

ICS 91.200

P 72

备案号: J1800-2014

SH

中华人民共和国石油化工行业标准

SH 3612—2013

---

## 石油化工电气工程施工技术规程

Technical specification for construction of electric engineering  
in petrochemical industry



2013-10-17 发布

2014-03-01 实施

---

中华人民共和国工业和信息化部 发布



## 目 次

前言	IX
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 基本规定	1
4 施工准备	2
4.1 施工技术准备	2
4.2 施工现场准备	3
5 接地装置安装	3
5.1 一般规定	3
5.2 接地装置的选择	4
5.3 接地装置的安装	6
5.4 接地体(线)的连接	7
5.5 避雷针(线、带、网)接地	8
5.6 电缆终端金属护层、金属屏蔽层的接地	8
5.7 配电电气装置的接地	8
5.8 爆炸和火灾危险环境的接地	8
6 电缆线路安装	10
6.1 一般规定	10
6.2 电缆(线)管加工及敷设	10
6.3 电缆支架配制与安装	11
6.4 电缆敷设	11
6.5 电缆终端和接头制作	14
6.6 电缆的防火和阻燃	15
6.7 爆炸危险环境内电缆线路安装	15
6.8 光缆	16
7 电气照明安装	16
7.1 一般规定	16
7.2 灯具安装	16
7.3 插座、开关安装	19
7.4 照明配电箱安装	19
8 电力变压器、电抗器安装	20
8.1 一般规定	20
8.2 电力变压器安装	20
8.3 电抗器安装	26
9 旋转电机安装	27

9.1	一般规定	27
9.2	电动机安装	27
9.3	发电机、调相机安装	28
10	电气设备安装	30
10.1	一般规定	30
10.2	六氟化硫断路器安装	31
10.3	六氟化硫封闭式组合电器安装	32
10.4	真空断路器安装	33
10.5	断路器的操动机构安装	34
10.6	隔离开关、负荷开关及高压熔断器安装	35
10.7	避雷器安装	37
10.8	电容器安装	37
10.9	互感器安装	37
10.10	电气盘、柜、箱安装	38
10.11	二次回路结线	40
10.12	蓄电池安装	41
10.13	起重机安装	41
10.14	电梯电气装置安装	43
10.15	不间断电源(UPS)安装	46
10.16	软启动器设备安装	47
10.17	变频器设备安装	47
11	母线装置安装	48
11.1	一般规定	48
11.2	硬母线安装	49
11.3	软母线安装	51
11.4	管型母线	51
11.5	绝缘子与穿墙套管安装	52
12	低压电器安装	52
12.1	一般规定	52
12.2	低压断路器安装	53
12.3	低压隔离开关、负荷开关	53
12.4	漏电保护器安装	53
12.5	低压接触器及起动器安装	53
12.6	控制器安装	54
12.7	熔断器安装	54
13	电气试验	54
13.1	一般规定	54
13.2	电力变压器试验	55
13.3	交流电动机试验	58
13.4	电抗器及消弧线圈试验	60
13.5	互感器试验	60

13.6	真空断路器试验	63
13.7	六氟化硫断路器试验	65
13.8	六氟化硫封闭式组合电器（GIS）试验	66
13.9	隔离开关、负荷开关及高压熔断器试验	66
13.10	套管试验	67
13.11	悬式绝缘子和支柱绝缘子试验	68
13.12	母线试验	69
13.13	电力电缆试验	69
13.14	电容器试验	70
13.15	绝缘油试验	70
13.16	六氟化硫气体试验	71
13.17	氧化锌避雷器试验	72
13.18	同步发电机及调相机试验	73
13.19	二次回路试验	75
13.20	1kV 及以下配电装置和馈电线路试验	75
13.21	低压电器试验	75
13.22	接地装置试验	76
附录 A（规范性附录）绝缘油的试验项目及标准		77
本规程用词说明		78
附：条文说明		79

13.6	真空断路器试验	13.6
13.7	六氟化硫断路器试验	13.7
13.8	六氟化硫封闭式组合电器(GIS)试验	13.8
13.9	隔离开关及高压熔断器试验	13.9
13.10	避雷器试验	13.10
13.11	悬式绝缘子和支柱绝缘子试验	13.11
13.12	绝缘子试验	13.12
13.13	电力电缆试验	13.13
13.14	电容器试验	13.14
13.15	绝缘子试验	13.15
13.16	六氟化硫气体试验	13.16
13.17	氧化锌避雷器试验	13.17
13.18	同步电动机及调相机试验	13.18
13.19	二次回路试验	13.19
13.20	1kV及以下电压等级和直流电压等级试验	13.20
13.21	低压电器试验	13.21
13.22	接地装置试验	13.22
13.23	附录A(规范性附录)绝缘油的试验项目及标准	13.23
13.24	附录B(规范性附录)本规范用词说明	13.24
13.25	附录C(规范性附录)条文说明	13.25

## Contents

Foreword.....	IX
1 Scope .....	1
2 Normative references .....	1
3 Basic specifications.....	1
4 Construction preparation.....	2
4.1 Preparation for construction technology.....	2
4.2 Preparation for construction site.....	3
5 Installation of grounding devices.....	3
5.1 General.....	3
5.2 Selection of grounding devices.....	4
5.3 Installation of grounding devices.....	6
5.4 Connection of grounding bodies (wires).....	7
5.5 Lightning rod ( wire, strip, network) grounding.....	8
5.6 Grounding of metal security layer, metal shield layer at cable terminals.....	8
5.7 Grounding of electric device for power distribution.....	8
5.8 Grounding of explosive and fire hazard environment.....	8
6 Installation of cable line.....	10
6.1 General.....	10
6.2 Processing and laying of cable (line).....	10
6.3 Preparation and installation of cable holder.....	11
6.4 Cable laying .....	11
6.5 Prefabrication of cable terminal and joint.....	14
6.6 Fireproofing and flame retardant of cable.....	15
6.7 Installation of cable lines in explosive hazard environment.....	15
6.8 Optical fiber cable.....	16
7 Installation of electric lighting.....	16
7.1 General.....	16
7.2 Illuminator installation.....	16
7.3 Installation of socket and switch.....	19
7.4 Installation of lighting distribution box.....	19
8 Installation of power transformer and electric reactor.....	20
8.1 General .....	20
8.2 Installation of power transformer.....	20
8.3 Installation of electric reactor.....	26
9 Installation of rotating motor .....	27

9.1	General .....	27
9.2	Installation of motor .....	27
9.3	Installation of generator and phase modifier .....	28
10	Installation of electric devices .....	30
10.1	General .....	30
10.2	Installation of sulfur hexafluoride circuit-breaker .....	31
10.3	Installation of sulfur hexafluoride gas insulated switchgear .....	32
10.4	Installation of vacuum circuit-breaker .....	33
10.5	Installation of operating mechanism for circuit-breaker .....	34
10.6	Installation of disconnecting switch, load switch and high-voltage fuse .....	35
10.7	Arrestor installation .....	37
10.8	Capacitor installation .....	37
10.9	Mutual inductor installation .....	37
10.10	Installation of electric panel, cabinet and box .....	38
10.11	Tie lines of secondary circuit .....	40
10.12	Installation of storage battery .....	41
10.13	Installation of lift .....	41
10.14	Installation of electric devices for elevator .....	43
10.15	Installation of (uninterruptible power supply) UPS .....	46
10.16	Installation of soft starter .....	47
10.17	Installation of frequency converter .....	47
11	Installation of bus bar .....	48
11.1	General .....	48
11.2	Installation of hard bus .....	49
11.3	Installation of flexible bus .....	51
11.4	Installation of insulator and wall bushing .....	51
11.5	Insulator and wall-through busning installation .....	52
12	Installation of low voltage electric equipment .....	52
12.1	General .....	52
12.2	Installation of low voltage circuit-breaker .....	53
12.3	Installation of low voltage disconnecting switch and load switch .....	53
12.4	Installation of leakage protector .....	53
12.5	Installation of low voltage contactor and starter .....	53
12.6	Installation of controller .....	54
12.7	Installation of fuse .....	54
13	Electrical tests .....	54
13.1	General .....	54
13.2	Test of power transformer .....	55
13.3	Test of AC motor .....	58
13.4	Test of reactor and arc suppression coil .....	60
13.5	Test of mutual inductor .....	60



13.6	Test of vacuum circuit-breaker	63
13.7	Test of sulfur hexafluoride circuit-breaker	65
13.8	Test of sulfur hexafluoride gas insulated switchgear (GIS)	66
13.9	Test of disconnecting switch, load switch and high-voltage fuse	66
13.10	Test of bushing	67
13.11	Test of suspension insulator and supporting insulator	68
13.12	Test of bus	69
13.13	Test of electric cable	69
13.14	Test of capacitor	70
13.15	Test of insulating oil	70
13.16	Test of sulfur hexafluoride gas	71
13.17	Test of zinc oxide arrester	72
13.18	Test of synchronous generator and phase modifier	73
13.19	Test of secondary circuit	75
13.20	Test of power distribution device and feed line at 1kV or lower	75
13.21	Test of low voltage electric devices	75
13.22	Test of grounding devices	76
Annex A (Normative)	Test items and standard of insulating oil	77
	Explanation on terms used in this document	78
Add:	Explanation of articles	79

63	13.6	Test of vacuum circuit-breaker
65	13.7	Test of sulfur hexafluoride circuit-breaker
66	13.8	Test of sulfur hexafluoride gas insulated switchgear (GIS)
66	13.9	Test of disconnecting switch, load switch and high-voltage fuse
67	13.10	Test of bushing
68	13.11	Test of suspension insulator and supporting insulator
69	13.12	Test of bus
69	13.13	Test of electric cable
70	13.14	Test of capacitor
70	13.15	Test of insulating oil
71	13.16	Test of sulfur hexafluoride gas
72	13.17	Test of zinc oxide arrester
73	13.18	Test of synchronous generator and phase modifier
75	13.19	Test of secondary circuit
75	13.20	Test of power distribution device and feeding at 1kV or lower
75	13.21	Test of low voltage electric devices
76	13.22	Test of grounding devices
77	Annex A (Normative)	Test items and standard of insulating oil
78		Explanation on terms used in this document
79	Add	Explanation of annexes

## 前 言

根据国家发展和改革委员会办公厅《2006年行业标准项目计划》(发改办工业[2006]1093号)的要求,规程编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本规程。

本规程共分13章和1个附录。

本规程的主要技术内容是:适用范围、规范性引用文件、总则、施工准备、接地装置安装、电缆线路安装、电气照明安装、电力变压器及电抗器安装、旋转电机安装、电气设备安装、母线装置安装、低压电器安装和电气试验等。

**本规程以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。**

本规程由中国石油化工集团公司负责管理,由中国石油化工集团公司施工技术宁波站负责日常管理,由中石化第四建设有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议,请寄送日常管理单位和主编单位。

本规程日常管理单位:中国石油化工集团公司施工技术宁波站

通讯地址:浙江省宁波市国家高新科技区院士路660号

邮政编码:315207

电 话:0574-87975055

传 真:0574-87974566

本规程主编单位:中石化第四建设有限公司

通讯地址:天津市滨海新区大港世纪大道180号

邮政编码:300270

本规程参编单位:中石化宁波工程有限公司

本规程主要起草人员:魏 志 陈宝强 韩树才 高晓伟 崔 震 李凤海 杨 峻

本规程主要审查人员:唐秀丽 韩火安 葛春玉 刘小平 励红昌 俞国宾 管忠齐 陈志郎

吴勤勇 郑延民 王智广 肖同军 蔡伟民 尹光文 杨金良 张荣金

陈定文 张汝晖 曹明辉

本规程为首次发布。



# 石油化工电气工程施工技术规程

## 1 范围

本规程规定了石油化工及以煤为原料的煤化工装置的建设工程中 220kV 及以下电压等级的电气安装工程在安装及试验过程中的主要技术要求。

本规程适用于石油化工及以煤为原料的煤化工装置的新建、扩建及改造工程项目的电气安装工程施工。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本规程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规程。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规程。

- GB 50147 电气装置安装工程高压电器施工及验收规范
- GB 50148—2010 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
- GB 50149 电气装置安装工程母线装置施工及验收规范
- GB 50150 电气装置安装工程电气设备交接试验标准
- GB 50168 电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范
- GB 50169 电气装置安装工程接地装置施工及验收规范
- GB 50170 电气装置安装工程旋转电机施工及验收规范
- GB 50171 电气装置安装工程盘、柜及二次回路接线施工及验收规范
- GB 50172 电气装置安装工程蓄电池施工及验收规范
- GB 50254 电气装置安装工程低压电器施工及验收规范
- GB 50256 电气装置安装工程起重机电气装置施工及验收规范
- GB 50257 电气装置安装工程爆炸和火灾危险环境电气装置施工及验收规范
- GB 50303 建筑电气工程施工质量验收规范
- GB 50484 石油化工建设工程施工安全技术规范
- GB 50586 铝母线焊接工程施工及验收规范
- SH/T 3503 石油化工建设工程项目交工技术文件规定
- SH/T 3543 石油化工建设工程项目施工过程技术文件规定
- SH/T 3508 石油化工安装工程施工质量验收统一标准

## 3 基本规定

3.1 电气安装工程施工应按设计文件和产品技术文件的要求进行，修改设计应经原设计单位的文件确认。

3.2 在电气安装工程施工中，设计文件未作出规定的部分，应按本规程执行。

3.3 电气安装工程施工安全生产技术和劳动保护应符合 GB 50484 的规定。

3.4 施工中的技术方案，应符合本规程和现行有关安全技术标准及产品质量证明技术文件的规定。对重要作业内容，应制定相应的安全技术方案。

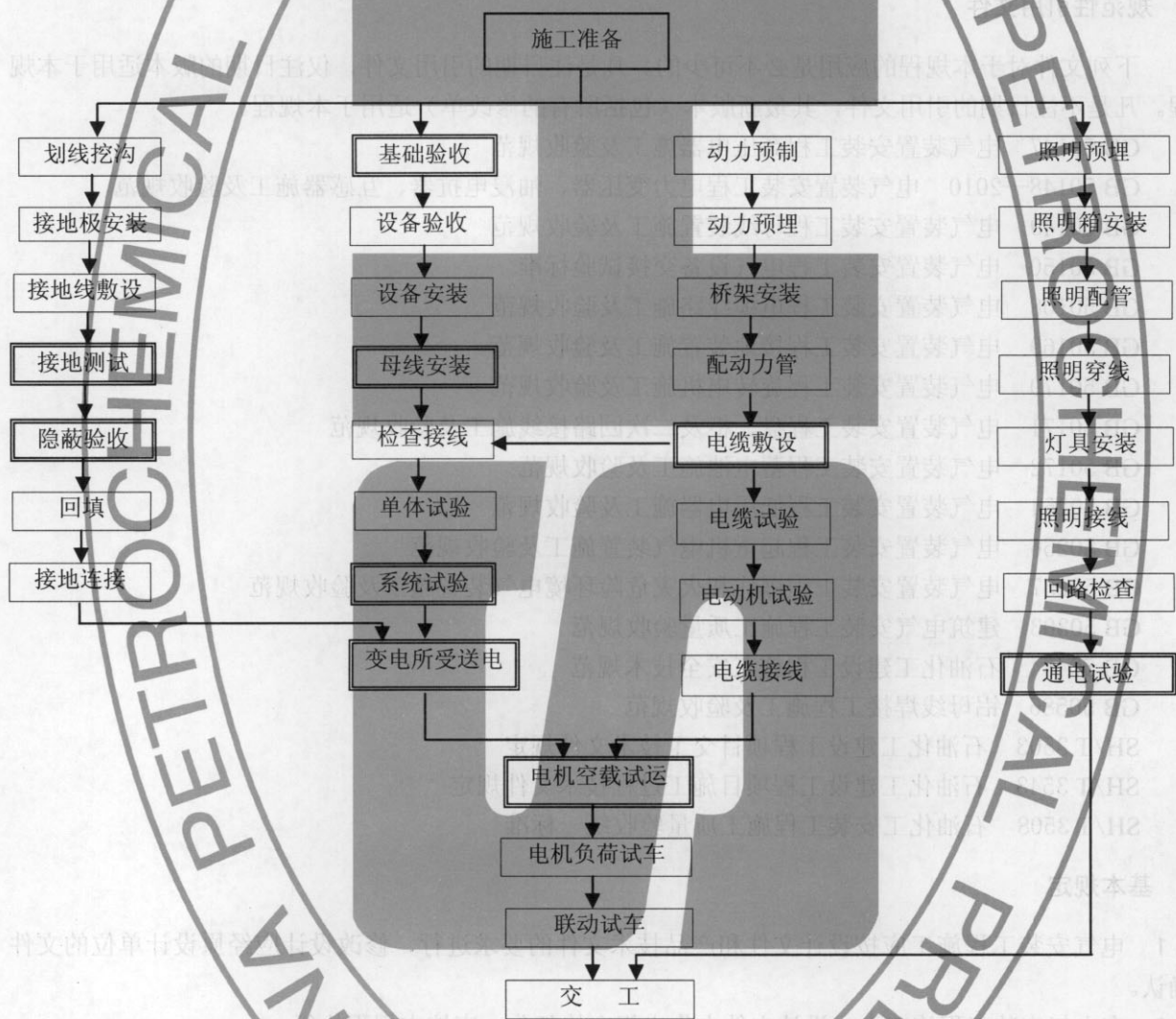
3.5 国外进口设备和材料安装及调试应依据合同的约定，确定安装方案、试验项目及采用的标准。

3.6 电气安装工程开工应具备以下条件：

- a) 电气安装工程设计文件会审及设计交底均已完成；

- b) 施工现场的临设已落实到位，现场水、电、汽、路、通讯通畅；
- c) 电气安装工程施工需编制的主要施工方案已编制且报批相关部门；
- d) 做好技术交底和必要的技术培训等技术准备工作；
- e) 电气安装工程施工所需的材料设备机具、标准仪器设备及人力资源调配计划编制落实，且能确保施工作业的连续性；
- f) 项目的质量、HSE 管理体系已建立，项目管理组织机构已完善；
- g) 土建工程、工艺设备和钢结构的安装已达到一定的作业条件，变电所（站）室内装饰完毕，具备交付安装条件；
- h) 国外进口设备出厂技术说明文件应齐全有效。

3.7 电气安装工程主要施工程序



注：[厚框] 为重要工序。

图 3.7 电气安装工程主要施工程序

4 施工准备

4.1 施工技术准备

4.1.1 施工单位在编制项目施工组织设计时，应包含的电气安装工程内容：

- a) 工程项目概况和特点；
- b) 主要实物工程量一览表；
- c) 施工组织机构、施工部署及施工总体进度网络计划；
- d) 人力资源调配计划；
- e) 主要施工机具、标准仪器需用计划；
- f) 施工工艺（程序）、主要施工方案和措施及主要技术培训项目；
- g) 应执行规范、标准的有效版本和质量体系文件清单；
- h) 应编制的主要专项施工方案清单及编写计划；
- i) 质量工作计划；
- j) HSE 实施计划；
- k) 主要材料、设备需用计划。

4.1.2 施工单位技术人员在熟悉工程设计文件后，应由施工单位技术负责人组织图纸会审。图纸会审应包括下列内容：

- a) 设计文件的完整性及设计深度；
- b) 设计漏项；
- c) 电气安装工程施工及验收中应执行的标准、规范。

4.1.3 收到工程设计文件后，施工单位技术人员及有关部门应参加由建设单位、监理单位或工程总承包单位组织的设计交底。

4.1.4 设计交底和施工图会审后，应编制施工方案，其主要内容如下：

- a) 工程项目概况、施工内容及特点；
- b) 应执行的标准、规范和质量程序文件；
- c) 施工程序（工序）、方法、技术措施及质量标准；
- d) 质量管理、控制措施；
- e) 施工作业工况风险分析（JHA）或危险源辨识（LEC）及相应的安全措施；
- f) 劳动力组织、进度计划、施工平面布置图。

4.1.5 设计交底及施工图纸会审后，施工技术负责人应将存在问题整理后报送业主、监理或工程总承包单位，并存档备查。

4.1.6 电气安装工程施工前，应对施工人员进行技术和安全交底，并做交底记录。

## 4.2 施工现场准备

4.2.1 电气安装工程施工应有下列临时设施和场地：

- a) 电气试验仪器库房；
- b) 材料库或材料堆置场；
- c) 加工预制场；
- d) 施工工具房及其他设施。

4.2.2 临时设施和场地的水、电、汽、通讯等配套设施应齐备完好，场地道路畅通。

4.2.3 施工现场各区域应按施工总平面的消防设施布置图，配备消防器具。

## 5 接地装置安装

### 5.1 一般规定

5.1.1 下列电气装置不带电的金属部分，均应接地或接零：

- a) 电机、变压器、电器、携带式或移动式用电器具等的金属底座或外壳；
- b) 电气设备的传动装置；

- c) 配电、控制、保护用的屏(柜、箱)及操作台等的金属框架和底座;
  - d) 屋内外配电装置的金属或钢筋混凝土构架以及靠近带电部分的金属遮栏和金属门;
  - e) 交、直流电力电缆的接头盒、终端头和膨胀器的金属外壳和可触及的电缆金属护层和穿线的钢管。穿线的钢管之间或钢管和电器设备之间有金属软管过渡的,应保证金属软管段接地畅通;
  - f) 电缆桥架、支架和井架;
  - g) 装有避雷线的电力线路杆塔;
  - h) 装在配电线路杆上的电力设备;
  - i) 承载电气设备的构架和金属外壳;
  - j) 发电机中性点柜外壳、发电机出线柜、封闭母线的外壳及其他裸露的金属部分;
  - k) 气体绝缘全封闭组合电器(GIS)的外壳接地端子和箱式变电站的金属箱体;
  - l) 电热设备的金属外壳;
  - m) 铠装控制电缆的金属护层;
  - n) 互感器二次绕组。
- 5.1.2 电气装置的下列金属部分可不接地或不接零:
- a) 在干燥场所,交流额定电压为127V及以下或直流额定电压为110V及以下的电气设备外壳;
  - b) 安装在配电屏、控制屏和配电装置上的电气测量仪表、继电器和其他低压电器等的外壳,以及当发生绝缘损坏时,在支持物上不会引起危险电压的绝缘子的金属底座等;
  - c) 安装在已接地金属构架上的设备,如穿墙套管等;
  - d) 额定电压为220V及以下的蓄电池室内的金属支架;
  - e) 由发电厂、变电所和工业、企业区域内引出的铁路轨道;
  - f) 与已接地的机座之间有可靠电气接触的电动机和电器的外壳。
- 5.1.3 需要接地的直流系统的接地装置应符合下列要求:
- a) 能与地构成闭合回路且经常流过电流的接地线必须沿绝缘垫板敷设,不得与金属管道、建筑物和设备的构件有金属的连接;
  - b) 在土壤中含有在电解时能产生腐蚀性物质的地方,不宜敷设接地装置,必要时可采取外引式接地装置或改良土壤的措施;
  - c) 直流电力回路专用的中性线和直流两线制正极的接地体、接地线不得与自然接地体有金属连接;当无绝缘隔离装置时,相互间的距离应不小于1m;
  - d) 三线制直流回路的中性线宜直接接地;
  - e) 接地线不得作其他用途。
- 5.2 接地装置的选择
- 5.2.1 各种接地装置应利用直接埋入地中或水中的自然接地体。可以利用的自然接地体如下:
- a) 埋设在地下的金属管道,但不包括有可燃或有爆炸物质的管道;
  - b) 金属井管;
  - c) 与大地有可靠连接的建筑物的金属结构;
  - d) 水工构筑物及其类似构筑物的金属管、桩。
- 5.2.2 交流电气设备的接地线可利用下列自然接地体接地:
- a) 建筑物的金属结构(梁、柱等)及设计规定的混凝土结构内部的钢筋;
  - b) 生产用起重机的轨道、走廊、平台、电梯竖井、起重机与升降机的构架、运输皮带的钢梁、电除尘器的构架等金属结构;
  - c) 配线用钢管。
- 5.2.3 以水平接地体为主的人工接地网需设置和自然接地体分开的测量井,以便于接地装置的测试。



5.2.4 人工接地网的敷设必须符合以下规定：

- a) 人工接地网的外缘应闭合，接地网内应敷设水平均压带，须按等间距或不等间距布置；
- b) 除临时接地装置外，当接地装置采用热镀锌钢材，须采用圆钢或扁钢，接地极采用角钢或钢管。腐蚀比较严重地区的接地装置，应适当加大截面，或采用阴极保护等措施。当采用扁铜带、铜绞线、铜棒、铜包钢、铜包钢绞线、钢镀铜、铅包铜等材料作接地装置时，其连接应符合产品技术文件规定。不得采用铝导体作为接地体或接地线。

5.2.5 接地装置的人工接地体，导体截面应符合热稳定、均压和机械强度的要求，还应考虑腐蚀的影响，一般不小于表 5.2.5-1 和表 5.2.5-2 所列规格。

表 5.2.5-1 钢接地体的最小规格

种类、规格及单位		地 上		地 下	
		室内	室外	交流电流回路	直流电流回路
圆钢直径/mm		6	8	10	12
扁钢	截面/mm <sup>2</sup>	60	100	100	100
	厚度/mm	3	4	4	6
角钢厚度/mm		2	2.5	4	6
钢管管壁厚度/mm		2.5	2.5	3.5	4.5

表 5.2.5-2 铜接地体的最小规格

种类、规格及单位	地上	地下
铜棒直径/mm	4	6
铜排截面/mm <sup>2</sup>	10	30
铜管管壁厚度/mm	2	3

5.2.6 与电气设备相连接的保护零线宜采用黄绿相间的绝缘线，保护零线截面应满足表 5.2.6 的要求，且不小于铜芯 2.5mm<sup>2</sup>。

表 5.2.6 保护零线截面与相线截面的关系

单位为 mm<sup>2</sup>

相线芯线截面 $S$	保护零线最小截面
$S \leq 16$	$S$
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

5.2.7 低压电气设备地面上外露的铜接地线最小截面应符合表 5.2.7 的规定。

表 5.2.7 低压电气设备地面上外露的铜接地线的最小截面

单位为 mm<sup>2</sup>

名 称	最小截面
明敷的裸导体	4
绝缘导体	1.5
电缆的接地芯或与相线包绕在同一保护壳内的多芯导线的接地芯	1

5.2.8 不要求敷设专用接地引下线的电气设备，接地线可利用金属构件、普通钢筋混凝土构件的钢筋、穿线的钢管等。利用以上设施作接地线时，应保证其全长为完好的电气通路。

5.2.9 不得利用挠性管、蛇皮管、管道保温层的金属外皮或金属网、低压照明网络的导线铅皮以及电缆金属护层作接地线。蛇皮管两端采用自固接头或软管接头，且两端采用软铜线连接。

5.2.10 在高土壤电阻率地区，接地电阻值很难达到要求时，可采用以下措施降低接地电阻：

- a) 当地下较深处的土壤电阻率较低时，可采用井式或深钻式深埋接地极；
- b) 填充电阻率较低的物质或压力灌注降阻剂等；
- c) 采用新型接地装置或采用多层接地措施。

注：降阻剂应满足技术要求并有质量证明文件。

5.2.11 接地装置的防腐应符合技术标准的要求。当采用阴极保护方式防腐时，应经测试合格。

### 5.3 接地装置的安装

5.3.1 接地体顶面埋设深度应符合设计文件规定。当无规定要求时，不应小于 0.6m。角钢、钢管、铜棒、铜管等接地体应垂直配置。除接地体外，接地体引出线的垂直部分和接地装置连接（焊接）部位外侧 100mm 范围内应作防腐处理；在做防腐处理前，表面必须除锈并去掉焊接处残留的焊药。

5.3.2 垂直接地体的间距不宜小于其长度的 2 倍。水平接地体的间距应符合设计规定。当无设计规定时不宜小于 5m。

5.3.3 接地线应采取防止发生机械损伤和化学腐蚀的措施。在与公路、铁路或管道等交叉及其他可能使接地线遭受损伤处，均应用钢管或角钢加以保护。接地线在穿过墙壁、楼板和地坪处应加装钢管或其他坚固的保护套，有化学腐蚀的部位还应采取防腐措施。热镀锌钢材焊接时，应在焊痕外 100mm 内做防腐处理。

5.3.4 接地干线应在不同的两点及以上与接地网相连接。自然接地体应在不同的两点及以上与接地干线或接地网相连接。

5.3.5 电气装置的接地应以单独接地线与接地汇流排或接地干线相连接，严禁在一个接地线中串接几个需要接地的电气装置。重要设备和设备构架应有两根与接地网不同点连接的接地引下线，连接引线应便于定期检查测试。

5.3.6 接地体敷设完后沟内回填土不应夹有石块和建筑垃圾等；在回填土时，应分层夯实。室外接地回填宜有 100mm~300mm 高度的防沉层。在山区石质地段或电阻率较高的土质区段应在土沟中至少先回填 100mm 厚的净土垫层，再敷设接地体，然后用净土分层夯实回填。

5.3.7 明敷设接地线安装应符合下列要求：

- a) 接地线安装的位置应合理，便于检查，无碍设备检修和运行巡视；
- b) 接地线的安装应美观，防止因加工方式造成接地线截面减小、强度减弱、容易生锈；
- c) 支持件间的距离，在水平直线部分宜为 0.5m~1.5m；垂直部分宜为 1.5m~3.0m；转弯部分宜为 0.3m~0.5m；
- d) 接地线应水平或垂直敷设，亦可与建筑物倾斜结构平行敷设；在直线段上，不应有高低起伏及弯曲等现象；
- e) 接地线沿建筑物墙壁水平敷设时，离地面距离宜为 250mm~300mm；接地线与建筑物墙壁间的间隙宜为 10mm~15mm；
- f) 在接地线跨越建筑物伸缩缝、沉降缝处时，应设置补偿器。补偿器可用接地线本身弯成弧状代替。

5.3.8 明敷设接地线，在区间段及每个连接部位附近的表面，应涂以用 15mm~100mm 宽度相等的绿色和黄色相间条纹标识。中性线宜涂浅蓝色标识。

5.3.9 当电缆穿过零序电流互感器时，电缆头的接地线应通过零序电流互感器后接地；由电缆头至穿过零序电流互感器的一段电缆金属护层和接地线应对地绝缘。

5.3.10 变电所电气装置下列部位应专门敷设接地线直接与接地体或接地母线连接：

- a) 高压配电装置的金属外壳；

- b) 钢筋混凝土构件支座上电气设备金属外壳;
  - c) 直接接地或经消弧线圈接地的变压器;
  - d) 避雷器、避雷针、避雷线等接地端子。
- 5.3.11 避雷器接地线应就近与主接地网连接。
- 5.3.12 全封闭组合电器的外壳应按制造厂规定接地; 法兰片间应采用跨接线连接, 并应保证良好的电气通路。
- 5.3.13 高压配电间隔和静止补偿装置的栅栏门铰链处应用软铜线连接, 以保证良好接地。
- 5.3.14 接地装置由多个分接地装置部分组成时, 应按设计要求设置便于分开的断接卡, 自然接地体与人工接地体连接处应有便于分开的断接卡。
- 5.3.15 保护屏应装有接地端子, 并用截面不小于  $4\text{mm}^2$  的多股铜线和接地网直接连通。装设静态保护的屏, 应装设连接控制电缆屏蔽层的专用接地铜排, 各盘专用接地铜排互相连接成环, 与控制室的屏蔽接地网连接。用截面不小于  $100\text{mm}^2$  的绝缘导线或电缆将屏蔽电网与一次接地网直接相连。
- 5.4 接地体(线)的连接
- 5.4.1 接地体(线)的连接采用焊接时, 焊接牢固无虚焊。接至电气设备上的接地线, 用镀锌螺栓连接; 有色金属接地线不得采用焊接时, 可用螺栓连接、压接、热剂焊(放热焊接)方式连接。用螺栓连接时应设防松螺帽或防松垫片, 螺栓的规格、数量、接触面应按 GB 50149 的规定处理。不同材料接地体间的连接应进行处理。
- 5.4.2 接地体(线)的焊接应采用搭接焊, 其搭接长度应符合下列规定:
- a) 扁钢为不小于其宽度的 2 倍(且至少 3 个棱边焊接);
  - b) 圆钢为不小于其直径的 6 倍;
  - c) 圆钢与扁钢连接时, 其长度为不小于圆钢直径的 6 倍;
  - d) 扁钢与钢管、扁钢与角钢焊接时, 除应在其接触部位两侧进行焊接外, 并应焊以由钢带弯成的弧形(或直角形)卡子或直接由钢带本身弯成弧形(或直角形)与钢管(或角钢)焊接。
- 5.4.3 接地体(线)为铜与铜或铜与钢的连接工艺采用热剂焊(放热焊接)时, 其熔接接头必须符合下列规定:
- a) 被连接的导体必须完全包在接头里;
  - b) 要保证连接部位的金属完全熔化, 连接牢固;
  - c) 热剂焊(放热焊接)的接头表面应平滑且无贯穿性的气孔, 焊接接头凸出点宜高于连接面  $5\text{mm}\sim 10\text{mm}$ 。
- 5.4.4 采用铜绞线、钢绞线等做接地线引下时, 应用连接端子与接地体连接。
- 5.4.5 同一区域内同类设备的接地线朝向和制作工艺应一致, 接地线不得直接和设备焊接。
- 5.4.6 利用本规程“5.2.2”条所述的各种金属构件、金属管道、穿线的钢管等作为接地线时, 连接处应保证有可靠的电气连接。
- 5.4.7 沿电缆桥架敷设铜绞线、镀锌扁钢及利用沿桥架构成电气通路的金属构件, 如安装托架用的金属构件作为接地干线时, 电缆桥架接地时应符合下列规定:
- a) 电缆桥架全长不大于  $30\text{m}$  时, 不应少于 2 处与接地干线相连;
  - b) 全长大于  $30\text{m}$  时, 应每隔  $20\text{m}\sim 30\text{m}$  增加与接地干线的连接点;
  - c) 电缆桥架的起始端和终端应与接地线可靠连接。
- 5.4.8 金属电缆桥架的接地如采用两端压接镀锡铜鼻子的铜绞线跨接, 跨接线最小允许截面积不小于  $4\text{mm}^2$ ; 当桥架间连接板的两端不跨接接地线时, 连接板每端应有不少于 2 个有防松螺帽或防松垫圈的螺栓固定。
- 5.4.9 变电站 GIS 的接地线及其连接应符合以下要求:
- a) GIS 基座上的每一根接地母线, 应采用分设其两端的接地线与变电站的接地装置连接。接地

线应与 GIS 区域环形接地母线连接。接地母线较长时，其中部应另加接地线，并连接至接地网；

- b) 接地线与 GIS 接地母线应采用螺栓连接方式；
- c) 当 GIS 露天布置或装设在室内土壤直接接触的地面上时，其接地开关、氧化锌避雷器的专用接地端子与 GIS 接地母线的连接处，宜装设集中接地装置；
- d) GIS 室内应敷设环形接地母线，室内各种设备需接地的部位应以最短路径与环形接地母线连接。GIS 置于室内楼板上时，其基座下的钢筋混凝土地板中的钢筋应焊接成网，并和环形接地母线连接。

#### 5.5 避雷针（线、带、网）接地

5.5.1 避雷针（线、带、网）的接地除应符合本规程上述规定外，尚应遵守下列规定：

- a) 避雷针（带）与引下线之间的连接应采用电焊或热剂焊（放热焊接）；
- b) 避雷针（带）引下线及接地装置使用的紧固件均应使用镀锌制品；
- c) 建筑物上的防雷设施采用多根引下线时，应在各引下线距地面 1.5m~1.8m 处设置断接卡，断接卡应采取保护措施；
- d) 独立避雷针的接地装置与道路或建筑物的出入口等距离应大于 3m。当小于 3m 时，应采取均压措施或铺设卵石或沥青地面；
- e) 独立避雷针的接地装置与接地网的地中距离不应小于 3m；
- f) 变电站配电装置的构架或屋顶上的避雷针（含悬挂避雷线的构架）应在其附近装设集中接地装置，并与主接地网连接，其引下线距门窗应符合安全距离要求，且防雷引下线不应在建筑物的门口、走廊等人员通行易接触到的位置引下。

5.5.2 建筑物上的避雷针或防雷金属网应和建筑物顶部的其他金属物体连接成一个整体。

5.5.3 装有避雷针和避雷线的构架上的照明灯电源线，必须采用直埋于土壤中带金属护层的电缆或穿入金属管的导线。电缆的金属护层或金属管必须接地，埋入土壤中长度应在 10m 以上方可与配电装置的接地网相连或与电源线、低压配电装置相连接。

5.5.4 变电所的避雷线线档内不应有接头。

5.5.5 避雷针（网、带）及其接地装置，应采取自下而上的施工程序。首先安装集中接地装置，后安装引下线，最后安装接闪器。

#### 5.6 电缆终端金属护层、金属屏蔽层的接地

5.6.1 110kV 及以上中性点有效接地系统单芯电缆的电缆终端金属护层，应通过接地刀闸直接与变电站接地装置连接。

5.6.2 110kV 以下三芯电缆的电缆终端金属护层应直接与变电站接地装置连接。

5.6.3 控制电缆的金属屏蔽层接地应符合下列要求：

- a) 用于抗电气干扰增加的 1 根接地用的备用芯线，应在控制室侧一点接地；
- b) 计算机监控回路的模拟信号回路控制电缆屏蔽层，应集中式一点接地；
- c) 集成电路、微机保护的电流、电压和信号的电缆屏蔽层，应在开关安装场所和控制室侧同时接地；
- d) 上述情况以外的控制电缆屏蔽层，电磁感应干扰较大时宜两点接地，静电感应较大时可在控制室侧一点接地。

