



中华人民共和国国家标准

GB/T 13540—2009
代替 GB/T 13540—1992

高压开关设备和控制设备的抗震要求

Seismic qualification for high-voltage switchgear and controlgear

(IEC 62271-2:2003 High-voltage switchgear and controlgear—
Part 2: Seismic qualification for rated voltages of 72.5 kV and above, MOD)

2009-11-30 发布

2010-04-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	Ⅲ
1 范围和目的	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 抗震性能试验要求	1
4.1 总则	1
4.2 初步分析	2
5 抗震水平	2
6 试验验证	2
6.1 概述	2
6.2 安装	3
6.3 外部负载	3
6.4 测量	3
6.5 频率范围	3
6.6 试验加速度	3
6.7 试验	3
7 试验和分析综合验证	4
7.1 概述	4
7.2 振动和性能数据	4
7.3 数值分析	4
8 抗震性能的评估	5
8.1 应力的组合	5
8.2 地震试验的认可判据	6
8.3 试验结果的性能评价	6
8.4 允许应力	6
9 文件	6
9.1 抗震性能试验的资料	6
9.2 试验报告	6
9.3 分析报告	7
附录 A (规范性附录) 试品的特性	10
A.1 低水平激励	10
A.2 自由振动试验	10
附录 B (资料性附录) 开关设备和控制设备抗震性能充分性的判据	12
B.1 概述	12
B.2 推荐的安装规则和实践	12
附录 C (资料性附录) 抗震验证报告	14
C.1 封面示例	14
C.2 抗震分析验证报告的内容示例	14
C.3 抗震试验验证报告的内容示例	15
参考文献	16
	1

前 言

本标准修改采用 IEC 62271-2:2003《高压开关设备和控制设备 第2部分:额定电压 72.5 kV 及以上的抗震要求》,同时参考了 IEC 62271-207:2007《高压开关设备和控制设备 第207部分:额定电压 52 kV 以上的气体绝缘成套开关设备的抗震要求》和 IEC 62271-300:2006《高压开关设备和控制设备——第300部分:交流断路器的抗震要求》等标准。

本标准与 IEC 62271-2:2003 的主要差异:

- 标准名称改为:高压开关设备和控制设备的抗震要求;
- 适用范围改为:本标准适用于标称电压 3 kV 及以上,频率 50 Hz 及以下的电力系统中运行的户内和户外安装的所有高压开关设备和控制设备,包括其与地面刚性连接的支撑构架;
- 删除了第5章地震烈度中的注1及其内容。并将第5章中的“地震烈度”改为“抗震水平”;
- 参考 IEC 62271-300:2006 的相关内容,6.1 增加了以下内容:

该验证:

- 当试品所有极都安装在同一构架上时,在完整的试品上进行;
- 当试品具有三个独立极时,在一极上进行;
- 当单个构架上有多个断开极时,用其断开单元在一系列上进行。
- 参考 IEC 62271-300:2006 的相关内容,6.3 增加了一个注释;
- 参考 IEC 62271-207:2007 的相关内容,6.6.2 增加了:“强震波部分是时程曲线具有最大加速度的部分。”的内容;
- 参考 IEC 62271-207:2007 和 IEC 62271-300:2006 的相关内容,6.7.2.1 增加了以下两个列项内容:
 - 主回路电阻测量;
 - 额定电压下辅助和控制回路的电气连续性检查;
- 参考 IEC 62271-207:2007 的相关内容,6.7.2.3 增加了一个列项内容:“——试验时的水平和垂直加速度;”
- 参考 IEC 62271-300:2006 的相关内容,7.3 增加了抗震分析的应用条件,即:“最终的抗震分析应是假设高压开关设备和控制设备固定在地面上的状况下进行,即高压开关设备和控制设备固定点之间没有地面移动。”
- 参考 IEC 62271-207:2007 和 IEC 62271-300:2006 的相关内容,8.3 增加了一个列项“f)”。
- 参考 IEC 62271-300:2006 的相关内容,增加了附录 C(资料性附录)。

本标准代替 GB/T 13540—1992《高压开关设备抗地震性能试验》。

本标准与 GB/T 13540—1992 的主要差异:

- 标准结构及内容的不同(即除第1章、第2章、第3章外的各对应章条标题及内容完全不对应)。GB/T 13540—1992 规定了具体的抗震试验方法及程序,而本标准则规定了高压开关设备和控制设备总的抗震要求,并明确了采用分析、试验或两者的组合验证抗震性能。其具体的试验方法则引用了 GB/T 2423.43、GB/T 2423.48 和 GB/T 2424.25 等三个标准,本标准未作赘述;
- 本标准主要适用的产品由原“设防烈度为 8 度至 9 度的瓷瓶支柱式高压开关设备”扩大至“额定电压 3.6 kV 及以上所有的高压开关设备和控制设备”(如:高压交流断路器、高压交流隔离开关和接地开关、72.5 kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备(GIS)、3.6 kV~40.5 kV 交流

