



团 体 标 准

T/CAPEC 43—2024

电力工业 110(66)kV 及以上油浸式交流电力变压器 及电抗器制造监理技术要求

Electric power industry—Technical requirements of manufacturing supervision
service for 110(66)kV and above transformer and reactor

2024-06-28 发布

2024-10-01 实施

中国设备监理协会 发 布
中国标准出版社 出 版

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本要求 1

 4.1 通用要求 1

 4.2 监理服务的策划 1

 4.3 监理服务的提供 1

 4.4 监理服务的控制 2

5 制造过程的监理要求 2

 5.1 生产前准备和检查 2

 5.2 原材料及组部件 2

 5.3 制造过程 2

 5.4 出厂试验 4

 5.5 试验后器身检查 4

 5.6 包装发运及储存 4

附录 A（资料性） 油浸式交流电力变压器及电抗器制造监理控制点及控制方式 5

参考文献 21

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国设备监理协会提出并归口。

本文件起草单位：国网经济技术研究院有限公司、国家电网有限公司物资管理部、国网物资有限公司、北京网联直流工程技术有限公司、国网北京市电力公司、国网河南省电力公司、国网安徽省电力有限公司、电能(北京)工程监理有限公司。

本文件主要起草人：董弘川、熊汉武、武炬臻、蒋悦、张涛、储海东、曹燕明、武兰民、牛艳召、李岩、贺康航、景胜、唐龙江、曾思成、熊奕鸣、宋春杰、樊纪超、高彦龙、谷禹、杨勇、魏争、单瑞卿、贾璐璐、王楠、金兆伟、田汇冬、王顺、刘宝立、代方舟、杨麒。

中国标准出版社

电力工业

110(66)kV 及以上油浸式交流电力变压器 及电抗器制造监理技术要求

1 范围

本文件规定了油浸式交流电力变压器及电抗器制造过程的监理技术要求。

本文件适用于 110(66)kV 及以上油浸式交流电力变压器及电抗器制造监理服务活动,其他电压等级油浸式交流电力变压器及电抗器参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件。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 26429 设备工程监理规范

3 术语和定义

GB/T 26429 界定的术语和定义适用于本文件。

4 基本要求

4.1 通用要求

监理服务的策划、提供和控制应符合 GB/T 26429 的要求。

4.2 监理服务的策划

4.2.1 应策划监理服务所需的过程,对监理服务过程以及过程之间的关系予以识别,明确监理服务所用方法、手段、记录要求及所需的资源等。分析合同,识别相关的法律法规和标准,分析被监理单位的信息及设备监理单位的技术、管理、资源状况,编制监理计划,必要时编制监理细则等作业指导文件。

4.2.2 应依据采购合同、监理合同和相关协议约定,考虑被监理单位的质量管理体系情况,确定如何检查、审查、审核、见证等通用要求,确定检查设备工程的方法和手段;在监理服务实施前分析识别关键过程、工序、节点,确定与质量有关的监理控制点、方式及频次,见附录 A。

4.2.3 确定检查、审查、审核、见证等监理控制的依据,识别确定设计、制造、安装、测试、检测依据的标准规范、技术要求。

4.2.4 适用时,与委托人、被监理单位或其他相关方一起确认设备监理服务项目的监理计划。

4.3 监理服务的提供

4.3.1 应按照 4.2 的要求对所涉及的监理服务的主要过程予以控制,应对监理服务的支持过程予以控

制。具体监理项目的监理服务范围和内容由合同确定。

4.3.2 依据合同约定,检查或评估被监理单位的质量管理体系。检查被监理单位的相关资质、检查有关人员资格。

4.3.3 如发现不符合项和质量隐患,应要求被监理单位及时处置,必要时采取纠正措施,并对处置结果及纠正措施进行验证;如发现严重不符合项应及时报告委托人;若被监理单位拒绝整改或延误时,应及时向委托人报告。

4.4 监理服务的控制

4.4.1 应依据监理单位的服务质量标准 and 程序,对监理服务进行监视和测量,应编制形成文件的程序,以规定职责、程序以及监视和测量的内容、频次、记录等。

4.4.2 应对不符合要求的监理服务进行识别和控制,以防止或弥补不合格服务给委托人造成损失。

5 制造过程的监理要求

5.1 生产前准备和检查

5.1.1 设备生产开始前,监理单位应参与设备设计审查、参与委托人组织的技术交底,并审查被监理单位提供的变压器抗短路计算报告、抗震等专项报告。

5.1.2 应检查设备厂家质量体系、人员、设备、生产环境、工艺文件等,相关监理见证点参照附录 A 的表 A.1。

5.2 原材料及组部件

原材料、组部件(包括外协加工件、委托加工材料)检查应包括以下内容:

- a) 审查原材料质量证明文件;
- b) 审查采购合同和相关规范、标准有要求的原材料入厂复检报告;
- c) 检查进口原材料相关入关文件;
- d) 检查原材料型号和规格、外形尺寸、存放环境;
- e) 审查材料代用审批手续;
- f) 检查经检验不合格的原材料、组部件的处置。

注 1: 原材料包括电磁线、硅钢片、钢材、绝缘油、绝缘材料等。

注 2: 组部件包括套管、分接开关、散热器、电流互感器、储油柜、油位计、气体继电器、压力释放阀、油流速动继电器、温度测量装置等。

5.3 制造过程

5.3.1 油箱制作

油箱制作监理应包括以下内容:

- a) 检查油箱外观的油漆颜色、喷漆质量,审查厚度检验记录;
- b) 检查油箱尺寸、定位钉位置、密封面平整度和清洁度;
- c) 见证油箱密封性能试验和机械强度试验,或审查试验报告。

具体油箱制作监理控制点参照表 A.2。

5.3.2 铁心制作

铁心制作监理应包括以下内容:

- a) 检查硅钢片外观质量；
 - b) 检查硅钢片裁剪中横剪和纵剪质量；
 - c) 检查铁心叠片方式、紧固方式及紧固材料、上下夹件及拉板定位、叠装质量，审查铁心拉板材料质检记录；
 - d) 见证铁心装配环节中铁心、夹件绝缘测量以及叠片与油道间绝缘电阻测量；
 - e) 检查电抗器陶瓷垫块外观及尺寸；
 - f) 检查电抗器铁心饼叠装、铁心饼浇筑固化、铁心饼垫块粘接及铁心柱叠装。
- 具体铁心制作监理控制点参照表 A.3。

