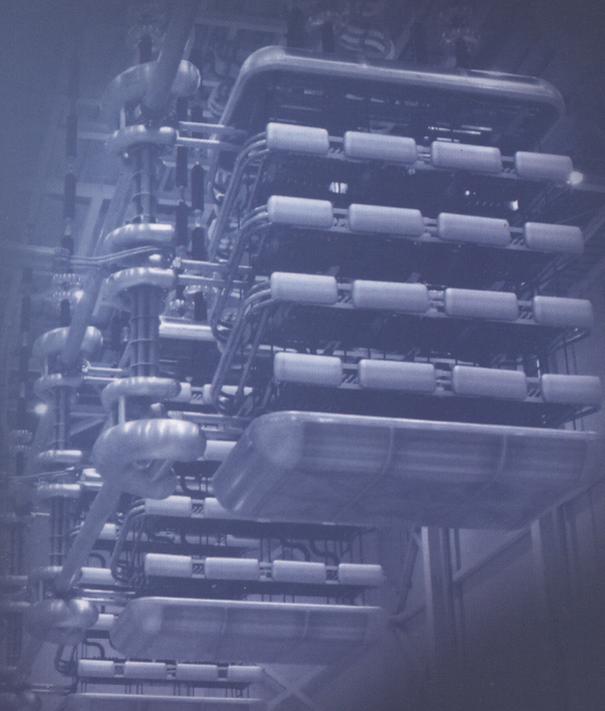


特高压换流站

大型设备典型施工方案



国家电网公司直流建设分公司 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

特高压换流站大型设备 典型施工方案

国家电网公司直流建设分公司 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书包括换流变压器、换流阀、干式平波电抗器、换流阀冷却系统、交流GIS设备和交流滤波电容器的典型施工方案，共计六章。每一章均从编制说明、工程概述、施工组织、施工流程及工序说明、质量控制措施、安全文明施工要求六个方面对上述大型设备的施工工艺进行全面归纳总结，优化了施工组织和流程，强调了施工重点和特殊措施，对换流站工程施工方案具有规范和指导作用，换流站相关大型设备的施工方案或作业指导书可结合本书编写。

本书适用于从事换流站相关大型设备工程建设、施工、安装、验收、监理等的工人、技术人员和管理人员使用，亦可供相关人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

特高压换流站大型设备典型施工方案 / 国家电网公司直流建设分公司主编. —北京：中国电力出版社，2010

ISBN 978-7-5083-9986-7

I. ①特… II. ①国… III. ①高电压-换流站-电气设备-工程施工-方案制定 IV. ①TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 000035 号

中国电力出版社出版、发行

（北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>）

北京博图彩色印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2010年1月第一版 2010年1月北京第一次印刷

889毫米×1194毫米 16开本 5.875印张 153千字

印数0001—1500册 定价 58.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

编写委员会

主	编	李文毅				
副	主	编	肖安全			
编	委	会	成	员	赵宏伟	袁清云
					余乐	种芝艺
					王建中	
					梁平	张金德
					刘良军	
编	写	组	组	长	肖安全	
编	写	组	副	组	长	种芝艺
					黄杰	
编	写	组	成	员	陈力	白光亚
					张诚	谭启斌
					王茂忠	
					赵国鑫	李斌
					彭剑辉	龙爱平
					王焕新	
					汪林清	鲁晓秋
					丁光正	李文
					卢国平	
					李润春	赵荣
					娄海峰	范孝青
					张国强	
					徐畅	王露钢
					张玮	黄波
					夏杰	
					张伟忠	薛慧君
					夏明齐	陈家宝
					斯豪波	
					徐新良	

前 言

国家电网公司直流建设分公司在国家电网公司的坚强领导下，落实科学发展观，致力于建设资源节约型、环境友好型社会，并以特高压直流示范工程建设为着力点，大力推行精益化管理、标准化建设，努力提升直流工程专业化管理水平。

为了总结、借鉴和规范特高压换流站施工方案，国家电网公司直流建设分公司组织有关专业技术人员，在特高压换流站施工方案实践的基础上，结合换流站工程的特点与发展趋势编写了《特高压换流站大型设备典型施工方案》（以下简称《方案》），《方案》包括特高压换流站的换流变压器、换流阀、干式平波电抗器、换流阀冷却系统、交流 GIS、交流滤波电容器六个大型设备的典型施工方案。

