



山西机电团体标准

T/SXJD 13—2020

110kV 预装式变电站技术条件

Technical specification for 110kV prefabricated substation

2020-01-10 发布

2020-02-10 实施

山西省机械电子工业联合会 发布

目 次

目 次	I
前 言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 使用条件	4
4.1 周围空气温度	4
4.2 海拔高度	5
4.3 最大风速	5
4.4 环境相对湿度	5
4.5 降雨量	5
4.6 雷暴日	5
4.7 抗震等级	5
4.8 污秽等级	5
4.9 覆冰厚度	5
4.10 用户特殊要求	5
5 型号命名	5
6 额定值	6
6.1 额定电压	6
6.2 额定绝缘水平	6
6.3 额定频率和相数	6
6.4 额定电流	6
6.5 温升	6
6.6 额定短时耐受电流及额定短路持续时间	7
6.7 额定峰值耐受电流(包括接地回路)	7
6.8 控制及信号和辅助回路的额定电源电压	7
6.9 变电站的额定最大容量	7
6.10 额定外壳级别	7
6.11 高压开关设备的额定短路开断电流和额定短路关合电流	7
6.12 接地电阻	8
6.13 主变压器绝缘电阻	8
7 设计与结构	8
7.1 一般要求	8
7.2 选址与总体布置	8
7.3 采用结构形式及选用材料	8
7.4 荷载	9
7.5 钢架构及钢结构房屋	9

7.6	基座与地基	9
7.7	采暖通风	9
7.8	外壳	9
7.9	散热与冷却	9
7.10	门	10
7.11	通风口	10
7.12	隔板	10
7.13	内部故障	10
7.14	主变压器和电气主接线	10
7.15	配电装置	10
7.16	站用电源和直流电源及不停电电源	10
7.17	电气二次设备布置	10
7.18	照明	10
7.19	无功补偿装置	10
7.20	电缆敷设	10
7.21	电测量仪表装置	11
7.22	过电压保护	11
7.23	其他设计和结构要求	11
7.24	安全与环保	11
7.25	噪声	11
7.26	防火	11
7.27	对土壤的保护	11
7.28	接地	11
7.29	爬电距离	12
7.30	气体和真空的密封	12
7.31	液体的密封	12
7.32	其他功能	12
8	钢结构施工与验收	13
8.1	钢结构施工	13
8.2	钢结构验收	13
9	型式试验	13
9.1	一般要求	13
9.2	绝缘试验	14
9.3	温升试验	16
9.4	防护等级检验	18
9.5	电磁兼容性(EMC)试验	18
9.6	验证外壳耐受机械应力的试验	18
9.7	内部电弧试验	18
9.8	功能试验	19
10	出厂试验	19
10.1	一般要求	19
10.2	出厂检验项目	19
11	标志、包装、运输、贮存、安装、运行、维护和寿命终了规程	20

11.1 标志	20
11.2 包装	21
11.3 运输	21
11.4 贮存	21
11.5 安装	21
11.6 运行	22
11.7 维护	22
11.8 寿命终了时的拆卸、回收以及处理	22

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由南自晋能自动化有限公司提出。

本标准由山西省机械电子工业联合会归口。

本标准起草单位：南自晋能自动化有限公司。

本标准主要起草人：冯泽荣、马建勇、田林云、赵华、周宏宇、武云龙、吴步腾、彭育荣、刘泉泉、裴国英、宋新玲、李洪凤、王勇强、李国星、雷超。

110kV 预装式变电站技术条件

1 范围

本标准规定了110kV预装式变电站的术语和定义、使用条件、型号命名、额定值、设计与结构、钢结构施工与验收、型式检验、出厂检验、标志、包装、运输、贮存、安装、运行、维护和寿命终了规程。

本标准适用于额定频率50Hz，高压侧额定电压110kV，低压侧额定电压10kV/35kV/380V的110kV预装式变电站（以下简称为变电站），该变电站常安装在公众可接近地点，应按规定的使用条件保证人身安全，本标准描述的变电站是通过电缆连接的，可以从它的内部（进入型）或外部（非进入型）进行操作。

注：对于架空线路的预装式变电站，也可参照本标准。

变电站能够在地面上，或部分或全部在地面下安装。通常，变电站包括下述主要元件（功能）和部件：

- 外壳；
- 电力变压器；
- 高压开关设备和控制设备；
- 低压开关设备和控制设备；
- 高压和低压内部连接线；
- 辅助设备和回路。

本标准中的相关规定适用于并非上述所有元件都存在的设计（例如，只有电力变压器和低压开关设备和控制设备构成的设施）。

2 规范性引用文件

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

- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB 1094.1—2013 电力变压器 第1部分：总则
- GB 1094.2 电力变压器 第2部分：液浸式变压器的温升
- GB/T 1094.3—2017 电力变压器 第3部分：绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙
- GB 1094.11—2007 电力变压器 第11部分：干式变压器
- GB/T 1408.1 绝缘材料电气强度试验方法 第1部分：工频下试验
- GB/T 4025—2010 人机界面标志标识的基本和安全规则 指示器和操作器件的编码规则
- GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP代码)
- GB/T 4728.2—2018 电气简图用图形符号 第2部分：符号要素、限定符号和其他常用符号
- GB/T 5465.2—2008 电气设备用图形符号 第2部分：图形符号
- GB 7251.1—2013 低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则
- GB/T 9969 工业产品使用说明书 总则
- GB/T 11022—2011 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 13384—2008 机电产品包装通用技术条件

- GB 14048.1 低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则
- GB/T 16935.1—2008 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分：原理、要求和试验
- GB 17467—2010 高压/低压预装式变电站
- GB/T 17627.1 低压电气设备的高电压试验技术 第1部分：定义和试验要求
- GB 50007 建筑地基基础设计规范
- GB 50009—2012 建筑结构荷载规范
- GB 50016—2014 建筑设计防火规范
- GB 50017—2017 钢结构设计标准
- GB 50059—2011 35kV~110kV变电站设计规范
- GB 50060—2008 3~110kV高压配电装置设计规范
- GB/T 50065—2011 交流电气装置的接地设计规范
- GB 50205 钢结构工程施工质量验收规范
- GB 50217 电力工程电缆设计标准
- GB 50227 并联电容器装置设计规范
- GB 50229—2019 火力发电厂与变电站设计防火标准
- GB 50260—2013 电力设施抗震设计规范
- GB 50755 钢结构工程施工规范
- DL/T 593—2016 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求
- DL/T 604 高压并联电容器装置使用技术条件
- DL/T 620 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合
- DL/T 5103—2012 35kV~220kV无人值班变电站设计规程
- DL/T 5119—2000 农村小型化无人值班变电所设计规程
- DL/T 5457—2012 变电站建筑结构设计技术规程
- DL/T 5510 智能变电站设计技术规定
- DBJ04/T 312 湿陷性黄土场地勘察及地基处理技术规范

3 术语和定义

GB/T 11022—2011和GB 17467—2010界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

预装式变电站 prefabricated substation

预装式变电站是将主变压器、多路高压进出线开关、无功补偿装置、绝缘母线、变电站综合自动化系统、通讯、远动、计量及直流电源等电气单元，按照系统性、安全性、可靠性、易维护、一体化的原则安装在一个隔热、防火、防盗、防潮、防小动物、通风、全封闭、可拆装、增减间隔的钢结构箱体。该箱体的构件可在工厂预制，现场直接安装。

3.2

运输单 transport unit

预装式变电站的一部分，它在装运时不需拆卸。

[GB 17467—2010, 定义3.102]

3.3

外壳 enclosure

预装式变电站的一种部件，它保护变电站免受外部的影响，并为运行人员和一般公众提供规定的防护等级以防止其接近或触及带电部件和触及运动部件。

[GB 17467—2010, 定义3.103]

3.4

隔室 compartment

预装式变电站的一部分，除了内部连接、控制或通风需用的通道外，它是封闭的。

注：隔室可以由其中包含的主要元件来命名，例如分别称为变压器隔室、高压开关设备和控制设备隔室、低压开关设备和控制设备隔室。

[GB 17467—2010, 定义3.104]

3.5

元件 component

预装式变电站中提供的一种或几种特定功能的基本部件（例如变压器、高压开关设备和控制设备、低压开关设备和控制设备等）。

[GB 17467—2010, 定义3.105]

3.6

隔板 partition

预装式变电站中将一个隔室和另一个隔室分开的部件。

[GB 17467—2010, 定义3.106]

3.7

主回路 main circuit

预装式变电站内包含全部导电部件用于传送电能的回路。

[GB 17467—2010, 定义3.107]

3.8

辅助和控制回路 auxiliary and control circuit

预装式变电站内包含的全部导电部件（不同于主回路）用于控制、测量、信号、调节、照明等的回路。

[GB 17467—2010, 定义3.108]

3.9

额定值 rated value

一般是由制造厂对预装式变电站规定的运行条件所指定的量值。

[GB 17467—2010, 定义3.109]

3.10

防护等级（IP 代码） degree of protection (IP code)

由外壳提供的、并经标准的试验方法验证的防护程度，用以防止触及危险部件、防止外来物体进入和防止水分浸入。

[GB 17467—2010, 定义3.110]

3.11

周围空气温度 ambient air temperature

在规定条件下测定的预装式变电站外壳周围的空气温度。

[GB 17467—2010, 定义3.111]

3.12

外壳级别 class of enclosure

在本标准规定的正常使用条件下，变压器在外壳内的温升和同一台变压器在外壳外的温升之差。该变压器的额定值（容量和损耗）相应于预装式变电站的最大额定值。

[注：修改GB 17467—2010, 定义3.112]

3.13

变压器的负荷系数 transformer load factor

在恒定的额定电压下变压器能够给出的恒定电流标么值。

[GB 17467—2010, 定义3.113]

3.14

内部电弧级的预装式变电站 Internal arc classified prefabricated substation

通过适当的试验验证的、在内部故障电弧事件下满足对人员防护的规定判据的预装式变电站。

[GB 17467—2010, 定义3.114]

3.14.1

IAC-A 内部电弧级 internal arc classification IAC-A

在预装式变电站的高压侧正常操作期间，对于操作人员提供防护的预装式变电站。

[GB 17467—2010, 定义3.114.1]

3.14.2

IAC-B 内部电弧级 internal arc classification IAC-B

在预装式变电站的所有侧对于附近的一般公众提供防护的预装式变电站。

[GB 17467—2010, 定义3.114.2]

3.14.3

IAC-AB 内部电弧级 internal arc classification IAC-AB

对于授权人员和一般公众，均能够提供防护的预装式变电站。

[GB 17467—2010, 定义3.114.3]

3.15

防止机械撞击的防护等级(IK 代码) degree of protection against mechanical impacts (IK code)

由外壳提供的防止有害机械撞击并经过标准的实验方法验证的设备的保护程度（水平）。

[GB 17467—2010, 定义3.115]

4 使用条件

4.1 周围空气温度

——最高温度：40℃；

——最低温度：-25℃；

——最大日平均气温：35℃。

4.2 海拔高度

海拔高度为1000m及以下。修正原则为：

- 海拔在1000m及以下时，设备外绝缘水平不进行海拔修正，但应考虑污秽对其的影响。
- 海拔在1000-1500m范围，设备外绝缘水平按1500m进行海拔修正，并应考虑污秽对其的影响。
- 海拔在1500-2000m范围，设备外绝缘水平按2000m进行海拔修正，并应考虑污秽对其的影响。
- 海拔大于2000m时，应考虑实际运行地点的环境，根据设计具体确定。

4.3 最大风速

最大风速不超过27m/s。

4.4 环境相对湿度

在25℃时，日平均值湿度不超过95%，月平均湿度不超过90%。

4.5 降雨量

日降雨量不超过300mm；年降雨量不超过2600mm。

4.6 雷暴日

年雷暴日不超过65日。

4.7 抗震等级

设防烈度为8级，水平加速度为0.25g，垂直加速度为0.125g。

4.8 污秽等级

污秽等级不得超过GB/T 11022—2011中2.2.2d)规定的II级或2.3.3中规定的III级。

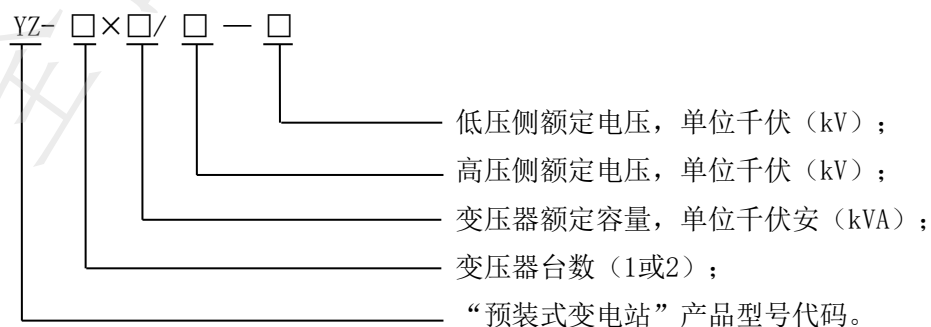
4.9 覆冰厚度

风速不超过15m/s时，覆冰厚度不超过10mm。

4.10 用户特殊要求

用户特殊要求（包括特殊使用环境条件）应符合GB 17467—2010中2.2、GB/T 11022—2011中2.3、GB 7251.1—2013中7.2和GB 1094.1—2013中5.5的规定。

5 型号命名



示例:

YZ-2×100000/110—10 表示内设 2 台单台容量为 100000kVA 的主变压器,高、低压侧额定电压分别为 110 kV 和 10kV 的预装式变电站。

6 额定值

6.1 额定电压

对高压开关设备和控制设备,应符合GB/T 11022—2011的规定。

对低压开关设备和控制设备,应符合GB 14048.1和GB 7251.1—2013的规定。

6.2 额定绝缘水平

6.2.1 高压开关设备和控制设备的额定绝缘水平应符合 GB/T 11022—2011 中 4.3 的规定,见表 1。

表 1 高压开关设备和控制设备的额定绝缘水平

设备最高电压 (标称系统电压) kV(有效值)	额定短时工频耐受电压, kV(有效值)		额定雷电冲击耐受电压, kV(峰值)	
	通用值	隔离断口	通用值	隔离断口
12	42	48	75	85
40.5	95	118	185	215
126	185	185(+73)	450	450(+103)
	230	230(+73)	550	550(+103)

注1: 通用值,适用于相对地、相间和开关断口。
注2: 第三列括号中数值为 $U_r/\sqrt{3}$; 第五列括号中数值为 $U_r * \sqrt{2}/\sqrt{3}$ 。

6.2.2 低压开关设备和控制设备的额定绝缘水平应符合 GB 14048.1 和 GB 7251.1—2013 的规定,工频试验电压为 2kV、历时 1min 的工频耐压试验,无击穿和闪络。

6.2.3 低压开关设备和控制设备的最低额定雷电冲击耐受电压至少应为 GB/T 16935.1—2008 中附录 F 的表 F.1 中对 IV 类过电压给出的值。

6.2.4 变压器绝缘水平应符合 GB/T 1094.3—2017 中第 5 章的规定。

6.2.5 辅助和控制回路的绝缘应符合 GB/T 11022—2011 中 7.3.4 的规定。

6.3 额定频率和相数

额定频率为 50Hz,额定相数为三相。

6.4 额定电流

对于高压开关设备和控制设备应符合 GB/T 11022—2011 的规定;对于低压开关设备和控制设备按 GB 7251.1—2013 的规定。

6.5 温升

预装式变电站各设备及各元件温升要求如下:

- 变压器的允许温升应符合GB 1094.2—2013中第6章的规定。
- 高压开关设备和控制设备的允许温升应符合GB/T 11022—2011中4.5.2及表3的规定。
- 低压开关设备和控制设备的允许温升应符合GB 7251.1—2013中9.2和表6的规定。
- 变电站的内部接线的最大允许温升应符合DL/T 593—2016中4.5.2和表3规定的适用于触头连接以及和绝缘接触的金属部件的值。
- 变电站内其他未被DL/T 593—2016和GB 7251.1—2013规定的范围所覆盖的某些元件的允许温升，应不超过各元件相应标准中规定的最高允许温度和温升极限。

6.6 额定短时耐受电流及额定短路持续时间

110kV预装式变电站额定短时耐受电流(有效值)及额定短路持续时间参数如下(包括接地回路):

- 110kV侧额定短时耐受电流为31.5kA，额定短路持续时间3s；
- 35kV进线侧额定短时耐受电流为25kA，额定短路持续时间4s；
- 10kV进线侧额定短时耐受电流为40kA，额定短路持续时间4s；
- 10kV出线侧额定短时耐受电流为25kA，额定短路持续时间4s。

6.7 额定峰值耐受电流(包括接地回路)

110kV预装式变电站额定峰值耐受电流参数如下(包括接地回路):

- 110kV侧额定峰值耐受电流为80kA；
- 35kV侧额定峰值耐受电流为63kA；
- 10kV进线侧额定峰值耐受电流为100kA；
- 10kV出线侧额定峰值耐受电流为63kA。

6.8 控制及信号和辅助回路的额定电源电压

控制及信号回路的额定电源电压为220V(直流)，辅助回路的额定电源电压为220V(交流或直流)。

6.9 变电站的额定最大容量

额定最大容量为 $2 \times 100000 \text{kVA} = 200000 \text{kVA}$ 。

6.10 额定外壳级别

额定外壳级别:

- 额定外壳级别是与预装式变电站额定最大容量相对应的外壳级别；
- 额定外壳级别用来决定变压器的负荷系数，使变压器的温度不超过GB 1094.2给出的限值；
- 有六个额定外壳级别：级别5、10、15、20、25、30，分别对应于5K、10K、15K、20K、25K、30K变压器的最大温升差值；
- 额定外壳级别不低于10级。

6.11 高压开关设备的额定短路开断电流和额定短路关合电流

高压开关设备的额定短路开断电流和额定短路关合电流:

- 110kV侧额定短路开断电流40kA，110kV侧额定短路关合电流100kA。
- 35kV侧额定短路开断电流25kA，35kV侧额定短路关合电流63kA。
- 10kV进线侧额定短路开断电流31.5kA，10kV进线侧额定短路关合电流80kA。
- 10kV出线侧额定短路开断电流25kA，10kV进线侧额定短路关合电流63kA。

6.12 接地电阻

整站接地网的接地电阻应符合GB/T 50065—2011中4.2.1的规定。

6.13 主变压器绝缘电阻

高压侧对低压侧绝缘电阻不小于300M Ω , 高压侧对地绝缘电阻不小于300M Ω , 低压侧对地绝缘电阻不小于300M Ω 。

7 设计与结构

7.1 一般要求

变电站应设计成不设专职人员对变电站内的设备进行操作和管理、只依靠远方监控系统、实现远方操作并获得相关信息的完全无人值班的变电站。

7.2 选址与总体布置

7.2.1 选址

变电站站址和站区布置应符合GB 50059—2011中2.0的规定。应布置在对抗震有利地段, 并应避免对抗震不利地段; 当无法避开时, 应采取有效措施。不得在危险地段选址。应符合GB 50260—2013中4.0的规定。变电站的抗震设防类别和抗震等级应符合GB 50260—2013中表7.1.1和表7.1.2的规定。

7.2.2 总体布置

配电楼(室)宜择优选用规则的体型, 其抗侧力构件的平面布置宜规则对称, 避免侧向刚度和承载力的突变, 见GB 50260—2013中7.6的规定。

7.3 采用结构形式及选用材料

7.3.1 采用结构形式

配电楼(室)为单层, 宜采用轻型门式钢架或钢排架结构; 多层宜采用钢框架结构。围护结构宜采用装配式墙体。基础宜采用钢筋混凝土现浇或预制均可。

7.3.2 选用材料

钢材宜优先采用Q235和Q345等钢, 承重结构所用的钢材应具有屈服强度、抗拉强度、断后伸长率和硫、磷含量的合格保证, 对焊接结构应具有碳当量的合格保证。冬季温度较低的地区, 还应要求钢材具有低温冲击韧性的合格保证。所采用的钢材牌号及钢材的冲击韧性等物理性能指标、强度设计值以及焊缝和螺栓连接强度设计值均应符合GB 50017—2017第5章的规定。

7.3.3 钢结构耐火设计

钢结构设计耐火极限应符合GB 50016中的有关规定。厂房的火灾危险性分类及耐火等级应符合GB 50016中3.1和3.2的规定, 不同耐火等级厂房构件的燃烧性能和耐火极限(h)见表3.2.1中的规定。

7.3.4 钢结构防腐蚀设计

钢结构防腐蚀设计应根据建筑物的重要性、环境腐蚀条件、施工和维修条件等要求合理确定防腐蚀设计年限，按 GB 50017—2017 中 18.2 的规定。

7.4 荷载

变电站结构设计应符合 GB 50009—2012 及 GB 50059—2011 中 4.2、DL/T 5457—2012 中 4.2.5 和 4.4 的相关规定，并结合实际情况分析确定变电站的结构荷载。变电站不宜建在山峰和山坡地段，宜建在相对平坦的地面。

7.5 钢架构及钢结构房屋

变电站钢结构的架构设计应符合 GB 50017—2017 及 GB 50059—2011 中 4.4 和 DL/T 5457—2012 中第 6、7 章的规定；

由钢结构组建的屋体应符合 GB 50059—2011 中 4.3、4.4、GB 50017—2017 和 DL/T 5457—2012 中 3.2 的规定。

7.6 基座与地基

7.6.1 基座可以是金属，也可以是钢筋混凝土，确保变电站在吊装、运输和使用过程中不发生变形和损坏。

7.6.2 变电站的地基基础设计应符合 GB 50007 及 DBJ04/T 312 的规定。

7.7 采暖通风

变电站的采暖通风应符合 DL/T 5103—2012 中 5.4 的规定。

7.8 外壳

7.8.1 防护等级

变电站的外壳防护等级应不低于 GB/T 4208—2017 中 IP23D，更高的防护等级可根据用户要求按 GB 4208 中的规定选取。

7.8.2 对机械应力的防护

变电站的外壳应有足够的机械强度，并能承受以下的负荷和撞击：

- 顶部负荷为最小值为 $2500\text{N}/\text{m}^2$ （竖立负荷或其他负荷）；
- 雪负荷是根据安装地的气候条件确定。外壳上的风负荷按 4.3 规定要求。

——在面板、门和通风口上的外部机械撞击：正常使用条件下应能承受外部机械撞击的能量为 20J，大于该值的意外机械撞击（如车辆的撞击）未包含在本标准中，但应予以防止。如需要可以在变电站的外部及周围采取措施。

7.9 散热与冷却

变电站应设足够的自然通风口，并采取必要的隔热措施，以保证在 4.1 规定的正常使用环境温度下，所有的电器元件的温升不超过允许温升，并且散热风机可以随变压器的运行温度的变化进行自动投切。

采用其他冷却方式（例如强制通风冷却），须经制造厂和用户协商同意。

7.10 门

变电站的门是外壳的一部分，当关上时，应符合对外壳规定的防护等级。门均应向外开，开启角度至少90°并设有定位装置，使之保持在打开位置。所有门均应采用内铰链，并应装有把手、暗门和能防雨、防堵、防锈的暗锁。各隔室的门应与照明设施联锁，随着门的开关自动控制照明设施的开关。变压器隔室的门打开后，还应装设可靠的安全防护网或遮拦，并设有联锁装置，以防带电状态下人员进入。

7.11 通风口

通风口的设置或遮护应具有与外壳相同的防护等级，并要有足够的机械强度。

7.12 隔板

变电站内的隔板的防护等级不应低于GB/T 4208—2017中IP2XC的规定。隔板和外壳的内壁可以用金属或非金属的材料，但其色彩应与内部电器设备的颜色相协调。

7.13 内部故障

变电站应采取措施预防或避免在变电站中，由于缺陷、异常使用条件或误动作造成的故障而引起的内部电弧，并按GB 17467—2010中5.101的规定和措施限制其持续时间和后果。

7.14 主变压器和电气主接线

变电站主变压器和电气主接线设计应符合DL/T 5119—2000中6.1及DL/T 5103—2012中4.1的规定，并在监控室的显著位置上标出专用的模拟一次系统图。

7.15 配电装置

变电站高压配电装置的设计应符合GB 50060—2008中第5章的规定。

7.16 站用电源和直流电源及不停电电源

7.16.1 站用电源

变电站用电源应符合DL/T 5103—2012中4.5的规定。

7.16.2 直流电源及不停电电源

变电站的直流电源及不停电电源应符合DL/T 5103—2012中4.6的规定。

7.17 电气二次设备布置

变电站的电气二次设备布置应符合DL/T 5103—2012中4.7的规定。

7.18 照明

照明应符合DL/T 5103—2012中4.15的规定。

7.19 无功补偿装置

无功补偿装置应符合GB 50227和DL/T 604的规定，并能就地远方投切。

7.20 电缆敷设

电缆敷设应符合 GB 50217 的规定。高压电缆的敷设和电缆箱的安装位置应便于电缆绝缘试验接线的拆装和试验。

7.21 电测量仪表装置

电测量仪表装置应符合 DL/T 5103—2012 中 4.9 的规定。

7.22 过电压保护

过电压保护应符合 DL/T 620 的规定。

7.23 其他设计和结构要求

本章中未涉及的其他设计和结构要求（如动力操作、储能操作、不依赖人力的操作、脱扣器的操作等）按 GB 17467—2010 中第 5 章和 GB/T 11022 的规定。用户订货合同另有规定的按用户订货合同规定。

7.24 安全与环保

7.24.1 防腐处理和防凝露措施

7.24.1.1 变电站中用金属材料制成的架构、外壳、顶盖、隔板和基座等，应进行防腐处理，并涂保护层。表面覆盖层应采用静电喷涂，涂层应不小于 150 μm ，并均匀一致，防护层应喷涂均匀，并有牢固的附着力。箱壳颜色至少 15 年不褪色。

7.24.1.2 变电站的开关设备和控制设备的隔室应装设驱潮装置，以防止因凝露而影响元件的绝缘性能和对金属产生锈蚀。

7.25 噪声

变电站的声发射水平应符合 GB 17467—2010 中 5.104 的规定，并遵守使用所在地的地方法规的要求。变电站内的变压器在规定的输出容量下连续运行，并按规定的冷却方式进行强制通风时，在距变压器隔室 0.3m，离地面 1.5m 处所测得的最大噪声的等级不得大于 55dB（A）。可以通过试验来评估外壳对变压器声发射的效应，试验方法应按 GB 17467—2010 中的附录 B 的规定。

7.26 防火

7.26.1 防火要求

变电站的防火应符合 GB 50229—2019 和 GB 50059—2011 中第 5 章的规定。

7.26.2 外壳结构材料防火要求

变电站外壳结构中使用的材料，应具备 GB 17467—2010 中 5.102.2 和表 1 规定的防止变电站内部或外部着火的性能水平，这些材料应是不可燃的。

7.27 对土壤的保护

变电站应设置专用事故油池，防止内部缺陷导致有害液体（如：变压器油、开关设备的油）从设备中流出，污染土壤。

7.28 接地

变电站交流电气装置的接地除应按GB 17467—2010中5.3的规定外，还应符合GB/T 11022和GB/T 50065—2011有关规定。

7.29 爬电距离

变电站电气设备的爬电距离应符合以下要求：

- 高压开关设备和控制设备的爬电距离应符合 GB/T 11022—2011 中 5.14 的规定；
- 低压开关设备和控制设备的爬电距离应符合 GB/T 7251.1—2013 中 8.3.3 的规定。

7.30 气体和真空的密封

对于高压开关设备和控制设备，应符合 GB/T 11022—2011 中 5.15 的规定。

7.31 液体的密封

对于高压开关设备和控制设备，应符合 GB/T 11022—2011 中 5.16 的规定。

7.32 其他功能

7.32.1 通讯

通信应符合DL/T 5103—2012中4.12的规定。

7.32.2 五防闭锁（联锁）装置

变电站的五防措施应符合以下要求：

- 防止带负荷分、合隔离开关（断路器、负荷开关、接触器合闸状态不能操作隔离开关）。
- 防止误分、误合断路器、负荷开关、接触器（只有操作指令与操作设备对应才能对被操作设备操作）。
- 防止接地开关处于闭合位置时关合断路器、负荷开关（只有当接地开关处于分闸状态，才能合隔离开关或手车才能进至工作位置，才能操作断路器、负荷开关闭合）。
- 防止在带电时误合接地开关（只有在断路器分闸状态，才能操作隔离开关或手车才能从工作位置退至试验位置，才能合上接地开关）。
- 防止误入带电室（只有隔室不带电时，才能开门进入隔室）。

7.32.3 继电保护和自动装置

继电保护和自动装置应符合DL/T 5103—2012中4.10的规定。

7.32.4 位置指示

在触头不可见的情况下，应该提供主回路触头位置的清晰而可靠的指示。在就地操作时，应该能容易地校核位置指示器的状态。

在分闸、合闸或接地（如果有的话）位置，位置指示器的颜色应符合 GB/T 4025—2010的规定。

合闸和分闸位置应该有标志，推荐图形符合按GB/T 5465.2—2008中5007和5008的规定。

对多功能的开关装置，作为代替，位置可以用 GB/T 4728.2—2018中的图形符号来标识。

7.32.5 显示

7.32.5.1 安全监视系统

安全监视系统应符合DL/T 5103—2012中4.13规定。

7.32.5.2 监控和二次接线

变电站的监控和二次接线应符合DL/T 5103—2012中4.8规定。

7.32.5.3 智能化

变电站的智能化设计应符合DL/T 5510的规定。

8 钢结构施工与验收

8.1 钢结构施工

钢结构施工应符合 GB 50755 的相关规定。

8.2 钢结构验收

钢结构验收应符合 GB 50205 的相关规定。

9 型式试验

9.1 一般要求

除按GB/T 11022—2011的6.1的规定外，并做如下补充。

原则上，型式试验应在一台完整的变电站（由各种元件组成的典型结构）上进行。变电站中的元件应是按相应的标准通过型式试验的产品。

应该注意，任何变电站的型式试验参数没有负偏差。

由于元件的类型、额定参数和它们的组合具有多样性，实际上不可能对变电站的所有方案都进行型式试验，所以，型式试验只能在典型的功能单元上进行。任何一种具体布置方案的性能可用可比布置方案的试验数据来验证。

包含有机绝缘材料的变电站，除按下述规定进行试验外，还应按制造厂和用户之间的协议进行补充试验（如果有）。

型式试验的产品应与正式生产产品的图样和技术条件相符合，下列情况下，变电站应进行型式试验：

- a) 新试制的产品，应进行全部型式试验；
- b) 转厂及异地生产的产品，应进行全部型式试验；
- c) 当产品的设计、工艺或生产条件及使用的材料发生重大改变而影响到产品性能时，应做相应的型式试验；
- d) 正常生产的产品每隔八年应进行一次绝缘试验、温升试验、接地回路的短时耐受电流和峰值耐受电流试验、功能试验；
- e) 不经常生产的产品（停产三年以上），再次生产时应进行；
- d) 规定的试验；
- f) 对系列产品或派生产品，应进行相关的型式试验，部分试验项目可引用相应的有效试验报告。

型式试验和验证项目如下。

——强制性型式试验：

- a) 验证变电站绝缘水平的试验；

- b) 检验变电站中主要元件的温升试验;
- c) 检验主回路和接地回路承受额定峰值和额定短时耐受电流能力的试验;
- d) 验证防护等级的试验;
- e) EMC试验;
- f) 验证变电站的外壳耐受机械应力的试验;
- g) 对于IAC-A、IAC-B或者IAC-AB类变电站, 评估内部故障引起的电弧效应的试验;
- h) 检验能满足操作的功能试验。

——选择性型式试验(制造厂和用户商定):

- i) 验证变电站声级的试验。

型式试验可能使一些部件损坏, 妨碍其继续投入使用。因此, 用于型式试验的样品在没有制造厂和用户的协议之前不应投入使用。

9.1.1 试验的分组

除按 GB/T 11022—2011 中 6.1.2 的规定外, 并做如下修改:
强制性型式试验 [不包括项 e) 和项 g)] 应最多在四台样品上完成。

9.1.2 确认试品需要的资料

确认试品需要的资料按 GB/T 11022—2011 中 6.1.3 的规定。

9.2 绝缘试验

由于变电站包含的高压开关设备和控制设备、变压器和低压开关设备和控制设备已按相应标准进行了型式试验, 本条款只适用于元件间的内部连接线。因此设备应进行的绝缘试验如下:

- 高压开关设备和变压器间的连接;
- 变压器和低压开关设备间的连接。

9.2.1 高压连接的试验

9.2.1.1 通用条件

当高压连接是由和通过型式试验的带接地屏蔽的接头相连的高压电缆, 或是由和其他型式的端子(该端子在预装式变电站的安装条件下, 在高压开关设备和变压器高压侧均已通过型式试验)相连的高压电缆组成时, 不需进行绝缘试验。

在所有其他情况下, 高压连接线应按 9.2.1.3~9.2.1.5 的规定进行绝缘试验。

绝缘试验可以将变压器用能重现变压器套管的电场结构的复制品代替后进行。

进行试验时, 高压连接线通过高压开关设备连接到试验电源。只有串联在电源回路中的开关装置是闭合的, 所有其他开关装置都是打开的。

绝缘试验期间, 电压限制装置应断开。

电流互感器的二次端子应短路并接地。电压互感器应断开。

9.2.1.2 试验时周围空气条件

试验时周围空气条件按 GB/T 11022—2011 的 6.2.2 的规定。

9.2.1.3 试验电压的施加

9.2.1.3.1 施加在高压连接上

施加电压时，应将主回路每相的导体依次连接到试验电源的高压端子。主回路和辅助回路的所有其他导体应该连接到框架的接地导体上，并和试验电源的接地端子相连。

9.2.1.3.2 试验电压

试验电压按 GB/T 11022—2011 中 6.2.6 的规定。

9.2.1.3.3 对于非导电材料的外壳

在高压开关设备、控制设备与变压器之间的内部连接线的非接地屏蔽的带电部件与外壳的可触及表面之间的绝缘应耐受 9.2.1.4 和 9.2.1.5 规定的试验电压。

为了检验符合性，绝缘材料制造的外壳的可触及表面，应在它可触及的一侧复盖一个圆形或方形的金属箔并与地相连，金属箔的面积应尽可能地大，但不超过 100cm^2 。金属箔应放在对试验最不利的位。如果对何处最为不利有怀疑，则试验应在不同的位置上重复进行。

高压开关设备和控制设备到变压器之间的非接地屏蔽连接线的带电部件与面对它们的外壳的绝缘材料内表面之间的绝缘应耐受 150%预装式变电站的额定电压 1min。

为了检查符合这一要求，在朝向非接地屏蔽连接线的非导电材料的内表面覆一和地连接的金属箔后，高压开关设备到变压器的非接地屏蔽连接线非导电材料制成的外壳的可触及表面和外壳的非导电材料内表面之间应承受 150%额定电压的工频试验 1min。

应采用 GB/T 1408.1 中规定的方法进行试验，以满足相关的要求。

9.2.1.4 雷电冲击电压试验

高压连接线应按 GB/T 11022—2011 的规定承受雷电冲击电压试验，并做如下补充。

雷电冲击电压试验时，冲击发生器的接地端子应与预装式变电站外壳的接地导体相连。

9.2.1.5 工频电压耐受试验

高压连接线应在干状态下按 GB/T 11022—2011 的规定承受 1min 工频电压耐受试验，并做如下补充。

工频电压试验时，试验变压器的一端应接地并连接到预装式变电站的接地导体上。

9.2.2 低压连接的试验

9.2.2.1 通用条件

当低压连接线的部分或全部被非金属外壳覆盖时，非金属外壳应该用和地相连的圆形或方形金属箔包覆并与地相连，金属箔的面积应尽可能地大，但不应超过 100cm^2 。金属箔应包覆在操作人员可能触及的所有表面上。

试验时，低压连接线通过低压开关设备连接到试验电源上。只有串联在电源回路中的开关装置是闭合的，所有其他的开关装置都打开。

9.2.2.2 雷电冲击电压试验

低压连接线应进行雷电冲击电压试验。如果额定冲击电压试验按本标准的 6.2 选择，试验电压按 GB/T 16935.1—2008 中表 5 的规定。

限制过电压的设施应断开，试验应按 GB/T 17627.1 的规定。

每一极性应施加 1.2/50 μ s 冲击电压 3 次，最小间隔时间 1s。

施加电压时，应将主回路每相的导体依次连接到试验电源的高压端子。主回路和辅助回路的所有其他导体应该连接到接地导体或框架上，并和试验电源的接地端子相连。

试验中不应发生破坏性放电。

9.2.2.3 爬电距离的验证

应测量相间、不同电压回路的导体间以及带电的和外露的导电部件间的最短爬电距离。对于不同的材料组合和污秽等级，测得的爬电距离应符合 GB/T 16935.1—2008 中表 4 的规定。

9.2.3 辅助回路的绝缘试验

辅助回路的绝缘试验按 GB/T 11022—2011 中 6.2.11 的规定。

9.3 温升试验

本试验的目的是校验变电站外壳设计的正确性，且不缩短变电站内元件的预期寿命。如果没有超过绝缘经过热效应劣化的接受限值，则不会影响它们的预期寿命。根据温升试验的结果，可能有必要对元件降容使用。

试验应证明：变压器在外壳内部的温升超过同一变压器在外壳外部测得的温升的数值，不应大于确定外壳级别的数值，例如，5K、10K、15K、20K、25K 或 30K。

9.3.1 试验条件

外壳应完整，元件的布置和使用时一致。门应关上，电缆接口处应按使用条件予以封闭。变压器的容量和损耗应与 6.9 定义的变电站的额定最大容量对应。

变压器、高压连接线、低压连接线和低压设备的温升试验应同时进行。

高压开关设备的温升试验不要求。

注 1: 通常的实践是高压开关设备在比其额定值低很多的电流（负荷）下运行。考虑到这一点，在大多数情况下，变电站外壳内部运行引起的温度的额外提高不会对高压开关设备要求的载流能力有影响。

温升试验在室内进行，房间的大小、保温或空气情况应保持在室内的周围空气温度低于 40℃，且在试验期间，在 1h 内测得的温度变化不超过 1K。

环境应无明显的空气流动，受试设备发出的热量产生的空气流动除外。实际上，如果空气速度小于 0.5m/s，则认为达到了这一条件。

注 2: 对于地下安装的变电站，试验可在地面上进行。经验表明，与地下的试验相比，温升的差别不显著。

9.3.2 试验方法

9.3.2.1 电源的连接

a) 高压侧

变压器和高压开关设备以及其分支（具有正确额定值的熔断器或者断路器）应予以连接，变压器的低压出线端子应予以短路。电源应与高压开关设备的进线端子连接。

b) 低压侧

低压侧的温升试验应按 GB 7251.1—2013 以及下述规定要求进行。低压开关设备应与变压器隔离，并应尽可能地接近变压器端子。在靠近变压器端子的一个方便的点上将变压器和低压开关设备的连接线短路。试验电流应通过出线施加到低压开关设备。

9.3.2.2 试验电流的施加

a) 高压侧

在参考温度下，变压器回路应通以相应的电流来产生变压器的总损耗，可按 GB 1094.2 或者 GB 1094.11—2007 中规定的方法。

注1：该试验要求在额定电流上增加小百分比的电流流过完整的回路以便补偿变压器的空载损耗。

注2：试验期间，电阻可能随着变压器温度的变化而变化。因此，在整个试验期间试验电源的电流应根据保持产生的损耗恒定等于总的变压器损耗来变化。

b) 低压侧

低压回路应通以受试变压器的额定低压电流。

该电源电流在低压出线中的分配应选择发热方面最不利的情况。

9.3.3 测量

9.3.3.1 周围空气温度的测量

周围空气温度是变电站周围空气的平均温度（对封闭式变电站，指的是外壳外部的空气温度）。温度应在最后的四分之一试验周期内，至少用四只温度计、热电偶或其他温度检测装置进行测量。这些测量装置放在载流导体的平均高度上，均匀分布在变电站的四周，距预装式变电站约 1m 处。对于地下变电站，这些装置应布置在通风口的中间高度处。温度计或热电偶应防止空气流动和热的不适当的影响。

为了避免温度快速变化引起的指示误差，温度计或热电偶可以放在装有 500mL 油的小瓶内。

在最后的四分之一试验周期内，周围空气温度的变化在 1h 内不应超过 1K。如试验室因不利的温度条件而无法测量，则可用处在相同条件下的一台相同的但不通电的预装式变电站的温度来代替周围空气温度。这台附加的预装式变电站不应承受不适当的热量。

试验时，周围空气温度应高于+10℃，但低于+40℃。在周围空气温度的这一范围内试验时，温升值不需修正。

9.3.3.2 变压器

变压器按 GB 1094.2 的规定测量充液变压器液面温升。按 GB 1094.11—2007 的规定测量干式变压器的平均绕组温升。

9.3.3.3 低压开关设备和控制设备

按 GB 7251.1—2013 的规定测量低压开关设备和控制设备的温升。

如果其他结构与经过试验的结构类似，没有必要重复温升试验，除非低压侧的损耗高于受试的结构，或者有说明表示新的低压开关设备本身可能不在规定的温度限值内运行。

测量低压连接线及其端子的温度和温升。

测量电子设备（如果装有的话）安装处的空气温度。

9.3.3.4 高压开关设备和控制设备

测量高压连接线及其端子的温度和温升。

测量电子设备（如果装有的话）安装处的空气温度。

9.3.3.5 验收规则

如果满足以下各点，则认为变电站通过了温升试验：

- a) 变压器的温升不应超过同一变压器在无外壳时的温升测量值与变电站的外壳级别对应的温升差值之和；
- b) 高压连接线及其端子的温升和温度不超过 GB/T 11022—2011 的规定；
- c) 低压连接线和低压开关设备的温升和温度不超过 GB 7251.1—2013 的规定；
- d) 变电站外壳的温度和温升不超过 GB/T 11022—2011 中关于在正常运行期间可被触及的部件的规定（见 GB/T 11022—2011 中表 3）。

9.3.3.6 主回路和接地回路的短时峰值耐受电流试验

变电站的主回路，高压连接线按 GB/T 11022—2011 的规定进行试验，低压连接线按 GB 7251.1—2013 进行试验，接地导体系统按 GB/T 11022—2011 的规定进行试验，并增加下述内容：

不要求对经过型式试验的元件（高压开关设备、变压器、低压开关设备、高压和低压连接线）的主回路和接地回路重复进行型式试验。

试验后，主接地导体和到元件的接地连接线有些变形是允许的，但应保持接地回路的连续性。通常，如果已经证明设计是充分的，不需要对金属盖板及门和主接地导体的连接进行试验。但是，如有怀疑，应在 30A（直流）时进行试验，电压降应小于 3V。

9.4 防护等级检验

9.4.1 IP 代码

本标准 7.8.1 中规定的防护等级，按 GB 4208—2017 的规定进行验证。

9.4.2 IK 代码

对外壳可能是薄弱的部位，如门、面板和通风口，应进行机械撞击试验。试验方法见 GB 17467—2010 中的附录 C。

9.5 电磁兼容性（EMC）试验

对于高压开关设备和控制设备，按 GB/T 11022—2011 的规定。

对于低压开关设备和控制设备，按 GB 7251.1—2013 的规定。

9.6 验证外壳耐受机械应力的试验

试验程序再现了风压、顶部负载和机械撞击产生的机械应力对外壳的效应（见 7.8.2）。

9.6.1 风压

风压对变电站的机械效应可以用计算校核。

9.6.2 顶部负载

变电站的顶部负荷的机械效应可以用计算校核。

9.7 内部电弧试验

对于 IAC-A、IAC-B 或 IAC-AB 级的变电站，对应于高压侧出现内部电弧事件时对人员的防护。该试验应按 GB 17467—2010 中附录 A 的规定进行。

这些试验涵盖了故障导致电弧出现在变电站内部的高压开关设备和高压连接线，且门关闭(IAC-B)或者用于触及高压开关设备的门打开(IAC-A)(见 GB 17467—2010 中的附录 A)的情况。

在特定设计的变电站或其典型的部件上进行的试验的有效性可以扩展至另外一种(见 9.1)。

只要原先的试验更严酷且后面的设计在下述所有方面可以认为与试验过的类似：

- 电弧电流和燃弧时间；
- 内部电弧产生的气流方向；
- 变电站的尺寸和布置；
- 外壳、地板和隔板(如果有的话)的结构和强度；
- 通风网；
- 压力释放装置(如果有的话)的性能。

9.8 功能试验

应该证明能在变电站上完成所有需要的交接、运行和维护工作。

这些工作包括：

- 开关设备和控制设备的操作；
- 变电站门的机械操作；
- 绝缘档板的定位；
- 变压器温度和液面的检查；
- 电压指示的检查；
- 接地装置的连接；
- 电缆的试验；
- 熔断器的更换，如果适用；
- 变压器分接开关的操作；
- 通风网的清洁。

如果不同的元件之间有联锁，其功能应该予以试验。

10 出厂试验

10.1 一般要求

每台变电站应经生产企业质量检验部门出厂检验合格并出具合格证方可出厂。

出厂检验可在预装完整的变电站产品上进行或在每一个施工、装配、运输单元或环节上进行。

当在各个运输单元上进行时，所有运输单元在现场组装为完整的变电站产品后，应再进行相关部分项目的出厂检验。

出厂检验的目的是保证产品与型式检验结果的一致性且产品性能符合国家相关验收规范及用户要求。

10.2 出厂检验项目

10.2.1 设计与结构检查(包括接地连续性检查)

按GB 50059—2011、DL/T 5103—2012和DL/T 5119—2000和用户订货合同，检查设计图样及配套设计计算书、设计说明书等技术文件。

10.2.2 接线正确性检查

对照接线图（电缆敷设图）等设计图样，目测手感或使用常规仪器检查变电站的接线（包括电缆连接及敷设）、端子标记及编号、电缆和导线的规格品种。

10.2.3 接地连续性试验

变电站内任一可能接地的点到变电站的主接地点应在 30A(DC) 电流条件下试验，电压降不应超过 3V。

10.2.4 外观质量

目测检查铭牌、标牌、标志及箱体外表面防护层。

10.2.5 主回路绝缘试验

10.2.5.1 高压连接的试验

按GB/T 11022—2011对高压开关设备及其与变压器之间的高压连接线进行工频电压试验。变压器按 GB 1094.1—2013进行工频耐压试验。

如果预装的高压连接作为变电站的一个分装单独进行出厂试验，则不需要进行工频试验。

10.2.5.2 低压连接的试验

按 GB/T 11022—2011 中 7.2 的规定进行。

10.2.6 辅助和控制回路绝缘试验

按 GB/T 11022—2011 中 7.3.4 规定进行。

10.2.7 功能试验

按GB/T 11022—2011中的7.3.2的规定进行。

10.2.8 现场装配后的试验

高压连接线的绝缘试验在工厂进行了合格检验，则不需要在现场重复检测。但是，如果变电站由于运输需要，部分分装后在现场组装，应按 10.2.2 和 10.2.3 进行试验，以保证它可以正确运行。标志、包装、运输、贮存、安装、运行、维护和寿命终了规程。

11 标志、包装、运输、贮存、安装、运行、维护和寿命终了规程

11.1 标志

11.1.1 变电站应在醒目位置设置耐久和清晰易读的铭牌和相关标志，铭牌应符合 GB/T 13306 的规定，铭牌内容应符合 GB 17467—2010 中 5.10 的规定，包括：生产企业名称或/和商标、型号、产品名称、高压侧、低压侧额定电压 (kV)；主变压器 台数×额定容量 (kVA)；额定频率 (Hz)；生产日期、外壳防护等级、产品执行标准编号、商标、出厂编号、外形尺寸(m)、质量 (kg)。

11.1.2 储运图示标志应符合 GB/T 191 规定。

11.1.3 警示性标识和使用说明性标牌标识及按地方标准、法规应设置的标牌标识，应是永久和清晰易读的。

11.2 包装

产品零部件用木箱包装，包装应符合 GB/T 13384—2008 中 5.2 规定，订货合同另有规定时按订货合同执行。包装箱内应附有下列文件：

- 装箱清单；
- 产品合格证书；
- 产品出厂检验报告；
- 符合 GB/T 9969 规定的安装维护使用说明书。

11.3 运输

产品（包括包装状态的零部件）可采用常规运输工具和方式运输，运输工具应清洁、干燥。运输时应轻搬轻放，避免日晒雨淋，防止碰撞、抛摔、重压，不得与腐蚀性物质和散发腐蚀性气体或蒸汽的物质及溶剂类物质混装运输。

11.4 贮存

11.4.1 产品应储存在清洁、干燥的仓库内，储存环境温度为 $-20^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ ；环境相对湿度为月平均相对湿度不大于 90%，日平均相对湿度小于 95%。

11.4.2 不得与腐蚀性物质和散发腐蚀性气体或蒸汽的物质及溶剂类物质同库储存。

11.5 安装

11.5.1 验收检查

产品到货，先检查运输中是否发生损坏或装卸不当，把发现的任何损坏或缺陷通知制造厂，以便尽快妥善处理。

在移动箱变之前，要先拧紧或更换可能已经松动或损坏的零件或附件。

产品附有装箱单、合格证、安装使用说明书、电气原理图、二次接线图、外形图、安装地基图、所采用的主要设备的说明书、操作工具（有专用操作工具时）、钥匙（有门锁时）以及根据协议而提供的备品备件。如有问题请及时与制造厂联系。

11.5.2 开箱和起吊

使用吊钩或起重机不当可能造成箱变或其附件的严重损坏，或引起人员伤亡。靠近箱体底部有用于装卸的吊钩。起吊钢缆拉伸时与垂直线之间的角度不可超过 30° ，必需用横杠支撑钢缆，以免造成箱变结构或起吊钩的任何变形。

每个运输单元的质量应由制造厂声明，且最好应标在该运输单元上。

说明书应该清楚地规定安全起吊变电站的优选方法以及如果不适用于连续户外使用的起吊架的拆除。

注：移动箱变之前，检查它的重量以及所有吊钩或起重设备的承受能力和使用状况。不可使用磨损、损坏的钢缆或吊环。不可使用起吊能力小于箱变铭牌上所示重量的起重设备。

11.5.3 组装

当变电站不能完全组装起来运输时，所有的运输单元应该清楚地加以标记，并提供这些单元的组装图。

11.5.4 安装

制造厂应提供全部必需的资料，以便完成现场的准备工作，例如：

挖掘土方工作的要求；

——外部的接地端子以及等电位螺栓（如果需要时）；

——电缆入口的位置；

——和外部雨水排泄管路的连接，如有的话，包括管道的尺寸和布置。

11.5.5 最后的安装检查

在安装和连接之后，对变电站检查和试验的说明书至少应包括推荐在现场进行的试验清单。

11.6 运行

除了每个元件的使用说明书外，制造厂应提供以下的补充资料，以使用户能够充分理解涉及的主要原理：

——变电站安全特性的说明，出于安全的目的而提供的特种设施和工具的清单以及它们的使用说明；

——通风设施、联锁和挂锁的操作。

11.7 维护

制造厂应出版一本维护手册，至少包括以下资料：

——按相关标准的要求给出主要元件完整的维护说明；

——外壳的维护说明，如有的话，包括维护的频度和程序。

11.8 寿命终了时的拆卸、回收以及处理

制造厂应提供允许最终用户对寿命终了的变电站进行拆卸、回收以及处理的相关资料。这些资料应考虑到对工人和环境的保护。