多台冷却器工作。冷却系统的电动阀门应非侵入式，AC380V，IP68 防护等级的阀门，能承受频繁动作的可靠性要求。冷却器的工作方式由 PLC 程序自动切换，方式选择开关置“自动”时，主变冷却器多种工作方式。

(6) 主变冷却水系统正常运行时，空载备用阀门控制方式置“自动”。空载运行一台主变冷却水流量低时，自动启动空载备用泵，开启空载备用阀门（如未自动开，应将其控制方式置“手动”，手动将阀门开启），向主变供水。

(7) 主变辅助设备电源运行方式

1) 交流电源 A（取自机组动力盘）和交流电源 B（取自机组动力盘）供电开关 QF1 和 QF2 均合上，当主用电源故障时，接触器 KM1 跳闸，接触器 KM2 自动合上，主变辅助电源切换至由备用供给。

2) 交流电源 A（B）需要停电时，可以手动将交流电源切换至交流电源 B（A）

(8) 关键信号应冗余配置。结合现场实际提出开关、刀闸、温度等信号的冗余配置方案，确保不因单一元件故障导致冷却系统全停，影响主变正常运行。

(9) PLC 可根据各输入开关量及模拟量进行冗余、容错的分析判断，自动存储冷却器、阀门等信息，在彩色液晶触控屏显示温度、运行方式、开关量状态等信息，并可将重要信息上送至监控系统，为运行监视提供实时数据。

(10) 卖方需在主变压器水冷却器供水侧加装反冲洗管路及常闭电动阀门及测量元器件等，相关电动阀门接入冷却器控制系统中，可定期自动进行主变冷却器反冲洗，降低主变冷却器堵塞风险，确保主变冷却器安全稳定运行。

## 6 试 验

### 6.1 总体要求

6.1.1 根据本部分、最新版的国家标准、行业标准和 IEC 有关标准及其补充说明进行变压器试验，试验应出具详细记载测试数据的正式试验报告，并有买方代表或第三方人员在场监试或见证，并提供变压器及其附件相应的型式试验报告和例行试验报告，同时执行下列要求。必要时开展抽检试验。在出厂试验、交接试验过程中，若出现设计绝缘缺陷的故障或试验异常，卖方应组织开展原因分析和故障调查。

6.1.2 绝缘试验和冷却器试验应全部采用合同实际供货的套管和冷却器进行试验。主要附件（套管、分接开关、冷却装置、导油管等）等出厂时均应按实际使用方式经过整体预装。

6.1.3 绕组返工处理干燥工作不能超过两次，否则所有绕组应重新绕制。



## 6.2 例行试验

### 6.2.1 绕组电阻测量

测量所有绕组的直流电阻，对于带分接的绕组，应测量每一分接位置的直流电阻。变压器绕组电阻不平衡率：相间应小于 2%，三相变压器线间应小于 1%。即

$$(R_{\max} - R_{\min}) / R_{\text{ave}} < 2\% \text{ (1\%)}$$

### 6.2.2 电压比测量和联结组标号检定

电压比测量和联结组标号检定应在所有绕组对间及所有分接位置进行电压比测量。变比的允许偏差在额定分接时为 $\pm 0.5\%$ ，各分接的相间差不应超过 0.2%或 1 匝的偏差，否则应予以试验验证说明。应检定变压器的联结组标号。

### 6.2.3 短路阻抗及负载损耗测量

a) 短路阻抗测量。应在各绕组对间，在主分接和最大、额定、最小分接位置测量。短路阻抗的允许偏差不能超过合同规定值，并在主分接位置进行低电流（例如 5A）下的短路阻抗测量。

b) 负载损耗测量应符合 DL/T 272 的要求。所用互感器的误差和试验接线的电阻损耗（包括线损和表损）应予以校正。

### 6.2.4 空载损耗和空载电流测量

在 10%~115%的额定电压下进行空载损耗和空载电流测量，并绘制出励磁曲线。空载损耗和空载电流值应按照 GB/T 1094.1 中的方法进行测量，并予以校正。提供 380V 电压下的空载电流和空载损耗。

### 6.2.5 长时间空载试验

在绝缘强度试验后，应对变压器施加 1.1 倍额定电压至少运行 12h，然后进行与初次测量条件相同下的 100%和 110%额定电压的空载损耗和空载电流测量。测量结果应与初次值基本相同。

### 6.2.6 绕组连同套管的绝缘电阻测量

每一绕组对地及其余绕组之间的绝缘电阻都要进行测量，测量时使用 5000V 绝缘电阻表。吸收比  $R_{60} / R_{15}$  不小于 1.3 或极化指数  $R_{600} / R_{60}$  不小于 1.5。当极化指数或吸收比达不到规定值时，而绝缘电阻绝对值比较高（例如  $> 10\,000\text{M}$ ），应根据绕组介质损耗因数等数据综合判断。

### 6.2.7 绕组连同套管的介质损耗因数（ $\tan \delta$ ）和电容量测量

应在油温  $10^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$  之间测量。试验报告中应有试验设备的详细说明，并有试验电压为 10kV 时的测量结果。每一绕组对地及绕组之间的  $\tan \delta$  不超过 0.5%（ $20^{\circ}\text{C}$ ），同时提供电容量实测值。

### 6.2.8 铁心和夹件绝缘电阻测量

用 2500V 的绝缘电阻表测量铁心和夹件绝缘电阻，其值不小于  $500\text{M}$ 。运输包装前，还应通过铁心和夹件接地端子检测铁心和夹件绝缘电阻。

### 6.2.9 线端交流耐压试验和操作波试验

变压器应进行线端交流耐压或操作波试验。同一工程中的不同变压器，可分别进行。

### 6.2.10 带有局部放电测量的感应电压试验（IVPD）

a) 局部放电量的测定方法和试验加压程序，按 GB/T 1094.3 的规定。

- b) 按照专用部分表 1 规定的电压进行，同时应进行局部放电测量。
- c) 测试报告中应有每 5min 记录一次的局部放电测量值，并记录起始和熄灭电压。
- d) 开启全部运行油泵情况下测量的局放量不应超过 100pc。

#### 6.2.11 雷电全波冲击试验

应按 GB/T 1094.3、GB/T 1094.4 的规定进行。

#### 6.2.12 操作冲击试验

应按 GB/T 1094.3、GB/T 1094.4 的规定进行。

#### 6.2.13 外施交流耐压试验

对低压绕组和中性点进行外施交流耐压试验，试验电压值应符合技术规范专用部分表 1 的规定，持续时间 1min。

#### 6.2.14 套管试验

套管试验应符合 GB/T 4109 及 GB/T 2376 规定，应提供套管型式试验和例行试验的试验报告。套管安装到变压器上后，还应用正接法测量 10kV 电压下套管的  $\tan \delta$  和电容量。套管的末屏端子应进行 1min、2kV 的工频耐受电压试验。高压套管出厂试验中局放试验时间 1h，同时加强套管运输、存储环节管控。

#### 6.2.15 套管式电流互感器试验

套管式电流互感器试验应为装在升高座内的成品试验。试验方法和要求按 GB/T 1208 进行。

- a) 电流比测量。
- b) 极性检查。
- c) 直流电阻测量：应测量电流互感器的每个绕组电阻，并换算到 75℃时的值。
- d) 绝缘试验：所有电流互感器应进行绕组间及其对地的绝缘电阻和 1min、2kV 工频耐受电压试验。
- e) 匝间耐压试验。
- f) 励磁特性曲线测量：每台电流互感器应测量励磁特性曲线，同一台变压器的多个同规格参数的套管式电流互感器绕组其励磁特性不应相差 5%以上（比较同一电压下的电流测量值）。
- g) 误差试验：电流互感器应逐个测量每个二次绕组的误差。

#### 6.2.16 变压器密封试验

密封性试验应将冷却器安装在变压器上进行，整台变压器应能承受储油柜的油面上施加 0.05MPa 静压力进行密封试验，持续时间 24h，应无渗漏和损伤。

#### 6.2.17 绝缘油试验

按 GB 2536 有关规定进行物理、化学、电气性能等试验，提供试验报告。

#### 6.2.18 绝缘油中溶解气体分析

按下列顺序取油样进行油中溶解气体分析：

- a) 试验开始前。

- b) 绝缘试验后。
- c) 长时间空载试验后。
- d) 温升试验或过电流试验开始前；温升试验或过电流试验中，每隔 4h 取样；温升试验或过电流试验完成后。
- e) 工厂试验全部完成后。产品合格证书中应包括油中溶解气体分析结果。

#### 6.2.19 其他部件的检查试验

压力释放装置的释放压力试验、气体继电器的整定值的校验、温度计的校准和二次回路的工频耐受电压试验等。

#### 6.2.20 过电流试验（做过温升试验的变压器可不进行）

在 1.1 倍额定电流下，持续运行 4h，试验前后取油样进行油中溶解气体分析，应无异常变化。

6.2.21 应采用频响法和低电压短路阻抗法对绕组进行变形测试，并留存原始记录。变压器绕组频响特性测量按 DL/T 911 和 DL/T 1093 的规定进行。

#### 6.2.22 无励磁分接开关试验

无励磁分接开关应做操作试验检查、接触电阻测量等。

6.2.23 对三相变压器进行小电流短路阻抗测试，应三相短路，按 JB/T 501 的规定进行单相测试，试验电流为 5A。

6.2.24 应进行三相变压器零序阻抗测量，试验按 JB/T 501 的规定进行。

6.2.25 应进行空载电流的谐波测量，试验按 JB/T 501 的规定进行。

6.2.26 被试变压器的套管和部件均应是实际供货的套管和部件。例行试验时应将供货的套管和其他组部件安装在变压器上进行试验；主要附件（套管、分接开关、冷却装置、导油管等）在出厂时均应按实际使用方式经过整体预装。

#### 6.2.27 冷却器的密封试验

- a) 冷却器油回路应施加不低于 0.5MPa 的压力进行密封试验，持续 10h，应无渗漏。
- b) 冷却器水回路应施加不低于 1.5 倍额定水压进行密封试验，持续 0.5h，应无渗漏。
- c) 冷却器应随同变压器本体一起进行密封试验。

