

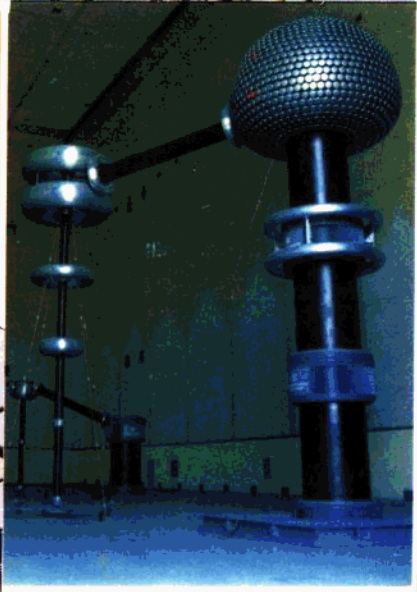
高压开关出厂 与现场试验



曹华实 编著



水利电力出版社



GAO YA KAI GUAN CHU CHANG YU XIAN CHANG SHI YAN

高压开关出厂与现场试验

曹华实 编著

水利电力出版社

(京)新登字 115 号

内 容 提 要

本书主要叙述高压开关设备出厂与现场试验中的试验方法、涉及的基本概念以及所需要的基础知识。全书共分十七章,内容包括:绪论、结构检查、机械操作试验、时间特性测量、速度特性测量、导电回路电阻测量、工频高电压试验、低电压耐受试验、一般绝缘试验、互感器试验、六氟化硫电器漏气量的检测、六氟化硫电器气体含水量的测量、六氟化硫电器内部气体的充入与回收、常用测量指示仪表、较量仪器、光线示波器的原理与使用、测量与数据处理的基本知识。

本书主要供从事高压开关设备出厂与现场试验的人员阅读,同时可供高压电气设备制造厂和电力部门有关工程技术人员参考。

高压开关出厂与现场试验

曹 华 实 编 著

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

地矿部航空物探遥感中心制印厂印刷

787×1092毫米 16开本 23.5印张 531千字

1993年12月第一版 1993年12月北京第一次印刷

印数 0001—4000册

ISBN 7-120-02036-6/TM·548

定价 23.00元

前 言

高压开关试验是一门重要的电气试验技术,它不仅在高压开关设备制造工厂进行新产品研制和检验生产产品的质量中起着重要作用,而且在电力部门,为了保证电网安全运行,也必须应用高压开关试验这一手段来检验在现场运行的高压开关设备的质量情况。随着我国电力工业的不断发展,也将对高压开关试验技术提出更高的要求。

高压开关试验技术涉及的知识面很广,可是到目前为止,国内还没有一本比较全面、系统地介绍高压开关试验的书,所以作为一位试验工作者有责任大胆地去尝试这项工作。本着这种想法,作者根据自己多年工作实践经验,参阅许多有关资料,编写了这本《高压开关出厂与现场试验》一书。高压开关试验主要包括机械特性、密封性能、长期工作发热、动热稳定、高压绝缘、开断能力等试验项目。本书所叙述的内容只是全部试验技术中的一部分,主要介绍高压开关出厂试验和现场试验中所要进行的试验项目、试验方法以及需要的基础知识,可供在开关制造厂从事产品出厂试验和在电力部门从事现场试验的人员阅读。同时也可以供从事高压开关研制工作的人员以及其他有关人员参考。

本书所涉及的试验项目中的试验方法都是最基本的试验方法,对于一些特殊的和应用电子计算机技术进行控制或测量的试验方法没有引入。常用测量指示仪表、较量仪器和光线示波器的原理与使用等方面的内容是一个开关试验工作者必须掌握的知识,由于考虑内容的层次关系,故将这些内容编排在书中后面的第十四章、第十五章、第十六章,对于刚从事电气试验工作而又缺乏这些知识的人员,可以先阅读这几章的内容。

在本书的编写过程中,得到高压电器行业的前辈、高级工程师周仲民,高压电器行业前辈、河南省人大副主任、高级工程师秦科才,平顶山高压开关厂有关领导和高压电器专家及有关人士徐树龙、张炳文、徐贤忠、宋祖鞭、兰思习、王秉仁、章传敏、常柏仁、张桂亮、谢代之,沈阳高压开关厂高压开关试验专家丛国崑、王从东、王希久,以及李卓忠等同志的鼓励、支持和帮助,在此特向以上同志表示衷心感谢。

本书的出版得到深圳保平电力设备贸易公司的赞助,该公司主要经营电力及高压输变电设备,在此也特向该公司表示衷心感谢。

由于作者的知识水平有限,本书肯定存在许多缺点和错误,希望广大读者予以批评指正。

作者

1993年7月

目 录

前 言	
第一章 绪论	1
第一节 高压开关试验的意义及特点	1
第二节 试验的分类及内容	3
第三节 型式试验和产品试验室	6
第四节 出厂试验	7
第五节 现场试验	9
第六节 试验的安全知识	9
第二章 结构检查	11
第一节 外观检查	11
第二节 机械尺寸检查	11
第三章 机械操作试验	15
第一节 机械操作试验的含义	15
第二节 高压断路器的机械操作试验项目	16
第三节 机械操作试验的控制线路	19
第四节 高压断路器机械操作试验的步骤与方法	30
第五节 隔离开关与接地开关的机械操作试验	37
第四章 时间特性测量	40
第一节 时间参量的定义与测量项目	40
第二节 用电秒表测量时间的方法	44
第三节 电磁铁的时间特性	49
第四节 用光线示波器测量时间的方法	53
第五节 带并联电阻断路器时间特性的测量	62
第五章 速度特性测量	68
第一节 概述	68
第二节 电磁振荡器测速方法	70
第三节 转鼓式测速方法	73
第四节 机械接触式行程滑块测速方法	76
第五节 光栅测速法	82
第六节 电位器测速法	88
第六章 导电回路电阻测量	92
第一节 电接触的基本概念	92

第二节	导电回路电阻的测量	96
第七章	工频高电压试验	101
第一节	概述	101
第二节	试验变压器的结构和种类	101
第三节	试验变压器的电压和容量	102
第四节	串级高压试验变压器	104
第五节	试验变压器的电抗及试验时的过电压	105
第六节	调压设备	115
第七节	超前无功功率的补偿和串联谐振试验变压器	121
第八节	测量球隙	124
第九节	试验的进行	129
第八章	低电压耐受试验	133
第一节	试验设备	133
第二节	操作方法	134
第九章	一般绝缘试验	136
第一节	线圈试验	136
第二节	绝缘电阻的测量	139
第三节	绝缘油的电气强度试验	143
第四节	直流泄漏电流试验	145
第五节	介质损失角正切值的测量	149
第十章	互感器试验	166
第一节	互感器试验的有关规定	166
第二节	电位差式互感器校验仪	170
第三节	比较仪式互感器校验仪	181
第四节	用校验仪校验互感器	190
第五节	用电表法校验互感器	197
第十一章	六氟化硫电器漏气量的检测	201
第一节	概述	201
第二节	LF-型 SF ₆ 气体检漏仪	202
第三节	BBC-61-I 型检漏仪	207
第四节	MC-SF ₆ DB 型 SF ₆ 气体检漏仪	212
第五节	标准气样的配制与校准曲线	218
第六节	定量检测的方法	221
第十二章	六氟化硫电器气体含水量的测量	227
第一节	基本概念	227
第二节	水分的控制	231
第三节	微量水分测量方法	234

第四节	USI-1A 型水分仪及测量方法	235
第五节	SHAW 露点仪	244
第六节	几个问题的讨论	245
第十三章	六氟化硫电器内部气体的充入与回收	249
第一节	充入与回收 SF ₆ 气体的方法和设备	249
第二节	压缩机	253
第三节	真空泵	258
第四节	真空的基本概念及测量	262
第十四章	常用测量指示仪表	266
第一节	电气测量仪表的一般知识	266
第二节	磁电系仪表	274
第三节	万用表	281
第四节	电磁系仪表	290
第五节	电动系仪表	295
第六节	兆欧表	303
第十五章	较量仪器	305
第一节	度量器	305
第二节	直流单电桥	308
第三节	直流双电桥	311
第四节	交流电桥	313
第五节	直流电位差计	320
第十六章	光线示波器的原理与使用	324
第一节	光线示波器的基本测量原理	324
第二节	振动物子	326
第三节	记录方式及线速度概念	335
第四节	SC16 型光线示波器	338
第五节	光线示波器的测量误差	351
第六节	分流及附加电阻箱	353
第十七章	测量与数据处理的基本知识	357
第一节	测量与仪器的准确度	357
第二节	有效数字	358
第三节	误差的基本理论	360
第四节	图解法	366
参考文献	368

第一章 绪 论

第一节 高压开关试验的意义及特点

由认识论的内容可知,任何科学都必须以实践作为依据,从而建立起系统的理论,这些理论又必须再由实践来检验,在检验的过程中去伪存真,其结果是使人们对事物的认识又提高了一步,以便更好地指导人们的实践,这样的过程经过无穷的循环,使人类永远朝着科学的高峰攀登。

人们研究自然界事物的方法有两种,一种是直接观察自然界中所发生的各种现象以及各种现象之间的联系,从而找到它们的规律。但是,任何自然现象都必须在一定时间和一定条件下才能够发生,加之当一种自然现象发生时,往往不是单一的存在,而是伴随着一系列其它现象,构成一种极其复杂的自然现象,这种现象就使得直接观察存在许多困难。因此,为了寻找各种自然现象之间最本质的联系,或者要探求某一条件对某一种自然现象的影响(即依存关系),人们就要采取另一种研究方法,即用人为了的方法设置类似于自然条件的条件,使某一种自然现象能在人为的作用下呈现,以便人们随时可以观察,并且在观察的过程中加入和清除某些条件,以便观察某些现象的变化。然后进行分析和理论研究,找出各种现象间的规律和数量关系,这种人为的观察各种现象的作法就叫做实验。实验是揭露自然界秘密的不可缺少的手段,它对人类生产和科学事业的发展起着重大的作用。实验手段对于科学研究、工农业生产以及其它各领域都是不可缺少的。在汉语词义和习惯上,人们常把物理、化学、生物等基础学科中的人为探讨自然现象奥秘的方法称为实验,而在一些应用科学中,特别是机电工程中,常把实验叫做试验。

一种机械产品的出现,首先是设计者以前人积累的经验、理论、计算公式(方法)为依据,再注入设计者自己的聪明才智和创造能力,进行图纸设计,然后按照一定工艺方法加工、制造,直至装配成产品。这种新设计的机械产品的性能到底如何,是否达到设计者所预想的目的,这就得依靠一种手段进行检验,这种检验机械产品性能的过程和方法就是产品试验。由此可知,在机械工业中也离不开科学实验这种观察事物的方法。人们通过试验,观察机械产品在类似于运行条件下所发生的现象和规律,不仅验证了已经设计完成的产品的性能,而且不断充实和丰富了与该产品有关的基础、专业理论,同时对该产品的生产、其它产品的发展以及科学研究工作都起着重要作用。

对于一般的机械产品来说,当一种新产品的样机设计、制造成以后,通过直接运转、使用就能够得到一系列有关其性能的特征,同时可以直观地或者只是通过普通的计量检测方法进行检验,就能对产品的性能作出结论和评价。这些机械产品在试验室进行检验的工作内容不十分复杂。但对于电气产品(尤其是高压开关产品)的试验就不是一件简单的事情了。因为高压开关本身的职能和使用条件的特殊性,若要依靠实际使用来反映出它的全部或大部分性能,那将是很难以办到的。例如,高压断路器这种主要高压开关产品,它的任务之一是当电力网中遇到自然界的雷击或者人为造成的短路现象时,在所产生的强大短路电流情况

下，能够顺利地切断线路电源，以保证电力系统的安全。可是在电力系统中的每一条输电线路和每一个地点，这种短路现象不是经常出现的，因为人们不愿意并且尽量设法防止这种现象出现，这种现象一旦出现就有发生各种设备和人身事故的可能性，从而造成重大的经济损失。有时即使产生短路现象，但所产生的短路电流值与断路器能够开断的最大电流值相比较往往小得多，这时断路器就是成功地开断这种较小的电流，也不能验证这种产品在开断性能方面的最大值。此外，产品在运行中即使遇到人们所需要的研究现象，也只能凭人们的感觉器官观察到，很难应用科学仪器观察、测量和记录，这样就得不到进一步研究与分析这种现象的充分依据。再者，研究问题还有时间问题，高压断路器如果依靠在实际使用中收集所需要的研究资料和数据，那将是长时间的事情，达不到在很短时间能够对产品性能作出判断和评价的要求。上面所述，说明一个问题，即要想了解一种高压开关产品的性能，主要依靠科学实验的方法来达到，也就是说，高压开关产品的性能，主要通过试验室中模拟自然条件和产品的运行条件，进行大量的试验研究工作而得到。因此，产品试验工作在高压开关制造及使用中占有十分重要的位置。

而且一般的机械产品的发展历史与高压电器相比较长得多，人们通过实践已经积累了丰富、成熟的专业基础理论、技术数据、计算公式等，可供产品设计者使用，使得设计出来的产品比较容易达到预想的效果。而高压电器这门专业的发展历史仅有七十多年的时间，因此，到目前为止，有关高压电器的专业理论书籍和技术资料非常缺乏，并且很不成熟。现有的高压电器专业著作中，假设未知条件占较大篇幅，有关高压电器设计方面内容，例如电弧理论、导体发热、电磁场、电动力、液压机构等方面的计算，大多数采用的是一些近似的经验公式。根据这样的理论和计算方法设计出来的产品图纸，再加上制造中所用的材料种类多、工艺复杂等因素，使制造出来的产品的性能与设计者预想的差别不但比一般机械产品大得多，就是与发电机和变压器这些相接近的电工产品相比，也要大得多。高压电器与低压电器相比较，它们的共同点是都存在电弧这种自然现象，这也是其它电工产品不具备的，而电弧这种自然现象的本质还是有待于从事电器专业研究工作的人员努力探讨的重要科学领域。高压电器与低压电器也有很大区别，由于两者的工作电压范围有差别，使它们的原理、结构都有着本质上的区别。即使是对高压电器本身而言，当研究的产品电压等级较高时，又将出现许多新的研究课题。正是由于上述原因，一种高压电器产品在研制过程中要进行大量的、项目繁多的试验研究工作，并且要经过许多次修改，才能得到一种较为满意的新产品。一台大中型高压电器产品，从设计到试制成功，再到投入生产，通常需五年以上的时间。高压电器产品在体积、重量和价格上虽然不及大型发电机和变压器等电工设备，但是在研制周期和技术复杂程度上都能赶上它们。

由于高压电器具有使用环境特殊，试验项目多、工作量大，试验周期长等特点，使得高压电器产品试验室无论是在试验厂房规模、建设资金、设备参数上，还是在所需试验人员的数量方面，都是其它机械工厂的试验室不可比拟的。也正是由于高压电器产品在试验工作上要耗费大量资金，再加上所用的原材料成本较高，所以高压电器产品的价格也算是昂贵的。

第二节 试验的分类及内容

高压电器试验的任务概括来说就是检验该种产品的机械、电气和其它一些技术物理性能是否符合有关技术标准的要求。根据被试产品的性质和试验目的，高压电器试验分为型式试验、出厂试验、现场试验、研究性试验等四种。下面说明各种试验的试验目的和内容。

型式试验是以各种试验手段对产品的性能进行全面检验，视其试验结果是否满足有关国家标准、产品技术条件以及其它技术文件的要求。型式试验最主要的对象是新产品，其次是某些情况下生产的老产品。

所谓新产品是指与老产品比较在技术指标、性能、结构、规格上有显著差异的产品，或者说是指在新原理、新结构、新性能、新用途等各项新的特点中，具有其中一项或多项特点的产品。新产品根据设计方式和图纸来源一般可分如下几种：

(1)全新的产品。是指与国内市场上已有的产品相比较，采用了新原理、新结构、新技术等全新设计的产品，或者是填补国内空白的产品。

(2)转厂生产的新产品。产品的图纸是外来的，或者是联合设计标定的图纸。此类产品对市场来说不是新产品，对本地区和本企业来说还是新产品。

(3)仿制国内外样机的新产品。图纸主要是通过测绘样机而来，同时根据企业实际情况或当前国情，在结构、性能等方面有所改进的产品。

(4)更新换代的新产品。在企业已有的产品的基础上，采用局部改进或重新设计使性能有显著提高的新产品。

全新新产品进行型式试验的目的是考核产品的设计、原理、结构是否合理，产品性能是否达到设计任务书的要求，同时考核工艺和生产管理水平是否满足要求。转厂生产新产品的试验目的主要是考核新生产企业的工艺、生产能力、管理水平是否能保证产品性能满足原设计的要求。仿制新产品的试验目的是除考核企业的生产能力外，还考核在某些方面所做的改进是否合理。更新换代新产品的试验目的主要是考核产品性能比原来老产品是否提高了。

除了新产品在制造出样机以后必须进行型式试验以外，对于生产的老产品，在以下情况下也必须进行型式试验。

(1)企业经常生产的产品每隔若干年，以及原来已成批生产的产品停止若干时间没有生产，再恢复生产时；

(2)因产品结构、工艺、材料局部改进，而怀疑对产品性能产生影响时；

(3)在产品生产过程和出厂试验中发现产品质量有重大问题时。

上面三种情况的老产品的型式试验目的是：第一种是考核工艺和生产条件的稳定性；第二种是考核各种改进对产品性能是否影响以及影响的程度如何；第三种是检验生产过程中发生的产品质量问题到底是局部的、偶然的，还是这种产品都存在。

高压电器产品的种类、型号是多种多样的，对不同种类、型号、规格、用途的产品，所要求进行的型式试验项目的内容也不相同，同时试验项目内容是随着科学技术水平的发展而

发展的。在目前科学技术水平条件下,对各种高压电器产品进行的型式试验项目如表 1-1 所示。

高压断路器是高压电器中的主要产品,表 1-1 中所列的型式试验项目必须全部进行。高压隔离开关等产品的型式试验项目中一般没有开断能力这一项目。同一种类型的不同型号、不同规格的产品的同一试验项目,在试验时也有不同的要求及不同的试验方法。所以每一种高压电器产品都要根据各自的特点,在试验室的试验条件允许时,制定出各种产品的型式试验项目和试验大纲,以供该产品在型式试验过程中遵照执行。

表 1-1 高压开关产品型式试验内容

项 目	具 体 内 容	试 验 目 的	说 明
结构检查	对试品进行外观检查及主要装配尺寸检查	使试品完全符合图纸和技术文件要求	在所有试验项目前进行
密封性能	油断路器渗油;六氟化硫电器 SF ₆ 气体漏气量的检测;液压气动机构的压力保持等试验	考核各部位的密封性能是否满足相应技术参数要求	
机械操作及机械特性	在要求的操作电压、油压或气压下,对试品进行各种方式的操作试验,进行速度、时间特性以及力、力矩、压力、应力等电量、非电量参数的测量	考核试品的机械原理、结构的先进合理程度与机械可靠性	在机械寿命试验前后各进行一次
高压绝缘	在干、湿条件下进行工频、冲击绝缘试验以及局部放电测量	考核试品的绝缘性能是否满足高压绝缘标准的要求	在机械寿命试验前后各进行一次
机械寿命	在要求的操作电压、油压或气压下,对试品进行规定操作循环和次数的空载操作	考核试品整体结构和零部件的机械强度和磨损情况	试验时,机械特性必须满足要求
长期工作发热	导电回路通以额定电流,测量各部位的稳定温升;测量导电回路电阻	考核试品的长期工作发热性能是否满足国家标准要求	在机械寿命试验前后各进行一次,有时在开断能力试验后也进行一次
动热稳定	试品在合闸状态下,导电回路通以 0.02s(1 周波)的峰值电流(其值等于 2.55 倍开断电流值)以及数值等于开断电流的短时有效值电流	考核试品承受短路电流所产生的电动力和热效应的能力	

续表

项 目	具 体 内 容	试 验 目 的	说 明
开 断 与 关 合 能 力	在规定条件下开断、关合比额定电流大几倍至几十倍的短路电流,开断近区故障和失步状态下的电流,切合空载长线、空载变压器、电容器组的感性和容性电流	考核试品开断和关合各种情况下电流的能力	
气 候 与 环 境 条 件	进行防雨、低温、冰冻、风力、地震、日照、无线电干扰、噪声、污秽等气候与环境条件试验	考核试品承受各种气候和环境条件的能力	本项中有些项目只能在试验条件具备时进行

型式试验是在样品或任意抽出的一至二台生产产品上面进行的,如果通过试验结果证明被试的这一至二台产品的性能完全满足国家标准和技术条件的要求,是否能够说明大批生产的每一台产品的性能都能满足要求呢?要理解这个问题,就必须承认一条不用证明的理论,这就是在机械产品的生产中,如果按照相同图纸、材料、工艺和管理方法生产的产品在性能上应当是一致的。这条理论在一定范围内可以被人们自然地接受,这样也就承认了一种产品进行型式试验的意义。反过来说,既然一种产品在样品试制中已经通过了型式试验,那么对生产中的每一台产品是不是就没有必要作任何检验工作了呢?事实上是不能这样的。这是因为尽管人们的主观愿望是按同一图纸、工艺和其它条件生产的产品的性能是一样的,但是由于生产加工、原材料存在差别,以及其它许多因素的影响,使得生产的产品相互之间在某些性能和技术参数上存在着不同程度的差别。这种差别程度如何,是否超出允许范围,要得出这一结论,必须对每一台生产产品进行某些必要的试验工作。这种对每一台生产产品所进行的检验工作的全过程称为产品出厂试验。也就是说,出厂试验是制造厂为了验证每台高压电器设备是否能够出厂所进行的检查及试验。

产品出厂试验的试验项目比型式试验项目要简单得多。这是因为一种产品型式试验的工作量很大,试验时间很长,试验设备也不平常,如果对每一台生产产品都进行与型式试验项目相同的试验,那根本是不可能的。加之型式试验中的许多试验项目对被试产品是带有破坏性的,如果生产产品在出厂试验中也进行这些具有破坏性的试验,那么试验后的产品就失去了使用价值。因此,产品在出厂试验中只进行型式试验中那些比较简单的,对产品无破坏性的,并能够确定产品基本性能的试验项目。通常高压开关设备出厂试验的试验项目有:结构的机械尺寸和外观检查、机械操作及机械特性测量、导电回路电阻测量、本体的高压工频耐压试验、机构控制线路的低压工频耐压试验、密封性能试验等。

高压开关制造厂除了进行上述两种试验以外,还要根据试验设备、试验条件、人员水平来进行一些研究试验,研究试验通常包括下面几个方面:

- (1) 围绕新产品开发,对新产品的结构、原理进行的研究试验;
- (2) 国家下达的或者与其它科研单位协作的科研项目中的试验。
- (3) 为了研究某些基础理论、提高试验技术以及改进试验方法的试验。

关于现场试验的目的和内容将在本章第五节专门叙述。

第三节 型式试验和产品试验室

高压开关产品试验可分为型式试验、研究试验、出厂试验和现场试验，其中型式试验和研究试验是在研究单位或工厂的产品试验室中进行的。一个完整的高压开关产品试验室可分为三大部分，即开断与关合能力试验室、高压绝缘试验室、机械与发热等基础性能试验室。每个部分又可根据不同的试验室规模、人员数量、工作性质分成若干专业和辅助小组。

开断与关合能力试验室是高压开关制造厂及研究单位特有的试验室。一个完整的开断与关合能力试验室包括网路试验、振荡回路试验，一台或多台冲击发电机试验等三种试验设备，这几种不同的试验设备既能各自单独对产品进行试验，又能将其中任意两种方法联合起来对产品进行试验。

开断与关合能力试验室所承担的试验项目有高压断路器的开断电流与关合电流的能力试验，开断近区故障电流试验，反相开断试验，切合空载线路、空载变压器、电容器组的试验。同时可以对所有高压电器产品进行动稳定及热稳定试验，也就是峰值电流耐受试验及短时有效值电流耐受试验。

建设一个能够适应高压开关产品发展需要的开断与关合能力试验室不是一件简单的事情，其原因是：需要数千万到数亿元的资金；要有若干名懂专业技术的专门人才；因为试验设备大部分是特殊的，要专门进行设计、制造，所以从厂房建设、设备制造到安装完成需要的时间较长。此外，如果要建设网路试验站，还要考虑试验室所在电力系统能够提供给试验用的电力容量，因为在电网上直接进行短路开断试验时，对电网的正常供电会产生一定程度的冲击影响。

高压开关制造厂同其它电工产品制造厂一样，必须具有一个与产品电压等级发展相适应的高压绝缘试验室，即高压试验室。一些高压电工产品研究所、电力试验所和具有高电压技术专业的高等院校都具有高压试验室，各个高压试验室的设备种类大致相同，只是在技术参数上因试验对象的不同而有所差别。通常一个高压试验室的试验设备主要包括不同等级电压的工频电压装置、冲击电压发生器、直流高压装置、各种高电压测量装置以及其它附属设备。高压试验室的任务是对电工产品及产品的绝缘部件进行工频和冲击电压绝缘试验，以考核产品内绝缘和外绝缘性能，同时测量产品在强电场、高电位作用下的有关电参数。建立一个能够适应新产品发展要求的高压试验室，同建立一个开断与关合能力试验室一样，不是一件容易的事。也需要数千万元资金，也需要特殊的和自制的试验设备。特别是厂房尺寸的高大程度和结构复杂性还超过了开断与关合能力试验室，所以高压试验室的厂房土建施工的难度远远超过一般工厂大型厂房的建设。

高压开关产品需要进行的型式试验项目，除了在开断与关合能力试验室和高压试验室所进行的试验项目以外，剩下的试验项目都要在基础试验室完成。基础试验室的任务是担负机械特性、机械寿命、长期工作发热和所有电气、物理性能测量等项目的试验。基础试验室具有如下特点：

(1) 建设投资少，一般有数百至上千万元即可。试验设备一部分是特殊设计和自制的，一部分可以在普通电工产品中选择，所以建设时间较短。

(2) 试验项目多，工作量大，试品在此试验室的周期最长，所以所需试验人员数量较

多。

(3)这部分试验关系到产品在机械原理与结构方面的合理与先进性,是产品进行高压绝缘试验和开断关合能力试验前必须进行的基础试验。

(4)与前两种试验室相比,这种试验的技术资料是缺乏的,试验技术不够成熟,所以基础性能试验室在试验经验总结、试验方法研究等方面有大量的工作需要做。

第四节 出 厂 试 验

在每一个开关设备制造厂的每一种生产产品的装配地点,都必须设置出厂试验站,这些试验站都归工厂质量检验部门管辖。出厂试验站的任务是不断采用新的试验技术,高效率、高质量地完成工厂生产产品的出厂检验工作。

前面已叙述过开关产品在出厂试验中所要进行的试验项目,根据这些试验项目的要求,每一个出厂试验站通常应具有以下最基本的试验设备、仪器和仪表:

- (1)控制开关产品合闸和分闸的控制台;
- (2)对有些产品需要较大容量的直流电源设备;
- (3)测量开关触头运动速度和时间特性的测量装置和仪器、仪表;
- (4)导电回路电阻测量设备;
- (5)高压工频耐压试验设备;
- (6)低压工频耐压试验设备;
- (7)对于六氟化硫开关设备试验站,要具有测 SF₆ 气体含水量的水分测量仪和测漏气量的检测仪器;
- (8)常用的电流表、电压表、万用表、单臂和双臂电桥。