金属封闭开关设备、高压/低压预装式变电站等)；

——适用的抗震水平由原来的地面水平加速度 3 m/s^2 (对应参考的地震烈度Ⅶ度~Ⅸ度)向外扩展至 2 m/s^2 、 3 m/s^2 、 5 m/s^2 (对应参考的地震烈度分别为： $< \text{Ⅶ度}$ 、 $\text{Ⅶ度} \sim \text{Ⅸ度}$ 、 $> \text{Ⅸ度}$) 的范围；

——采用的标准反应谱中的阻尼比分别为 2%、5%、10%、20% 及更大，而原标准为 3%、5%、7%、10%、15%。

本标准的附录 A 是规范性附录，附录 B、附录 C 是资料性附录。

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(SAC/TC 65)归口。

本标准负责起草单位：西安高压电器研究所。

本标准参加起草单位：西安西开高压电气股份有限公司、河南平高电气股份有限公司、新东北电气(沈阳)高压开关有限公司、郑州机械研究所、中国电力科学研究院高压开关研究所、正泰电气股份有限公司、宁波天安(集团)股份有限公司、川开电气有限公司、西门子中国输配电中压部、西门子(杭州)高压开关有限公司、ABB(中国)有限公司、ABB(中国)有限公司厦门分公司、厦门 ABB 华电高压开关有限公司、常州太平洋电力设备(集团)有限公司。

本标准主要起草人：严玉林、田恩文、张颜珠。

本标准参加起草人：王建西、闫关星、张姝、刘玉民、杨堃、刘景博、杨桃莉、王晋根、张希捷、李东妍、余明星、张天运、张德勤、朱佩龙、王其恺、姚彬彬、黄立群、徐先锋、张交锁、潘瑞琼、袁春萍、王向克、张艳。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 13540—1992。

高压开关设备和控制设备的抗震要求

1 范围和目的

本标准规定了高压开关设备和控制设备的抗震要求,并明确了采用分析、试验或者两者的组合验证抗震性能的原则。

本标准适用于标称电压 3 kV 及以上、频率 50 Hz 及以下的电力系统中运行的户内和户外安装的所有高压开关设备和控制设备,包括其与地面刚性连接的支撑构架。

如果开关设备和控制设备不是地面安装的,例如安装在建筑物内,适用条件应根据用户和制造厂之间的协议。

开关设备和控制设备的抗震要求考虑了所有的辅助和控制设备,不论其是一体安装或独立安装。

本标准给出了验证地面安装的高压开关设备和控制设备抗震性能的试验程序。

适用时,开关设备和控制设备抗震性能需要进行验证。

本标准还对抗震性能的地面加速度水平进行了规定,并给出了适合于验证要求具有抗震能力的开关设备和控制设备性能的备选的方法。

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 1984 高压交流断路器(GB 1984—2003,IEC 62271-100,2001,MOD)

GB 1985 高压交流隔离开关和接地开关(GB 1985—2004,IEC 62271-102,2002,MOD)

GB/T 2423.43 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 振动、冲击和类似动力学试验样品的安装(GB/T 2423.43—2008,IEC 60068-2-47,2005,IDT)

GB/T 2423.48 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 F1:振动——时间历程法(GB/T 2423.48—2008,IEC 60068-2-57,1999,IDT)

GB/T 2424.25 电工电子产品环境试验 第3部分:试验导则地震试验方法(GB/T 2424.25—2000,IEC 60068-3-3,1991,IDT)

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

GB 7674 额定电压 72.5 kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备(GB 7674—2008,IEC 62271-203,2003,MOD)

GB/T 11022 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求(IEC 62271-1,MOD)

GB 17467 高压/低压预装式变电站(IEC 62271-202,MOD)

3 术语和定义

GB 1984,GB 1985,GB/T 2424.25,GB 3906,GB 7674,GB/T 11022,GB 17467 确立的术语和定义适用于本标准。

4 抗震性能试验要求

4.1 总则

抗震性能试验应验证开关设备和控制设备耐受地震应力的能力。

抗震性能试验有以下要求内容：

主回路、控制和辅助回路包括相关的安装构架不应出现故障。

只要不降低设备的功能，永久的变形是允许的。在完成 8.2 和 8.3 确定的抗震试验后，应对设备进行操作。

应采用分析、试验或者两者的组合来验证抗震性能。

如果采用分析，则应有足够的 7.2 中所定义的数据；如果没有，应采用在结构和功能方面能够代表整个装置的试验样品进行试验。这些基本的试验数据应该用来作为输入参数来校正分析。