6.2.28 卖方应用绝缘电阻和电容量测量，检查电屏蔽对地的连接状况，以及电屏蔽的绝缘状况。

### 6.3 型式试验

#### 6.3.1 温升试验

温升试验应满足以下要求：

a) 应根据 GB/T 1094.2 和 DL/T 272 规定进行温升试验。温升限值应满足技术规范专用部分表 1 规定。同型号、同批次变压器中任选一台做温升试验。

b) 温升试验前、后均应取油样进行油中溶解气体分析，油中可燃烧气体含量（总烃、CO）应无明显变化，且不应出现乙炔。

#### 6.3.2 雷电截波冲击试验

按 GB/T 1094.3 和 GB/T 1094.4 规定进行雷电截波冲击试验。

#### 6.3.3 中性点雷电全波冲击试验

按 GB/T 1094.3 和 GB/T 1094.4 规定进行中性点雷电全波冲击试验。

#### 6.3.4 声级测定

按 GB/T 1094.10 规定进行声级测量。

#### 6.3.5 油箱机械强度试验

应提供符合本规范规定的变压器油箱机械强度试验报告。该报告的被试油箱结构应与合同产品的油箱结构相同。

#### 6.3.6 与 GIS 连接面的油箱变形试验

在下述条件下，均应满足与 GIS 连接面的最大变形量小于 5mm。

- a) 有、无注满油的情况；
- b) 规定的 0.03MPa~0.05MPa 密封试验。

#### 6.3.7 油流静电试验

油流静电试验应符合 GB/T 6451 和 DL/T 272 的规定。试验时，应开动全部油泵，包括备用油泵。

#### 6.3.8 套管式电流互感器的暂态特性试验

在相同的 TPY 型铁心中选择 1 台有代表性的进行试验，提供暂态特性试验曲线。

#### 6.3.9 电晕和无线电干扰电压测量

测量出线端子上的无线电干扰电压，并观察在晴天的夜间有无可见电晕。

#### 6.3.10 空载电流谐波测量

其幅值表示为基波分量的百分数。

#### 6.3.11 电动阀和油泵电机所吸取功率测量

#### 6.3.12 变压器冷却油回路负压试验

### 6.4 特殊试验

#### 6.4.1 短路耐受能力

6.4.1.1 试验方法和判别标准应符合 GB/T 1094.5 和 DL/T 272 的规定。

6.4.1.2 短路耐受能力的设计验证应符合 DL/T 272 的规定。

6.4.1.3 短路耐受能力的理论评估应符合 GB/T 1094.5 和 DL/272 的规定。

6.4.1.4 用户可选择合同变压器的短路耐受能力试验验证。

#### 6.4.2 集气试验（轻瓦斯灵敏度试验）

6.4.3 直流偏磁承受能力试验应符合 DL/T1799 的规定。

### 6.5 现场交接试验

根据 GB 50150 进行变压器现场交接试验，并同时执行下列要求。

#### 6.5.1 测量绕组连同套管的直流电阻

变压器三相绕组电阻的不平衡率：相间 $<2\%$ ，线间 $<1\%$ 。在相同的温度下，其结果与出厂例行

试验所测值相比，偏差不应大于±2%。

#### 6.5.2 检查所有分接的电压比

电压比的允许偏差应与出厂例行试验值一致。

#### 6.5.3 检查变压器的联结组标号

应与设计要求、铭牌及标记相符。

#### 6.5.4 绕组连同套管的绝缘电阻测量、吸收比或极化指数的测量

应用 5000V 的绝缘电阻表测量。绕组绝缘电阻值一般不低于出厂例行试验值的 70%（测试条件相近），吸收比（ $R_{60}/R_{15}$ ）不小于 1.3 或极化指数（ $R_{600}/R_{60}$ ）不小于 1.5。当极化指数或吸收比达不到规定值时，而绝缘电阻绝对值比较高（例如  $>10000M$  ），应根据绕组介质损耗因数等数据综合判断。

#### 6.5.5 测量铁心和夹件对地绝缘电阻

用 2500V 的绝缘电阻表测量，绝缘电阻值不应小于 500M 。

#### 6.5.6 测量绕组连同套管的直流泄漏电流

按绕组额定电压等级施加直流试验电压，读取 1min 时的泄漏电流值。

#### 6.5.7 测量绕组连同套管的 $\tan$ 和电容量

实测  $\tan$  值一般不大于出厂例行试验值的 130%（测试条件相近）。电容量与出厂例行试验值相比不应有明显差异。

#### 6.5.8 声级测量

在额定电压、额定频率及技术规范专用部分相应要求的情况下测量。

#### 6.5.9 绝缘油试验

变压器油应符合 GB/T 7595 的规定和本部分的要求。

#### 6.5.10 低电压下的空载电流测量

在 380V 电压下测量空载电流，其实测值与出厂例行试验测量值不能有明显差异，必要时可在更高电压下测量空载电流和空载损耗。

#### 6.5.11 密封试验

变压器安装完后，在储油柜油面以上施加 0.03MPa 压力，至少持续 24h，不应有渗漏。

#### 6.5.12 套管试验

测量电容型套管的  $\tan$  及电容量、实测值应和出厂例行试验测量结果无明显差异；还应测量套管末屏对地绝缘电阻。

#### 6.5.13 套管型电流互感器试验

测量直流电阻、绝缘电阻、电流比，校验励磁特性和极性。

#### 6.5.14 绕组连同套管的局部放电测量

测量方法和试验程序应符合 GB/T 1094.3 的规定。局部放电水平应在标准规定的范围之内，并与出厂例行试验值比较。

#### 6.5.15 外施交流耐压试验

低压绕组和中性点连同套管分别进行外施交流耐压试验，试验电压为出厂例行试验短时工频耐受试验电压值的 80%。

#### 6.5.16 相位检查

检查变压器的相位应与电网相位一致。

#### 6.5.17 辅助装置的检查

根据产品使用说明书，对冷却装置、无励磁分接开关、温度计、气体继电器、油流继电器、压力释放装置、油位指示器等进行检查。

#### 6.5.18 变压器绕组（频响法和阻抗法）测量

#### 6.5.19 冲击合闸试验

在额定电压下在高压侧进行 5 次空载冲击合闸试验。该试验完成后，非电量保护不动作，变压器和 GIS 应无渗漏。

#### 6.5.20 冷却器的密封试验

a) 冷却器水回路应施加不低于 1.5 倍额定水压进行密封试验，持续 0.5h，应无渗漏。

b) 冷却器应随同变压器本体一起进行密封试验。

6.5.21 卖方应重视变压器在制造、储存、运输、安装全过程中绝缘含水量的控制，并避免长时间脱油存放，投运前油中含水量应 $\leq 10\text{ppm}$ ，运行中应 $\leq 15\text{ppm}$ 。

6.5.22 现场局放试验过程中开启循环油泵，启全部运行油泵情况下测量的局放量不应超过 100pc。

### 6.6 抽检试验

6.6.1 买方有权对所有供货变压器进行随机抽检试验。

6.6.2 抽检试验由买方代表或买方指定的具有国家级检测资质的第三方实施，抽检试验所需试验设备由抽检方自备，试验设备精度应满足要求且抽检试验方案科学严谨，以确保抽检试验的准确性；

6.6.3 抽检项目包括但不限于绝缘电阻、介质损耗、空载损耗、负载损耗（含短路阻抗）、局放、声级、温升、突发短路试验等。

6.6.4 抽检试验通过，则抽检试验相关费用（包括试验费、运费、设备费等）由买方承担；如抽检试验未通过，则抽检试验相关费用（包括试验费、运费、设备费等）由卖方承担，并具有采取进一步措施的权利。

6.6.5 具体抽检要求按照最新的国家及行业规范变压器抽检规范执行。

### 6.7 抗短路能力校核

6.7.1 买方有权委托第三方机构依照合同约定，在（初次）设备设计审查会议之前、期间或之后对本合同设备进行抗短路能力校核。卖方应配合买方委托的抗短路能力校核工作，按第三方机构的要求及时、无偿提供合同设备的相关设计参数、原材料使用情况等用于校核的必须资料，并承担由此发生的配合费用。买方应对卖方提供的相关资料予以保密。

6.7.2 买方委托第三方对合同设备进行抗短路能力校核，发现合同设备不符合合同要求，卖方未能

在买方限定的时间内通过整改使其符合合同要求的，买方有权要求更换、退货、向第三方采购可替代货物或解除合同。

6.7.3 如校核的合同设备设计参数与监造、抽检情况不符，买方有权将卖方的不诚信行为在招标采购平台中予以公布。卖方承诺已知悉买方向上述不诚信行为制定的供应商不良行为处理相关规定。

6.7.4 变压器抗短路能力校核的具体要求按照最新的国家及行业规范变压器抗短路能力校核与检测工作相关要求执行。

## **7 技术服务、设计联络、工厂检验和监造**

### **7.1 技术服务**

#### **7.1.1 技术服务要求如下：**

a) 卖方应指定一名工地代表，配合买方及安装承包商之间的工作。卖方应指派合格的有经验的安装监督人员和试验工程师，对合同设备的安装、调试和现场试验等进行技术指导。卖方指导人员应对所有安装工作的正确性负责，除非安装承包商的工作未按照卖方指导人员的意见执行，此时，卖方指导人员应立即以书面形式将此情况通知买方。

b) 卖方在设备安装前及时向买方提供技术服务计划，包括服务内容、日程、工作人员、天数等。买、卖双方据此共同确认一份详尽的安装工序和时间表，作为卖方指导安装的依据，并列出安装承包商应提供的人员和工具的类型及数量。

c) 买卖双方应根据工地施工的实际工作进展，通过协商决定卖方技术人员的专业、人员数量、在工地服务的持续时间以及到达和离开工地的日期。

#### **7.1.2 任务和责任要求如下：**

a) 卖方指定的工地代表，应在合同范围内全面与买方工地代表充分合作与协商，以解决合同有关的技术和工作问题。双方的工地代表未经双方授权无权变更和修改合同。

b) 卖方技术人员代表卖方完成合同规定有关设备的技术服务，指导、监督设备的安装、调试和验收试验。

c) 卖方技术人员应对买方人员详细地解释技术文件、图纸、运行和维护手册、设备特性、分析方法和有关的注意事项等，以及解答和解决买方在合同范围内提出的技术问题。

d) 卖方技术人员有义务协助买方在现场对运行和维护的人员进行必要的培训。

e) 卖方技术人员的技术指导应是正确的，如因错误指导而引起设备和材料的损坏，卖方应负责修复、更换和（或）补充，其费用由卖方承担。该费用中还包括进行修补期间所发生的服务费。买方的有关技术人员应尊重卖方技术人员的技术指导。

f) 卖方代表应尊重买方工地代表，充分理解买方对安装、调试工作提出的技术和质量方面的意见和建议，使设备的安装、调试达到双方都满意的质量。如因卖方原因造成安装或试验工作拖期，买方有权要求卖方的安装监督人员或试验工程师继续留在工地服务，且费用由卖方自理。如因买方原因造成安装或试验拖期，买方根据需要有权要求卖方的安装监督人员或试验工程师继续留在工地服务，并承担有关费用。

g) 卖方应将技术服务费用, 包括由工厂至现场的往返差旅费进行分项报价。提供现场服务的费用将包括在议(评)标价中, 并增列入合同。

h) 卖方应在工厂内组织一次对买方的培训, 对买方人员就技术文件、图纸、运行和维护手册、设备特性、分析方法和有关的注意事项等进行培训, 时间为 10 个工作日, 买方人员 20 人。

## 7.2 设计联络会

7.2.1 联络会议计划举行三次, 其中第一次和第二次联络会议在卖方举行, 第三次联络会议在买方举行。在设计联络会上买方有权对合同设备提出进一步改进意见, 卖方应高度重视这些意见并作出改进或说明。卖方应负责合同设备的设计和协调工作, 承担全部技术责任并做好与买方的设计联络工作, 由此发生的费用由卖方承担。

### 7.2.2 联络会主题

设计联络会的主题如下:

#### a) 第一次设计联络会议

合同生效后 60 天在卖方工厂举行。

1) 审查变压器设计方案(包括结构设计、电场强度计算、温升、短路耐受能力和油箱防爆能力分析计算等), 布置及安装图;

2) 复核变压器的主要性能和参数, 并进行确认;

3) 确定设计、制造、试验和安装进度;