5.3.3 线圈制作

线圈制作监理应包括以下内容：

- a) 检查线圈形式及线圈绕制环节质量，包括：绕向、尺寸、换位、焊接、出头包扎及线圈工艺；
- b) 检查线圈干燥成形环节中的干燥、加压方式，审查压力控制、高度调整记录；
- c) 审查线圈转运环节的转运措施与保存方法。

具体线圈制作监理控制点参照表 A.4。

5.3.4 线圈组装

线圈组装监理应包括以下内容：

- a) 检查线圈组装工作环境，审查待套装线圈的工序环节记录；
- b) 检查待套装线圈外观、绝缘件的安装、同相各线圈的高度偏差；
- c) 检查线圈出头位置、绝缘处理、套装松紧度和套装后的保管措施。

具体线圈制作监理控制点参照表 A.5。

5.3.5 器身装配

器身装配监理应包括以下内容：

- a) 检查绝缘件和地屏等部件外观；
- b) 检查铁心就位后心柱与装配平台垂直度，审查各端面不平整度检验记录、铁心对夹件及铁心油道间绝缘电阻检测记录；
- c) 套装前审查绕组内径、高度、出头位置检查记录，绕组整体套装后检查心柱松紧、下铁轭垫块、绝缘及与夹件肢板接触情况；
- d) 见证上铁轭插片及铁轭配件安装，检查防护，审查安装后铁心对夹件及铁心油道间绝缘电阻检测记录；
- e) 见证引线制作装配，装配中检查引线支架及绝缘件、焊接处理、引线联结、屏蔽工艺质量、引线的夹持与排列情况；
- f) 见证过程试验中直流电阻测量、变比测量、电流互感器校验、低压空载试验、分接开关特性测试；
- g) 检查器身和油箱预装配过程中定位和引线距离。

具体器身装配监理控制点参照表 A.6。

5.3.6 器身干燥

器身干燥监理应包括以下内容：

- a) 干燥前准备过程中，检查器身温度探头设置、审查装罐物件记录；
- b) 干燥过程中，审查干燥炉控制参数、干燥记录，判断干燥终点时刻。

具体器身干燥监理控制点参照表 A.7。

5.3.7 总装配

总装配监理应包括以下内容：

- a) 检查套管包装及外观,审查套管出厂试验报告参数;
- b) 检查散热器数量,检查外观、片散颜色、内部清洁,审查出厂试验报告(重点关注密封试验);
- c) 检查电流互感器组数,检查包装、外观、安装极性和变比;
- d) 检查储油柜外观、焊缝,审查入厂检验记录,检查油位计安装、波纹管/胶囊;
- e) 核对油箱屏蔽部件数量,检查安装情况;检查屏蔽尺寸、位置;
- f) 检查油箱内清洁、异物、漆膜、磁屏蔽装配;
- g) 真空干燥后检查器身及器身紧固,审查轴向压紧力、器身压紧后高度、暴空时间记录;
- h) 见证器身就位、油箱密封,检查器身定位、开关受力;
- i) 审查引线绝缘距离;
- j) 见证铁心和夹件绝缘电阻测量;
- k) 见证套管、分接开关等附件装配;
- l) 审查真空注油温度、注油速度、真空度及保持时间;
- m) 审查热油循环温度、油速、时间;
- n) 审查静放时间。

具体总装配监理控制点参照表 A.8。

5.4 出厂试验

出厂试验监理应包括以下内容：

- a) 审核出厂试验方案;
- b) 检查试验仪器、设备及试品状态;
- c) 见证例行试验和采购合同约定的型式/特殊试验过程。

出厂试验监理控制点参照表 A.9。

5.5 试验后器身检查

试验后器身检查的监理应包括以下内容：

- a) 检查放油后油箱及器身洁净、绝缘;
- b) 检查螺栓、垫块、引线、分接开关,审查铁心及夹件绝缘电阻、器身暴空时间记录。

试验后器身检查监理控制点参照表 A.10。

5.6 包装发运及储存

5.6.1 包装发运监理应包括以下内容：

- a) 审查包装文件,检查实物数量;
- b) 检查本体、储油柜、散热器、套管等密封状态;
- c) 检查三维冲撞记录仪安装位置、初始值。

5.6.2 若暂不出厂,设备储存监理应包括以下内容：

- a) 检查设备储存环境;
- b) 检查设备储存过程制造厂相关检查记录。

包装发运及储存监理控制点参照表 A.11。

附 录 A
(资料性)

油浸式交流电力变压器及电抗器制造监理控制点及控制方式

油浸式交流电力变压器及电抗器制造监理控制点及控制方式见表 A.1～表 A.11。

表 A.1 生产前检查监理控制点及控制方式

序号	控制点	控制方式	监理实施要点
1	概况	R	a) 检查企业性质、隶属关系、内部结构； b) 检查企业实际运转情况
2	资质	R	检查质量、环境、职业健康体系证书、产品认证、检定书均在有效期内
3	人员	R	a) 检查各关键作业岗位技术工人的资格证书、岗位工龄、人数等； b) 检查生产技术管理和质量管理的人员配置
4	车间	W	a) 检查厂房布置合理有序； b) 检查用料存放及保管的分类、标识； c) 检查各车间生产环境控制指标，包括：温度、湿度、洁净度或降尘量等
5	生产装备	W	a) 检查主要工序在用的生产装备的型号规格、生产厂家、数量； b) 重点检查硅钢片剪切、线圈制造、绝缘件制造、真空干燥、总装、起重和转运用工装及其他专用工装
6	试验设备	W	a) 检查原材料/组部件的检测设备、主要试验设备、专用仪器的数量、状态、适用范围； b) 重点检查耐压设备、冲击设备、局放仪等仪器仪表
7	质量保证体系运行	W	a) 检查原材料/组部件控制程序； b) 检查关键工序与质量控制点设置； c) 检查废品、次品管理程序
8	设计能力与技术水平	R	a) 检查设计技术来源； b) 检查设计文件管理程序； c) 审查被监理单位的计算与确认能力
9	工艺保障能力与实施情况	R	a) 检查工艺流程图的确定性和详尽程度； b) 检查工艺文件的适应性、完整性、可执行性； c) 检查工艺文件的实施情况
10	材料和外协件的采购、供应	W	a) 检查采购合同、采购数量； b) 检查材料和外协件供应进度
注：R——文件见证点；W——现场见证点；H——停止见证点。			