《方案》立足于特高压换流站工程实施经验，对现场有关实施方案进行了总结、优化和提升，指出了相应施工工艺重点、工序衔接、特殊措施等注意事项，形成了较全面且具有实际指导意义的方案范本，是今后换流站建设施工方案的蓝本。它的出版，将进一步促进工程施工工艺的标准化建设。

限于编者水平，书中差错在所难免，请读者批评指正。使用中如有意见和建议，请向国家电网公司直流建设分公司反馈，以便今后修正，同时对参与本书编写的单位和个人表示感谢！



目 录

前 言

1	换流变压器典型施工方案	1
1.1	编制说明	1
1.2	工程概述	1
1.3	施工组织	1
1.4	施工流程及工序说明	3
1.5	质量控制措施	10
1.6	安全文明施工要求	11
2	换流阀典型施工方案	18
2.1	编制说明	18
2.2	工程概述	18
2.3	施工组织	19
2.4	施工流程及工序说明	19
2.5	质量控制措施	27
2.6	安全文明施工要求	27
3	干式平波电抗器典型施工方案	30
3.1	编制说明	30
3.2	工程概述	30
3.3	施工组织	32
3.4	施工流程及工序说明	33
3.5	质量控制措施	42
3.6	安全文明施工要求	42
4	换流阀冷却系统典型施工方案	47
4.1	编制说明	47
4.2	工程概述	47
4.3	施工组织	48
4.4	施工流程及工序说明	49
4.5	质量控制措施	55
4.6	安全文明施工要求	56
5	交流 GIS 设备典型施工方案	59
5.1	编制说明	59

5.2	工程概述	59
5.3	施工组织	59
5.4	施工流程及工序说明	60
5.5	质量控制措施	72
5.6	安全文明施工要求	72
6	交流滤波电容器典型施工方案	76
6.1	编制说明	76
6.2	工程概述	76
6.3	施工组织	76
6.4	施工流程及工序说明	77
6.5	质量控制措施	81
6.6	安全文明施工要求	81
附表	职业安全风险分级表	85

换流变压器典型施工方案

1.1 编制说明

1.1.1 编制依据

- (1) 《中华人民共和国工程建设标准强制性条文（电力工程部分）》（2006 版）。
- (2) 《电力建设安全工作规程（变电所部分）》（2009 版）。
- (3) 国家电网公司企业标准 Q/GDW248—2008《输变电工程建设标准强制性条文实施管理规程》。
- (4) 《国家电网公司电力安全工作规程（变电部分）》（2009 版）。
- (5) 《国家电网公司电力建设安全健康与环境管理工作规定》（2008 版）。
- (6) 国家电网公司企业标准 Q/GDW255—2009《±800kV 换流站大型设备安装施工工艺导则》。
- (7) 国家电网公司企业标准 Q/GDW217—2008《±800kV 换流站施工质量检验及评定规程》。
- (8) 国家电网公司企业标准 Q/GDW219—2008《±800kV 换流站直流高压电器施工及验收规范》。
- (9) 设计图纸。
- (10) 厂家安装使用说明书。

1.1.2 适用范围

适用于直流输电系统特高压换流站换流变压器的安装。

1.2 工程概述

本方案以特高压 ±800kV 向—上直流输电示范工程奉贤换流站为例，安装 24 台工作换流变压器，4 台备用换流变压器，共 28 台。每极安装 YNy 接线及 YNd 接线的换流变压器各 2 组，每组换流变压器均由 3 台单相油浸式双绕组换流变压器组成，换流变压器采用 BOX-IN 的封闭安装形式，阀侧套管直接插入阀厅。