4) 确定土建要求, 运输尺寸和重量, 以及工程设计的各种接口的技术资料要求;

5) 确定 GIS 管道和离相封闭母线与变压器的连接方式;

6) 讨论与电站厂房布置、控制保护和供水、供油管路设计布置有关的其它问题;

7) 讨论确定变压器厂内运输方案;

8) 确定主变压器设备监造计划及协调配合机制;

9) 其他需要协调的问题。

时间为 7 个工作日, 买方代表 10 人。买方人员去卖方参加设计联络会议的往返机票、住宿、交通和伙食费用均包括在总价中。

#### b) 第二次设计联络会议

合同生效后 180 天在卖方工厂举行

1) 审查并确定变压器的设计图、确定变压器在厂房中的最终布置。

2) 确定变压器与电站厂房土建细节、与离相封闭母线和 GIS 的连接。

3) 确定所供设备的设计和安装的详细细节。

4) 审查交货程序、质量保证、工厂检验及试验计划安排、现场试验计划内容及需要的仪器仪表、试验方法等。

5) 确定技术资料和相关图纸, 特别是各种接口布置尺寸, 审查交货计划和现场试验大纲等。

6) 其他需要协调的问题。



时间为 7 个工作日，买方代表 10 人。买方人员去卖方参加设计联络会议的往返机票、住宿、交通和伙食费用均包括在总价中。

c) 第三次设计联络会议

主变压器安装前 60 天在工地现场举行，主要讨论并确定变压器运输、安装、现场试验和试运行的详细细节。

时间约 7 个工作日，卖方派人参加。参加设计联络会议产生的往返机票、住宿、交通和伙食费用均包括在总价中。

7.2.3 除上述规定的联络会议外，若遇重要事宜需双方进行研究和讨论，经各方同意可另召开联络会议解决。

7.2.4 每次会议均应签署会议纪要，包括讨论的事项和结论，卖方应负责会议纪要的整理和汇总工作。该纪要作为合同的组成部分，与合同具有同等效力。

### 7.3 在卖方工厂的检验和监造

7.3.1 买方有权派遣其检验人员到卖方及其分包商的车间场所，对合同设备的加工制造进行检验和监造。买方将为此目的而派遣的代表身份以书面形式通知卖方。

7.3.2 如有合同设备经检验和试验不符合技术规范的要求，买方可拒收，卖方应更换被拒收的货物，或进行必要的改造使之符合技术规范的要求，买方不承担上述的费用。

7.3.3 买方对货物运到买方目的地以后有进行检验、试验和拒收（如果必要时）的权利，不得因该货物在原产地发运以前已经由买方或其代表进行过监造和检验并已通过作为理由而受到限制。买方人员参加工厂试验，包括会签任何试验结果，既不免除卖方按合同规定应负的责任，也不能代替合同设备到达目的地后买方对其进行的检验。

7.3.4 卖方应在开始进行工厂试验前 2 个月，通知买方其日程安排。根据这个日程安排，买方将确定对合同设备的哪些试验项目和阶段要进行见证，并将在接到卖方关于安装、试验和检验的日程安排通知后 30 天内通知卖方。然后买方将派出技术人员前往卖方和（或）其分包商生产现场，以观察和了解该合同设备工厂试验的情况及其运输包装的情况。若发现任一货物的质量不符合合同规定的标准，或包装不满足要求，买方代表有权发表意见，卖方应认真考虑其意见，并采取必要措施以确保持运合同设备的质量，见证检验程序由双方代表共同协商决定。

7.3.5 若买方不派代表参加上述试验，卖方应在接到买方关于不派员到卖方和（或）其分包商工厂的通知后，或买方未按时派遣人员参加的情况下，自行组织检验。

7.3.6 监造范围如下：

- a) 铁心的装配；
- b) 绕组的绕制；
- c) 绕组及引线的装配：绕组的绝缘结构、绝缘材料、整个绕组的松紧度、引线的走向及排列，变压器的最后组装制造过程中的试验；
- d) 油箱的制造过程、焊接的质量、油箱机械强度和密封试验、冷却器及其他附件的质量；

- e) 绝缘的干燥处理和真空注油;
- f) 在厂内的最后总装配、试验及试验后的检查等;
- g) 对重要的外协、外购件的质量和数量的检查,必要时买方人员有权到部件和配件分包厂进行监督和检验;
- h) 合同设备的包装质量的检查;
- i) 套管、分接开关装配和调试,开关结构、操作、检验和维修等。
- j) 变压器本体相关组部件的检验、试验。

#### 7.3.7 卖方应向监造者提供下列资料:

- a) 重要的原材料的物理、化学特性和型号及必要的工厂检验报告;
- b) 重要外协部件和配件的验收试验报告,以及重要部件和配件的全部出厂例行试验报告;
- c) 设备出厂试验报告、半成品试验报告;
- d) 型式试验报告;
- e) 产品改进和完善的技术报告;
- f) 与分包方的技术协议和分包合同副本;
- g) 合同设备的铁心组装图、引线布置图、装配图及其他技术文件;
- h) 设备的生产进度表;
- i) 设备制造过程中出现的质量问题的备忘录。

7.3.8 监造者有权到生产合同设备的车间和部门了解生产信息,并提出监造中发现的问题(如有)。

7.3.9 监造者将不签署任何质量证明文件,买方人员参加工厂检验既不能解除卖方按合同应承担的责任,也不替代到货后买方的检验。

7.3.10 卖方应严格把控变压器原材料质量,加强电磁线、屏线、绝缘件等原材料质量管控,针对线圈绕制、铁心叠装、器身装配以及试验见证等关键工艺,加强制造过程的缺陷管理,允许监造人员在制造现场拍摄影像、图片,配合监造做好关键质量点的图像见证。

## 8 一次、二次及土建接口

### 8.1 电气一次接口

#### 8.1.1 套管布置

变压器高压套管应垂直安装在变压器顶部或侧面,应便于与 GIS 相连。低压套管应便于与离相封闭母线相连,优先采用垂直式。中性点套管应布置在低压套管侧。

详见专用技术规范附图。

#### 8.1.2 引接线形式

详见专用技术规范附图。

#### 8.1.3 接 地

变压器的铁心、夹件的接地引下线应与油箱绝缘,分别从装在油箱上的套管引至油箱下部与油箱连接接地,接地处应有明显接地符号“⚡”或“接地”字样。当变压器中性点直接接地时,应采

用两根接地引下线引至接地网的不同方向，并且每根接地引下线均应符合热稳定校核的要求。

#### 8.1.4 外观颜色

- a) 瓷套管颜色采用棕色。
- b) 变压器本体、储油柜、冷却装置及连管等的外表面颜色设联会确定。
- c) 变压器消防装置外表面颜色采用红色。

#### 8.1.5 与 GIS 承包商的接口与协调

变压器高压套管与 GIS 管道母线连接协调，GIS 合同承包商为负责方，接口位置在变压器高压套管法兰和接线端子上。变压器高压套管法兰与 GIS 外壳法兰相连，变压器高压套管接线端子与 GIS 管道母线导体连接，与套管接线端子连接方式由 GIS 承包商确定，其接口和供货按 GB 22382 划分变压器卖方应与 GIS 合同承包商协调内容如下，但不限于此：

a) 变压器高压套管法兰与 GIS 外壳法兰的连接方式，包括变压器高压套管法兰与 GIS 外壳法兰的密封和绝缘设置、法兰的钻孔位置、数量和尺寸。

b) 变压器高压套管连接端子与 GIS 管道母线导体的连接方式，连接方式应便于拆卸，以便变压器和 GIS 的现场试验。

c) 对 GIS 开关及隔离开关分合操作引起的快速暂态过电压（VFTO）、机组日平均起停 10 个循环（开一停为一循环）、GIS 带长电缆情况进行变压器的过电压分析，以确保其对变压器没有危害。变压器卖方应根据买方提供的变压器套管入口处的电压峰值和频率等资料进行过电压分析和 GIS 带长电缆的谐振分析并提交报告给买方。

#### 8.1.6 与离相封闭母线（IPB）承包商的接口与协调

变压器低压套管与 IPB 联接协调，IPB 承包商为负责方。接口位置在变压器低压套管上，变压器低压套管法兰与 IPB 外壳法兰相连，变压器低压套管接线端子与 IPB 导体连接，其连接方式由 IPB 承包商确定。

变压器卖方应与 IPB 承包商协调内容如下，但不限于此：

a) 变压器低压套管法兰与 IPB 外壳法兰的连接方式，应形成与 IPB 直接对接的端部结构，包括变压器低压套管或对接的端部结构与 IPB 外壳法兰之间的密封和绝缘设置、法兰的钻孔位置、数量和尺寸。

b) 变压器低压套管接线端子或对接的端部结构中导体与 IPB 中导体的连接方式应便于拆卸，它们之间的连接应采用软连接以便现场调整安装误差，并在拆卸后有足够的间距在现场进行主变的各种绝缘试验。

#### 8.1.7 与电站供排水系统的接口与协调

变压器冷却系统（空载供水系统和满载供水系统）与买方的供货界面为冷却器集成装置供排水管路对外连接的第一对法兰，该对法兰及法兰间密封件、连接螺栓、螺母等由卖方提供。接口布置暂定在变压器室上游侧，具体接口位置和管路、法兰尺寸由卖方负责与买方进行协调，并在第一次设计联络会上协调确定。变压器所需的用水量具体数据在第一次设计联络会上确定。

### 8.1.8 电缆及电缆管供货界面和接口

卖方设备之间的电缆（包括通信光缆、控制电缆和动力电缆）及其电缆终端等附件由卖方提供。卖方设备与买方设备之间的电缆（包括通信光缆、控制电缆和动力电缆）及其电缆终端等附件由买方提供，卖方应提供卖方所供设备侧的接线端子、备用端子以及通信接口设备（包括光电转换器、电接口转换器、光缆终端盒及附件等）。卖方设备布置位置均应经买方批准。卖方提供所供电缆敷设所需的金属管或线槽。

### 8.1.9 与电站厂用电设备的接口

电站供给变压器交直流电源的接口在变压器控制柜上。变压器卖方在控制柜上提供两回交流电源的自动切换装置以及电源的接线端子和备用端子。直流电源端子应能够接入  $10\text{mm}^2$  的直流电缆。