对于完整的成套开关设备和控制设备，应该认为分析能够充分证明抗震性能。

4.2 初步分析

4.2.1 代表性试品的选择

由于适用的试验设施方面的实际原因，开关设备和控制设备可要求确定和选择不同的、足以能够代表整个装置的试品来进行结构和功能检查。

这些试品应包括带有相关的操动机构和控制设备的开关装置以及它们的电气和机械接口。

推荐：

- 试验通用元件；
- 通过附录 A 中的试验来确定试品的动态特性（固有频率和阻尼比）。

4.2.2 试品的数学模型

在变电站设计特征技术资料的基础上，应建立试品的三维模型。该模型应考虑到实际的隔室和支撑构架，并在所研究的频率范围内描述试品的动态性能时具有足够的灵敏度。

5 抗震水平

抗震水平从表 1 中选取。

表 1 开关设备和控制设备的抗震性能水平——水平方向加速度

抗震水平	要求的响应频谱(RRS)	零周期加速度(ZPA)
		m/s ²
AG5	图 1	5
AG3	图 2	3
AG2	图 3	2

对于垂直方向抗震水平，方向系数为水平方向的 0.5（见 GB/T 2424.25）。

注：关于抗震性能水平和不同地震等级之间相关的资料在 GB/T 2424.25 中给出。

所选择的抗震性能水平应与设施的安装地点地震时最大地面运动相一致。这一水平对应于 S2 级地震（参见 GB/T 2424.25）。

6 试验验证

6.1 概述

试品的验证试验程序应符合 GB/T 2424.25。

应在 4.2.1 规定的具有代表性的试品上进行验证。

如果辅助和控制设备安装在单独的构架上，可以单独进行验证。

如果试品不能在自身的构架上进行试验（例如，由于尺寸），应通过分析确定构架的动态作用，并在试验中予以考虑。

除非振动响应研究表明在分闸位置更严酷，一般开关设备及其成套装置应在合闸位置进行试验。

该验证：

- 当试品所有极都安装在同一构架上时,在完整的试品上进行;
- 当试品具有三个独立极时,在一极上进行;
- 当单个构架上有多个断开极时,用其断开单元在一列上进行。

6.2 安装

试品应按运行条件进行安装,包括减震器(如果有)。

试品的水平方向应是沿着激励力作用的两个互相垂直的方向。

任何仅用于试验的固定和连接设施不应影响试品的动态性能。

试品的安装方法应予以文件化记录,且应包含所有固定和连接设施的说明(见 GB/T 2423.43)。

6.3 外部负载

一般情况下,地震试验时难以模拟运行中的电气和环境载荷。考虑到试验室的安全要求,这种情况也适用于试品的内部压力。

注:关于地震和运行载荷的组合见 8.1。

地震试验期间,不应操作试品;控制和辅助回路必须通电以监视继电器的任何振颤,但不应导致开关装置动作。

6.4 测量

应按 GB/T 2424.25 进行测量并包括:

- 在可能出现的最大的形变和显著相对位移处元件的振动行程;
- 关键部件(如:套管、法兰、外壳和支撑构件)上的应变。

6.5 频率范围

频率范围应在 0.5 Hz~35 Hz。

6.6 试验加速度

试验加速度应按第 5 章选取。

对于不同的抗震水平,图 1 到图 3 中给出了推荐的要求的响应频谱。该曲线与开关设备和控制设备 2%、5%、10% 和 20% 以及更大的阻尼比相关。

其余的阻尼比值的频谱可以通过线性插值获得。

时程试验法是优选的方法,由于它更贴切地模拟了实际的运行条件,尤其是在试品的性能为非线性的情况下。该试验方法应符合 GB/T 2423.48。

6.6.1 正弦拍波激励的参数

试验频率应以 1/2 倍频程覆盖 6.5 规定的频率范围。对每一试验频率,应施加五个周期的五个正弦拍波。

6.6.2 时程激励的参数

时程激励波的总的持续时间应为大约 30 s,其中强震波部分不应小于 6 s。强震波部分是时程曲线具有最大加速度的部分。

6.7 试验

6.7.1 试验方向

试验方向应按 GB/T 2424.25 的规定选取。

在某些情况下,垂直加速度的作用产生的应力很小,垂直方向的激励不必施加。

6.7.2 试验顺序

试验顺序如下:

- 试验前的功能检查;
- 振动响应检查试验(要求确定和/或分析试品的固有频率和阻尼比);
- 抗震性能试验;
- 试验后的功能检查。

6.7.2.1 功能检查

试验前后,在额定电源电压和操作压力下应记录或计算(适用时)下述动作特性、状态或整定值:

- 合闸时间;
- 分闸时间;
- 一极中各单元之间的时间差;
- 极间的时间差(如果多极被试);
- 气体和/或液体的密封性(适用时);
- 主回路电阻测量;
- 额定电压下辅助和控制回路的电气连续性检查;
- 制造厂规定的其他重要特性或整定值。

6.7.2.2 振动响应检查试验

振动响应检查试验应在 6.5 规定的频率范围内按 GB/T 2424.25 的规定进行。

6.7.2.3 抗震性能试验

根据试验设施,通过施加 GB/T 2424.25 附录中的流程图所规定的试验程序之一进行试验。

试验应在从第 5 章选取的抗震水平下进行一次。

地震试验期间,应记录下列参数:

- 试验时的水平和垂直加速度;
- 关键元件(如:套管、法兰、外壳和支撑件等)的应力和应变;
- 可能出现显著位移处的部件的偏移;
- 主回路的电气连续性(如果适用);
- 在额定电压下辅助和控制回路的电气连续性。

7 试验和分析综合验证

7.1 概述

该方法可用于:

- 验证仅靠试验无法验证其抗震性能的成套开关设备和控制设备(如:因为其尺寸和/或复杂性);
- 验证已经在不同的地震条件下试验过的开关设备和控制设备;
- 验证与经过试验的开关设备和控制设备类似的、但包括影响动态特性的改动(如:装置布置方式的变化,或者元件质量的变化)的开关设备和控制设备;
- 验证那些振动及性能数据已知的开关设备和控制设备。

7.2 振动和性能数据

通过下述试验之一可获得用于分析的振动方面的数据(固有频率、阻尼比和关键部件的应力):

- a) 类似试品的动态试验;
- b) 降低试验水平时的动态试验;
- c) 通过其他试验,如自由振动试验或低水平激励试验(见附录 A)确定固有频率及阻尼比。

性能数据可从与之类似的试品上进行的试验来获得。

7.3 数值分析

一般程序为:

- a) 为了评估动态性能,利用 7.2 所述的试验数据建立开关设备和控制设备的数学模型。考虑到开关设备和控制设备的模块化特性,只要正确使用并考虑到不同模块之间的结构差异,完成和校正过的试品的数学模型可以扩展到整个变电站。
- b) 考虑到在附录 A 的试验期间试品的动态响应的非线性来校正数学模型。

- c) 在 6.5 规定的频率范围内,使用下述条款中所述的任一方法确定其响应。但是,如果正确,也可以使用其他方法。

最终的抗震分析应是假设高压开关设备和控制设备固定在地面上的状况下进行,即高压开关设备和控制设备固定点之间没有地面移动。

7.3.1 加速度时程数值分析

如果采用时程数值分析作抗震分析,地面运动加速度时程应满足要求的响应频谱(RRS)(见表 1)。根据问题的复杂程度,通常采用两种叠加方法:

- 分别计算由于地震运动产生的三个分量(水平面方向的 X 和 Y ,以及垂直方向的 Z)中的最大响应。每个水平方向分量和垂直方向分量的综合效应是这两者平方和的平方根,即 $(x^2 + y^2)^{1/2}$ 和 $(y^2 + z^2)^{1/2}$ 。用两值中的较大者计算开关设备和控制设备的响应。
- 先同时计算一个水平方向分量和垂直方向分量(X 和 Z),然后计算另一个水平方向分量和垂直方向分量(Y 和 Z)。这就是说每一时间步长计算之后,所有的值(如力、应力)是代数和。用两个值中的较大者计算开关设备和控制设备的响应。

7.3.2 利用要求的响应频谱(RRS)的模型分析

当采用响应频谱法分析抗震性能时,应力叠加的过程描述如下:在与开关设备和控制设备主轴正交的坐标系中, X 、 Y 为两个相互垂直的水平方向, Z 代表垂直方向。用平方和的平方根法计算开关设备和控制设备在 X 、 Y 、 Z 三个方向的每一个方向在不同模态频率作用下的应力,对计算的应力叠加得到开关设备和控制设备该方向的应力最大值。 X 和 Z 方向(或 Y 和 Z 方向)的最大值以平方和的平方根来叠加。这两种情况(X 、 Z)和(Y 、 Z)中的较大者就是开关设备和控制设备的计算系数。

7.3.3 静态系数分析

这种方法适用于刚性设备(设备最低的共振频率大于 35 Hz)。作为一种替代的分析方法,它也适用于柔性设备。这种方法采用了一种更加保守、更加简单的计算技术。不需确定固有频率,但是,把开关设备和控制设备的响应频谱假设为阻尼比取值趋于保守且恰当的基础上的要求的响应频谱的峰值。然后,该响应该乘以静态系数 1.5,该静态系数是在考虑了多频激励和多方式响应的影响后根据经验确定的。如果能证明其结果过于保守,可以采用较低的静态系数。