表 A.2 油箱制作监理控制点及控制方式

序号	部件/ 工序	控制点	控制 方式	监理实施要点
1	钢材	厂家	R/W	检查钢材厂家及质量证明
		牌号、厚度、外观 质量	R/W	a) 检查钢材主要规格、厚度；检查实物； b) 检查外观无锈蚀、开层、翘曲变形
		箱体特殊部位所用 特殊材料、表 观质量	W	a) 检查特殊部位特殊钢材规格、厚度； b) 检查钢材实物规格、厚度等； c) 检查外观无锈蚀、开层、翘曲变形
2	外观	油漆颜色、厚度	W	检查喷漆颜色，喷漆厚度及实际测量厚度记录
		喷漆外观质量	W	检查喷漆外观质量，包括：色泽、平滑度、均匀度，无漆瘤、起层、开裂等
3	油箱	油箱整体尺寸	W	a) 见证油箱整体尺寸测量（油箱内腔长宽高尺寸）； b) 审查实测整体尺寸记录（油箱内腔长宽高尺寸）
		下节油箱器身定 位钉位置	W	见证钉间距和相关联尺寸测量，检查实测钉间距和相对关联尺寸
		油箱密封面	W	a) 检查密封面平整度及凸凹点； b) 检查上下节油箱箱沿之间或油箱和上盖之间自由状态下的最大 间隙； c) 检查非机械加工密封平面无锤痕或划痕
		油箱内部清洁度	W	检查油箱内部各死角，无焊渣等金属和非金属异物，特别是喷丸处理过 程中可能存留的钢砂
		整体配装质量 检查	W	检查套管升高座（特别是高压升高座）、散热器出口位置和偏斜角度、各 种油气管道尺寸和曲向
W	检查法兰密封面平整，离缝均匀、集气管路的坡度、全部冷作附件预组装			
4	油箱 试验	整体密封气压 试漏	W	a) 检查试验压力、持续时间，试验过程中应有不少于 1 次巡检记录； b) 检查试验压力、泄漏情况处理过程及结果（如有）
		机械强度试验	H	a) 见证试验，或审查试验压力、变形量实测值记录； b) 审查试验结果
注：R——文件见证点；W——现场见证点；H——停止见证点。				

表 A.3 铁心制作监理控制点及控制方式（电抗器的铁心柱）

序号	部件/ 工序	控制点	控制 方式	监理实施要点
1	硅钢片	生产厂家	R/W	检查硅钢片生产厂家及实物
		牌号、外观质量	R/W	a) 检查硅钢片主要规格、牌号； b) 检查外观无锈蚀、漆膜无破损、变形

表 A.3 铁心制作监控控制点及控制方式(电抗器的铁心柱)(续)

序号	部件/ 工序	控制点	控制 方式	监理实施要点
2	裁剪	冲剪外观质量	W	检查硅钢片冲剪整齐,剪片平整、无弯曲、无损伤,表面绝缘膜完整
		纵剪质量	W	a) 审查片宽公差实测值检查记录,检查毛刺; b) 检查条料边沿波浪度(波高/波长) $\leq 1.5\%$
		横剪质量	W	检查片长公差要求值及实测值、毛刺情况
3	铁心 叠片	叠片方式	R	检查铁心形式
			W	见证整体尺寸(铁心直径、总叠厚、主级厚度)检测
		铁心紧固方式及 紧固材料	W	a) 检查紧固方法和材料; b) 检查环氧无纬玻璃丝带在使用有效期内,或钢拉带材质
		夹件和铁心拉板 材料	R	检查夹件、铁心拉板实物材料
		上下夹件及拉板 的准确定位	W	检查上下夹件及拉板相互间的定位
		叠装质量	W	a) 检查边侧应无翘起或成波浪状、无搭头; b) 检查铁心直径偏差、铁心总叠厚和主级叠厚的偏差、框间距、窗高、铁心端面(轭、柱)波浪度、接缝搭头及心柱倾斜度
4	铁心 装配	铁心对地绝缘、 对夹件绝缘	W	检查铁心对地绝缘、铁心对夹件绝缘电阻现场实测值
		油道间及叠片组 间绝缘	W	a) 检查油道间绝缘电阻现场实测值; b) 检查叠片间绝缘电阻现场实测值
5	陶瓷垫 块(电抗 器用)	生产厂家、质量 证明文件	R/W	a) 检查陶瓷垫块生产厂家,检查实物; b) 检查垫块出厂质量证明文件
		表观质量、尺寸	R/W	检查垫块表观质量及尺寸
6	铁心饼 制作(电 抗器用)	铁心饼叠装	R/W	a) 检查铁心饼平面度、直径偏差、垂直度; b) 检查铁心饼清洁,表面无粉尘、脱模剂等异物
		浇筑固化	R/W	a) 检查铁心饼浇筑后牢固可靠,端面平整,无裂纹、缺料等; b) 检查铁心饼浇筑后直径偏差、平面度
		垫块粘接	R/W	a) 检查铁心饼定位底盘工装水平度、配胶比例、垫块高度误差; b) 检查铁心饼堆放、铁心饼平面度
		铁心柱叠装	R/W	a) 检查定位工装水平度偏差; b) 检查铁心饼粘接清洁情况及定位; c) 检查铁心柱上表面水平度偏差、定位标记线偏差、高度偏差及垂直度偏差
注: R——文件见证点;W——现场见证点;H——停止见证点。				