## 8.2 电气二次接口

### 8.2.1 变压器的本体保护

变压器的本体保护用于跳闸和报警，变压器应有下列本体跳闸和报警保护，其中主油箱压力释放装置不少于 3 套。本体保护见下表。

# 变压器本体保护内容

表 4

序号	保护名称	触点内容	电源（V，DC）	触点容量	触点数量	备注
1	主油箱气体继电器	轻瓦斯报警 重瓦斯跳闸	220	在直流 220V 感性负荷时，开断容量不小于 50W，额定连续电流不小于 5A/220VDC。	重瓦斯跳闸 2对； 轻瓦斯报警 2 对	
2	主油箱速动油压继电器	报警或跳闸	220	在直流 220V 感性负荷时，开断容量不小于 50W，额定连续电流不小于 5A/220VDC。	报警 1 对； 跳闸 1 对	
3	油位计	报警	220	在直流 220V 感性负荷时，开断容量不小于 50W，额定连续电流不小于 5A/220VDC。	高油位报警 1 对；低油位报警 1 对	
4	主油箱压力释放装置	跳闸	220	在直流 220V 感性负荷时，开断容量不小于 50W，额定连续电流不小于 5A/220VDC。	跳闸各 2 对	≥3 套
5	油面温度计	报警或跳闸	220	在直流 220V 感性负荷时，开断容量不小于 50W，额定连续电流不小于 5A/220VDC。	跳闸 2 对； 报警 2 对	2 套， 输出 4~20mA
6	绕组温度控制器	报警或跳闸	220	在直流 220V 感性负荷时，开断容量不小于 50W，额定连续电流不小于 5A/220VDC。	跳闸 2 对； 报警 2 对	输出 4~20mA
7	冷却器故障	报警	220	在直流 220V 感性负荷时，开断容量不小于 50W，额定连续电流不小于 5A/220VDC。	报警 2 对	
8	油流继电器信号	报警	220	在直流 220V 感性负荷时，开断容量不小于 50W，额定连续电流不小于 5A/220VDC。	报警 2 对	
9	冷却器交流电源故障	报警	220	在直流 220V 感性负荷时，开断容量不小于 50W，额定连续电流不小于 5A/220VDC。	报警 2 对	
10	水流监测装置	报警	220	在直流 220V 感性负荷时，开断容量不小于 50W，额定连续电流不小于 5A/220VDC。	报警 2 对	
11	漏水监测装置	报警	220	在直流 220V 感性负荷时，开断容量不小于 50W，额定连续电流不小于 5A/220VDC。	报警 2 对	

## 变压器本体保护内容

续表 4

序号	保护名称	触点内容	电源 (V, DC)	触点容量	触点数量	备注
12	每台变压器的各个冷却器投入工作	信号	220	在直流 220V 感性负荷时, 开断容量不小于 50W, 额定连续电流不小于 5A/220VDC。	各 1	
13	各阀门打开时状态信号	信号	220	在直流 220V 感性负荷时, 开断容量不小于 50W, 额定连续电流不小于 5A/220VDC。	各 1	
14	各阀门闭合时状态信号	信号	220	在直流 220V 感性负荷时, 开断容量不小于 50W, 额定连续电流不小于 5A/220VDC。	各 1	
15	冷却器全停	报警或跳闸	220	在直流 220V 感性负荷时, 开断容量不小于 50W, 额定连续电流不小于 5A/220VDC。	跳闸 2 对; 报警 2 对	

### 8.2.2 与电站计算机监控系统、继电保护系统的接口与协调

变压器与电站计算机监控系统、继电保护系统的接口在变压器控制柜或端子箱内。卖方应在变压器控制柜或端子箱内提供与电站计算机监控系统、继电保护系统连接的接线端子和备用端子, 继电保护系统用信号和变压器的重要控制和状态信号应以无源接点的方式进行连接。卖方应满足电站计算机监控系统对通信协议(至少支持 MODBUS RTU、MODBUS TCP/IP 等协议, 并由买方最终确定使用何种协议)和通信接口的要求。卖方应负责与电站计算机监控系统承包商、继电保护系统承包商协商, 确定接口方案, 落实通信信息交换具体内容和格式, 并应经买方审查。

每台主变旁设置一面主变监测屏(状态监控集成厂商提供), 负责主变状态监测信号的采集, 分析, 并将信号上传至主变现地单元监测屏(状态监控集成厂商提供)。主变现地单元监测屏负责厂内 4 台主变在线监测系统的信号汇集, 分析和存储, 并与全厂 500kV 在线监测系统服务器通信(状态监控集成厂商提供, 位于 II 区)。500kV 在线监测系统服务器再将一次设备状态信息发送给电站监控系统。

### 8.2.3 与变压器在线监测系统的接口与协调

变压器应与在线监测系统协调配合, 预留在在线监测设备与变压器之间的接口, 保证在线监测系统设备的安装和接入要求, 并应经买方审查。

卖方在变压器本体上预留与变压器油中溶解气体在线监测装置接口: 2 个 ND50 的球阀(带密封槽与密封圈), 在控制柜一侧, 分别位于距顶 1/3 处和距底 1/3 处。

卖方变压器本体上预留与变压器局放在线监测装置接口: 4 个 DN100 球阀(带密封槽与密封圈)或 4 个升高座接口法兰(由局放在线监测厂家提供尺寸图纸), 分别位于变压器高压侧与低压侧, 成对角线布置。

卖方在变压器本体上为上述接口预留不锈钢电缆槽盒至变压器端子箱预埋管位置。

主变状态监测信号由在线监测集成厂商负责在主变监测屏中（不在本标中采购）集成，将主变内部监测（包括变压器油箱油温、光纤温控系统等）信号和外部监测信号汇集后，统一引至 500kV 在线监测系统服务器（不在本标中采购）。主变监测屏的集成不在本标范围内。

卖方应负责与在线监测系统承包商的协调、对密封的配合及责任、提供需在主变本体范围内敷设的相关电缆的不锈钢电缆槽盒或电缆管路及固定支架等。

## 9 包装和运输

### 9.1 包 装

9.1.1 供方应根据国家标准和需方的实际运输条件，将变压器本体和所有零部件采用适合于铁路、公路或水路长途运输的包装箱进行包装好，并将全套安装使用说明书、产品合格证明书、产品外形尺寸图、运输尺寸图、产品拆卸件一览表、装箱单、铭牌图或铭牌标志图以及备品备件一览表等应包装好，防止受潮。

9.1.2 变压器拆除的组件应单独包装，并在拆除一览表内填写拆除组件名称和件数，以作为现场验收的依据。变压器本体在拆卸处应用临时盖板（钢板）密封，并在变压器油箱上标上“运输重心”“起吊点”等字样。

9.1.3 电容型套管应包装在一个木箱内，并用垫有毛毡或橡胶等防振材料的半环形木板，用螺栓将套管法兰固定在箱内木支架上。包装箱上应标上“向上”“防振”和“小心搬运”等字样。

9.1.4 储油柜应单独包装，并且所有安装孔应密封。包装箱上应标上“向上”“起吊点”“小心搬运”等字样。

9.1.5 套管型电流互感器连同其升高座应用临时盖板（钢板）密封包装，并在包装上应标上“向上”“小心搬运”等字样。

9.1.6 气体继电器、吸潮器、温度计、油位计、压力释放阀等用防振材料包装，并应标上“向上”“易碎”等字样。

9.1.7 变压器的大件和重件需在运输文件中附上尺寸图和重量，并提供起吊图纸和说明，包装箱上应有起吊标志。

9.1.8 所需的备品备件及专用工具与仪器仪表应装在箱内，在箱上注明“专用工具”“仪器仪表”，以与本体相区别；并标明“防尘”“防潮”“防止损坏”“易碎”“向上”“勿倒立”等字样，同主设备一并发运。

9.1.9 包装箱应连续编号，不能有重号。包装箱面上供方应按下述内容写上不褪色的醒目标签：

- a) 合同号；
- b) 目的地名称；
- c) 收货人及代号；
- d) 设备名称和项目号；
- e) 箱号；

f) 毛重与净重;

g) 外形尺寸;

h) 在设备的包装箱外面应标上“重心”“起吊点”“小心搬运”“正面向上”“防止受潮”“勿倒”“勿倾斜”“防火”等字样。

9.1.10 从厂方发货至需方收到期间,设备应完好无损。凡因包装不良所造成一切损失应由厂方自负。

## 9.2 运 输

9.2.1 变压器在运输中应按照相应规范安装至少 2 台具有时标且有合适量程的三维冲撞记录仪。变压器就位后,制造厂、运输部门、监理单位、用户四方人员应共同验收,记录纸和押运记录应提供给用户留存。变压器的结构应在经过正常的铁路、公路及水路运输后内部结构相互位置不变、紧固件不松动。变压器的组件、部件(如套管、阀门和储油柜等)的结构及布置位置应不妨碍吊装、运输及运输中紧固定位。

9.2.2 变压器通常为充气运输,应充以干燥的气体,并明确标志所充气体种类。运输前应进行密封试验,以确保在充以 20kPa~30kPa 压力的气体时密封良好。充气运输的变压器应密切监视气体压力,当压力低于 0.01MPa 时要补干燥气体。变压器主体在运输中及到达现场后,油箱内的气体压力应保持正压,并有压力表进行监视。现场充气保存时间不应超过 3 个月,否则应注油保存,并装上储油柜。

9.2.3 运输时应保护变压器的所有组件、部件(如储油柜、套管、阀门等)不破坏和不受潮。

9.2.4 成套拆卸的组件和零件(如气体继电器、套管、温度计及紧固件等)的包装应保证经过运输、储存直至安装前不损伤和不受潮。

9.2.5 成套拆卸的大组件(如储油柜等)运输时可不装箱,但应保证不受损伤,在整个运输与储存过程中不得进水和受潮。

9.2.6 在设备启运时,供方应以最快捷的方式通知需方以下内容:

a) 设备名称;

b) 件数、件号、重量;

c) 合同号;

d) 货运单号;

e) 到达地点;

f) 设备发出日期。

g) 响应时应提供的材料

### 9.2.7 运输及就位

为便于装卸和移动,变压器应有以下设施:

a) 变压器的底座应固定在混凝土上,在混凝土和底座之间不应有会变形的缓冲垫。

b) 在变压器适当位置应装有顶起垫和拉环,以便用卖方提供的液压千斤顶顶起变压器,以及用滚轮、卷扬机、水平千斤顶移动变压器。



c) 卖方应将变压器用运输车直接运输至主变室门口后卸车，并搬运至主变室内，在设备基础上就位。卖方应提交运输、卸车和精确就位的详细方案。卸车搬运的专用工具由卖方提供。

在主变运输前卖方应提前现场实地考察买方地下厂房及主变洞的实际布置及尺寸，如主变运输车不能直接到达主变室门口，卖方应采用主变转运小车的方式进行转运，主变转运小车应是自带驱动装置的专业运输车。如转运过程需要使用买方主厂房已安装的 250T 桥机，卖方应充分考虑桥机的使用费，并提供相应吊具。卖方在投标报价中应充分考虑以上费用，买方不再额外支付。

d) 变压器出厂验收后至买方指定地点卸车就位，期间所发生的所有费用（包括运输途中的保险费用）包含在合同总价中。

浙江省庆元抽水蓄能电站  
500kV 主变压器及其附属设备购置

# 技术文件

(技术规范专用部分)

# 目 录

1	范 围.....	1
2	规范性引用文件.....	1
3	标准技术参数.....	1
4	组件材料.....	7
5	必需的备品备件和专用工具.....	12
6	使用环境.....	14
7	对外交通、大件运输条件.....	14
8	交货时间表.....	16
9	附图.....	16
10	投标人响应部分.....	16

## 1 范 围

本部分规定了 500kV 三相双绕组油浸水冷式电力变压器采购标准的总则、技术参数和性能要求、试验、包装、运输、交货及工厂检验和监造的一般要求。

本部分适用于 500kV 三相双绕组油浸水冷式电力变压器采购标准。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

第 1 部分：通用技术规范

## 3 标准技术参数

技术参数特性表是对采购设备的基础技术参数要求，在询比采购过程中，投标人应依据采购文件，对技术参数特性表中标准参数值进行响应。500kV/360MVA 三相双绕组油浸水冷式电力变压器技术参数特性见表 1。