作用于高压开关设备和控制设备每一部件的地震力由该部件重心处集中质量和加速度的乘积求得。

得出的地震力应与质量分布成正比例分布。

然后按照 8.1 的规定完成应力分析。

8 抗震性能的评估

8.1 应力的组合

试验或分析确定的地震应力应与其他运行载荷组合后作为确定开关设备和控制设备总的承载能力。

在开关设备和控制设备的寿命期内出现所推荐的抗震性能水平的地震概率是很小的。在自然地震中,仅当开关设备和控制设备在其临界频率下以最大加速度被激励时,才会出现最大的地震载荷。由于此过程仅持续几秒钟,所以,如果以最大的电气负荷和运行环境载荷来组合会使得应力组合不切实际且过于保守。

除非另有规定,认为可以出现以下附加载荷:

- 内部压力(适用时);
- 静态端子负荷;

注:对于高压交流断路器、高压交流隔离开关和接地开关分别见 GB 1984、GB 1985 中给出的数值。考虑到户外产品连接导体上的风速仅为 10 m/s,其户外产品静态端子负荷应为 0.7 倍规定值。

——户外开关设备和控制设备上的风负荷(风速为 10 m/s)。

这些载荷的组合应受到静态分析的影响,采用在其出现方向上的力。

8.2 地震试验的认可判据

地震模拟波应产生覆盖要求的响应频谱(在相同的阻尼比下计算的)的试验响应频谱,其加速度峰值应等于或大于零周期加速度(ZPA)。地震试验认可判据的细节在 GB/T 2423.48 中给出。

8.3 试验结果的性能评价

正常情况下,性能的评价仅通过动态试验获得。还可以通过试验和分析综合外推这些结论来得到认可。特别是:

- a) 抗震试验期间,主触头应保持在其合闸或分闸位置;
- b) 继电器的振颤不应导致开关设备和控制设备的动作;
- c) 继电器的振颤不应提供开关设备和控制设备错误的状态信号(位置、报警信号);

注:正常情况下,如果继电器的振颤时间小于 5 ms,则认为是可以接受的。

- d) 如果开关设备和控制设备的整体性能不受影响,则认为可以重新设定监测装置;
- e) 在试验顺序结束后,功能检查的记录不应与初始状态的记录有显著变化(见 6.7.2.1);
- f) 设备和设备支撑构架上不应出现降低设备功能的裂纹和翘曲。

8.4 允许应力

机械和电气设备以及其支撑构架的设计的抗震验证应在许用应力的基础上完成。

根据 8.1 中规定的负载组合,用具有经过核实屈服点的材料制成的元件的总的应力不应超过该材料屈服强度的 90%。

对于套管,总应力不应超过材料破坏应力的 50%。

对于设备或支撑构架中的焊接结构,总的应力不应超过屈服强度的 100%。

最终的地震分析应在假定开关设备和控制设备安装在固定的地面上的情况下进行。

注:如果分析得来的最终数据说明相对于允许极限值的安全裕度太小,则可在考虑了地面对变电站的动态特性的影响后进行附加的分析。

9 文件

9.1 抗震性能试验的资料

无论对开关设备和控制设备采用试验或分析均需要以下资料:

- a) 抗震水平(见第 5 章);
- b) 结构和安装的详细资料(见 6.1 和 6.2);
- c) 试验轴的数目及相对位置(见 6.2)。

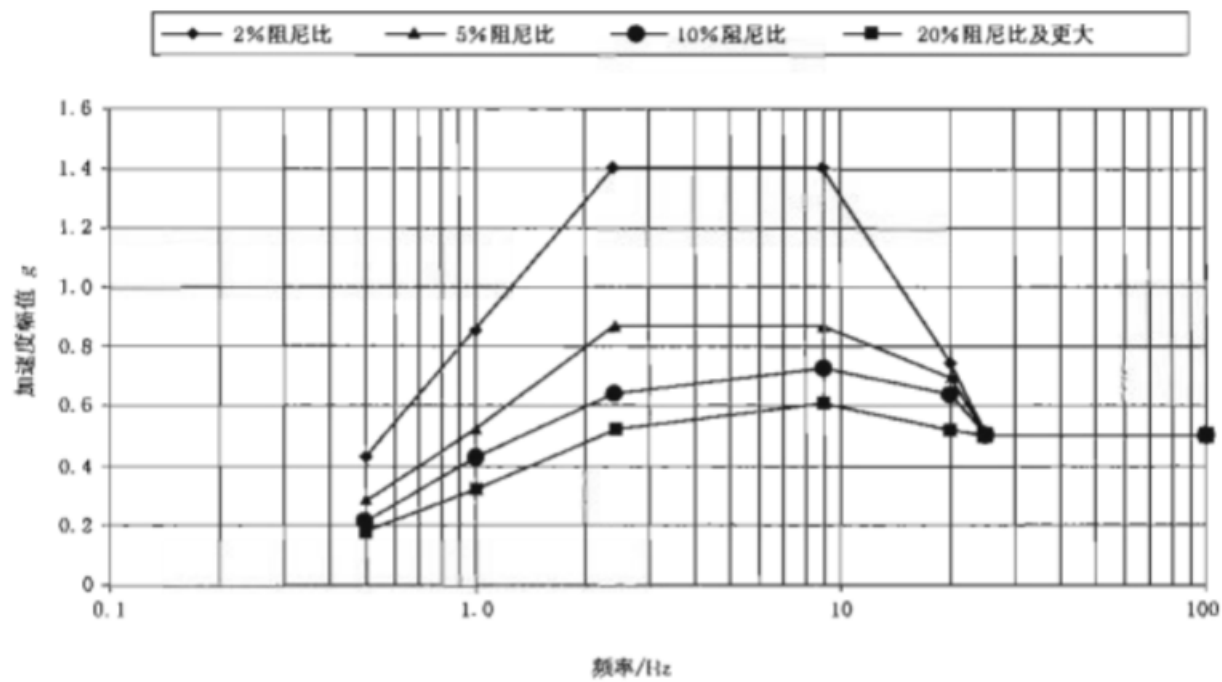
9.2 试验报告

试验报告应包括:

- a) 开关设备和控制设备的确认文件,包括结构和安装的详细资料;
- b) 抗震性能试验的资料;
- c) 试验设备:
 - 1) 位置;
 - 2) 试验设备的说明和校定;
- d) 试验方法及程序;
- e) 包含性能数据的试验数据(见 6.7.2.1 和 7.2);
- f) 结果和结论;
- g) 批准签字及日期。

9.3 分析报告

作为性能评价证据的分析应分步列出。

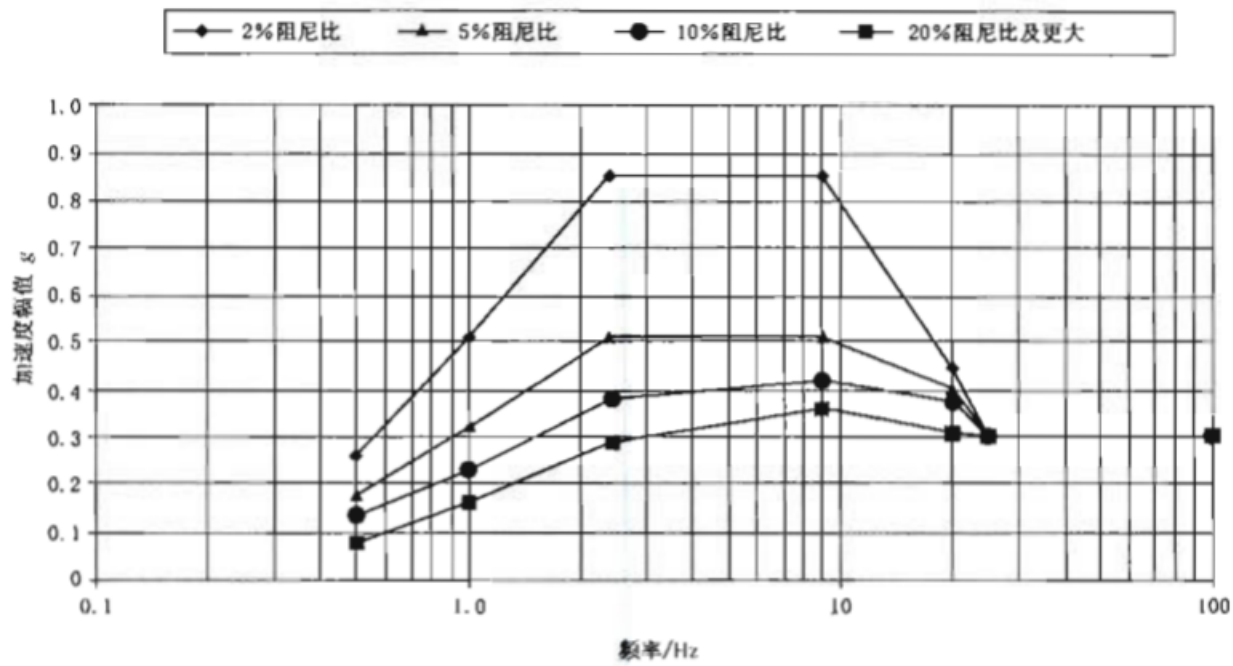


频率 Hz	加速度幅值/(m/s²)			
	阻尼比 2%	阻尼比 5%	阻尼比 10%	阻尼比 20%及更大
0.5	4.3	2.9	2.1	1.8
1.0	8.5	5.2	4.3	3.2
2.4	14.0	8.7	6.4	5.2
9.0	14.0	8.7	7.3	6.1
20.0	7.5	7.0	6.4	5.2
≥25.0	5.0	5.0	5.0	5.0