#### 5.7 配电电气装置的接地

5.7.1 配电变压器等电气装置安装在由其供电的建筑物内的配电装置室时，其接地装置应与建筑物基础主钢筋等相连接。

5.7.2 配电装置的接地电阻值应符合设计要求。

#### 5.8 爆炸和火灾危险环境的接地

### 5.8.1 保护接地装置安装,应符合下列要求:

- a) 在爆炸危险环境电气设备的金属外壳、金属构架、金属配线管及其配件、电缆保护管、电缆的金属护套等非带电的裸露金属部分,均应接地或接零;
- b) 在爆炸性气体环境 1 区或可燃性粉尘环境 21 区内所有电气设备,以及爆炸性气体环境 2 区内除照明灯具以外其他电气设备,应采用专用接地线;该专用接地线若与相线敷设在同一保护管内时,应具有与相线相等的绝缘;金属管线、电缆的金属外壳等,应作为辅助接地线;
- c) 在爆炸性气体环境 2 区的照明灯具及可燃性粉尘环境 22 区内的所有电气设备,可利用有可靠电气连接的金属管线系统作为接地线;在可燃性粉尘环境 22 区可采用金属结构作为接地线,但不得利用输送爆炸危险物质的管道;
- d) 在爆炸危险环境中接地干线宜在不同方向与接地体相连,连接处不得少于两处;
- e) 爆炸危险环境中的接地干线通过与其他环境共用的隔墙或楼板时,应采用钢管保护,并作好隔离密封;
- f) 电气设备及灯具的专用接地线或接零保护线,应单独与接地干线(网)相连,电气线路中的工作零线不得作为保护接地线用;
- g) 爆炸危险环境内电气设备与接地线的连接,宜采用多股软绞线,其铜线最小截面不得小于  $4\text{mm}^2$ ,易受机械损伤的部位应装设保护管;
- h) 铠装电缆接入电气设备时,其接地或接零芯线应与设备内接地螺栓连接;钢带及金属外壳应与设备外接地螺栓连接;
- i) 爆炸危险环境内接地或接零用的螺栓应有防松装置;接地线紧固前,其接地端子及上述紧固件均应涂电力复合脂。

### 5.8.2 防静电接地装置安装,应符合下列要求:

- a) 防静电的接地装置可与电气设备的防感应雷接地装置共同设置,其接地电阻值符合防感应雷和电气设备接地的规定;只作防静电的接地装置,每一处接地体的接地电阻值符合设计规定;
- b) 设备、机组、贮罐、管道等防静电接地线,单独与接地体或接地干线相连,除并列管道外不得互相串连接地;
- c) 防静电接地线的安装,与设备、机组、贮罐等固定接地端子或螺栓连接,连接螺栓不应小于 M10,并有防松装置和涂以电力复合脂;
- d) 当金属法兰采用金属螺栓或卡子相紧固时,可不另装跨接线。安装前,应有两个及以上螺栓和卡子之间的接触面去锈和除油污,并加装防松螺母;
- e) 容量为  $50\text{m}^3$  及以上的贮罐,其接地点不少于两处,且接地点的间距不大于 30m,并在罐体底部周围对称与接地体连接,接地体连接成环形的闭合回路;
- f) 易燃或可燃液体的浮动式贮罐,在无防雷接地时,其罐顶与罐体之间采用铜软线作不少于两处跨接,其截面不小于  $50\text{mm}^2$ ,且其浮动式电气测量装置的电缆,应引入贮罐处将铠装、金属外壳可靠地与罐体连接;
- g) 钢筋混凝土的贮罐或贮槽,沿其内壁敷设的防静电接地导体,与引入的金属管道及电缆的铠装、金属外壳连接,并引至罐、槽的外壁与接地体连接;
- h) 非金属的管道(非导电的)、设备等,其外壁上缠绕的金属丝网、金属带等,紧贴其表面均匀地缠绕,并可靠接地;
- i) 可燃粉尘的袋式集尘设备,织入袋体金属丝的接地端子接地;
- j) 皮带传动的机组及其皮带的防静电接地刷、防护罩均应接地;
- k) 引入爆炸危险环境的金属管道、配线的钢管、电缆的铠装及金属外壳,均在危险区域的进口处接地。

## 6 电缆线路安装

### 6.1 一般规定

6.1.1 与电缆线路安装有关的建筑工程施工应符合下列要求：

- a) 与电缆线路有关建筑物、构筑物的建筑工程质量，应符合国家现行建筑工程施工及验收规范中有关规定；
- b) 电缆线路安装前，建筑工程应具备下列基本条件：
  - 1) 预埋件位置符合设计要求，安装牢固；
  - 2) 电缆沟、隧道、竖井及人孔等处地坪及抹面工作结束；
  - 3) 电缆沟、隧道以及变电所的电缆夹层的施工设施、模板及建筑废料等清理干净，施工道路畅通，盖板齐全；
  - 4) 电缆沟排水畅通，电缆室门窗安装完毕；
- c) 电缆线路安装完投入运行前，建筑工程应完成由于预埋件补遗、开孔、扩孔而造成的建筑工程内外修饰项目。

6.1.2 电缆及其附件安装用钢制紧固件，除地脚螺栓外，应使用热镀锌制品。

6.1.3 电缆及其附件到达现场后，应按要求进行检查验收，电缆及附件的型号、规格、电压等级应符合设计要求，并且做好相应记录。

6.1.4 对有抗干扰性能要求的电缆线路，按设计要求采取相应的抗干扰措施。

6.1.5 爆炸和火灾危险环境，电气线路使用的保护管、接线盒、分线盒、活接头、隔离密封件等连接件的选型，应符合现行国家标准。

### 6.2 电缆（线）管加工及敷设

6.2.1 电缆（线）管不应有穿孔、裂缝和显著的凹凸不平，内壁应光滑。金属保护管不应有严重锈蚀。在易受机械损伤的地方和在受力较大处直埋时，应采用坚固的保护管。

6.2.2 电缆（线）管加工应符合下列要求：

- a) 管口应无毛刺和尖锐棱角，管口宜做成喇叭型或安装护套；
- b) 电缆管弯制后，不应有裂缝和显著凹瘪现象，其弯扁程度不宜大于管子外径的10%；电缆管的弯曲半径不应小于所穿入电缆最小允许弯曲半径；
- c) 无防腐措施的金属保护管应在外表涂防腐漆或涂沥青，镀锌管锌层剥落处也应涂以防腐漆；
- d) 用于电气设备、器具连接金属、非金属柔性导管的长度，在动力工程中不大于0.8m，在照明工程中不大于1.2m。

6.2.3 电缆（线）管的内径与电缆外径之比不得小于1.5。

6.2.4 每根电缆（线）管的直角弯不应超过2个。

6.2.5 电缆（线）管明敷时应符合下列要求：

- a) 电缆（线）保护管应安装牢固。管支持点间的距离：当设计无规定时，不宜超过3m；
- b) 当塑料管直线长度超过30m时，宜加装伸缩节。

6.2.6 电缆（线）管连接应符合下列要求：

- a) 金属电缆（线）管连接应牢固，密封应良好，两管口应对准；镀锌钢管明敷宜采用螺纹连接方式，螺纹连接处应涂有电力复合脂，有效丝扣应不少于6扣，外露宜为2扣~3扣。埋地敷设时宜采用套管焊接连接，套管长度宜为连接管外径的2.2倍，套焊处焊缝应完整饱满，在清除干净焊口后，焊接部位前后100mm范围内均做防腐处理，壁厚小于等于2mm的钢导管不得套管熔焊连接；
- b) 硬质塑料管在套接或插接时，其插入深度宜为管子内径的1.1倍~1.8倍。在插接面上应涂以胶合剂粘牢密封；套接时套管两端应采取封焊等密封措施；

- c) 采用金属软管及专用合金接头作电缆管的接续时,其两端应固定牢固、密封良好。
- 6.2.7 引至设备的保护管管口位置,应便于与设备连接,并且不得影响主设备运行检修。并列敷设安装的保护管管口应排列整齐,相邻管中心间距保持合理。
- 6.2.8 室外埋设的电缆保护管,埋设深度距地平面不宜小于0.7m。从电缆沟到邻近电气设备的50mm及以下保护管埋深不应少于300mm。
- 6.2.9 利用电缆(线)管作接地线时,钢管不连续处应采用专用接地线卡跨接,接地线为截面不小于 $4\text{mm}^2$ 的铜芯软线。
- 6.2.10 安装混凝土、陶土等电缆管时,地基应坚实、平整,不应有沉陷。保护管敷设应符合下列要求:
- 电缆管埋设深度不宜小于0.7m;在人行道下面敷设时,不宜小于0.5m;
  - 保护管连接时,管孔应对准,接缝应严密,不得有地下水和泥浆渗入。
- 6.3 电缆支架配制与安装
- 6.3.1 电缆支架配制与安装应符合下列要求:
- 钢材应平直,无明显扭曲。下料误差应在5mm范围内,切口应无卷边、毛刺;
  - 支架应焊接牢固,无显著变形。各横撑间的垂直净距与设计偏差不应大于5mm;
  - 金属电缆支架应进行防腐处理;
  - 当设计无规定要求时,电缆支架形式的选择,应视支架安装位置及支承的电缆规格、走向确定;电缆支架的支架间距水平安装时不大于3m,垂直安装时不大于2m。
- 6.3.2 电缆支架的层间净距不应小于2倍电缆外径加10mm,35kV及以上高压电缆不应小于2倍电缆外径加50mm。
- 6.3.3 电缆支架应安装牢固,横平竖直;托架、支(吊)架的固定方式应符合设计要求。各支架同层横档应在同一水平面上,其高低偏差不应大于5mm;托架、支(吊)架沿桥架走向左右偏差不应大于10mm;在有坡度电缆沟内或建筑物上安装的电缆支架,应有与电缆沟或建筑物相同的坡度。
- 6.3.4 电缆桥架配制应符合下列要求:
- 电缆梯架(托盘)、及其支(吊)架、连接件和附件的质量应符合现行有关技术标准;
  - 电缆梯架(托盘)的规格、支吊架跨距、防腐类型应符合设计要求;
  - 镀锌电缆桥架、铝合金电缆桥架间连接板的两端不跨接接地线,但连接板两端不少于2个有防松螺帽或防松垫圈的连接固定螺栓;
  - 表面有绝缘层的金属电缆桥架间连接板两端,跨接铜芯接地线,接地线最小截面为 $4\text{mm}^2$ 。
- 6.3.5 电缆梯架(托盘)在每个支吊架上的固定应牢固;电缆梯架(托盘)连接板的螺栓应紧固,螺母应位于电缆梯架(托盘)的外侧;铝合金或不锈钢梯架在碳钢制支吊架固定时,接触面应有防电化腐蚀措施。阻燃桥架连接缝应对齐、严密、牢固,桥架端部采用阻火包和阻燃堵料封堵。
- 6.3.6 当直线段电缆桥架超过30m应有伸缩措施。
- 6.3.7 电缆桥架转弯处的转弯半径,不应小于该桥架上的电缆最小允许弯曲半径最大者。
- 6.3.8 金属电缆支架全长均应有良好接地。
- 6.4 电缆敷设
- 6.4.1 电缆敷设前应按下列要求进行检查:
- 电缆通道畅通,排水良好。金属部分的防腐层完整。隧道内照明、通风符合要求;
  - 电缆型号、规格应符合设计文件要求;
  - 电缆外观应无损伤,电缆本身试验合格;
  - 电缆放线架应放置稳妥,钢轴的钢度和长度应与电缆盘重量和宽度相配合;
  - 在带电区域内敷设电缆,应有可靠的安全防护措施。
- 6.4.2 电缆敷设时,对于电缆沟、隧道、电缆井和人井等易受外力损坏的防水层,应采取防护措施。

- 6.4.3 并联使用的电力电缆其长度、型号、规格应相同。
- 6.4.4 电力电缆在终端头与接头附近宜留有备用长度，备用长度不小于2个电缆头长。
- 6.4.5 电缆各支撑点间的距离应符合设计规定。
- 6.4.6 电缆最小弯曲半径应符合表6.4.6要求。

表 6.4.6 电缆最小弯曲半径

电缆类型		最小允许弯曲半径
控制电缆	非铠装控制电缆	6D
	铠装控制电缆	12D
电力电缆	橡皮绝缘电力电缆	无铠装 10D/铠装 20D
	聚氯乙烯绝缘电力电缆	10D
	交联聚乙烯绝缘电力电缆	多芯 15D/单芯 20D

注：D为电缆外径。

- 6.4.7 电缆敷设时，电缆应从电缆盘的上端引出，不应使电缆在支架上与地面摩擦拖拉。不得有电缆铠装压扁、绞拧、护层折裂和表面严重划伤等机械损伤。
- 6.4.8 机械敷设电缆的速度不宜超过 15m/min，110kV 及以上电缆或在较复杂路径敷设时，其速度应适当放慢。
- 6.4.9 在作业空间复杂的条件下用机械敷设大截面电缆时，应编写施工方案，确定敷设方法、线盘架设位置、电缆牵引方向。校核牵引力和侧压力，配备施工人员和机具。机械敷设电缆时，应在牵引头或钢丝绳套与牵引钢绳之间装设防捻器。
- 6.4.10 电力电缆接头布置应符合下列要求：
- 并列敷设的电缆，其接头位置应相互错开；
  - 电缆明敷设时的接头，应用托板托置固定；
  - 直埋电缆接头盒外面应有防止机械损伤的保护盒（环氧树脂接头盒除外）；位于冻土层内的保护盒，盒内宜注以沥青。
- 6.4.11 电缆敷设时应排列整齐，不宜交叉，要有明显、清晰、牢固的标识。
- 6.4.12 标志牌装设应符合下列要求：
- 在电缆终端头、电缆接头等处，电缆应装设标志牌；
  - 标志牌应注明线路编号。当无编号时，应写明电缆型号、规格、长度及起点、终点；并联使用的电缆应有顺序号。标志牌的字迹应清晰、牢固；
  - 标志牌规格宜统一。标志牌应能防腐，挂装应牢固。
- 6.4.13 电缆固定，应符合下列要求：
- 以下地方电缆应加以固定：
    - 垂直敷设或超过 45° 倾斜敷设的电缆在每个支架上；
    - 水平敷设的电缆，在电缆首末两端及转弯、电缆接头的两端处；当对电缆间距有要求时，每隔 5m~10m 处；
    - 单芯电缆的固定应符合设计要求；
  - 交流系统的单芯电缆或分相后的分相铅套电缆固定夹具不宜构成闭合磁路；
  - 裸铅（铝）套电缆的固定处，应加软衬垫保护；
  - 护层有绝缘要求的电缆，在固定处应加绝缘衬垫且绝缘良好；
  - 大截面电缆需蛇形敷设时，抱箍应垂直电缆固定；
  - 电缆的固定夹或固定扎带应排列整齐，固定扎带的多余长度应剪除。



- 6.4.14 电缆进入电缆沟、隧道、竖井、建筑物、盘柜以及穿入管子时，出入口应封闭，管口应做密封处理。
- 6.4.15 构筑物中电缆的敷设，应符合下列要求：
- 电力电缆和控制电缆不宜配置在同一层支架上；
  - 高低压电力电缆，强电、弱电控制电缆应按顺序分层配置；
  - 并列敷设的电力电缆，其相互间的净距应符合设计要求；
  - 电缆在支架上敷设应符合下列要求：
    - 1) 电缆在电缆支架上敷设，应符合设计文件的规定；
    - 2) 交流单芯电力电缆，应布置在同侧支架上。当按正三角形紧贴排列时，应每隔 1m 绑扎牢固；
  - 电缆与热力管道、热力设备之间的净距，平行时不应小于 1m，交叉时不应小于 0.5m，当受条件限制时，应采取隔热保护措施；电缆不宜平行敷设于热力设备和热力管道的上部；
  - 电缆敷设完毕后，应及时清除杂物，盖好盖板。
- 6.4.16 管道内电缆敷设应符合下列要求：
- 电缆进入建筑物、隧道、穿过楼板及墙壁处、从沟道引至电杆、设备、墙外表面或屋内行人容易接近处、距地面高度 2m 以下的一段等可能受到机械损伤的地方，应有坚固的保护管或加装保护罩；
  - 电缆保护管埋入非混凝土地面的深度不应小于 100mm；伸出建筑物散水坡的长度不应小于 250mm。保护罩（管）根部不应高出地面；
  - 电缆排管在敷设电缆前应进行疏通、清除杂物；
  - 电缆管道内部应无积水，无杂物堵塞。穿电缆时，不得损伤护层，可采用无腐蚀性的润滑剂；
  - 穿入管中的电缆数量应符合设计要求；交流系统的单芯电缆不得单独穿入钢管内。
- 6.4.17 直埋电缆敷设应符合下列要求：
- 电缆埋置深度应符合下列要求：
    - 1) 电缆表面距地面的距离不应小于 0.7m；穿越农田时不应小于 1m；在引入建筑物、与地下建筑物交叉及绕过地下建筑物处，可浅埋，但应采取保护措施；
    - 2) 电缆应埋设于冻土层以下，当受条件限制时，应采取防护措施；
  - 最小净距应符合本规程的规定严禁将电缆平行敷设于管道的上方或下方；电缆与热管道及热力设备平行、交叉时，应采取隔热措施，电缆与管道的最小净距见表 6.4.17。

表 6.4.17 直埋电缆与管道的最小净距

管道类别		平行净距/mm	交叉净距/mm
一般管道	电缆有保护管	500	250
	电缆无保护管		500
热力管道	电缆有保护管	2000	250
	电缆无保护管		500
可燃易燃介质管道		1000	500

- 电缆与铁路、道路交叉时，应敷设于坚固的保护管或隧道内。电缆管的两端宜伸出道路路基两边各 2m；伸出排水沟外侧 0.5m；在装置各区域间应伸出行车道路；
- 直埋电缆上、下部应辅以不小于 100mm 厚的软土或沙层，并加盖保护板，其覆盖宽度应超过敷设电缆两侧各 50mm，保护板可采用混凝土盖板或砖块按一定的方向摆放；
- 直埋电缆在直线段每隔 50m~100m 处、电缆接头处、转弯处、进入建筑物等处，应设置明显

的方位标志或标桩；

f) 直埋电缆，应有电缆全长 0.5%~1.0%的备用长度作波浪形敷设；

g) 直埋电缆回填前，应进行隐蔽工程验收，并做好回填记录。

## 6.5 电缆终端和接头制作

6.5.1 电缆终端与接头制作时，应严格遵守制作工艺规程。

6.5.2 在室外制作 6kV 及以上电缆终端与接头时，其空气相对湿度宜为 70%及以下；当湿度大时，可提高环境温度或加热电缆；110kV 及以上高压电缆终端与接头施工时，应控制环境湿度，温度宜为 10℃~30℃；制作塑料绝缘电力电缆终端与接头时，应防止尘埃杂物落入绝缘层内；不应在雾中或雨中施工。

6.5.3 电缆终端与接头应符合下列要求：

a) 型式、规格与电缆类型如电压、芯数、截面、护层结构和环境要求一致；

b) 结构应简单、紧凑，便于安装；

c) 使用的材料、部件应符合技术要求；

d) 主要性能应符合技术要求。爆炸和火灾危险环境选用的电缆或绝缘导线，其铜、铝线芯的最小截面应符合 GB 50257 中的相关规定；

e) 电力电缆耐压试验应符合本规程的规定；低压电缆，相间和相对地之间的绝缘电阻值应大于 0.5MΩ；

f) 导线或电缆间的连接，应采用有防松措施的螺栓固定，或压接、钎焊、熔焊，但不得绕接；铝芯电缆与电气设备的连接，应有可靠的铜-铝过渡接头等措施。

6.5.5 电缆线芯连接金具，应采用符合标准的连接管和接线端子，其内径应与电缆线芯紧密结合，间隙不应过大；截面宜为线芯截面的 1.2 倍~1.5 倍；采用压接时，压接钳和模具应符合电缆连接管规格要求。

6.5.6 制作安装电缆终端和接头前，应熟悉安装工艺，并符合下列要求：

a) 电缆绝缘状况良好，绝缘测试合格，无受潮现象；

b) 附件规格应与电缆一致；零部件应齐全无损伤；绝缘材料未受潮；密封材料未失效。壳体结构附件应预先组装，清洁内壁；试验密封，结构尺寸符合要求；

c) 施工用机具齐全完好，便于操作，状况清洁，消耗材料齐备。清洁绝缘表面的溶剂应符合安装工艺。

6.5.7 电力电缆接地线应采用铜绞线或镀锡铜编织线，铠装及屏蔽电缆的接地线其截面面积应符合如下规定：

a) 电缆截面 16mm<sup>2</sup>~120mm<sup>2</sup>，接地线截面不得小于 16mm<sup>2</sup>；

b) 电缆截面 150mm<sup>2</sup>及以上时，接地线截面不小于 25mm<sup>2</sup>；

c) 电缆芯线截面积在 16mm<sup>2</sup>及以下，接地线截面积与电缆芯线截面积相等。

6.5.8 电缆终端与电气装置连接，应符合本规程的规定。

6.5.9 制作电缆终端与接头，从剥切电缆开始应连续操作直至完成，缩短电缆绝缘的暴露时间，剥切电缆时不应损伤线芯和保留的绝缘层，附加绝缘的包绕、装配、热缩等应保持清洁。

6.5.10 电缆终端和接头应采取加强绝缘、密封防潮、机械保护等措施。6kV 及以上电力电缆的终端头和接头，应有改善电缆屏蔽端部电场集中的有效措施，并确保外绝缘相间和对地距离。

6.5.11 电缆线芯连接时，应除去线芯和连接管内壁油污及氧化层。压接模具与金具应配合恰当。压缩比应符合要求。压接后应将端子或连接管上的凸痕修理光滑，不得残留毛刺。采用锡焊连接铜芯，应使用中性焊剂。

6.5.12 三芯电力电缆接头金属屏蔽层、铠装层应连接良好，不得中断，跨接线的截面应符合规定。直埋电缆接头的金属外壳与电缆的金属护层应做防腐处理。

- 6.5.13 装配、组合电缆终端和接头时，各部件的配合或搭接处应采取堵漏、防潮、密封措施。塑料电缆宜采用自粘带、粘胶带等方式密封；护套表面应打毛，粘接表面应用溶剂除去油污，粘接应良好。
- 6.5.14 电缆终端上应有明显的相色标志，且与系统相位一致。
- 6.5.15 低压电缆和控制电缆头应保持统一、美观、防潮。
- 6.5.16 6kV 以上电缆应测量电缆屏蔽层与钢甲接地间绝缘电阻，屏蔽层与铠装接地线应分别引出共同接地于一点。
- 6.6 电缆的防火和阻燃**
- 6.6.1 电缆的防火、阻燃施工可采取下列措施：
- 在电缆穿过竖井、墙壁、楼板或进入电气盘、柜的孔洞处，用防火堵料密实封堵；
  - 在电力电缆接头两侧及相邻电缆 2m~3m 长的区段施加防火涂料或防火包带。改、扩建工程施工中，对于已运行的电缆孔洞、阻火墙，应及时恢复封堵。
- 6.6.2 防火阻燃材料须有技术鉴定资料 and 产品质量证明文件。
- 6.6.3 防火涂料应按一定浓度稀释，搅拌均匀，并应顺电缆长度方向进行涂刷，涂刷厚度或次数、每次涂刷间隔时间应符合材料使用要求。
- 6.6.4 包带在绕包时，应拉紧密实，缠绕层数或厚度应符合材料使用要求。绕包完毕后，每隔一定距离应绑扎牢固。
- 6.6.5 在封堵电缆孔洞时，封堵应严实可靠，不应有明显的裂缝和可见的孔隙，孔洞较大者应加耐火衬板后再进行封堵。
- 6.6.6 阻火墙上的防火门应严密，孔洞应封堵；阻火墙两侧电缆应施加防火包带或涂料；阻火包的堆砌应密实，外观整齐，不应透光。
- 6.7 爆炸危险环境内电缆线路安装**
- 6.7.1 电缆线路在爆炸危险环境内不应直接连接。
- 6.7.2 电缆线路穿过不同危险区域，应采取下列隔离密封措施：
- 在两级区域交界处的电缆沟内，应采取充砂、填阻火堵料或加设防火隔墙；
  - 电缆通过与相邻区域共用的隔墙、楼板、地面及易受机械损伤处，均应加以保护。留下的孔洞，应堵塞严密；
  - 保护管两端的管口处，应将电缆周围用非燃性纤维堵塞严密，再堵塞密封胶泥，密封胶泥堵塞深度不得小于管子内径，且不得小于 40mm。
- 6.7.3 防爆电气设备、接线盒的进线口，引入电缆后的密封应符合下列要求：
- 当电缆外护套须穿过弹性密封圈或密封填料时，应被弹性密封圈挤紧或被密封填料封固；
  - 外径等于或大于 20mm 的电缆，在隔离密封处组装防止电缆拔脱的组件时，应在电缆被拧紧或封固后，再拧紧固定电缆的螺栓；
  - 电缆引入装置或设备进线口的密封，应符合下列要求：
    - 装置内的弹性密封圈的一个孔，应密封一根电缆；
    - 被密封的电缆断面，应近似圆形；
    - 弹性密封圈及金属垫，应与电缆的外径匹配；其密封圈内径与电缆外径允许差值为  $\pm 1\text{mm}$ ；
    - 弹性密封圈压紧后，应能将电缆沿圆周均匀地被挤紧。
- 6.7.4 电缆与电气设备连接时，应选用与电缆外径相适应的引入装置，当选用的电气设备的引入装置与电缆的外径不相适应时，应采用过渡接线方式，电缆与过渡线应在相应的防爆接线盒内连接。
- 6.7.5 有电缆头腔或密封盒的电气设备进线口，电缆引入后应浇灌固化的密封填料，填堵塞深度不应小于引入口径的 1.5 倍，且不得小于 40mm。
- 6.7.6 电缆采用金属密封环式引入时，贯通引入装置的电缆表面，应清洁干燥；对涂有防腐层的电缆，应清除干净后再敷设。

## 6.8 光缆

6.8.1 光缆敷设过程中不得出现扭转现象。

6.8.2 光缆安装的最小弯曲半径应符合表 6.8.2 的规定：

表 6.8.2 光缆最小弯曲半径

光缆外护层形式	无外护层光缆	有外护层光缆
就位时	10D	15D
敷设时	20D	30D
注：D 为光缆外径。		

6.8.3 光纤连接应按照光缆熔接工艺规程进行操作，采用专用熔接设备完成熔接过程。

6.8.4 测试光缆的插入损耗、每千米损耗值、单点损耗值应在系统允许范围内。

6.8.5 比较感温光缆采样值与标准值应在允许误差范围内。

## 7 电气照明安装

### 7.1 一般规定

7.1.1 灯具、插座、风扇、配电箱等设备安装前应核对其规格、型号和防爆标识是否符合设计要求。

7.1.2 照明主回路和分支回路的电缆规格应符合设计要求；照明器具按设计给定的回路编号进行穿线、接线、标识应清楚。

7.1.3 导线应穿保护管敷设，管内应无接头，管口应无毛刺。

7.1.4 照明穿线宜采用不同的颜色区分各照明回路、相线、零线、地线，照明灯具接线应采用不同颜色的导线来区分相线和零线，螺纹灯头的相线应接在中心端子上。

7.1.5 照明接线在接线箱和灯具内进行，线头采用压接法或绞接法连接方式。接线完毕，用 500V 摇表测量其回路绝缘电阻，不低于 0.5MΩ 方可送电运行。

7.1.6 防爆灯具、防爆插座与电缆应可靠接地和密封；防爆电气设备的多余进出缆孔应用丝堵封堵严密，钢质堵板厚度不应小于 2mm，且应用螺母压紧。

7.1.7 电气设备、接线盒和端子箱上多余的引线孔，应采用防爆丝堵堵塞严密。当孔内垫有弹性密封圈时，则弹性密封圈的外侧应设钢质堵板，其厚度不应小于 2mm，钢质堵板应经压盘或螺母压紧。

7.1.8 不同区域和种类的照明装置按规定进行标识，标识内容同实际安装内容相符。

7.1.9 照明系统通电连续试运行时间不得少于 2h。

7.1.10 电气照明装置施工前，建筑工程应符合下列要求：

- a) 对照明装置安装有妨碍的模板、脚手架应拆除；
- b) 顶棚、墙面等抹灰工作应完成，地面清理工作应结束。

### 7.2 灯具安装

7.2.1 灯具开箱检验应符合下列要求：

- a) 外观检查良好，灯具铸件无裂纹及沙眼、玻璃罩无碎裂、防爆密封良好；
- b) 照明器具应符合现行国家质量标准及设计，并具有出厂产品合格证；
- c) 照明器具的规格和防爆等级符合设计要求：
  - 1) 灯具的种类、型号、功率符合设计要求；
  - 2) 检查防爆灯具的类型、防爆等级、组别、环境条件及特殊标志等符合设计要求。

7.2.2 预制：

- a) 照明灯具预制应依据设计采用的安装方式的细化详图进行成品化预制。灯杆各段比例、长

度、弧度保持一致；

- b) 照明支架的尺寸应根据照明配管部位具体情况确定，同一场所内使用的支架应长短一致；
- c) 照明灯具安装前应进行组装、接线和试亮，灯头接线采用的导线规格符合设计及规范要求；
- d) 带电池的应急灯应进行放电试验，应急灯的持续放电时间、电源转换时间应符合设计及产品技术文件要求。

### 7.2.3 配管：

- a) 钢管敷设应符合下列要求：
  - 1) 敷设在多尘或潮湿场所的电线保护管，管口及其各连接处均应密封；
  - 2) 进入落地式配电箱的电线保护管，排列应整齐，管口宜高出配电箱基础面 50mm~80mm；
  - 3) 电线保护管的弯曲处，不应有折皱、裂缝和凹陷，且弯扁程度不应大于管外径的 10%；
  - 4) 在水平或垂直敷设的明配电线保护管，其水平或垂直安装的允许偏差为 1.5%，全长偏差不应大于管内径的 1/2；
  - 5) 在 TN-S、TN-C-S 系统中，当金属电线保护管、金属盒（箱）、塑料电线保护管、塑料盒（箱）混合使用时，金属电线保护管和金属盒（箱）须与保护地线（PE 线）有可靠的电气连接；
- b) 保护管弯曲半径应符合如下要求：
  - 1) 当线路明配时，弯曲半径不宜小于管外径的 6 倍；当两个接线盒间只有一个弯曲时，其弯曲半径不宜小于管外径的 4 倍；
  - 2) 当线路暗配时，弯曲半径不应小于管外径的 6 倍；当埋设于地下或混凝土时，其弯曲半径不应小于管外径的 10 倍；
- c) 潮湿场所和直埋于地下的电线保护管，应采用厚壁钢管或防液型可挠性金属电线保护管；干燥场所的电线保护管宜采用薄壁钢管或可挠金属电线保护管；
- d) 钢管不应有折扁和裂缝，管内应无铁屑及毛刺，切断口应平整，管口应光滑；
- e) 钢管固定安装，支架的间距应符合表 7.2.3 的要求，且间距均匀一致，整齐美观；支架与终端、弯头中点、电气器具或盒（箱）边缘的距离宜为 150mm~500mm；

表 7.2.3 钢管管卡间的最大距离

敷设方式	钢管种类	钢管直径/mm			
		15~20	25~32	40~50	65 以上
		管卡间最大距离 / m			
吊架、支架 或沿墙敷设	厚壁钢管	1.5	2.0	2.5	3.5
	薄壁钢管	1.0	1.5	2.0	—

- f) 钢管与盒（箱）或设备的连接应符合下列要求：
  - 1) 当钢管与设备直接连接时，应将钢管敷设到设备的接线盒内；
  - 2) 当钢管与设备间接连接时，对室内干燥场所，钢管端部宜增设电线保护软管或可挠金属电线保护管后引入设备的接线盒内，且钢管管口应包扎紧密；对室外或室内潮湿场所，钢管端部应增设防水弯头，导线应加套保护软管，经弯成滴水弧状后再引入设备的接线盒；
  - 3) 与设备连接的钢管管口与地面的距离宜大于 200mm；
  - 4) 暗配的非镀锌钢管与盒（箱）连接可采用焊接连接，管口宜高出内壁 3mm~5mm，且焊后应补涂防腐漆；明配钢管或暗配的镀锌钢管与盒（箱）连接应采用锁紧螺母或护圈帽

固定，用锁紧螺母固定的管端螺纹宜外露锁紧螺母 2 扣~3 扣；

- g) 钢管连接时，管端螺纹长度不应小于管接头长度的 1/2。连接后，其螺纹外露 2 扣~3 扣，螺纹表面应光滑、无缺损；镀锌钢管和薄壁钢管应采用螺纹连接，不应采用熔焊连接；
- h) 钢管的接地连接应符合下列要求：
- 1) 当非镀锌钢管采用螺纹连接时，连接处的两端应焊接跨接接地线或采用专用接地线卡跨接；
  - 2) 镀锌钢管或可挠金属电线保护管的跨接接地线宜采用专用接地线卡跨接，不应采用熔焊连接；
- i) 爆炸和火灾性危险环境的照明配管应符合下列要求：
- 1) 在爆炸性气体环境 1 区和 2 区时，螺纹有效啮合扣数：管径为 25mm 及以下的钢管不应少于 5 扣，管径为 32mm 以上的钢管不应少于 6 扣；在可燃性粉尘环境 21 区和 22 区时，螺纹有效啮合扣数不应少于 5 扣；
  - 2) 螺纹加工应光滑、完整、无锈蚀，在螺纹上应涂以电力复合脂或导电性防锈脂。不得在螺纹上缠麻或绝缘胶带及其他油漆，外露丝扣不应过长；
  - 3) 除设计有特殊规定外，连接处可不焊接金属跨接线；
  - 4) 电气管路之间不得采用倒扣连接；当连接有困难时，应采用防爆活接头，其结合面应密封；
  - 5) 隔离密封件的内壁，应无锈蚀、灰尘、油渍；选用的管箍应使用电气防爆专用满丝管箍，不得使用水暖半丝铸钢管箍；
  - 6) 导线在密封件内不得有接头，密封件内可选用水凝性粉剂密封填料、防爆胶泥等密封材料填充；
  - 7) 管路通过墙、楼板或地面时，密封件与墙面、楼板或地面的距离不应超过 300mm，且此段管路中不得有接头，并应将孔洞堵塞严密；
  - 8) 易积结冷凝水的管路，应在其垂直段的下方装设排水式隔离密封件，排水口应置于下方；
  - 9) 管路通过与其他任何场所相邻的隔墙时，应在隔墙的任一侧装设横向式隔离密封件。
- j) 暗配管应符合下列要求：
- 1) 暗配管采用非镀锌钢管时应进行除锈防腐处理；
  - 2) 预埋在墙内或混凝土内的管与管连接可采用加装接线盒或套管焊接固定；
  - 3) 暗配管与盒（箱）连接可采用焊接固定、锁紧螺母或护线帽固定；
  - 4) 暗配的导线管埋设深度与建筑物、构筑物表面的距离不应小于 15mm。

#### 7.2.4 照明器具安装：

- a) 室外安装的灯具，当无设计要求时，距地面高度不小于 3m；当在墙上安装时，其距地面高度不小于 2.5m；
- b) 灯具安装应符合下列要求：
- 1) 灯具安装应牢固，灯具重量超过 3kg 者，应固定于预埋的吊钩或螺栓上；不得因灯具的重量而使导线承受额外拉力，导线引入灯具处，不应受到额外应力及磨损；
  - 2) 同一场所成排安装的灯具，其中心线偏差不大于 5mm；
  - 3) 白炽灯、日光灯可利用吊线盒安装，其他灯具可利用膨胀螺栓固定在天花板或墙壁上安装；
  - 4) 应急灯要有明显标志，应急灯和事故照明灯持续放电时间应符合设计和产品技术文件要求；
  - 5) 螺旋式灯泡要拧紧，不得松动；断电情况下对灯口内舌片要检查其弹性；
  - 6) 灯具外罩齐全无破损，镀锌螺栓应紧固；
- c) 穿线、接线应符合下列要求：

- 1) 照明器具应按设计给定的回路编号进行穿配线、接线；
- 2) 照明回路的相线应要经回路开关控制；
- 3) 照明线路接线宜采用压接管、挂锡法、螺柱法接线，压接管直径应与导线的截面、根数配合，压接牢固；
- 4) 照明线接头绝缘包缠层不低于原导线的绝缘强度，绝缘层应具有防水防潮性；
- 5) 同一管内的导线应一次穿入，管内导线总面积不应超过管内径面积的40%。

### 7.3 插座、开关安装

#### 7.3.1 插座安装应符合下列要求：

- a) 当交流、直流或不同电压等级的插座安装在同一场所时，应有明显的标识；
- b) 一般明装插座安装高度为距地面1.8m，暗装插座为0.3m；
- c) 当设计无规定时，应符合下列要求：车间及试（实）验室插座安装高度距地面不小于0.3m，特殊场所暗装插座不小于0.15m，同一室内插座安装高度应一致；当未采用安全型插座时，安装高度不小于1.8m；
- d) 暗装插座面板应紧贴墙面，安装牢固，表面光滑整洁、无碎裂、划伤，装饰帽齐全；
- e) 地插座面板与地面齐平或紧贴地面，盖板固定牢固，密封良好；
- f) 隔爆型插销的检查和安装，应符合下列要求：
  - 1) 插头插入时，接地触头应先接通；拔出时，主触头应先分断；
  - 2) 开关应在插头插入后才能闭合，开关在分断位置时，插头应插入或拔脱；
  - 3) 许动装置，应完好可靠，不得松脱。