技术参数特性表

表 1

序号	名称	项 目	标准参数值
1	额定值	变压器型式或型号	SSP□-360000/500
		a.额定电压（kV）	高压绕组 530（接入系统要求）
			低压绕组 18（暂定，可能在 14~20 之间调整）
		b.额定频率（Hz）	50
		c.额定容量（MVA）	高压绕组 360
			低压绕组 360
		d.相数	三相
		e.调压方式	无励磁调压
		f.调压位置	高压侧中性点端
		g.调压范围	$\pm 2 \times 2.5\%$
		h.中性点接地方式	直接接地
		i.额定容量下低压侧电压运行范围（kV）	$18 \pm 7.5\%$

技术参数特性表

续表 1

序号	名称	项 目		标准参数值	
		j.主分接的短路阻抗和允许偏差（全容量下）		短路阻抗（%）	允许偏差（%）
		高压—低压		18（暂定）	+ 5~0
		k.冷却方式		ODWF 或 OFWF	
		l.联结组标号		YNd11	
2	绝缘水平	a.雷电全波冲击电压 (kV, 峰值)	高压端子	1675	
			低压端子	125	
			中性点端子	325	
		b.雷电截波冲击电压 (kV, 峰值)	高压端子	1800	
			低压端子	140	
		c.操作冲击电压(kV,峰值)	高压端子（对地）	1300	
		d.外施耐压或线端交流耐压 (kV, 方均根值)	高压端子	750	
			低压端子	55	
			中性点端子	140	
3	温升限值 (K)	顶层油		55	
		绕组（平均）		65	
		绕组（热点）		75	
		油箱、铁心及金属结构件表面		75	
4	极限分接下短路阻抗和允许偏差 (全容量下)	a.最大分接		短路阻抗（%）	允许偏差（%）
		高压—低压		（投标人提供）	+ 5~0
		b.最小分接		短路阻抗（%）	允许偏差（%）
		高压—低压		（投标人提供）	+ 5~0
5	绕组电阻 ( $\Omega$ , 75℃)	a.高压绕组		（投标人提供）	
		b.低压绕组		（投标人提供）	
6	电流密度 (A/mm <sup>2</sup> )	a.高压绕组		（投标人提供）	
		b.低压绕组		（投标人提供）	
		c.调压绕组		（投标人提供）	
7	匝间最大工作场强 (kV/mm)	设计值		（投标人提供）	

技术参数特性表

续表 1

序号	名称	项 目		标准参数值
8	铁心参数	铁心柱磁通密度（额定电压、额定频率时，T）		（投标人提供）
		硅钢片厚度（mm）		（投标人提供）
		硅钢片比损耗（W/kg）		（投标人提供）
		铁心计算总质量（t）		（投标人提供）
9	空载损耗（kW）	额定频率额定电压时空载损耗		$\leq 108$
		额定频率 1.1 倍额定电压时空载损耗		（投标人提供）
10	空载电流（%）	100%额定电压时		$\leq 0.15$
		110%额定电压时		（投标人提供）
11	负载损耗（额定容量、75℃、不含辅机损耗，kW）	高压—低压	主分接	$\leq 793$
			其中杂散损耗	（投标人提供）
			最大分接	（投标人提供）
			其中杂散损耗	（投标人提供）
			最小分接	（投标人提供）
			其中杂散损耗	（投标人提供）
12	效率	在额定电压、额定频率、主分接的效率，换算到 75℃，功率因数=1 时（当空载损耗或负载损耗未提出要求时，需列出该要求值）		（投标人提供）
13	声级水平 dB（A） （声压级）	冷却器设备退出运行（0.3m）		$\leq 70$
		冷却器设备投入运行（2m）		$\leq 70$
14	可承受的 2s 出口对称短路电流值（kA）	高压绕组		（投标人提供）
		低压绕组		（投标人提供）
		短路后绕组平均温度计算值（℃）		（投标人提供）
15	变压器负载能力	强油冷却的变压器，满载运行时，全部冷却装置停止运行后允许运行时间（min）		30
16	在 $1.58U_r/\sqrt{3}$ kV 下局部放电水平（pC）	高压绕组		$\leq 100$
		低压绕组		$\leq 100$
17	绕组连同套管的 $\tan\delta$ （%）	高压绕组		$< 0.5$
		低压绕组		$< 0.5$

技术参数特性表

续表 1

序号	名称	项 目		标准参数值
18	无线电干扰水平	在 $1.1U_m/\sqrt{3}$ kV 下无线电干扰水平 ( $\mu V$ )		$<500$
19	直流偏磁	变压器直流偏磁耐受能力		$\geq 18A$
20	油流速度	绕组中最高油流速度 (m/s)		$<0.5$
21	质量和尺寸 (如有限值 采购人需填 写)	安装尺寸 (长×宽×高, m×m×m)		$\leq 10.1 \times 5.2 \times 7.3m$ (暂定)
		运输尺寸 (长×宽×高, m×m×m)		(投标人提供)
		重心高度 (m)		(投标人提供)
		安装质量 (t)	器身质量	(投标人提供)
			上节油箱质量	(投标人提供)
			油质量	(投标人提供)
			总质量	(投标人提供)
		运输质量 (t)		(投标人提供)
22	水冷却器	变压器运输时允许的最大倾斜度 ( $^{\circ}$ )		15
		冷却器型式		(投标人提供)
		每组冷却器冷却容量 (kW)		(投标人提供)
		冷却器数量		(投标人提供)
		冷却器质量 (t)		(投标人提供)
		冷却器油泵数量		(投标人提供)
		总的油泵功率 (kW)		(投标人提供)
		油泵额定流量 ( $m^3/h$ )		(投标人提供)
		油泵额定出口压力 (MPa)		(投标人提供)
		油泵转速 (r/min)		$\leq 1500$
		水冷却器本体水力损失 (mH <sub>2</sub> O)		(投标人提供)
		主变空载冷却水量 ( $m^3/h$ )		(投标人提供)
		主变满载冷却水量 ( $m^3/h$ )		(投标人提供)
		水冷却器最大进口压力 (MPa)		2.5
		水冷却器进口水质 PH 值		6.79~8.41
		水冷却器年平均进水口水温 ( $^{\circ}C$ ) (热老化系数取 1)		20
		水冷却器年最高进水口水温 ( $^{\circ}C$ )		30

技术参数特性表

续表 1

序号	名称	项 目		标准参数值		
23	套管	型号规格	高压套管	(投标人提供)		
			低压套管	(投标人提供)		
			中性点套管	(投标人提供)		
		额定电流 (A)	高压套管	$\geq 1.2$ 倍高压绕组线端额定电流		
			低压套管	$\geq 1.2$ 倍低压绕组线端额定电流		
			中性点套管	$\geq$ 相应高压绕组线端额定电流		
		绝缘水平 (LI/SI/AC, kV)	高压套管	1800/1300/870		
			低压套管	125/-/58		
			中性点套管	325/-/155		
		在 $1.5U_m/\sqrt{3}$ kV 下局部 放电水平 (pC)	高压套管	$<5$		
			低压套管	$<10$		
			中性点套管	$<5$		
		套管 $\tan\delta$ (%) 及套管电容量 (pF)		$\tan\delta$	电容量	
		高压套管		$\leq 0.5$ (20℃)	投标人提供	
		低压套管		—	—	
		中性点套管		$\leq 0.5$ (20℃)	投标人提供	
		套管的弯曲耐受负荷 (kN)		水平纵向	水平横向	垂直
		高压套管		3	1.5	0.7
		低压套管		3	1.5	0.7
		中性点套管		2	1	0.5
		套管的爬距 (等于有效爬距乘以直 径系数 $K_d$ , mm)	高压套管	—		
			低压套管	$\geq K_d \times \lambda \times U_m/\sqrt{3}$		
			中性点套管	$\geq K_d \times \lambda \times U_m/\sqrt{3}$		
		套管的电弧距离 (应乘以海拔修正系数 $K_H$ , mm)	高压套管	—		
			低压套管	$\geq 300 \times K_H$		
			中性点套管	$\geq 650 \times K_H$		



技术参数特性表

续表 1

序号	名称	项 目		标准参数值	
		实际爬距/电弧距离	高压套管	—	
			低压套管	$\leq 4$	
			中性点套管	$\leq 4$	
		套管平均直径 (mm)	高压套管	—	
			低压套管	(投标人提供)	
			中性点套管	(投标人提供)	
24	套管式电流互感器	装设在高压侧 (绕组测温、过流启动冷却器用)	绕组数	(投标人提供)	
			准确级	(投标人提供)	
			电流比	(投标人提供)	
			二次容量 (VA)	(投标人提供)	
			$F_s$ 或 $ALF$	(投标人提供)	
		装设在中性点侧	绕组数	2	
			准确级	5P30/5P30	
			电流比	250/1	
			二次容量 (VA)	20/20	
			$F_s$ 或 $ALF$	20/20	
25	分接开关	型号		(投标人提供)	
		额定电流 (A)		$\geq 1.2$ 倍高压绕组额定电流	
		级电压 (kV)		(投标人提供)	
		机械寿命 (万次)		$\geq 2$	
		绝缘水平 (kV)		(投标人提供)	
26	压力释放装置	型号		(投标人提供)	
		台数		$\geq 3$	
		释放压力 (MPa)		0.07	
27	工频电压升高倍数和持续时间	工频电压升高倍数 (相一地)		空载持续时间	满载持续时间
		1.05 (高压侧) 1.075 (低压侧)		连续	连续
		1.1		连续	20min

序号	名称	项 目		标准参数值	
		1.3		1min	—
序号	名称	项 目		标准参数值	
28	绝缘油	提供的新油 (包括所需的备用油)	过滤后应达到油的 击穿电压 (kV)	$\geq 70$	
			$\tan\delta$ (90℃, %)	$\leq 0.2$	
			100mL 中大于 $5\mu\text{m}$ 的油中 颗粒不多于 (个)	2000	
			含水量 (mg/L)	$\leq 10$	
			含气量 (% , V/V)	$\leq 1$	

#### 4 组件材料

组件材料配置表

表 2

序号	名 称	规格型式	项目单位要求			
			单位	数量	制造商	原产地
1	单台本体及组部件	—	—	—		
1.1	高压套管	550 kV 油/SF6 胶浸纸干 式套管	支/台	3		
1.2	低压套管	24kV 油/空气瓷套管	支/台	3		
1.3	高压中性点套管	72.5kV 油/空气干式套管	支/台	1		
1.4	高压侧套管式电流互感 器	—	绕组 数/台	2		
1.5	低压侧套管式电流互感 器	—	绕组 数/台	—		
1.6	高压中性点套管式电流 互感器	250/1A, 5P30, 20VA	绕组 数/台	2		
1.7	储油柜(带油位信号)	不锈钢长方盒型内胆, 内 油金属波纹式	套/台	1		