注 1：根据 GB/T 2424.25, g 的数值应圆整到最后的整数, 即 10 m/s^2 。

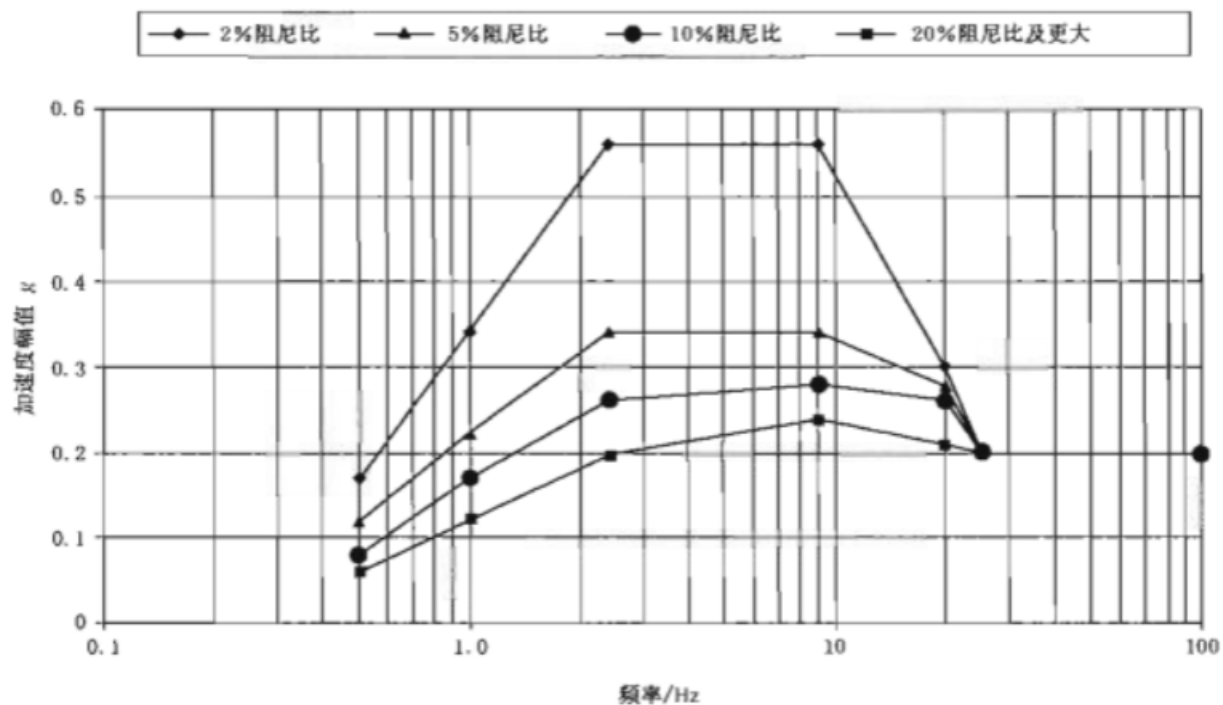
注 2：按照 GB/T 2423.48, RRS 表示生成的波形为推荐的形状。

图 1 地面安装的开关设备和控制设备的 RRS——水平方向地面加速度: AG5; ZPA = 5 m/s^2 (0.5g)



频率 Hz	加速度幅值/(m/s ²)			
	阻尼比 2%	阻尼比 5%	阻尼比 10%	阻尼比 20%及更大
0.5	2.6	1.8	1.4	0.8
1.0	5.1	3.2	2.3	1.6
2.4	8.5	5.1	3.8	2.9
9.0	8.5	5.1	4.2	3.6
20.0	4.5	4.1	3.8	3.1
≥25.0	3.0	3.0	3.0	3.0

注 1: 根据 GB/T 2424.25, g 的数值应圆整到最后的整数, 即 10 m/s^2 。
注 2: 按照 GB/T 2423.48, RRS 表示生成的波形为推荐的形状。
图 2 地面安装的开关设备和控制设备的 RRS——水平方向地面加速度: AG3; ZPA = 3 m/s^2 ($0.3g$)