1.3 施工组织

1.3.1 安装人员配置

为保证换流变压器安装工作安全、有序地进行，项目部应成立专门的工程小组。人员分工参考表 1-1。

表 1-1

换流变压器安装人员配置表

序号	职 务	负责项目或人数	主要工作职责
1	项目经理	安全第一责任人、总协调人	负责整体协调所有安装中的问题
2	项目总工	技术、质量总负责	组织技术方案编审、施工方案讨论、技术交底
3	技术员	技术负责人	编写施工技术方案、现场技术指导
4	专职质量员	质量负责人	负责质量检查工作
5	专职安全员	安全负责人	负责现场安全工作
6	安装班组长	施工负责人	负责换流变压器所有附件的清点、检查和安装工作，参与器身内检，负责换流变压器移位后的固定、接地及封堵工作
7	起重班组长	起重总指挥	负责换流变压器安装过程中的所有起重作业的施工与策划
9	就位班组长	就位负责人	负责换流变压器从安装位置移位至运行位置的工作
10	油务班组长	油务负责人	负责换流变压器油的过滤、换流变压器本体真空注油及注油后的密封检查、热油循环等油务工作
11	试验班组长	试验负责人	负责换流变压器的各项电气试验。包括套管试验、升高座试验、绝缘油试验、器身绝缘试验、整体交接试验等
12	电缆班组长	电缆负责人	负责换流变压器的电缆敷设、二次接线工作
13	降噪班组长	降噪负责人	负责换流变压器降噪设施安装工作
14	兼职安全员	5~7人	负责现场施工安全工作
15	安装组成员	11~13人	负责换流变压器附件的安装
16	起重组成员	2~4人	负责换流变压器附件的安装
17	就位组成员	5~7人	负责换流变压器附件的安装
18	油务组成员	5~7人	负责换流变压器附件的安装
19	试验组成员	2~4人	负责换流变压器附件的安装
20	电缆组成员	5~7人	负责换流变压器附件的安装
21	降噪组成员	3~5人	负责换流变压器附件的安装
22	配合人员	11~13人	负责配合安装组的工作
23	材料组成员	1~2人	负责材料到货、接收，配合安装
24	机具组成员	1~2人	负责机具配置，配合安装

1.3.2 施工组织机构

换流变压器安装施工组织机构如图 1-1 所示。

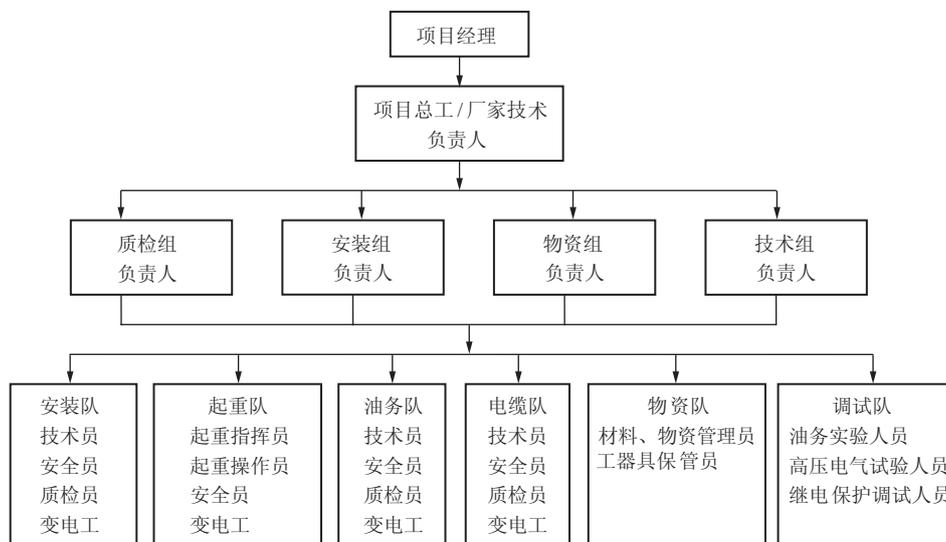


图 1-1 换流变压器安装施工组织机构图

1.4 施工流程及工序说明

1.4.1 方案选择

方案一：在安装位置安装并试验结束后，进行移位工作。

方案二：附件安装结束后，充注干燥空气并立即安排换流变压器移位。然后进行抽真空、注油、热油循环、静放及试验工作。

为避免安装过程受场地限制而交叉影响，推荐使用方案二。

1.4.2 典型流程

方案一的单台换流变压器安装工作流程（正常主体安装需 29d）如图 1-2 所示。

方案二的单台换流变压器安装工作流程（正常主体安装需 21d）如图 1-3 所示。



图 1-2 换流变压器安装流程图（方案一）

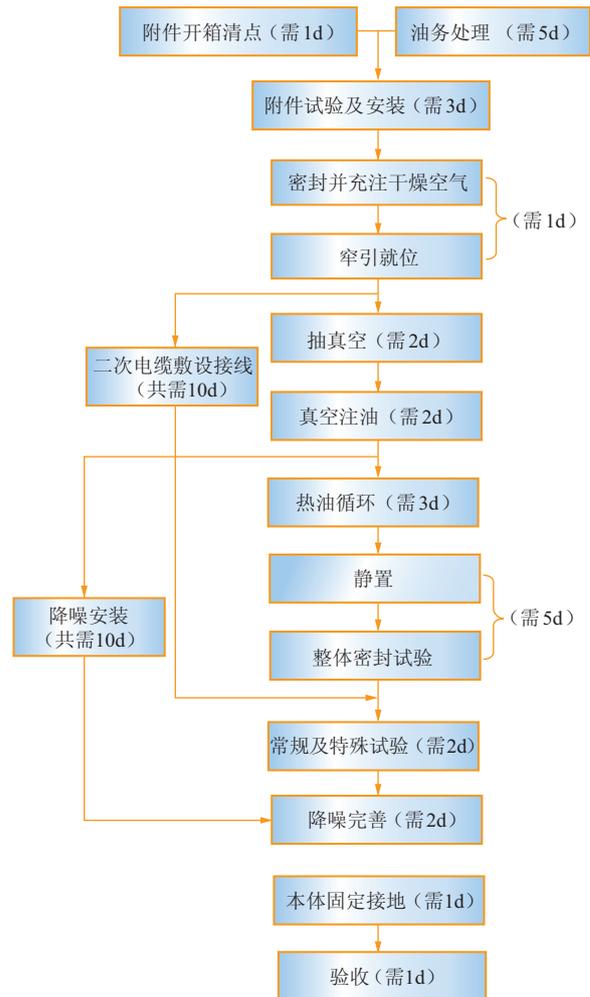


图 1-3 换流变压器安装流程图（方案二）

1.4.3 典型资源投入

以方案二为例，换流变压器安装资源投入可参考表 1-2。

表 1-2

换流变压器安装资源要求计划表

计划时间	工作内容	人力及主要机械投入	备注
第 1 天	①设备开箱清点；②爬梯安装；③ 3 组散热器安装；④本体油枕及呼吸器安装；⑤有载开关油枕、控制箱及滤油机安装；⑥温控器及油位表安装；⑦电缆桥架安装；⑧升高座试验；⑨套管试验	共投入 3 个作业组共计 18 人,设备开箱、附件清点组 5 人,试验组 3 人,附件安装组 10 人,25t 吊车 2 台,升降车 1 台	油到货后,油务组始终维持 4 人不间断处理,滤油机 1 台
第 2 天	①破真空取出内部冲撞仪进行判断；② 2 套有载开关罩体安装及管道连接；③网侧升高座及套管安装；④中性点升高座及套管安装	附件安装组 12 人, 25t 吊车 1 台, 8t 吊车 1 台, 干燥空气发生器 1 台, 升降车 1 台	天气满足条件
第 3 天	①阀侧升高座 a、b 安装；②阀侧套管 a、b 安装；③抽真空管道连接	附件安装组 12 人, 25t 吊车 1 台, 8t 吊车 1 台, 升降车 1 台, 干燥空气发生器 1 台	天气满足条件
第 4 天	移位		
第 5 ~ 6 天	①开始抽真空；② 100Pa 后开始进行泄漏率检测 (共需约 7h)；③维持 36h, 注油前真空度达到 30Pa；④二次汇控箱固定	抽真空组 6 人, 零散附件安装组 6 人, 真空泵 1 台	
第 7 ~ 8 天	①真空注油；②本体油枕补油；③本体电缆开始敷设	油务组 4 人, 电缆敷设组 6 人, 滤油机 1 台	油速不应大于 100L/min
第 9 ~ 11 天	①热油循环；②第 10 天开始降噪设施安装 (共需 10d)；③本体电缆敷设及二次接线	油务组 4 人, 电缆敷设组 6 人, 降噪设施安装组 12 人, 滤油机 1 台	油速不应大于 100L/min
第 12 ~ 16 天	①静放；②本体电缆二次接线第 14 天结束；③第 12 天套管充注 SF ₆ 气体；④第 13 ~ 14 天开始进行常规试验；⑤第 15 ~ 16 天开始静压检漏；⑥降噪设施继续安装	电缆敷设及二次接线组 6 人, 降噪设施安装组 12 人, 试验组 3 人	
第 17 ~ 18 天	局放试验		停止其他工作
第 19 ~ 20 天	降噪设施完善	降噪设施安装组 12 人	
第 21 天	本体固定接地	接地组 6 人	

1.4.4 控制要点

(1) 注入换流变压器本体内的油和经循环处理后的油主要指标按照以下标准控制：

- 1) 击穿电压不小于 70 kV/2.5mm。
- 2) 含水量不大于 8mg/L。
- 3) 90℃介质损失角正切不大于 0.5%。
- 4) 颗粒度不应大于 1000/100mL (5 ~ 100μm 颗粒, 无 100μm 以上颗粒)。

(2) 需要本体露空安装附件时, 环境相对湿度必须符合规范及厂家要求, 并适量补充干燥空气以保持微正压。每次宜只打开一处, 并用塑料薄膜覆盖, 连续露空时间不超过厂家规定值, 每天工作结束必

须补充干燥空气直到压力达到厂家规定值。

(3) 换流变压器运行位置轴线必须进行核对，满足与阀厅内的电气连接距离要求。

(4) 换流变压器在交叉施工过程中，要注意在降噪安装、消防管道安装、套管封堵、局放试验、配合调试等方面加强沟通和配合，并采取必要的防护措施。

(5) 有载开关罩体、网侧升高座安装是高端换流变压器安装的重要危险点之一，为防止螺栓、垫片等小物件掉入罐体内，在安装时采用细纱网进行隔挡。

(6) 吊装作业多，特别是阀侧升高座和套管的吊装是换流变压器安装的重点和难点，吊车指挥和吊车司机以及内部人员之间应密切配合，信号传递应及时可靠，吊车动作应缓慢。

1.4.5 施工准备

1.4.5.1 现场布置

包括换流变压器油过滤及真空处理设施、附件和吊车等。

1.4.5.2 技术准备

换流变压器试验合格证明书，包括电气试验、附件试验和换流变压器油试验合格证明书；换流变压器安装说明书；换流变压器安装作业指导书；施工图纸；换流变压器保管记录，包括充干燥气体保管压力（换流变压器充气运输的气体保管压力应保持为 0.02 ~ 0.03MPa，气体的露点应低于 -40℃）；记录和运输过程冲击记录仪记录数据检查（三维冲击记录均必须小于 3g）。按要求进行作业指导书的编审批并进行技术交底。

1.4.5.3 人员组织

安排安装、试验负责人，技术负责人（含厂家技术服务人员），安全、质量负责人，安装、试验人员。

1.4.5.4 机具、材料准备

按单台换流变压器考虑，安装换流变压器机具及材料的需求如表 1-3 所示。若同时安装 2 台及以上则应按台数加倍配置。

表 1-3 换流变压器机具及材料需求清单

序号	名称	规格	单位	数量
1	真空滤油机		台	1
2	压力式滤油机		台	2
3	汽车式起重机	25t	台	1
4	汽车式起重机	8t	台	1
5	12m升降车		台	1
6	干燥空气发生器		台	1
7	电子真空计		台	1
8	真空泵	70L/s	台	2
9	温度湿度表	0~100%，-30~+90℃	块	1
10	力矩扳手	M10、M12、M16、M20等	套	各1
11	普通紧固工具	M10、M12、M16、M20等	套	各1
12	起吊用具	3、5、8t尼龙吊绳及专用吊具	套	各1

续表

序 号	名 称	规 格	单 位	数 量
13	油质试验设备	耐压、介损	套	1
14	移动脚手架	6m	组	2
15	烘箱		台	1
16	油罐	20t	个	10
17	尼龙耐真空油管		m	50
18	兆欧表	2500V, 2500MΩ; 500V, 2000MΩ; 1000V, 2000MΩ	只	各1
19	高压试验设备		套	1
20	干粉灭火器		套	1
21	其他用品：塑料布、防油服、手电筒、丙酮、白布等			