组件材料配置表

续表 2

序号	名 称	规格型式	项目单位要求			
			单位	数量	制造商	原产地
1.7.1	金属波纹式	—	—	—		
a	金属膨胀器	内油金属波纹式。外罩选用 304 不锈钢材料，波纹膨胀体、波纹软管等均选用 316L 不锈钢。使用寿命：≥ 40 年。	套/台	1		
b	油位显示器	投标人填写	套/台	1		
c	呼吸器（如有）	投标人填写	套/台	1		
1.8	气体继电器	电压 AC5V-250V/DC5V-250V,电流 AC0.01A-6A/DC0.01A-6A, $\cos\phi>0.5$ 、 $L/R<40ms$ , 振动: 2-200Hz, 1g, 急剧振动: 10g, 11ms, 耐压力强度 0.25Mpa,耐真空强度 $<2.5kPa$ 。	套/台	1		
1.9	压力释放装置	采用防海蚀材料百叶窗保护盖，信号标杆采用电镀铝整定行程反应时间小于 2ms，弹簧涂 KTL 防腐层，微动开关设置在内部。	套/台	3		
1.10	速动油压继电器	投标人提供	套/台	1		
1.11	油面温度计（每类型）	使用环境温度-10℃-50℃，温度计毛细管内径不大于 0.1mm 外径不大于 1.0mm。	套/台	2		
1.12	绕组测温装置	—	—	—		
1.12.1	绕组温度计	表计附近温度-25℃~65℃，温度计毛细管内径不大于 0.1mm 外径不大于 1.0mm。	套/台	1		
1.12.2	荧光光纤温控系统	含荧光光纤温控仪、荧光光纤温度传感器、贯通器和贯通板、转接光缆（外部光纤）、温控仪保护箱和贯通板防护罩等	套/台	1		
1.13	铁心接地引下线及套管	10kV	套/台	1		
1.14	夹件接地引下线及套管	10kV	套/台	1		

组件材料配置表

续表 2

序号	名 称	规格型式	项目单位要求			
			单位	数量	制造商	原产地
1.15	密封件	投标人提供	套/台	1		
1.16	主变本体用附件	—	—	—		
1.16.1	各类油阀	铸铜	套/台	1		
1.16.2	各部分油管路	碳钢（外表面需设防腐涂层）	套/台	1		
1.17	铭牌、标识牌和警示牌	投标人提供	套/台	1		
1.18	预留在线监测接口	投标人提供	套/台	1		
1.19	无励磁分接开关及其操 动机构	投标人提供	套/台	1		
1.20	冷却系统	—	—	—		
1.20.1	冷却器（带油循环泵、 基础框架等）	双重铜管型油-水热交换器、 敞开式	套/台	1		
1.20.2	控制柜	不锈钢	套/台	1		
1.20.3	供排水管路和管路附件	不锈钢 06Cr19Ni10	套/台	1		
1.20.4	供排油管路和管路附件	碳钢（外表面需设防腐涂层）	套/台	1		
1.20.5	水系统手、电动阀	不锈钢 06Cr19Ni10	套/台	1		
1.20.6	油系统手、电动阀	铸铜	套/台	1		
1.20.7	压力计、流量计、渗漏 监测等自动化元件	—	套/台	1		
1.20.8	联接波纹管	—	套/台	1		
1.21	变压器端子箱	不锈钢	套/台	1		
1.22	密封垫	投标人提供	套/台	1		
1.23	变压器油	克拉玛依，最低冷态投运温 度（LCSET）-20℃变压器油	量/台	100%		
1.24	中性点接地引线及支撑 绝缘子	投标人提供	套/台	1		
1.25	用于上述组部件与控制 柜和端子接线箱的全部 应有的连接电缆、光缆 通信接口及附件	投标人提供	套/台	1		

序号	名 称	规格型式	项目单位要求			
			单位	数量	制造商	原产地
1.26	主变中性点围栏	—	套/台	1		

组件材料配置表

续表 2

序号	名 称	规格型式	项目单位要求			
			单位	数量	制造商	原产地
1.27	事故排油系统	投标人提供	套/台	1		
1.27.1	手动球阀	铸铜	套/台	2		
1.27.2	油管路	碳钢（外表面需设防腐涂层）	套/台	1		
1.28	电缆槽盒	不锈钢	套/台	1		
1.29	其他未列入的组部件	投标人提供	套/台	1		
2.	主要材料					
2.1	硅钢片	厚度 $\geq 0.23\text{mm}$	吨/台	投标人提供		
2.2	换位导线	—	吨/台	投标人提供		
2.3	扁铜线	—	吨/台	投标人提供		
2.4	绝缘纸板	投标人提供	吨/台	投标人提供		
	绝缘成型件	投标人提供	套/台	投标人提供		
2.5	钢材	满足-10℃使用环境	吨/台	投标人提供		
2.6	各部分联管(不锈钢)	满足-10℃使用环境	吨/台	投标人提供		

备注：

- (1) 高压套管要求采用 Micafil、日立、HSP 或同档次品牌产品；
- (2) 气体继电器要求采用德国 EMB、意大利 COMEN、美国 Qualitrol 或同档次品牌产品；
- (3) 压力释放装置要求采用美国 Qualitrol、意大利 COMEM、德国 MESSK 或同档次品牌产品；
- (4) 速动油压继电器要求采用德国 EMB、美国 Qualitrol、意大利 COMEM 或同档次品牌产品；
- (5) 油面温度计、绕组温度计要求采用德国 MESSKO、意大利 COMEN、瑞典 AKM 或同档次品牌产品；
- (6) 无励磁分接开关及其操动机构等要求采用德国 MR、ABB、日立或同档次品牌产品；
- (7) 变压器油要求采用国内优质品牌；
- (8) 硅钢片要求采用宝武、新日铁、太钢或同档次品牌产品；
- (9) 低压套管要求采用江苏智达、沈阳传奇、南京电气或同档次品牌产品；
- (10) 高压中性点套管要求采用日立能源，沈阳传奇，西安西电或同档次品牌产品。
- (11) 储油柜要求采用沈阳海为、沈阳天工、沈阳大型或同档次品牌产品；
- (12) 水冷却器要求采用芜湖凯络文，保定新胜，湖北尤尼飞或同档次品牌产品；
- (13) 冷却器控制柜要求采用陕西金源，河北杰泰，天威恒通或同档次品牌产品，柜内元器件采用 ABB、施耐德、西门子或同档次品牌产品；
- (14) 荧光光纤测温系统要求采用浙江日新、和其光电、上海思瑞或同档次品牌产品；
- (15) 可编程控制器 PLC 要求采用施耐德、西门子、AB、国电南瑞或同档次品牌产品；
- (16) 若选用推荐外品牌应提供与推荐品牌同档次的相关资材，并经买方同意。

## 5 必需的备品备件和专用工具

必需的备品备件和专用工具配置表

表 3

序号	名 称	规格型式	项目单位要求			
			单位	数量	制造商	原厂地
1	必需的备品备件					
1.1	高压套管（油/SF6 套管）及附件	与本体配置相同	相	1	与本体配置相同	
1.2	低压套管（油/空气套管）及附件	与本体配置相同	相	1	与本体配置相同	
1.3	中性点套管及附件	与本体配置相同	套	1	与本体配置相同	

必需的备品备件和专用工具配置表

续表 3

序号	名 称	规格型式	项目单位要求			
			单位	数量	制造商	原厂地
1.4	铁心接地用小套管	与本体配置相同	只	2	与本体配置相同	
1.5	气体继电器	与本体配置相同	只	2	与本体配置相同	
1.6	压力释放装置	与本体配置相同	只	1	与本体配置相同	
1.7	速动油压继电器	与本体配置相同	只	1	与本体配置相同	
1.8	水冷却器	与本体配置相同	组	1	与本体配置相同	
1.9	油泵	与本体配置相同， 响应时提供详细规格型号。	台	1	与本体配置相同	
1.10	本体及冷却系统各类阀门 (电动阀包含操作机构)	与本体配置相同， 响应时提供详细规格型号。	个	N/10+1	与本体配置相同	
1.11	本体绕组温度、油温、油位监测装置	与本体配置相同	套	2	与本体配置相同	
1.12	冷却系统水流、油流指示器及水流、油流压力变送器,油温及水温监测装置	与本体配置相同	套	2	与本体配置相同	
1.13	冷却系统触摸屏	与本体配置相同	台	2	与本体配置相同	
1.14	各类 I/O 模块、CPU 模块、电源模块、通信模块等	与本体配置相同	块	2	与本体配置相同	
1.15	冷却系统继电器、接触器、指示灯、按钮、切换开关等	与本体配置相同	只	N/10+1，且不少于 2	与本体配置相同	
1.16	变压器油	与本体配置相同		1 台油量的 10%	与本体配置相同	
2	必需的专用工具					
2.1	液压千斤顶（足够顶起整台变压器）	100T	套	1（1 台主变所需要的数量，加 2 个备用）		
2.2	变压器维护、维修用特殊工具，含冷却系统的专用					



序号	名 称	规格型式	项目单位要求			
			单位	数量	制造商	原厂地
	工具（带工具箱）					

注 1：公式  $N/10+1$  中 N 为电站所提供同一型号的非备品备件设备的数量总和。

注 2：上述备品备件和专用工具数量为项目总需求数量，非单台主变需求数量。

注 3：卖方需提供不小于  $15\text{m}^3$  的干净空油罐，满足现场设备滤油用，所有变压器滤油结束后，储油罐归还卖方。

注 4：高压套管的备件要求由卖方储存（期限 5 年），在接到买方供货通知后一周内供货。

## 6 使用环境

电力变压器使用环境条件见表 4。特殊环境要求根据项目情况进行编制。

使用环境条件表

表 4

序号	名 称		单位	项目需求值
1	使用环境温度		℃	-5~+40
2	最高相对湿度平均值		%	≤95
3	海 拔		m	≤1000
4	污秽等级（地下洞室内）		—	d
5	耐受地震能力	水平方向地震动峰值加速度	g	0.3
		垂直方向地震动峰值加速度	g	0.15
6	安装场所		—	电站地下厂房
7	高压电缆参数	截 面	$\text{mm}^2$	800
		单根长度	m	≈676
		单回电缆连接主变数量	台	2

## 7 对外交通、大件运输条件

### 7.1 电站对外交通

#### （1）公路

庆元抽水蓄能电站位于浙江省丽水市庆元县境内，上水库坝址位于岭头乡鱼树坑村附近，下水库坝址位于五大堡乡黄坪村附近，上、下水库之间有公路直接相连，上、下水库坝址均有乡村道路连接，现状路面型式为混凝土道路，路宽约 3.5m。乡村公路通过蒙杨段县道、S329 省道可到达庆元县，庆元县东部约 21km 处设有高速出入口，经长深高速、温丽高速可到达丽水市、温州市。目前高速通行状况良好，均可正常通行，无正在修建路段。项目区至庆元县、丽水市、衢州市、温州市的公路里程分别为 12km、125km、282km、303km。长深高速、温丽高速均为双车道，

中间设有隔离带，路面型式为沥青混凝土，单向路宽约 7.0m（应急车道未计）；S329 省道为双车道，中间无隔离带，路面型式为沥青混凝土，单向路宽约 7.0m；蒙杨段县道为单车道，路面型式为沥青混凝土，单向路宽约 3.5m；乡村道路为单车道，路面型式为混凝土，整体路宽约 3.5m。施工期可完全利用高速、省道等高等级道路，县道、乡村道路需进行改扩建后使用。

## （2）铁路

工程区附近的火车站有庆元站、丽水站、温州站。其中庆元站为客运站，为三等站，距离工程区公路里程约 30km；丽水站为客、货运站，为二等站，距离工程区公路里程约 206km；温州站为客、货运站，为二等站，距离工程区公路里程约 304km。本阶段推荐丽水站作为电站外来物资及重大件铁路中转站，外来物资及设备器材可由铁路运至丽水火车站，然后转公路运至工程区，也可直接采用公路运输至工程区。