表 A.4 线圈制作监理控制点及控制方式

序号	部件名称	控制点	控制方式	监理实施要点
1	导线及绝缘材料	导线	R	检查导线生产厂家
			W	a) 检查图纸及实物、线规； b) 检查导线包装无扭曲变形、绝缘无破损
			R	a) 检查导线电阻率、绝缘厚度和层数以及导线外形尺寸检验记录； b) 对有硬度等要求的导线，检查出厂质保书中屈服强度实测值记录
		硬纸筒	R	检查加工硬纸筒纸板为高密度硬纸板
			W	a) 检查纸筒粘接最小长度(一般粘接长度约 20 倍~30 倍纸板厚度)； b) 检查纸筒外观清洁度、纸筒厚度、外径和垂直度
		线圈垫块、撑条	W	a) 检查线圈垫块、撑条经密化处理，无尖角毛刺； b) 检查线圈垫块、撑条在纸筒上粘接均匀、牢固，检查各撑条间距
		静电屏	W	a) 检查静电屏的材质、形状、尺寸； b) 检查静电屏引出线的引出位置、焊接、固定； c) 检查绝缘纸的材质、缠绕层数，翻边的应规整
2	线圈绕制	工作环境	W	检查车间温度、湿度、降尘量
		绕向、段数、匝数、线圈形式	W	检查各线圈实际参数，包括绕向、段数、匝数、线圈形式等
		幅向尺寸及紧密度	W	检查各线圈内外径、幅向尺寸实测值
		导线换位处理	W	a) 检查 S 弯换位平整，导线无损伤，无剪刀差； b) 检查导线换位部分的绝缘处理良好、规范
		导线焊接	W	a) 检查焊接牢固，表面处理光滑、无尖角毛刺； b) 检查焊接全过程防护措施、焊后绝缘处置
		特殊工艺点	W	检查特殊工艺点操作
		线圈出头及绝缘包扎	W	检查线圈出头位置和绝缘包扎偏差
		并联导线	W	a) 检查单根导线无断路，并绕导线间无短路； b) 检查组合导线和换位导线股间无短路
		线圈工艺	W	a) 检查过渡垫块、导线换位防护纸板、导油遮板位置； b) 检查线圈表面清洁、油道畅通； c) 审查直流电阻实测值测量记录
3	线圈干燥整形	线圈干燥	W	检查干燥方式(通常要进行两次带压真空干燥)
		加压方式、压力控制	W	a) 检查加压方式。采用螺杆加压的，检查螺杆的配置和数量； b) 对末次加压，检查压力值(压力依据轴向短路力大小而定)
		线圈高度调整	W	a) 检查线圈压紧高度； b) 检查实际垫块调整的数量和位置，检查线圈安匝分区高度

表 A.4 线圈制作监理控制点及控制方式（续）

序号	部件名称	控制点	控制方式	监理实施要点
4	线圈的转运及保管	转运和保管防护	W	检查搁置时间、环境状况及对线圈的防护措施
注：R——文件见证点；W——现场见证点；H——停止见证点。				

表 A.5 线圈组装监理控制点及控制方式

序号	部件/ 工序	控制点	控制 方式	监理实施要点
1	装配 准备	工作环境	W	检查车间温度、湿度、降尘量的实测值
		绝缘材料及绝缘 成型件	W	a) 检查绝缘件的安装； b) 检查有缺陷或局部损伤的绝缘件及处理措施记录（如有）
		待套装线圈	W	a) 检查上道工序检验记录及转运中线圈无磕碰损伤； b) 检查同相各线圈的高度偏差
2	线圈 套装	各线圈出头绝缘 处理	W	检查线圈出头位置、绝缘包扎厚度、形状要求及不合格处理措施
		线圈套装的松 紧度	W	a) 检查套装线圈松紧度； b) 检查各层绝缘处置
		套装后的处理和 保管	W	a) 检查套装后的线圈压紧力，压紧高度、干燥后压紧高度； b) 检查干燥参数（温度、持续时间、出水量等）
注：R——文件见证点；W——现场见证点；H——停止见证点。				

表 A.6 器身装配监理控制点及控制方式

序号	部件名称	控制点	控制方式	监理实施要点
1	铁心检查及就位	就位	W	检查铁心就位后心柱与装配平台垂直度
		铁心合格无磕碰损伤	W	a) 检查铁心对夹件及铁心油道间绝缘电阻（如果出现铁心对夹件通路，或铁心油道间通路，记录处理过程和最后结果）； b) 检查铁心各端面不平整度检验结果，检查端面无损伤
2	待用绝缘件和部件	铁轭绝缘，纸板、端圈等绝缘件	W	检查表观质量，层压件无开裂起层现象
		心柱、轭及旁轭用地屏等部件	W	a) 检查地屏清洁、完好； b) 检查出头位置
		静电板（屏、环）	W	a) 检查铜带包扎密实、平整、规范； b) 检查引出线焊接，出头绝缘处理； c) 装配前检查单独的平面压紧干燥记录

表 A.6 器身装配监理控制点及控制方式 (续)

序号	部件名称	控制点	控制方式	监理实施要点
3	绕组套装	相绕组整体套装	W	a) 检查相绕组套入屏蔽后的心柱松紧; b) 检查下铁轭垫块及下铁轭绝缘平整、稳固、与夹件肢板接触紧密; c) 检查相绕组各出头位置
4	上铁轭装配	插上铁轭片	W	检查铁心片无搭接,端面平整
		装配质量	W	a) 检查上铁轭装配,绕组和上轭绝缘遮盖防护; b) 检查上铁轭松紧度; c) 审查上铁轭装配后铁心对夹件及铁心油道间的绝缘电阻值与装配前一致
5	分接开关检查	生产厂家及表观	R/W	检查开关的生产厂家和型号规格(实物与合同、设计图纸、见证文件一致),检查实物表观质量,无磕碰及表面损伤等
6	引线制作和装配	引线支架及绝缘件配置	W	检查实物无损伤、开裂和变形
		引线联接(焊接)	W	a) 检查焊接的搭接面积; b) 检查焊面饱满,表面处理无氧化皮、尖角毛刺
		引线联接	W	检查压接套筒实物规格
		引线联接(冷压接)	W	检查冷压时套管内填充
		引线的屏蔽和绝缘	W	a) 检查屏蔽紧贴导线,包扎紧实,表面圆滑; b) 检查屏蔽管的等电位线固定良好,牢靠且不受牵力
		引线的夹持与排列	W	a) 检查分接开关位置不受引线的牵拉力; b) 检查所有夹持有效,引线无松动; c) 检查引线距离
7	工序、检查和试验	器身清洁度	W	检查器身清洁,无金属和非金属异物
		铁心及地屏接地	W	a) 检查铁心对夹件绝缘电阻; b) 检查铁心油道间通畅; c) 检查地屏出头连接后的绝缘距离; d) 检查各心柱、轭柱地屏接地
		各线圈直流电阻测量	W	检查各线圈载流回路
		变比测量(在每个分接进行)	W	a) 检查器身接线和分接开关连接; b) 检查分接开关动作; c) 检查变比测量最大偏差
		箱内电流互感器校验	W	检查电流互感器安装,检查极性和变比正确

表 A.6 器身装配监理控制点及控制方式（续）

序号	部件名称	控制点	控制方式	监理实施要点
7	工序、检查和试验	低电压空载试验	W	a) 检查变压器磁路无缺陷； b) 检查线圈匝间无短路； c) 检查低电压空载试验数据
		无励磁分接开关特性测试	W	a) 检查开关动作，包括：手动、电动（含 85% 电压），操作灵活、准确； b) 检查开关触头在各分接位置的接触电阻
		有载分接开关特性测试	W	a) 检查开关动作，包括：手动、电动（含 85% 电压），操作灵活、准确和对称； b) 见证开关触头在各分接位置的接触电阻测量； c) 见证开关过渡电阻测量； d) 检查开关限位保护
8	预装配	器身和油箱的预装配	W	a) 检查器身在油箱中定位； b) 检查引线对线圈、引线间、引线对箱壁的距离
注：R——文件见证点；W——现场见证点；H——停止见证点。				

表 A.7 器身干燥监理控制点及控制方式

序号	部件名称	控制点	控制方式	监理实施要点
1	干燥前准备	器身测温探头设置	W	检查测温热敏探头的设置及位置
		装罐物件	W	检查随器身一起进行真空干燥的部件（变压器油箱内带绝缘的部件、在总装配时要用到的套管出线成型件等）
2	干燥过程	干燥过程控制的参数	R/W	检查干燥铁心线圈的升温速度、最高温度、最终真空度，干燥持续时间、最终出水率或无水时间
3	干燥完成判断	终点判断的各项参数	W	检查干燥记录，判断干燥完成
注：R——文件见证点；W——现场见证点；H——停止见证点。				

表 A.8 总装配监理控制点及控制方式

序号	部件名称	控制点	控制方式	监理实施要点
1	组件准备	套管	R/W	检查实物套管的型号规格、生产厂家
			W	a) 检查包装及外观； b) 检查套管编号

表 A.8 总装配监理控制点及控制方式（续）

序号	部件名称	控制点	控制方式	监理实施要点
1	组件准备	套管	R	a) 审查出厂文件参数,包括套管实际的爬距和干弧距离; b) 对油纸电容套管,检查套管自身的介质损耗值 $\tan\delta$ 和电容量,绝缘水平
		片式散热器	R/W	检查散热器(或冷却器)的型号规格、生产厂家、每台变压器所配片散数量,审查出厂文件、入厂检验记录
			W	a) 检查实物外观; b) 检查片散的颜色; c) 检查每组片散两端封口; d) 检查片散内部清洁,无异物
			R	审查出厂报告中密封试验
		电流互感器	R/W	检查电流互感器的组数、厂家、规格、精度、性能参数
			W	a) 检查包装、外观; b) 检查极性和变比
		储油柜	R/W	检查储油柜的型号规格、生产厂家、出厂文件、入厂检验记录
			W	a) 检查储油柜颜色; b) 检查储油柜外观、焊缝; c) 检查波纹管储油柜的波纹管伸缩灵活,密封完好;检查胶囊式储油柜胶囊完好; d) 检查油位计安装,指针动作灵敏、正确
		其他装配附件	R/W	检查附件的厂家、规格
			R	检查附件出厂合格证或者出厂试验报告,审查关键功能出厂试验整定值
			W	检查包装、实物
2	油箱准备	油箱屏蔽	W	a) 检查屏蔽数量、尺寸、位置; b) 检查安装规整,牢固
		油箱清洁	W	a) 检查油箱内部清洁,无浮尘、异物; b) 检查漆膜无脱落,外观光亮、清洁
3	真空干燥后的器身整理	器身检查	W	a) 检查器身洁净,无污秽和杂物; b) 检查铁心出罐后不存在锈迹; c) 检查绝缘垫块、端圈、引线夹持件无开裂、起层、变形和不正常的色变; d) 检查各绝缘距离; e) 检查引线绝缘无破损; f) 检查有载开关位置不存在歪斜
		器身紧固	W	a) 检查各相的轴向压紧力; b) 检查器身紧固后,上铁轭下端面的填充垫块坚实充分,各相设定的压紧装置稳定、锁牢; c) 检查器身上所有紧固螺栓拧紧,并锁定; d) 检查器身清理紧固后再次测量的铁心绝缘电阻值

表 A.8 总装配监控制点及控制方式（续）

序号	部件名称	控制点	控制方式	监理实施要点
3	真空干燥后的器身整理	器身紧固	W	检查器身压紧后高度
		器身暴露时间	W	a) 检查器身暴露的环境条件(温度、湿度); b) 检查器身暴露时间,如超出工艺要求时间规定,必要时再入炉进行表面干燥,或延长真空维持和热油循环的时间
4	器身下箱	器身就位	W	a) 检查器身起吊、移动、落下时平稳无冲撞; b) 检查器身下的定位装置准确; c) 检查就位后引线间和对其他物件的距离; d) 检查开关无受力扭斜
		油箱大罩就位	W	吊装时,检查油箱与器身无碰撞
		油箱密封	W	a) 检查器身下箱后铁心对油箱、夹件对油箱的绝缘电阻; b) 检查密封圈无扭曲现象,或者脱离轨道槽
5	变压器附件装配	变压器各组附件装配	W	a) 检查变压器各种组、附件、所有管路、升高座组装; b) 检查套管安装时引线绝缘锥体进入均压球内; c) 检查引线在套管内的长度; d) 检查套管佛手方向一致; e) 套管安装完成后,检查套管外绝缘距离; f) 检查各类跨接连线安装; g) 检查阀门开关标记; h) 检查端子箱的壁厚、屏蔽线使用
6	真空注油	真空注油参数	R	审查注油前试验报告
			W	a) 检查变压器油厂家、规格; b) 检查抽真空过程真空值; c) 检查真空残压值及维持的时间; d) 检查注油时间、速度、真空度、油温,补油情况及实际注油量
7	热油循环	热油循环的实际参数	W	a) 检查热油循环时真空度; b) 检查热油循环过程油箱底部出油,箱顶进油; c) 检查滤油机出口温度在 60℃~80℃、时间>48 h
8	整体密封试验	油箱表面渗漏	W	a) 检查试验压力、密封试验持续的时间; b) 检查渗漏点及处理措施记录
9	静放	静放时间等	W	检查静放情况、静放时间
注: R——文件见证点;W——现场见证点;H——停止见证点。				