1.4.6 开箱检查

换流变压器本体运输压力、冲击记录应符合要求，残油试验须合格。

附件无损坏，数量齐全，满足下一步安装要求。

1.4.7 附件试验及安装

1.4.7.1 密封处理

(1) 所有法兰连接处必须用耐油密封垫（圈）密封，密封垫（圈）必须无扭曲、变形、裂纹和毛刺，密封垫（圈）必须与法兰面的尺寸相配合。

(2) 现场安装必须使用全新的密封垫（圈）。

(3) 法兰连接面必须平整、清洁，密封垫（圈）必须擦拭干净，安装位置必须正确。

1.4.7.2 冷却器安装

(1) 外观检查无变形，法兰端面平整。

(2) 油泵转向必须正确，转动时必须无异常噪声、振动或过热现象，其密封必须良好，无渗油或进气现象。

(3) 风扇电动机及叶片必须安装牢固，且必须转动灵活、无卡阻，转向必须正确。

(4) 油流继电器密封良好，动作可靠。

(5) 管路中的阀门必须操作灵活，开闭位置正确，阀门及法兰连接处必须密封良好。

(6) 外接管路内壁清洁，流向标志正确。

1.4.7.3 储油柜安装

(1) 检查内部清洁、无杂物。

(2) 胶囊或隔膜清洁、无变形或损伤。

(3) 胶囊口密封后无泄漏，呼吸畅通。

(4) 油位计反映真实油位，不得出现假油位。

1.4.7.4 升高座安装

(1) 检查接线端子外观，应牢固，无渗漏油现象。

(2) 绝缘筒装配正确、不影响套管穿入。

(3) 法兰连接密封良好，连接螺栓齐全、紧固。

(4) 阀侧升高座安装需利用链条葫芦调整角度，吊装时本体内外人员应加强配合和沟通。网侧升高座安装如图 1-4 所示，阀侧升高座安装如图 1-5 所示。



图 1-4 网侧升高座安装



图 1-5 阀侧升高座安装

1.4.7.5 套管安装

(1) 套管必须清洁、无损伤、油位或气压正常。

(2) 套管内穿线顺直、不扭曲。

(3) 套管吊装顶端利用厂家专用吊板，阀侧套管安装需利用链条葫芦调整角度。

(4) 引线与套管连接处螺栓紧固，密封良好。

网侧套管安装如图 1-6 所示，阀侧套管安装如图 1-7 所示。



图 1-6 网侧套管安装



图 1-7 阀侧套管安装

1.4.7.6 呼吸器安装

(1) 连通管必须清洁、无堵塞，密封良好。

(2) 油封油位满足产品技术要求。

(3) 变色硅胶必须干燥，颜色正常。

1.4.7.7 有载调压开关检查

(1) 操动机构固定牢固，连接位置正确，操作灵活，无卡阻现象，传动部分涂以适合当地气候条件的润滑脂。

(2) 切换开关接触良好，位置指示器指示正确。

1.4.7.8 压力释放阀安装

(1) 压力释放装置的安装方向正确，阀盖和升高座内部清洁，密封良好。

(2) 电触点动作准确，绝缘良好。

1.4.7.9 气体继电器安装

继电器安装位置正确，连接面紧固、受力均匀，无渗漏。

1.4.7.10 温度计安装

顶盖上的温度计插座内介质与箱内油一致，密封良好，无渗油现象；闲置的温度计座密封良好，不得进水。

1.4.7.11 在线滤油机安装

滤网、机械部件检查完好。

1.4.8 抽真空

(1) 注油前换流变压器必须进行真空干燥处理。

(2) 真空残压符合产品说明书的要求，产品无规定时，应不大于 133Pa，持续抽真空时间符合厂家要求。抽真空时，监视并记录油箱变形程度值，其最大值不得超过壁厚的 2 倍。

(3) 抽真空时利用厂家专用工装，进行套管、有载开关处的连接同时抽真空。

1.4.9 真空注油

(1) 在真空注油前，绝缘油必须经试验合格后方可注入换流变压器、油浸式平波电抗器中。

(2) 注入油的油温宜高于器身温度，注油速度必须满足厂家规定，如厂家没有规定，则不宜大于 100L/min。

(3) 真空注油时根据厂家资料的规定，打开或关闭相应的阀门。

(4) 油面距油箱顶的距离约为 200mm 时，停止注油或按制造厂规定执行，真空注油量和破真空方法应符合产品说明书要求，阀侧套管升高座和调压开关油箱注油按产品技术条件要求进行。