## （3）海运

工程区附近的码头有青田县青山码头、温州市龙湾港码头。经现场调查，青山码头可通行船舶吨位较低，码头装卸货物能力较差，仅能运输重量较低，尺寸较小的货物。故本阶段推荐温州龙湾港码头作为本工程的大件设备卸船装车中转码头。经现场调查，龙湾港码头货场较为宽敞，滩岸吊装设备齐全。货物上岸后可通过公路运输至工程区，港口距工程区的公路里程约 325km。

## （4）空运

距工程区最近的机场为温州龙湾国际机场，位于浙江省温州市龙湾区，濒临东海，距温州市中心公路里程约 22km，距工程区公路里程约 350km。温州龙湾机场具备客运、货运综合运输功能，为国家一类航空口岸、二类民用机场，2013 年改造更新完毕，总占地面积约 13 万 m<sup>2</sup>，2019 年货物吞吐量约 8.11 万 t，运输能力及规模满足工程要求。物资到达龙湾机场后，再通过公路运输至工程区。

## 7.2 大件运输条件

（1）本工程推荐如下运输方式：对于一般重大件，推荐方案为铁路与公路联合运输方式，其中公路部分运输路线为：丽水站→G25 长深高速→庆元大道→S329 省道→Y408 乡道（濠杨县）→五黄线→电站工程区，公路总里程为 206km。另由于 S329 省道、Y408 乡道、五黄线既有桥梁限载总重、单轴载重受限，应采用特-420 级特种荷载对沿线桥梁进行验算，经加固、改建后，能满足重大件运输要求。对本工程超重件、超宽件的大件设备可采用水运的方式，运至温州龙湾港码头，再转公路运输至工程区。其公路运输路线为：温州市龙湾港码头→机场大道→G15 沈海高速（温州东收费站）→G1513 温丽高速→富岭枢纽→G25 长深高速→G25 长深高速（庆元收费站）→庆元大道→S329 省道→濠杨线→五黄线→电站工程区。

（2）上述运输条件及路线仅供参考，卖方根据所运设备的运输尺寸及运输重量，勘察运输路线和现场，自行确定运输线路和运输方式，并组织实施运输方案。

（3）卖方应提供大件运输方案，提交买方审查。

7.3 电站进厂交通

进厂交通洞洞口位于下水库拦河坝下游左岸约 40m 处环库路边，洞线全长 1835m，从厂房左端墙进入地下厂房。洞口高程为 683.5m，地下厂房侧高程为 572.5m，洞身断面采用城门洞型，净断面尺寸为 8.0m×8.0m。

8 交货时间表

交货时间表

表 5

序号	交货批次	交货内容	交货时间
1	第一批	1#、2#主变及相应附件	2028 年 3 月 30 日
2	第二批	3#、4#主变及相应附件	2028 年 6 月 30 日

注：交货批次及交货内容根据项目情况调整。

9 附图

- 附图 1 电气主接线图
- 附图 2 主变洞横剖面布置图
- 附图 3 主变洞平面布置图
- 附图 4 进厂交通洞布置图
- 附图 5 IPB 与主变压器连接图
- 附图 6 变压器与 GIS 连接图
- 附件 7 主变冷却附图

10 投标人响应部分

10.1 投标人需提供的设备图纸及资料

- a) 提供抽水蓄能电站运行业绩，产品历史问题和整改措施。
- b) 提供高压套管与 GIS 连接的成功运行业绩、型式试验报告。
- c) 提供本项目产品过负载能力计算报告。计算报告应提供根据本项目的冷却水进水口温度，起始负荷 100%，1.1、1.3、1.5 倍过负载，热点温度不超过 140℃时的可持续运行时间计算结果。
- d) 主变压器铁心、绕组和箱体的结构，包括绕组的排列位置和型式；
- e) 投标人应提供提高抗短路能力的措施和计算报告，并提供同类产品的突发短路型式试验报告；计算报告应有相关理论和模型试验的技术支持。
- f) 提供设备有关抗地震措施的论述；
- g) 降低杂散损耗，防止局部过热的技术措施；
- h) 预防渗漏的技术措施；

- i) 绕组引线 with 套管连接结构的说明；
- j) 储油柜的油气隔离系统说明，其气体继电器应动作跳闸。
- k) 提供水冷却器制造和运行经验的有关文件资料。
- l) 其他需要提供的资料和说明。

## 10.2 投标人推荐的备品备件和专用工具

投标人推荐的备品备件和专用工具表

表 6

序号	名 称	型号和规格	单 位	数 量
1				
2				
3				
4				
5				

## 10.3 投标人技术偏差

投标人提供的产品技术规范应与本技术规范中的要求一致，若有差异（无论为正偏差或负偏差），投标人应在表 7 投标人技术偏差表中如实填写，若未填写则视为无技术偏差，完全满足本技术条款的要求；

投标人技术偏差表

表 7

序 号	招标文件要求		投标人技术差异	
	条 目	内 容	条 目	内 容
1				
2				
3				
4				
5				

## 外购件推荐品牌响应表

说明：如技术规范书中的品牌要求与本表不一致，则以本表为准。推荐品牌排名不分先后。

序号	项目名称	推荐品牌	投标人是否响应 (填写是/否)
1	高压套管	Micafire、日立、HSP或同档次品牌产品	
2	气体继电器	德国EMB、意大利COMEN、美国Qualitrol或同档次品牌产品	
3	压力释放装置	美国Qualitrol、意大利COMEM、德国MESSK或同档次品牌产品	
4	速动油压继电器	德国EMB、美国Qualitrol、意大利COMEM或同档次品牌产品	
5	油面温度计、绕组温度计	德国MESSKO、意大利COMEN、瑞典AKM或同档次品牌产品	
6	无励磁分接开关及其操动机构等	采用德国MR、ABB、日立或同档次品牌产品	
7	变压器油	国内优质品牌	
8	硅钢片	宝武、新日铁、太钢或同档次品牌产品	
9	低压套管	江苏智达、沈阳传奇、南京电气或同档次品牌产品	
10	压中性点套管	日立能源、沈阳传奇、西安西电或同档次品牌产品	
11	储油柜	沈阳海为、沈阳天工、沈阳大型或同档次品牌产品	
12	水冷却器	芜湖凯络文，保定新胜，湖北尤尼飞或同档次品牌产品	
13	冷却器控制柜	陕西金源、河北杰泰、天威恒通或同档次品牌产品，柜内元器件采用ABB、施耐德、西门子或同档次品牌产品	
14	荧光光纤测温系统	浙江日新、和其光电、上海思瑞或同档次品牌产品	
15	可编程控制器PLC	施耐德、西门子、AB、国电南瑞或同档次品牌产品	

投标人（盖章）：

日期：

报价表组成如下:

表1	报价汇总表
表2	设备分项报价表
表3	必备的备品备件分项价格表
表4	必备的专用工具分项价格表
表5	安装调试督导及牵头方费用报价表
表6	性能验收试验费分项价格表
表7	买方参加设计联络会、目睹验证试验、工厂培训、工厂检验和验收等费用
表8	现场分部试验所需专用装置及仪器仪表分项价格表
表9	卖方推荐的备品备件分项价格表
表10	卖方推荐的专用工器具分项价格表

注：表8至表10不计入投标总价。

## 表1 报价汇总表

项目名称：浙江省庆元抽水蓄能电站500kV主变压器及其附属设备购置

货币：人民币（元）

序号	项目名称	报价（元）	税率	备 注
一	设备费			
1	设备本体		13%	对应表2
2	必备的备品备件		13%	对应表3
3	必备的专用工具		13%	对应表4
二	技术服务费			
1	安装、调试督导费		6%	对应表5
2	性能验收试验费		6%	对应表6
3	买方参加设计联络会、目睹验证试验、工厂培训、工厂检验和验收等费用		6%	对应表7
4	500kV主变压器三维模型		6%	
5	500kV主变压器资料移交与数据接入		6%	
三	投标总价			

- 注：1. 请严格按采购范围及报价格式进行报价。  
 2. 若响应文件未提出报价差异，则视为响应总价包含所有采购范围的报价。  
 3. 设备、备品备件、专用工具的增值税已包含在各自的报价中，运输费和运输保险费的增值税的报价已包含在其报价中  
 4. 响应人自行确定报价的协调、配合费用已包括到设备价格中。

投标人（盖章）：

日期：

表2 设备分项报价表

项目名称：浙江省庆元抽水蓄能电站500kV主变压器及其附属设备购置

货币：人民币（元）

序号	项目名称	规格型式	原产地	生产厂家	发运地	单位	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	备注
							数量	出厂价 单价	运输及保费 单价	DDP(现场) 单 价	合价	
										(2) + (3)	(1) * (4)	
1	500kV主变压器											单台本体及 组部件
1.1	高压套管	550 kV 油/SF6胶浸纸干式套管				支/台	3					
1.2	低压套管	24kV油/空气瓷套管				支/台	3					
1.3	高压中性点套管	72.5kV油/空气干式套管				支/台	1					
1.4	高压侧套管式电流互感器	—				绕组数/台	2					
1.5	低压侧套管式电流互感器	—				绕组数/台	—					
1.6	高压中性点套管式电流互感器	250/1A, 5P30, 20VA				绕组数/台	2					
1.7	储油柜(带油位信号)	不锈钢长方盒型内胆, 内油金属 波纹式				套/台	1					
1.7.1	金属波纹式	—				—	—					
a	金属膨胀器	内油金属波纹式。外罩选用304不 锈钢材料, 波纹膨胀体、波纹软 管的等均选用316L不锈钢。使用 寿命: <40年。				套/台	1					
b	油位显示器	响应人填写				套/台	1					
c	呼吸器 (如有)	响应人填写				套/台	1					
1.8	气体继电器	电压AC5V-250V/DC5V-250V,电 流AC0.01A-6A/ DC0.01A-6A, COSΦ>0.5、L/R<40ms, 振动: 2- 200Hz, 1g, 急剧振动: 10g, 11ms, 耐压力强度0.25Mpa,耐真 空强度<2.5kPa。				套/台	1					
1.9	压力释放装置	采用防海蚀材料百叶窗保护盖, 信号标杆采用电镀铝整定行程反 应时间小于2ms, 弹簧涂KTL防腐 层, 微动开关设置在内部。				套/台	3					
1.10	速动油压继电器	响应人提供				套/台	1					