#### 7.3.2 插座接线应符合下列规定：

- a) 单相两孔插座，面对插座右孔或上孔与相线连接，左孔或下孔与零线连接；单相三孔插座，面对插座右孔与相线连接，左孔与零线连接；
- b) 单相三孔、三相四孔及三相五孔插座的接地线或接零线均应接在上孔。插座的接地端子不应与零线端子连接；
- c) 同一场所的三相插座，其接线的相序应一致，配套插头应按交流、直流或不同电压等级区别使用。

7.3.3 在潮湿场所，应采用密封型并带保护地线触头的保护型插座，安装高度不低于1.5m；在防爆场所，应采用相应等级的防爆插座。

#### 7.3.4 开关安装应符合下列要求：

- a) 同一场所的开关应采用同一系列的产品，开关的通断位置一致，开关操作灵活、接触可靠。
- b) 开关安装的位置应便于操作，开关边缘距门框的距离宜为0.15m~0.2m，开关距地面高度宜为1.3m；
- c) 并列安装的相同型号开关距地面高度应一致，高度差不应大于1mm；同一室内安装的开关高度差不应大于5mm。

### 7.4 照明配电箱安装

7.4.1 照明配电箱内的交流、直流或不同电压等级的电源，应有明显的标志。

7.4.2 照明配电箱应安装牢固，其垂直偏差不应大于2mm；暗装时照明配电箱四周应无空隙，其面板四周边缘应紧贴墙面。

7.4.3 照明配电箱中心距地面高度宜为1.5m。

7.4.4 照明配电箱内，分别设置零线和保护地线汇流排，零线和保护地线应在汇流排上连接，不得绞接，并应有标识及编号。

7.4.5 箱内配线整齐，无绞接现象。导线连接紧密，不伤芯线，不断股。垫圈下螺丝两侧压接的导线截面相同，同一端面端子上导线连接不多于2根，防松垫圈等零件齐全。

7.4.6 照明配电箱内装设的螺旋熔断器，其电源线应接在中间触点的端子上，负荷线应接在螺纹的端子上。

7.4.7 照明配电箱上应标明用电回路名称。配电箱内开关动作灵活可靠，带有漏电保护的回路动作电流不大于 30mA，动作时间不大于 0.1s。

## 8 电力变压器、电抗器安装

### 8.1 一般规定

8.1.1 设备到达现场后，应及时作下列验收检查：

- a) 设备外包装及密封应良好；
- b) 开箱检查清点，型式、规格应符合设计要求，附件、备件应齐全；
- c) 产品质量证明等技术文件应齐全有效。

8.1.2 与设备安装有关的建筑工程施工应符合下列要求：

- a) 与电气设备安装有关的建筑物、构筑物的建筑工程质量，应符合国家现行的建筑工程施工及验收规范中的有关规定；
- b) 设备安装前，建筑工程应具备下列条件：
  - 1) 屋顶、楼板、室内墙面粉刷施工完毕，不得有渗漏；
  - 2) 室内地面的基层施工完毕，并按建筑工程标识规定标出地面标高，宜标在墙面明显处；
  - 3) 混凝土基础及构架达到允许安装的强度；设备的基础已验收合格；
  - 4) 预埋件及预留孔符合设计图纸，预埋件牢固强度达到规范要求；
  - 5) 室内安装设备的预留孔洞已采取安全防护措施；
- c) 设备安装过程中，不得在任何电气设备上实施焊接、切割等作业；
- d) 设备安装完毕，投入运行前，建筑工程应符合下列要求：
  - 1) 保护性网门、栏杆等安全设施齐全；
  - 2) 变压器、电抗器的蓄油坑清理干净，排油、水管通畅，合格的卵石铺设完毕；
  - 3) 通风及消防装置安装调试完毕。

### 8.2 电力变压器安装

8.2.1 本节适用于电力变压器、油浸式电抗器的安装。

8.2.2 变压器在运输过程中，避免有严重冲击和振动，宜装设冲击记录仪，根据不同的运输方式，设备运抵安装现场应及时检查设备受冲击等情况，并作好记录。

8.2.3 干式变压器在运输途中，应有防雨及防潮措施。

8.2.4 充氮气或充干燥空气运输的变压器，应有压力监视和气体补充装置。变压器在运输途中应保持正压，气体压力应为 0.01MPa~0.03MPa。

8.2.5 钟罩式变压器整体起吊时，应将钢丝绳系在下节油箱专供整体起吊的吊耳上，并经钟罩上节相对应的吊耳导向。

8.2.6 变压器装卸时，应防止倾倒；当利用机械方式牵引变压器，牵引的着力点应在设备重心以下，运输倾斜角不得超过 15°。

8.2.7 用千斤顶顶升大型变压器时，应将千斤顶放置在油箱千斤顶支架部位，升降操作应协调，各点受力均匀，并及时垫好专用垫块。

8.2.8 装卸运输抵达现场的变压器，应最大限度地满足变压器正式安装方位要求，避免安装就位时再进行方位调整，确保设备的安全平稳就位。

8.2.9 安装前检查与保管应符合下列要求：

- a) 设备安装前，做好检查验收工作，核对规格、型号是否符合设计要求，产品质量证明技术文件应齐全有效；



b) 设备到达现场后, 应及时进行下列外观检查:

- 1) 油箱及所有附件应齐全, 无锈蚀及机械损伤, 密封应良好;
- 2) 油箱箱盖或钟罩法兰及封板的联接螺栓齐全, 紧固良好, 无渗漏; 浸入油中运输的附件, 其油箱无渗漏;
- 3) 充油套管的油位正常, 无渗油, 瓷体无损伤;
- 4) 充气运输的变压器, 油箱内为正压, 其压力为 0.01MPa~0.03MPa;
- 5) 装有冲击记录仪的设备, 检查并记录设备在运输和装卸中的受冲击情况;

c) 设备到达现场后的保管应符合下列要求:

- 1) 散热器(冷却器)、连通管、安全气道、净油器等应密封;
- 2) 表计、风扇、潜油泵、气体继电器、气道隔板、压力释放装置、测温装置以及绝缘材料等附件, 应放置在干燥的室内;
- 3) 本体、冷却装置等, 其底部应垫高、垫平, 不得水淹, 干式变压器应置于干燥的室内;
- 4) 浸油运输的附件应保持浸油保管, 其油箱应密封;
- 5) 与本体联在一起的附件可不拆下;

d) 绝缘油的验收与保管应符合下列要求:

- 1) 绝缘油应储藏在密封清洁的专用油罐或容器内;
- 2) 不同牌号的绝缘油, 应分别储存, 并有明显牌号标志;
- 3) 放油时应目测, 用油罐车运输的绝缘油, 油的上中和底部不应有异样; 用专用桶运输的绝缘油, 对每桶进行目测, 辨别其气味, 各桶的标识应一致;

e) 变压器到达现场后, 若三个月内不能安装时, 应在一个月内进行如表 8.2.9 内所列的工作:

表 8.2.9 变压器检查项目

带油运输的变压器	检查油箱密封情况
	测量变压器内油的绝缘强度
	测量绕组的绝缘电阻(运输时不装套管的变压器可以不测)
	安装储油柜及吸湿器, 注以合格油至储油柜规定油位, 或在未装储油柜的情况下, 上部抽真空后, 充以 0.01MPa~0.03MPa、纯度不低于 99.9%、露点应低于-40℃的氮气
充气运输的变压器	应安装储油柜及吸湿器, 注入合格油至储油柜规定油位
	当不能及时注油时, 应继续充与原充气相同的气体保管, 但须安装有压力监视装置, 压力应保持为 0.01MPa~0.03MPa, 气体的露点应低于-40℃

f) 设备在保管期间, 应经常检查。充油保管的应检查有无渗油, 油位是否正常, 外表有无锈蚀, 并每六个月检查一次油的绝缘强度; 充气保管的应检查气体压力, 并做好记录。

#### 8.2.10 排氮要求:

a) 采用注油排氮时, 应符合下列规定:

- 1) 绝缘油经净化处理后, 应符合本规程“13.15 绝缘油试验”中相关规定;
- 2) 油管宜采用钢管, 内部应进行彻底除锈且清洗干净。如用耐油胶管, 应确保胶管不污染绝缘油;
- 3) 绝缘油应经脱气净油设备从变压器下部阀门注入变压器内, 氮气经顶部排出; 油应注至油箱顶部将氮气排尽。最终油位应高出铁芯上沿 100mm 以上。油的静置时间应不小于 12h;

b) 采用抽真空进行排氮时, 排氮口应装设在空气流通处。破坏真空时应避免潮湿空气进入。当含氧量未达到 18% 以上时, 人员不得进入;

c) 充氮的变压器需吊罩检查时, 须让器身在空气中暴露 15min 以上, 待氮气充分扩散后进行。

## 8.2.11 器身检查:

- a) 变压器到达现场后, 应进行器身检查。器身检查可为吊罩或吊器身, 或者不吊罩直接进入油箱内进行。当满足下列条件之一时, 可不进行器身检查:
- 1) 制造厂规定可不进行器身检查者;
  - 2) 容量为 1000kVA 及以下, 运输过程中无异常情况者;
  - 3) 就地生产仅作短途运输的变压器, 事先参加了制造厂的器身总装, 质量符合要求, 且在运输过程中, 无紧急制动、剧烈振动、冲撞或严重颠簸等异常情况者;
- b) 器身检查时, 应符合下列规定:
- 1) 周围空气温度不宜低于 0℃, 器身温度不应低于周围空气温度; 当器身温度低于周围空气温度时, 应将器身加热, 宜使其温度高于周围空气温度 10℃;
  - 2) 当空气相对湿度小于 75% 时, 器身暴露在空气中的时间不得超过 16h;
  - 3) 调压切换装置吊出检查、调整时, 暴露在空气中的时间应符合表 8.2.11 的规定;

表 8.2.11 调压切换装置露空时间

环境温度/℃	>0	>0	>0	<0
空气相对湿度/%	65 以下	65~75	75~85	不控制
持续时间不大于/h	24	16	10	8

4) 空气相对湿度或露空时间超过规定时, 应采取相应可靠措施。时间计算规定: 带油运输的变压器, 由开始放油时算起; 不带油运输的变压器, 由揭开顶盖或打开任一堵塞算起, 到开始抽真空或注油为止;

5) 器身检查时, 场地四周应清洁和有防尘措施; 雨雪天或雾天, 不应在室外进行;

c) 器身或钟罩起吊时, 吊索与铅垂线的夹角不宜大于 30°, 必要时可采用控制吊梁。起吊过程中, 器身与箱壁不得有碰撞现象;

d) 器身检查主要项目和要求应符合下列规定:

1) 运输支撑和器身各部位应无移动现象, 运输用的临时防护装置及临时支撑应予拆除, 并经过清点作好记录以备查;

2) 所有螺栓应紧固, 并有防松措施; 绝缘螺栓应无损坏, 防松绑扎完好;

3) 铁芯检查:

——铁芯应无变形, 铁轭与夹件间的绝缘垫应良好;

——铁芯应无多点接地;

——铁芯外引接地的变压器, 拆开接地线后铁芯对地绝缘应良好;

——打开夹件与铁轭接地片后, 铁轭螺杆与铁芯、铁轭与夹件、螺杆与夹件间的绝缘应良好;

——当铁轭采用钢带绑扎时, 钢带对铁轭的绝缘应良好;

——打开铁芯屏蔽接地引线, 检查屏蔽绝缘应良好;

——打开夹件与线圈压板的连线, 检查压钉绝缘应良好;

——铁芯拉板及铁轭拉带应紧固, 绝缘良好。穿芯螺栓联接应牢固, 用兆欧表测量穿芯螺栓与铁芯及轭铁之间的绝缘电阻值, 并作 1000V 交流耐压试验 (可用 2500V 兆欧表测量绝缘电阻代替交流耐压试验);

4) 绕组检查:

——绕组绝缘层应完整, 无缺损、变位现象;

——各绕组应排列整齐, 间隙均匀, 油路无堵塞;

——绕组的压钉应紧固，防松螺母应锁紧；

- 5) 绝缘围屏绑扎牢固，围屏上所有线圈引出处的封闭应良好；
- 6) 引出线绝缘包扎牢固，无破损、拧弯现象；引出线绝缘间距应合格，固定牢靠，其固定支架应紧固；引出线的裸露部分应无毛刺或尖角，其焊接应良好；引出线与套管的连接应牢靠，接线正确；
- 7) 无励磁调压切换装置各分接头与线圈的连接应紧固正确；各分接头应清洁，且接触紧密，转动接点应能正确地停留在各个位置上，且与指示器所指位置一致；切换装置的拉杆、分接头凸轮、小轴、销子等应完整无损；转动盘应动作灵活，密封良好；
- 8) 有载调压切换装置的选择开关、切换开关接触应良好，分接引线连接应正确、牢固，切换开关部分密封良好。必要时抽出切换开关芯子进行检查；
- 9) 绝缘屏障应完好，且固定牢固，无松动现象；
- 10) 检查强油循环管路与下轭绝缘接口部位的密封情况；
- 11) 检查各部位应无油泥、水滴和金属屑沫等杂物；

注1：变压器有围屏者，可不必解除围屏，本条中由于围屏遮蔽而不能检查的项目，可不予检查。

注2：铁芯检查时，其中的3)、4)、5)、6)、7)项无法拆开的可不测。

- e) 器身检查完毕后，应用合格的变压器油进行冲洗，并清洗油箱底部，不得有遗留杂物。箱壁上的阀门应开闭灵活、指示正确。导向冷却的变压器应检查和清理进油管节头和联箱。

#### 8.2.12 干燥要求：

- a) 变压器是否需要干燥，应根据 GB 50148—2010 之附录 A “新装电力变压器、油浸电抗器不需干燥的条件” 进行综合分析判断后确定；
- b) 设备进行干燥时，应对各部温度进行监控，一般每小时温升不应超过 5℃；
  - 1) 当为不带油干燥利用油箱加热时，箱壁温度不宜超过 110℃，箱底温度不得超过 100℃，绕组温度不得超过 95℃；
  - 2) 带油干燥时，上层油温不得超过 85℃；
  - 3) 热风干燥时，进风温度不得超过 100℃；
  - 4) 干式变压器进行干燥时，其绕组温度应根据其绝缘等级而定；
- c) 采用真空加温干燥时，应先进行预热。抽真空时，将油箱内抽成 0.02MPa，然后按每小时均匀地增高 0.0067MPa 至表 8.2.12 所示极限允许值为止；

表 8.2.12 变压器抽真空的极限允许值

电压/kV	容量/kVA	真空度/MPa
35	4000~31500	0.051
63~110	16000 及以下	0.051
	20000 及以上	0.08
220	—	0.101

注：抽真空时应监视箱壁的弹性变形，其最大值不得超过壁厚的两倍。

- d) 在保持温度不变的情况下，绕组的绝缘电阻下降后再回升至稳定，可视干燥作业完毕，一般 110kV 及以下的变压器持续 6h，且无凝结水产生；
- e) 干燥后的变压器应进行器身检查，所有螺栓压紧部分应无松动，绝缘表面应无过热等异常情况。若不能及时检查时，应先注入合格油，油温可预热至 50℃~60℃，绕组温度应高于油温。

#### 8.2.13 本体及附件安装要求：

- a) 本体就位应符合下列要求:
- 1) 变压器基础轨道应水平, 轨距与轮距应配合, 装有气体继电器的变压器, 应使其顶盖沿气体继电器气流方向有 1%~1.5% 的升高坡度(制造厂规定不须坡度者除外);
  - 2) 装有滚轮的变压器, 其滚轮应能灵活转动, 在设备就位后, 应将滚轮用能拆卸的制动装置加以锁定, 防止发生移动;
  - 3) 变压器本体就位后, 根据现场专业工程师的要求, 增加防振固定措施;
- b) 密封处理应符合下列要求:
- 1) 所有法兰连接处应用耐油密封垫(圈)密封; 密封垫(圈)应无扭曲、变形、裂纹和毛刺, 密封垫(圈)应与法兰面的尺寸相配合;
  - 2) 法兰连接面应平整、清洁; 密封垫应擦拭干净, 安装位置应准确; 其搭接处的厚度应与其原厚度相同, 橡胶密封垫的压缩量不宜超过其厚度的 1/3;
- c) 冷却装置安装应符合下列要求:
- 1) 冷却装置在安装前应按制造厂规定的压力值用气压或油压进行密封试验, 并应符合下列要求:
    - 散热器、强迫油循环风冷却器, 持续 30min 应无渗漏;
    - 强迫油循环水冷却器, 持续 1h 应无渗漏, 水、油系统应分别检查渗漏;
  - 2) 冷却装置安装前应用合格的绝缘油经净油机循环冲洗干净, 并将残油排尽;
  - 3) 冷却装置安装完毕后应即注满油;
  - 4) 风扇电动机及叶片应安装牢固, 并应转动灵活, 无卡阻; 试转时应无振动、过热; 叶片应无扭曲变形或与风筒碰擦等情况, 转向应正确; 电动机的电源配线应采用具有耐油性能的绝缘导线;
  - 5) 管路中的阀门应操作灵活, 开闭位置应正确; 阀门及法兰连接处应密封良好;
  - 6) 外接油管路在安装前, 应进行彻底除锈并清洗干净; 管道安装后, 油管应涂黄漆, 水管应涂黑漆, 并应有流向标志;
  - 7) 油泵转向应正确, 转动时应无异常噪声、振动或过热现象; 其密封应良好, 无渗油或进气现象;
  - 8) 差压继电器、流速继电器应经校验合格, 且密封良好, 动作可靠;
  - 9) 水冷却装置停用时, 应将水放尽;
- d) 储油柜的安装应符合下列要求:
- 1) 储油柜安装前, 应清洗干净;
  - 2) 胶囊式储油柜中的胶囊或隔膜式储油柜中的隔膜应完整无破损; 胶囊在缓慢充气胀开后检查应无漏气现象;
  - 3) 胶囊沿长度方向应与储油柜的长轴保持平行, 不应扭偏; 胶囊口的密封应良好, 呼吸应通畅;
  - 4) 油位表动作应灵活, 油位表或油标管的指示应与储油柜的真实油位相符, 不得出现假油位。油位表的信号接点位置正确, 绝缘良好;
- e) 升高座的安装应符合下列要求:
- 1) 升高座安装前, 应先完成电流互感器的试验; 电流互感器出线端子板应绝缘良好, 其接线螺栓和固定件的垫块应紧固, 端子板应密封良好, 无渗油现象;
  - 2) 安装升高座时, 应使电流互感器铭牌位置面向油箱外侧, 放气塞位置应在升高座最高处;
  - 3) 电流互感器和升高座的中心应一致;
  - 4) 绝缘筒应安装牢固, 其安装位置不应使变压器引出线与之相碰;
- f) 套管的安装应符合下列要求:

- 1) 套管安装前应进行下列检查：
    - 瓷套表面应无裂缝、伤痕；
    - 套管、法兰颈部及均压球内壁应清擦干净；
    - 套管应经试验合格；
    - 充油套管无渗油现象，油位指示正常；
  - 2) 充油套管的内部绝缘已确认受潮时，应予干燥处理；110kV 及以上的套管应真空注油；
  - 3) 高压套管穿缆的应力锥应进入套管的均压罩内，其引出端头与套管顶部接线柱连接处应擦拭干净，接触紧密；高压套管与引出线接口的密封波纹盘结构的安装应严格按制造厂的规定进行；
  - 4) 套管顶部结构的密封垫应安装正确，密封应良好，连接引线时，不应使顶部结构松扣；
  - 5) 充油套管的油标应面向外侧，套管末端应接地良好；
  - g) 气体继电器的安装应符合下列要求：
    - 1) 气体继电器安装前应经检验鉴定；
    - 2) 气体继电器应水平安装，其顶盖上标志的箭头应指向储油柜，其与连通管的连接应密封良好；
  - h) 安全气道的安装应符合下列要求：
    - 1) 安全气道安装前，其内壁应清洁干净；
    - 2) 隔膜应完整，其材料和规格应符合产品质量技术规定，不得代用；
    - 3) 防爆隔膜信号接线应正确，接触良好；
  - i) 压力释放装置的安装方向应正确；检查隔离垫片是否拆除，阀盖和升高座内部应清洁，密封良好；电接点应动作准确，绝缘应良好；
  - j) 吸湿器与储油柜间的连接管的密封应良好；管道应通畅；吸湿剂应符合要求；油封油位应在油面标识线上或按产品的技术要求进行；
  - k) 净油器内部应擦拭干净，吸附剂应干燥；其滤网安装方向应正确并在出口侧；油流方向应正确；
  - l) 所有导气管应清拭干净，其连接处应密封良好；
  - m) 测温装置的安装应符合下列要求：
    - 1) 温度计安装前应进行校验，信号接点应动作正确，导通良好；绕组温度计应根据制造厂的规定进行整定；
    - 2) 顶盖上的温度计座内应注入变压器油，密封应良好，无渗油现象；闲置的温度计座也应密封，不得进水；
    - 3) 膨胀式信号温度计的细金属软管不得有压扁或急剧扭曲，其弯曲半径不得小于 50mm；
  - n) 靠近箱壁的绝缘导线，排列应整齐，应有保护措施；接线盒应密封良好。
- 8.2.14 注油应满足下列要求：
- a) 绝缘油按本规程 13.15 条的规定试验合格后，方可注入变压器中。不同牌号的绝缘油或同牌号的新油与运行过的油混合使用前，应做混油试验；
  - b) 注油前，220kV 变压器须进行真空处理，处理前宜将器身温度提高到 20℃ 以上。真空度应符合本规程“8.2.12 条 c)”项中的规定，真空保持时间不得少于 8h。抽真空时，应监视并记录油箱的变形；
  - c) 220kV 变压器应真空注油，110kV 变压器宜采用真空注油。当真空度达到本规程“8.2.12 条 c)”项规定值后，开始注油。注油全过程应保持真空。注入油的油温宜高于器身温度；注油速度不宜大于 100L/min。油面距油箱顶的空隙不得少于 200mm 或按制造厂规定执行。注油后，应继续保持真空，保持时间：110kV 变压器不得少于 2h；220kV 变压器不得少于 4h。真

空注油工作不宜在雨天或雾天进行；

- d) 在抽真空时，必须将在真空下不能承受机械强度的附件，如储油柜、安全气道等与油箱隔离；对允许抽同样真空度的部件，应同时抽真空；
  - e) 变压器注油时，宜从下部油阀进油。对导向强油循环的变压器，注油应按制造厂的规定执行；
  - f) 注油设备及油管道应可靠接地。
- 8.2.15 补油和静置应满足以下要求：
- a) 向变压器内加注补充油时，应通过储油柜上专用添油阀，并经净油机注入，注油至储油柜规定油位注油时应排放本体及附件内的空气，少量空气可自储油柜排尽；
  - b) 注油完毕，在施加电压前，电压等级在 110kV 及以下时，其静置时间不应少于 24h；电压等级为 220kV 时，其静置时间不应少于 48h；
  - c) 静置完毕后，应从变压器的套管、升高座、冷却装置、气体继电器及压力释放装置等有关部位进行多次放气，并启动潜油泵，直至残余气体排尽；
  - d) 具有胶囊或隔膜的储油柜的变压器应按制造厂规定的顺序进行注油、排气及油位计加油。
- 8.2.16 变压器安装完毕后，应在储油柜上用气压或油压进行整体密封试验，其压力为油箱盖上能承受 0.03MPa 压力，试验持续时间为 24h，应无渗漏。整体运输的变压器可不进行整体密封试验。
- 8.3 电抗器安装
- 8.3.1 本规程 8.3 条适用于混凝土电抗器、干式电抗器的安装。
- 8.3.2 设备运到现场后，应进行下列外观检查：
- a) 支柱及线圈绝缘等应无损伤和裂纹；
  - b) 线圈应无变形；
  - c) 支柱绝缘子及其附件应齐全。
- 8.3.3 设备运到现场后，应按其用途放在室内或室外平整、无积水的清洁场地保管；混凝土电抗器保管时应有防雨措施，运输或吊装过程中，支柱或线圈不应有损伤和变形。
- 8.3.4 电抗器有下列情况时可进行修补：
- a) 混凝土支柱的表面裂纹长度不超过柱子径向尺寸的 1/3，且其宽度不超过 0.5mm 时，可予填补，填补后应在表面涂以防潮绝缘漆；
  - b) 混凝土支柱表面漆层损坏处应补涂防潮绝缘漆；
  - c) 混凝土电抗器线圈绝缘有损伤时，应予包扎；
  - d) 干式电抗器线圈绝缘损伤及导体裸露时，应按产品技术文件的规定进行处理。
- 8.3.5 电抗器应按其编号进行安装，并应符合下列要求：
- a) 三相垂直排列时，中间一相线圈的绕向应与上、下两相相反；
  - b) 两相重叠一相并列时，重叠的两相绕向应相反，另一相与上面的一相绕向相同；
  - c) 三相水平排列时，三相绕向应相同。
- 8.3.6 电抗器垂直安装时，各相中心线应一致。
- 8.3.7 电抗器主线圈，其重量应均匀地分配于所有支柱绝缘子上。找平时，允许在支柱绝缘子底座下放置钢垫片，但应固定牢靠。
- 8.3.8 电抗器上、下重叠安装时，应在其绝缘子顶帽上，放置与顶帽同样大小且厚度不超过 4mm 的绝缘纸板垫片或橡胶垫片；在户外安装时，应用橡胶垫片。
- 8.3.9 设备接线端子与母线的连接，应符合本规程 11.2.10 条的规定。当其额定电流为 1500A 及以上时，应采用非磁性金属材料制成的螺栓。
- 8.3.10 电抗器室金属围栏应采用开路形式或用非磁性材料隔开，分别以一点与接地干线可靠连接。
- 8.3.11 电抗器间隔内，所有导磁性材料的部件，应可靠固定。
- 8.3.12 电抗器支柱绝缘子的接地，应符合下列要求：

- a) 上、下重叠安装时, 底层的所有支柱绝缘子均应接地, 其余的支柱绝缘子不接地;
- b) 每相单独安装时, 每相支柱绝缘子均应接地;
- c) 支柱绝缘子的接地线不应成闭合环路。

## 9 旋转电机安装

### 9.1 一般规定

9.1.1 本章适用于异步电动机、同步电动机、励磁机、直流电机及发电机等旋转设备的安装。

9.1.2 在有爆炸或火灾危险性的场所装设电动机时, 除应符合本规程规定外, 应符合 GB 50257 的有关规定。

### 9.2 电动机安装

9.2.1 电动机运抵现场后, 外观检查应符合下列要求:

- a) 电动机整体完好, 不应有损伤现象;
- b) 定子和转子分箱装运的电动机, 其铁芯、转子和轴颈完整, 无锈蚀现象;
- c) 按图纸核对电动机的型号、规格、防爆等级及标志, 电动机的附件、备件齐全, 无损伤; 随机质量技术文件齐全; 防爆电动机的质量证明技术文件应齐全;
- d) 防爆电动机的进线口与电缆、导线应能可靠地接线和密封, 多余的进线口其弹性密封垫和金属片应齐全, 并应将压紧螺母拧紧使进线口密封; 金属垫片的厚度不得小于2mm;
- e) 电缆接地应在电动机接线盒内就地连接, 接地线不得从接线盒密封圈穿出, 并采取相应措施保证缆线安全距离。

9.2.2 电动机及其附件宜存放在清洁、干燥的仓库或厂房内; 当条件不允许时, 可就地保管, 但应有防火、防潮、防尘及防止小动物进入等措施。保管期间, 应按产品的要求定期盘动转子。若电动机配套电加热器, 没有安装试车前应定期送电加热。

9.2.3 起吊电机转子时, 不应将吊绳系绑在集电环、换向器或轴颈部分。起吊定子和穿转子时, 不得碰伤定子绕组或铁芯。

9.2.4 电动机安装时, 电动机的检查应符合下列要求:

- a) 盘动转子灵活, 不得有碰卡声;
- b) 润滑脂的情况正常, 无变色、变质及变硬等现象。其性能符合电动机的工作条件;
- c) 可测量空气间隙的电动机, 其间隙的不均匀度符合产品技术文件规定, 当无规定时, 各点空气间隙与平均空气间隙之差与平均空气间隙之比宜为 $\pm 5\%$ ;
- d) 电动机的引出线端子焊接或压接良好, 编号齐全, 裸露带电部分的电气间隙符合产品技术文件规定;
- e) 绕线式电动机检查电刷的提升装置, 提升装置有“起动”、“运行”的标志, 动作顺序是先短路集电环, 后提起电刷;
- f) 设备接线盒内裸露的不同相导线间和导线对地间最小距离应不小于相应电压等级安全距离的规定, 否则采取绝缘防护措施。

9.2.5 当电动机有下列情况之一时, 应作抽芯检查:

- a) 出厂日期超过制造厂保证期限;
- b) 经外观检查或电气试验, 质量可疑;
- c) 开启式电动机经端部检查可疑;
- d) 试运转时有异常情况。

注: 当制造厂规定不允许解体者, 出现本条所述情况时, 另行处理。

9.2.6 电动机抽转子(芯)检查, 应符合下列要求:

- a) 电动机内部清洁无杂物;

- b) 电动机的铁芯、轴颈、集电环和换向器清洁，无伤痕和锈蚀现象，通风孔无阻塞；
  - c) 绕组绝缘层完好，绑线无松动现象；
  - d) 定子槽楔应无断裂、凸出和松动现象，每根槽楔的空响长度不得超过其 1/3，端部槽楔应牢固；
  - e) 转子的平衡块及平衡螺丝紧固锁牢，风扇方向正确，叶片无裂纹；
  - f) 磁极及铁轭固定良好，励磁绕组紧贴磁极，不应松动；
  - g) 鼠笼式电动机转子铜导电条和端环无裂纹，焊接良好；浇铸的转子表面光滑平整，导电条和端环无气孔、缩孔、夹渣，裂纹、细条、断条和浇注不满等现象；
  - h) 电动机绕组应连接正确，焊接良好；电动机组装后，应测量绝缘电阻，其绝缘电阻值，不应低于解体前的绝缘电阻值；
  - i) 检查电动机的滚动轴承，应符合下列要求：
    - 1) 轴承工作面应光滑清洁，无麻点、裂纹或锈蚀，并记录轴承型号；
    - 2) 轴承的滚动体与内外圈接触良好，无松动，转动灵活无卡涩，其间隙符合产品技术文件的规定；
    - 3) 高速电动机轴承内的润滑脂应填满其内部空间的 1/3，低速电动机轴承内的润滑脂应填满其内部空间的 2/3，油脂的特性应符合制造厂规定。
- 9.2.7 有固定转向要求的电动机，试车前应检查电动机与电源的相序并应一致。
- 9.2.8 电动机的绝缘电阻应符合要求，若不能达到以下要求，应对电动机进行干燥处理。
- a) 电动机定子绕组绝缘电阻值不低于  $1\text{M}\Omega/\text{kV}$ ；
  - b) 转子绕组绝缘电阻值不低于  $0.5\text{M}\Omega$ ；
  - c) 通常 500V 以下的电动机定子绕组绝缘电阻值不低于  $0.5\text{M}\Omega$ ；
  - d) 1000V 及以上电动机应测量吸收比，其值应不小于 1.2。
- 9.2.9 电动机干燥应符合下列要求：
- a) 电动机绕组干燥处理可采用外部干燥法、电流干燥法、外部及电流综合干燥法；
  - b) 定子绕组孔内烘烤温度不得引起绕组绝缘损伤，烘烤温度不超过  $125^\circ\text{C}$ ；
  - c) 非常潮湿或者被水浸泡过的电动机，不得采用电流干燥法；
  - d) 采用电流干燥法时，电动机外壳应可靠接地。
- 9.2.10 电动机干燥，每隔 1h 采用 500V 兆欧表测量绕组绝缘电阻，并做好记录。绝缘电阻值应大于  $5\text{M}\Omega$ ，连续稳定 6h 不变化，电动机绕组干燥合格。
- ### 9.3 发电机、调相机安装
- #### 9.3.1 一般规定
- a) 电机基础、地脚螺栓孔、沟道、孔洞、预埋件及电缆管的位置、尺寸和质量，应符合设计和国家现行有关标准的规定；
  - b) 采用条型底座的电机应有 2 个及以上明显的接地点；
  - c) 电机到达现场后外观检查应符合下列要求：
    - 1) 包装完整，在运输过程中无碰撞损坏现象；
    - 2) 铁芯、转子等的表面及轴颈的保护层完整，无损伤和锈蚀现象；
    - 3) 水内冷电机定子、转子进出水管管口的封闭完好；氢内冷转子表面所有进出风道口，用堵头封堵；
    - 4) 充氮运输的电机，氮气压力符合产品技术文件规定。
- #### 9.3.2 定子和转子安装
- a) 电机的铁芯、绕组、机座内部应清洁，无尘土、油垢和杂物；
  - b) 绕组的绝缘表面应完整，无伤痕和气泡现象，端部绕组与绑环应紧靠垫实，紧固件和绑扎件



应完整，无松动，螺母应锁紧；

- c) 铁芯硅钢片应无锈蚀、松动、损伤或金属性短接；通风孔和风道应清洁、无杂物阻塞；
- d) 埋入式测温元件的引出线和端子板应清洁、绝缘，其屏蔽接地应良好；埋设于汇水管水支路处得测温元件应安装牢固，测温元件应完好；
- e) 定子槽楔应无裂纹、凸出及松动现象；每根槽楔的空响长度符合产品技术文件要求，端部槽楔应嵌紧；槽楔下采用波纹板时，应按产品技术要求进行检查；
- f) 进入定子膛内工作，应保持清洁，不得遗留物件，不得损伤绕组端部和铁芯；
- g) 转子上的紧固件应紧牢，平衡块不得增减或移位，平衡螺丝应锁牢。氢内冷转子应进行通风检查，检查方法和结果应符合产品技术文件要求；
- h) 风扇叶片应安装牢固，无破损、裂纹及焊口开裂，螺栓应锁牢；
- i) 穿转子时，应使用专用工具，不得碰伤定子绕组和铁芯；
- j) 凸极式电机的磁极绕组绝缘应完好，磁极应稳固，磁极间撑块和连接线应牢固；
- k) 电机的空气间隙和磁场中心应符合产品技术要求；
- l) 安装端盖前，电机内部应无杂物和遗留物，冷却介质及气封通道应通畅。安装后，端盖接合处应紧密。采用端盖轴承的电机，端盖接合面应采用  $10\text{mm} \times 0.05\text{mm}$  塞尺检查，塞入深度不得超过  $10\text{mm}$ ；
- m) 电机的引线及出线的安装应符合下列要求：
  - 1) 接触面良好、清洁、无油垢，镀银层不得锉磨；
  - 2) 连接使用力矩扳手紧固，当采用钢质螺栓时，连接后不得构成闭合磁路；
  - 3) 大型发电机的引线及出线连接后，进行相关试验检查，按产品技术文件要求进行绝缘包扎处理。

### 9.3.3 集电环和电刷安装

- a) 集电环应与轴同心，晃度应符合产品技术文件要求；当无规定时，晃度不宜大于  $0.05\text{mm}$ ；集电环表面应光滑，无损伤及油垢；
- b) 接至刷架的电缆，不应使刷架受力，其金属护层不应触及带有绝缘的轴承；
- c) 电刷架及其横杆应固定，绝缘衬管和绝缘垫应无损伤、无油垢，并应测量其绝缘电阻；
- d) 刷握与集电环表面间隙应符合产品技术要求；当产品无规定时，其间隙可调整为  $2\text{mm} \sim 3\text{mm}$ ；
- e) 电刷的安装调整应符合下列要求：
  - 1) 同一电机上使用同一型号、同一制造厂的电刷；
  - 2) 电刷的编织带连接牢固，接触良好，不得与转动部分或弹簧片相碰触；具有绝缘垫的电刷，绝缘垫完好；
  - 3) 电刷在刷握内能上下自由移动，电刷与刷握的间隙符合产品技术要求；当无规定时，其间隙可为  $0.10\text{mm} \sim 0.20\text{mm}$ ；
  - 4) 恒压弹簧完整无机械损伤，型号和压力符合产品技术文件要求；同一极上的弹簧压力偏差不得超过  $5\%$ ；
  - 5) 电刷接触面与集电环的弧度相吻合，接触面积不小于单个电刷截面的  $75\%$ ；研磨后，将炭粉清扫干净；
  - 6) 非恒压的电刷弹簧，压力符合其产品的规定；当无规定时，调整到不使电刷冒火的最低压力；同一刷架上每个电刷的压力均匀；
  - 7) 电刷在集电环的整个表面内工作，不得靠近集电环的边缘。

### 9.3.4 氢冷电机安装

- a) 氢冷电机引出线的绝缘包扎，一般由生产厂家代表现场实施，并按产品技术文件标准验收；套管表面应清洁、无损伤和裂纹，出线箱法兰应分别与套管法兰、电机本体的结合面密合；

出线套管安装前应进行电气绝缘试验，并应进行气密试验，试验合格后再进行安装；

- b) 氢冷电机应分别对定子、转子及氢、油、水系统管路等做严密性试验；试验合格后，可做整体气密试验。试验压力和技术要求应符合产品技术文件要求。

### 9.3.5 水内冷电机安装

- a) 安装前，定子、转子等水回路应按产品技术要求分别做水压试验；  
 b) 绝缘水管不得碰及端盖，不得有凹瘪现象，绝缘水管相互之间不得碰触或摩擦，当有碰触或摩擦时应使用软质绝缘物隔开，并应使用不刷漆的软质带扎牢；  
 c) 定子引出线套管应清洁，无伤痕和裂纹，密封试验和电气绝缘试验应合格；  
 d) 电机的检漏装置应清洁、干燥；  
 e) 水内冷电机的定子、转子安装后应做正、反冲洗，分支水回路应通畅。入口水压、流量应符合产品技术文件要求。

### 9.3.6 电机干燥

- a) 新装电机的绝缘电阻，应符合 GB 50150 的有关规定。当不符合时，应对电机进行干燥。  
 b) 电机干燥时应符合下列要求：  
 1) 温度缓慢上升，升温速率按产品技术文件要求执行，一般可为每小时  $5^{\circ}\text{C}\sim 8^{\circ}\text{C}$ ；  
 2) 铁芯和绕组的最高允许温度，根据绝缘等级确定；  
 3) 带转子进行干燥的电机当温度达到  $70^{\circ}\text{C}$  以后，至少每隔 2h 将转子转动  $180^{\circ}$ ；  
 4) 水内冷电机定子宜采用水质合格的热水循环干燥，初始阶段水与空心铜管的温度差不得大于  $15^{\circ}\text{C}$ ，逐步加热后水温不宜高于  $70^{\circ}\text{C}$ ；当采用直流电加热法时，在定子绕组与绝缘水管连接处的接头上，使用温度计测得的温度不高于  $70^{\circ}\text{C}$ ；  
 5) 水内冷电机转子可采用直流电加热法干燥，当采用电阻法测量温度时，其温度不高于  $65^{\circ}\text{C}$ ；  
 6) 当吸收比及绝缘电阻符合要求，并在同一温度下 5h 稳定不变时，可认为干燥合格；  
 7) 电机干燥后，当不及时启动时，宜有防潮措施；  
 c) 经交流耐压试验合格的电机，当接近运行温度或环氧粉云母绝缘的电机常温时，且按额定电压计算绝缘电阻值不低于  $1\text{M}\Omega/\text{kV}$  均可投入运行。

## 10 电气设备安装

### 10.1 一般规定

10.1.1 本章包括六氟化硫断路器、六氟化硫封闭式组合电器、真空断路器、断路器操动机构、隔离开关、负荷开关、高压熔断器、避雷器、电容器、互感器、盘柜、电力变流设备、起重机、电梯、蓄电池等设备的安装及二次回路结线等安装工程的施工。特殊用途的电气设备的安装，应符合生产制造厂和专业部门的有关规定。

10.1.2 设备和器材到达现场后，应及时作下列验收检查：

- a) 设备外包装及密封应良好；  
 b) 开箱检查清点，型式、规格应符合设计要求，附件、备件应齐全；  
 c) 产品质量证明等技术文件应齐全有效。

10.1.3 与电气设备安装有关的建筑工程施工应符合下列要求：

- a) 与电气设备安装有关的建筑物、构筑物的建筑工程质量，应符合国家现行的建筑工程施工及验收规范中的有关规定；  
 b) 设备安装前，建筑工程应具备下列条件：  
 1) 屋顶、楼板、室内墙面粉刷施工完毕，不得有渗漏；  
 2) 室内地面的基层施工完毕，并按建筑工程标识规定标出地面标高，宜标在墙面明显处；

- 3) 混凝土基础及构架达到允许安装的强度, 焊接构件的质量和安装位置符合要求;
  - 4) 预埋件及预留孔符合设计图纸, 预埋件牢固强度达到规范要求;
  - 5) 土建模板及施工设施拆除, 作业场地清理干净;
  - 6) 设备安装后不能再进行施工的装饰工作全部结束;
  - 7) 具有足够的施工用场地, 道路通畅, 照明设施齐全;
  - 8) 室内安装设备的预留孔洞已采取安全防护措施;
  - 9) 电气设备的基础已验收合格;
  - 10) 电气室间的门窗、内装饰等工程项目进行质量检查和工序交接;
- c) 设备安装过程中, 严禁在任何电气设备上实施焊接、切割等作业;
  - d) 设备安装完毕, 投入运行前, 建筑工程应符合下列要求:
    - 1) 室内地坪抹光工作结束, 室外场地平整;
    - 2) 保护性网门、栏杆等安全设施齐全;
    - 3) 通风及消防装置安装调试完毕;
    - 4) 受电后无法进行的装饰工作以及影响运行安全的工作施工完毕;
  - e) 对有特殊要求的设备, 安装调试前装有空调或通风装置等特殊设施的, 应安装完毕, 并投入运行。
- 10.1.4 设备的端子接线牢固可靠, 接零、接地可靠, 可开启柜(屏)门应用软铜导线可靠接地。
- 10.1.5 设备安装用的紧固件, 除地脚螺栓外, 应采用镀锌制品。
- ## 10.2 六氟化硫断路器安装
- 10.2.1 六氟化硫断路器在运输和装卸过程中, 不得倒置、碰撞或受到剧烈振动; 生产制造厂有特殊规定标记的, 应按制造厂的规定装运。
- 10.2.2 六氟化硫断路器运抵现场后的检查应符合下列要求:
  - a) 绝缘件应无变形、受潮、裂纹和剥落;
  - b) 瓷件表面应光滑、无裂纹和缺损, 铸件应无砂眼;
  - c) 充有六氟化硫等气体的部件, 其压力值应符合产品技术文件规定。
- 10.2.3 六氟化硫断路器运抵现场后的保管应符合下列要求:
  - a) 设备应按原包装放置于平整、无积水、无腐蚀性气体的场地, 并按编号分组保管; 在室外应垫上枕木并有防雨措施;
  - b) 充有六氟化硫等气体的灭弧室和罐体及绝缘支柱, 应定期检查其预充压力值, 并做好记录;
  - c) 绝缘部件、专用材料、专用小型工器具及备品、备件等应置于干燥的室内保管;
  - d) 瓷件应妥善安置, 不得倾倒、碰撞。
- 10.2.4 六氟化硫断路器的基础或支架, 应符合下列要求:
  - a) 基础的中心距离及高度的误差不应大于 10mm;
  - b) 预留孔或预埋铁板中心线的误差不应大于 10mm;
  - c) 预埋件高于基础表面允许偏差为 1mm~10mm;
  - d) 预埋螺栓中心线的误差不应大于 2mm。
- 10.2.5 六氟化硫断路器安装前应进行下列检查:
  - a) 断路器零部件应齐全、清洁、完好;
  - b) 灭弧室或罐体和绝缘支柱内预充六氟化硫等气体的压力值和六氟化硫气体的含水量应符合产品技术文件要求;
  - c) 绝缘部件表面应无裂缝、无剥落或破损, 绝缘应良好, 绝缘拉杆端部连接部件应牢固可靠;
  - d) 瓷套与法兰的接合面粘合牢固, 法兰结合面应平整、无外伤和铸造砂眼;
  - e) 传动机构零件应齐全, 轴承光滑无刺, 铸件无裂纹或焊接不良;

f) 组装用的螺栓、密封垫、密封脂、清洁剂和润滑脂等规格应符合产品技术文件的规定。

10.2.6 六氟化硫断路器的安装,应在无风沙、无雨雪的天气下进行;灭弧室检查组装时,空气相对湿度应小于80%,并采取防尘、防潮措施。

10.2.7 六氟化硫断路器不应在现场解体检查,当有缺陷必需在现场解体时,应经制造厂同意,并在制造厂人员指导下进行。

10.2.8 六氟化硫断路器的组装,应符合下列要求:

- a) 按制造厂的部件编号和规定顺序进行组装,不可混装;
- b) 断路器的固定应牢固可靠,支架或底架与基础的垫片不宜超过三片,其总厚度不大于10mm;各片间应焊接牢固;
- c) 同相各支柱瓷套的法兰面宜在同一水平面上,各支柱中心线间距离的误差不大于5mm,相间中心距离的误差不大于5mm;罐式断路器罐体在安装面上的水平偏差不大于0.5%,且不大于10mm;
- d) 所有部件的安装位置正确,并按制造厂规定要求保持其应有的水平或垂直位置;
- e) 密封槽面应清洁,无划伤痕迹;已用过的密封垫(圈)不得再使用;涂密封脂时,不得使其流入密封垫(圈)内侧面与六氟化硫气体接触;
- f) 应按产品的技术规定更换吸附剂;
- g) 应按产品的技术规定选用吊装器具、吊点及吊装程序;
- h) 密封部位的螺栓应使用力矩扳手紧固,其力矩值应符合产品的技术规定。

10.2.9 设备接线端子的接触表面应平整、清洁、无氧化膜,并涂以薄层电力复合脂;镀银部分不得挫磨;载流部分的可挠连接不得有折损、表面凹陷及锈蚀。

10.2.10 六氟化硫断路器调整后的各项动作参数,应符合产品技术文件规定。

10.2.11 六氟化硫断路器和操动机构的联合动作,应符合下列要求:

- a) 在联合动作前,断路器内应充有额定压力的六氟化硫气体;
- b) 位置指示器动作应正确可靠,其分、合显示应符合断路器的实际分、合状态;
- c) 具有慢分、慢合装置者,在进行快速分、合闸前,应先进行慢分、慢合操作。

### 10.3 六氟化硫封闭式组合电器安装

10.3.1 封闭式组合电器在运输和装卸过程中不得倒置、倾翻、碰撞和受到剧烈的振动。生产制造厂有特殊规定标记的,应按生产制造厂的规定装运。

10.3.2 封闭式组合电器运到现场后的检查应符合下列要求:

- a) 包装应无残损;
- b) 所有元件、附件、备件及专用工器具应齐全,无损伤变形及锈蚀;
- c) 瓷件及绝缘件应无裂纹及破损;
- d) 充有六氟化硫等气体的运输单元或部件,其压力值应符合产品技术文件规定;
- e) 产品出厂证件及质量证明技术资料应齐全有效。

10.3.3 封闭式组合电器运到现场后的保管应符合下列要求:

- a) 封闭式组合电器应按原包装置于平整、无积水、无腐蚀性气体的场地并垫上枕木,在室外增加防护措施;
- b) 封闭式组合电器的附件、备件、专用工器具及设备专用材料应置于干燥的室内;
- c) 瓷件应安放稳当,不得倾倒、碰撞;
- d) 充有六氟化硫等气体的运输单元,应按产品技术规定检查压力值,并做好记录;
- e) 当保管期超过产品质量规定时,应按产品技术文件要求进行处理。

10.3.4 封闭式组合电器元件装配前,应进行下列检查:

- a) 所有部件完整无损,瓷件无裂纹,绝缘件无受潮、变形、剥落及破损;

- b) 接线端子、插插件及载流部分光洁，无锈蚀现象，各元件的紧固螺栓齐全、无松动，连接件、附件及装置性材料的材质、规格及数量符合产品的技术规定；
- c) 各分隔气室气体的压力值和含水量符合产品技术文件规定；
- d) 支架及接地引线无锈蚀或损伤；母线和母线筒内壁平整无毛刺；
- e) 密度继电器和压力表经检验合格；
- f) 防爆膜完好。

10.3.5 封闭式组合电器基础及预埋槽钢的水平误差，不应超过产品技术文件的规定外，还应符合下列规定：

- a) 相间标高误差和同相标高允许偏差不大于 2mm；
- b) 同组间预埋件中心线允许偏差不大于 1mm；
- c) 断路器各组中相 x、y 轴与其他设备 x、y 轴线允许偏差不大于 5mm；
- d) 室内与室外设备基础标高允许偏差，110kV 及以下不大于 5mm，220kV 不大于 10mm；
- e) 电器室 y 轴与室内外设备基础 y 轴允许偏差不大于 5mm；
- f) 预埋件表面标高在相邻埋件间误差不大于 2mm，预埋件高于基础表面允许偏差为 1mm~10mm；
- g) 预埋螺栓中心线允许偏差不大于 2mm；
- h) 相邻间隔基础标高允许偏差不大于 5mm。

10.3.6 生产制造厂已装配好的各电器元件在现场组装时，不应解体检查；如有缺陷应在现场解体时，应经生产制造厂同意，并在制造厂技术人员指导下进行。

10.3.7 组合电器元件的装配，应符合下列要求：

- a) 装配工作应在无风沙、无雨雪、空气相对湿度小于 80% 的条件下进行，并采取防尘、防潮措施；
- b) 应按制造厂的编号和规定的程序进行装配，不得混装；
- c) 使用的清洁剂、润滑剂、密封脂和擦拭材料须符合产品技术文件规定；
- d) 密封槽面应清洁、无划伤痕迹；已用过的密封垫（圈）不得使用；涂密封脂时，不得使其流入密封垫（圈）内侧面与六氟化硫气体接触；
- e) 盆式绝缘子应清洁、完好；
- f) 应按产品技术文件规定选用吊装器具及吊点；
- g) 连接插件的触头中心应对准插口，不应卡阻，插入深度应符合产品技术文件规定；
- h) 所有螺栓的紧固均应使用力矩扳手定力矩紧固；
- i) 应按产品的技术规定更换吸附剂。

10.3.8 设备接线端子的接触表面应平整、清洁、无氧化膜，并涂以薄层电力复合脂；镀银部分不得挫磨；载流部分其表面应无凹陷及毛刺，连接螺栓应齐全、紧固。

#### 10.4 真空断路器安装

10.4.1 真空断路器在运输、装卸过程中，不得倒置和遭受雨淋，不得受到强烈振动和碰撞。

10.4.2 真空断路器运到现场后的检查，应符合下列要求：

- a) 依设计文件进行验收核实；随机相关技术文件、配附件是否齐全，设备外观无损伤；
- b) 灭弧室、瓷套与铁件间应粘合牢固，无裂纹及破损；
- c) 绝缘部件不应变形、受潮；
- d) 断路器的支架焊接应良好，外部油漆完整。

10.4.3 真空断路器到达现场后的保管，应符合下列要求：

- a) 应存放在通风、干燥及无腐蚀性气体的室内，且不得倒置，开箱保管时不得重叠放置；
- b) 若长期保存，应每 6 个月检查一次，在金属零件表面及导电接触面应涂一层防锈油脂，用清洁的油纸包好绝缘件。

- 10.4.4 真空断路器的安装与调整,应符合下列要求:
- 安装应垂直,固定应牢靠,相间支持瓷件在同一水平面上;
  - 三相联动连杆的拐臂应在同一水平面上,拐臂角度一致;
  - 安装完毕后,应先进行手动缓慢分、合闸操作,无不良现象时方可进行电动分、合闸操作;
  - 真空断路器的行程、压缩行程及三相同期性,应符合产品质量证明技术文件规定。
- 10.4.5 真空断路器导电部分,应符合下列要求:
- 导电部分的可挠铜片不应断裂,铜片间无锈蚀;固定螺栓应齐全紧固;
  - 导电杆表面应洁净,导电杆与导电夹应接触紧密;
  - 导电回路接触电阻值应符合产品技术文件规定;
  - 电器接线端子的螺栓搭接面应符合要求,螺栓应使用力矩扳手定力矩紧固。
- 10.5 断路器的操动机构安装
- 10.5.1 操动机构在运输和装卸过程中,不得倒置、碰撞或受到剧烈的震动。
- 10.5.2 操动机构运抵现场后,充油、充气部件应无渗漏。
- 10.5.3 操动机构运抵现场后的保管应符合下列要求:
- 操动机构应按其用途置于室内或室外保管;
  - 空气压缩机、阀门等应置于室内保管;
  - 控制箱或机构箱应妥善保管,不得受潮;
  - 保管时,应对操动机构的金属转动摩擦部件进行检查,并采取防锈措施。
- 10.5.4 操动机构的安装,应符合下列要求:
- 操动机构固定应牢靠,底座或支架与基础间的垫片不宜超过3片,总厚度不应超过20mm,并与断路器底座标高相配合,各片间应焊牢;
  - 操动机构的零部件应齐全,各转动部分应涂以适合当地气候条件的润滑脂;
  - 储能电机转向应正确;
  - 各种接触器、继电器、微动开关、压力开关和辅助开关的动作应准确可靠,接点应接触良好;
  - 分、合闸线圈的铁芯应动作灵活,无锈蚀、无卡阻;
  - 加热装置的绝缘及控制元件的绝缘应良好。
- 10.5.5 液压机构的安装应符合下列要求:
- 油箱内部洁净,液压油的标号符合产品技术文件规定,液压油洁净无杂质,油位指示正常;
  - 连接管路清洁,连接处密封良好,且牢固可靠;
  - 补充的氮气及其预充压力符合产品技术文件规定;
  - 液压回路在额定油压时,外观检查无渗油;
  - 机构在慢分、合时,工作缸活塞杆的运动无卡阻和跳动现象,其行程符合产品技术文件规定;
  - 微动开关、接触器的动作准确可靠,接触良好;电接点压力表、安全阀校验合格,压力释放阀动作可靠、关闭严密;联动闭锁压力值按产品技术文件规定予以整定;
  - 防失压慢分装置可靠。
- 10.5.6 电磁机构的安装应符合下列要求:
- 辅助开关动作准确、可靠,接触良好;
  - 机构合闸至顶点时,支持板与合闸滚轮间间隙,符合产品技术文件规定;
  - 分闸制动板可靠地扣入,脱扣锁钩与底板轴间间隙,符合产品技术文件规定。
- 10.5.7 弹簧机构安装应符合下列要求:
- 合闸弹簧储能完毕后,辅助开关即将电动机电源切除;合闸完毕,辅助开关将电动机电源接通;
  - 合闸弹簧储能后,牵引杆的下端或凸轮与合闸锁扣可靠地锁住;
  - 分、合闸闭锁装置动作灵活,复位准确而迅速,并扣合可靠;

- d) 机构合闸后,能可靠地保持在合闸位置;
- e) 弹簧机构缓冲器的行程,符合产品技术文件规定。
- 10.5.8 弹簧机构在调整时应符合下列规定:
- a) 不得将弹簧机构“空合闸”;
- b) 合闸弹簧储能时,牵引杆的位置不得超过死点;
- c) 棘轮转动时,不得提起或放下撑牙。
- 10.6 隔离开关、负荷开关及高压熔断器安装
- 10.6.1 隔离开关、负荷开关及高压熔断器运抵现场后瓷件应无裂纹及破损。
- 10.6.2 隔离开关、负荷开关及高压熔断器运抵现场后的保管,应符合下列要求:
- a) 设备应按其不同保管要求置于室内或室外平整、无积水的场地,并采取相应的防护措施;
- b) 设备及瓷件应安置稳妥固定,不得倾倒损坏;触头及操作机构的金属传动部件应有防锈措施。
- 10.6.3 隔离开关、负荷开关及高压熔断器安装时的检查,应符合下列要求:
- a) 接线端子及载流部分清洁,且接触良好,触头镀银层无脱落;
- b) 绝缘子表面清洁,无裂纹、破损、焊接残留斑点等缺陷,铁瓷粘合牢固;
- c) 隔离开关的底座转动部分灵活,操动机构的零部件齐全,所有固定连接部件紧固,所有转动部分涂以适合当地气候的润滑脂。
- 10.6.4 在室内间隔墙的两面,以共同的双头螺栓安装隔离开关时,应保证其中一组隔离开关拆除时,不影响另一侧隔离开关的固定。
- 10.6.5 隔离开关的组装,应符合下列要求:
- a) 隔离开关的相间距离的误差:110kV 及以下不应大于 10mm,220kV 不应大于 20mm。相间连杆应在同一水平线上;
- b) 支柱绝缘子应垂直于底座平面(V 型隔离开关除外),且连接牢固;同一绝缘子柱的各绝缘子中心线应在同一垂直线上;同相各绝缘子柱的中心线应在同一垂直平面内;
- c) 隔离开关的各支柱绝缘子间应连接牢固;安装时可用金属垫片校正其水平或垂直偏差,使触头相互对准、接触良好;其缝隙应用腻子抹平后涂以油漆;
- d) 均压环(罩)和屏蔽环(罩)应安装牢固、平正。
- 10.6.6 传动装置的安装与调整应符合下列要求:
- a) 拉杆应校直,其与带电部分的距离符合 GB 50149 中的有关规定;当不符合规定时,允许弯曲,但应弯成与原杆平行;
- b) 拉杆的内径与操动机构轴的直径相配合,两者间的间隙不大于 1mm;连接部分的销子不松动;
- c) 传动连杆过长时应加装保护环,以防损坏或折断时与导电部分相碰而引起短路事故;
- d) 延长轴、轴承、联轴器、中间轴轴承及拐臂等传动部件,其安装位置正确,固定牢靠;传动齿轮咬合准确,操作轻便灵活;
- e) 定位螺钉按产品技术文件规定进行调整,并加以固定;
- f) 所有传动部分涂以适合当地气候条件的润滑脂;
- g) 接地刀刃转轴上的扭力弹簧或其他拉伸式弹簧调整到操作力矩最小,并加以固定;在垂直连杆上涂以黑色油漆。
- 10.6.7 操动机构的安装调整,应符合下列要求:
- a) 操动机构安装牢固,同一轴线上的操动机构安装位置一致;
- b) 电动或气动操作前,先进行多次手动分、合闸,机构动作正常;
- c) 电动机的转向正确,机构的分、合闸指示与设备的实际分、合闸位置相符;
- d) 机构动作平稳,无卡阻、冲击等异常情况;
- e) 限位装置准确可靠,到达规定分、合极限位置时,能可靠地切除电源或气源;

f) 管路中的管接头、阀门、工作缸等无渗、漏现象；

g) 机构箱密封垫完整。

10.6.8 当拉杆式手动操动机构的手柄位于上部或左端的极限位置，或蜗杆式机构的手柄位于顺时针方向旋转的极限位置时，应确定是隔离开关或负荷开关的合闸位置；反之应是分闸位置。

10.6.9 隔离开关、负荷开关合闸后，触头间的相对位置、备用行程以及分闸状态时触头间的净距或拉开角度，应符合产品技术文件规定。

10.6.10 具有引弧触头的隔离开关由分到合时，在主动触头接触前，引弧触头应先接触；从合到分时，触头的断开顺序应相反。

10.6.11 三相联动的隔离开关、触头接触时，不同期值应符合产品技术文件规定。当无规定时，应符合表 10.6.11 的规定。

表 10.6.11 三相联动的不同期值

电压/kV	相差值/mm
10~35	5
63~110	10
220	20

10.6.12 隔离开关、负荷开关的导电部分，应符合下列规定：

- a) 以  $0.05\text{mm} \times 10\text{mm}$  的塞尺检查，对于线接触应塞不进去；对于面接触，其塞入深度：在接触表面宽度为  $50\text{mm}$  及以下时，不应超过  $4\text{mm}$ ；在接触表面宽度为  $60\text{mm}$  及以上时，不应超过  $6\text{mm}$ ；
- b) 触头间应接触紧密，两侧的接触压力应均匀，且符合产品技术文件规定；
- c) 触头表面应平整、清洁，镀银层完好，并应涂以薄层中性凡士林；载流部分的可挠连接不得有折损；连接应牢固，接触应良好；载流部分表面应无严重的凹陷及锈蚀；
- d) 设备接线端子应涂以薄层电力复合脂，连接螺栓齐全紧固，紧固力矩应符合 GB 50149 的有关规定；
- e) 合闸后触头间的相对位置、备用行程，以及分闸后触头间的净距或拉开角度应符合制造厂规定；相间距离的允许偏差： $220\text{kV}$  及以下不大于  $10\text{mm}$ 。

10.6.13 隔离开关的闭锁装置应动作灵活、准确可靠；带有接地刀闸的隔离开关，接地刀刃与主触头间的机械或电气闭锁应准确可靠。

10.6.14 隔离开关及负荷开关的辅助开关应安装牢固，并动作准确，接触良好，其安装位置应便于检查。

10.6.15 负荷开关的安装及调整，除符合上述有关规定外，应符合下列要求：

- a) 在负荷开关合闸时，主固定触头可靠地与主刀刃接触；分闸时，三相的灭弧刀片同时跳离固定灭弧触头；
- b) 灭弧筒内产生气体的有机绝缘物应完整无裂纹，灭弧触头与灭弧筒的间隙符合要求；
- c) 负荷开关三相触头接触的同期性和分闸状态时触头间净距及拉开角度符合产品技术文件规定；
- d) 若安装有辅助接点的开关，其辅助接点安装牢靠，动作和位置正确，接触良好。

10.6.16 人工接地开关的安装与调整，除应符合上述有关规定外，应符合下列要求：

- a) 人工接地开关的动作应灵活可靠，其合闸时间应符合继电保护的要求；
- b) 人工接地开关的缓冲器应经详细检查，其压缩行程应符合产品技术文件规定。

10.6.17 高压熔断器的安装，应符合下列要求：



- a) 带钳口的熔断器，其熔丝管应紧密地插入钳口内；熔管与钳口的接合紧密；
- b) 装有动作指示器的熔断器，应便于检查指示器的动作情况；熔管应垂直安装；指示器朝下；
- c) 跌落式熔断器熔管的有机绝缘物应无裂纹、变形；熔管轴线与铅垂线夹角应为 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，其转动部分应灵活；跌落时不应碰及其他物体；
- d) 熔丝的规格应符合设计要求，且无弯曲、压扁或损伤，熔体与尾线应压接紧密牢固。

### 10.7 避雷器安装

#### 10.7.1 避雷器安装前，应进行下列检查：

- a) 瓷件应无裂纹、破损，瓷套与铁法兰间的粘合应牢固，法兰泄水孔应通畅；
- b) 底座和拉紧绝缘子绝缘应良好；
- c) 运输时用以保护金属氧化物避雷器防爆片的上下盖子应取下，防爆片应完整无损；
- d) 金属氧化物避雷器的安全装置应完整无损。

#### 10.7.2 避雷器不得任意拆开、破坏密封。运输存放过程中，不得碰撞。

#### 10.7.3 避雷器各连接处的金属接触表面，应除去氧化膜及油漆，并涂薄层电力复合脂。

#### 10.7.4 并列安装的避雷器三相中心应在同一直线上；铭牌应位于易于观察的同一侧。避雷器应安装垂直，其垂直度应符合制造厂的规定，如有歪斜，可在法兰间加金属片校正，但应保证其导电良好。

#### 10.7.5 拉紧绝缘子串应紧固；弹簧应能伸缩自如，同相各拉紧绝缘子串的拉力应均匀；避雷器引线的连接不应使端子受到超过允许的应力。

#### 10.7.6 均压环应安装水平，不得歪斜。

#### 10.7.7 放电计数器应密封良好、动作可靠，并按产品技术文件规定连接，安装位置应一致，且便于观察；避雷器与放电计数器应用母线（或导线）可靠连接，放电记数宜恢复至零位。

#### 10.7.8 金属氧化物避雷器的排气通道应通畅；排出的气体不致引起相间或对地闪络，并不得喷及其他电气设备。

### 10.8 电容器安装

#### 10.8.1 本节适用于电力电容器安装。其附属设备的安装应符合本规程的规定。

#### 10.8.2 电容器在安装前，应进行下列检查：

- a) 套管芯棒应无弯曲或滑扣；
- b) 引出线端连接用的螺母、垫圈应齐全；
- c) 外壳应无显著变形，外表无锈蚀，所有接缝不应有裂缝或渗油。

#### 10.8.3 成组安装的电容器，应符合下列要求：

- a) 三相电容量的差值宜调配到最小，其最大与最小的差值，不应超过三相平均电容值的5%；设计有要求时，应符合设计的规定；
- b) 电容器构架应保持其应有的水平及垂直位置，固定应牢靠，油漆应完整；电容器组支架安装水平允许偏差应不大于 $3\text{mm/m}$ ，支架立柱间距离允许偏差不大于 $5\text{mm}$ ；
- c) 电容器的配置应使其铭牌面向通道一侧，并有顺序编号；
- d) 电容器端子的连接线应符合设计要求，接线应对称一致，整齐美观，母线及分支线应标以相色；
- e) 凡不与地绝缘的每个电容器的外壳及电容器的构架均应接地；凡与地绝缘的电容器的外壳均应接到固定的电位上。

### 10.9 互感器安装

#### 10.9.1 互感器在运输、保管期间应防止受潮、倾倒或遭受机械损伤；互感器的运输和放置应按产品技术要求执行。

#### 10.9.2 互感器整体起吊时，不得利用瓷裙起吊，并不得碰伤瓷套。

#### 10.9.3 互感器到达现场后，除按本规程 10.1.2 条进行检查外，还应作下列外观检查：

- a) 电容式电压互感器的电磁装置和谐振阻尼器的封铅完好；

- b) 互感器外观完整, 附件及技术文件齐全, 无锈蚀或机械损伤。
- 10.9.4 互感器可不进行器身检查, 但在发现有异常情况时, 应按下列要求进行检查:
- 螺栓无松动, 附件完整;
  - 铁芯无变形, 且清洁紧密, 无锈蚀;
  - 绕组绝缘完好, 连接正确、牢固;
  - 绝缘支持物牢固、无损伤、无分层分裂;
  - 内部清洁、无杂物;
  - 穿心螺栓绝缘良好;
  - 制造厂有特殊规定时, 符合制造厂的规定。
- 10.9.5 互感器安装时应进行下列检查:
- 互感器的变比分接头的位置和极性符合规定;
  - 二次接线板完整, 引线端子连接牢固, 绝缘良好, 标志清晰。
- 10.9.6 互感器安装平面应水平; 并列安装的应排列整齐, 同一组互感器的极性方向应一致。
- 10.9.7 具有等电位弹簧支点的母线贯穿式电流互感器, 其所有弹簧支点应牢固, 并与母线接触良好, 母线应位于互感器中心。
- 10.9.8 电容式电压互感器应根据产品成套供应的组件编号进行安装、不得互换。各组件连接处的接触面, 应除去氧化层, 并涂以电力复合脂; 阻尼器装于室外时, 应有防雨措施。
- 10.9.9 具有均压环的互感器, 均压环应安装牢固、水平, 且方向正确。具有保护间隙的, 应按制造厂规定或设计要求调好距离。
- 10.9.10 零序电流互感器的安装, 不应使构架或其他导磁体与互感器铁芯直接接触, 或与其构成分磁回路。
- 10.9.11 互感器的下列各部位应予良好接地:
- 分级绝缘的电压互感器, 其一次绕组的接地引出端子。电容式电压互感器按制造厂的规定执行;
  - 电容型电流互感器, 其一次绕组末屏的引出端子、铁芯引出接地端子;
  - 互感器的外壳;
  - 备用的电流互感器的二次绕组端子应短接后接地; 有分接头引出电流互感器的备用端不应短接;
  - 倒装式电流互感器二次绕组的金属导管。
- 10.10 电气盘、柜、箱安装
- 10.10.1 盘、柜等在搬运和安装时应采取防震、防潮、防框架变形和漆面受损等安全措施。
- 10.10.2 盘、柜应存放在室内或能避雨、雪、风、沙的干燥场所。
- 10.10.3 基础型钢的安装应符合下列要求:
- 允许偏差应符合表 10.10.3 的规定:
- 注: 环形布置按设计要求。

表 10.10.3 基础型钢安装的允许偏差

项目	允许偏差	
	mm/m	mm/全长
不直度	<1	<5
水平度	<1	<5
位置误差及不平行度	—	<5

b) 基础型钢安装后,在产品技术文件没有要求时,其顶部宜高出抹平地面 10mm;手车式成套柜按产品技术要求执行。基础型钢应有明显的可靠接地,接地点数不少于 2 点,接地连接牢固,导通良好。

10.10.4 盘、柜安装在振动场所,应按设计要求采取防振措施。

10.10.5 盘、柜及盘、柜内设备与各构件间连接应牢固。主控制盘、继电保护盘和自动装置盘等与基础型钢连接,应采用镀锌螺栓固定连接。

10.10.6 盘、柜单独或成列安装时,其垂直度、水平偏差以及盘、柜面偏差和盘、柜间接缝的允许偏差应符合表 10.10.6 的规定。

表 10.10.6 盘、柜安装的允许偏差

项 目		允许偏差 mm
垂直度(每米)		1.5
水平偏差	相邻两盘顶部	2
	成列盘顶部	5
盘面偏差	相邻两盘边	1
	成列盘面	5
盘间接缝		2

10.10.7 端子柜安装应牢固,封闭良好,并能防潮、防尘。安装的位置应便于检查。成列安装时,应排列整齐。

10.10.8 盘、柜、台、箱的接地应牢固良好。装有电器的可开启门,应以不小于  $2.5\text{mm}^2$  裸铜软线与接地的金属构架可靠地连接。成套柜应装有供检修用的接地装置。

10.10.9 成套柜安装应符合下列要求:

- 机械闭锁、电气闭锁应动作准确、可靠;
- 动触头与静触头的中心线应一致,触头接触紧密;可动触头的接触片不得缺少,接触应良好;
- 二次回路辅助开关的切换接点应动作准确,固定触头应有足够的弹性,且接触良好;
- 柜内照明齐全;
- 有工作电源和备用电源的配电柜,其两电源进线的相序,相位应正确一致,联动灵活可靠。

10.10.10 抽屉式配电柜的安装应符合下列要求:

- 抽屉推拉灵活轻便,无卡阻、碰撞现象,同型号抽屉应能互换;
- 抽屉的机械联锁或电气联锁装置动作正确可靠,断路器分闸后,隔离触头才能分开;
- 抽屉与柜体间的二次回路连接插件接触良好;
- 抽屉与柜体间的接触及柜体、框架的接地良好。

10.10.11 手车式柜的安装应符合下列要求:

- 检查防止电气误操作的“五防”装置齐全,动作灵活可靠;
- 手车推拉应灵活轻便,无卡阻、碰撞现象,相同型号的手车应能互换;
- 手车推入工作位置后,动触头顶面与静触头底部之间应留有备用间隙;
- 手车和柜体间的二次回路连接插件应接触良好;
- 安全隔离板应开启灵活,随手车的进出而相应动作;
- 柜内控制电缆的位置不应妨碍手车的进出,并应牢固固定在柜内侧面框架上;电缆孔应堵塞严密;
- 手车与柜体间的接地触头应接触紧密,当手车推入柜内时,其接地触头应比主触头先接触,

拉出时接地触头比主触头后断开。

10.10.12 盘、柜的漆层应完整，无损伤。

10.10.13 盘、柜上电器的安装应符合下列要求：

- a) 电器元件质量良好，型号、规格符合设计要求，外观完好，附件齐全；
- b) 各电器能单独拆装更换而不影响其他电器及导线束的固定；
- c) 发热元件宜安装在散热良好的地方，两个发热元件之间的连线采用耐热导线或裸铜线套瓷管；
- d) 熔断器的熔体规格、自动开关的整定值符合设计要求；
- e) 切换压板接触良好，相邻压板间有足够安全距离，切换时不碰及相邻的压板，对于一端带电的切换压板，使在压板断开情况下，活动端不带电；
- f) 信号回路的信号灯、光字牌、电铃、电笛、事故电钟等显示准确，工作可靠；
- g) 盘上装有装置性设备或其他有接地要求的电器，其外壳可靠接地；
- h) 带有照明的封闭式盘、柜保证照明完好。

10.10.14 二次回路的连接件均应采用铜质制品，绝缘件应采用阻燃性材料。

10.10.15 盘、柜的正面及背面各电器、端子牌等应标明编号、名称、用途及操作位置，其标识规范且牢固。

10.10.16 二次回路的电气间隙和爬电距离应符合表 10.10.16 要求：

表 10.10.16 允许最小电气间隙及爬电距离

单位为 mm

额定电压 V	电气间隙		爬电距离	
	额定工作电流		额定工作电流	
	≤63A	>63A	≤63A	>63A
≤60	3.0	5.0	3.0	5.0
60<U≤300	5.0	6.0	6.0	8.0
300<U≤500	8.0	10.0	10.0	12.0

10.10.17 安装调试完毕后，建筑物中的预留孔洞及电缆管口，应做好封堵。

## 10.11 二次回路接线

10.11.1 二次回路接线应符合下列要求：

- a) 按施工图施工，接线正确、标识清晰；
- b) 导线与电气元件间采用螺栓连接、插接、焊接或压接等，均应牢固可靠；
- c) 配线应整齐、清晰、美观，导线绝缘应良好、无损伤；
- d) 每个接线端子的每侧接线宜为 1 根，不得超过 2 根。对于插接式端子，不同截面的两根导线不得接在同一端子上，对于螺栓连接端子，当接两根导线时，中间应加平垫片；
- e) 二次回路接地应设专用螺栓。

10.11.2 盘、柜内的配线电流回路应采用电压不低于 500V 的铜芯绝缘导线，其截面不应小于  $2.5\text{mm}^2$ ，其他回路截面不应小于  $1.5\text{mm}^2$ ，对电子元件回路、弱电回路采用锡焊连接时，在满足载流量和电压降及有足够机械强度的情况下，可采用不小于  $0.5\text{mm}^2$  截面的绝缘导线。

10.11.3 用于连接门上的电器、控制台板等可动部位的导线应采用多股软导线，敷设长度应有适当裕度。

10.11.4 引入盘、柜内的电缆及其芯线应符合下列要求：

- a) 引入盘、柜的电缆应排列整齐，编号清晰，减少交叉，固定牢固，不得使所接的端子排受到机械应力；

- b) 铠装电缆在进入盘、柜后，应将钢带切断，切断处的端部应扎紧，应将钢带接地；
- c) 用于静态保护、控制等逻辑回路的控制电缆，应采用屏蔽电缆。其屏蔽层应接地可靠；
- d) 盘、柜内的电缆芯线，应垂直或水平有规律地配置，不得任意歪斜交叉连接。备用芯长度应留有足够的余量，并做好绝缘处理；
- e) 强、弱电回路不应使用同一根电缆，应分别成束分开排列；
- f) 多股线芯导线应采用接线片压接后与接线端子相接。