(5) 补充油至合格位置。

1.4.10 热油循环

(1) 换流变压器、油浸式平波电抗器按照厂家要求进行热油循环，热油循环时，油温、油速以及热油循环的时间符合产品技术规定。

(2) 热油循环过程中，滤油机的出口温度应符合产品技术规定。热油循环时的进出油管道与滤油机的连接如图 1-8 所示。

(3) 热油循环时间符合产品技术规定。

(4) 热油循环结束后，关闭注油阀门，开启所有组件、附件及管路的放气阀排气，当有油溢出时，立即关闭放气阀。静置 48h 后，再次排气。

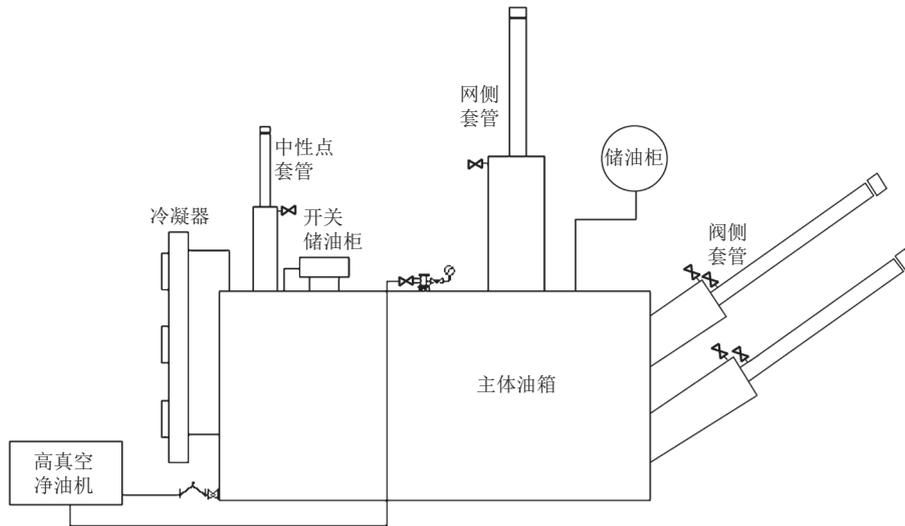


图 1-8 热油循环时的进出油管道与滤油机的连接

1.4.11 静置

静置时间应符合产品技术规定。

1.4.12 整体密封试验

- (1) 试验压力和时间符合制造厂的规定。
- (2) 所有焊缝及结合面密封无渗漏。

1.4.13 油试验

- (1) 换流变压器安装完成并静置后，须取油样进行试验，合格后方可进行特殊试验。
- (2) 换流变压器进行特殊试验后，须取油样进行试验，合格后方可进行下一步工作。

1.4.14 常规试验、特殊试验

常规试验和特殊试验合格。

1.4.15 牵引就位

(1) 换流变压器、油浸式平波电抗器通过对称的千斤顶顶升来安装或解除运输小车，千斤顶均匀升降，确保本体支撑板受力均匀，千斤顶顶升位置必须符合产品说明书的要求，千斤顶顶升和下降过程中本体与基础间必须实施有效的垫层保护。换流变压器顶升如图 1-9 所示。

(2) 通过牵引设备和滑车组牵引平移换流变压器、油浸式平波电抗器，牵引位置必须符合厂家要求，地面牵引固定点和牵引设备布置合理，牵引过程平稳，牵引速度不超过 2m/min，运输轨道接缝处要采取有效措施，防止产生震动、卡阻。换流变压器牵引就位如图 1-10 所示。

(3) 如通过液压顶推装置平移换流变压器、油浸式平波电抗器，运输小车或本体推进受力点必须符合厂家要求。

(4) 严格控制换流变压器、油浸式平波电抗器就位尺寸误差，位置及轴线偏差必须符合产品技术规定，并满足阀厅设备安装对换流变压器套管位置的要求。



图 1-9 换流变压器顶升



图 1-10 换流变压器牵引就位

1.4.16 本体固定、接地

- (1) 本体及基础牢固。
- (2) 设备接地引线与主接地网连接牢固、可靠，导通良好。
- (3) 铁芯和夹件接地引出套管牢固，导通良好。
- (4) 套管末屏牢固可靠，导通良好。

1.4.17 验收

按照相应验收规范对换流变压器整体安装情况进行实体及资料验收，应做到资料齐全、规范，工艺美观，外观清洁，实体质量满足相应规范要求。换流变压器整体安装效果如图 1-11 所示。



图 1-11 换流变压器整体安装效果

1.5 质量控制措施

换流变压器安装过程中严格按照国家电网公司针对本工程的创优策划执行，确保换流变安装后的工艺质量满足创优标准。在施工过程中严格执行本工程《创优实施细则》、《强制性条文实施计划》以及《质量通病防治措施》中的相关内容。