致于怎样选购或自制、安装这些试验设备、仪器、仪表,当掌握了本书的内容以后就会得到答案。

每一个出厂试验站应设置在与生产产品总装配地毗邻并处于厂房的一端或一角的位置,它可由试品摆放区和控制室两部分组成。试品摆放区域是试验产品摆放安装的地方,为安全起见,该区域应用栏栅围起来,并具有合乎要求的接地装置。对有些产品在区域内应设置安装调试试品用的底座、固定支架或自动升降梯等设备。区域面积大小可根据试验产品体积大小和生产数量等因素来决定。控制室是安装和存放试验设备、仪器、仪表和操作这些设备对试品进行试验的场所,它的面积大小应能容纳全体试验人员工作,并考虑一些物品的存放。室内温度等环境条件应与试验设备、仪器、仪表的使用条件一致。此外,在试验站内应有足够容量的电源配电柜。

每一个出厂试验站的工作人员数量可由下式计算

$$\text{所需人员数量} = \frac{\text{产品数量} \times \text{每一台产品的试验工时}}{\text{完成任务日数} \times 8 \text{ h}}$$

试验站人员数量也可由以下方法确定。由于电气试验工作不允许单人进行,所以通常为3人左右同时工作,这样如果一个试验站只承担一种产品出厂试验,并在均衡生产的情况下,考虑一班工作制时则只需要4~6人即可,二班制时则需要8~10人,三班制时则需要12~15人。如果这个试验站同时进行二个以上产品的试验,或者进行一种产品的试验,但处

于不均衡生产的情况下,试验人员数量在上述所需数量基础上还要适当增加。每一个出厂试验站,应有部分工程技术人员,其余为试验工人。出厂试验站的负责人应由具有一定组织管理能力,熟悉产品结构性能,并较全面掌握开关试验技术的人员担任。

一种产品的出厂试验最好按照以下顺序进行:

- (1)机械尺寸及外观检查;
- (2)密封性能试验;
- (3)机构控制线路耐低压试验;
- (4)导电回路电阻测量;
- (5)机械操作试验;
- (6)机械特性试验;
- (7)导电回路电阻测量;
- (8)高压工频耐压试验;
- (9)对于六氟化硫电器,进行SF₆气体含水量测量;
- (10)其它试验项目的试验。

因为出厂产品在装配结构上必须符合图纸,所以每一台生产产品装配完成以后首先进行装配尺寸及外观检查,合格以后才进行下面的试验。

密封性能试验指油断路器的漏油试验、气体断路器的漏气情况检测以及液压、气动机构的高压力保持能力的试验。这项试验如果满足不了要求,应该查清原因并进行修理,所以此项试验最好放在前面。

由于机构控制线路的耐低压试验可以检查其线路的绝缘性能是否满足要求,以免对机构线路接通实际电源时发生短路或接地现象,所以也将这项试验放在机械试验前面进行。

试品在机械操作和机械特性试验前后都应测量导电回路电阻。前面一次测量时如果得到的回路电阻超出规定值范围,应该拆卸产品,进行调整修理,这样不影响机械试验。后面一次测量的目的是复核一下回路电阻值在产品经过机械试验后是否产生变化。

每一种产品都应有各自的出厂试验记录表格和产品出厂证明书。在试验中,试验人员应随时将试验数据和情况记入试验记录表格中。每台产品全部试验完成后,通过对记入试验记录中的数据和分析,如果该产品性能完全符合技术条件要求,即视为合格产品。对于每一台合格产品,由出厂试验站负责人填写产品出厂证明书,经主管领导审批后,产品方可出厂。

第五节 现场试验

高压开关产品在制造厂进行出厂试验合格以后,要经过包装、储藏、运输等一些中间环节才能到达使用部门,再进行安装。往往就是这些中间环节对产品可能产生不利影响,使少数本已经合格的产品变为不合格产品,例如六氟化硫开关产品的密封性能要求是十分严格的,可是由于运输途中的振动,以及储藏地点的不平坦等因素,可能使某处或几处密封面受到损害,使该产品安装以后的SF₆气体泄漏量超出技术标准要求。另外,有些继电器产品,为了完好地运到用户,包装中的防震措施是一项重要课题。有些大型继电器屏,由于包装中防震措施不适宜,当产品经车辆运到用户以后,许多元件脱落和损坏。高压开关产品的操动机

构中也有一些电器元件和许多接线端子排,由于运输中的振动,也可能造成元件和接线端子松动和脱落。由于这些原因,当一台产品在使用现场安装后,有必要进行一些项目的检验工作。再者,当一台开关产品正常运行到预定时间或因发生意外事故后,都要对产品进行检查和修理,在检修后也必须进行一些检验工作,以上这些检验工作就是高压开关产品的现场试验。现场试验的目的是检查产品性能是否达到出厂时的水平,以及将它的各项性能都调整到满足运行的良好状态。

高压开关产品的现场试验一般由使用和安装单位的试验人员进行。对一些大型的、较复杂的产品可以邀请主管中心试验所或者制造厂的试验人员共同进行。

高压开关产品现场试验的试验项目一般与出厂试验中的项目重复。对有些项目很明显可以不做,或因现场试验条件所限不能做,这时使用单位可以自己决定或者与制造厂商议后决定将某些项目省略;或者在试验方法上作一些变动。例如制造厂在出厂试验时可以对整台产品进行高压工频耐压试验,而在现场有时就不具备这种试验条件,对于电压等级较高的产品尤其是这样,这时有些使用单位对整台产品不进行耐压试验,而是对一些绝缘部件分别进行试验,有的用其它的试验方法来代替它,近似地对产品安装后的绝缘性能进行考核。

无论是发电厂和输变电系统的变电站,还是用电量很大的企业的变电站,都必须有专门从事开关产品试验的工作人员及必备的试验设备。高压开关产品现场试验所需设备可参照出厂试验设备种类购置。对于油断路器一类的产品,需要的设备有:控制产品合闸、分闸操作的控制柜,测量速度和时间特性参数的装置、仪器、仪表,导电回路电阻测量设备,机构线路工频耐压设备,本体高压工频耐压设备以及常用仪器、仪表。对于六氟化硫开关产品,除了需要以上设备以外,还需要SF₆气体检漏仪、微量水分测量仪及其附属设备。此外,由于六氟化硫电器内部要充入SF₆气体,所以必须具备适宜的真空泵、膜式压缩机、真空计、储气罐等分立的充气设备,或者是由这些设备组成的SF₆气体充气与回收装置。

第六节 试验的安全知识

由于在高压开关试验中,具有各种各样的试验设备、测量仪器和仪表、电气线路、高压力的气体或液体容器管路、各种电压等级的高压电场、大电流的强磁场,试验人员处在这种环境下工作。因此,安全技术问题在开关试验中具有特殊意义。根据一般工厂和试验室的安全常识,再结合高压开关试验的特点,试验人员在高压开关试验中应具有以下安全知识:

- (1)易燃、易爆、有毒物品应单独隔离存放,而且数量不易太多。
- (2)应懂得安全防火知识,会使用各种防火器具并知道它们的存放地点。
- (3)应掌握触电后进行急救的方法与规则。
- (4)在工作前必须熟悉所用设备、仪器、仪表的原理、结构和使用方法,要定期检查各种试验设备是否完好,不许使用有任何缺陷的设备。
- (5)试验时的试验设备、仪器和试品的摆放位置要合理,试验控制台应当处于一个能保证安全的位置,在它和试品之间不得有任何妨碍视线的物品存在。各种试验接线力求简单明了,对所用试验设备、仪器和试品都应按要求正确、可靠接地,当试验线路接好以后,必须经过细致检查以后方可试验。

- (6)试验场地的安全与非安全区域要有明显标志,特别是进行高压试验时,试验区域周

围应有栏栅,并且要悬挂警告牌和点亮红灯以示警告。

(7)试验中的高空作业,除遵守高空作业安全操作规程外,还须特别小心防止触电事故发生,否则可能会使一次小的触电事故,由于处于高空作业位置,而将事故后果扩大。此外上下梯架时,手中不能拿仪器、仪表和工具等物品,这些物品应用绳索吊运。

(8)产品试验工作不得单人进行,所以工作中应有专人指挥,要相互配合好。控制台的操作者在每次操动试品或给试品施加电压前,必须给出电铃或其它警告信号。

(9)试验人员在试验进行时,应自始至终保持头脑清醒,当情绪因受到某些刺激而出现兴奋或低沉状态时,特别是酗酒后不得参加试验工作。

(10)试验工作中应尽量避免带电作业,如果必须带电工作时,要具有较好的绝缘保护措施,防止触电事故发生。

(11)在试验进行中,当试品出现问题需要进行调整和修理以及每天中午和下午下班时,都必须切断试验线路中的电源。当一项试验全部结束后,除切断所有电源和气源以外,还要全部切除各种临时线路和管路,撤掉试验区的围栏和警告牌等设施。

(12)在强电场和磁场情况下使用仪器、仪表时,要了解它们的防磁能力和对电场屏蔽的性能,避免仪器、仪表受到意外损坏。

(13)存放试验场地中的各种电容器可能因原来工作时的电荷未放尽,或者因静电感应而带电荷,容易引起触电事故发生,因此在电容器存放后未使用时,两接线端必须短接。在检查修理各种电学仪器时,首先要使滤波电容放电。

(14)凡是对带电设备进行检修和清扫时,都必须切断电源,并挂上具有一定截面积的裸铜接地线,确认可靠接地后方可进行工作。

(15)除工作需要外,不要在高电压、具有高气压或高液压的压力容器管路以及存放有毒物品的场地逗留,以防止意外事故的伤害。

(16)要养成良好的工作作风,仪器、仪表不要受到冲击和振动力的影响,要轻拿轻放。要保持仪器、仪表、试验设备、试验场地的清洁。对地面上的试验线路不要用脚踩,以免线路脏污和损坏。