表 A.9 出厂试验监控制点及控制方式

序号	部件名称	控制点	控制方式	监理实施要点
1	绕组电阻测量	仪器仪表	R	检查仪器仪表检定报告在有效期内
		试品状态	W	检查电阻测量时的油温
		电阻测量	W	a) 检查高压、中压及低压电阻最大不平衡率,对带有分接的绕组,查看所有分接下测量的绕组电阻; b) 检查电阻不平衡率
2	电压比测量(变压器适用)	仪器仪表	R	检查仪器仪表检定报告在有效期内
		查看并联支路间的等匝试验记录	W	电压比测量前,检查并联支路间的等匝试验记录
		测试	W	检查电压比在各绕组间、各分接上测量记录(仅变压器)
		电压比偏差	W	检查主分接电压比偏差
3	联结组标号(变压器适用)	仪器仪表	R	检查仪器仪表检定报告在有效期内
		测试	W	检查联结组别(有无中性点引出要求)
4	绕组绝缘电阻测试	仪表,仪器	W	检查仪器仪表检定报告在有效期内
		试品状态	W	检查变压器温度
		绝缘电阻	W	a) 检查绕组对地及其余绕组间 15 s、1 min 及 10 min 的绝缘电阻测量值; b) 检查铁心对夹件对地、夹件对地的绝缘电阻测量值(用 2 500 V 绝缘电阻表)
		吸收比和极化指数	W	检查极化指数及吸收比
5	介质损耗因数、电容测量	仪表,仪器	R	检查仪器仪表检定报告在有效期内
		测量	W	检查绕组绝缘系统介质损耗因数、电容测量值
6	电抗测量(电抗器适用)	仪表,仪器	R	检查仪器、仪表的检定周期是否在有效期内;测量接线和方法符合试验方案要求
		测量	W	见证测量结果
7	空载试验(变压器适用)	互感器、仪器	R	a) 检查仪器仪表检定报告在有效期内; b) 检查电流互感器和电压互感器的精度
		空载电流和空载损耗测量	H	见证 1.0 倍和 1.1 倍额定电压下空载电流和空载损耗试验(损耗值折算到 80 ℃)
		伏安特性测量	W	检查伏安特性测量
		观察长时空载试验	W	见证长时空载试验,检查试验前后空载电流及空载损耗值
		试验数据对比	W	审查试验数据
		电压电流的谐波	W	检查试验过程,审查试验结果

表 A.9 出厂试验监控制点及控制方式 (续)

序号	部件名称	控制点	控制方式	监理实施要点
8	短路阻抗 (变压器适用)和 负载损耗 测量	互感器、仪器	R	a) 检查仪器仪表检定报告在有效期内; b) 检查电流互感器和电压互感器准确度
		试品状态	W	检查试验过程中变压器/电抗器的温度
		最大容量绕组对 间及主分接的短 路阻抗和负载损 耗测量	H	见证主分接短路阻抗及负载损耗测量
		其他绕组对间及 其他分接的短路 阻抗和负载损耗 测量	W	审查试验记录和结果
		短路阻抗测量	W	见证低电压小电流短路阻抗试验
9	操作冲击 试验(SI)	试验装置、仪器 及其接线,分压比	W	a) 检查仪器仪表检定报告在有效期内; b) 检查试验线路
		冲击波形及电压 峰值	H	检查试验电压实际值,审查冲击波形试验数据
		冲击过程及次、序	H	检查试验过程及试验顺序(一次降低试验电压水平 50%~75%的负极性冲击,三次额定冲击电压的负极性冲击,每次冲击前应施加幅值约 50%的正极性冲击以产生反极性剩磁)
		试验结果初步 判定	H	审查试验结果(变压器无异常声响、示波图中电压没有突降、电流也无中断或突变、电压波形过零时间与中性点电流最大值时间基本对应)
10	线端雷电 全波(LI)、 截波冲击 试验(LIC)	试验装置、仪器 及其接线,分压比	W	检查仪器仪表在有效期内,检查试验线路
		冲击电压波形及 峰值	H	检查试验电压峰值偏差在 $\pm 3\%$ 之内;检查电压极性为负极性;检查冲击波形参数:波前时间 $T_1 = 1.2 \times (1 \pm 30\%) \mu\text{s}$;波尾时间 $T_2 = 50 \times (1 \pm 20\%) \mu\text{s}$;过冲 $< 10\%$;对截波试验,检查截断时间 $T_c = 2 \mu\text{s} \sim 6 \mu\text{s}$;过零系数 < 0.3
		冲击过程及次、序	H	见证试验过程,审查试验结果
11	中性点雷 电全波冲 击试验 (LIN)	试验装置、仪器 及其接线,分压比	W	a) 检查仪器仪表在有效期内; b) 检查试验线路
		冲击电压波形及 峰值	H	检查试验电压峰值偏差、电压极性、冲击波形参数及过冲
		冲击过程及次序	H	a) 见证试验过程及加压顺序; b) 审查试验结果

表 A.9 出厂试验监控制点及控制方式 (续)