投标人（盖章）：

日期：



表2 设备分项报价表

项目名称：浙江省庆元抽水蓄能电站500kV主变压器及其附属设备购置

货币：人民币（元）

序号	项目名称	规格型式	原产地	生产厂家	发运地	单位	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	备注
							数量	出厂价 单价	运输及保费 单价	DDP(现场) 单 价	合价	
										(2) + (3)	(1) * (4)	
1.11	油面温度计（每类型）	使用环境温度-10℃-50℃，温度计毛细管内径不大于0.1mm外径不大于1.0mm。				套/台	2					
1.12	绕组测温装置	—				—	—					
1.12.1	绕组温度计	表计附近温度-25℃～65℃，温度计毛细管内径不大于0.1mm外径不大于1.0mm。				套/台	1					
1.12.2	荧光光纤温控系统	含荧光光纤温控仪、荧光光纤温度传感器、贯通器和贯通板、转接光缆（外部光纤）、温控仪保护箱和贯通板防护罩等				套/台	1					
1.13	铁心接地引下线及套管	10kV				套/台	1					
1.14	夹件接地引下线及套管	10kV				套/台	1					
1.15	密封件	响应人提供				套/台	1					
1.16	主变本体用附件	—				—	—					
1.16.1	各类油阀	铸铜				套/台	1					
1.16.2	各部分油管路	碳钢（外表面需设防腐涂层）				套/台	1					
1.17	铭牌、标识牌和警示牌	响应人提供				套/台	1					
1.18	预留在线监测接口	响应人提供				套/台	1					
1.19	无励磁分接开关及其操动机构	响应人提供				套/台	1					
1.20	冷却系统	—				—	—					
1.20.1	冷却器（带油循环泵、基础框架等）	双重铜管型油-水热交换器、敞开式				套/台	1					
1.20.2	控制柜	不锈钢，2.5mm，IP66				套/台	1					
1.20.3	供排水管路和管路附件	不锈钢06Cr19Ni10				套/台	1					
1.20.4	供排油管路和管路附件	碳钢（外表面需设防腐涂层）				套/台	1					

投标人（盖章）：

日期：

表2 设备分项报价表

项目名称：浙江省庆元抽水蓄能电站500kV主变压器及其附属设备购置

货币：人民币（元）

序号	项目名称	规格型式	原产地	生产厂家	发运地	单位	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	备注
							数量	出厂价 单价	运输及保费 单价	DDP(现场) 单 价	合价	
										(2) + (3)	(1) * (4)	
1.20.5	水系统手、电动阀	不锈钢06Cr19Ni10				套/台	1					
1.20.6	油系统手、电动阀	铸铜				套/台	1					
1.20.7	压力计、流量计、渗漏监测等自动化元件	—				套/台	1					
1.20.8	联接波纹管	—				套/台	1					
1.21	变压器端子箱	不锈钢，2.5mm，IP66				套/台	1					
1.22	密封垫	响应人提供				套/台	1					
1.23	变压器油	最低冷态投运温度（LCSET）-20℃变压器油				量/台	100%					
1.24	中性点接地引线及支撑绝缘子	响应人提供				套/台	1					
1.25	用于上述组部件与控制柜和端子接线箱的全部应有的连接电缆、光缆通信接口及附件	响应人提供				套/台	1					
1.26	主变中性点围栏	不锈钢										
1.27	事故排油系统	响应人提供				套/台	1					
1.27.1	手动球阀	铸铜				套/台	2					
1.27.2	油管路	碳钢（外表面需设防腐涂层）				套/台	1					
1.28	电缆槽盒	不锈钢				套/台	1					
1.29	其他未列入的组部件	响应人提供				套/台	1					
2	500kV主变压器主要材料											
2.1	硅钢片	厚度≥0.23mm				吨/台	响应人提供	/	/	/	/	
2.2	换位导线	—				吨/台	响应人提供	/	/	/	/	
2.3	扁铜线	—				吨/台	响应人提供	/	/	/	/	

投标人（盖章）：

日期：

表2 设备分项报价表

项目名称：浙江省庆元抽水蓄能电站500kV主变压器及其附属设备购置

货币：人民币（元）

序号	项目名称	规格型式	原产地	生产厂家	发运地	单位	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	备注
							数量	出厂价 单价	运输及保费 单价	DDP(现场) 单 价	合价	
										(2) + (3)	(1) * (4)	
2.4	绝缘纸板	响应人提供				吨/台	响应人提供	/	/	/	/	
	绝缘成型件	响应人提供				套/台	响应人提供	/	/	/	/	
2.5	钢材	满足-10℃使用环境				吨/台	响应人提供	/	/	/	/	
2.6	各部分联管(不锈钢)	满足-10℃使用环境				吨/台	响应人提供	/	/	/	/	
	小计（单台套）											
	合计（四台套）											

投标人（盖章）：

日期：

### 表3 必备的备品备件分项价格表

项目名称：浙江省庆元抽水蓄能电站500kV主变压器及其附属设备购置

货币：人民币（元）

序号	项目名称	规格型式	原产地	生产厂家	发运地	单位	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	备注
							数量	出厂价 单价	运输及保费 单价	DDP(现场) 单价	合价	
										(2) + (3)	(1) * (4)	
1	500kV主变压器必需的备品备件					/	/					
1.1	高压套管（油/SF6套管）及附件	与本体配置相同				相	1					
1.2	低压套管（油/空气套管）及附件	与本体配置相同				相	1					
1.3	中性点套管及附件	与本体配置相同				套	1					
1.4	铁心接地用小套管	与本体配置相同				只	2					
1.5	气体继电器	与本体配置相同				只	2					
1.6	压力释放装置	与本体配置相同				只	1					
1.7	速动油压继电器	与本体配置相同				只	1					
1.8	水冷却器	与本体配置相同				只	1					
1.9	油泵	与本体配置相同，响应时提供详细规格型号。				台	1					
1.10	本体及冷却系统各类阀门（电动阀包含操作机构）	与本体配置相同，响应时提供详细规格型号。				个	N/10+1					
1.11	本体绕组温度、油温、油位监测装置	与本体配置相同				套	2					
1.12	冷却系统水流、油流指示器及水流、油流压力变送器，油温及水温监测装置	与本体配置相同				套	2					
1.13	冷却系统触摸屏	与本体配置相同				台	2					
1.14	各类I/O模块、CPU模块、电源模块、通信模块等	与本体配置相同				块	2					
1.15	冷却系统继电器、接触器、指示灯、按钮、切换开关等	与本体配置相同				只	N/10+1，且不少于2					

投标人（盖章）：

日期：

表3 必备的备品备件分项价格表

项目名称：浙江省庆元抽水蓄能电站500kV主变压器及其附属设备购置

货币：人民币（元）

序号	项目名称	规格型式	原产地	生产厂家	发运地	单位	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	备注
							数量	出厂价 单价	运输及保费 单价	DDP(现场) 单价	合价	
										(2) + (3)	(1) * (4)	
1.16	变压器油	与本体配置相同					1台油量的 10%					另外需提供 不小于15m3 的干净空油 罐，满足现 场设备滤油 用，所有变 压器滤油结 束后，储油 罐归还卖方
	小计											

备注： 1. 报价应采用规定的币种。  
2. 本表须按技术规范规定详细开列。  
3. 若为进口备品备件，出厂价指备品备件在港口或机场清关完毕后的价格。  
4. 公式 $N/10+1$ 中N为电站所提供同一型号的非备品备件设备的数量总和。  
5. 高压套管的备件要求由卖方储存（期限5年），在接到买方供货通知后一周内供货。

投标人（盖章）：

日期：

表4 必备的专用工具分项价格表

项目名称： 浙江省庆元抽水蓄能电站500kV主变压器及其附属设备购置

货币：人民币（元）

序号	项目名称	原产地	生产厂家	发运地	单位	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	备注
						数量	出厂价 单价	运输及保费 单价	DDP(现场) 单价	合价	
									(2) + (3)	(1) * (4)	
1	500kV主变压器必需的专用工具				/	/					
1.1	100T 液压千斤顶（足够顶起整台变压器）				套	1（1台主变所需要的数量，加2个备用）					
1.2	变压器维护、维修用特殊工具，含冷却系统的专用工具（带工具箱）				套	1					
	小计										

备注： 1. 报价应采用规定的币种。  
2. 本表须按技术规范规定详细开列。  
3. 若为进口专用工具，出厂价指专用工具在港口或机场清关完毕后的价格。  
4. 卖方提供的专用工具中的测量仪器装置，应单独报价并要求投标时提供产品说明书及相关资料供买方选择及采购。

投标人（盖章）：

日期：

表5 安装调试督导费用报价表

项目名称： 浙江省庆元抽水蓄能电站500kV主变压器及其附属设备购置 货币：人民币（元）

序号	项目名称	人日数	单价（每人日）	合价（人日数*单价）
1	500kV主变压器	30		

备注：1. 相应人日数为估算数，作为报价参考，不作为结算依据。督导人员交通费含在单价中。  
2. 如因卖方责任导致的督导服务人天数增加，由此增加的费用由卖方承担；如因买方责任导致督导服务人天数增加，所有项目累计增加的督导费用不超过报价总费用20%以内的该项总价不做调整，超过该项总价20%部分费用由买方承担。执行过程中督导服务费的单价不变。  
3. 本项包含现场安装督导、调试、试运行、设备验收。

表6 性能验收试验分项报价表

项目名称：浙江省庆元抽水蓄能电站500kV主变压器及其附属设备购置

货币：人民币（元）

序号	试验项目	价格	备注
1			
	合计		

备注：本表由卖方按技术规范要求详细开列。



表7 买方参加设计联络会、目睹验证试验、工厂培训、工厂检验和验收等费用

项目名称：浙江省庆元抽水蓄能电站500kV主变压器及其附属设备购置

货币：人民币（元）

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
序号	项 目	规定的买方 人数	规定的每人 天数	单价（每人日）	小计	双程机票 数量	双程机票 单价	总价
					(3) × (4) × (5)			(6) + (7) × (8)
1	设计联络会议							
1.1	500kV主变压器第一次设计联络会 （响应方所在地）	10人	7					
1.2	500kV主变压器第二次设计联络会 （响应方所在地）	10人	7					
1.3	500kV主变压器第三次设计联络会 （工地现场）	10人	7					
	小计							
2	卖方工厂验收试验							
2.1	500kV主变压器第一次出厂验收 （响应方所在地）	10人	10					
2.2	500kV主变压器第二次出厂验收 （响应方所在地）	10人	10					
3	工厂培训	20人	10					
	小 计							
	总计							

备注：表中费用包括买方人员往返交通、食宿、当地交通的费用。

投标人（盖章）：

日期：

表8 现场分部试验所需专用装置及仪器仪表分项价格表

项目名称：浙江省庆元抽水蓄能电站500kV主变压器及其附属设备购置

货币：人民币（元）

项目号	名 称	型号	原产地	生产厂家	单位	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	租赁价格	备注
						数量	出厂价	运输及保费 单价	DDP(现场) 单价	合价		
							单价		(2) + (3)	(1) * (4)		
1												
	小计											

备注：  
1. 本表由卖方按技术规范要求详细开列。  
2. 此表所列不计入应答总价，供买方在合同执行中选择租赁或购买。

投标人（盖章）：

日期：

表9 卖方推荐的备品备件分项价格表

项目名称：浙江省庆元抽水蓄能电站500kV主变压器及其附属设备购置

货币：人民币（元）

项目号	名    称	价格(RMB)	备注
1			分项填写报价
	总计		

备注： 1. 必须包括分包商提供的设备价格表（如果有）。

2. 单价含运费和运输保险费。此表所列不计入应答总价，供买方在合同签订时选择购买。在合同签订后，如果根据所供货设备的最终设计，卖方推荐的备品备件数量有所增加，因系卖方责任，则这些增加提供的数量不另收费。同样，如果为供货设备的安装或维修尚需补充其它的备品备件，则这些也将免费提供。

投标人（盖章）：

日期:

