



# 中华人民共和国国家标准

GB 17467—2010  
代替 GB/T 17467—1998

---

## 高压/低压预装式变电站

High-voltage/low-voltage prefabricated substation

(IEC 62271-202:2006, High-voltage switchgear and  
controlgear—Part 202: High-voltage/low-voltage  
prefabricated substation, MOD)

2010-09-02 发布

2011-08-01 实施

---

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

## 目 次

前言 .....	V
引言 .....	VII
1 概述 .....	1
1.1 范围 .....	1
1.2 规范性引用文件 .....	1
2 正常和特殊使用条件 .....	2
2.1 正常使用条件 .....	2
2.2 特殊使用条件 .....	2
3 术语和定义 .....	3
4 额定值 .....	5
4.1 额定电压 .....	5
4.2 额定绝缘水平 .....	5
4.3 额定频率 .....	5
4.4 额定电流和温升 .....	5
4.5 额定短时耐受电流 .....	6
4.6 额定峰值耐受电流 .....	6
4.7 额定短路持续时间 .....	6
4.8 合分闸装置以及辅助和控制回路的额定电源电压 .....	6
4.9 合分闸装置以及辅助和控制回路的额定电源频率 .....	6
4.10 预装式变电站的额定最大容量和外壳级别 .....	6
5 设计和结构 .....	6
5.1 对开关设备和控制设备中液体的要求 .....	6
5.2 对开关设备和控制设备中气体的要求 .....	6
5.3 接地 .....	7
5.4 辅助设备 .....	7
5.5 动力操作 .....	7
5.6 储能操作 .....	7
5.7 不依赖人力的操作 .....	7
5.8 脱扣器的操作 .....	7
5.9 低压力和高压力闭锁和监视装置 .....	7
5.10 铭牌 .....	7
5.11 联锁装置 .....	8
5.12 位置指示 .....	8
5.13 防护等级 .....	8
5.14 爬电距离 .....	8
5.15 气体和真空的密封 .....	8
5.16 液体的密封 .....	9
5.17 易燃性 .....	9

5.18 电磁兼容性(EMC)	9
5.101 内部故障	9
5.102 外壳	9
5.103 其他规定	11
5.104 声发射	11
5.105 对元件的要求	11
5.106 金属外壳防腐蚀的要求	11
6 型式试验	12
6.1 概述	12
6.2 绝缘试验	13
6.3 无线电干扰电压(r. i. v.)试验	14
6.4 回路电阻的测量	14
6.5 温升试验	14
6.6 主回路和接地回路的短时和峰值耐受电流试验	16
6.7 防护等级检验	16
6.8 密封试验	16
6.9 电磁兼容性(EMC)试验	16
6.101 验证外壳耐受机械应力的试验	16
6.102 内部电弧试验	16
6.103 功能试验	17
7 出厂试验	17
7.1 主回路的绝缘试验	17
7.2 辅助和控制回路的绝缘试验	17
7.3 主回路电阻的测量	17
7.4 密封试验	17
7.5 设计和外观检查	18
7.101 接线正确性检查	18
7.102 接地连续性试验	18
7.103 功能试验	18
7.104 现场装配后的试验	18
8 预装式变电站的选用导则	18
8.1 额定值的选择	20
8.2 外壳级别的选择	20
8.3 内部电弧等级的选择	21
8.4 资料	22
9 与询问单、标书和订单一起提供的资料	24
9.1 与询问单和订单一起提供的资料	24
9.2 与标书一起提供的资料	24
10 运输、安装、运行、维护和寿命终了规程	25
10.1 运输、储存和安装时的条件	25
10.2 安装	25
10.3 运行	26
10.4 维护	26

10.5 寿命终了时的拆卸、回收以及处理	26
11 安全	26
11.1 电气方面	26
11.2 机械方面	26
11.3 热的方面	26
11.4 内部电弧方面	26
附录 A (规范性附录) 预装式变电站内部故障电弧试验方法	29
A.1 引言	29
A.2 内部电弧的分类	29
A.3 试验的选择	30
A.4 试验布置	30
A.5 起弧点	31
A.6 外施的电压和电流	31
A.7 试验程序	32
A.8 接受准则	32
A.9 试验报告	32
A.10 内部电弧级标识	33
附录 B (规范性附录) 验证预装式变电站声级的试验	40
B.1 目的	40
B.2 试品	40
B.3 试验方法	40
B.4 测量	40
B.5 结果的计算和报告	40
附录 C (规范性附录) 机械撞击试验	41
C.1 验证抵抗机械撞击的试验	41
C.2 验证防止机械损害的装置	41
附录 D (资料性附录) 外壳中变压器的额定值	43
D.1 充液变压器	43
D.2 干式变压器	43
D.3 示例	44
附录 E (资料性附录) 接地回路举例	46
附录 F (资料性附录) 外壳材料的特性	49
F.1 金属	49
F.2 混凝土	49
参考文献	51

## 前 言

本标准的全部技术内容为强制性。

本标准修改采用 IEC 62271-202:2006《高压开关设备和控制设备 第 202 部分:高压/低压预装式变电站》对 GB/T 17467—1998《高压/低压预装式变电站》进行全面修订。本标准与 IEC 62271-202 的主要差异如下:

- 按 GB/T 1.1—2000 的规定,对标准的语言表述和格式做了修改;
- 适用的电压范围,高压侧额定电压由 1kV 以上、52 kV 及以下改为 3.6 kV~40.5 kV,并按照 GB/T 11022—1999(或 GB 156)的规定修改其中与额定电压及其系列值相关的内容;
- 根据我国的电网实际,适用的频率范围由 60 Hz 及以下改为 50 Hz 及以下,并删除了与 60 Hz 相关的内容;
- 删除了国际标准的前言,增加了本标准的前言;
- 根据我国的实际情况,增加了型式试验周期的要求(本版的 6.1);
- 根据我国的电力使用的实际情况,重新设计了附录 D 中的 D.3。

本标准代替 GB/T 17467—1998《高压/低压预装式变电站》。本标准与 GB/T 17467—1998《高压/低压预装式变电站》相比,主要变化如下:

- 增加了“内部电弧级的预装式变电站(IAC)”概念(本版的 3.114),并增加了相关的试验内容(本版的附录 A);
- 预装式变电站的外壳级别由三个级别增加到六个(本版的 4.10);
- 增加了“电磁兼容性”的相关要求和试验(本版的 5.18 和 6.9);
- 增加了对预装式变电站内的元件的要求(本版的 5.105);
- 增加了对预装式变电站的主回路中高压和低压连接线承受额定峰值和额定短时耐受电流能力的要求(本版的 6.6);
- 增加了第 8 章预装式变电站的选用导则。对额定值的选择,外壳级别的选择,内部电弧级别的选择等提出了相关的要求;
- 增加了第 11 章安全性的要求;
- 附录 D 按照我国的使用情况,对 D.3 进行了重新设计。

本标准应与 GB/T 11022—1999 一起使用,本标准的章节编号基本与 GB/T 11022—1999 对应,对本标准新增加的内容在同一章节下从 101 开始编号。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C 为规范性附录,附录 D、附录 E、附录 F 为资料性附录。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国高压开关设备标准化技术委员会归口(SAC/TC 65)。

本标准由全国高压开关设备标准化技术委员会负责解释。

本标准起草单位:西安高压电器研究所、中国电力科学研究院高压开关研究所、上海电气输配电试验中心有限公司、金华电力开关有限公司、沈阳变压器研究所、天津市电气传动研究所、武汉高压研究院、武汉市武昌电控设备有限公司、深圳电气科学研究所、宁波天安(集团)股份有限公司、汕头正超电气有限公司、上海柘中(集团)有限公司、深圳市深开电器实业有限公司、日升集团有限公司、华仪电器集团有限公司、浙江昌泰电力开关有限公司、天津三源电力设备制造有限公司、常德市天马电器成套设备有限公司、北京华泰变压器有限公司、浙宝电气(杭州)集团有限公司、广州市番禺明珠电器有限责任公司、川开电气有限公司。

本标准主要起草人：李鹏、田恩文、吴鸿雁。

本标准参加起草人：王平、杨陶莉、崔景春、孔祥军、罗时聪、蒋玉明、叶树新、倪红华、章忠国、董振华、陈雪梅、崔静、康应城、邓永辉、肖敏英、陈一卫、申亮、沈祥裕、仲继江、钱琮、刘晓曲、王富敏、郭伟、程元齐、黄汴、潘永成、祝存春、王世化、李小松、董伟、顾德明、冯家祥、何宝振、罗伟、林必宝、姜晓东、胡建新、赵国君、焦安举、陶厚金。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：GB/T 17467—1998。

## 引 言

预装式变电站定义为经过型式试验的、用来从高压系统向低压系统或者从低压系统向高压系统输送电能的设备,它包括装在外壳内的变压器、低压和高压开关设备、连接线和辅助设备。这些预装式变电站大多是安装在公众易接近的地点,并应按规定的使用条件保证人身安全。

这意味着除了规定的特性、额定值和相关的试验程序外,要特别注意对人身保护的规定,包括运行人员和一般公众。这种保护由采用做过型式试验的元件以及合理的设计和外壳的结构来保证。预装式变电站的正确设计和性能通过本标准中规定的相关型式试验来验证,包括内部电弧试验。

# 高压/低压预装式变电站

## 1 概述

### 1.1 范围

本标准规定了高压侧交流额定电压 3.6 kV~40.5 kV、包含一台或多台变压器、频率 50 Hz 及以下、安装在公众可接近地点的高压/低压或低压/高压户外预装式变电站的使用条件、额定特性、一般结构要求和试验方法。该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。

预装式变电站能够在地面上,或部分或全部在地面下安装。

通常,预装式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)。

注:非预装式的变电站应满足 IEC 61936-1:2002 的使用要求。

### 1.2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第1部分:试验方式(A、B、C、D、E、F、G、H、K、N、T 标尺)

GB 1094.1 电力变压器 第1部分:总则(eqv IEC 60076-1)

GB 1094.2 电力变压器 第2部分:温升(eqv IEC 60076-2)

GB 1094.3 电力变压器 第3部分:绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙(IEC 60076-3, MOD)

GB 1094.5 电力变压器 第5部分:承受短路的能力(IEC 60076-5, MOD)

GB/T 1094.7 电力变压器 第7部分:油浸式电力变压器负载导则(IEC 60076-7, MOD)

GB/T 1094.10 电力变压器 第10部分:声级测定(IEC 60076-10, MOD)

GB 1094.11 电力变压器 第11部分:干式变压器(IEC 60076-11, MOD)

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(IEC 60243-1, IDT)

GB/T 2423(所有部分) 电工电子产品环境试验(IEC 60068, IDT)

GB/T 2900.20—1994 电工术语 高压开关设备(neq IEC 60050)

GB 3906—2006 3.6 kV~40.5 kV 交流金属封闭开关设备和控制设备(IEC 62271-200:2003 MOD)

GB 4208—2008 外壳的防护等级(IP 代码)(IEC 60529:2001, IDT)



GB/T 4796 电工电子产品环境条件分类 第1部分:环境参数及其严酷程度(IEC 60721-1,IDT)

GB/T 4797.4 电工电子产品自然环境条件 太阳辐射与温度(IEC 60721-2-4,IDT)

GB/T 4797.5 电工电子产品环境条件分类 自然环境条件 降水和风(IEC 60721-2-2,MOD)

GB/T 5464 建筑材料不燃性方法(ISO 1182,IDT)

GB 7251.1—2005 低压成套开关设备和控制设备 第1部分:型式试验和部分型式试验成套设备(IEC 60439-1:1999,IDT)

GB/T 11022—1999 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求(eqv IEC 60694:1996)

GB/T 13540 高压开关设备抗地震性能试验

GB 14048.1 低压开关设备和控制设备 第1部分:总则(IEC 60947-1,MOD)

GB/T 14402 建筑材料及制品的燃烧性能 燃烧热值的测定(ISO 1716,IDT)

GB/T 15166.6—2008 高压交流熔断器 第6部分:用于变压器回路的高压熔断器的熔断件选用导则(IEC 60787:1983,MOD)

GB 16895.21 建筑物电气装置 第4-41部分:安全防护 电击防护(IEC 60364-4-41,IDT)

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(IEC 60664-1:1997,IDT)

GB/T 17211 干式电力变压器负载导则(eqv IEC 60905)

GB/T 17627.1 低压设备的高电压试验技术 第一部分:定义和试验要求(eqv IEC 61180-1)

GB/T 20138 电器设备外壳对外界机械碰撞的防护等级(IK 代码)(IEC 62262,IDT)

IEC/TR 60815 绝缘子关于污秽条件下的选用导则

IEC 61936-1:2002 超过1 kV的电力设施 第1部分:公用规则

IEC 62271-201 额定电压1 kV以上38 kV及以下交流绝缘封闭开关设备和控制设备

ISO/IEC 导则 51:1999 安全方面 标准中涉及安全内容的导则

## 2 正常和特殊使用条件

### 2.1 正常使用条件

除非本标准另有规定,预装式变电站应设计成能在符合 GB/T 11022—1999 的正常户外使用条件下使用。

假定外壳内部满足 GB/T 11022—1999 的正常户内条件。但是,预装式变电站外壳内部的周围空气温度可能不同于 3.111 中定义的周围空气温度。

如果变电站内部的周围空气温度高于相关产品标准中对元件规定的限值,可能有必要降低容量,且应按照 GB/T 1094.1 的规定考虑试验条件。

#### 2.1.1 高压开关设备和控制设备

GB/T 11022—1999 适用。

#### 2.1.2 低压开关设备和控制设备

GB 7251.1—2005 适用。

#### 2.1.3 变压器

外壳内的变压器在额定电流下,其温升比敞开条件下的要高,可能会超过 GB 1094.2 或 GB 1094.11 规定的温度极限。

变压器的使用条件应按安装地点外部的使用条件和外壳级别来确定(见 4.10.2)。

预装式变电站的制造厂或用户能够据此计算出变压器可能的使用容量降低值(见附录 D)。

### 2.2 特殊使用条件

当预装式变电站的使用条件和 2.1 的正常使用条件不同时,采用以下规定。

### 2.2.1 海拔

对下列设备应采取措施。

#### 2.2.1.1 高压开关设备和控制设备

对于海拔超过 1 000 m 的设备,见 GB/T 11022—1999。

#### 2.2.1.2 低压开关设备和控制设备

对于海拔超过 2 000 m 的设备,见 GB 7251.1—2005。

#### 2.2.1.3 变压器

对于海拔超过 1 000 m 的设备,见 GB 1094.3 或 GB 1094.11。

### 2.2.2 污秽

在外壳内部有外绝缘的情况下,应在考虑了空气中的盐分或者经过通风口进入的而不能被雨水冲洗掉的工业污秽的条件下选择污秽等级。在此类环境下外壳内部的污秽等级可能比外壳外部的污秽等级更苛刻。

对于准备安装在 IEC/TR 60815 规定的Ⅲ、Ⅳ级污秽环境中的预装式变电站,如果有暴露的绝缘,则应该设计成能够耐受这些污秽。替代的方法是采取措施防止暴露的绝缘表面沉积污秽。

对于处于污秽空气中的预装式变电站,其污秽等级应按下列设备相应标准的规定。

#### 2.2.2.1 高压开关设备和控制设备

GB/T 11022—1999 的 2.2.2 适用。

#### 2.2.2.2 低压开关设备和控制设备

GB/T 16935.1—2008 和 GB 7251.1—2005 适用。

#### 2.2.2.3 变压器

GB 1094.1 和 GB/T 1094.11 没有将污秽作为特殊使用条件。具体的要求由预装式变电站制造厂与用户协商。

### 2.2.3 温度

预装式变电站安装处的周围空气温度超出 2.1 中为外壳规定的正常使用条件时,其优先选用的温度范围规定如下:

对严寒气候,−50 ℃和+40 ℃。

对酷热气候,−5 ℃和+50 ℃。

## 3 术语和定义

GB/T 11022—1999 的第 3 章适用,并做如下补充或修改:

### 3.101

**预装式变电站 prefabricated substation**

预装的并经过型式试验的成套设备,它包括本标准 1.1 中述及的元件(功能)及外壳。

### 3.102

**运输单元 transport unit**

预装式变电站的一部分,它在装运时不需拆卸。

### 3.103

**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。

### 3.104

**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。

3. 105

**元件 component**

预装式变电站中提供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)。

3. 106

**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。

3. 107

**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。

3. 108

**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。

3. 109

**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/T 2900.20—1994 的 6.1,修改]

3. 110

**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/或防止水分浸入。

3. 111

**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。

3. 112

**外壳级别 class of enclosure**

在本标准 2.1 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。

3. 113

**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。

3. 114

**内部电弧级的预装式变电站 internal arc classified prefabricated substations**

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。

3. 114. 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。

3. 114. 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。

3. 114. 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。

## 3.115

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试验方法验证的设备的保护程度(水平)。

## 4 额定值

预装式变电站的额定值如下:

- a) 额定电压( $U_r$ );
- b) 额定绝缘水平;
- c) 额定频率( $f_r$ );
- d) 主回路的额定电流( $I_r$ );
- e) 主回路和接地回路的额定短时耐受电流( $I_k$ );
- f) 主回路和接地回路的额定峰值耐受电流( $I_p$ ),适用时;
- g) 主回路和接地回路的额定短路持续时间( $t_k$ );
- h) 合分闸装置以及辅助和控制回路的额定电源电压;
- i) 合分闸装置以及辅助和控制回路的额定电源频率;
- j) 预装式变电站的额定最大容量;
- k) 每台变压器的额定容量;
- l) 变压器在额定电压和额定电流下的总损耗;
- m) 额定外壳级别。

## 4.1 额定电压

对高压开关设备和控制设备,见 GB/T 11022—1999。

对低压开关设备和控制设备,见 GB 14048.1 和 GB 7251.1—2005。

## 4.2 额定绝缘水平

对高压开关设备和控制设备,见 GB/T 11022—1999;对低压开关设备和控制设备,见 GB 14048.1 和 GB 7251.1—2005。

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 表 1 中对 IV 类过电压给出的值。根据不同的使用条件,可能需要选取较高的绝缘水平。

## 4.3 额定频率

对于高压开关设备和控制设备,见 GB/T 11022—1999;对于低压开关设备和控制设备,见 GB 7251.1—2005。

## 4.4 额定电流和温升

## 4.4.1 额定电流

对于高压开关设备和控制设备,见 GB/T 11022—1999;对于低压开关设备和控制设备见 GB 7251.1—2005。

## 4.4.2 温升

在不考虑太阳辐射效应的前提下,预装式变电站外壳的可触及部分的最高允许温度不应超过 70 °C (见 GB/T 11022—1999 表 3 的项 9)。

对于高压开关设备和控制设备,见 GB/T 11022—1999。

对于低压开关设备和控制设备,见 GB 7251.1—2005。

预装式变电站的某些元件,它们不被 GB/T 11022—1999 和 GB 7251.1—2005 的范围所覆盖,遵从专门的规范,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。

对于高压和低压内部连接线,它的最大允许温升是 GB/T 11022—1999 和 GB 7251.1—2005 中规定的适用于触头、连接以及和绝缘材料接触的金属部件的值。对于变压器,应按本标准第 2 章设计,其

负荷系数见附录 D,并参见 GB/T 1094.7 和 GB/T 17211。

#### 4.5 额定短时耐受电流

对于高压开关设备和控制设备,见 GB/T 11022—1999;对于低压开关设备和控制设备,见 GB 7251.1—2005。

接地回路也应规定额定短时耐受电流。该值可以不同于主回路的值。

#### 4.6 额定峰值耐受电流

对于高压开关设备和控制设备,见 GB/T 11022—1999;对于低压开关设备和控制设备,见 GB 7251.1—2005。

接地回路也应规定额定峰值耐受电流。该值可以不同于主回路的值。

注:原则上,主回路的额定短时耐受电流和额定峰值耐受电流不应超过回路中串联连接的最弱元件的相应额定值。

但是,对于每个回路和隔室,可以采用限制短路电流的装置,如限流熔断器、电抗器等。

#### 4.7 额定短路持续时间

对于高压开关设备和控制设备,见 GB/T 11022—1999;对于低压开关设备和控制设备,见 GB 7251.1—2005;对于变压器,见 GB 1094.5 和 GB 1094.11。

接地回路也应规定额定短路持续时间。该值可以不同于主回路的值。

#### 4.8 合分闸装置以及辅助和控制回路的额定电源电压

对于高压开关设备和控制设备,见 GB/T 11022—1999;对于低压开关设备和控制设备,见 GB 7251.1—2005。

#### 4.9 合分闸装置以及辅助和控制回路的额定电源频率

对于高压开关设备和控制设备,见 GB/T 11022—1999;对于低压开关设备和控制设备,见 GB 7251.1—2005。

#### 4.10 预装式变电站的额定最大容量和外壳级别

##### 4.10.1 预装式变电站的额定最大容量

预装式变电站的额定最大容量是设计变电站时指定的变压器的最大额定值。

变压器的额定值是 GB 1094.1 或 GB 1094.11 中规定的变压器的额定容量和额定总损耗。

注:根据外壳级别和周围温度条件能将预装式变电站的输出容量限制到小于其额定最大容量。

##### 4.10.2 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 或 GB 1094.11 中给出的并在附录 D 中述及的限值。

有六个额定外壳级别:级别 5、10、15、20、25 和 30,分别对应于 5 K、10 K、15 K、20 K、25 K 和 30 K 变压器的最大温升差值(见图 1 和图 2)。

注:对应于变压器不同的容量和损耗值,制造厂对同一外壳可以指定几个级别。这些附加的级别应按 6.5 进行试验确认(也可见 8.2)。

### 5 设计和结构

预装式变电站应设计成能够安全地进行正常使用、检查和维护。此外,预装式变电站的设计和制造应能最大程度保证未经授权的人员触及时的人身安全。应注意铰链、通风口的盖板、联锁机构的设计和制造。

#### 5.1 对开关设备和控制设备中液体的要求

对于高压开关设备和控制设备,按 GB/T 11022—1999 中 5.1 的规定。

#### 5.2 对开关设备和控制设备中气体的要求

对于高压开关设备和控制设备,按 GB/T 11022—1999 中 5.2 的规定。

### 5.3 接地

应提供一个将不属于设备主回路和/或辅助回路的预装式变电站的所有金属部件接地的主接地导体系统。每个元件通过单独的连接线与之相连,该连接线应包含在主接地导体中。

如果外壳的框架、水泥的加强筋是金属螺栓或焊接材料制成的,也可以作为主接地导体系统使用。

附录 E 给出了接地系统的一些典型示例。

主接地系统的导体应设计成能够在系统的中性点接地条件下耐受额定短时和峰值耐受电流。

在规定的故障条件下,接地导体的电流密度,如用铜导体,当额定短路持续时间为 1 s 时应不超过  $200 \text{ A/mm}^2$ ;当额定短路持续时间为 3 s 时应不超过  $125 \text{ A/mm}^2$ 。但其横截面积不应小于  $30 \text{ mm}^2$ 。它的端部应有合适的接线端子,以便和装置的接地系统连接。如果接地导体不是铜导体,则应满足等效的热和机械应力的要求。

接地系统在可能要通过的电流产生的热和机械应力作用后,其连续性应得到保证。

注:用户应建立定期检查或者在短路电流流经接地系统后检查接地系统所有部件(内部的和外部的)完整性的程序。

连接到接地回路的元件应包括:

- 预装式变电站的外壳,如果是金属的;
- 高压开关设备和控制设备的外壳,如果是金属的,从其接地端子处连接;
- 高压电缆的金属屏蔽及接地导体;
- 变压器的箱体或干式变压器的金属框架;
- 低压开关设备和控制设备的框架和/或外壳,如果是金属的;
- 自控和遥控装置的接地连接。

如果预装式变电站的外壳是金属的,该外壳的盖板、门和其他可触及的金属部件应设计成从其自身到预装式变电站的主接地点能够在承载 30 A(直流)时电压降不超过 3 V。在预装式变电站的周围提供充分的接地措施,以防止危险的接触电压和跨步电压。

如果预装式变电站的外壳不是金属的,除非存在带电部件和该外壳的盖板、门和其他可触及的金属部件接触的危险,否则没有必要将其和接地回路连接。

### 5.4 辅助设备

对于预装式变电站内的低压装置(例如照明、辅助电源等),如果适用,见 GB 16895.21 或 GB 7251.1—2005。

### 5.5 动力操作

对于高压开关设备和控制设备,按 GB/T 11022—1999 中 5.5 的规定。

### 5.6 储能操作

对于高压开关设备和控制设备,按 GB/T 11022—1999 中 5.6 的规定。

### 5.7 不依赖人力的操作

对于高压开关设备和控制设备,按 GB/T 11022—1999 中 5.7 的规定。

### 5.8 脱扣器的操作

对于高压开关设备和控制设备,按 GB/T 11022—1999 中 5.8 的规定。

### 5.9 低压力和高压力闭锁和监视装置

对于高压开关设备和控制设备,按 GB/T 11022—1999 中 5.9 的规定。

### 5.10 铭牌

每台预装式变电站应提供一耐久、清晰、易识别的铭牌,铭牌至少应包括下列内容:

- 制造厂名或商标;
- 型号;
- 外壳级别;

- 内部电弧标识,适用时;
- 质量(kg);
- 出厂编号;
- 本标准的编号;
- 制造日期。

### 5.11 联锁装置

对于高压开关设备和控制设备,按 GB/T 11022—1999 中 5.11 的规定。

### 5.12 位置指示

对于高压开关设备和控制设备,按 GB/T 11022—1999 中 5.12 的规定。

### 5.13 防护等级

#### 5.13.1 防护等级

防止人员触及危险部件以及防止外来物体进入和水分浸入设备的保护是必需的。

预装式变电站外壳的最低防护等级应为 GB 4208—2008 的 IP23D。更高的防护等级可以按 GB 4208—2008 予以规定。

对于间隔(隔室)型预装式变电站,可以对外壳相应于每个隔室的每一部分确定防护等级。

注:当预装式变电站/隔室的门打开(例如,操作或检查等)时,预装式变电站的防护等级有可能降低。可能需要采取其他预防措施来防止人员触及危险部件,以满足 IEC 61936-1:2002 的 8.1 的安全措施。

#### 5.13.2 预装式变电站对机械应力的防护

预装式变电站的外壳应有足够的机械强度,并应耐受以下的负荷和撞击:

##### a) 顶部负荷:

- 最小值为  $2\,500\text{ N/m}^2$  (竖立负荷或其他负荷);

如果预装式变电站安装在可能出现更高负荷的地点(例如,位于机动车交通区域的地下变电站,雪负荷等),则应予以考虑,且适用时,按照国家或地方关于力方面的法规或者用户的技术要求。

- 雪负荷(根据当地气候条件确定);

##### b) 外壳上的风负荷:

- 风负荷按 GB/T 11022—1999 的 2.1.2;

##### c) 在面板、门和通风口上的外部机械撞击:

- 外部机械撞击的撞击能量为  $20\text{ J}$ ,对应的防护等级为 GB/T 20138 的 IK10。

大于该值的意外机械撞击(例如车辆的碰撞)未包含在本标准中,但应予以防止,如果需要,可在预装式变电站外部及周围采取其他措施。

#### 5.13.3 归因于内部缺陷的环境保护

在内部缺陷导致有害液体从设备(例如,变压器的油,开关设备的油)中流出的情况下,应采取措施拦住有害液体以防止土壤污染。

如果将一个或几个收集箱作为外壳的一部分,它们的容积至少应为:

- 对于每一个单独的箱体:总的有害液体容积相应于有害液体的收集部件(例如,变压器、开关设备等);
- 对于一个公用箱体:总的有害液体容积相应于最大的有害液体收集部件(例如,变压器、开关设备等)。

### 5.14 爬电距离

对于高压开关设备和控制设备,按 GB/T 11022—1999 中 5.14 的规定。对于低压开关设备和控制设备,按 GB 7251.1—2005 的 7.1.2 规定。

### 5.15 气体和真空的密封

对于高压开关设备和控制设备,按 GB/T 11022—1999 中 5.15 的规定。

### 5.16 液体的密封

对于高压开关设备和控制设备,按 GB/T 11022—1999 中 5.16 的规定。

### 5.17 易燃性

按 GB/T 11022—1999 中 5.17 的规定。

### 5.18 电磁兼容性(EMC)

对于高压开关设备和控制设备,GB/T 11022—1999 的 5.18 适用;对于低压开关设备和控制设备,GB 7251.1—2005 的 7.10 适用。

#### 5.101 内部故障

满足本标准要求的预装式变电站原则上能够防止内部故障的出现。

为了达到此目标,预装式变电站的制造厂应保证正确地制造并通过按照第 7 章进行出厂试验来验证。其次,用户应该根据电网特性、操作程序和运行条件(见第 8 章)进行适当的选择。

如果预装式变电站按照制造厂提供的说明书进行安装、操作和维护,在整个使用寿命期间,出现内部故障的概率应很小,但不能完全忽视。

在预装式变电站中,由缺陷、异常使用条件或误操作造成的故障会引发内部电弧,如果有人员在场,可能会构成危害。故障可能出现在变电站的任一部分。但是,由于低压开关设备和变压器在它们的标准中没有规定内部电弧试验程序,因此,本标准中仅考虑了封闭高压开关设备和控制设备以及高压连接外壳内出现的故障(见 6.102)。

对于没有高压开关设备的预装式变电站的布置,见附录 A.3。

考虑到这种危害,必须区分操作人员和一般公众。操作人员可以在预装式变电站的内部(如果在内部操作)或者在其正面(如果在外部操作)。但是,一般公众可能在任何时间位于预装式变电站的周围。一般公众永远不会处于变电站的内部或者在门打开进行操作(如果在外部操作)时处于距变电站操作侧非常近的位置。这些区域应该考虑成为仅对操作人员限制触及的区域。

可能要求在内部故障情况下对一般公众和/或操作人员提供防护方面设计有效性的证据。这些证据应该通过按照附录 A 对预装式变电站进行的试验获得。成功通过试验的变电站划为 IAC-A、IAC-B 或 IAC-AB 类。

在出现内部电弧的情况下,可能存在某些具有毒性的气体。但是,在此情况下预装式变电站的开关室的排风是强制的,因此不会危及操作人员的安全。随后,在重新进入以前必须对小室通风。

设备排出的任何气体的快速扩散将会导致其聚集,因为时间很短,可以忽略,因此不会影响到公众的安全。

#### 5.102 外壳

##### 5.102.1 概述

外壳应满足下列条件。

——防护等级应符合本标准的 5.13。

——用非导电材料制作的外壳的部件应满足特定的绝缘要求。验证符合性的试验在 6.2.1.3.3 中规定。

——应采取各种措施以免在按制造厂的说明进行运输或装卸时外壳发生变形。

——应提供保证安全运行的设施,例如打开门或在需要时卸下面板来改变变压器的分接头或进行检查。

——预装式变电站的冷却应采用自然通风。

注:预装式变电站采用其他冷却方式(例如强迫冷却),须经制造厂和用户协商同意。

——允许元件的部分外壳成为变电站外壳的一部分。在这种情况下,本部分应同时满足本标准和元件的相关产品标准的适用要求。



5.102.2 防火性能

在预装式变电站外壳结构中使用的材料应具备下述防止在预装式变电站内部或外部着火时的最低性能水平。

这些材料应该是不可燃的,若使用合成材料,则应符合 5.102.2.2。

注 1: 在防火性能上,只考虑了材料对火的反应。至于耐火性,应按照地方法规由制造厂和用户间协议来考虑。

注 2: 由于美学方面的原因,可能采用不满足不可燃性试验的表面处理材料。这些材料不应该成为预装式变电站外壳结构的一部分。

5.102.2.1 传统材料

下列材料适用于预装式变电站且认为是不可燃的:

- 混凝土;
- 金属(钢、铝等);
- 灰泥;
- 玻璃纤维或陶瓷棉。

5.102.2.2 合成材料

合成材料应按 GB/T 5464 和 GB/T 14402 进行试验。特性应符合表 1 中给出的最低值。

表 1 合成材料特性

特 性	要求值	标 准
燃烧的 PCS 净热量/(MJ/kg)	$\leq 3.0$	GB/T 14402
温升 $T/K$	$\leq 50$	GB/T 5464
质量损耗 $\Delta m/\%$	$\leq 50$	GB/T 5464
燃烧时间 $t_f/s$	20	GB/T 5464

5.102.2.3 其他材料

制造厂应证明所使用的材料的不可燃性,它们至少应等效于 5.102.2.2。

5.102.3 腐蚀

外壳可以由不同材料(混凝土、金属、合成材料等)制成。如果按照制造厂的说明书进行了维护,外壳材料在其预期的使用寿命期间且在环境条件下(见第 2 章)应不会劣化。

可以采用附加的涂层或表面处理。

可以采用适用的标准评价这些处理的性能。

GB/T 2423 系列标准给出了环境试验程序和试验严酷度方面的信息。

涂层材料和油漆的性能应该由制造厂说明。附录 F 中给出了附加的信息。

如果外壳是主接地导体系统的一部分,为了保持在其预期的寿命期间的载流能力,应采取措施防止接地回路中元件和接触表面的腐蚀。

5.102.3.1 混凝土

混凝土应该防止水的浸入、炭化、霜冻、氯化物的扩散效应以及化学作用。

适用时可以采用油漆和打底子用的油漆。粘着力、老化(湿热)和抗脱落应予以考虑。

5.102.3.2 金属

应通过采用适当的材料或者对于暴露的表面采用适当的保护涂层来保证防止金属腐蚀。

涂层和油漆的特性为:附着力、老化(湿热)和抗脱落。

可以使用没有防护的不锈钢和铝。

5.102.3.3 合成和复合材料

老化(干热和湿热)和紫外线辐射应予以考虑。此外,这些材料可以通过适当的涂层和油漆来防护。

5.102.4 面板和门

面板和门是外壳的一部分。当它们关上时,应符合对外壳规定的防护等级。当通风口放在面板或

门上时,见 5.102.5。

根据进入预装式变电站隔室的方式,把面板和门分成两类:

- a) 一类是正常操作时需要开启(可移开的面板、门),开启和移开时不需要工具。除非人员的安全已通过合适的联锁装置来保证,否则,此类面板或门上应装锁。
- b) 所有其他的面板、门或顶板。它们应装锁,或在用于正常操作的门打开之前,它们不能被开启或移开。打开或移开它们需要专用工具。

门应能向外打开至少  $90^\circ$ ,并备有定位装置使它保持在打开位置。地面下安装的预装式变电站要有一个供进出的舱门,为运行人员和行人提供安全保障。该舱门可由一个人操作即可。

当操作人员在预装式变电站内部或者在变电站的外部对设备进行工作时,应有可靠装置锁定舱门防止其关闭。

#### 5.102.5 通风口

通风口的设置或遮护,应使它保持与外壳相同的防护等级(IP 代码)和对于机械冲击具有相同的防护等级(IK 代码)。

只要 IK 等级得以保证,通风口可以用金属网或类似材料制作。

#### 5.102.6 隔板

如果有隔板,它的防护等级应按 GB 4208—2008 予以规定。

#### 5.103 其他规定

##### 5.103.1 关于电缆绝缘试验的规定

为了进行电缆的绝缘试验,高压开关设备和控制设备的高压电缆箱和/或电缆的试验点应提供安全的连接方法。

##### 5.103.2 附件

应有足够的空间存放附件,例如接地装置、操作手柄等。

##### 5.103.3 操作通道

预装式变电站内部的操作通道的宽度应适于进行任何操作和维护。该通道的宽度应为 800 mm 或更大。预装式变电站内部的开关设备和控制设备的门应朝出口方向关闭,或者是转动的但不应减小通道的宽度。在任一开启位置的门或开关设备和控制设备突出的机械传动装置不应将通道的宽度减小到 500 mm 以下。

##### 5.103.4 标牌

警告用和载有制造厂使用说明等的标牌,以及按地方标准和法规应设置的标牌,应该是耐久和清晰易读的。

#### 5.104 声发射

预装式变电站的声发射水平应由制造厂和用户商定,可以通过试验来评估外壳对变压器声发射的效应。试验方法应按附录 B。

#### 5.105 对元件的要求

所有的元件应符合各自相关的标准。

特别是:

- 变压器,按 GB 1094.1 或 GB 1094.11;
- 高压开关设备和控制设备,按 GB 3906—2006 或 IEC 62271-201;
- 低压开关设备和控制设备,按 GB 7251.1—2005。

#### 5.106 金属外壳防腐蚀的要求

在其运行期间,应采取措施防止对设备的腐蚀。外壳的所有螺栓和螺钉部件都应易于拆卸。特别是,因为可能导致丧失密封性,接触的不同材料间的电镀腐蚀应予以考虑。考虑到螺栓和螺钉的腐蚀应保证接地回路的电气连续性。

## 6 型式试验

### 6.1 概述

GB/T 11022—1999 的 6.1 适用,并做如下补充。

原则上,型式试验应在一台完整的预装式变电站的各种元件组成的典型结构上进行。预装式变电站中的元件应是按相应的标准通过型式试验的产品(见 5.105)。

应该注意,任何预装式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,实际上不可能对预装式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预装式变电站,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)。

型式试验的试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,预装式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。

——强制的型式试验:

- a) 验证预装式变电站绝缘水平的试验(6.2);
- b) 检验预装式变电站中主要元件的温升试验(6.5);
- 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(6.6);
- d) 验证防护等级的试验(6.7);
- e) EMC 试验(6.9);
- f) 验证预装式变电站的外壳耐受机械应力的试验(6.101);
- g) 对于 IAC-A、IAC-B 或者 IAC-AB 类预装式变电站,评估内部故障引起的电弧效应的试验(6.102);
- h) 检验能满足操作的功能试验(6.103)。

——选用的型式试验(制造厂和用户商定):

- i) 验证预装式变电站声级的试验(附录 B)。

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。

#### 6.1.1 试验的分组

GB/T 11022—1999 的 6.1.1 适用,并做如下修改:

强制的型式试验[不包括项 e)和项 g)]应最多在四台样品上完成。

#### 6.1.2 确认试品需要的资料

GB/T 11022—1999 的 6.1.2 适用。

## 6.2 绝缘试验

由于预装式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。

### 6.2.1 高压连接的试验

#### 6.2.1.1 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 6.2.1.3~6.2.1.5 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。

#### 6.2.1.2 试验时的周围空气条件

GB/T 11022—1999 的 6.2.1 适用。

#### 6.2.1.3 试验电压的施加

##### 6.2.1.3.1 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。

##### 6.2.1.3.2 试验电压

GB/T 11022—1999 的 6.2.6 适用。

##### 6.2.1.3.3 对于非导电材料的外壳

在高压开关设备和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 6.2.1.4 和 6.2.1.5 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  $100\text{ cm}^2$ 。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 1 min。

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 1 min。

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。

#### 6.2.1.4 雷电冲击电压试验

高压连接线应按照 GB/T 11022—1999 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。

#### 6.2.1.5 工频电压耐受试验

高压连接线应在干状态下按照 GB/T 11022—1999 的规定承受 1 min 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。

## 6.2.2 低压连接的试验

### 6.2.2.1 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 100 cm<sup>2</sup>。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。

### 6.2.2.2 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 4.2 来选择,试验电压在 GB/T 16935.1—2008 的表 5 中规定。

限制过电压的设施应断开,试验应按 GB/T 17627.1 进行。

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

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。

### 6.2.2.3 爬电距离的验证

应测量相间、不同电压的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 表 4 的要求。

## 6.2.3 辅助回路的绝缘试验

GB/T 11022—1999 的 6.2.10 适用。

## 6.3 无线电干扰电压(r. i. v.)试验

不适用。

## 6.4 回路电阻的测量

不适用。

## 6.5 温升试验

本试验的目的是校验预装式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,5 K、10 K、15 K、20 K、25 K 或 30 K。见图 1 和图 2。

### 6.5.1 试验条件

外壳应完整,元件的布置和使用时的一样。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为与 4.10.1 定义的预装式变电站的额定最大容量对应的值。

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,预装式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 °C,且在试验期间,在 1 h 内测得的温度变化不超过 1 K。

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 0.5 m/s,则认为达到了这一条件。

注 2: 对于地下安装的预装式变电站,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。

## 6.5.2 试验方法

### 6.5.2.1 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。见图 3。

#### b) 低压侧

低压侧的温升试验应按照 GB 7251.1—2005 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。见图 3。

### 6.5.2.2 试验电流的施加

#### a) 高压侧

在其参考温度下,变压器回路应通一足够的电流来产生变压器的总损耗,可以采用 GB 1094.2 或者 GB 1094.11 中的方法。

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

低压回路应通一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。

## 6.5.3 测量

### 6.5.3.1 周围空气温度的测量

周围空气温度是预装式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,均匀分布在预装式变电站的四周,距预装式变电站约 1 m 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 500 mL 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 1 h 内不应超过 1 K。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 °C,但低于 +40 °C。在周围空气温度的这一范围内试验时,温升值不需修正。

### 6.5.3.2 变压器

应按 GB 1094.2 测量充液变压器液面温升。应按 GB 1094.11 测量干式变压器的平均绕组温升。

### 6.5.3.3 低压开关设备和控制设备

应按 GB 7251.1—2005 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。

应测量低压连接线及其端子的温度和温升。

应测量电子设备(如果装有的话)安装处的空气温度。

### 6.5.3.4 高压开关设备和控制设备

应测量高压连接线及其端子的温度和温升。

应测量电子设备(如果装有的话)安装处的空气温度。

#### 6.5.4 验收规则

如果满足以下各点,则认为预装式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预装式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—1999 的要求;
- 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—2005 的要求;
- d) 预装式变电站外壳的温度和温升不超过 GB/T 11022—1999 中关于在正常运行期间可被触及的部件的要求(见 GB/T 11022—1999 的表 3)。

#### 6.6 主回路和接地回路的短时和峰值耐受电流试验

预装式变电站的主回路,高压连接线 GB/T 11022—1999 进行试验,低压连接线按 GB 7251.1—2005 进行试验,接地导体系统按 GB/T 11022—1999 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 30 A(直流)时进行试验,电压降应小于 3 V。

#### 6.7 防护等级检验

##### 6.7.1 IP 代码

5.13.1 中规定的防护等级,应按 GB 4208—2008 规定的要求进行验证。

##### 6.7.2 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。试验程序见附录 C。

#### 6.8 密封试验

不适用。

#### 6.9 电磁兼容性(EMC)试验

对于高压开关设备和控制设备,GB/T 11022—1999 的 6.9 适用。

对于低压开关设备和控制设备,GB 7251.1—2005 适用。

#### 6.101 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 5.13.2。

##### 6.101.1 风压

风压对预装式变电站的机械效应可以用计算校核。

##### 6.101.2 顶部负载

预装式变电站的顶部负荷的机械效应可以用计算校核。

#### 6.102 内部电弧试验

这些试验适用于划分为 IAC-A、IAC-B 或 IAC-AB 级的预装式变电站,对应于高压侧出现内部电弧事件时对人员的防护。该试验应按照附录 A 进行。

这些试验涵盖了故障导致电弧出现在预装式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)(见附录 A)的情况。

在特定设计的预装式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 6.1),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;
- 预装式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。

#### 6.103 功能试验

应该证明能在预装式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;
- 预装式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。

### 7 出厂试验

出厂试验应在每一台完整的预装式变电站上或在每一个运输单元上、在制造厂内(如果切实可行)进行,以保证产品与进行过型式试验的设备是一致的。

出厂试验和验证项目如下:

- 主回路的绝缘试验;
- 辅助和控制回路的绝缘试验;
- 设计和外观检查;
- 接线正确性检查;
- 接地连续性试验;
- 功能试验;
- 现场装配后的试验。

#### 7.1 主回路的绝缘试验

##### 7.1.1 高压连接的试验

按照 GB/T 11022—1999 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。

变压器按照 GB 1094.1 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。

##### 7.1.2 低压连接的试验

按 6.2.2 的规定进行。

#### 7.2 辅助和控制回路的绝缘试验

GB/T 11022—1999 的 7.2 适用。

#### 7.3 主回路电阻的测量

不适用。

#### 7.4 密封试验

不适用。



7.5 设计和外观检查

GB/T 11022—1999 的 7.5 适用。

7.101 接线正确性检查

应验证接线与接线图相符。

7.102 接地连续性试验

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

7.103 功能试验

应进行功能试验,以保证产品符合 6.103 中所述的要求。

7.104 现场装配后的试验

如果高压连接线的绝缘试验事先在工厂做过,则不需要在现场重复。但是,如果预装式变电站由于运输而部分分装后然后在现场组装,应按 7.101 和 7.102 进行试验,以保证它能正确地运行。

8 预装式变电站的选用导则

预装式变电站可以采用变革的技术和功能要求的各种形式组成。预装式变电站的选择主要涉及到运行设施功能要求的确认以便最好地满足这些要求。

这些要求应考虑到适用的法律和用户的安全规程。

表 2 给出了起草预装式变电站技术要求时需要考虑的因素的摘要。

表 2 预装式变电站的技术要求和额定值摘要

使用条件资料		本标准的章节	参见	用户的要求
周围空气温度:		2	GB/T 11022—1999	
平均	℃			
最低	℃			
最高	℃			
太阳辐射	W/m <sup>2</sup>		GB/T 4796	
海拔	M		HV:GB/T 11022—1999 LV:GB 7251.1—2005	
污秽	等级		见附录 G 的项 12	
覆冰	级别		GB/T 11022—1999	
风扬沙			GB/T 4797.5	
风扬雪			GB/T 4797.5	
风	m/s		GB/T 4797.5	
凝露或渗透			GB/T 4797.5	
振动			GB/T 13540	
地震的风险			GB/T 13540	
其他振动的风险			GB/T 4796	
二次系统中感应的电磁干扰			GB/T 11022—1999	
预装式变电站额定值的信息				
高压侧额定电压	kV	4.1	HV:GB/T 11022—1999	
低压侧额定电压	V		LV: GB 7251.1—2005	

表 2 (续)

使用条件资料		本标准的章条	参见	用户的要求
额定电压(高压侧)	kV	4.1	GB 1094.1 GB 1094.11	
额定电压(低压侧)	V	4.1	GB 1094.1 GB 1094.11	
相数		4.1	GB 1094.1 GB 1094.11	
高压侧中性点接地类型 接地故障电流的最大预期值	kA	4.5	用户	
低压侧中性点接地类型 接地故障电流的最大预期值	kA	4.5	用户	
预装式变电站的额定最大容量	kVA	4.10.1	GB 1094.1 GB 1094.11	
外壳级别	级别	4.10.2		
声级	dB		GB/T 1094.10	
内部电弧类别  故障电流 持续时间	IAC-A /IAC-B /IAC-AB kA s	5.101		
额定绝缘水平  额定短时工频耐受电压( $U_d$ ) 通用值 隔离断口间 额定雷电冲击耐受电压 通用值 隔离断口间	HV/LV  kV/V kV/V kV/V kV/V kV/V	4.2	HV:GB/T 11022—1999 LV:GB 7251.1—2005	
额定频率( $f_r$ )	Hz	4.3	HV:GB/T 11022—1999 LV:GB 7251.1—2005	
额定电流( $I_r$ ) 高压开关设备 进线 母线 馈线 高压和变压器之间的连接线 低压开关设备 进线 母线 低压馈线 辅助回路	  A A A A  A A A A	4.4	HV:GB/T 11022—1999     LV:GB 7251.1—2005	

表 2 (续)

使用条件资料		本标准的章节	参见	用户的要求
额定短时耐受电流( $I_k$ )		4.5		
高压	kA		GB/T 11022—1999	
低压	kA		GB 7251.1—2005	
接地回路	kA		GB/T 11022—1999	
额定峰值耐受电流( $I_p$ )		4.6		
高压	kA		GB/T 11022—1999	
低压	kA		GB 7251.1—2005	
接地回路	kA		GB/T 11022—1999	
额定短路持续时间( $t_k$ )		4.7		
高压	s		GB/T 11022—1999	
低压	s		GB 7251.1—2005	
变压器	s		GB 1094.5	
			GB 1094.11	
接地回路	s		GB/T 11022—1999	
合闸和分闸装置以及辅助和控制 回路的额定电源电压( $U_n$ )	HV LV	4.8	GB/T 11022—1999 GB 7251.1—2005	
合闸和分闸	V			
指示	V			
控制	V			
合闸和分闸装置以及辅助和控制 回路的额定电源频率		4.9		
高压	Hz		GB/T 11022—1999	
低压	Hz		GB 7251.1—2005	

8.1 额定值的选择

对于给定的运行要求,选用预装式变电站时,要按正常负荷条件和故障情况的要求来选择其元件的各个额定值。

最好如本标准建议的,即按系统的特性和它预期的未来发展来选择额定值。额定值的完整列表在第4章中给出。其他参数,如当地的大气和气候条件以及在海拔超过1 000 m的场所使用,也应予以考虑。

8.2 外壳级别的选择

外壳级别的选择取决于现场的(平均)周围空气温度以及变压器的负荷系数。对某一给定的额定外壳级别,变压器的允许负荷系数取决于变电站安装处的周围空气温度。

附录D可以用来确定外壳的级别或变压器的负荷系数。并给出了一些例子验证外壳级别、负荷系数以及周围温度之间的关系和制约。对变动的负荷条件,可按GB/T 1094.7或GB/T 17211采用一个修正系数。

制造厂根据特定变电站的外壳级别给出的信息是基于具有给定通风网以及其连续施加的最大容量和变压器损耗的变电站的型式试验(符合6.5)。

该连续的满负荷条件可能要求更苛刻且完全不同于运行中预期的负荷周期。在这种情况下,与为了避免变压器过热而增加的通风要求相比可能不需要很强的通风。

为了减少这种超过要求的任何可能的不理想的负面效应(例如,成本、设备污秽的过大危害等),经

过估算预期的运行条件后,用户可以规定一个更高的外壳温度级别,该外壳具有小量的通风且相同的标称容量和损耗。如果最大容量和变压器损耗低于经过型式试验的方案,用户也可以规定更高的温度等级。

这些相对于经过型式试验的结构偏差/修改应与变电站制造厂协商。

注 1: 按照 GB/T 1094.7 的规定,变压器的老化率随着温度的提高而增加。

注 2: 预装式变电站内部的温升可能影响高压开关设备部件的性能。作为例子,应采用熔断器的选用导则 (GB/T 15166.6—2008)。

### 8.3 内部电弧等级的选择

选择预装式变电站时,应根据对操作人员和一般公众提供可接受的保护水平的目标适当地确定内部电弧的概率。

该保护的取得是通过将风险降低到可接受的水平。按照 ISO/IEC 导则 51:1999,风险是危害出现的概率和危害的严酷度的组合(见 ISO/IEC 导则 51:1999 的第 5 章关于安全性的概念)。

因此,与内部故障导致电弧相关的预装式变电站的选择,应该由风险达到可接受水平的程序来控制。该程序在 ISO/IEC 导则 51:1999 的第 6 章中规定。该程序基于的假设为用户有降低风险的责任。

作为导则,表 3 给出了经验证明的最有可能出现故障的部位清单。还给出了故障的可能起因以及降低内部电弧概率的可能措施。在内部电弧情况下,可以采取其他措施对人员提供最高等级的保护。这些措施的目标旨在限制此类事件的外部影响。表 4 给出了限制内部电弧影响的措施示例。

表 3 内部电弧的部位、起因以及降低概率的措施举例

易发生内部电弧的部位 (1)	内部电弧可能发生的原因 (2)	预防措施举例 (3)
电缆室	设计不当	选择合适的尺寸、使用合适的材料。
	错误安装	避免电缆交叉连接;在现场进行质量检查;合适的力矩。
	固体或流体绝缘损坏 (缺陷或丧失)	工艺检查和/或现场绝缘试验;定期检查液面(适用时)。
隔离开关、负荷开关、 接地开关	误操作	加联锁(见 GB 3906—2006 的 5.11);延时再分闸;不依赖人力操作;负荷开关和接地开关的关合能力;人员培训。
螺栓连接和触头	腐蚀	使用防腐蚀的涂层和/或油脂;采用电镀;如有可能则加以封闭。
	装配不当	采用适当的方法检查工艺;正确的力矩;足够的联锁措施。
互感器	铁磁谐振	采用适当的回路设计,以避免此类现象的影响。
	电压互感器的 低压侧短路	通过适当的措施,如保护盖、低压熔断器,以避免短路。
断路器	维护不足	按规程定期进行维护;人员培训。
所有的部位	工作人员的失误	用遮栏限制人员接近;用绝缘包裹带电部分;人员培训。
	电场作用下的老化	出厂做局部放电试验。
	污染、潮气、灰尘和 小动物等的进入	采取措施保证达到规定的使用条件(见第 2 章);采用充气隔室。
	过电压	过电压保护;合适的绝缘配合;现场进行绝缘试验。
连接线	绝缘故障	相间、相对地足够的间隙;采用绝缘连接线,优先采用接地屏蔽型。

表 4 限制内部电弧影响的措施举例

通过光、压或热敏探头或者差动母线保护触发的快速故障排除时间
远控操作
压力释放装置,承压外壳(包括门、地板、通风网等)
变压器采用独立的断路器保护或者适当的熔断器与负荷开关的组合来限制允通电流和故障持续时间
气流控制和冷却装置

在内部电弧情况下对人员提供保护的预装式变电站设计的有效性可以通过附录 A 的试验来验证。成功通过试验的预装式变电站划为 IAC-A、IAC-B 或 IAC-AB 内部电弧级变电站。

IAC-A 是用来验证在操作预装式变电站的设备时对操作人员的保护且仅限于授权的人员(A 类可触及性,见 A. 2. 1)。它适用于从内部操作的变电站(进入型)或者从外部操作高压设备的变电站(非进入型)。

IAC-B 是用来验证对预装式变电站周围的一般公众的保护且未经授权触及变电站的所有侧面(B 类可触及性,见附录 A. 2. 2)。试验期间,变电站的所有门均关闭。

IAC-AB 是用来验证在操作预装式变电站的设备时对运行人员和变电站周围的一般公众的保护。在这种情况下,变电站按照 IAC-A 和 IAC-B 进行试验。

对于这三个级别,重要的是清楚内部电弧试验与预装式变电站在变压器、高压和低压开关设备的位置和型式方面的特定结构有关。试验的结果取决于变电站中特定开关设备的型式。确定为内部电弧级后限制了变电站内开关设备的自由选择。

如果选用了符合 GB 3906—2006 的具有内部电弧级的开关设备,在验证 IAC-A 或 IAC-B 内部电弧级时,预装式变电站内设备的布置应真实重现原始型式试验的房间模拟(亦可见图 A. 4 和图 A. 5)。

作为选择预装式变电站的导则,在内部电弧方面,可以采用下述判据:

- 在内部电弧引起的风险可以忽略不计的场合:不需要选择 IAC-A、IAC-B 或 IAC-AB 级预装式变电站;
- 在与内部电弧引起的风险相关的场合:只能选择 IAC-A、IAC-B 或 IAC-AB 级预装式变电站。

对于第 2 种情况,选择时应该考虑到可预见的故障最大电流和持续时间,与经过型式试验的设备的额定值比较。此外,应遵循制造厂的说明书(见本标准的第 10 章)。

内部电弧事件期间人员的位置至关重要。根据试验布置,制造厂应该指明预装式变电站的哪些部分是可以触及部分且用户应认真遵循说明书。允许人员进入没有设计为可触及的区域可能有导致人员伤害的风险。

内部电弧级给出了在正常运行条件下经过验证的人员保护水平,如附录 A. 1 中定义的。它不涉及维护条件下人员的防护以及运行连续性。

8.4 资料

表 2 给出了确定预装式变电站额定值时需要考虑的一些因素的摘要。表 5 给出了预装式变电站的设计与结构方面的要求。

表 5 预装式变电站的设计与结构

预装式变电站的设计与结构信息		本标准的章条	参见	用户的要求
关门状态下外壳的防护等级 低压隔室的防护等级 高压隔室的防护等级 变压器隔室的防护等级		5.13.1	GB 4208—2008	
元件的类型： 高压开关设备 低压开关设备 变压器			用户	
预装式变电站的类型： 从内部操作 从外部操作 地上 局部处于地下 地下			用户	
变压器的额定值  容量 负载损耗 $P_{\text{cu}}$ 空载损耗 $P_0$ 空载电流 $I_0$ 短路阻抗 温升 绝缘	kVA W W A % K	4.10.1	GB 1094.1 GB 1094.11   GB 1094.2  GB 1094.3	
外壳的材料		5.102.2.1		
外壳的表面处理		5.102.3		
机械撞击能量	J	5.13.2	GB/T 20138	
由施加的机械力： 顶部的雪负荷 顶部负荷 风压	N/m <sup>2</sup> N/m <sup>2</sup> N/m <sup>2</sup>	5.13.2	GB/T 11022—1999	
尺寸和质量		9.2		
最大高度 最大宽度 总高度 地面上的长度 地面上的宽度 地面上的高度 每个运输单元的质量 预装式变电站的总质量	mm mm mm mm mm mm kg kg			

## 9 与询问单、标书和订单一起提供的资料

本章列出了能够使用户对预装式变电站进行适当的查询和供货方提供足够的标书所需要的信息。

### 9.1 与询问单和订单一起提供的资料

在查询或订购预装式变电站时,应提供所有设备和服务的范围。包括与供方合作的培训、技术和布置方案以及要求。查询方应提供下列资料:

- a) 系统的特点  
系统的标称电压、频率以及系统中性点接地类型。
- b) 使用条件  
最低和最高的周围空气温度;偏离正常使用条件或影响设备正常运行的任何情况,例如:海拔超过 1 000 m,快速的温度变化,风沙和风雪,在水蒸气、潮气、烟雾、爆炸性气体、过量的尘埃或盐分(例如由车辆或工业污染引起的)下的过度暴露;地震或其他由外部的原因引起的振动均应提供。
- c) 预装式变电站的特点和电气性能:
  - 1) 高压侧和低压侧额定电压;
  - 2) 预装式变电站的额定最大容量;
  - 3) 额定频率;
  - 4) 额定绝缘水平;
  - 5) 额定短路时耐受电流;
  - 6) 额定短路持续时间;
  - 7) 额定峰值耐受电流;
  - 8) 元件(高压及低压开关设备和控制设备、变压器、连接线)的额定值;
  - 9) 相数;
  - 10) 元件的型式(例如空气或气体绝缘的开关设备和控制设备,充液变压器);
  - 11) 外壳级别;
  - 12) 回路接线图;
  - 13) 包括高压和低压开关设备,预装式变电站的外壳及其隔板(如果有的话)的防护等级;
  - 14) 预装式变电站在地下、部分在地下或在地面安装;
  - 15) 从内部或外部操作;
  - 16) 外壳的材料和表面处理;
  - 17) 机械应力(例如雪负荷、顶部负荷、风压等);
  - 18) 最大允许尺寸和影响预装式变电站布置(总体布置)的特殊要求;
  - 19) 根据所采用的高压和低压系统中性点接地类型或者适用于接地回路的短路电流额定值所确定的最大预期接地故障电流值;
  - 20) 内部电弧级(如果适用)的试验电流(kA)和持续时间(s);
  - 21) 所有特殊的设计布置,如接地回路的方案(见附录 E);如果适用,外壳作为接地系统一部分的应用准则(见 5.3);连锁装置、标签的类型等。

除了以上各项,查询方应说明所有可能影响投标和订货的条件,例如:特殊的安装条件(例如靠近周围的墙壁、预埋在壳体内部的、影响通风的元件等)、外部的高压连接线的位置、地方的防火和噪声控制法规以及预期的寿命。如果需要特殊的型式试验,应提供相关资料。

### 9.2 与标书一起提供的资料

制造厂应给出下列资料(包括说明书和图样):

- a) 9.1 的项 b)和项 c)中列举的额定值和性能;

- b) 要求提供的型式试验证书或报告的清单,如果适用,还包括 IAC-A、IAC-B 或 IAC-AB 级内部电弧试验选择的判据;
- c) 结构特征,例如:
  - 1) 各个运输单元的质量;
  - 2) 预装式变电站的总质量;
  - 3) 预装式变电站的外形尺寸和布置(总体布置);
  - 4) 变压器的最大允许尺寸;
  - 5) 外部连接线的布置说明;
  - 6) 运输和安装要求;
  - 7) 运行和维护的说明;
  - 8) 元件相关标准要求的信息;
  - 9) 预装式变电站周围推荐的最小距离;
  - 10) 滞留油的箱体(如果有的话)的容积。
- d) 要求用户采购的推荐的备件清单;
- e) 外壳材料以及适用时表面处理或涂层的特性和在规定的环境条件下评估它们性能所进行的试验;
- f) 预装式变电站符合本标准的声明。

## 10 运输、安装、运行、维护和寿命终了规程

预装式变电站或其运输单元的运输、储存和安装以及使用时的运行和维护,必须按照制造厂的说明书进行。

因此,制造厂应提供关于预装式变电站的运输、储存、安装、运行和维护的说明书。关于运输和储存的说明书,应在交货前某一方便的时间给出,而关于安装、运行和维护的说明书则最迟应在交货前给出。

不同元件的相关标准规定了有关运输、安装、运行和维护的特殊规则,如果适用,它们应包括在预装式变电站的总的说明书内。

下面给出的资料,可以补充到预装式变电站制造厂提供的极重要的附加说明书中。

### 10.1 运输、储存和安装时的条件

如果在订单中规定的使用条件在运输、储存和安装过程中不能得到保证,制造厂和用户之间应就此达成一项特别的协议。特别是,如果通电前所处的环境条件,外壳不能提供适当的保护,应给出防止绝缘过度吸潮或受到不可消除的污染的说明。

为了避免运输过程中预知的振动和冲击造成损伤,可能需要给出指导和/或提供特别的措施以保护元件(开关设备和电力变压器)的安全。

### 10.2 安装

对每种型式的预装式变电站,制造厂提供的说明书至少应包括以下各点。

#### 10.2.1 开箱和起吊

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。

应该配备能够起吊每个单元的运输质量的足够的起吊架。

说明书应该清楚地规定安全起吊预装式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。

#### 10.2.2 组装

当预装式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,并应提供这些单元的组装图。



### 10.2.3 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。

### 10.2.4 最后的安装检查

在安装和连接之后,对预装式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。

### 10.3 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:

- 预装式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。

### 10.4 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。

### 10.5 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预装式变电站进行拆卸、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。

## 11 安全

仅当预装式变电站按照制造厂的说明安装和运行时,才能对操作人员和一般公众提供规定的保护水平。其次,用户可以建立安装和运行的特定程序。

元件的安全方面由相关的产品标准规定,对于高压设备为 GB/T 11022—1999。

本标准的下述条款描述了针对各种危害对运行人员和一般公众提供防护的附加特性。

### 11.1 电气方面

- 接地(非直接接触)(见 5.3);
- IP 代码(直接接触)(见 5.13)。

### 11.2 机械方面

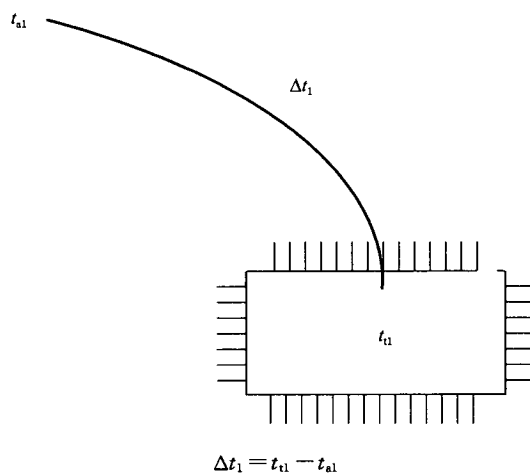
- 机械应力(见 5.13.2)。

### 11.3 热的方面

- 可触及部件的最高温度(见 6.5.4 的项 d)、可燃性(见 5.102.2)。

### 11.4 内部电弧方面

- 内部故障(见 5.101)。



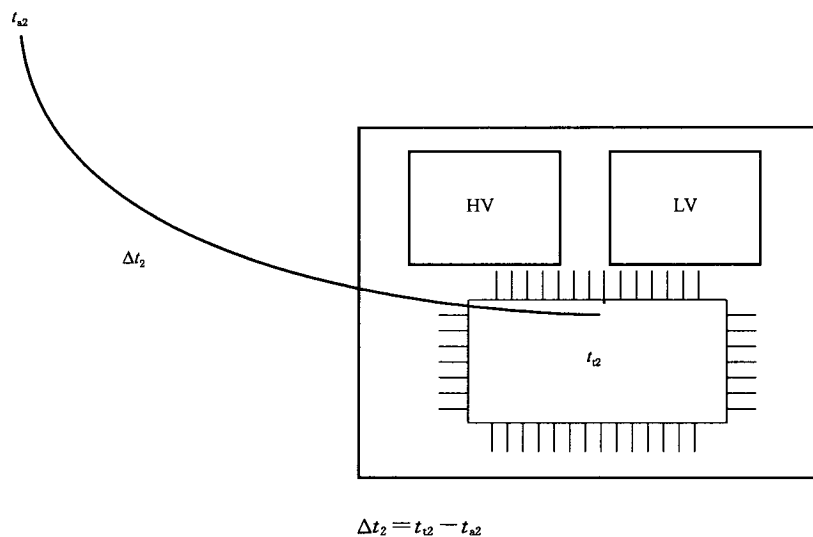
图中：

$t_{a1}$ ——实验室的周围空气温度；

$t_{t1}$ ——按 GB 1094.2 和 GB 1094.11 测得的变压器温度；

$\Delta t_1$ ——变压器在外壳外面的温升。

图 1 在周围空气中变压器温升  $\Delta t_1$  的测量(见 6.5)



图中：

$t_{a2}$ ——实验室的周围空气温度；

$t_{t2}$ ——按 GB 1094.2 和 GB 1094.11 测得的变压器温度；

$\Delta t_2$ ——变压器在外壳内部的温升。

接受准则： $\Delta t = \Delta t_2 - \Delta t_1$ ；

级别 5： $\Delta t \leq 5$  K；

级别 10： $\Delta t \leq 10$  K；

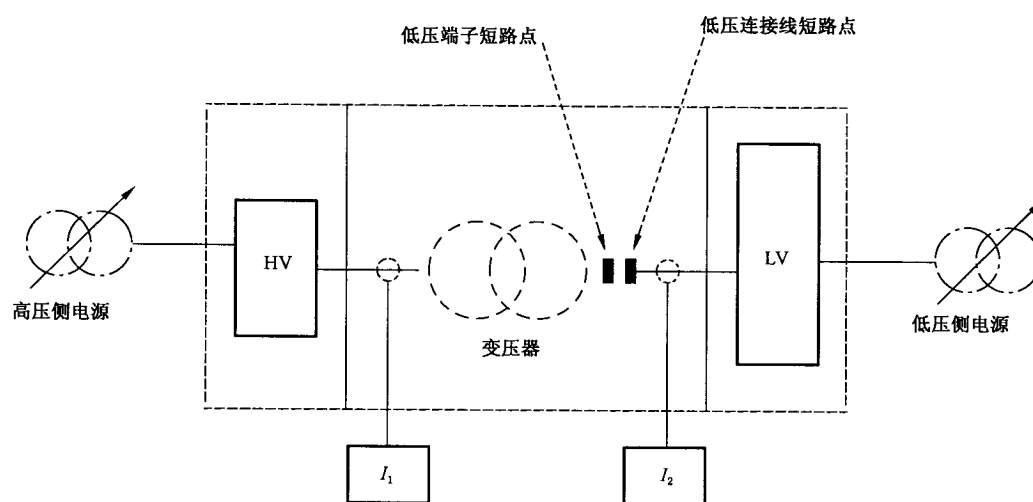
级别 15： $\Delta t \leq 15$  K；

级别 20： $\Delta t \leq 20$  K；

级别 25： $\Delta t \leq 25$  K；

级别 30： $\Delta t \leq 30$  K。

图 2 在外壳中变压器温升  $\Delta t_2$  的测量(见 6.5)



$I_1$ ——产生变压器总的额定损耗的电流；

$I_2$ ——变压器的低压侧额定电流。

图 3 温升试验接线图(见 6.5.2)

## 附录 A (规范性附录)

### 预装式变电站内部故障电弧试验方法

#### A.1 引言

本附录适用于 IAC-A、IAC-B 和 IAC-AB 级预装式变电站。

本分类的目的是在内部电弧事件中对于正常运行的预装式变电站进行操作的人员且其高压开关设备和控制设备处于相关标准中规定的正常运行状态(IAC-A)以及变电站的门关闭时其附近的人员(IAC-B)提供防护的试验水平。

注：本标准仅涉及到内部电弧出现在高压侧的情况，包括高压连接线(例如，高压开关设备和电力变压器之间)。

变压器和低压开关设备内的内部电弧没有予以考虑(见 5.101 关于该条除外的解释)。

预装式变电站可在多处出现内部电弧并伴随着各种物理现象。例如，在变电站内部空气中或在高压开关设备外壳内的其他绝缘流体中产生的电弧，它析出的能量将导致内部的过压力和局部的过热，对变电站的外壳造成机械的和热的应力。此外，内部的材料可能受热分解，产生气体或蒸汽，它们可能被泄放于变电站的内部，随后泄放到变电站外壳的外部。

IAC 级内部电弧允许作用在面板、门、观察窗等部件上的过压力。也考虑到电弧或外壳上的弧根的热效应以及喷射出的灼热气体和流动微粒的热效应，但不应损坏在正常运行条件下不可触及的内部隔板 and 活门。

下面描述的内部电弧试验是为了验证内部电弧情况下在人员保护方面设计的有效性。它不包括可能造成危害的全部效应，例如故障后可能存在的具有潜在毒性的气体。

内部电弧后火灾传播到可(易)燃材料或者变电站附近的设备的危害不包括在本试验中。

#### A.2 内部电弧的分类

在内部电弧情况下，考虑了三类防护。

##### A.2.1 IAC-A 级预装式变电站

按照本标准的 3.114.1 的 A 类可触及性，这些变电站对于在其内部或变电站正面进行正常操作的人员防护满足规定的判据。

为了验证对于操作人员的防护，根据其操作模式(从内部或外部操作)，必须区别两种类型的变电站：

- a) 从内部操作的变电站  
授权的人员在变电站内部且门打开。
- b) 从外部操作的变电站  
授权的人员在变电站的高压侧操作且门打开。

##### A.2.2 IAC-B 级预装式变电站

这些变电站对于变电站附近的一般公众的防护满足规定的判据。

为了确定该类变电站，未经授权的可触及性(按照本标准的 3.114.2 的 B 类可触及性)考虑了变电站的所有侧面且门关闭，而不论变电站的操作模式(从内部或者外部操作)。

##### A.2.3 IAC-AB 级预装式变电站

这些变电站对于操作人员和一般公众的防护均能满足规定的判据。

为了确定该类变电站，这些变电站应该满足 A.2.1 和 A.2.2 的要求，且试验电流和持续时间相同。

### A.3 试验的选择

划分为 IAC-A 和 IAC-B 级的预装式变电站,应该承受两个不同的试验系列,一次对于高压开关设备,另一次对高压连接线。划分为 IAC-AB 级的变电站,应该承受 IAC-A 和 IAC-B 的试验系列。

高压开关设备的试验程序和试验次数取决于该高压开关设备是否具有符合 GB 3906—2006 的 IAC 类别。

连接线的试验程序和试验次数取决于变电站中变压器的保护类型和连接线的类型。

高压完全绝缘且接地屏蔽的连接线不需要进行内部电弧试验。

对于要求的试验,图 A.4、A.5、A.6 和图 A.7 给出了试验选择的原则以及需要进行的试验类型和相应的次数。

对于没有高压开关设备但由高压电缆直接连接到变压器套管的预装式变电站,试验应按下述进行:

——在敞开的空气中连接的情况下,应进行三相试验;

——在插入式绝缘连接的情况下,按照 GB 3906—2006 的 A.5.2 进行单相或者两相试验。

在由带有熔断器的装置替代高压开关设备的情况下,应在带有熔断器的装置的馈线侧进行三相试验。

### A.4 试验布置

#### A.4.1 概述

应遵循下述几点:

——试验应在事先没有承受电弧的预装式变电站或者其代表性的部分上进行,或者,如果经受过电弧,但其状态不影响试验结果。

——变电站应装配完整。只要和原始元件具有相同的体积和外部材料,允许采用内部元件的模拟品。

——如果变电站需要和地相连,则应在提供的接地端子上连接。

#### A.4.2 房间模拟

为了验证在预装式变电站内部对操作人员提供防护的内部电弧试验应该采用具有变电站外壳的试品进行。如果可行,对于大型的变电站,只要不低于在气流方向、外壳强度和压力释放装置方面的条件,试验可以在模拟操作区域的房间内进行。只要它们和运行时一样安装,可以采用所有其他的元件或者它们有效的模拟品。

预装式变电站设计为户外设施。因此,为了验证对于变电站外部提供的防护等级的内部电弧试验不需要进行变电站周围的房间模拟。但是,如果怀疑变电站周围的地面对变电站的性能有影响,可能需要进行地面模拟。

如果制造厂声明变电站的设计要求连接电缆的通道和/或所有其他抽排内部电弧期间产生的气体的排泄管道,则制造厂应明确其横截面尺寸和位置。试验应在能够模拟这些排泄管道的条件下进行。

特别地,该要求对于有效的 IAC 类在其说明书中应该清楚地予以规定。

#### A.4.3 指示器(用来确定气体的热效应)

##### A.4.3.1 概述

指示器是一些黑色的棉布片,布置时不要让它们的切边朝向试验单元。

对于 A 类可触及性,应该采用黑色的窗帘布(棉纤维制品,单位面积质量约为  $150 \text{ g/m}^2$ )作指示器。对于 B 类可触及性,应该采用黑色的棉麻细布(单位面积质量约为  $40 \text{ g/m}^2$ )作指示器。

应当注意保证垂直指示器不能相互点燃。这可以通过将它们固定在钢板制成的、两个深度为  $30_{-3}^0 \text{ mm}$  安装框上(见图 A.1)来实现。

对于水平指示器,应注意飞出的粒子不应累积。这可以通过将它们安装在框架上来实现(见图 A.2)。

指示器的尺寸约为  $150 \times 150 \begin{pmatrix} +15 \\ 0 \end{pmatrix}$  (mm)。

#### A.4.3.2 指示器的布置

指示器应布置在高度 2 m 及以下的检查板上、垂直于预装式变电站的所有可触及侧、朝向气体可能喷出的所有各点(例如,接缝、观察窗、门)。

在考虑了从受试表面以最大  $45^\circ$  角逸出热气体的可能性后,安装架的长度应该大于相应的受试区域。这意味着,只要变电站的布置和试验的布置不会限制这一延伸,对于 B 类可触及性,安装架的两端均应长出试品 100 mm;对于 A 类可触及性两端均应长出试品 300 mm。

注 1: 在所有情况下,垂直安装的指示器到试品的距离是从外壳的表面量起,不考虑凸出的元件(例如,手柄、电器的框架等等)。如果试品的表面不规则,指示器的位置应尽可能实际地模拟操作人员和一般公众在设备前可能站立的位置,按照可触及性的类别布置在上述位置。

a) 验证对操作人员的防护水平。A 类可触及性(限制的可触及性)

如果对于从内部操作的变电站(A.2.1a))的高压开关设备内部进行内部电弧试验,指示器的布置应按照 GB 3906—2006 的附录 A 的 A 类可触及性的要求。

注 2: 通常,对于敞开在空气中的导体和连接,某些种类的隔板或障板提供了“不可触及”的条件。

如果对于从外部操作的变电站(A.2.1b))的高压开关设备内部进行内部电弧试验,指示器应布置在距离开关设备 300 mm 的操作侧(门打开)的前面。如果高压开关设备的前面有超过 300 mm 位于变电站内部,指示器应位于门关闭的位置。指示器还应水平布置在地面 2 m 以上覆盖距离高压开关设备 300 mm 到 800 mm 的整个区域,见图 A.3a。指示器应均匀分布在检查板上,覆盖 40%~50% 的区域。

如果对高压连接线进行内部电弧试验,指示器应位于距离在正常操作条件下操作人员可能出现的最近位置 300 mm 的所有可触及侧。

b) 验证对一般公众的防护水平。B 类可触及性(无限制的可触及性)

应该采用黑色的棉麻细布(单位面积质量约为  $40 \text{ g/m}^2$ )作指示器。如果没有对变电站进行操作,所有的盖板和门应和正常运行条件一样关闭并锁定。

指示器应垂直布置在高度为 2 m 及以下预装式变电站的所有可触及侧。如果变电站的实际高度小于 1.9 m,垂直指示器应该安装高于试品 100 mm 的高度(见图 A.3b)。

指示器应均匀分布在检查板上,覆盖 40%~50% 的区域。

指示器到变电站的距离应为  $100 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ 。

如果预装式变电站的高度超过 2 m,也应如图 A.3b 的规定在地面上布置水平指示器,并覆盖距离预装式变电站 100 mm 和 800 mm 之间的整个区域。

如果变电站的高度小于 2 m,指示器应安装在检查板上位于变电站的顶部并朝向气体可能逸出的所有各点(例如,接缝)。此外,如果通风口和压力释放装置作为顶部设计的一部分,位于检查板上的指示器应朝向开口处并相距 100 mm。

对于低于 800 mm 的变电站,其整个顶部应封闭。

#### A.5 起弧点

涉及到高压开关设备内部故障的内部电弧试验应该按照 GB 3906—2006 的附录 A 对于 IAC 级金属封闭开关设备的要求进行,包括起弧点。

涉及到高压连接线故障的情况,或者,还不能按照 GB 3906—2006 划分为 IAC 类的高压开关设备,如果适用,应按照 GB 3906—2006 附录 A 的相关规定进行试验。

起弧点应该位于距离电源最远的可触及点。送电的方向应该和运行中正常的预期能量流动方向一致。

#### A.6 外施的电压和电流

GB 3906—2006 的 A.4 适用。

## A.7 试验程序

GB 3906—2006 的 A.5 适用。

## A.8 接受准则

### A.8.1 IAC-A 级预装式变电站

如果满足下述要求,变电站可划分为 IAC-A 级。

——高压开关设备的每次内部电弧试验后满足 GB 3906—2006 的附录 A 的 A.6 中的 5 个判据,列于图 A.4 中;

注:如果变电站的设计包括地板下用来收集排出气体的空间,应该从站在地板上面的操作人员安全的角度出发评估该地板的性能。

——如果适用(见图 A.6),高压连接线经过试验后应满足下列判据。

判据 1:高压连接线的隔板、障板或外壳(如果有的话)没有移动或超过指示器位置的进一步变形。

判据 2:没有单个质量超过 60 g 的小件射出。

注:60 g 的数值来源于 GB 3906—2006。如果 GB 3906—2006 在此方面进行了修改,本标准应采用新的数值。

判据 3:电弧的燃烧没有在高压连接线外包的可触及侧造成孔洞,如果该侧是完全封闭的。

判据 4:因火焰或热气体的效应指示器没有点燃。

有可能在试验期间指示器开始燃烧,如果有证据能够说明是由喷出的粒子而不是热气体导致的燃烧,则评估判据可以认为已经满足。试验室可以采用高速摄影机、录像和任何其他合适的方法获得照片来建立证据。

燃烧的油漆或粘着剂点燃指示器也应排除在外。

判据 5:如果高压连接线受接地外壳的保护,那么外壳和其接地点仍保持连接。

### A.8.2 IAC-B 级预装式变电站

如果对于高压开关设备以及高压连接线(如果适用)分别经过图 A.5 和图 A.7 列出的试验后能够满足下述判据,变电站可划分为 IAC-B 级。

判据 1:正确锁定的变电站的盖板和门没有打开。只要在任何一侧没有部件达到指示器的位置,变形是可以接受的。试验后变电站不必符合它的 IP 代码。

判据 2:在规定的试验时间内没有出现外壳的碎片。

可以接受单个质量直到 60 g 的小件射出。

注:60 g 的数值来源于 GB 3906—2006。如果 GB 3906—2006 在此方面进行了修改,本标准应采用新的数值。

判据 3:电弧的燃烧没有在顶部和高度直到 2 m 的可触及侧面造成孔洞。

判据 4:因热气体的效应指示器没有点燃。

有可能在试验期间指示器开始燃烧,如果有证据能够说明是由喷出的粒子而不是热气体导致的燃烧,则评估判据可以认为已经满足。试验室可以采用高速摄影机、录像和任何其他合适的方法获得照片来建立证据。

燃烧的油漆或粘着剂点燃指示器也应排除在外。

判据 5:外壳和其接地点仍保持连接。外观检查通常足以判定这一符合性。如有怀疑,应检查接地连接的连续性。

### A.8.3 IAC-AB 级预装式变电站

满足本标准的 A.8.1 和 A.8.2 要求的变电站可以划分为 IAC-AB 级。

## A.9 试验报告

试验报告中应给出如下的资料:

- 变电站的额定值和描述,在图样中标明主要的尺寸、与机械强度相关的细节、压力释放帘板的布置以及把高压开关设备和控制设备固定到地板和/或墙壁上的方法;
- 试验连接线的布置;
- 内部电弧引燃的位置(点)和方法;
- 试验布置图(试品和指示器安装架);
- 外施的电压和频率;
- 对预期或试验电流:
  - a) 在最初三个半波内的交流分量有效值;
  - b) 最大峰值;
  - c) 实际试验持续时间内交流分量的平均值;
  - d) 试验持续时间。
- 表示电流和电压的示波图;
- 试验结果的评价,包括按照 A. 8 进行观察的记录;
- 试验前和试验后,受试样品的照片;
- 其他相关意见;
- 管道(如果用来排放气体)的布置。

#### A. 10 内部电弧级标识

在 IAC-A、IAC-B 或者 IAC-AB 级按照 6.102 和本附录经过试验证明的情况下,预装式变电站可按下述标识。

概述:

——IAC(内部电弧级的开始)。

外壳的等级:

——A(如果证明了对于操作人员的防护);

——B(如果证明了对一般公众的防护);

——AB(如果证明了对操作人员和一般公众的防护)。

试验的额定值:

——以 kA 表示的试验电流有效值,以 s 表示的持续时间。

举例:

一台故障电流为 16 kA(有效值),持续时间 0.5 s 且对于操作人员进行防护(A. 2.1)试验的预装式变电站:

标识:IAC-A-16 kA-0.5 s。

一台故障电流为 12.5 kA,持续时间 1 s 且对一般公众进行防护(A. 2.2)试验的预装式变电站:

标识:IAC-B-12.5 kA-1 s。



尺寸为毫米

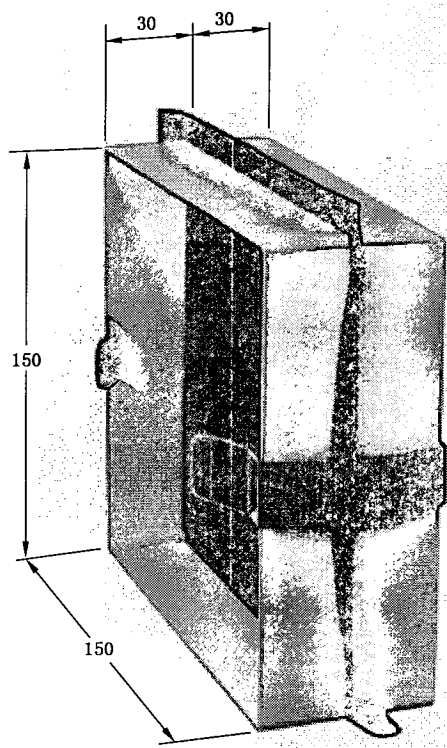
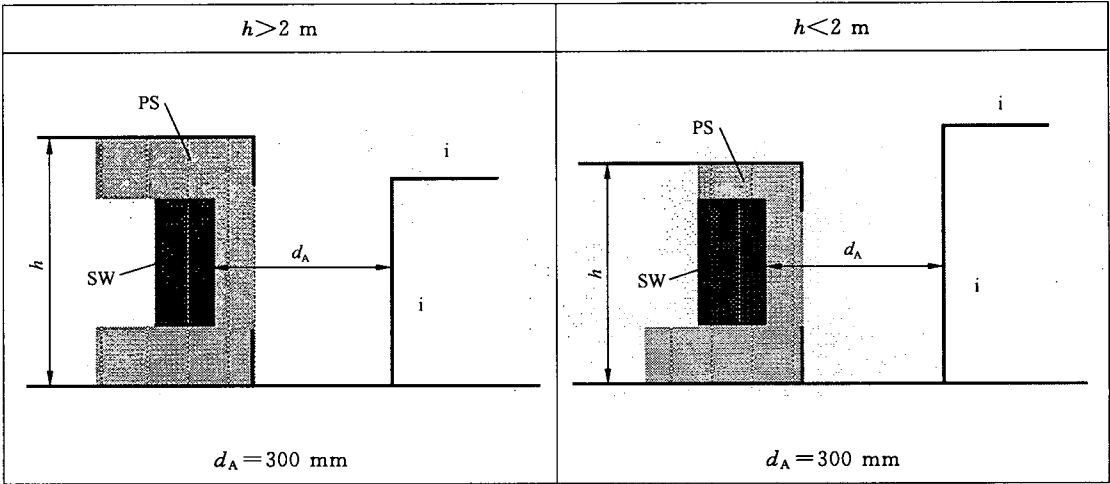


图 A.1 垂直指示器的安装框架

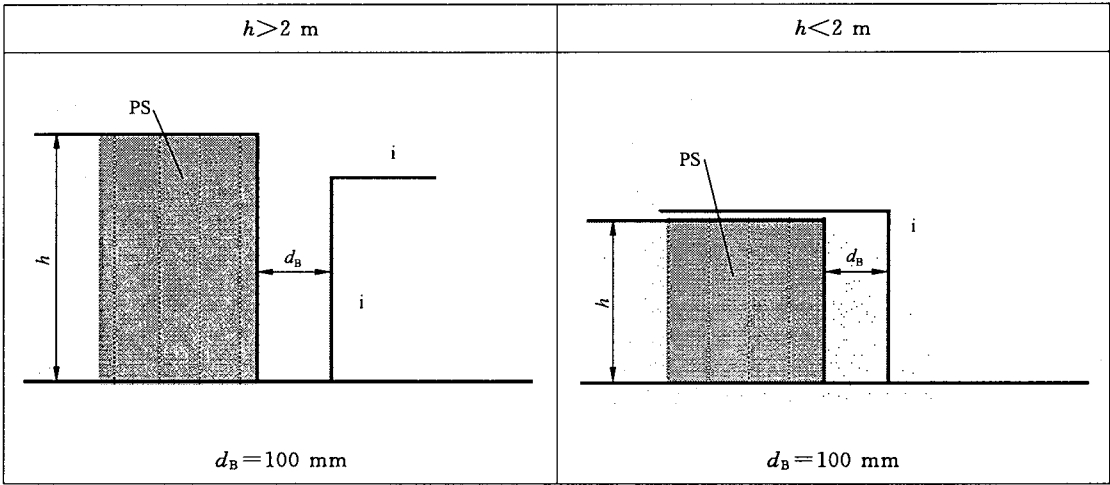


图 A.2 水平指示器



注：对于验证从内部操作的预装式变电站内操作人员的防护的布置应遵循 GB 3906—2006 的附录 A。

a) 从外部操作的预装式变电站的开门侧前面操作人员的防护



b) 门关闭时预装式变电站周围一般公众的防护

图中：

i——指示器的位置；

$h$ ——预装式变电站的高度；

$d_A$ ——指示器到开关设备和控制设备的水平距离；

$d_B$ ——指示器到预装式变电站的水平距离；

SW——高压开关设备和控制设备；

PS——预装式变电站。

图 A.3 指示器的布置

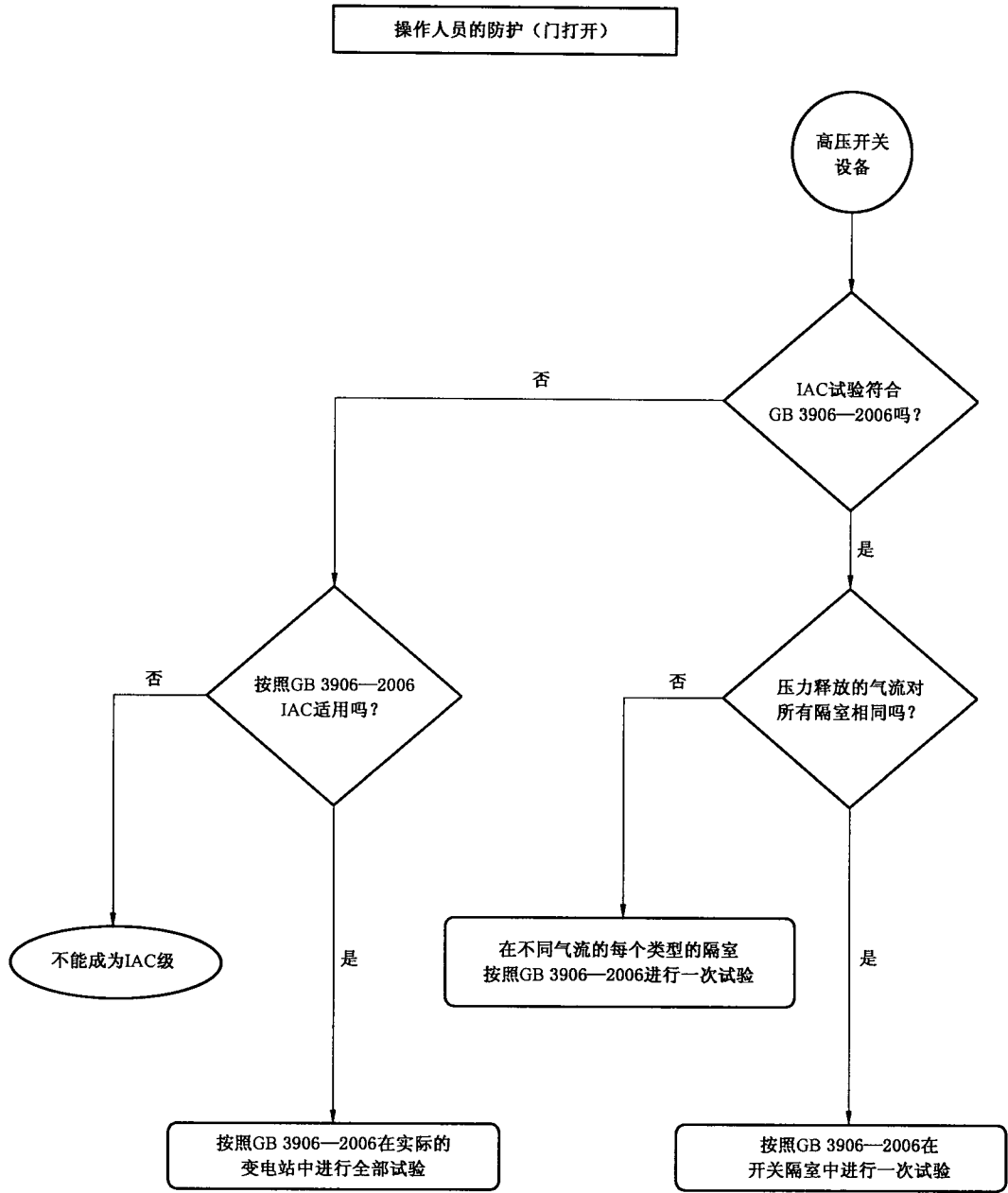


图 A.4 IAC-A 级高压开关设备试验的选择

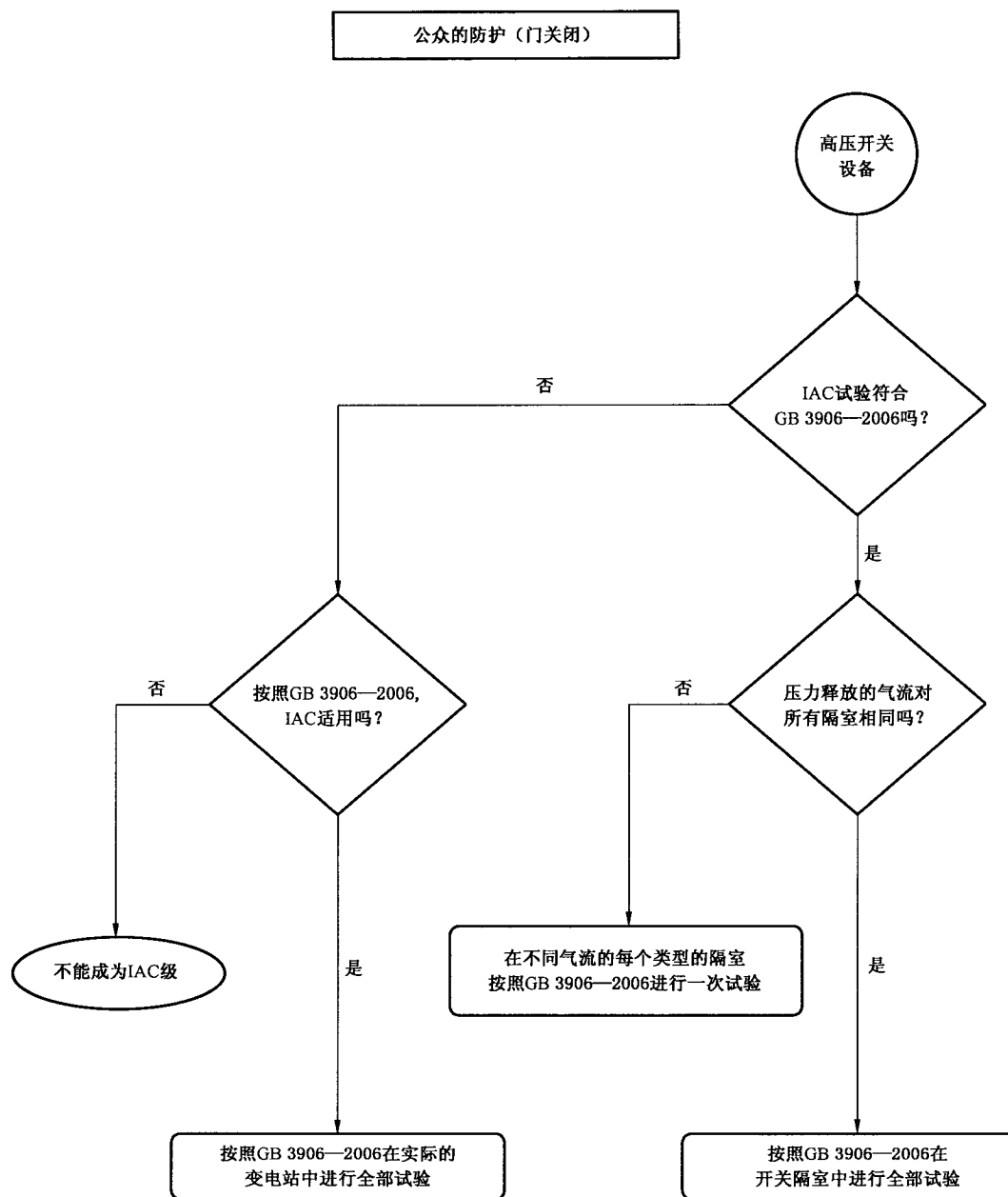
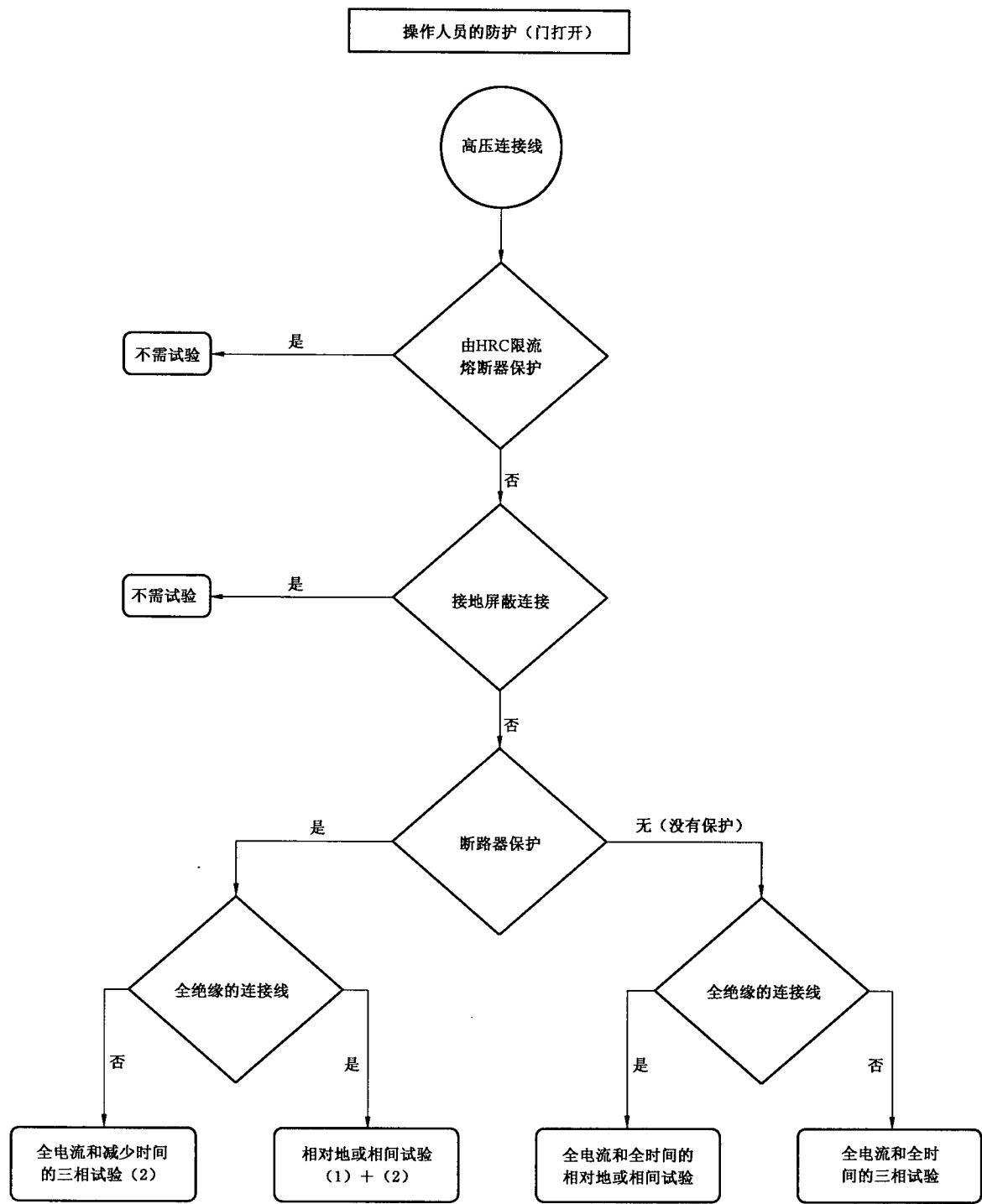


图 A.5 IAC-B 级高压开关设备试验的选择

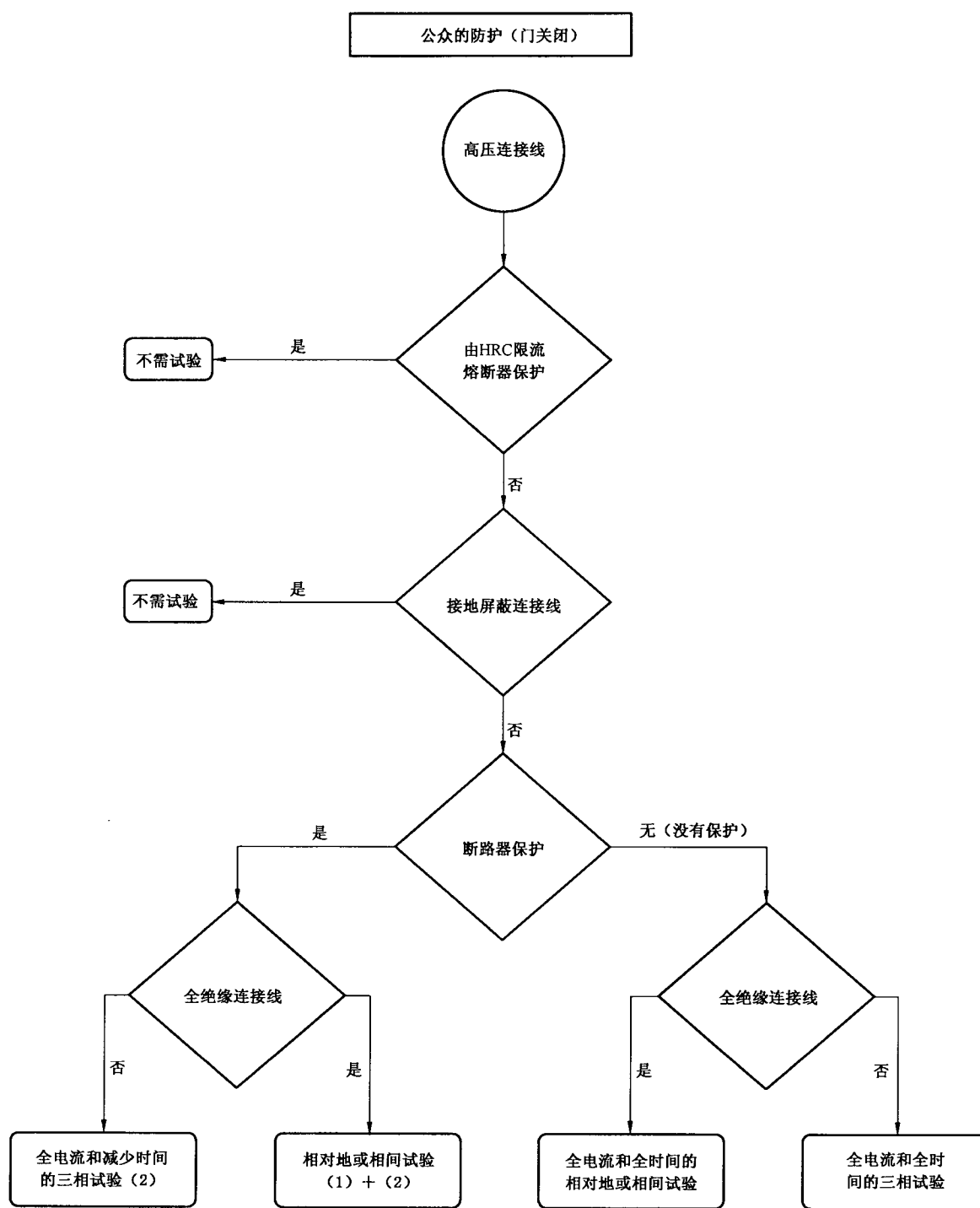


(1) 按照 GB 3906—2006 的 A. 5. 2 中的判据, 相对地和相间故障的适用性:

- 对于相对地试验, 电流值由制造厂规定;
- 对于相间试验, 电流值应为额定短时耐受电流的 87%。

(2) 考虑到保护的时间整定值, 时间可以由制造厂规定。

图 A. 6 IAC-A 级高压连接线试验的选择



(1) 按照 GB 3906—2006 的 A.5.2 中的判据, 相对地和相间故障的适用性:

- 对于相对地试验, 电流值由制造厂规定;
- 对于相间试验, 电流值应为额定短时耐受电流的 87%。

(2) 考虑到保护的时间整定值, 时间可以由制造厂规定。

图 A.7 IAC-B 级高压连接线试验的选择

**附 录 B**  
**(规范性附录)**

**验证预装式变电站声级的试验**

**B.1 目的**

试验的目的是计算一台给定的单独变压器的声级与装在预装式变电站内的同一台变压器的声级的差别。

通过这两个数值的比较来评估预装式变电站外壳的声特性。希望外壳不会增高变压器的声级。

注：由于共振现象，外壳可能提高变压器的声级。

试验数值仅对在额定电压和频率下的被试总装有效。如果所用的变电站装有不同的元件、部件，和/或连接到具有不同电源电压或频率的电网上，外壳的特性可能不同。

**B.2 试品**

试验用的变压器应为规定预装式变电站额定值的最大额定容量和损耗的变压器。

试验用的预装式变电站应装配完整，包括所有的设备和配件。

**B.3 试验方法**

试验应按 GB/T 1094.10 进行。GB/T 1094.10 规定了试验方法和沿变压器周围指定轮廓的 A-加权声级的计算方法。

应采用同样的方法来测量预装式变电站的声级，这里外壳是声音的发射边界。除了测量装置的要求外，测量方法应按照 GB/T 1094.10，按照对预装式变电站定义的声级水平，测量装置应安放在离地面 1.5 m 处。

在单独的变压器上和带外壳的变压器上的试验，应在相同的环境条件下进行，以便能够采用单一的环境修正值。

**B.4 测量**

测量应按 GB/T 1094.10 进行。为了给测量装置定位，应把外壳当作预装式变电站的主辐射面。

**B.5 结果的计算和报告**

声级应按 GB/T 1094.10 进行计算。

对于两种设备配置，即单独的变压器和装配完整的预装式变电站，试验报告应包括 GB/T 1094.10 中给出的所有适用的资料。

此外，对装配完整的预装式变电站，还应包括以下资料：

- a) 外壳、门、面板和通风网栅的主要设计特点，包括使用的材料；
- b) 外壳内各元件的布置尺寸图，门和通风口以及其他可能严重影响声音传播的部件的位置和尺寸；
- c) 应给出变压器相对于外壳、门、面板和通风口的位置的详细资料。

注：如果预装式变电站任一侧测得的声级和在另一侧的测量结果显著不同，试验报告应将所有的数值记录下来，以便用户能够在安装预装式变电站时考虑这些差别。

**附 录 C**  
**(规范性附录)**  
**机械撞击试验**

**C.1 验证抵抗机械撞击的试验**

试验应在预装式变电站外壳外露部分的薄弱点(例如面板、门和通风口)上进行。

试验应使用 GB/T 20138 中规定的试验方法。撞击能量应为 20 J。对于水平表面,可以用垂直放置的管子给打击元件导向。

如果在正常使用条件下,温度的变化对外壳部件所用材料(例如合成材料)的机械撞击强度有显著的影响,应在最低使用温度下对这些部件进行撞击试验。

试验时,外壳应按制造厂的使用说明书安装。

预装式变电站的每一垂直面或顶部,最多的撞击次数为 5 次。在同一位置(点)只撞击 1 次。

满足以下判据认为试验成功:

- 应保持外壳的防护等级;
- 控制机构、手柄等的操作,不应损坏;
- 外壳的损伤或变形既不应妨碍设备的继续使用,也不得降低绝缘耐受电压(或电气间隙,或爬电距离)的规定值;
- 表面的损伤,例如掉漆和小的凹陷是允许的。

**C.2 验证防止机械损害的装置**

试验装置本质上由一个绕其上端在垂直平面内旋转的摆锤构成。支点轴心在测量点上方 1 000 mm 处,撞击元件应符合图 C.1 的要求。

摆臂的质量和撞击元件组合质量之比应不大于 0.2,撞击元件的重心应落在摆臂的轴线上。

撞击元件端头到测量点的距离为  $60\text{ mm} \pm 20\text{ mm}$ 。

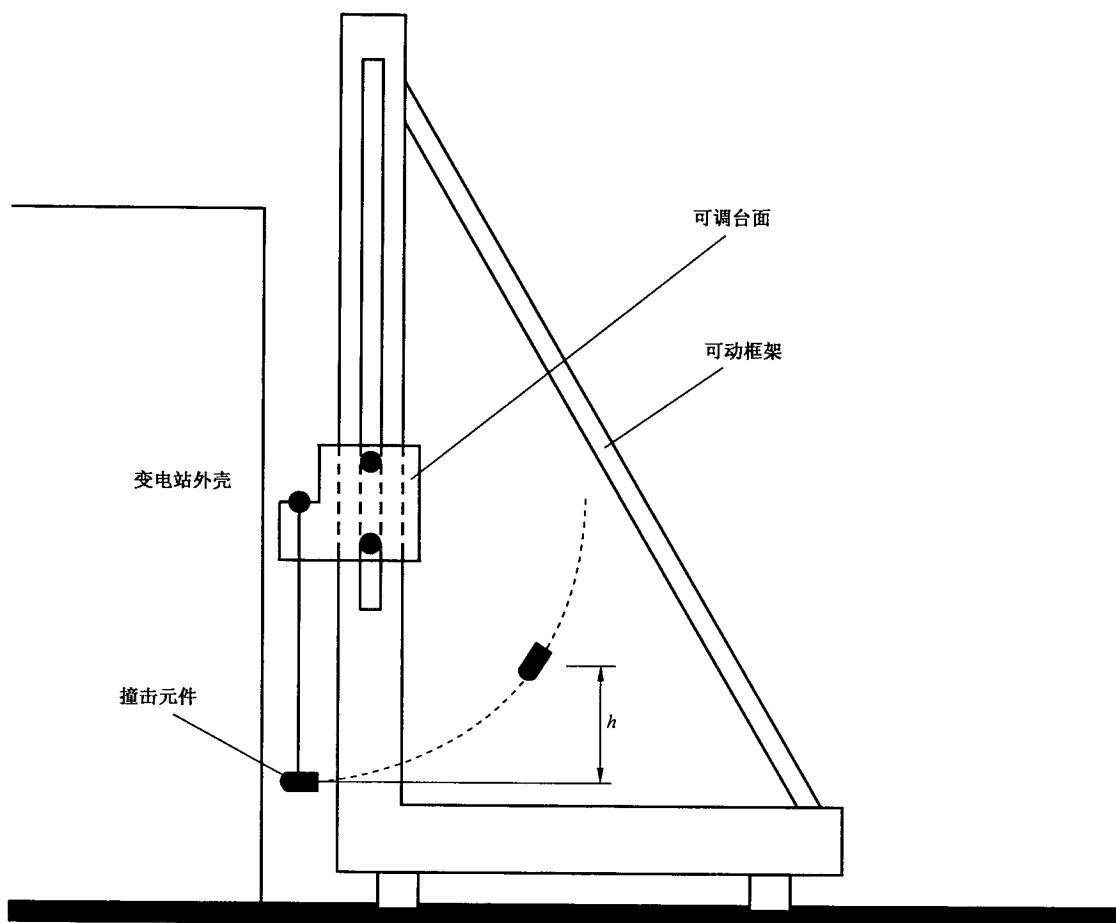
为了避免二次撞击,即反弹,在初次撞击后应抓住撞击元件使锤头停住,同时要避开摆臂以防其变形。

在每次撞击前,应目测检查撞击元件的嵌入端,保证其上没有会影响试验结果的损伤。

设备承受的撞击由锤头的质量和下落的高度来决定,这一高度是撞击锤升起位置和撞击点之间的垂直距离。

锤头的等效质量为 5 kg,下落的高度为 400 mm,产生的撞击能量为 20 J。





图中：

撞击能量=20 J；

等效质量=5 kg±0.25 kg；

撞击锤的端头：按 GB/T 20138；

锤的材料：按 FE 490-2；按照 GB/T 230.1，洛氏硬度 HRE 80~85；

标称的下落高度  $h=400\text{ mm}\pm 4\text{ mm}$ 。

图 C.1 撞击试验装置

**附录 D**  
(资料性附录)  
**外壳中变压器的额定值**

与预装式变电站额定最大容量对应的变压器对于不同的外壳级别和周围温度,能够带不同的负荷。本附录对充液变压器或干式变压器给出了确定负荷系数的方法。

注 1: 变压器的最高热点温度应保持与外壳无关,且因为如此,有必要降低变压器的容量来保证不超过该热点温度。

对于充液变压器,GB/T 1094.7 中给出了最高热点温度,对于干式变压器,在 GB 1094.11 中给出了取决于绝缘材料的温度等级。

注 2: 由于采用一条曲线不存在测量误差,对于空载/负载损耗比给出了一组曲线。这些曲线对于损耗比在 1:2 和 1:12 之间有效。

### D.1 充液变压器

建议按下述各条使用图 D.1 的曲线:

- a) 选出代表外壳级别的曲线;
- b) 在纵轴上找到预装式变电站安装处已知的周围温度平均值;
- c) 外壳级别线和周围温度线的交点给出了变压器的负荷系数。

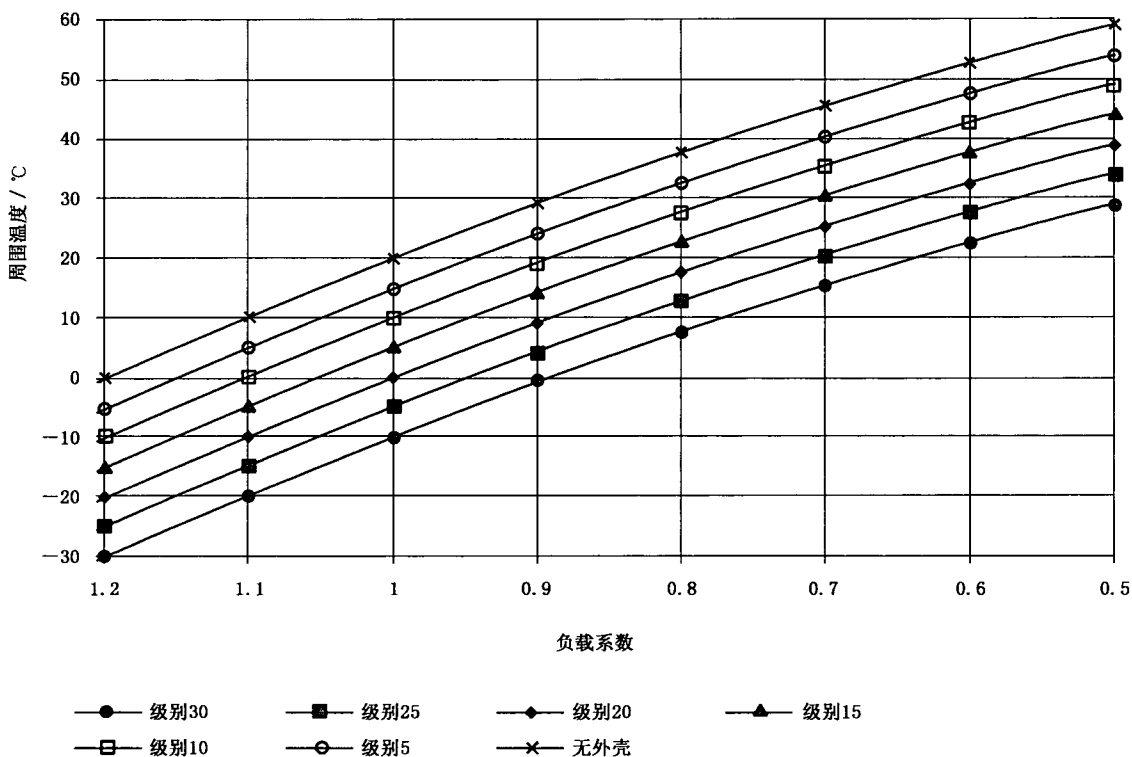


图 D.1 外壳中充液变压器的负荷系数

### D.2 干式变压器

建议按下述各条使用图 D.2 的曲线:

- a) 选出代表外壳级别的曲线;

- b) 在纵轴上找到预装式变电站安装处已知的周围温度平均值；
- c) 外壳级别线和周围温度线的交点给出了变压器的负荷系数。

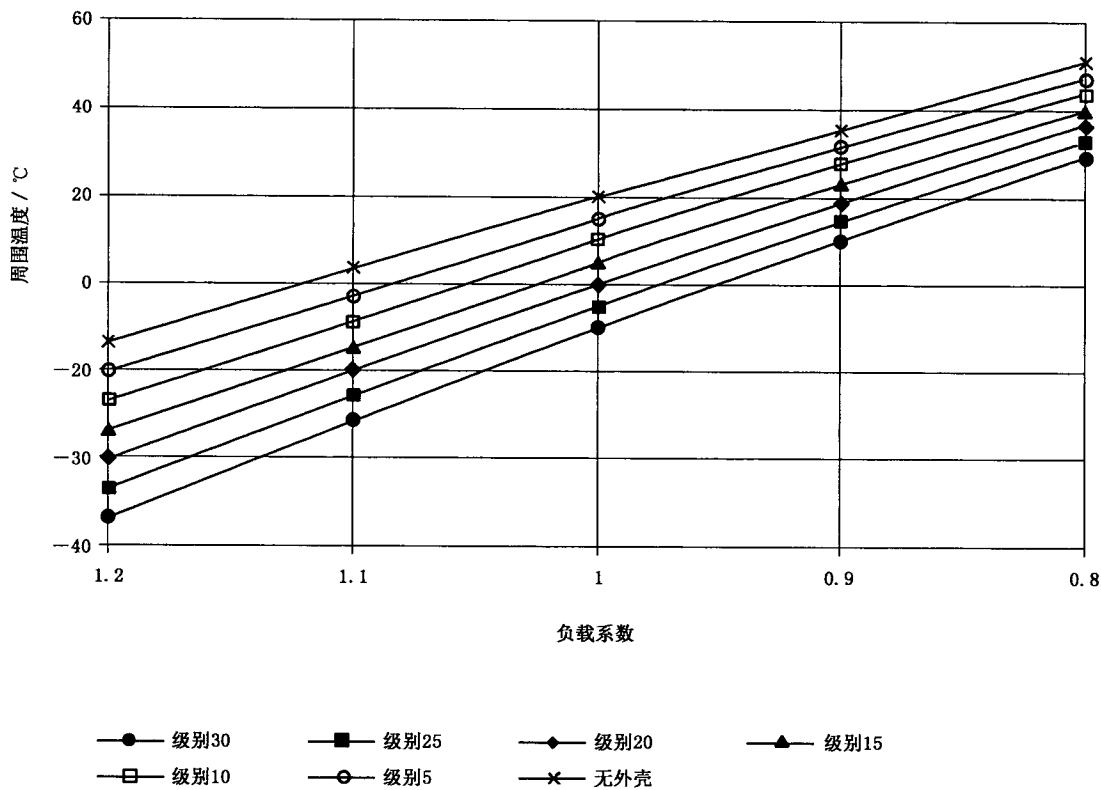


图 D.2 外壳中干式变压器的负荷系数

D.3 示例

前提：

安装处周围温度的年平均值为 20 ℃；

——在冬季周围温度的平均值为 -5 ℃；

——在夏季周围温度的平均值为 30 ℃；

——要求的年平均负荷值为 700 kVA；

——在冬季负荷的平均值为 600 kVA；

——在夏季负荷的平均值为 800 kVA。

问题 1：

对 1 000 kVA、12 kW 总损耗的充液变压器，其热点温度和液面温度均不超过最大值，需选用哪种额定外壳级别？

答案：

——对周围温度年平均值 20 ℃和负荷系数 0.7，图 D.1 推荐使用级别 25 的外壳；

——对冬季周围温度年平均值 -5 ℃和负荷系数 0.6，图 D.1 推荐使用级别 30 的外壳；

——夏季周围温度平均值 30 ℃和负荷系数 0.8，图 D.1 推荐使用级别 5 的外壳。

结论：

对最大容量 1 000 kVA、最大损耗 12 kW 的变压器，只能选用级别 5 的外壳。

问题 2：

在上述前提下，选用级别 30 的外壳，变压器的允许负荷系数是多少？

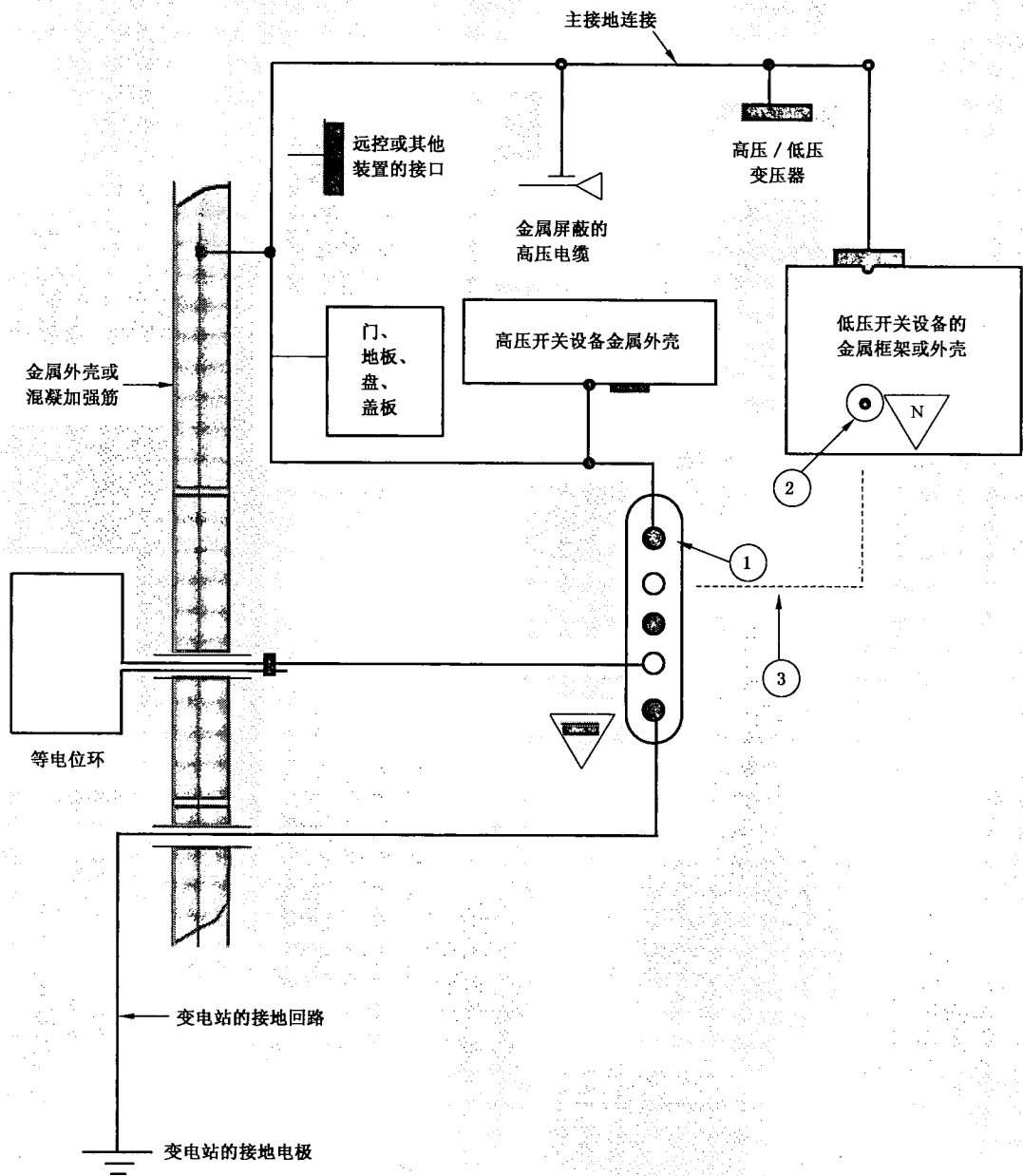
答案：

- 对周围温度年平均值 20 ℃和级别 30,图 D.1 给出的最大负荷系数为 0.63;
- 对冬季周围温度年平均值 -5 ℃和级别 30,图 D.1 给出的最大负荷系数为 0.95;
- 夏季周围温度平均值 30 ℃和级别 30,图 D.1 给出的最大负荷系数为 0.48。

结论:

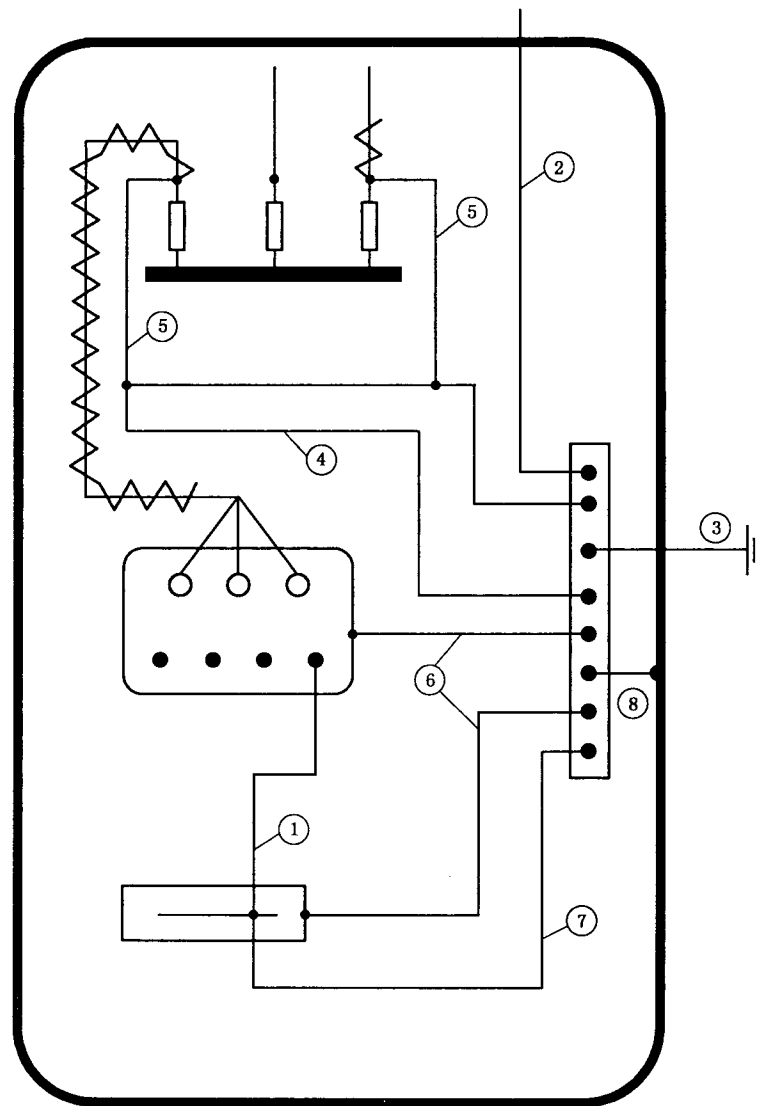
如果选用级别 30 的外壳,除了在冬季,变压器的负荷必须受到限制。

附录 E  
(资料性附录)  
接地回路举例



- 图例：
- ①——接地板。
  - ②——连接到地的低压中性端子。
  - ③——低压中性线连接至接地板, 替代的方式是按照绝缘规则与独立的低压中性接地电极连接。

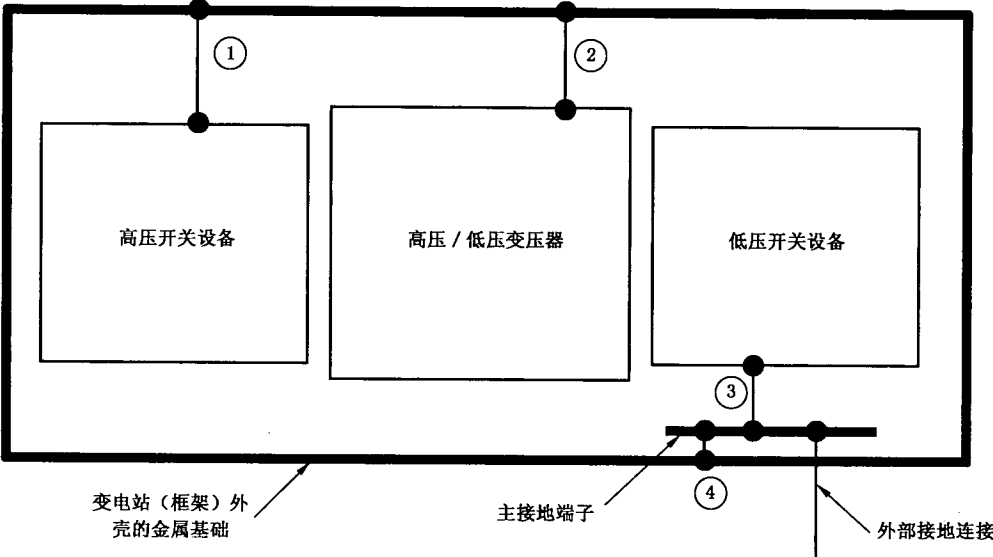
图 E.1 接地回路举例



图例：

- ①——低压中性导体；
- ②——外部接地；
- ③——预装式变电站附加的接地点(根据土壤条件)；
- ④——高压开关设备的接地；
- ⑤——高压电缆屏蔽的接地；
- ⑥——变压器和低压框架的接地；
- ⑦——主低压中性母线的接地；
- ⑧——外壳接地。

图 E.2 接地回路举例



图例：

- ①——高压开关设备到金属基础的接地连接；
- ②——变压器箱体到金属基础的接地连接；
- ③——低压开关设备到金属基础的接地连接；
- ④——主接地端子到金属基础的接地连接。

图 E.3 框架内作为主接地导体的接地回路举例

**附 录 F**  
(资料性附录)  
**外壳材料的特性**

**F.1 金属****F.1.1 涂层**

大量的涂层可以使用。表 F.1 列出了推荐的涂层的一些例子。

**表 F.1 涂层的处理**

处 理	标 准	基 础	
		钢	铝
热浸镀锌	GB/T 13825—1992 金属覆盖层黑色金属材料热镀锌层的质量测定称量法 GB/T 13912—2002 金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法	×	
电镀锌涂层	GB/T 9799—1997 金属覆盖层 钢铁上的锌电镀层	×	
化学置换涂层	GB/T 15519—2002 化学转化膜 钢铁黑色氧化膜 规范和试验方法 GB/T 17460—1998 化学转化膜 铝及铝合金上漂洗和不漂洗铬酸盐转化膜	×	×

**F.1.2 油漆**

表 F.2 列出了用于检验油漆的标准。

**表 F.2 涂层的试验**

试 验	标 准
粘着性	GB/T 9286—1998 色漆和清漆 漆膜的划格试验
盐雾	GB/T 10125—1997 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
人工老化	ISO 11997:2005 油漆和清漆——耐周期性腐蚀的测定
磨损	ISO 7784:2006 油漆和清漆——抗磨损性的确定
腐蚀	ISO 12944:1998 第 1-8 部分:油漆和清漆——油漆保护的钢结构的腐蚀防护

**F.2 混凝土**

腐蚀可能出现在混凝土以及加强混凝土的钢材上。因此,应该考虑 5.102.3.1 中列出的可能影响腐蚀的主要因素。

混凝土的某些特性的限值,例如,最大的水和水泥比、最低的混凝土强度、最低的水泥含量以及覆盖于钢加强筋的最少混凝土等应予以考虑。

表 F.3 列出了可以用来试验混凝土性能的一些标准。



油漆/涂层可以改善抗腐蚀性以及产品特性。

表 F.3 混凝土的试验

试 验	标 准
混凝土强度	GB/T 14902—2003 预拌混凝土
耐受氯化物扩散的试验 (去冰盐雾)	GB/T 50080 普通混凝土——拌和物性能试验方法 ISO/DIS 4846 混凝土——暴露于去冰化学条件下的表面的耐受比例的确定
密度/孔隙率	GB/T 50081 普通混凝土——力学性能试验方法 GB/J 82 普通混凝土——长期性能和耐久性能试验方法
技术要求、性能、生产和一致性	EN 206-1:2000 混凝土——第 1 部分:技术要求、性能、生产和一致性 ASTM C94/C 94M 准备混合的混凝土的标准技术要求

## 参 考 文 献

- [1] GB/J 82 普通混凝土——长期性能和耐久性能试验方法
- [2] GB/T 9286—1998 色漆和清漆 漆膜的划格试验(eqv ISO 2409:1992)
- [3] GB/T 9799—1997 金属覆盖层钢铁上的锌电镀层(eqv ISO 2081:1986)
- [4] GB/T 10125—1997 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验(eqv ISO 9227:1990)
- [5] GB/T 13825—1992 金属覆盖层黑色金属材料热镀锌层的质量测定称量法(eqv ISO 1460:1973(F))
- [6] GB/T 13912—2002 金属覆盖层钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法(eqv ISO 1461:1999)
- [7] GB/T 14902—2003 预拌混凝土
- [8] GB/T 15519—2002 化学转化膜钢铁黑色氧化膜规范和试验方法(eqv ISO 11408:1999)
- [9] GB/T 17460—1998 化学转化膜铝及铝合金上漂洗和不漂洗铬酸盐转化膜(eqv ISO 10546:1993)
- [10] GB/T 50080 普通混凝土——拌合物性能试验方法
- [11] GB/T 50081 普通混凝土——力学性能试验方法
- [12] JB/T 5895—1991 污秽地区绝缘子 使用导则(eqv IEC/TR 60815:1986)
- [13] ISO 1052:1982 一般工程用钢
- [14] ISO/DIS 1920-2 新混凝土的特性
- [15] ISO 1920-4:2005 混凝土
- [16] ISO/DIS 4846 混凝土——暴露于去冰化学条件下的表面的耐受比例的确定
- [17] ISO 7784:2006 油漆和清漆——抗磨损性的确定
- [18] ISO 11997:2005 油漆和清漆——耐周期性腐蚀的测定
- [19] ISO 12944:1998 第 1-8 部分:油漆和清漆——油漆保护的钢结构的腐蚀防护
- [20] EN 206-1:2000 混凝土——第 1 部分:技术要求、性能、生产和一致性
- [21] ASTM C94/C 94M 准备混合的混凝土的标准技术要求

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
高压/低压预装式变电站  
GB 17467—2010

\*

中国标准出版社出版发行  
北京复兴门外三里河北街16号  
邮政编码:100045

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

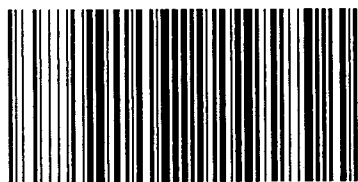
\*

开本 880×1230 1/16 印张 4 字数 104 千字  
2010年11月第一版 2010年11月第一次印刷

\*

书号: 155066·1-40527 定价 54.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68533533



GB 17467—2010