序号	部件名称	控制点	控制方式	监理实施要点
12	外施工频耐压试验 (IV)	试验装置、仪器及其接线,分压比	W	a) 检查仪器仪表在有效期内; b) 检查试验线路(注意非被试相须接地)
		加压过程试验结果初步判定	H	a) 检查试验环境; b) 检查施加的电压值及试验时间; c) 见证加压过程,审查试验结果
13	带有局部放电测量的感应电压试验 (IVPD)	试验装置、仪器及接线,变比	W	a) 检查仪器仪表在有效期内; b) 检查试验线路
		背景噪声	H	见证试验过程背景噪声不大于试验标准的 50%
		方波校准	H	检查每个测量端子方波校准及传递系数
		感应电压频率及峰值	H	a) 检查试验电压频率及峰值; b) 审查试验数据(合理选择相匹配的分压器和峰值表,电压偏差在 3% 以内,频率应接近选择的定值)
		感应电压过程	H	见证试验全过程
		局部放电测量	H	检查局部放电量及其变化,检查起始放电电压和放电熄灭电压
		试验结果初步判定	H	审查试验结果
14	绝缘油试验	试验装置、仪器	R	检查仪器仪表检定报告在有效期内
		理化试验和工频耐压	W	检查试验报告,审查油击穿耐压、介损、微水含量、气体含量、凝点及颗粒度等试验数据
15	油中含气体分析	采样	W	见证取油样过程,至少包括:试验开始前,绝缘强度试验后,长时间空载试验后、温升试验或长时过电流试验开始前、中(每隔 4 h)、后,出厂试验全部完成后,发运放油前
		色谱分析	W	审查出厂试验完成后的油色谱数据
16	有载分接开关试验 (变压器适用)	开关安装检查	W	a) 检查开关安装,检查开关正反调时的对称性和调到极限位置后的机械限位; b) 检查分接开关本体上的档位指示和电动机构箱上的档位指示一致
		电动操作试验	W	见证电动操作试验
		辅助线路绝缘	W	见证辅助线路绝缘试验
		切换开关油室密封	W	见证切换开关油室密封试验
17	套管电流互感器试验	试验见证	W	a) 见证工频耐压、直流电阻测量、匝数比测量、极性测量和绝缘电阻测量; b) 审查互感器出厂试验报告

表 A.9 出厂试验监控制点及控制方式 (续)

序号	部件名称	控制点	控制方式	监理实施要点
18	温升试验	仪器仪表	W	检查测温装置的校验纪录
		测温计布置	W	检查测温布点(不低于 3 个)和位置
		通流升温过程 ^a	W	a) 检查升温过程中施加的等效电流; b) 用红外热像检查油箱表面是否存在局部过热情况; c) 检查试验时间及温升稳定时间; d) 检查试验过程的油色谱分析结果
		绕组电阻	H	见证绕组电阻测量 ^b
		绕组温度推算	W	检查绕组温升试验数据,审查各绕组的温升曲线和温升值 ^c
19	声级测量	测试仪器	R	检查仪器仪表在检定有效期内
		测试见证	W	a) 检查测试环境、测试方法; b) 见证测试过程,审查测试数据(注意测试传感器的高度和与箱壳的距离)
20	振动试验 (电抗器适用)	测试仪器	R	a) 检查仪器仪表在检定有效期内; b) 检查测点布置
		测试见证	H	见证试验过程,审查振动最大值及平均值满足要求
21	风扇和油泵电机吸取功率的测量(变压器适用)	测试仪器及接线	R	检查仪器仪表在检定有效期内
		测试过程	W	见证测试,审查测试数据
22	感应耐压试验 (IVW)	试验装置、仪器及其接线	H	a) 检查仪器仪表合格且在检定有效期内; b) 检查接线
		背景噪声	H	见证背景噪声测量
		方波校准	H	检查每个测量端子方波校准,注意记录传递系数
		电压频率及峰值	H	检查电压频率及峰值
		感应耐压试验	H	见证感应耐压全过程
		局部放电测量(H)	H	见证局部放电量测量
		初步分析	H	审查试验结果
23	长时过电流试验	环境温度	W	检查测温计的布置
		油温	W	检查测温计的校验纪录和测点布置
		通流升温过程	W	检查试验过程及结果
24	零序阻抗测量	测试仪器及接线	R	检查仪器仪表在合格检定时间内
		测试过程	W	检查测试过程,检查测试结果

表 A.9 出厂试验监控制点及控制方式 (续)

序号	部件名称	控制点	控制方式	监理实施要点
25	无线电干扰测量	测试仪器	W	a) 检查仪器仪表合格且在检定有效期内; b) 检查接线
		测试过程	W	见证现场测试,审查测试结果
26	电流谐波测量(特殊试验,变压器适用)	测试仪器	W	检查仪器仪表在合格检定时间内
		测试过程	W	见证在工频下逐步升高直至最高运行电压,测出磁化特性曲线
27	磁化特性测量(特殊试验,变压器适用)	测试仪器	W	检查仪器仪表在合格检定时间内
		测试过程	W	见证电流谐波分量测量
28	绕组频响特性测量	测试仪器	W	a) 检查仪器仪表在合格检定时间内; b) 检查接线
		频率响应特性测量 ^d	W	检查测试过程,审查测试结果
29	无励磁分接开关试验(变压器适用)	无励磁分接开关操作试验	W	检查操作试验过程(变压器不励磁,在额定操作电压下电动 8 个循环,操作电压降到 85%额定值在电动一个循环)
		辅助线路绝缘试验	W	检查绝缘试验过程
30	油流带电试验(特殊试验,带油泵的冷却器适用)	测试仪器	R	检查仪器仪表合格且在检定有效期内
		泄漏电流和局放	W	a) 断开电抗器电源,开启全部油泵连续运行 4 h,见证测量各绕组端子和铁心对地的泄漏电流稳定值; b) 检查测试过程,审查试验结果
注: R——文件见证点;W——现场见证点;H——停止见证点。				
^a 选在最大电流分接上进行,施加的总损耗应是空载损耗与最大负载损耗之和;当顶层油温升的变化率小于每小时 1 K,并维持 3 h 时,取最后 1 h 的平均值为顶层油温。 ^b 顶层油温升测定后,应立即将试验电流降低到该分接对应的额定电流,继续试验 1 h,并在终了时迅速切断电源和打开短路线,测量两侧绕组中间相的电阻。 ^c 采用外推法或其他方法求出断电瞬间绕组的电阻值,根据该值计算绕组的温度;绕组的温度值应加上油温的降低值,并减去施加总损耗未了时的冷却介质温度,即是绕组平均温升。 ^d 在频率为 1 kHz~1 MHz 范围下测量绕组的频响应特性。				