10.11.5 二次回路结线施工完毕测试绝缘时，应有防止弱电设备损坏的安全技术措施。

## 10.12 蓄电池安装

10.12.1 本节适用于阀控式密封铅酸蓄电池安装，其他种类蓄电池应符合 GB 50172 的规定。

10.12.2 蓄电池安装应符合以下要求：

- a) 运行环境温度范围为  $5^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 蓄电池应存放在干燥凉爽的环境里；
- c) 安装应远离火源、热源；
- d) 检查蓄电池的绝缘电阻应不小于  $1\text{k}\Omega/\text{V}$ ；
- e) 若两组电池并联使用，应保证电池连线、汇流排阻抗相同；
- f) 为防止连接螺栓锈蚀，相互间的连接应牢固，连接条和连接螺栓应涂上凡士林；
- g) 相互连接时，应避免相邻电池间的电压大于  $150\text{V}$ ；导电部分的电压介于  $65\text{V}\sim 250\text{V}$  之间时，其安全间距应大于  $0.8\text{m}$ ；超过  $250\text{V}$  时，则应大于  $1\text{m}$ ；
- h) 不同厂家、不同规格的蓄电池不得混用；
- i) 电池间应保持整洁，电池外壳不要用有机溶剂清洗，并应定期检查外壳有无裂缝、电解液有无渗漏等。

10.12.3 蓄电池放电检查，应按产品技术文件规定的要求测试，确保电池容量。

10.12.4 蓄电池充放电应符合下列要求：

- a) 蓄电池不宜过放电，放电结束后电池应在  $72\text{h}$  内进行再次充电；
- b) 密封电池的充电一般采用恒流充电和恒压限流充电。蓄电池充电应按制造商技术文件的要求进行；
- c) 阀控式密封铅酸蓄电池不需要均充，但在下列情况下就应均充：每次深度放电后，在短时间需要急速回充；在做额定容量测试前，电池应均充  $72\text{h}$ ；整组电池的电压不平衡，最大与最小单体电池电压差大于  $0.1\text{V}$ ；在长期储存安装后应均充；
- d) 禁止使用超过规定的最大充电电流（通常指  $3\text{h}$  率）进行充电，当充电到末期时应逐步减小充电电流，防止过充电；
- e) 充放电次数符合 GB 50172 的规定；
- f) 充放电电压按设备制造商产品技术文件执行。

## 10.13 起重机安装

10.13.1 本规程适用于额定电压  $500\text{V}$  以下新安装各式起重机的电气装置滑接线安装工程施工。

10.13.2 在设备安装前，建筑工程应具备下列条件：

- a) 混凝土梁上预留的滑接线支架安装孔和悬吊式软电缆终端拉紧装置的预埋件、预留孔位置应正确，孔洞无堵塞，预埋件应牢固；
- b) 安装滑接线的混凝土梁，应完成粉刷工作。

10.13.3 起重机非带电金属部分的接地，应符合下列要求：

- a) 装有接地滑接器时，滑接器与轨道或接地滑接线可靠接触；
- b) 司机室与起重机本体用螺栓连接时，应进行电气跨接；其跨接点不应少于两处。跨接线宜采用多股软铜线，其截面面积不得小于  $16\text{mm}^2$ ，两端压接接线端子应采用镀锌螺栓固定，当采

用圆钢或扁钢进行跨接时，圆钢直径不得小于 12mm，扁钢截面的宽度和厚度不得小于 40mm×4mm；

- c) 起重机的每条轨道，应设不少于两点接地。在轨道端之间的接头处，宜做电气跨接；接地电阻应小于 4Ω。
- 10.13.4 滑接线和滑接器的安装应符合下列要求：
- a) 滑接线的布置，当设计无规定时，应符合下列要求：
- 1) 滑接线距离地面的高度，不得低于 3.5m；当有车辆通过部分滑接线距离地面的高度，不得低于 6m；
  - 2) 滑接线与一般管道的距离，不得小于 1m；与设备和氧气管道的距离，不得小于 1.5m；与易燃气体、易燃液体管道的距离，不得小于 3m；
  - 3) 裸露式滑接线应与司机室同侧安装；当工作人员上下有碰触滑接线危险时，应设有遮栏保护；
- b) 滑接线的支架及其绝缘子的安装，应符合下列要求：
- 1) 支架不得在建筑物伸缩缝和轨道梁结合处安装；
  - 2) 支架安装应平正牢固，并应在同一水平面或垂直面；
  - 3) 绝缘子、绝缘套管不得有机械损伤及缺陷；表面应清洁；绝缘性能应良好；在绝缘子与支架和滑接线的钢固定件之间，应加柔性绝缘垫片；
  - 4) 安装于室外或潮湿场所的滑接线绝缘子、绝缘套管，应采用户外式；
  - 5) 绝缘子两端的固定螺栓，宜采用高标号水泥砂浆灌注，并应能承受滑接线的拉力；
- c) 滑接线的安装，应符合下列要求：
- 1) 接触面应平正无锈蚀，导电应良好；接头处的接触面应平正光滑，其高差不应大于 0.5mm，连接后高出部分应修整平正；
  - 2) 额定电压为 500V 以下的滑接线，其相邻导电部分和导电部分对接地部分之间的净距不得小于 30mm；不能满足以上要求时，滑接线应采取绝缘隔离措施；
  - 3) 起重机在终端位置时，滑接器与滑接线末端的距离不应小于 200mm；固定装设的型钢滑接线，其终端支架与滑接线末端的距离不应大于 800mm；
  - 4) 型钢滑接线所采用的材料，应进行平直处理，其中心偏差不宜大于长度的 1/1000，且不得大于 10mm；
  - 5) 滑接线安装后应平直；滑接线之间的距离应一致，其中心线应与起重机轨道的实际中心线保持平行，其偏差应小于 10mm；滑接线之间的水平偏差或垂直偏差，应小于 10mm；
  - 6) 型钢滑接线在支架上应能伸缩，并宜在中间支架上固定，表面应涂以红色的油漆或相色漆滑接线长度超过 50m 或跨越建筑物伸缩缝时，应装设伸缩补偿装置。
- 10.13.5 起重机上的电气配线应符合下列要求：
- a) 起重机上的配线除弱电系统外，均应采用额定电压不低于 500V 的铜芯多股电线或电缆。多股电线截面面积不得小于 1.5mm<sup>2</sup>。多股电缆截面面积不得小于 1.0mm<sup>2</sup>；
- b) 在易受机械损伤、热辐射或有润滑油滴落部位，电线或电缆应装于钢管、线槽、保护罩内或采取隔热保护措施；
- c) 电线或电缆穿过钢结构的孔洞处，应将孔洞的毛刺去掉，并采取保护措施；
- d) 起重机上电缆的敷设，应符合下列要求：
- 1) 按电缆引出的先后顺序排列整行，不宜交叉；强电与弱电电缆宜分开敷设，电缆两端应有标牌；
  - 2) 固定敷设的电缆应卡固，支持点距离不应大于 1m；
  - 3) 电缆固定敷设时，其弯曲半径应大于电缆外径的 5 倍；电缆移动敷设时，其弯曲半径应

大于电缆外径的 8 倍；

- e) 起重机上的配线应排列整齐，导线两端应牢固地压接相应的接线端子，并应标有明显的接线编号。

#### 10.13.6 电气设备及保护装置

- a) 起重机电气设备安装前，应核对设备尺寸，其设备安装部位、方向及管线位置，应符合设计和设备技术条件的要求；
- b) 当起重机的某一机构是由两组在机械上互不联系的电动机驱动时，两台电动机应有同步运行和同时断电的保护装置；
- c) 起重机防止桥架扭斜的联锁保护装置，应灵敏可靠；
- d) 起重机的音响、信号装置，应清晰可靠；
- e) 起重量限制器的调试，应符合下列要求：
- 1) 起重量限制器综合误差，不应大于 8%；
  - 2) 当载荷达到额定起重量的 90% 时，应能发出提示性报警信号；
  - 3) 当载荷达到额定起重量的 110% 时，应能自动切断起升机构电动机的电源，并应发出禁止性报警信号。

#### 10.13.7 起重机进行试运转前，电气装置应具备下列条件：

- a) 电气装置安装已全部结束；
- b) 电气回路接线正确，端子固定牢固、接触良好、标识规范且牢固；
- c) 电气设备和线路的绝缘电阻值不应小于  $0.5M\Omega$ ；
- d) 电源的容量、电压、频率及断路器的型号，规格符合设计和使用设备的要求；
- e) 保护接地或接零良好；
- f) 电动机、控制器、接触器、制动器、继电器等电气设备经检查和调试合格；
- g) 安全保护装置经模拟试验和调整合格。声光信号装置显示正确、清晰可靠。

#### 10.14 电梯电气装置安装

10.14.1 本节适用于额定速度不大于  $2.5m/s$ 、电力拖动绳轮曳引驱动的各类电梯电气装置安装。

##### 10.14.2 电梯主开关的安装应符合下列规定：

- a) 每台电梯均设置能切断该电梯最大负荷电流的主开关；
- b) 主开关不得切断下列供电电路：
- 1) 轿厢照明、通风和报警；
  - 2) 机房、隔层和井道照明；
  - 3) 机房、轿顶和底坑电源插座；
- c) 主开关的位置能从机房入口处方便、迅速地接近；
- d) 在同一机房安装多台电梯时，各电梯主开关的操作机构装设识别标志。

10.14.3 轿厢照明和通风电路的电源可由相应的主开关进线侧获得，并设置电源开关进行控制。

10.14.4 轿顶检修用交流  $220V$  电源插座 (2P+PE 型) 应装设明显标志。

##### 10.14.5 井道照明应符合下列规定：

- a) 照明灯具固定在不影响电梯运行的井道壁上，其间距不大于  $7m$ ；
- b) 在井道的最高、最低点  $0.5m$  以内各装设一盏照明灯。

10.14.6 在采用三相四线制供电的接零保护系统中，电梯电气设备不得单独接地。

10.14.7 电梯轿厢可利用随行电缆的钢芯或线作保护扩线，当采用电缆芯线作保护线时不得少于 2 根。

10.14.8 采用计算机控制的电梯，“逻辑地”应按产品要求处理。当产品无要求时，可按下列方式之一进行处理：

a) 接到供电系统的保护线上。当供电系统的保护线与中性线为合用系统时(TN-C 系统),应在电梯电源进入机房后将保护线与中性线分开(TN-C-S 系统),该分离点接地电阻值不应大于  $4\Omega$ ;

b) 悬空“逻辑地”;

c) 与单独的接地装置连接。该装置的对地电阻值不得大于  $4\Omega$ 。

#### 10.14.9 电梯配线应符合下列要求:

- a) 电梯电气装置的配线,应使用额定电压不低于 500V 的铜芯绝缘导线;
- b) 机房和井道内的配线应使用电线管或电线槽保护,不易受机械损伤的分支线路可使用软管保护,但长度不应超过 2m。不得使用可燃性材料制成的电线管或电线槽;
- c) 轿顶配线应走向合理,防护可靠;
- d) 电线管、电线槽、电缆架等与可移动的轿厢、钢绳等的距离:机房内不小于 50mm;井道内不小于 20mm;
- e) 电线管安装应符合下列规定:
  - 1) 固定点间距均匀,且不应大于 3m;
  - 2) 与电线槽连接处用锁紧螺母锁紧,管口装设护口;
- f) 电线槽安装应符合下列规定:
  - 1) 安装牢固、每根电线槽固定点不少于 2 点,并列安装时槽盖便于开启;
  - 2) 安装后接口严密,槽盖齐全、平整、无翘角;出线口应无毛刺,位置正确;
- g) 金属软管安装应符合下列规定:
  - 1) 无机械损伤和松散,与箱、盒、设备连接处使用专用接头;
  - 2) 固定点均匀,间距不大于 1m,端头固定牢固;
- h) 电线管、电线槽均应可靠接地或接零,电线槽不得作保护线使用;
- i) 接线箱、盒的安装应平正、牢固、不变形,其位置应符合设计要求。当无设计规定时,中线箱应安装在电梯正常提升高度的 1/2 加高 1.7m 处的井道壁上;
- j) 导线(电缆)的敷设应符合下列规定:
  - 1) 动力线和控制线隔离敷设。有抗干扰要求的线路满足产品技术要求;
  - 2) 配线绑扎整齐,并有清晰的接线编号。保护线端子和电压为 220V 及以上的端子有明显的标记;
  - 3) 接地保护线宜采用黄绿相间的绝缘导线;
  - 4) 电线槽弯曲部分的导线、电缆受力处,应加绝缘衬垫,垂直部分可靠固定;
  - 5) 配线留有备用线,其长度与箱、盒内最长的导线相同;
- k) 随行电缆的安装应符合下列规定:
  - 1) 当设中线箱时,随行电缆架安装在电梯正常提升高度的 1/2 加高 1.5m 处的井道壁上;
  - 2) 随行电缆安装前,需要预先自由悬吊,消除扭曲;
  - 3) 随行电缆的敷设长度使轿厢缓冲器完全压缩后略有余量,但不得拖地。多根并列时,长度一致;
  - 4) 随行电缆两端以及不运动部分可靠固定;
  - 5) 圆形随行电缆绑扎固定在轿底和井道电缆架上,绑扎长度为 30mm~70mm。绑扎处离开电缆架钢管 100mm~150mm;
  - 6) 扁平型随行电缆可重叠安装,重叠根数不宜超过 3 根,每两根间保持 3mm~50mm 活动间距;

(1) 随行电缆在运动中有可能与井道内其他部件挂、碰时,应采取防护措施。

#### 10.14.10 电梯电气设备安装应符合下列要求:



- a) 配电柜(屏、箱)、控制柜(屏、箱)的安装应固定牢固,其垂直偏差不应大于1.5%。当设计无要求时,安装位置应符合下列规定:
- 1) 屏、柜尽量远离门、窗,与门、窗正面的距离不小于600mm;
  - 2) 屏、柜的维修侧与墙壁的距离小于600mm;其封闭侧宜不小于50mm;双面维修的屏、柜成排安装时,当宽度超过5m时,两端均留有出入通道,通道宽度不小于600mm;
  - 3) 屏、柜与机械设备的距离不小于500mm;
- b) 机房内配电柜(屏)、控制柜(屏)基础应高出地面50mm~100mm;
- c) 机械选层器的安装应符合下列规定:
- 1) 位置合理,便于维修检查;固定牢固,其垂直偏差不大于1%;
  - 2) 按机械速比和楼层高度比检查调整动、静触头位置,使之与电梯运行、停层的位置一致;触头动作行程接触可靠,接触后留有压缩余量;
  - 3) 换速触头的提前量按电梯减速时间和平层距离调节;
- d) 井道和轿顶传感器(感应器)的安装应符合下列规定:
- 1) 安装位置符合图纸要求,配合间隙按产品技术说明进行调整;
  - 2) 支架用螺栓固定,不得焊接;能上下、左右调整,调整后应可靠锁紧,不得松动;
  - 3) 安装后紧固、垂直、平整,其偏差宜不大于1mm;
- e) 层门(厅门)召唤盒、指示灯盒及开关盒的安装应符合下列规定:
- 1) 箱体平正、牢固、不变形;
  - 2) 面板安装后与墙面贴实,不得有明显的凹凸变形和歪斜;
  - 3) 当无设计规定时,安装位置应符合下列规定:
    - 层门指示灯盒装在层门口以上0.15m~0.25m的层门中心处。指示灯在召唤盒内的除外;层门指示灯盒安装后,其中心线与层门中心线的偏差不大于5mm;
    - 召唤盒装在层门右侧距地1.2m~1.4m的墙壁上,且盒边与层门边的距离为0.2m~0.3m;并联、群控电梯的召唤盒装在三台电梯的中间位置;
  - 4) 在同一候梯厅有2台及以上电梯并列或相对安装时,各层门对应装置的位置一致,并应符合下列规定:
    - 并列梯各层门指示灯盒的高度偏差不大于5mm;
    - 并列梯各召唤盒的高度偏差不大于2mm;距层门边的距离偏差不大于10mm;
    - 相对安装的电梯,各层门指示灯盒的高度偏差和各召唤盒的高度偏差均不大于5mm;
- f) 具有消防功能的电梯,消防开关盒宜装于召唤盒的上方,其底边距地面的高度宜为1.6m~1.7m;
- g) 层门闭锁装置应采用机械-电气联锁装置,其电气触点应有足够的断开能力,并能使其在触点熔接的情况下可靠断开;
- h) 层门闭锁装置的安装应符合下列规定:
- 1) 固定可靠,驱动机构动作灵活、且与轿门的开锁元件有良好的配合;
  - 2) 层门关闭后,锁紧元件可靠锁紧,其最小啮合长度小于7mm;
  - 3) 层门锁的电气触点接通时,层门应可靠地锁紧在关闭位置上。

#### 10.14.11 安全保护装置安装应满足下列要求:

- a) 电梯的各种安全保护开关应可靠固定,不得采用焊接固定,安装后不得因电梯正常运行时的碰撞和钢绳、钢带、皮带的正常摆动使开关产生位移、损坏和误动作;
- b) 与机械相配合的各安全保护开关,在下列情况时应可靠断开,使电梯不能起动或立即停止运行:

- 1) 选层器钢带(钢绳、链条)张紧轮下落大于 50mm 时;
- 2) 限速器配重轮下落大于 50mm 时;
- 3) 限速器速度接进其动作速度的 95%时。对额定速度 1m/s 及以下电梯最迟可在限速器达到其动作速度时;
- 4) 安全钳拉杆动作;
- 5) 任一曳引绳断开;
- 6) 电梯载重量超过额定载重量的 10%时;
- 7) 任一层、轿门未关闭或未锁紧时;
- 8) 安全窗开启时;
- 9) 液压缓冲器被压缩时;
- c) 电气系统中的安全保护装置应进行下列检查:
  - 1) 错相、断相、欠电压、过电流、弱磁、超速、分速度等保护装置按产品技术要求检验调整;
  - 2) 开、关门和运行方向接触器的机械或电气联锁动作灵活可靠;
  - 3) 急停、检修、程序转换等按钮和开关,动作灵活可靠;
- d) 极限、限位、缓速开关碰轮和磁铁的安装应符合下列规定:
  - 1) 磁铁无扭曲变形,开关碰轮动作灵活;
  - 2) 磁铁安装垂直,允许偏差为 1%,全长不大于 3mm。磁铁斜面除外;
  - 3) 开关,磁铁安装牢固。在开关动作区间,碰轮与磁铁可靠接触,碰轮边距磁铁边不小于 5mm;
  - 4) 碰轮与磁铁接触后,开关接点可靠断开,碰轮沿磁铁全长移动无卡阻,且碰轮略有压缩余量;
  - 5) 强迫缓速开关的安装位置按产品设计要求安装;
- e) 限位开关的安装位置应符合设计要求,当设计无要求时,磁铁应在轿厢地槛超越上、下端站地槛 50mm~200mm 范围内。接触碰轮,使开关迅速断开,且在缓冲器被压缩期间开关始终保持断开状态;
- f) 交流电梯极限开关的安装应符合下列规定:
  - 1) 钢绳横平竖直,导向轮不超过 2 个。轮槽对成一条直线,且转动灵活。导向轮架加装延长杆时,延长杆有足够的强度;
  - 2) 上、下极限碰轮与牵动钢绳可靠固定;
  - 3) 牵动钢绳沿开关断开方向在闸轮上复绕不少于 2 圈,且不得重叠;
  - 4) 安装后连续试验 5 次,均动作灵活可靠;
- g) 轿厢自动门的安全触板安装后应灵活可靠。光电及其他形式的防护装置功能应可靠。

#### 10.15 不间断电源(UPS)安装

10.15.1 不间断电源的整流装置、逆变装置和静态开关装置的规格、型号应符合设计要求。内部接线连接正确,紧固件齐全,可靠不松动,焊接连接无脱落现象。

10.15.2 不间断电源的输入、输出各级保护系统和输出的电压稳定性、波形畸变系数、频率、相位、静态开关的动作等各项技术性能指标试验调整应符合产品质量技术文件要求,且符合设计文件要求。

10.15.3 不间断电源装置间连线的线间、线对地间绝缘电阻值应大于 0.5MΩ。

10.15.4 不间断电源输出端的中性线(N),必须与由接地装置直接引来的接地干线相连接,做重复接地。

10.15.5 安装不间断电源的机架组装应横平竖直,水平度、垂直度允许偏差不应大于 1.5%,紧固件齐全。

10.15.6 引入或引出不间断电源装置的主回路电线、电缆和控制电线、电缆应分别穿保护管敷设，在电缆支架上平行敷设应保持 150mm 的距离；电线、电缆的屏蔽护套接地连接可靠，与接地干线就近连接，紧固件齐全。

10.15.7 不间断电源装置的可接近裸露导体应可靠接地或接零，且标识清晰。

#### 10.16 软启动器设备安装

10.16.1 软启动器设备安装前应检查在运输过程中是否造成损坏，检查铭牌以确定产品符合设计要求，检查相关质量证明技术文件是否齐全有效。

10.16.2 软启动器设备安装应符合下列要求：

- a) 安装和接线应遵循相应的安装标准和安全规程；
- b) 调试时应接负载（可以小于实际负载）；
- c) 接线时，三相输入电源应按规定相序接线；
- d) 垂直安装方式，不得倒装、斜装或水平安装，安装的底座基础应牢固和平整。

10.16.3 软启动器设备不得用兆欧表测量绝缘电阻，远程端子不得有源输入。

10.16.4 软启动器设备主电路接线应符合下列要求：

- a) 连接旁路的电磁接触器，其旁路连接的相别与主回路对应一致；
- b) 输出端子与电动机之间，不应安装电容器、浪涌吸收器；
- c) 接地端应良好接地。

10.16.5 软启动器根据其性能及电气设备的工艺要求，按产品用户使用手册进行功能操作参数和故障保护参数的设定、调试。

#### 10.17 变频器设备安装

10.17.1 变频器安装一般要求：

- a) 变频器应垂直安装；多台变频器安装位置无设计要求时，宜并列安装，若采用纵向方式安装，变频器之间应加装隔热板；
- b) 墙挂式安装变频器与周围物体之间的距离，两侧间不应小于100mm，上下间不应小于150mm。

10.17.2 变频器主回路接线应符合下列要求：

- a) 内部不应有杂物；
- b) 输入、输出端接线无误，电缆芯线连接牢固；
- c) 端子接线裸露部分与其他端子带电部分间应绝缘；
- d) 输出端子排上的“N”端子不应接至输入电源中性线端子上。

10.17.3 控制回路接线应符合要求：

- a) 控制回路与主回路的配线、模拟信号回路与反馈信号回路的配线应分开，且保持一定的间距；
- b) 变频器控制回路中的继电器触点端子引线，与其他控制回路端子的连线应按区域配线；
- c) 控制回路配线应采用屏蔽线或电缆；
- d) 模拟量控制线应采用屏蔽线或电缆，屏蔽一端应接至变频器控制电路的公共侧，不应接至变频器接地端或接地装置，另一端可悬空；
- e) 开关量控制线未采用屏蔽线时，同一信号两根线应绞结后分别连接。

10.17.4 变频器的接地和防雷接线应符合下列要求：

- a) 变频器的接地导线截面应不小于  $2.5\text{mm}^2$ ，长度宜控制在 20m 内；
- b) 多台变频器接地时，应分别与接地主干线相连；
- c) 变频器的接地端子可与机电电缆的接地线连接。

10.17.5 变频器的“EMC 电磁兼容性”接线应符合下列要求：

- a) 传动柜中所有电气设备接地良好，接地线应连接至公共接地点或接地母排上，宜用高频时阻抗较低的扁平导体；

- b) 变频器的机电缆应采用变频电缆,屏蔽线电导截面积不小于每相导线芯截面积的 1/10;
- c) 控制电缆采用屏蔽电缆,屏蔽层应直接接至变频器内部接地侧,另一侧可通过高频小电容接地;
- d) 屏蔽层两端的差模电压较低且连接到同一接地网上时,可将屏蔽层的两端直接接地;
- e) 模拟信号的传输线应采用双屏蔽双绞线,不同模拟信号不得置于同一对公共反馈线中,且单独配线;
- f) 低压数字信号线应采用双屏蔽的双绞线;
- g) 机电缆应单独配线,其最小间距为 500mm;
- h) 变频器控制电缆和电源电缆的安装与接线若有交叉,应按 90° 交叉配线,采用专用夹子将机电缆和控制电缆屏蔽层固定至接地点。

#### 10.17.6 试运行应符合下列要求:

- a) 空载试运行:
 

将电机所带的负载脱离或减轻后,应作以下空载运行检查:

  - 1) 电动机旋转方向;
  - 2) 运转至各频率点电动机不得有异常振动、共振、振动噪声;
  - 3) 按参数设定程序重新检查确认参数设定值且无误;
  - 4) 输出电压和电流值应符合产品技术文件规定,三相不平衡值不得大于 10%;
- b) 负载试运行:
  - 1) 按正常负荷量运行,三相输出电流值应符合预定值;
  - 2) 闭环控制系统的转速反馈变化值应符合产品技术文件规定;
  - 3) 电动机运行的平稳性、电动机和变频器运行温度变化应保持稳定;
  - 4) 各类保护性参数值具备有效性;
  - 5) 按工艺要求试运行;随时监控,并做好记录。

## 11 母线装置安装

### 11.1 一般规定

- 11.1.1 母线装置安装用的紧固件,应采用符合国家标准的镀锌或不锈钢制品。
- 11.1.2 母线表面应光洁平整,不应有裂纹、折皱、夹杂物及变形和扭曲现象。
- 11.1.3 成套供应的封闭母线、插接式母线槽的各段应标志清晰,产品附件齐全,外壳无变形,内部无损伤。螺栓固定的母线搭接面应平整,其表面不应有麻面、起皮等缺陷。
- 11.1.4 封闭母线在安装就位前,宜先完成支吊架安装工作。
- 11.1.5 金属构件及母线的防腐处理应符合下列要求:
  - a) 金属构件除锈彻底,防腐均匀,不得有起皮、皱皮等缺陷;
  - b) 母线涂漆均匀,无起层、皱皮等缺陷;
  - c) 在有盐雾及含有腐蚀性气体的场所,母线涂防腐涂料。
- 11.1.6 母线与母线或分支线、母线与电器接线端子搭接时,搭接面的处理应符合下列规定:
  - a) 铜与铜:室外、高温且潮湿或对母线有腐蚀性气体的室内,应搪锡,在干燥的室内可直接连接;
  - b) 铝与铝:直接连接;
  - c) 钢与钢:应搪锡或镀锌,不得直接连接;
  - d) 铜与铝:在干燥的室内,铜导体应搪锡,室外或空气相对湿度接近 100%的室内,应采用铜铝过渡板,铜端部应搪锡;
  - e) 钢与铜或铝:钢搭接面应热镀锌,钢搭接面应搪锡;
  - f) 封闭母线螺栓固定搭接面应镀银。

11.1.7 母线的相序排列,当设计无规定时应符合下列规定:

- a) 上下布置的交流母线,由上到下排列为 A、B、C 相,直流母线正极在上,负极在下;
- b) 水平布置的交流母线,由盘后向盘面排列为 A、B、C 相,直流母线正极在后,负极在前;
- c) 引下线的交流母线,面对盘面的正面由左至右排列为 A、B、C 相,直流母线正极在左,负极在右。

11.1.8 母线涂漆应符合下列规定:

- a) 三相交流母线: A 相为黄色, B 相为绿色, C 相为红色,单相交流母线与引出相的颜色相同;
- b) 直流母线: 正极为赭色, 负极为蓝色;
- c) 直流均衡汇流母线及交流中性汇流母线: 不接地者为紫色, 接地者为紫色带黑色条纹;
- d) 室外软母线、封闭母线应在两端和中间适当部位涂相色漆;
- e) 单片母线的表面及多片、槽形、管形母线的表面均应涂相色漆;
- f) 钢母线的表面应涂防腐相色漆;
- g) 刷漆应均匀, 无起层、皱皮等缺陷, 并应整齐一致。
- h) 母线在下列各处不应刷相色漆:
  - 1) 母线的螺栓连接及支持连接处、母线与电器的连接处及距所有连接处 10mm 以内的地方;
  - 2) 供携带式接地线连接用的接触面上, 不刷漆部分的长度应为母线的宽度或直径, 且不应小于 50mm, 并在其两侧涂以宽度为 10mm 的黑色标志带。

11.1.9 母线安装时,室内、室外配电装置安全净距应符合 GB 50149 的规定。

## 11.2 硬母线安装

11.2.1 母线应矫正平直, 切断面应平整。

11.2.2 相同布置的主母线、分支母线、引下线及设备连接线应对称一致, 横平竖直。

11.2.3 母线弯制时应符合下列规定:

- a) 母线开始弯曲处距最近绝缘子的母线支持夹板边缘不应大于母线两支持点间的距离的 0.25 倍, 但不得小于 50mm;
- b) 母线开始弯曲处距母线连接位置不应小于 50mm;
- c) 矩形母线应减少直角弯曲, 弯曲处不得有裂纹及显著的折皱;
- d) 多片母线的弯曲度应一致。

11.2.4 矩形母线采用螺栓固定搭接时, 连接处距支柱绝缘子的支持夹板边缘不应小于 50mm; 上片母线端头与下片母线平弯开始处的距离不应小于 50mm。

11.2.5 母线扭转 90° 时, 其扭转部分的长度应为母线宽度的 2.5 倍~5 倍。

11.2.6 母线接头螺孔的直径宜大于螺栓直径 1mm; 钻孔应垂直, 不歪斜, 螺孔间中心距离的误差应为  $\pm 0.5\text{mm}$ 。

11.2.7 母线的接触面加工应平整、无氧化膜时, 母线接触面不得用砂纸打磨, 经加工后其截面减少值: 铜母线不应超过原截面的 3%。

11.2.8 铝合金管母线的加工制作应符合下列要求:

- a) 切断的管口应平整, 且与轴线垂直; 坡口应用机械加工, 坡口应光滑、均匀、无毛刺;
- b) 对接焊口距母线支持器夹板边缘距离不应小于 50mm。

11.2.9 硬母线的连接应采用焊接、贯穿螺栓连接或夹板及夹持螺栓搭接; 管形和棒形母线应用专用线夹连接, 不得用内螺纹管接头或锡焊连接。

11.2.10 母线与母线或母线与电器接线端子的螺栓搭接面的安装, 应符合下列要求:

- a) 母线接触面加工后应保持清洁, 并涂以电力复合脂;
- b) 母线平置时, 贯穿螺栓应由下往上穿, 其余情况下, 螺母应置于维护侧, 螺栓长度宜露出螺母 2 扣~3 扣;

- c) 贯穿螺栓连接的母线两外侧均应有平垫圈，相邻螺栓垫圈间应有 3mm 以上的净距，螺母侧应装有弹簧垫圈或锁紧螺母；
- d) 螺栓受力应均匀，不应使电器的接线端子受到额外应力；
- e) 母线的接触面应连接紧密，连接螺栓应用力矩扳手紧固，其紧固力矩值当产品厂家无特殊要求时应符合表 11.2.10 规定。

表 11.2.10 钢制螺栓紧固力矩值

螺栓规格/mm	力矩值/Nm
M8	8.8~10.8
M10	17.7~22.6
M12	31.4~39.2
M14	51.0~60.8
M16	78.5~98.1
M18	98.0~127.4
M20	156.9~196.2
M24	274.6~343.2

11.2.11 母线与螺杆形接线端子连接时，母线的孔径不应大于螺杆形接线端子直径 1mm。丝扣的氧化膜应刷净，螺母接触面应平整，螺母与母线间应加铜质搪锡平垫圈，并应有锁紧螺母，但不得加弹簧垫片。

11.2.12 母线在支柱绝缘子上固定时应符合下列要求：

- a) 母线固定金具与支柱绝缘子间的固定应平整牢固，不应使其所支持的母线受到外应力；
- b) 交流母线的固定金具或其他支持金具不应构成闭合磁路；
- c) 除固定点外，当母线平置时，母线支持夹板的上部压板应与母线保持 1mm~1.5mm 的间隙；当母线立置时，上部压板应与母线保持 1.5mm~2mm 的间隙；
- d) 母线在固定绝缘子上的固定死点，每一段应设置一个，并应位于全长或两母线伸缩节中点；
- e) 母线固定装置应无棱角及毛刺。

11.2.13 多片矩形母线间隙应不小于母线厚度，相邻的间隔垫边缘间距离应大于 5mm。

11.2.14 母线伸缩节不得有裂纹、断股、折皱现象，其总截面不应小于母线截面的 1.2 倍。

11.2.15 插接母线槽的安装应符合下列要求：

- a) 水平悬挂敷设的固定点间距不宜大于 2m，吊架应有调整螺栓，每一段母线槽的吊架不应少于两个；
- b) 母线槽的端头应装封闭罩，引出线孔的盖子应完整；
- c) 段与段之间的连接接口不应设置在穿越墙体处；
- d) 母线槽垂直安装时，安装弹簧支承器应符合设计规定，当设计无规定时，每层楼安装一副；
- e) 各段母线槽的外壳的连接应是可拆的，外壳之间应有跨接线，并应接地可靠。

11.2.16 共箱封闭母线的安装应符合下列要求：

- a) 共箱母线吊挂安装时，固定距离不应大于 3m，支座应安装牢固平直，无变形偏斜现象，母线应按分段图、相序、编号、方向和标志正确放置；
- b) 各段母线的外壳之间应有跨接线，且应接地可靠；母线与设备的软连接线截面不应小于母线截面；母线的螺栓连接面应平整清洁，并涂有电力复合脂；

- c) 外壳伸缩节密封良好;
- d) 段与段连接时, 两相邻段母线及外壳应对准, 连接后不应使母线及外壳受到机械应力;
- e) 外壳的相间短路板应位置正确, 连接良好, 相间支撑板应安装牢固, 分段绝缘的外壳应作好绝缘措施。

#### 11.2.17 全连式离相封闭母线安装应符合下列规定:

- a) 封闭母线的各段标志及编号应清晰, 附件齐全, 外壳无变形, 内部无杂物;
- b) 母线外表面及外壳内表面涂无光泽黑漆, 外壳外表面涂浅色漆;
- c) 母线与外壳应同心, 其误差不大于 5mm;
- d) 母线焊接方式宜采用氩弧焊; 焊接前对口应平直, 中心线偏移不大于 0.5mm, 对接焊缝的上部应有 2mm~4mm 的加强高度; 与分支母线搭接焊时, 角焊缝的加强高度应为 4mm;
- e) 焊接应使用与母材一致的焊条, 焊缝表面无肉眼可见的裂纹、凹陷、未焊透、气孔、夹渣、毛刺等缺陷, 焊缝应有 2mm~4mm 的加强高度;
- f) 导体伸缩节无局部断裂, 外壳伸缩节密封良好;
- g) 各处密封磁套(盘式绝缘子)及橡胶密封垫圈外观应完好, 检查微正压装置运行应符合制造厂要求;
- h) 每相母线外壳之间应有跨接线, 分别在三相外壳首末端处短路并接地。

11.2.18 管形母线安装时应多点吊装, 不得伤及母线。母线终端应有防电晕装置, 其表面应光滑、无毛刺或凸凹不平。同相管段轴线应处于一个垂直面上, 三相母线管段轴线应互相平行。

11.2.19 母线焊接施工, 应符合 GB 50149 的规定。

### 11.3 软母线安装

11.3.1 软母线不得有扭结、松股、断股及其他明显的损伤或严重腐蚀等缺陷。

11.3.2 采用的金具产品技术文件应齐全, 并进行下列检查:

- a) 规格应相符, 零件配套齐全;
- b) 表面应光滑, 无裂纹、伤痕、砂眼、锈蚀、滑扣等缺陷, 镀锌层不应剥落;
- c) 线夹船形压板与导线接触面应光滑平整, 悬垂线夹的转动部分应灵活。

11.3.3 软母线与线夹连接应采用液压压接或螺栓连接。

11.3.4 软母线和组合导线在档距内不得有连接接头, 并应采用专用线夹在跳线上连接; 软母线经螺栓耐张线夹引至设备时不得切断, 应成为一个整体。

11.3.5 当软母线采用钢制各种螺栓型耐张线夹或悬垂线夹连接时, 应缠绕铝包带, 其缠向应与外层铝股的旋向一致, 两端露出线夹口不应超过 10mm, 且其端口应回到线夹内压住。

11.3.6 软导线和各种连接线夹连接时, 导线及线夹接触面均应清除氧化膜, 导电接触面应涂以电力复合脂。

11.3.7 母线弛度允许误差为 +5%~-2.5%, 同一档距内三相母线的弛度应一致, 相同布置的分支线, 应有同样的弯度和弛度。

11.3.8 线夹螺栓应均匀拧紧, 紧固 U 型螺丝时, 应使两端均衡, 不得歪斜; 螺栓长度除可调金具外, 宜露出螺母 2 扣~3 扣。

### 11.4 管型母线

11.4.1 管型母线及金具应符合下列规定:

- a) 铝合金管外观光滑、清洁、无裂纹、无划痕, 切割的管口应平整, 且与轴线垂直;
- b) 金具外观光滑、清洁、无损伤裂纹;
- c) 铝合金管弯曲度应按照 GB 50149 的规定检查。

11.4.2 管型母线焊接应符合下列规定:

- a) 所有规格的管母线均应做焊接试件, 焊工经氩弧焊考试合格;

- b) 焊缝要求一次连续施焊成形;
- c) 焊接应使用与母材一致的焊条, 焊缝表面无肉眼可见的裂纹、凹陷、缺肉、未焊透、气孔、夹渣等缺陷;
- d) 焊缝应有 2mm~4mm 的加强高度; 咬边深度不大于壁厚的 10%, 且不大于 1mm, 其总长度不得超过焊缝长度的 20%;
- e) 重要的导电部位或主要受力部位的对接接头射线检测应符合设计要求。