表 A.10 试验后器身检查监控制点及控制方式

序号	部件名称	控制点	控制方式	监理实施要点
1	放油	充气置换	W	a) 检查放油时向器身内充入干燥空气； b) 检查拆除完附件后,再抽真空、注入干燥空气或氮气； c) 检查最终真空度、充气压力
2	油箱内壁及器身	内壁洁净、器身洁净完好	W	a) 检查油箱内及器身本体清洁,无杂物； b) 检查器身应无损伤； c) 检查绝缘无破损、开裂； d) 检查不存在过热、放电、松动、位移等迹象
3	紧固	螺栓状况	W	检查螺栓锁定,无松动
		垫块状况	W	检查垫块齐整、无松动
		上铁轭下端楔垫及器身压钉	W	a) 检查压钉位置正确无偏斜； b) 检查紧固锁定牢靠,垫块无松动
4	分接开关	开关状况	W	a) 检查分接开关位置； b) 检查开关不因引线联结而受牵引力； c) 检查触头无烧蚀
5	引线	引线夹持	W	a) 检查引线无串动； b) 检查引线夹持及绑扎牢靠、整齐
		引线支持件、夹持件	W	检查引线支持件、夹持件无开裂、起层、弯曲变形等问题
6	铁心绝缘	铁心及夹件的绝缘电阻	W	检查铁心对夹件、铁心对油箱、夹件对油箱的绝缘电阻(用 500 V 或 1 000 V 绝缘电阻表)
7	密封	密封状态	W	a) 审查器身露空时间记录(从放油开始到开始恢复密封状态,通常要< 8 h)； b) 检查变压器密封无泄漏
注：R——文件见证点；W——现场见证点；H——停止见证点。				

表 A.11 包装发运及储存监控制点及控制方式

序号	部件名称	控制点	控制方式	监理实施要点
1	包装	包装文件	R	检查设备装箱单
			W	检查实物及数量
		变压器本体	W	a) 检查变压器外壳整洁,无外挂游离物； b) 检查油箱所有法兰密封良好,无渗漏； c) 检查油箱内充入干燥的空气(露点低于-40 ℃)或氮气；如采用氮气,在出厂文件中作出安全警示； d) 充油状态的变压器,检查发运前充气采用置换方式进行

表 A.11 包装发运及储存监理控制点及控制方式（续）

序号	部件名称	控制点	控制方式	监理实施要点
1	包装	储油柜	W	检查设备的密封和内部固定安装
		散热器冷却器	W	a) 检查防护性隔离措施或包装箱； b) 检查所有接口法兰用钢板良好封堵密封； c) 检查放气塞和放油塞密封紧固； d) 检查包装,无破、损、缺
		套管	W	检查包装,无有破、损、缺
		内置电流互感器或升高座	W	a) 检查接口法兰用钢板密封,无渗漏； b) 内腔抽真空后,检查充变压器油或干燥气体； c) 若内腔充气,检查内腔干燥空气或氮气压力
		变压器油	R	检查出厂变压器油的试验报告
			W	检查油容器强度
2	储存	储存方式	W	a) 若采取充气储存,检查开始充气储存时干燥空气的露点； b) 若发生压力减小应及时补充压力,检查补充气体露点； c) 检查注入干燥空气的露点不应低于-40℃
		变压器本体	W	a) 检查变压器油箱密封； b) 检查干燥空气(或氮气)压力； c) 检查气体压力检测记录
		其他包装	W	a) 检查储存防雨设施； b) 充气运输的部件应定期检测气体压力,检查泄漏情况
3	准备启运	本体充气压力	W	a) 检查变压器油箱密封无渗漏； b) 审查充气压力； c) 检查压力监视仪表位置； d) 检查补气装置和备用气瓶配置数量
		冲撞记录仪	W	a) 检查冲撞记录仪安装位置在油箱顶部； b) 检查冲撞记录仪安装规整、牢固； c) 检查冲撞记录仪电源、记录指示初始状态； d) 变压器启运时,检查记录仪电源状态、记录纸的运行速度
注：R——文件见证点；W——现场见证点；H——停止见证点。				

参 考 文 献

[1] GB/T 1094.1 电力变压器 第 1 部分:总则

[2] GB/T 1094.2 电力变压器 第 2 部分:液浸式变压器的温升

[3] 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

[4] GB/T 1094.4 电力变压器 第 4 部分:电力变压器和电抗器的雷电冲击和操作冲击试验
导则

[5] GB/T 1094.5 电力变压器 第 5 部分:承受短路的能力

[6] GB/T 1094.6 电力变压器 第 6 部分:电抗器

[7] GB/T 1094.10 电力变压器 第 10 部分:声级测定

[8] GB/T 1094.18 电力变压器 第 18 部分:频率响应测量

[9] GB/T 2521.2 全工艺冷轧电工钢 第 2 部分:晶粒取向钢带(片)

[10] GB/T 2522 电工钢带(片)涂层绝缘电阻和附着性测试方法

[11] GB/T 2536 电工流体 变压器和开关用的未使用过的矿物绝缘油

[12] GB/T 2900.95 电工术语 变压器、调压器和电抗器

[13] GB/T 4109 交流电压高于 1 000 V 的绝缘套管

[14] GB/T 6451 油浸式电力变压器技术参数和要求

[15] GB/T 7354 高电压试验技术 局部放电测量

[16] GB/T 19001 质量管理体系要求

[17] GB/T 19000 质量管理体系基础和术语(参考版本未包含)

[18] DL/T 272 220 kV~750 kV 油浸式电力变压器使用技术条件

[19] DL/T 363 超、特高压电力变压器(电抗器)设备监造导则

[20] DL/T 586—2008 电力设备监造技术导则

[21] DL/T 5434—2009 电力建设工程监理规范

[22] JB/T 501 电力变压器试验导则