11.4.3 管型母线安装应符合下列规定:

- a) 母线与滑动式支持器轴座之间间隙应为 1mm~2mm;
- b) 母线终端防电晕装置表面应光滑, 无毛刺或凹凸不平;
- c) 三相母线管段轴线应互相平行, 均压环及屏蔽罩完整, 无变形, 且固定牢靠。

11.5 绝缘子与穿墙套管安装

11.5.1 绝缘子与穿墙套管安装前应进行检查, 瓷件、法兰应完整无裂纹, 胶合处填料完整, 结合牢固。

11.5.2 安装在同一平面或垂直面上的支柱绝缘子或穿墙套管的顶面, 应位于同一平面上, 母线直线段的支柱绝缘子的安装中心线应在同一直线上。

11.5.3 支柱绝缘子和穿墙套管安装时, 其底座或法兰盘不得埋入混凝土或抹灰层内, 支柱绝缘子叠装时, 中心线应一致, 固定应牢固, 紧固件应齐全。

11.5.4 绝缘子的底座、套管的法兰、保护网(罩)及母线支架等可接近裸露导体应接地或接零可靠。不得作为接地或接零的接续导体。

11.5.5 悬式绝缘子串的安装应符合下列要求:

- a) 除设计原因外, 悬式绝缘子串应与地面垂直, 当受条件限制不能满足要求时, 可有不超过 5° 的倾斜角;
- b) 多串绝缘子并联时, 每串所受的张力应均匀;
- c) 绝缘子串组合时, 联结金具的螺栓、销钉及锁紧销等应符合 GB 50149 的规定, 其穿向应一致, 耐张绝缘子串的碗口应向上, 绝缘子串的球头挂环、碗头挂板及锁紧销等应互相匹配; 使用 W 型锁紧销的耐张绝缘子串碗口应向上, 使用 R 型锁紧销的耐张绝缘子串碗口应向下;
- d) 弹簧销应有足够弹性, 闭口销应分开, 张开角度不应小于 90°, 并不得有折断或裂纹;
- e) 均压环、屏蔽环等保护金具应安装牢固, 位置应正确;
- f) 绝缘子串吊装前应擦拭干净, 导电接触面应除去氧化膜, 均匀涂抹电力复合脂。

11.5.6 穿墙套管的安装应符合下列要求:

- a) 安装穿墙套管的孔径比嵌入部分大 5mm 以上, 混凝土安装板的最大厚度不得超过 50mm;
- b) 额定电流在 1500A 及以上的穿墙套管直接固定在钢板上时, 套管周围不构成闭合磁路;
- c) 穿墙套管垂直安装时法兰向上, 水平安装时法兰在外;
- d) 600A 及以上母线穿墙套管端部的金属夹板采用非磁性材料, 金属夹板厚度不小于 3mm, 当母线为两片及以上时, 母线本身间应予固定;
- e) 套管接地端子及不用的电压抽取端子应可靠接地。

11.5.7 支柱绝缘子的安装应符合下列要求:

- a) 母线直线段内各支柱绝缘子中心线误差不大于 2mm, 叠装支柱绝缘子垂直误差不大于 2mm, 纯瓷绝缘子与金属接触面间缓冲垫圈厚度不小于 1.5mm;
- b) 绝缘子接地线排列方向一致, 与接地网连接牢固, 导通良好。

12 低压电器安装

12.1 一般规定



### 12.1.1 低压电器安装前的检查应符合下列规定：

- a) 设备铭牌、型号、规格应与被控制线路或设计文件相符；
- b) 外壳、漆层、手柄应无损伤或变形；
- c) 内部仪表及配件应无裂纹或损伤，螺丝应拧紧；
- d) 具有主触头的低压电器，触头的接触应紧密，接触两侧的压力应均匀。

12.1.2 低压电器的安装高度应符合设计规定；设计无规定时，落地安装的低压电器，其底部宜高出地面 50mm~100mm；操作手柄转轴中心与地面的距离，宜为 1200mm~1500mm；侧面操作的手柄与建筑物或设备的距离，不宜小于 200mm。

12.1.3 低压电器的紧固件应采用镀锌制品，螺栓规格应选配适当，电器的固定应牢固。

12.1.4 成排或集中安装的低压电器应排列整齐。

12.1.5 电器的外部接线，应符合下列要求：

- a) 接线应按设备端头标志进行；
- b) 接线应排列整齐、清晰、美观，导线绝缘应良好无损伤；
- c) 电源侧进线应接在进线端，即固定触头接线端；负荷侧出线应接在出线端；
- d) 电器的接线应采用铜质或有电镀金属防锈层的螺栓和螺钉，连接时应拧紧，且应有防松装置。

### 12.2 低压断路器安装

12.2.1 低压断路器的安装，应符合下列规定：

- a) 安装时，低压断路器倾斜度不大于 5°；
- b) 与熔断器配合使用时，熔断器安装在电源侧；
- c) 操作机构的操作手柄或传动杠杆的开、合位置正确；电动操作机构在合闸过程中，开关不应跳跃；开关合闸后，限制电动机或电磁铁通电时间的连锁装置应及时动作，开关辅助接点动作正确可靠，接触良好；抽屉式断路器的工作、试验、隔离三个位置的定位明显可靠，空载时进行抽、拉数次应无卡阻，机械连锁可靠。

12.2.2 低压断路器的接线应符合下列规定：

- a) 裸露在箱体外部且易触及的导线端子，应加绝缘保护；
- b) 有电子脱扣装置的低压电器，其接线应符合相序要求，脱扣装置的动作应可靠。

### 12.3 低压隔离开关、负荷开关

12.3.1 隔离开关与刀开关的安装应符合下列规定：

- a) 开关应垂直安装，可动触头与固定触头的接触良好；安装杠杆操作机构时，应调节杠杆长度，使操作到位且灵活；开关辅助接点指示应正确；
- b) 开关的动触头与两侧压板距离应调整均匀，合闸后接触面应压紧，刀片与静触头中心线应在同一平面，且刀片不应摆动。

12.3.2 带熔断器或灭弧装置的负荷开关接线完毕后，检查熔断器应无损伤，灭弧栅应完好，且固定可靠；电弧通道应畅通，灭弧触头各相分闸应一致。

### 12.4 漏电保护器安装

12.4.1 漏电保护器的安装时应按其产品标志进行电源侧和负荷侧接线。

12.4.2 电流型漏电保护器安装后，除应检查接线无误外，还应通过试验按钮检查其动作性能，应满足要求。

### 12.5 低压接触器及起动机安装

12.5.1 低压接触器及起动机安装前的检查应符合下列要求：

- a) 衔铁表面及接触面清洁、平整。可动部分灵活无卡阻；
- b) 触头的接触紧密，固定主触头的触头杆固定可靠；
- c) 电磁起动机热元件的规格应与电动机的保护特性相匹配；并按用户要求进行定值校验；

- d) 当带有常闭触头的接触器与磁力起动器闭合时,应先断开常闭触头,后接通主触头;当断开时应先断开主触头,后接通常闭触头;且三相主触头的动作应一致,其动作误差应符合产品质量技术文件的要求。

12.5.2 低压接触器及起动器安装完毕后应进行下列检查:

- a) 接线应正确;
- b) 在主触头不带电的情况下,起动线圈间断通电,主触头动作正常,衔铁吸合后应无异常响声。

12.5.3 可逆起动器或接触器,电气联锁装置和机械联锁装置的动作均应正确、可靠。

12.5.4 Y- $\Delta$ 起动器的接线应正确;自动转换的起动器应按电动机负荷要求正确调节延时装置。

12.5.5 自耦降压起动器应垂直安装,降压抽头在65%~80%额定电压下,应按负荷要求进行调整;起动时间不得超过自耦减压起动器允许的起动时间。

12.5.6 接触器或起动器均应进行通断检查,并检查其起动值是否符合要求。

12.6 控制器安装

12.6.1 控制器的安装应符合下列要求:

- a) 控制器应安装在便于观察和操作的位置上;操作手柄或手轮的安装高度,宜为800mm~1200mm;
- b) 控制器操作应灵活;挡位应明显准确;操作手柄或手轮的动作方向,应与机械装置的动作方向一致;操作手柄或手轮在各个不同位置时,其触头的分合顺序均应符合控制器的开合图表的要求,通电后应按相应的凸轮控制器件的位置检查电动机,并应运行正常;
- c) 控制器触头压力应均匀;触头超行程不应小于产品技术文件的规定。

12.6.2 按钮的安装应符合下列要求:

- a) 按钮之间的距离宜为50mm~80mm,按钮箱之间的距离宜为50mm~100mm;当倾斜安装时,其与水平的倾角不宜小于30°;
- b) 按钮操作应灵活、可靠、无卡阻;
- c) 集中在一起安装的按钮应有编号或不同的识别标志,“紧急”按钮应有明显标志,并设保护罩。

12.7 熔断器安装

12.7.1 熔断器及熔体的容量,应符合设计要求,并核对所保护电气设备的容量应与熔体容量相匹配。

12.7.2 熔断器安装位置及相互间距离,应便于更换熔体。

12.7.3 有熔断指示器的熔断器,其指示器应装在便于观察的一侧。

12.7.4 瓷质熔断器在金属底版上安装时,其底座应垫软绝缘衬垫。

12.7.5 安装具有几种规格的熔断器,应在底座旁标明规格。

12.7.6 有触及带电部分危险的熔断器,电源线应按标志进行接线。

12.7.7 带有接线标志的熔断器,电源线应按标志进行接线。

12.7.8 螺旋式熔断器的安装,其底座不得松动,电源应接在熔芯引出的端子上。

13 电气试验

13.1 一般规定

13.1.1 当采用额定电压较高的电气设备作为加强绝缘时,按设备的额定电压进行试验。在安装工作完成后交接试验时,按额定运行电压进行试验。

13.1.2 成套电气设备中,同一电压等级的电气设备在单独进行绝缘试验有困难时,可连在一起进行试验,试验时,采用连接设备中最低试验标准。

13.1.3 测量绝缘电阻采用兆欧表的电压等级及量程,按下列标准执行:

- a) 100V以下的电气设备或回路:使用250V、量程50M $\Omega$ 及以上兆欧表;
- b) 100V~500V的电气设备或回路:使用500V、量程100M $\Omega$ 及以上兆欧表;

- c) 500V~3000V 的电气设备或回路：使用 1000V、量程 2000MΩ 及以上兆欧表；
- d) 3000V~10000V 的电气设备或回路：使用 2500V、量程 10000MΩ 及以上兆欧表；
- e) 10000V 以上的电气设备或回路：使用 2500V 或 5000V、量程 10000MΩ 及以上兆欧表。

#### 13.1.4 试验条件：

- a) 试验仪器、设备应保持在完好状态，计量器具经检定合格并在规定检定周期内；
- b) 试验环境温度不宜低于 5℃，相对湿度不大于 80%；
- c) 高压试验时，在试验区域内不得有造成其他人员受伤害的危险因素。试验区域内应无交叉施工、无振动、无强电场、无强电磁场干扰等妨碍试验工作的因素；
- d) 在整个试验过程中，试验电压应保持稳定。测量仪器的准确度等级不低于被测设备的准确度；
- e) 交流耐压试验电压值达到 75% 试验电压时，应以不大于 2% 试验电压/秒的速率升压。试验时，频率在 45Hz~65Hz 的交流电压为工频试验。试验电压达到 100% 时，如无特殊说明，试验电压值持续时间为 1min。如被试品未发生破坏性放电等，则认为通过试验；
- f) 被试电气设备进行绝缘试验前，应核对出厂时的试验技术标准及试验数据，确认加载的试验值符合被试设备绝缘的安全性。

### 13.2 电力变压器试验

13.2.1 进行器身检查时，油浸式变压器应测量与铁芯绝缘的各紧固件（连接片可拆开者）及铁芯（有外引接地线）绝缘电阻，应符合下列规定：

- a) 测量可接触到的穿芯螺栓、轭铁夹件及绑扎钢带对铁轭、铁芯及绕组压环绝缘电阻。当轭铁梁及穿芯螺栓一端与铁芯连接时，应将连接片断开进行试验；
- b) 铁芯必须一点接地；应在注油前测量铁芯有专用套管将接地线引出套管对外壳的绝缘电阻；
- c) 变压器所有安装工作结束后，应测量铁芯和夹件（有外引接地线）的绝缘电阻；
- d) 采用 2500V 兆欧表测量绝缘电阻，持续时间 1min，应无闪络及击穿现象。

13.2.2 绝缘油试验，应符合下列规定：

- a) 对于带油运输的变压器应对变压器本体油、补充油在现场取样作电气强度试验。制造厂应提供变压器本体油、补充油的试验报告；
- b) 35kV 及以上变压器绝缘油应做介质损耗试验；
- c) 当绝缘油需要进行混合时，在混合前，应按混合油的实际使用比例取混合油样进行分析。混合油应进行简化分析试验。如对绝缘油性能有怀疑时，应做绝缘油的全分析试验；
- d) 绝缘油试验标准见“13.15 绝缘油试验”。

13.2.3 使用六氟化硫(SF<sub>6</sub>)气体绝缘的变压器，六氟化硫(SF<sub>6</sub>)气体含水量一般不大于 25μL/L。变压器应无明显泄漏点。

13.2.4 测量绕组连同套管的直流电阻，应符合下列规定：

- a) 应在变压器各分接头所有位置上进行测量；
- b) 对 1600kVA 及以下三相变压器，各相测得值的相互差值应小于平均值的 4%，线间测得值的相互差值应小于平均值的 2%；1600kVA 以上的三相变压器，各相测得值的相互差值应小于平均值的 2%，线间测得值的相互差值应小于平均值的 1%；三相电阻不平衡率计算：

$$\text{不平衡率} = \frac{\text{三相实测最大值} - \text{三相实测最小值}}{\text{三相实测算术平均值}} \times 100\% \quad \dots\dots (13.2.4-1)$$

- c) 变压器直流电阻，与同温下产品出厂实测数值比较，相应变化不应大于 2%；将不同温度下的绕组直流电阻温度换算到同一温度进行比较时，按下述公式换算：

$$R_2 = R_1 \frac{T + t_2}{T + t_1} \quad \dots\dots (13.2.4-2)$$

式中：

$R_2$ ——换算至温度为  $t_2$  时的电阻;

$R_1$ ——温度为  $t_1$  时所测得的电阻;

$T$ ——温度换算系数, 铜线为 235, 铝线为 225;

d) 由于变压器结构等原因, 差值超过本条 b) 项时, 可按本条 c) 项进行比较。

13.2.5 检查所有分接头变压比, 与制造厂出厂试验数据相比, 应无明显差别, 且符合变比规律。额定分接变压比允许偏差为  $\pm 0.5\%$ , 其他分接的偏差一般应在变压器阻抗值 (%) 1/10 以内, 但不应超过  $\pm 1\%$ 。

13.2.6 检查三相变压器的接线组别和单相变压器引出线极性, 应与变压器铭牌上标记相符。

13.2.7 测量绕组连同套管的绝缘电阻、吸收比, 应符合下列规定:

a) 绝缘电阻值不应低于出厂试验值的 70%;

b) 当被测量变压器顶层油温与产品出厂试验时温度不符合时, 可按表 13.2.7 换算到同一温度时的数值进行比较:

表 13.2.7 温度换算表

温度差 $K$	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
换算系数 $A$	1.2	1.5	1.8	2.3	2.8	3.4	4.1	5.1	6.2	7.5	9.2	11.2

注: 表中  $K$  为实测温度减去 20℃ 的绝对值。

校正到 20℃ 时的绝缘电阻值可用下述公式计算:

当实测温度为 20℃ 以上时:

$$R_{20} = R_t \cdot A \quad \dots\dots\dots (13.2.7-1)$$

当实测温度为 20℃ 以下时:

$$R_{20} = R_t / A \quad \dots\dots\dots (13.2.7-2)$$

c) 变压器电压等级为 35kV 以上且容量在 4000kVA 及以上时, 测量绝缘电阻和吸收比 ( $R_{60s}/R_{15s}$ ), 测量吸收比的测试仪器量程应满足测试要求。吸收比与产品出厂值相比, 应无明显差别, 在常温下不应低于 1.3。当  $R_{60s}$  大于 3000MΩ 时, 吸收比可不作考核要求。温度在 10℃~30℃ 范围内测量较大容量变压器的吸收比低于 1.3 时, 可测量变压器的极化指数, 极化指数不应低于 1.5。如变压器绝缘电阻大于 10000MΩ, 极化指数可不作考核要求。吸收比和极化指数不做温度换算。

13.2.8 测量绕组连同套管的介质损耗角正切值  $\tan\delta$ , 应符合下列规定:

a) 变压器电压等级在 35kV 及以上, 且容量在 8000kVA 及以上油浸式变压器, 应测量介质损耗角正切值  $\tan\delta$ ;

b) 试验电压不超过绕组的额定电压, 对额定电压为 10kV 及以上的变压器绕组, 试验电压为 10kV;

c) 变压器被测绕组的  $\tan\delta$  值, 不应大于出厂值的 130%。110kV 变压器及 220kV 变压器被测绕组  $\tan\delta$  值, 不应大于 0.8%。35kV 变压器被测绕组  $\tan\delta$  值不应大于 1.5%;

d) 当被测量变压器的顶层油温与产品出厂试验时温度不符合时, 按表 13.2.8 换算到同一温度时的数值进行比较。

表 13.2.8 温度换算表

温度差 $K$	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
换算系数 $A$	1.15	1.3	1.5	1.7	1.9	2.2	2.5	2.9	3.3	3.7

注: 表中  $K$  为实测温度减去 20℃ 的绝对值。

## 13.2.9 测量绕组连同套管的直流泄漏电流,应符合下列规定:

- a) 变压器电压等级在 35kV 及以上且容量在 8000kVA 及以上油浸式变压器,应测量直流泄漏电流;
- b) 当施加试验电压时间达 1min 时,泄漏电流不应超过表 13.2.9 规定;
- c) 分级绝缘变压器按被试绕组相应的电压等级标准施加试验电压。

表 13.2.9 绕组泄漏电流值

额定电压 kV	试验电压峰值 kV	在下列温度时绕组泄漏电流值 / $\mu\text{A}$							
		10 $^{\circ}\text{C}$	20 $^{\circ}\text{C}$	30 $^{\circ}\text{C}$	40 $^{\circ}\text{C}$	50 $^{\circ}\text{C}$	60 $^{\circ}\text{C}$	70 $^{\circ}\text{C}$	80 $^{\circ}\text{C}$
6~10	10	22	33	50	77	112	166	250	356
20~35	20	33	50	74	111	167	250	400	570
63~220	40	33	50	74	111	167	250	400	570

## 13.2.10 工频交流耐压试验,应符合下列规定:

- a) 安装非纯瓷套管油浸式电力变压器进行交流耐压试验时,非纯瓷套管经试验合格并已安装完,套管试验见“13.10 套管试验”。绝缘油试验项目的试验应合格。新补充绝缘油的变压器如无制造厂规定:110kV 及以下变压器静置时间大于 24h,220kV 变压器静置时间大于 48h 方可进行工频交流耐压试验;
- b) 六氟化硫气体绝缘变压器进行绝缘试验时,六氟化硫气体应符合质量标准。六氟化硫气体质量标准见“13.16 六氟化硫气体试验”;
- c) 油浸式变压器的气体继电器,穿缆套管或有放气螺丝的套管、套管升高座等各专用放气孔在试验前应充分放气;
- d) 被试变压器的外壳和非被试绕组可靠接地;
- e) 分级绝缘变压器按相应的电压等级进行交流耐压试验;
- f) 交流耐压试验采用外施工频试验电压的方法,也可采用感应电压试验方法;
- g) 外施交流电压试验电压的频率应为 45Hz~65Hz,试验电压下持续时间为 1min。试验电压值为测量电压的峰值除以  $\sqrt{2}$ ,应在高压端测量电压;
- h) 感应电压的试验电压频率等于或小于 2 倍额定频率时,全电压试验时间为 1min;当试验电压频率大于 2 倍额定频率时,全电压试验时间为:

$$120 \times \frac{\text{额定频率}}{\text{试验频率}} \text{ (s)}, \text{但不少于 } 15\text{s} \quad \dots\dots\dots (13.2.10)$$

- i) 交流工频耐压试验电压值见表 13.2.10-1、表 13.2.10-2。

表 13.2.10-1 交流工频耐压试验电压值

额定电压/kV		$\leq 1$	3	6	10	15	20	35	66	110	220
试验电压值/kV	油浸式变压器	—	14	20	28	36	44	68	112	160	316
	干式变压器	2.5	8.5	17	24	32	43	60	—	—	—

表 13.2.10-2 电力变压器中性点交流耐压试验电压值

额定电压/kV	设备最高电压/kV	中性点接地方式	出厂交流耐压/kV	交接交流耐压/kV
110	126	不直接接地	95	76
220	252	直接接地	85	68
		不直接接地	200	160

13.2.11 电压等级 220kV 的变压器，必须进行现场局部放电试验。局部放电试验方法及判断方法，见 GB 50150 附录 C。

13.2.12 油中溶解气体的气相色谱分析，应符合下列规定：

- 额定电压 66kV 及以上油浸式电力变压器在冲击合闸前、额定电压下运行 24h 后，各进行一次变压器器身内绝缘油的油中溶解气体色谱分析。各次测得的氢、乙炔、总烃含量，应无明显差别；
- 变压器油中任意一项溶解气体的含量标准见“13.15 绝缘油试验”。

13.2.13 有载调压切换装置的检查 and 试验，应符合下列规定：

- 变压器带电前应进行有载调压切换装置切换过程试验，检查切换开关切换触头的全部动作顺序，测量过渡电阻阻值和切换时间。测得过渡电阻阻值、三相同步偏差、切换时间的数值、正反向切换时间偏差均符合制造厂技术要求。由于变压器结构及接线原因无法测量的，不进行该项试验；
- 在变压器无电压下，手动操作不少于 2 个循环、电动操作不少于 5 个循环。电动操作时，电源电压为额定电压的 85% 及以上。操作无卡涩、连动程序，电气和机械限位正常；
- 循环操作后进行绕组连同套管在所有分接下测量直流电阻和电压比，试验结果应符合本规程 13.2.4 条、13.2.5 条的要求；
- 在变压器带电条件下进行有载调压开关电动操作，动作应正常。操作过程中，各侧电压应在系统电压允许范围内；
- 绝缘油注入切换开关油箱前，其电气强度应符合“13.15 绝缘油试验”规定。

13.2.14 冲击合闸试验，应符合下列规定：

- 在额定电压下对变压器进行冲击合闸试验，应进行 5 次，第一次受电后持续时间不应少于 10min，以后每次间隔 5min，应无异常现象。冲击合闸试验宜在变压器高压侧进行；
- 对中性点接地的电力系统，冲击试验时变压器的中性点必须接地；
- 发电机变压器组中间连接无操作断开点的变压器，可不进行冲击合闸试验；
- 无电流差动保护的干式变压器冲击 3 次。

13.2.15 检查变压器的相位应与电网相位一致。

### 13.3 交流电动机试验

13.3.1 测量绕组的绝缘电阻和吸收比，应符合下列规定：

- 额定电压为 1kV 以下电动机在常温下的绝缘电阻值不应低于 0.5MΩ。额定电压为 1kV 及以上，按表 13.3.1 换算到运行温度时的绝缘电阻值：定子绕组不低于 1MΩ/kV，转子绕组不应低于 0.5MΩ/kV；

表 13.3.1 电动机定子绕组绝缘电阻换算至运行温度的换算系数

定子绕组温度 / °C		70	60	50	40	30	20	10	5
换算系数 K	热塑性绝缘	1.4	2.8	5.7	11.3	22.6	45.3	90.5	128
	B 级热固性绝缘	4.1	6.6	10.5	16.8	26.8	43	68.7	87

注：本表的运行温度，对于热塑性绝缘为 75℃，对于 B 级热固性绝缘为 100℃。

- b) 额定电压 1kV 及以上的电动机应测量吸收比, 吸收比不应低于 1.2。中性点可拆开的应分相测量。

### 13.3.2 测量绕组的直流电阻, 应符合下述规定:

额定电压 1kV 及以上或额定功率 100kW 及以上的电动机, 各相绕组直流电阻值相互差别不应超过其最小值的 2%, 中性点未引出的电动机可测量线间直流电阻, 其相互差别不应超过最小值的 1%。测量时, 应记录环境温度, 以便与出厂试验值相比较。按下列公式计算:

$$\frac{\text{三相实测最大值} - \text{三相实测最小值}}{\text{三相实测最小值}} \times 100\% \dots\dots\dots (13.3.2)$$

### 13.3.3 定子绕组直流耐压试验和泄漏电流测量, 应符合下列规定:

- 电动机额定电压 1kV 及以上且额定功率 1000kW 及以上, 中性点连线已引至接线端子板。中性点连线未引出不进行此项试验;
- 拆除电动机中性点连线, 电动机各相出线间距能满足试验电压要求;
- 直流耐压试验须分相进行, 试验电压为定子绕组额定电压的 3 倍。试验电压按每级 0.5 倍额定电压分阶段升高, 每阶段停留 1min, 并记录泄漏电流, 泄漏电流不应随时间而增大;
- 在规定电压下, 各相泄漏电流值不应大于最小值的 100%; 当最大泄漏电流在 20 $\mu$ A 以下时, 各相间应无明显差别。

### 13.3.4 交流耐压试验, 应符合下列规定:

- 当电动机定子绕组绝缘电阻大于 1M $\Omega$ /kV, 吸收比大于 1.2 时, 定子绕组可进行交流耐压试验。可以分相试验的定子绕组应分相试验, 非试相应短接后接地。同步电动机定子绕组交流耐压试验时, 应将转子绕组短接后接地;
- 定子绕组的交流耐压试验电压值见表 13.3.4-1:

表 13.3.4-1 交流耐压试验电压值

电动机额定电压 / kV	3	6	10
试验电压 / kV	5	10	16

- 绕线式电动机转子绕组交流耐压试验电压见表 13.3.4-2:

表 13.3.4-2 绕线式电动机转子绕组交流耐压试验电压值

转子工况	不可逆的	可逆的
试验电压 / V	1.5U <sub>k</sub> +750	3.0U <sub>k</sub> +750

注: U<sub>k</sub> 为转子静止时, 在定子绕组上施加额定电压, 转子绕组开路时测得的电压。

- 低压电动机可用 2500V 兆欧表测量绝缘电阻代替交流耐压试验;
- 同步电动机转子绕组交流耐压试验电压值为额定励磁电压的 7.5 倍, 且不应低于 1200V, 但不应高于出厂试验电压值的 75%;
- 测试无刷励磁同步电动机旋转整流器 (整流环)、转子绕组绝缘特性时, 测试方法应符合产品技术文件要求。

### 13.3.5 其他特性试验, 应符合下列规定:

- 无刷励磁同步电动机的交流励磁发电机测试方法, 应按制造厂技术文件要求进行;
- 当可变电阻器、起动电阻器、灭磁电阻器的绝缘电阻与回路一起测量时, 绝缘电阻值不应低于 0.5M $\Omega$ ;

- c) 测量可变电抗器、起动电抗器、灭磁电抗器直流电阻值，与产品出厂数值比较，其差值不应超过 10%；调节过程中应接触良好，无开路现象，电阻值变化应有规律；
  - d) 测量电动机轴承的绝缘电阻，当有油管路连接时，应在油管安装后采用 1000V 兆欧表测量，绝缘电阻不应低于 0.5M $\Omega$ ；
  - e) 检查定子绕组的极性及其连接应正确。中性点未引出者可不检查极性。
- 13.3.6 电动机空载试运，应符合下列规定：
- a) 经工频耐压试验合格的电动机，定子绕组连同电力电缆绝缘电阻不低于 1M $\Omega$ /kV，绕线电动机转子绕组绝缘电阻不低于 0.5M $\Omega$ /kV；
  - b) 电动机空载运行时间宜为 2h。空载运行时应记录空载电流。检查前、后轴承及定子绕组等各部温度，不应超过制造厂的技术要求；
  - c) 当电动机与其机械部分连接不易拆开时，应与机械专业协调，将电动机与机械连在一起进行空载试验。试验前，首先检查电动机转向应符合被拖动机械设备的要求。
- 13.4 电抗器及消弧线圈试验
- 13.4.1 测量绕组连同套管的绝缘电阻、吸收比或极化指数，应符合本规程 13.2.7 条规定。
- 13.4.2 测量绕组连同套管的直流电阻，应符合下列规定：
- a) 测量应在各分接头所有位置上进行；
  - b) 实测值与出厂值变化规律应一致；
  - c) 三相电抗器绕组直流电阻相间差值不应大于三相平均值的 2%；不平衡率按本规程公式 (13.2.4-1) 计算；
  - d) 直流电阻与相同温度下的产品出厂值相比较，相应变化不应大于 2%；
  - e) 如直流电阻相间差在出厂时已超过规定，制造厂说明了产生这种偏差的原因，可与相同温度下的产品出厂值比较，相应变化不应大于 2%。
- 13.4.3 测量绕组连同套管介质损耗角正切值  $\tan\delta$ ，应符合本规程 13.2.8 条规定。
- 13.4.4 测量绕组连同套管的直流泄漏电流，应符合本规程 13.2.9 条规定。
- 13.4.5 绕组连同套管的交流耐压试验，应符合下列规定：
- a) 额定电压在 110kV 以下的消弧线圈、干式电抗器应进行交流耐压试验，试验电压应符合本规程表 13.2.10-1 规定；
  - b) 对分级绝缘线圈耐压试验电压标准，应按接地端或其末端绝缘电压等级进行。
- 13.4.6 测量与铁芯绝缘各紧固件的绝缘电阻，应符合本规程 13.2.1 条规定。
- 13.4.7 非纯瓷套管试验应符合本规程“13.10 套管试验”的规定。
- 13.4.8 在额定电压下，对变电所及线路的并联电抗器连同线路的冲击合闸试验，应进行 5 次，每次间隔时间为 5min，应无异常现象。
- 13.5 互感器试验
- 13.5.1 测量互感器的绝缘电阻，应符合下列规定：
- a) 测量一次绕组对二次绕组及外壳、各二次绕组间及其对外壳的绝缘电阻。测量时非被试绕组、外壳应接地。互感器的绝缘电阻值不宜低于 1000M $\Omega$ ；
  - b) 测量电流互感器一次绕组段间的绝缘电阻，绝缘电阻值不宜低于 1000M $\Omega$ ，但由于结构原因无法测量时可不进行；
  - c) 测量电容式电流互感器的末屏及电压互感器接地端 (N) 对外壳 (地) 的绝缘电阻值不宜小于 1000M $\Omega$ 。若末屏对地绝缘电阻小于 1000M $\Omega$ 时，应测量其介质损失角  $\tan\delta$ ；
  - d) 测量绝缘电阻应使用 2500V 兆欧表。



13.5.2 测量电压等级 35kV 及以上油浸式互感器的介质损耗角正切值  $\tan\delta$ ，应符合下列规定：

- a) 互感器绕组  $\tan\delta$  测量电压为 10kV， $\tan\delta$  不应大于表 13.5.2 中数据。当对绝缘性能有怀疑时，可采用高压法进行试验，在  $(0.5\sim 1)U_m\sqrt{3}$  范围内进行， $\tan\delta$  变化量不应大于 0.2%，电容变化量不应大于 0.5%；
- b) 互感器末屏  $\tan\delta$  测量电压为 2kV；

注 1：环氧树脂绝缘结构互感器不适用。

注 2： $U_m$  为设备最高电压（有效值）。

表 13.5.2 介质损耗角正切值  $\tan\delta$  (%) 限值

种 类	额定电压		
	20kV~35kV	66kV~110kV	220kV
油浸式电流互感器	2.5	0.8	0.6
充硅脂及其他干式电流互感器	0.5	0.5	0.5
油浸式电压互感器绕组	3		2.5
串级式电压互感器支架	—		6
油浸式电流互感器末屏	—		2

13.5.3 互感器局部放电测量，应符合下列规定：

- a) 局部放电测量宜与交流耐压试验同时进行；
- b) 电压等级为 35kV~110kV 互感器的局部放电测量可按 10% 进行抽测，若局部放电量达不到规定要求应增大抽测比例；
- c) 局部放电测量时，应在高压侧（包括电压互感器感应电压）监测施加的一次电压；
- d) 局部放电测量的测量电压及视在放电量，应满足表 13.5.3 中规定；
- e) 电压等级 220kV 及以上互感器在绝缘性能有怀疑时宜进行局部放电测量。

表 13.5.3 允许的视在放电量水平

种 类	测量电压 kV	允许的视在放电量水平 / pC		
		环氧树脂及其他干式	油浸式和气体式	
电流互感器	$1.2U_m/\sqrt{3}$	50	20	
	$1.2U_m$ (必要时)	100	50	
电 压 互 感 器	$\geq 66\text{kV}$	$1.2U_m/\sqrt{3}$	50	
		$1.2U_m$ (必要时)	100	
	35kV	全绝缘结构	$1.2U_m$	100
			$1.2U_m/\sqrt{3}$	50
		半绝缘结构	$1.2U_m/\sqrt{3}$	50
			$1.2U_m$ (必要时)	100

13.5.4 互感器交流耐压试验，应符合下列规定：

- a) 应按出厂试验电压的 80% 进行；
- b) 电磁式电压互感器（包括电容式电压互感器的电磁单元）在遇到铁芯磁密较高的情况下，宜按下列规定进行感应耐压试验：
  - 1) 感应耐压试验电压应为出厂试验电压的 80%；
  - 2) 试验电源频率和试验持续时间参照本规程 13.2.10 条 f) ~h) 项的规定执行；
  - 3) 感应耐压试验前后，各一次额定电压时的空载电流测量，两次测得值相比不应有明显差别；

- 4) 电压等级在 66kV 及以上油浸式互感器, 感应耐压试验前后, 应各进行一次绝缘油的色谱分析, 两次测得值相比不应有明显差别;
- 5) 感应耐压试验时, 应在高压端测量电压值;
- 6) 对电容式电压互感器的中间电压变压器进行感应耐压试验时, 应将分压电容拆开。由于产品结构原因现场无条件拆开时, 可不进行感应耐压试验;
- c) 220kV 六氟化硫 (SF<sub>6</sub>) 气体绝缘互感器宜在安装完毕的情况下进行交流耐压试验;
- d) 二次绕组之间及其对外壳的工频耐压试验电压应为 2kV;
- e) 电压等级 110kV 及以上的电流互感器末屏及电压互感器接地端 (N) 对地的工频耐压试验电压为 3kV。

### 13.5.5 互感器工频耐压试验电压值见表 13.5.5:

表 13.5.5 互感器工频耐压试验电压值

额定电压 / kV		3	6	10	35	66	110	220
试验电压 kV	电压互感器	20 (14)	24 (18)	33 (22)	76 (64)	112 / 148	160 / 184	316 / 368
	电流互感器	20	24	33	76	112 / 148	160 / 184	316 / 368

注 1: 括号内的数据为全绝缘电压互感器匝间绝缘水平。  
注 2: 斜杠上下为不同绝缘水平取值, 以出厂 (铭牌) 值为准。

### 13.5.6 对绝缘性能有怀疑的互感器, 应检测绝缘介质性能, 并应符合下列规定:

- a) 绝缘油的性能符合本规程“13.15 绝缘油试验”的要求;
- b) 六氟化硫气体 (SF<sub>6</sub>) 符合如下要求: SF<sub>6</sub> 气体充入设备 24h 后取样, SF<sub>6</sub> 气体水分含量不得大于 250 $\mu$ L/L (20 $^{\circ}$ C 体积分数);
- c) 电压等级在 66kV 以上油浸式互感器, 应进行油中溶解气体色谱分析。油中溶解气体组分含量不宜超过下列任一值, 总烃: 10, H<sub>2</sub>: 50, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>: 0。

### 13.5.7 绕组直流电阻测量, 应符合下列规定:

- a) 电压互感器: 一次绕组测量值与换算到同一温度下出厂值比较, 相差不宜大于 10%。二次绕组测量值与换算到同一温度下出厂值比较, 相差不宜大于 15%;
- b) 电流互感器: 同型号、同规格、同批次电流互感器一、二次绕组的直流电阻值和平均值的差异不宜大于 10%。当有怀疑时, 应提高施加的测量电流, 测量电流 (直流值) 不宜超过额定电流 (方均根值) 的 50%。

### 13.5.8 检查互感器的接线组别和引出线的极性, 必须符合设计要求, 应与铭牌和标志相符。

### 13.5.9 互感器误差试验

- a) 用于关口计量, 必须对互感器进行误差测量, 在额定负载下, 应符合铭牌所标明的准确度;
- b) 用于非关口计量, 35kV 及以上互感器宜进行误差测量, 在额定负载下, 应符合铭牌所标明的准确度;
- c) 用于非关口计量, 35kV 及以下互感器进行变比检查;
- d) 非计量用绕组应进行变比检查。

### 13.5.10 当继电保护装置对电流互感器的励磁特性曲线有要求时, 应进行励磁特性曲线试验。对多抽头电流互感器, 可只检查使用分接头的变比。

### 13.5.11 电磁式电压互感器励磁特性曲线测量, 应符合下列要求:

- a) 用于励磁曲线测量的仪表为方均根值表;
- b) 励磁曲线测量点为额定电压的 20%、50%、80%、100% 和 120%。对于中性点直接接地的电压互感器 (N 端接地), 电压等级 35kV 及以下电压互感器最高测量点为 190%; 电压等级 66kV 及以上最高测量点 150%;

c) 对于额定电压测量点(100%),励磁电流不宜大于其出厂试验报告和型式试验报告测量值的30%,同批次、同型号、同规格电压互感器此点的励磁电流不宜相差30%。

#### 13.5.12 电容式电压互感器(CVT)检测,应符合下列规定:

- 电容分压器的电容量与出厂值比较不超过-5%或10%,介质损耗角 $\tan\delta$ 不应大于0.5%。条件允许时,可测量单节电容器在10kV至额定电压范围内,电容量的变化大于1%时为不合格;
- 电磁单元因结构原因不能将中压连线引出时,必须进行误差试验,误差试验应在电网额定频率下进行。对电容分压器的绝缘有怀疑时,应打开电磁单元引出中压连线进行额定电压下的介质损耗角 $\tan\delta$ 的测量;
- 误差试验应在支架(柱)上进行;
- 如果电磁单元结构允许,电磁单元检查包括中间变压器的励磁曲线测量、补偿电抗器感抗测量、阻尼器和限幅器的性能检查,交流耐压试验参照电磁式电压互感器,施加电压按出厂试验的80%执行。

#### 13.5.13 密封性能检查,应符合下列规定:

- 油浸式互感器外表应无可见油渍现象;
- SF<sub>6</sub>气体绝缘互感器定性检漏无泄漏点,定量检漏时,年泄漏率应小于1%。

#### 13.5.14 检查气体密度继电器及压力动作阀的动作值,应符合产品技术文件的规定。

### 13.6 真空断路器试验

#### 13.6.1 测量绝缘拉杆的绝缘电阻值,不应低于表13.6.1中数值:

表 13.6.1 测量绝缘拉杆的绝缘电阻值

额定电压/kV	3~15	20~35	63~220
绝缘电阻值/MΩ	1200	3000	6000

13.6.2 电磁式操作机构的合闸接触器、合闸线圈、分闸线圈绝缘电阻不应低于10MΩ。线圈直流电阻应符合制造厂的技术文件规定值。

13.6.3 测量每相导电回路电阻值。在合闸状态下采用不小于100A直流电压降法测量,测试结果应符合产品技术文件的规定值。

#### 13.6.4 交流耐压试验,应符合下列规定:

- 断路器应在合闸对地、断口及相间进行交流耐压试验,合闸对地、断口及相间耐压试验电压相同;
- 交流耐压试验电压值见表13.6.4;
- 交流耐压试验中应无闪络、击穿。

表 13.6.4 交流耐压试验电压值

额定电压 kV	最高工作电压 kV	工频耐受电压(kV)有效值			
		相对地	相间	断路器断口	隔离断口
6	7.2	32	32	32	36
10	12	42	42	42	49
35	40.5	95	95	95	118
66	72.5	155	155	155	197
		200	200	200	225
110	126	230	230	230	265
		360	360	360	415
220	252	395	395	395	460

注:设备无特殊规定时,采用最高一级试验电压。

13.6.5 测量断路器分、合闸时间，应在断路器额定操作电压下进行。实测数值应符合产品技术文件的规定。

13.6.6 测量断路器主触头分闸不同期、合闸不同期，实测数值应符合产品技术文件的规定。

13.6.7 断路器合闸过程中触头接触后的弹跳时间：40.5kV 以下不大于 2ms，40.5kV 及以上不大于 3ms。

13.6.8 断路器操动机构的操作试验，应符合下列规定：

- a) 弹簧、液压操动机构的合闸线圈以及电磁操动机构的合闸接触器的操作电压在表 13.6.8-1 范围内，操动机构应可靠动作；

表 13.6.8-1 断路器操动机构合闸操作试验电压、液压范围

电压		液压
直流	交流	
(85%~110%) $U_n$	(85%~110%) $U_n$	按产品规定的最低及最高值
注 1: $U_n$ 为额定电源电压。		
注 2: 对电磁机构，当断路器关合电流峰值小于 50kA 时，直流操作电压范围为 (80%~110%) $U_n$ 。		

b) 脱扣操作：

- 1) 当分闸电压大于额定电压 65% 时，应可靠分闸；分闸电压小于额定电压 30% 时，不应分闸；
- 2) 附装的失压脱扣器，其动作特性应符合表 13.6.8-2 的规定；

表 13.6.8-2 附装失压脱扣器脱扣试验

电源电压与额定电源电压比值	小于 35% <sup>a</sup>	大于 65%	大于 85%
失压脱扣器的工作状态	铁芯应可靠释放	铁芯不得释放	铁芯应可靠吸合
<sup>a</sup> 当电压缓慢下降至此值时，铁芯应可靠释放。			

- 3) 附装过流脱扣的，其额定电流规定不小于 2.5A，脱扣电流的等级范围及其准确度，应符合表 13.6.8-3 的规定。

表 13.6.8-3 附装过流脱扣器脱扣试验

过流脱扣器的种类	延时动作的	瞬时动作的
脱扣电流等级范围/A	2.5~10	2.5~15
每级脱扣电流的准确度	±10%	
同一脱扣器各级脱扣电流准确度	±5%	
注：对延时动作的过流脱扣器，按制造厂提供的脱扣电流与动作时延的关系曲线进行核对。还应检查在预定时间延长了前主回路电流降至返回值时，脱扣器不应动作。		

13.6.9 模拟操作试验，应符合下列规定：

- a) 当具有可调电源时，可在不同电压、液压条件下，对断路器进行就地或远控操作，每次操作断路器均应正确、可靠地动作。其联锁及闭锁装置回路的动作，应符合产品及设计要求。当无可调电源时，只在额定电压下进行试验；
- b) 直流电磁或弹簧储能机构的操作试验，应按表 13.6.9-1 的规定进行；液压机构的操作试验，应按表 13.6.9-2 的规定进行。

表 13.6.9-1 直流电磁或弹簧机构的操作试验

操作类别	操作线圈端钮电压与额定电压的比值 / %	操作次数
合、分	110	3
合	85 (80)	3
分	65	3
合、分、重合	100	3

注：括号内数字适用于装有自动重合闸装置的断路器及表 13.6.8 的情况。

表 13.6.9-2 液压机构的操作试验

操作类别	操作线圈端钮电压与额定电源电压的比值 / %	操作液压	操作次数
合、分	110	产品规定的最高操作电压	3
合、分	100	额定操作压力	3
合	85 (80)	产品规定的最低操作电压	3
分	65	产品规定的最低操作电压	3
合、分、重合	100	产品规定的最低操作电压	3

注 1：括号内数字适用于装有自动重合闸装置的断路器。  
注 2：模拟操作试验应在液压的自动控制回路能准确、可靠动作状态下进行。  
注 3：操作时，液压的压降允许值应符合产品的技术条件的规定。

13.6.10 断路器电容器试验应按“13.14 电容器试验”有关规定进行试验。

### 13.7 六氟化硫断路器试验

13.7.1 测量断路器的绝缘电阻：整体绝缘电阻值测量应按照产品技术文件的规定执行。

13.7.2 在合闸状态下采用不小于 100A 直流电压降法测量每相导电回路电阻值，测试结果应符合产品技术文件的规定。

13.7.3 交流耐压试验，应符合下列规定：

- 交流耐压试验应在断路器 SF<sub>6</sub> 气压为额定值时进行。试验电压按出厂试验电压的 80%；
- 对 110kV 及以下电压等级应进行合闸对地和断口间耐压试验；
- 罐式断路器耐压试验在合闸状态下对地及断路器断口间进行。断口耐压试验时，断路器两端轮流加压，另一端接地。

13.7.4 断路器电容器的试验按“13.14 电容器试验”规定进行试验。罐式断路器电容器试验可按制造厂技术文件的规定进行。

13.7.5 断路器合、分闸试验，应符合下列规定：

- 在断路器额定操作电压、气压或液压下测量断路器的合、分闸时间。实测数值应符合产品技术文件的规定；
- 在断路器的额定操作电压、气压或液压下测量断路器的合、分闸速度。当现场无条件安装采样装置的断路器，可不进行此项试验；
- 测量断路器主、辅触头三相及同相各断口分、合闸的同期性和配合时间，应符合产品技术条件的规定。

13.7.6 测量断路器合、分闸线圈绝缘电阻和直流电阻，绝缘电阻不应低于 10MΩ，直流电阻值与产品出厂试验值相比应无明显差别。

13.7.7 断路器操动机构的试验，应按本规程 13.6.8 条规定进行试验。

- 13.7.8 模拟操作试验,应按本规程 13.6.9 条规定进行试验。
- 13.7.9 套管式电流互感器的试验,应按本规程“13.5 互感器试验”规定进行试验。
- 13.7.10 测量断路器内六氟化硫(SF<sub>6</sub>)气体的微量水含量(20℃时体积分数),应符合下列规定:
- 微量水的测定应在断路器充气 48h 后进行;
  - 与灭弧室相通气室,应小于 150 (μL/L);
  - 不与灭弧室相通气室,应小于 250 (μL/L)。
- 13.7.11 密封性试验,应符合下列规定:
- 泄漏值测量,应在断路器充气 24h 后进行;
  - 采用灵敏度不低于  $1 \times 10^{-6}$  (体积比)的检漏仪对断路器各密封部位、管道接头等处进行检测时,检漏仪不应报警;
  - 采用收集法进行气体泄漏测量时,以 24h 的漏气量换算,年漏气率不应大于 1%。
- 13.7.12 检查气体密度继电器及压力动作阀的动作值,应符合产品技术文件的规定。
- 13.7.13 校验压力表指示值的误差及变差,应在产品相应等级允许误差的范围内。
- 13.8 六氟化硫封闭式组合电器(GIS)试验
- 13.8.1 测量主回路的导电电阻:测试时,各开关、刀闸应在相应位置。采用直流压降法,测试电流不小于 100A。其测试结果不应超过产品技术文件规定值的 1.2 倍。
- 13.8.2 密封性试验,应符合下列规定:
- 泄漏值测量,应在充气 24h 后进行;
  - 采用灵敏度不低于  $1 \times 10^{-6}$  (体积比)的检漏仪对断路器各密封部位、管道接头等处进行检测时,检漏仪不应报警;
  - 采用收集法进行气体泄漏测量时,以 24h 的漏气量换算,每一个气室年漏气率不应大于 1%。
- 13.8.3 测量六氟化硫气体微量水含量,应符合下列规定:
- 微量水含量的测量应在封闭式组合电器充气 48h 后进行;
  - 有电弧分解的隔室(20℃时),应小于 150 (μL/L);
  - 无电弧分解的隔室(20℃时),应小于 250 (μL/L)。
- 13.8.4 封闭式组合电器(GIS)内断路器、隔离开关、负荷开关、接地开关、避雷器、互感器、套管、母线等试验,应按本规程相应标准进行试验,对无法分开的设备可不单独试验。
- 13.8.5 交流耐压试验,应符合下列规定:
- 封闭式组合电器(GIS)的交流耐压试验,可根据被试设备的容量大小选择工频试验变压器或串联谐振试验装置。试验电压的频率可在 10Hz~300Hz 范围内。试验电压值为出厂试验电压的 80%;
  - 交流耐压试验前,六氟化硫(SF<sub>6</sub>)气体充气到额定密度,完成主回路测量、各元件试验及六氟化硫(SF<sub>6</sub>)气体微水含量和检漏试验。所有电流互感器二次绕组短路接地,电压互感器二次绕组开路并接地;
  - 试验电压施加到每相对地之间,非试相应与外壳相连。
- 13.8.6 封闭式组合电器(GIS)联锁与闭锁装置动作应准确可靠。电动、气动或液压装置的操作试验,应按产品技术文件的规定进行。
- 13.8.7 充气过程中气体密度继电器及压力动作阀的动作值,应符合产品技术文件的规定。压力表指示值误差及其变差,均应在产品相应等级允许误差的范围内。
- 13.8.8 六氟化硫新气标准,见“13.16 六氟化硫气体试验”。
- 13.9 隔离开关、负荷开关及高压熔断器试验

13.9.1 测量隔离开关与负荷开关的有机材料传动杆绝缘电阻值，应符合本规程 13.6.1 条的规定。

13.9.2 测量高压限流熔丝的直流电阻值与同型号产品相比，不应有明显差别。

13.9.3 采用不小于 100A 直流电压降法测量负荷开关导电回路的电阻值，其结果应符合产品技术文件的规定。

13.9.4 交流耐压试验应符合下列规定：

- a) 三相同一箱体的负荷开关，应按相间及相对地进行耐压试验，其余按相对地或外壳进行。交流耐压试验电压标准，应符合本规程表 13.6.4 的规定；
- b) 负荷开关按产品技术文件规定进行每个断口的交流耐压试验。

13.9.5 操动机构试验应符合下列规定：

- a) 测试操动机构线圈最低动作电压应符合产品技术文件的规定；
- b) 电动隔离开关的主闸刀或接地闸刀的电压在下列范围时，应保证可靠分闸、合闸：
  - 1) 电动机操动机构，当电动机接线端子的电压在其额定电压 80%~110% 范围内时；
  - 2) 二次控制线圈和电磁闭锁装置，当其线圈接线端子的电压在其额定电压 80%~110% 范围内时；
- c) 气动隔离开关的主闸刀或接地闸刀的气压在其额定气压的 80%~110% 范围内时，应保证可靠分闸、合闸。

13.9.6 检查隔离开关、负荷开关的机械或电气闭锁装置应准确可靠。

注：具有可调电源时，可进行高于或低于额定电压的操动试验。

### 13.10 套管试验

13.10.1 测量套管主绝缘的绝缘电阻。

13.10.2 测量 66kV 以上电容型套管的“抽压小套管”对法兰或“测量小套管”对法兰的绝缘电阻值，使用 2500V 兆欧表，绝缘电阻值不应低于 1000MΩ。

13.10.3 测量电压等级在 20kV 及以上非纯瓷套管的主绝缘介质损耗角正切值  $\tan\delta$  和电容值，应符合下列规定：

- a) 在室温不低于 10℃ 的条件下，套管的介质损耗角正切值  $\tan\delta$  不应大于表 13.10.3 中的规定：

表 13.10.3 套管主绝缘介质损耗角正切值  $\tan\delta$  标准

套管主绝缘类型		$\tan\delta$ (%) 最大值
电容式	浇铸树脂	1.5
	气体	1.5
	有机复合绝缘	0.7
非电容式	浇铸树脂	2.0
	复合绝缘	由供需双方商定
其他套管		由供需双方商定

- b) 电容型套管的实测电容量与产品铭牌数值或出厂试验值相比，其差值应在 ±5% 范围内；
- c) 有机复合式套管的介质损耗试验，宜在干燥环境下进行。

13.10.4 交流耐压试验应符合下列规定：

- a) 穿墙套管工频耐压试验电压标准见表 13.10.4：

表 13.10.4 穿墙套管工频耐压试验电压值

额定电压 kV	最高工作电压 kV	工频耐压试验电压 / kV			
		纯瓷和纯瓷充油绝缘		固体有机绝缘、干式、 SF <sub>6</sub> 式、油浸电容式	
		出厂	交接	出厂	交接
3	3.6	25 (18)	25 (18)	25 (18)	20 (14)
6	7.2	30 (23)	30 (23)	30 (23)	24 (18)
10	12	42 (28)	42 (28)	42 (28)	33 (22)
35	40.5	95 (80)	95 (80)	95 (80)	76 (64)
66	69	140/185	140/185	140/185	112 (148)
110	126	200/230	200/230	200/230	160 (184)
220	252	395/460	395/460	395/460	316 (368)

注 1: 括号内的数据为全绝缘结构电压互感器的匝间绝缘水平。  
注 2: 斜杠上下为不同绝缘水平取值, 以出厂 (铭牌) 值为准。

b) 穿墙套管、断路器套管、变压器套管、电抗器及消弧线圈套管均可随母线或设备一起进行交流耐压试验。

#### 13.10.5 套管中绝缘油的试验, 应符合下列规定:

a) 套管中的绝缘油有厂家试验报告时可不进行试验。但当有下列情况之一者, 应取油样进行试验:

- 1) 套管的介质损耗角正切值超过规定值;
- 2) 套管密封损坏, 主绝缘抽压或测量小套管的绝缘电阻不符合要求;
- 3) 套管由于渗漏等原因需要重新补油时;

b) 套管绝缘油的取样、补充或更换时进行的试验, 应符合本规程“13.15 绝缘油试验”。

#### 13.10.6 六氟化硫 (SF<sub>6</sub>) 套管气体试验应符合本规程 13.5.6 条 b) 项和 13.5.13 条 b) 项的规定。

#### 13.11 悬式绝缘子和支柱绝缘子试验

##### 13.11.1 外观检查应良好, 无破损、无裂纹。

##### 13.11.2 测量绝缘电阻, 应符合下列规定:

- a) 用于 220kV 及以下电压等级悬式绝缘子的绝缘电阻值不应低于 300MΩ;
- b) 额定电压在 35kV 及以下支柱绝缘子的绝缘电阻值不应低于 500MΩ;
- c) 采用 2500V 兆欧表测量绝缘子绝缘电阻值, 可按同批产品数量的 10% 抽查;
- d) 棒式绝缘子不进行绝缘电阻测量;
- e) 半导体釉绝缘子的绝缘电阻值, 应符合产品技术文件规定。

##### 13.11.3 交流耐压试验应符合下列规定:

- a) 35kV 及以下电压等级的支柱绝缘子可在母线安装完毕后一起试验;
- b) 交流耐压试验标准见表 13.11.3:

表 13.11.3 绝缘子交流耐压试验电压值

额定电压 / kV		3	6	10	15	20	35	66	110	220
试验电压 kV	纯瓷绝缘	25	32	42	57	68	100	165	265	495
	固体有机绝缘	22	26	38	50	59	90	148	240	440



c) 额定电压 35kV 的多元件支柱绝缘子的交流耐压试验值应符合下列规定:

- 1) 两个胶合元件者, 每元件为 50kV;
- 2) 三个胶合元件者, 每元件为 34kV;

d) 悬式绝缘子的交流耐压试验电压值为 60kV。

### 13.12 母线试验

13.12.1 测量母线绝缘电阻, 应符合下列规定:

- a) 额定电压为 10kV 及以上全连式离相封闭母线在常温下分相绝缘电阻值不应小于 50MΩ;
- b) 额定电压 6kV 共箱封闭母线在常温下分相绝缘电阻值不应小于 6 MΩ;
- c) 一般母线分相绝缘电阻值不应低于 1MΩ/1kV。

13.12.2 母线交流耐压试验应分相进行, 试验值可参照设备出厂试验报告值的 80%, 或参照表 13.12.2:

表 13.12.2 母线交流耐压试验电压参照值

额定电压 / kV	交接试验电压值 / kV	
	一般母线	封闭母线
≤1	2.5	3.2
6	32	32
10	42	42
15	57	55
20	68	65
35	90	80

13.12.3 母线各相导电回路的接触电阻值应差别不大, 宜采用不小于 100A 直流电压降法测试。

### 13.13 电力电缆试验

13.13.1 电力电缆线路试验, 应符合下列规定:

- a) 电力电缆主绝缘做耐压试验或测量绝缘电阻时, 应分别在每一相上进行, 其他两相导体、金属屏蔽、金属套和铠装层一起接地;
- b) 对金属屏蔽或金属套接地, 另一端装有护层过电压保护器的单芯电缆主绝缘耐压试验时, 必须将护层过电压保护器短接, 使这一端的金属屏蔽或金属套临时接地。

13.13.2 测量电力电缆导体对地或对金属屏蔽层间和各线芯间的绝缘电阻, 应符合下列规定:

- a) 耐压试验前后, 测量绝缘电阻应无明显变化;
- b) 使用 500V 兆欧表测量橡塑电缆外护套、内衬层的绝缘电阻, 其绝缘电阻不应低于 0.5MΩ/km;
- c) 绝缘电阻测量: 0.6/1kV 电缆使用 1000V 兆欧表, 0.6/1kV 以上电缆使用 2500V 兆欧表, 6/6kV 及以上电缆, 使用 2500V 兆欧表, 也可使用 5000V 兆欧表。

13.13.3 橡塑绝缘电力电缆优先采用 20Hz~300Hz 交流耐压试验。交流耐压试验电压和持续时间见表 13.13.3:

表 13.13.3 橡塑绝缘电力电缆 20Hz~300Hz 交流耐压试验电压值

额定电压 $U_0/U$ kV	试验电压	时间 min
18/30 及以下	$2.5 U_0$ (或 $2 U_0$ )	5 (或 60)
21/35~64/110	$2 U_0$	60
127/220	$1.7 U_0$ (或 $1.4 U_0$ )	60
190/330	$1.7 U_0$ (或 $1.3 U_0$ )	60

注:  $U$  为电缆额定线电压,  $U_0$  为电缆芯线对地或对金属屏蔽间的额定电压。

13.13.4 当现场不具备条件时,额定电压 18/30kV 及以下橡塑绝缘的电力电缆,可进行直流耐压及测量泄漏电流试验,试验电压按下式计算:

$$U_t = 4 \times U_0 \quad \dots\dots\dots (13.13.4)$$

注:  $U_t$  为试验电压,  $U_0$  为电缆芯线对地或对金属屏蔽间的额定电压。

13.13.5 直流耐压及测量泄漏电流试验,应符合下列规定:

- a) 直流耐压试验时,试验电压可分 4~6 阶段均匀升压,每阶段停留 1min,并读取泄漏电流值。试验电压升至规定值后,读取 1min 和 15min 时泄漏电流。测量时应消除杂散电流的影响;
- b) 当 6/10kV 及以上电缆的泄漏电流小于 20 $\mu$ A 和 6kV 及以下电压等级电缆泄漏电流小于 10 $\mu$ A 时,其平衡系数不作规定。泄漏电流和不平衡系数只作为判断电缆绝缘状况的参考,不作为能否投入运行的判据。电缆泄漏电流值不作规定;
- c) 电缆试验出现泄漏电流不稳定、泄漏电流随试验电压升高急剧上升、泄漏电流随试验时间延长有上升现象情况之一,说明电缆有缺陷,应找出缺陷部位。

13.13.6 不具备上述试验条件或有特殊规定时,可采用施加系统相对地电压 24h 的方法代替交流耐压。

13.13.7 测量金属屏蔽层电阻和导体电阻比。测量在相同温度下的金属屏蔽层和导体的直流电阻。

13.13.8 电缆两端相位应一致并与电网相位相符合。

13.13.9 额定电压为 0.6/1kV 的电力电缆,可用 2500V 兆欧表测量绝缘电阻代替直流耐压试验。

13.13.10 额定电压为 0.5kV 的控制电缆应使用 500V 兆欧表测量绝缘电阻。

13.13.11 需做交叉互联系统试验电力电缆,其试验方法和要求见 GB50150 附录 F。

#### 13.14 电容器试验

13.14.1 测量绝缘电阻,应符合下列规定:

- a) 测量断路器断口并联电容器的绝缘电阻,测量应在两极间进行;
- b) 并联电容器的绝缘电阻测量应在电极两极短接对外壳之间;使用 2500V 兆欧表,绝缘电阻不小于 2000M $\Omega$ ,使用 1000V 兆欧表测量小套管对地绝缘电阻。

13.14.2 测量电容器的介质损耗角正切值  $\tan\delta$  及电容值,应符合下列规定:

- a) 测量断路器电容器介质损耗角正切值  $\tan\delta$ 。测得介质损耗角正切值  $\tan\delta$  应符合产品技术文件的规定;
- b) 断路器电容器的电容值偏差应在额定电容值  $\pm 5\%$  范围内;
- c) 电容器组应测量各相、各臂及总电容值。

13.14.3 交流耐压试验,应符合下列规定:

- a) 并联电容器交流耐压试验标准见表 13.14.3;
- b) 当产品出厂试验电压不符合表 13.14.3 规定时,交接试验应按产品出厂试验电压值的 75% 进行。

表 13.14.3 并联电容器交流耐压试验标准

额定电压 / kV	<1	1	3	6	10	15	20	35
出厂试验电压 / kV	3	6	18/25	23/30	30/42	40/55	50/65	80/95
交接试验电压 / kV	2.25	4.5	18.76	22.5	31.5	41.25	48.75	71.25

注:斜杠下的数据为外绝缘的干耐受电压。

13.14.4 在电网额定电压下对电容器冲击合闸 3 次,熔断器不应熔断;电容器组中各相最大值和最小值之比,不应超过 1.08。

#### 13.15 绝缘油试验

13.15.1 绝缘油的试验项目及标准,应符合本规程附录 A 的规定。

13.15.2 绝缘油电气强度试验,应符合下列规定:

- a) 绝缘油电气强度试验采用球形、球盖形或平板形电极，电极的间隙为：2.5mm±0.05mm，油杯的容积为：350mL~600mL；
- b) 电气强度试验时，环境温度应在15℃~35℃、湿度不大于75%。油杯注油前清洗油杯，并将油杯烘干。将试验油注入油杯静置20min后，以2kV/s的速度升压，直至油间隙击穿，记录击穿电压值。对电极间的绝缘油充分搅拌，静置5min后，重复进行试验。取得6次击穿电压的平均值。

### 13.15.3 绝缘油介质损耗试验，应符合下列规定：

- a) 绝缘油进行介质损耗试验时，试验电压2kV，空油杯 $\tan\delta$ (%)值不大于0.01；
- b) 测量高温介质损耗值 $\tan\delta$ 时，待被试油样达到所需温度后恒定15min再进行测量。

### 13.15.4 用于电压等级为110kV及以上电气设备的绝缘油，应进行微水含量分析，微水含量标准见附录A。

### 13.15.5 绝缘油中气体的气相色谱分析，应符合下列规定：

- a) 出厂和新投运的设备油中溶解气体含量要求见表13.15.5：

表 13.15.5 出厂和新投运的设备油中溶解气体含量 ( $\mu\text{L/L}$ )

气体	氢	乙炔	总烃
变压器和电抗器	<10	0	<20
互感器	<50	0	<10
套管	<150	0	<10

- b) 油中溶解气体气相色谱分析取样的方法、油样的保存与传递要符合气相色谱分析要求；
- c) 对油量较少的设备尽量少取。对可能产生负压的设备，禁止在负压状态下取油样，防止在负压下进气。

### 13.15.6 新油验收及充油电气设备的绝缘油试验分类，应符合表13.15.6的规定：

表 13.15.6 新油验收及充油电气设备的绝缘油试验分类

试验类别	适用范围
击穿电压	1. 6kV以上电气设备内绝缘油或新注上述设备前、后的绝缘油 2. 对下列情况之一者，可不进行击穿电压试验： (1) 35kV以下互感器，其主绝缘试验已合格的； (2) 按本规程有关规定不需取油的
简化分析	准备注入变压器、电抗器、互感器、套管的新油，应按附录A中的第2~9项规定进行
全分析	对油的性能有怀疑时，应按附录A中全部项目进行

### 13.15.7 绝缘油当需要进行混合时，在混合前，应按混油实际使用比例先取混油样进行分析，其结果应符合附录A中第8、11项的规定。混油后还应按表13.15.6中的规定进行绝缘油试验。

### 13.15.8 取样数量：大罐油，每罐应取样，小桶油取样比例按表13.15.8执行：

表 13.15.8 绝缘油取样数量

每批油的桶数	1	2~5	6~20	21~50	51~100	101~200	201~400	401以上
取样桶数	1	2	3	4	7	10	15	20

## 13.16 六氟化硫气体试验

13.16.1 六氟化硫新气质量标准见表 13.16.1:

表 13.16.1 六氟化硫新气质量标准

序号	项 目	单 位	指 标
1	四氟化碳 (CF <sub>4</sub> )	% (质量分数)	≤0.05
2	空气 (N <sub>2</sub> +O <sub>2</sub> )	% (质量分数)	≤0.05
3	湿度 (H <sub>2</sub> O) (20℃)	μg/g	≤8
4	酸度 (以 HF 计)	μg/g	≤0.3
5	密度 (20℃, 101325Pa)	g/L	6.16
6	纯度 (SF <sub>6</sub> )	% (质量分数)	≥99.8
7	毒性	生物试验	无毒
8	矿物油	μg/g	≤10
9	可水解氟化物 (以 HF 计)	μg/g	≤1.0

13.16.2 变压器六氟化硫气体, 应符合下列规定:

a) 交接质量标准见表 13.16.2:

表 13.16.2 六氟化硫气体交接质量标准

序号	项 目	单 位	指 标
1	泄漏	%	≤1 (可按照每个检测点泄漏值不大于 30μL/L 执行)
2	湿度 (H <sub>2</sub> O) (20℃, 101325Pa) (露点温度)	℃	箱体和开关应 ≤ -40 电缆箱等其余部位 ≤ -35
3	空气 (N <sub>2</sub> +O <sub>2</sub> )	% (质量分数)	≤0.1
4	四氟化碳 (CF <sub>4</sub> )	% (质量分数)	≤0.05
5	纯度 (SF <sub>6</sub> )	% (质量分数)	≥97
6	有关杂质组分 (CO <sub>2</sub> 、CO、HF、 SO <sub>2</sub> 、SF <sub>4</sub> 、SOF <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> F <sub>2</sub> )	μg/g	有条件时报告 (记录原始值)

b) 所补的六氟化硫气体应符合新气质量标准, 补气时接头及管路应干燥;

c) 符合新气质量标准的气体均可以任何比例混合使用;

d) 六氟化硫气体充入电气设备 24h 后, 方可进行试验。

13.16.3 六氟化硫气体检测按总瓶数的 10% 抽取, 且不少于 1 瓶。

### 13.17 氧化锌避雷器试验

13.17.1 测量绝缘电阻, 应符合下列规定:

a) 使用 5000V 兆欧表测量额定电压 35kV 以上避雷器的绝缘电阻不应低于 2500MΩ;

b) 使用 2500V 兆欧表测量额定电压 35kV 及以下避雷器的绝缘电阻不应低于 1000MΩ;

c) 使用 500V 兆欧表测量额定电压 1kV 以下避雷器的绝缘电阻不应低于 2MΩ。

13.17.2 避雷器基座绝缘电阻不应低于 5MΩ。

13.17.3 测量避雷器直流参考电压和 0.75 倍参考电压下的泄漏电流, 应符合下列规定:

- a) 直流参考电流下的直流参考电压应符合产品技术文件规定, 实测值与制造厂规定值比较, 变化不应大于 $\pm 5\%$ ;
- b) 0.75 倍直流参考电压下的泄漏电流值不应大于  $50\mu\text{A}$ 。
- 13.17.4 测量运行电压下的持续电流, 其总电流(全电流)及阻性电流值应符合产品技术文件的规定。
- 13.17.5 有间隙金属氧化物避雷器工频放电电压试验, 应符合下列规定:
- a) 工频放电电压, 应符合产品技术文件的规定;
- b) 工频放电电压试验时, 切断电源时间不得大于 0.5s, 过流保护动作电流控制在  $0.2\text{A}\sim 0.7\text{A}$ 。
- 13.17.6 检查放电计数器的动作应可靠, 监视泄漏电流指示表计合格。
- 13.18 同步发电机及调相机试验
- 13.18.1 测量定子绕组的绝缘电阻和吸收比或极化指数, 应符合下列规定:
- a) 各相绝缘电阻的不平衡系数不应大于 2;
- b) 沥青浸胶及烘卷云母绝缘的吸收比不应小于 1.3; 环氧粉云母绝缘的吸收比不应小于 1.6;
- c) 容量 200MW 及以上机组应测量极化指数, 极化指数不应小于 2;
- d) 测量水内冷发电机定子绕组绝缘电阻, 应在消除剩水影响的情况下进行;
- e) 对于汇水管死接地的电机应在无水情况下进行; 对汇水管非死接地的电机, 应分别测量绕组及汇水管绝缘电阻, 绕组绝缘电阻测量时应采用屏蔽法消除水的影响。测量结果应符合制造厂的规定;
- f) 交流耐压试验合格的电机, 当其绝缘电阻折算至运行温度后(环氧粉云母绝缘的电机在常温下)不低于其额定电压  $1\text{M}\Omega/\text{kV}$  时, 可不经干燥投入运行。但在投运前不应再拆开端盖进行内部作业。
- 13.18.2 测量定子绕组的直流电阻, 应符合下列规定:
- a) 直流电阻应在冷状态下测量, 测量时绕组表面温度与周围空气温度之差应在  $\pm 3^\circ\text{C}$  的范围内;
- b) 各相或各分支绕组的直流电阻, 在校正了由于引线长度不同而引起的误差后, 相互间差别不应超过其最小值的 2%; 与产品出厂时测得的数值换算至同温度下的数值比较, 其相对变化也不应大于 2%。
- 13.18.3 定子绕组直流耐压试验和泄漏电流测量, 应符合下列规定:
- a) 试验电压为电机额定电压的 3 倍;
- b) 试验电压按每级 0.5 倍额定电压分阶段升高, 每阶段停留 1min, 并记录泄漏电流; 在规定的试验电压下, 泄漏电流应符合下列规定:
- 1) 各相泄漏电流的差别不应大于最小值的 100%, 当最大泄漏电流在  $20\mu\text{A}$  以下, 根据绝缘电阻值和交流耐压试验结果综合判断为良好时, 各相间差值可不考虑;
  - 2) 泄漏电流不应随时间延长而增大;
  - 3) 泄漏电流随电压不成比例地显著增长时, 应及时分析;
- c) 氢冷电机应在充氢前或排氢后且含氢量在 3% 以下时进行试验, 不得在置换氢过程中进行试验;
- d) 水内冷电机试验时, 宜采用低压屏蔽法; 对于汇水管死接地的电机, 现场可不进行该项试验。
- 13.18.4 定子绕组交流耐压试验应符合下列规定:
- a) 水内冷电机在通水情况下进行试验, 水质应合格;
- b) 氢冷电机应在充氢前或排氢后且含氢量在 3% 以下时进行试验, 不得在置换氢过程中进行;
- c) 大容量发电机交流耐压试验, 当工频交流耐压试验设备不能满足要求时, 可采用谐振耐压代替;
- d) 定子绕组交流耐压试验电压应符合表 13.18.4 规定:

表13.18.4 定子绕组交流耐压试验电压

容量 / kW	额定电压 / V	试验电压 / V
10000以下	36以上	$(1000+2U_n) \times 0.8$
10000及以上	24000以下	$(1000+2U_n) \times 0.8$
10000及以上	24000及以上	与厂家协商

注:  $U_n$ 为发电机额定电压。

## 13.18.5 测量转子绕组的绝缘电阻,应符合下列规定:

- 转子绕组的绝缘电阻值不宜低于 $0.5M\Omega$ ;
- 水内冷转子绕组使用500V及以下兆欧表或其他仪器测量,绝缘电阻值不应低于 $5000\Omega$ ;
- 当发电机定子绕组绝缘电阻已符合起动要求,而转子绕组的绝缘电阻值不低于 $2000\Omega$ 时,可允许投入运行;
- 在电机额定转速时超速试验前、后测量转子绕组的绝缘电阻;
- 测量绝缘电阻时采用兆欧表的电压等级:当转子绕组额定电压为200V以上,采用2500V兆欧表;200V及以下,采用1000V兆欧表。

## 13.18.6 测量转子绕组的直流电阻,应符合下列规定:

- 应在冷状态下进行,测量时绕组表面温度与周围空气温度之差应在 $\pm 3^\circ\text{C}$ 的范围内,测量数值与产品出厂数值换算至同温度下的数值比较,其差值不应超过2%;
- 显极式转子绕组,应对各磁极绕组进行测量;当误差超过规定时,还应对各磁极绕组间的连接点电阻进行测量。

## 13.18.7 转子绕组交流耐压试验,应符合下列规定:

- 整体到货的显极式转子,试验电压应为额定电压的7.5倍,且不应低于1200V;
- 工地组装的显极式转子,其单个磁极耐压试验应按制造厂规定进行。组装后的交流耐压试验,应符合下列规定:
  - 额定励磁电压为500V及以下电压等级,为额定励磁电压10倍,并不应低于1500V;
  - 额定励磁电压为500V以上,为额定励磁电压的2倍加4000V;
  - 隐极式转子绕组可以不进行交流耐压试验,可采用2500V兆欧表测量绝缘电阻来代替。

13.18.8 测量发电机和励磁机的励磁回路连同所连接设备的绝缘电阻值,不应低于 $0.5M\Omega$ 。回路中有电子元器件设备的,试验时应将插件拔出或将其两端短接。

注:不包括发电机转子和励磁机电枢的绝缘电阻测量。

## 13.18.9 发电机和励磁机的励磁回路连同所连接设备的交流耐压试验,其试验电压应为1000V,或用2500V兆欧表测量绝缘电阻方式代替,回路中有电子元器件设备的,试验时应将插件拔出或将其两端短接。

注:不包括发电机转子和励磁机电枢的交流耐压试验。

## 13.18.10 测量发电机、励磁机的绝缘轴承和转子进水支座的绝缘电阻,应符合下列规定:

- 应在装好油管后,采用1000V兆欧表测量,绝缘电阻值不应低于 $0.5M\Omega$ ;
- 对氢冷发电机应测量内、外挡油盖的绝缘电阻,其值应符合制造厂的规定。

## 13.18.11 测量灭磁电阻器、自同步电阻器的直流电阻,应与铭牌数值比较,其差值不应超过10%。

## 13.18.12 测量发电机的相序应与电网相序一致。

## 13.18.13 测量轴电压,应符合下列规定:

- 分别在空载额定电压时及带负荷后测定;
- 汽轮发电机的轴承油膜被短路时,轴承与机座间的电压值,应接近于转子两端轴上的电压值;
- 水轮发电机应测量轴对机座的电压。

- 13.18.14 定子绕组端部现包绝缘施加直流电压测量,应符合下列规定:
- 现场进行发电机端部引线组装的,应在绝缘包扎材料干燥后,施加直流电压测量;
  - 定子绕组施加直流电压为发电机额定电压 $U_n$ ;
  - 所测表面直流电位应不大于制造厂的规定值。
- 13.19 二次回路试验
- 13.19.1 测量二次回路绝缘电阻,应符合下列规定:
- 对于有电子元器件设备的二次回路,进行绝缘电阻测试时,将插件拔出或将其两端短接;
  - 对于二次交流回路有接地点的回路,测试时应将接地线临时断开;
  - 直流小母线断开其他并联支路时,使用500V兆欧表测量,绝缘电阻不应小于 $10M\Omega$ ;
  - 二次回路的支路及断路器、隔离开关操作机构的电源回路等绝缘电阻,使用500V兆欧表测量,均不应小于 $1M\Omega$ ,在比较潮湿的地方,不应小于 $0.5M\Omega$ 。
- 13.19.2 二次回路交流耐压试验,应符合下列规定:
- 二次回路有电子元器件设备的,试验时将插件拔出或将其两端短接;
  - 试验电压为1kV。当回路绝缘电阻值在 $1M\Omega$ 以上时,可采用2500V兆欧表测量绝缘电阻代替交流耐压试验;
  - 电压等级为48V及以下二次回路不做交流耐压试验。
- 13.20 1kV及以下配电装置和馈电线路试验
- 13.20.1 测量配电装置和馈电线路的绝缘电阻,应符合下列规定:
- 测量馈电线路绝缘电阻时,应将保护装置、仪表、断路器和用电设备断开;
  - 额定电压500V配电装置及馈电线路的绝缘电阻不应小于 $0.5M\Omega$ 。
- 13.20.2 交流耐压试验,应符合下列规定:
- 配电装置安装工作结束后,进行各相对地交流耐压试验,试验电压为1000V。交流耐压试验结束后,不应再进行一次设备的安装工作;
  - 当500V动力配电装置回路绝缘电阻在 $10M\Omega$ 以上时,可采用2500V兆欧表测量绝缘电阻代替交流耐压试验。
- 13.20.3 电压等级48V及以下配电装置不做耐压试验。
- 13.20.4 配电装置和馈电线路中的控制、保护、测量等二次线接线应正确。电气计量、指示仪表应进行校验,并做好标识。各类表计指示或计量应准确。
- 13.20.5 电气设备单体试验合格后,应进行模拟试验,以检查电气设备及保护装置准确性和可靠性。
- 13.20.6 双电源回路核相,应符合下列规定:
- 两侧电源相位应一致;
  - 母线联络柜上、下口相位应一致;
  - 断路器或开关进线与配出两侧电源的相位应一致。
- 注:配电装置指配电盘、配电台、配电柜、操作盘及其载流部分。
- 13.21 低压电器试验
- 13.21.1 测量低压电器连同所连接电缆及二次回路的绝缘电阻,不应小于 $1M\Omega$ 。比较潮湿的地方,不小于 $0.5M\Omega$ 。
- 13.21.2 电压线圈的吸合电压不应大于额定电压的85%,释放电压不应小于额定电压的5%;短时工作的线圈应在额定电压的85%~110%范围内,分励线圈应在额定电压75%~110%的范围内可靠工作。
- 13.21.3 对采用电动机或液压传动方式的操作机构,除产品另有规定外,当电压或液压在额定值在85%~110%的范围内,操作机构应可靠动作。
- 13.21.4 低压电器采用脱扣器的整定,应符合下述规定:
- 各类过电流脱扣器、失压和分励脱扣器、延时装置等,应按使用要求进行整定,其整定误差不超

过产品技术文件的规定。产品技术文件不要求进行试验的电流脱扣装置，可不进行此项试验。

13.21.5 测量电阻器和变阻器的直流电阻值，其差值应符合产品技术文件的规定。

13.21.6 低压电器所连接电缆及二次回路交流耐压试验，应符合下述规定：

试验电压为1kV。当回路的绝缘电阻在10MΩ以上时，可采用2500V兆欧表测量绝缘电阻代替交流耐压试验。

13.22 接地装置试验

13.22.1 连接同一接地网的各相邻设备接地线之间的直流电阻值不应大于0.2Ω。

13.22.2 接地装置的接地阻抗值，应符合设计规定。

13.22.3 有效接地系统和非有效接地系统接地阻抗，应符合设计要求。

13.22.4 测量电极要尽量避开地下管道、大型金属容器、金属框架等。不宜在雨后立即测量接地阻抗。

13.22.5 测试中应消除接地装置中零序电流或其他信号的干扰，以保证测量的准确度。

13.22.6 测量时，测试仪器的使用方法要符合测试仪器的技术要求。

13.22.7 测量接地网接地阻抗时，应采取相应的安全措施。试验区域内停止影响测试的有关工作。测试时，应有安全技术人员监护现场人员及设备、材料的安全。



附录 A  
(规范性附录)

绝缘油的试验项目及标准

绝缘油的试验项目及标准见表 A。

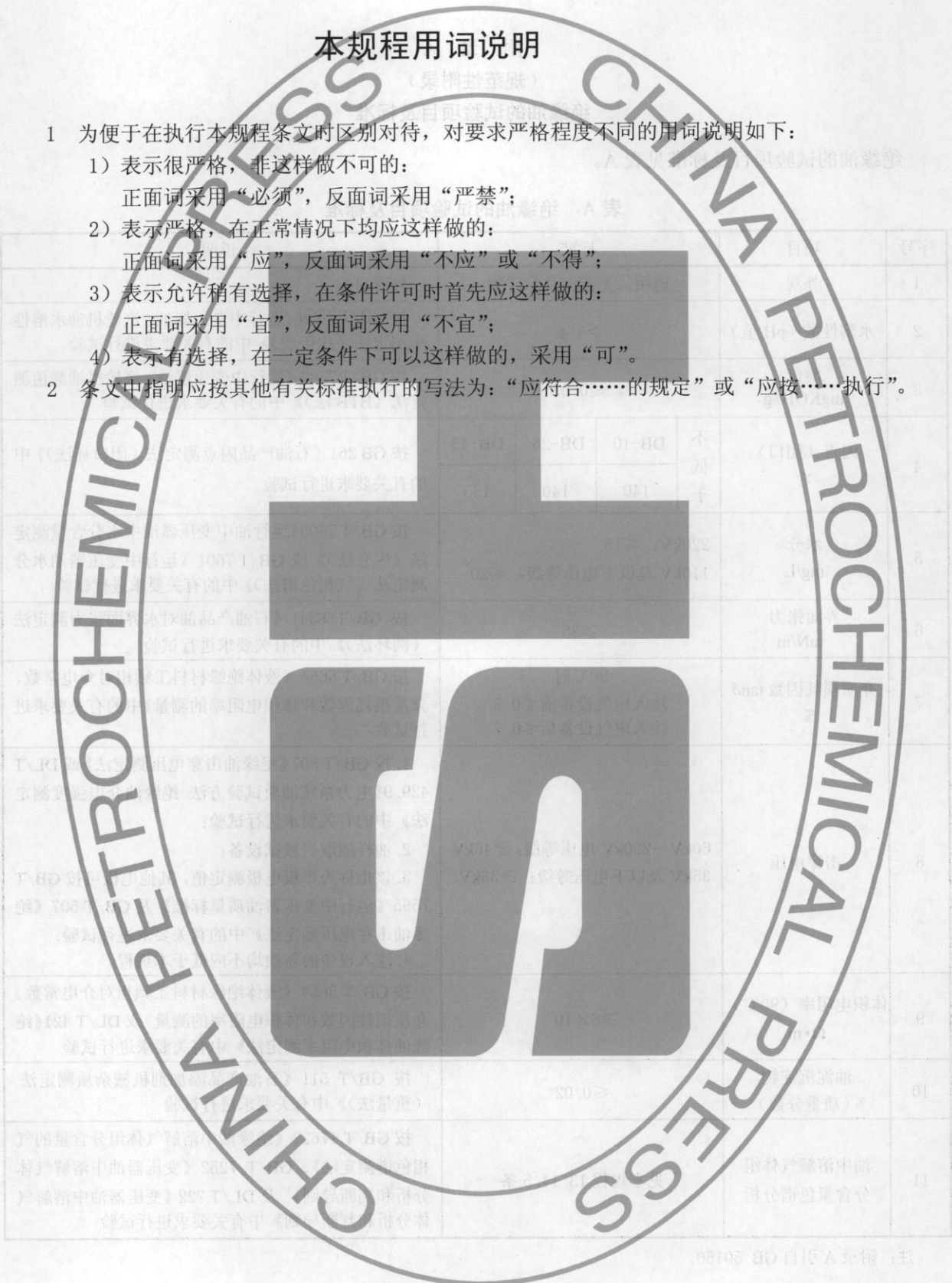
表 A 绝缘油的试验项目及标准

序号	项目	标准			说明
1	外观	透明, 无沉淀及悬浮物			外观目视
2	水溶性酸 (pH 值)	>5.4			按 GB/T 7598《运行中变压器油、汽轮机油水溶性酸测定法 (比色法)》中的有关要求进行试验
3	酸值 mgKOH/g	≤0.03			按 GB/T 7599《运行中变压器油、汽轮机油酸值测定法 (BTB 法)》中的有关要求进行试验
4	闪点 (闭口) ℃	不 低 于	DB-10	DB-25	按 GB 261《石油产品闪点测定法 (闭口杯法)》中的有关要求进行试验
			140	140	
5	水分 mg/L	220kV: ≤15 110kV 及以下电压等级: ≤20			按 GB/T 7600《运行油中变压器油中水分含量测定法 (库仑法)》或 GB/T 7601《运行中变压器油水分测定法 (气相色谱法)》中的有关要求进行试验
6	界面张力 mN/m	≥35			按 GB/T 6541《石油产品油对水界面张力测定法 (圆环法)》中的有关要求进行试验
7	介质损耗因数 tanδ %	90℃时 注入电气设备前≤0.5 注入电气设备后≤0.7			按 GB/T 5654《液体绝缘材料工频相对介电常数、介质损耗因数和体积电阻率的测量》中的有关要求进行试验
8	击穿电压	60kV~220kV 电压等级: ≥40kV 35kV 及以下电压等级: ≥35kV			1. 按 GB/T 507《绝缘油击穿电压测定法》或 DL/T 429.9《电力系统油质试验方法 绝缘油介电强度测定法》中的有关要求进行试验; 2. 油样应取自被试设备; 3. 该指标为平板电极测定值, 其他电极可按 GB/T 7595《运行中变压器油质量标准》及 GB/T 507《绝缘油击穿电压测定法》中的有关要求进行试验; 4. 注入设备的新油均不应低于本规程
9	体积电阻率 (90℃) Ω·m	≥6×10 <sup>10</sup>			按 GB/T 5654《液体绝缘材料工频相对介电常数、介质损耗因数和体积电阻率的测量》或 DL/T 421《绝缘油体积电阻率测定法》中的有关要求进行试验
10	油泥沉淀物 % (质量分数)	≤0.02			按 GB/T 511《石油产品添加剂机械杂质测定法 (重量法)》中的有关要求进行试验
11	油中溶解气体组 分含量色谱分析	见本规程 13.14.5 条			按 GB/T 17623《绝缘油中溶解气体组分含量的气相色谱测定法》、GB/T 7252《变压器油中溶解气体分析和判断导则》及 DL/T 722《变压器油中溶解气体分析和判断导则》中的有关要求进行试验

注: 附录 A 引自 GB 50150。

## 本规程用词说明

- 1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
  - 1) 表示很严格，非这样做不可的：  
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
  - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：  
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
  - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：  
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
  - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。



中华人民共和国石油化工行业标准

# 石油化工电气工程施工技术规程

SH 3612—2013

条文说明

2013 北 京

中華人民共和國石油工業部

石油工業部石油工業部石油工業部

ZH 3915—5013

石油工業部

北京 5013

## 制 定 说 明

SH 3612—2013《石油化工电气工程施工技术规程》经工业和信息化部 2013 年 10 月 17 日以第 52 号公告批准发布。

本规程制定过程中，编制组进行了多次细致的调查研究，总结了石油化工及以煤为原料的煤化工装置中电气安装工程的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，通过试验取得了一些重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《石油化工电气工程施工技术规程》编制组按章、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明，还着重对强制性条文的强制性理由作了解释。但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

# 明 亮 宝 博

ZH 3915—2013 《工程竣工技术档案编制规范》由住房和城乡建设部2013年10月17日以第25

号公告批准发布。

本标准编制过程中，广泛征求了有关方面的意见，并进行了广泛的调研，在编制过程中，广泛征求了有关方面的意见，并进行了广泛的调研，在编制过程中，广泛征求了有关方面的意见，并进行了广泛的调研。

本标准编制过程中，广泛征求了有关方面的意见，并进行了广泛的调研，在编制过程中，广泛征求了有关方面的意见，并进行了广泛的调研，在编制过程中，广泛征求了有关方面的意见，并进行了广泛的调研。

## 目 次

3	基本规定	85
4	施工准备	85
5	接地装置安装	85
6	电缆线路安装	86
7	电气照明安装	87
8	电力变压器、电抗器安装	87
9	旋转电机安装	87
10	电气设备安装	87
13	电气试验	88





## 石油化工电气工程施工技术规程

### 3 基本规定

3.6 本条规定了电气安装工程应具备的施工条件,随着石油化工行业的发展和电气自动化程度的提高,在各项目工程中,电气安装工程的涉及面越来越广,电气安装工程的施工特点对相关专业的要求和依赖程度高,如:工艺设备专业、土建专业。只有设备管道安装后,电气设备才能开始安装,若电气安装工程施工提前,将造成电气设备损坏和施工资源的窝工现象,很难保证连续施工,若施工开工较晚,势必造成施工周期太短、施工混乱,不能保证工期、质量、安全,为此,提出了开工应具备的条件。电气安装工程一般应在设备管道完成50%的情况下,安排全面施工较合适。

### 4 施工准备

4.2 设备和器材在安装前的保管是一项重要的前期工作,施工前做好设备及器材的保管工作便于以后的施工。对需要长期保管的设备和器材,应按其专门规定进行保管。

### 5 接地装置安装

5.1.1 本条规定了哪些电气装置应接地或接零。本条依据 GB 50169《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》的规定,结合石油化工装置特点,将规范中与石化生产装置无关的两条删除了。

5.1.3 本条的规定,主要是考虑到当直流流经在土壤中的接地体时,由于土壤中发生电解作用,可使接地体的接地电阻值增加,同时又可使接地体及附近地下建筑物和金属管道等发生电腐蚀而造成严重的损坏。

5.1.4 本条规定接地线一般不应作其他用途,如电缆钢管不应作电焊机零线,以免损伤电缆金属护层。

5.2.1 这几种自然接地体均直接埋入地下或水中,能够很好地起到降低接地电阻、均衡电位的作用,且能节约钢材,提高电气设备运行可靠性。

5.2.8 挠性管、蛇皮管、管道保温层的金属外皮或金属网、低压照明网络的导线铅皮以及电缆金属护层等,它们的强度差又易腐蚀,作为接地线很不可靠。本条明确规定不可作为接地线,并对用蛇皮管做保护管时,蛇皮管两端的接地做法,也作了规定,目的是保证连接可靠。增加部分是为了强调金属软管两侧的两个软管接头间保持良好的电气连接的必要性。

5.3.1 一般在地表下0.15m~0.5m处,是处于土壤干湿交界的地方,接地导体易受腐蚀,因此规定埋深不应小于0.6m,并规定了接地网的引出线在通过地表下0.6m引至地面外的一段需做防腐处理,以延长使用寿命。接地体引出线的垂直部分和接地装置连接(焊接)部位也容易受腐蚀,比如热镀锌钢材焊接时将破坏热镀锌防腐,因此连接(焊接)部位外侧100mm范围内应做防腐处理。

5.3.3 本条为了防止接地线发生机械损伤和化学腐蚀。

5.3.4 本条的目的是为了确保接地的可靠性。

5.3.5 如接地线串联使用,则当一处接地线断开时,造成了后面串接设备接地点均不接地,所以禁止串接。

5.3.9 本条目的是为了保障零序保护能正确动作。

5.3.10 采用单独接地线连接以保证接地的可靠性。

5.3.11 连接线短,在雷击时电感量减小,能迅速散流。

5.3.12 全封闭式组合电器外壳受电磁场的作用产生感应电势,能危及人身安全,应有可靠的接地。

5.3.13 本条规定是为了牢固可靠地接地,避免有悬浮电位产生电火花危及人身安全。

5.3.15 设立单独的回流排及单独的接地线引往主接地网,是为了保证微机保护等相关弱电盘柜可靠

接地。使用绝缘导线或电缆是为了免除其他杂散电势的窜入。截面不小于  $100\text{mm}^2$  是为了尽可能使控制室屏蔽地网和一次接地网之间接地电阻比较小,各盘的接地铜排上电位接近于地电位。

5.4.1 接地线的连接应保证接触可靠。接于电机、电器外壳以及可移动的金属构架等上面的接地线应以镀锌螺栓可靠连接。

5.4.2 为保证焊接良好,对接地体(线)搭接焊的搭接长度作出要求。

5.4.3 对热剂焊(放热焊接)工艺的熔接头提出工艺要求。

5.4.9 本条规定是为了保证 GIS 设备就近以最短的电气距离接地, GIS 重要设备(接地开关、氧化锌避雷器)接地良好, GIS 接地母线与主接地装置连接良好以及电气接触良好。

5.5.1 焊接或热剂焊(放热焊接)为了安全,设置断接卡便于测量接地电阻及检查引下线的连接情况,断接卡加保护为防止意外断开。安全距离参照 GB 50169《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》。

5.5.2 本条规定是为了防止静电感应的危害。

5.5.3 构架上避雷针(线)落雷时,危及人身和设备安全。但将电缆的金属护层或穿金属管的导线在地中埋设长度大于  $10\text{m}$  时,可将雷击时的高电位衰减到不危险的程度。

5.5.5 为保证人身、设备及建筑物的安全,规定应采取自下而上的施工程序。

5.6.1 规定了对  $110\text{kV}$  及以上中性点有效接地系统单芯电缆的电缆终端金属护层的接地要求。

5.6.2 规定了对  $110\text{kV}$  以下三芯电缆的电缆终端金属护层的接地要求。

5.7.1 规定了对建筑物内配电装置室的配电变压器等电气装置的接地要求。

5.8.2 本条也适用于生产、贮存和装卸液化石油气、可燃气体、易燃液体的设备、贮罐、管道、机组和利用空气干燥、掺合、输送易产生静电的粉状、粒状的可燃固体物料的设备、管道以及可燃粉尘的袋式集尘设备的防静电接地的安装。

5.8.2 本条中 c) 项当采用焊接端子连接的情况时,要求不得降低和损伤管道强度。

## 6 电缆线路安装

6.1.2 对电缆及附件安装所用的钢制紧固件,根据现有条件和市场供应情况,除地脚螺栓外,应采用热镀锌制品,从而保证防腐蚀要求。考虑到技术发展,也允许采用性能等同热镀锌的其他制品。

6.1.4 本条主要强调对有抗干扰要求的电缆线路,按设计要求采取相应的抗干扰措施。

6.2.2 对本条的规定说明如下:

a) 管口打去棱角、毛刺是为了防止在穿电缆时划伤电缆。有时管口做成喇叭形也是必要的,可以减少直埋管在沉陷时管口处对电缆的剪切力;

b) 电缆管在弯制时,如弯扁程度过大,将减少电缆管的有效管径,造成穿设电缆困难;

c) 对电缆管进行防腐处理是为了增加使用寿命。强调了无防腐措施的金属电缆管应在外表涂防腐漆。

6.2.6 钢管的连接采用短管套接时,施工简单方便,采用管接头螺纹连接则较美观。无论采用哪一种方式均应保证牢固、密封。要求短管和管接头的长度不应小于电缆管外径的  $2.2$  倍,是为了保证电缆管连接后的强度,这是根据施工单位的意见确定的。金属电缆管直接对焊可能在接缝内部出现疤痕,穿电缆时会损伤电缆,故要求不得直接对焊。

6.3.1 本条中 c) 项,若金属电缆支架位于湿热、盐雾及有化学腐蚀的地区时,应根据设计要求做特殊防腐处理。

6.3.5 铝合金制托架与钢制支吊架直接接触时会产生电化学腐蚀,为避免铝合金托架的腐蚀,较为简便的方法是在铝合金托架和钢制支吊架间加绝缘衬垫。可利用电缆上剥下来的塑料护套切割而成。

6.3.6 根据钢和铝的线膨胀系数不同,施工时应按规定设置伸缩缝。厂家定型的伸缩连接板连接后的伸缩距离均能补偿桥架由于环境温度变化而引起的热胀冷缩。

6.3.8 为避免电缆发生故障时危及人身安全,电缆支架(包括电缆桥架)均应良好接地,长度较长时还应根据设计要求进行多点接地。

6.4.15 本条中 f) 项,为避免水、汽、油、灰等的进入,必要时应将盖板缝隙密封,减少化学作用、热影响、腐植物质、虫鼠等的危害。

6.4.17 本条中 g) 项涉及隐蔽工程,为保证工程质量,在回填前进行验收,验收合格后方可回填并应分层夯实。

## 7 电气照明安装

7.2.4 本条中 a) 项,若灯具高度低于 2.5m 时,人手可能触及,易造成触电事故,此时应有特殊保护措施。本条中 c) 项,为了保证导线能承受一定的机械应力和可靠地安全运行,根据灯具的用途和不同的安装场所,对导线线芯最小截面作了规定。现工程中铝线最小截面已改为  $2.5\text{mm}^2$ 。

7.3.1 插座安装高度的规定主要是为确保使用安全、方便。同一场所安装高度一致的规定是为装饰美观的需要。为了防止插头插入或拔出时产生火花和电弧而引起爆炸事故,按产品的制造标准要求,还需设有防止骤然拔脱的徐动装置,保证在使用过程中不能松动。

## 8 电力变压器、电抗器安装

8.2.14 本条中 d) 的规定是为了保护在真空下不能承受机械强度的附件不受损坏,从而确保变压器的安装质量。

## 9 旋转电机安装

9.2.1 电动机安装前,外观检查的项目增加了对防爆电动机的检查项目;防爆电气产品获得防爆合格证后才可生产,防爆合格证是设备的防爆性能经过国家指定的检验单位检验认可的证明。防爆电气设备的类型、级别、组别和外壳上“EX”标志是防爆电气设备的重要特征,安装前需要首先查明。

9.2.9 增加电动机干燥内容,是在施工现场不具备干燥条件的情况下选择的方法。

## 10 电气设备安装

本章节的内容,根据近年来石油化工行业的电气控制专业的发展及电气产品质量性能的不断提高,一些设备逐渐不能满足电气的发展和控制要求,设计也很少选型该类产品,故未编写油断路器、油浸式电抗器等设备的施工技术内容,同时,对已纳入规程的设备的一些内容也进行了增加和删减。若在施工中遇到本施工规程中未编写的内容,可参见国家标准和相应的施工验收规范。

10.1.1 专业部门是指起重机、电梯、通讯等有特殊需求的专业。

10.7 施工中若设计采用了普通阀式避雷器、磁吹阀式避雷器、排气式避雷器,可参见国家标准及相应施工验收规范。

10.9 电压互感器二次侧接线不得短路;电流互感器二次侧接线不得开路;若互感器有档位分接连片,则分接连片应根据运行要求连接,不得开路。

10.9.11 电流互感器的二次绕组接地属保护接地,防止一次绝缘击穿,一次电压串入二次回路,造成高压安全事故。

电压互感器的接地方式通常有三种:一次侧中性点接地;二次侧线圈接地;互感器铁芯接地。

1) 一次侧中性点接地。由三只单相电压互感器组成星形接线时,其一次侧中性点应接地。因为电压互感器在系统中不仅有电压测量,而且还起继电保护的作用。对于三相五柱式电压互感器,其一次侧中性点同样要接地。

由两只单相电压互感器组成的 V-V 形接线时,其一次侧是不允许接地的,因为这相当于系统的

一相直接接地。而应在二次中性点接地。

2) 二次侧接地。电压互感器二次侧要有一个接地点,这主要是出于安全上的考虑。当一次、二次侧绕组间的绝缘被高压击穿时,一次侧的高压会窜到二次侧,有了二次侧的接地,能确保人员和设备的安全。另外,通过接地,可以给绝缘监视装置提供相电压。

3) 铁心接地。在电压互感器外壳上有一个接地桩头,这是铁心和外壳的接地点,起安全保护作用。

10.10 本章节的适用范围包括保护盘、控制盘、直流屏、励磁屏、信号屏、远动盘、动力盘、照明盘及微机控制有关屏、盘以及高、低压开关柜等。

10.10.5 考虑到主控制盘、继电保护盘、自动装置盘等有移动或更换可能,尤其当有扩建工程时,若将盘、柜焊死,插入安装盘、柜时将造成困难。

10.10.8 装有电器的可开启的屏、柜门,若无软导线与屏、柜的框架连接接地,则当门上的电器绝缘损坏时,将使屏、柜门上带有危险的电位,危及运行人员的人身安全。一般均以软导线可靠接地。裸铜导线要有足够的机械强度,强调用裸线以免断线时不易被发现。

10.10.14 二次回路的连接件应采用铜质制品,以防锈蚀。在利用螺丝连接时,应使用垫片和弹簧垫圈。对使用的铜质制品应进行检查。目前生产的连接件,有的质量较差,经过几次旋拧,丝扣就滑扣了,尤其在运行过程中出现滑扣现象,其后果更为严重。考虑防火要求,绝缘件应采用自熄性阻燃材料。

10.15 不间断电源电气设备的安装过程中,还应参考电气设备生产厂家的技术质量保证文件。

10.16 软启动器设备的安装、试运过程中,还应参考设备生产厂家的技术质量保证文件。

10.17 变频设备的安装、试运过程中,还应参考设备生产厂家的技术质量保证文件。

10.17.5 确保控制柜中的所有设备接地良好,应该使用短、粗的接地线(最好采用扁平导体或金属网,因其在高频时阻抗较低)连接到公共地线上。按国家标准规定,其接地电阻应小于 $4\Omega$ 。另外与变频器相连的控制设备(如 PLC 或 PID 控制仪)要与其共地。

### 13 电气试验

本章依据中华人民共和国国家标准 GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》,并参照国家有关标准、其他行业标准等编制。适用于石油化工业 220kV 及以下电力变、配电系统试验。

13.2.1 在注油前测量接地线引出套管对外壳的绝缘电阻,能发现运输用的铁心支撑件未拆除的可能,以免造成较大的返工。通过测量铁芯和夹件(有外引接地线)的绝缘电阻,可以检查铁心是否有多点接地现象。

13.2.3 本条引自 DL/T 941—2005《运行中变压器用六氟化硫质量标准》。

13.2.4 测量绕组连同套管的直流电阻,应符合规定。

本条为中华人民共和国国家标准 GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》(以下简称“国标”)强制性条文。

考虑由于测量时温度不同,提供温度换算公式。部分变压器结构不同,而导致直流电阻不平衡率超差,提出与出厂测量值比较标准。

13.2.5 测量 220kV 及以下等级的变压器变比,可以检查变压器出厂后分接头接错的可能。

13.2.6 变压器接线组别和极性的测量可以与变比的测量同时进行,并且符合设计要求。

13.2.7 测量绕组连同套管的绝缘电阻、吸收比时,应注意测试仪器的容量、测试温度和湿度等因素的影响。

13.2.14 对于分级绝缘的变压器冲击时中性点接地尤为重要。

13.3.1 吸收比小于 1.2 的电动机,可以在干燥后再进行测量。

13.3.3 本条规定额定电压 1kV 以上,且额定功率 1000kW 以上、中性点连线已引至接线端子板的电动机进行定子绕组直流耐压试验和测量泄漏电流,中性点未引至接线端子板的电动机不做该项试验。

- 13.4.1 同 13.2.6
- 13.5 本条规程适用于 220kV 及以下互感器试验。
- 13.5.1 测量互感器的绝缘电阻,应符合规定。本条为“国标”强制性条文。
- 13.5.8 互感器的接线组别和引出线的极性检查可与其误差试验同步进行。
- 13.5.9 互感器误差试验应按中华人民共和国 JJG 1021—2007《电力互感器》所规定的方法进行试验。
- 13.5.12 b) 误差试验很容易发现承担高压的耦合电容的绝缘缺陷。
- 13.6.3 导电回路导电性能的好坏是断路器是否能够安全运行的重要条件。
- 13.7.10 SF<sub>6</sub>气体中的水分在电弧作用下能生成有毒性及腐蚀性的物质,所以控制 SF<sub>6</sub>气体中水的含量非常重要。测量时,应参照设备生产厂家提供的温湿度曲线核查。
- 13.7.11 推荐在现场采用局部包扎法检查密封性。
- 13.8 六氟化硫封闭式组合电器(Gas Insulated Switchgear 简称“GIS”)。
- 13.8.5 依据中华人民共和国电力行业标准 DL/T 555《气体绝缘金属封闭开关设备现场耐压及绝缘试验导则》,对封闭式组合电器(GIS)的交流耐压试验,可根据被试设备的容量大小选择工频试验变压器或串联谐振试验装置。试验电压的频率可在 10Hz~300Hz 范围内。试验电压值为出厂试验电压的 80%。
- 13.12.1 保证测量主绝缘绝缘电阻值的准确性,同时避免对过电压保护器的损坏。
- 13.12.4 当现场不具备条件时,额定电压 18/30kV 及以下橡塑绝缘的电力电缆,采取直流耐压及测量泄漏电流试验前,应确认是否符合地方规定或满足业主要求。
- 13.14.1 绝缘油电气强度试验按附录 A“绝缘油的试验项目及标准”表中,为平板电极测定值。该表说明中对球形、球盖形电极可按 GB/T 7595《运行中变压器油质量标准》及 GB/T 507《绝缘油击穿电压测定法》中的有关要求试验。按 GB/T 429.9《绝缘油击穿电压测定法》中的有关要求试验;

在 GB/T 7595—2008《运行中变压器油质量标准》中,绝缘油测试采用平板式电极。在该标准附录 B 中,列出平板式电极与球形、球盖形电极的击穿电压的差别:击穿电压值在 30kV 以上时,球形、球盖形电极要高出平板电极的击穿电压值。击穿电压值在 30kV 以下时,平板电极高于球形、球盖形电极击穿电压值。

而 GB/T 507 标准等效于(eqv)国际电工委员会(IEC)156 标准,与国际电工委员会(IEC)156 差别很小,国际电工委员会(IEC)156 采用球形和球盖形电极,油杯容积为 350mL~600mL。

目前,国际电工委员会(IEC)156 的试验方法是得到世界上大多数国家承认、执行的标准,其通用性、先进性不容置疑。

国标 GB/T 507—2002 基本上是参照国际电工委员会(IEC)156 制订的,要求基本相同。本着新标准向国际标准靠拢的原则,优先采用先进的、国际通用的标准是制订本条一条重要原则。

在本条中规定:绝缘油电气强度试验,应符合下列规定:绝缘油电气强度试验采用球形、球盖形或平板形电极,电极的间隙为:2.5mm±0.05mm,油杯的容积为:350mL~600mL。主要是考虑到在实际施工过程中,存在球形、球盖形或平板形电极不同的试验仪器,所以在本条中将三种不同的电极都列入本条中。

13.15.1 六氟化硫新气质量标准依据中华人民共和国国家标准 GB/T 8905—1996《六氟化硫电气设备中气体管理和检测导则》编制。

13.15.2 变压器六氟化硫气体标准依据 DL/T 941—2005《运行中变压器用六氟化硫质量标准》编制。

13.16 低压(220V, 380V)金属氧化物避雷器试验方法:

- 1) 用 500V 兆欧表测量阀片电阻值,如读数在 0.5M 以上说明正常;如读数为 0,说明阀片已坏;如读数为无穷大,说明熔丝已断,避雷器不能使用。
- 2) 对低压避雷器施加直流电压,用直流毫安表和电压表测量避雷器的泄漏电流和  $U_{1mA}$ ,对于

220V避雷器,  $U_{1mA}$ 不小于500V; 对于380V避雷器,  $U_{1mA}$ 不小于800V为正常。

13.17.1 根据避雷器结构及原理的特殊性,不同电压等级的避雷器应采用相应电压等级的兆欧表进行测量其绝缘电阻。

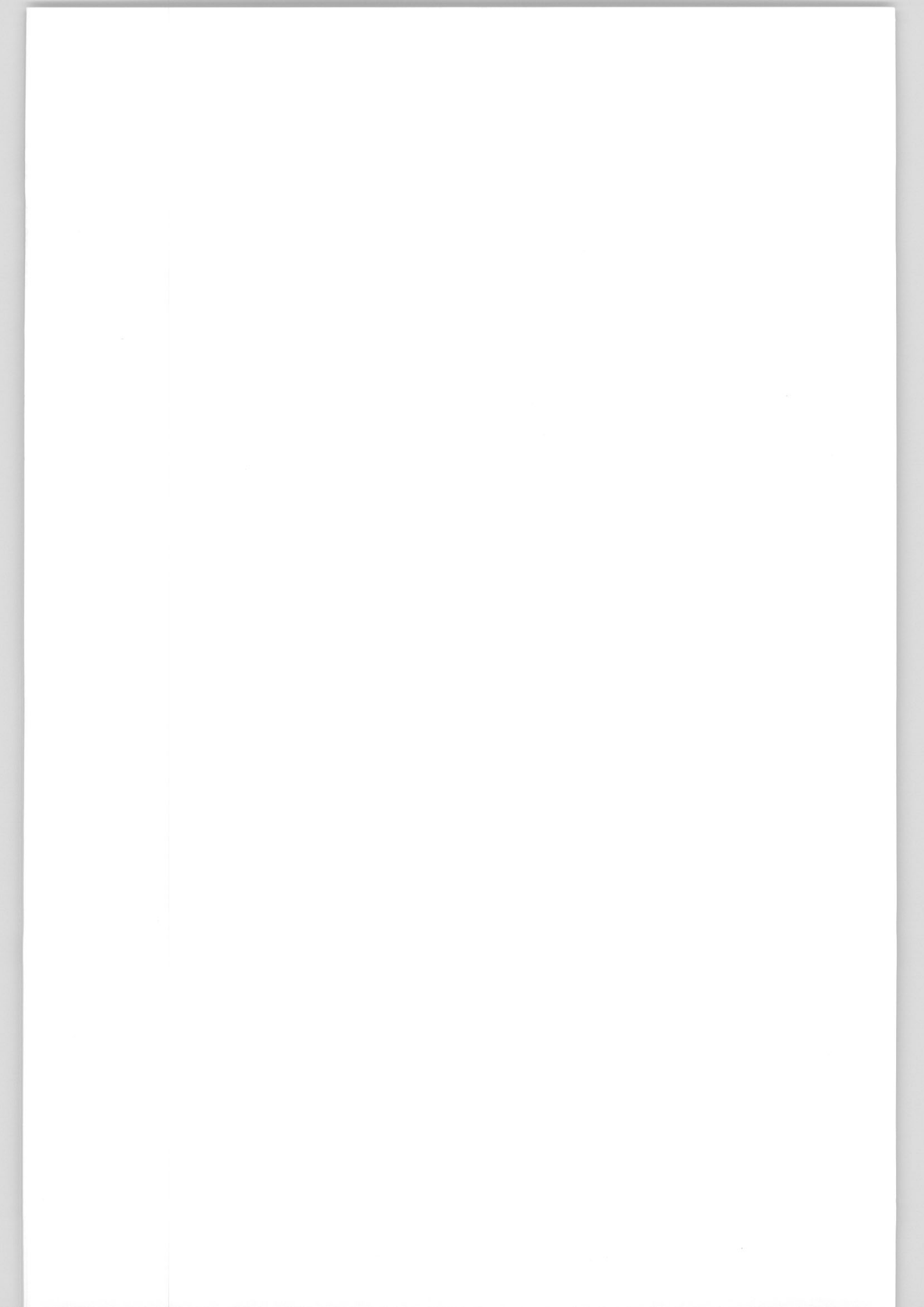
13.20.4 不提倡对脱扣电流较大的低压断路器脱扣器通入电流(长延时、短延时)整定,除非制造商有具体要求或提供详细的试验方法。

### 13.21.2 接地阻抗

本条为“国标”强制性条文。

中华人民共和国国家标准 GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》接地装置一章中,对1kV以下电力设备、独立避雷针接地阻抗、燃油、易爆气体储罐及其管道接地阻抗、露天配电装置的集中接地装置及独立避雷针(线)等给出接地阻抗标准。接地装置的接地阻抗值,应由设计规定接地阻抗值。

有效接地系统(电力系统中全部或部分中性点直接接地或经小阻抗接地)和非有效接地系统(电力系统中所有中性点均不接地,或部分经过高阻抗接地,或经消弧线圈接地)接地阻抗,应由设计规定接地阻抗值。



中华人民共和国  
石油 化 工 行 业 标 准  
石油 化 工 电 气 工 程 施 工 技 术 规 程  
SH 3612—2013

\*

中国石化出版社出版  
中国石化集团公司工程标准发行总站发行  
地址：北京市东城区安定门外大街 58 号  
邮编：100011 电话：(010) 84271850  
石化标准编辑部电话：(010) 84289937  
读者服务部电话：(010) 84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: [press@sinopec.com](mailto:press@sinopec.com)

版权专有 不得翻印

\*

开本 880×1230 1/16 印张 6.5 字数 186 千字  
2014 年 9 月第 1 版 2014 年 9 月第 1 次印刷

\*

书号：155114·0909 定价：82.00 元

(购买时请认明封面防伪标识)