频率 Hz	加速度幅值/(m/s ²)			
	阻尼比 2%	阻尼比 5%	阻尼比 10%	阻尼比 20%及更大
0.5	1.7	1.2	0.8	0.6
1.0	3.4	2.2	1.7	1.2
2.4	5.6	3.4	2.6	2.0
9.0	5.6	3.4	2.8	2.4
20.0	3.0	2.8	2.6	2.1
≥25.0	2.0	2.0	2.0	2.0

注 1：根据 GB/T 2424.25， g 的数值应圆整到最后的整数，即 10 m/s^2 。

注 2：按照 GB/T 2423.48，RRS 表示生成的波形为推荐的形状。

图 3 地面安装的开关设备和控制设备的 RRS——水平方向地面加速度：AG2：ZPA=2 m/s² (0.2g)

附 录 A
(规范性附录)
试品的特性

A.1 低水平激励

本方法利用对试品施加低水平激励来确定其固有响应。

A.1.1 试验方法

试品的安装应模拟推荐的运行安装条件,将多个便携激励器装到试验设备能够最佳激励各种振动模式的位置上。

从安装在试品上的监测仪器获得的数据,可以用来分析试品的动态特性。

A.1.2 分析

用试验中获得的频率响应来确定试品的固有频率和阻尼比,它们将被用于第7章规定的动态分析。因为这种分析模型准确地反映了测量到的固有频率以及经过试验的阻尼比,所以,这种分析法的确定度更高。

A.2 自由振动试验

自由振动试验可以用来确定试品的动态特性,可以将试品简化成单自由度系统的试品(例如套管)。

A.2.1 固有频率的确定

为了确定试品的固有频率(第一阶振动模式),试品应按运行状态安装,用推荐的方法固定在刚性的基础上。沿着可能出现最大振幅的方向,在试品重心附近施加数值不小于设备重量1/3的拉力,当此力突然释放时,试品应自由的振动。

A.2.2 阻尼比的确定

要确定试品的阻尼比,可以采用同样的试验,但在此情况下,振动的记录应采用适当的灵敏度和准确度的仪器对振动进行记录,以便确定振动的对数衰减随时间变化的函数。等效阻尼比可根据所记录波形的峰值顺序在可以看出呈很明显的对数衰减形式的范围内用图A.1中的字母组合来确定。

A.2.3 确定固有频率和阻尼比时的特殊情况

试品由若干个对振动敏感的不同部件组成,进行A.2.1和A.2.2中的试验时,在这几个部件的每一个的重心周围施加拉力,使其振动,如果要探测这种布置下的所有振动模式,则应同时记录这些相应于最大振幅的点的振动。在这种情况下,可能某一个部件振动的记录受到频率比较接近的其他部件振动的影响,此时应参照图A.1的上部的简图来确定。



图 A.1 确定阻尼比的图表

附录 B

(资料性附录)

开关设备和控制设备抗震性能充分性的判据

B.1 概述

B.1.1 土壤和建筑物结构的相互作用

如果要求计算土壤和建筑物间相互作用的影响,可以规定土壤和建筑物结构的相互作用。可以用来减小土壤和建筑物结构之间相互作用的措施如下:

- a) 降低设备的重心;
- b) 设备轻量化;
- c) 采用整体浇注的地基或者建筑物满足抗震要求。

B.1.2 位移限值

对设备施加位移限值时的情况可以规定如下:

- a) 运动部件排列成直线;
- b) 绝缘气体(如果有)的泄漏;
- c) 邻近设备的冲击;
- d) 绝缘距离的降低和绝缘的损坏;
- e) 与邻近设备基础之间的相互作用。

B.2 推荐的安装规则和实践

B.2.1 基础

如果可能,推荐所有相互连接的设备应安装在整体浇注的地基上以减小地震引起的位移差。如果相互连接的设备不位于同一基础之上时,则应提供因基础位移引起的设备间的预期位移差。

应考虑到土壤对进出基础的地下管道的作用。如果设备和建筑物构件(例如墙壁或邻近的地板)刚性连接,则考虑建筑物构件的响应和相对运动。

B.2.2 设备在基础上的固定方法

对于大型设备以及设备的固定点之间尺寸较大时,强烈建议应连接到预埋于混凝土的钢构件上与其刚性连接。固定点的位置和形式应在制造厂的安装图中说明。所有的紧固件应足以承受设防的地震力。暴露的固定件应有保护涂层。

如果用螺栓固定设备,它们应预埋在新的混凝土中或者通过经试验证明可用的化学锚链剂的方法在硬化后的混凝土上钻孔固定。不推荐在硬化过的混凝土上钻孔后使用螺栓和锚链剂。优先采用低碳、韧性好的钢螺栓。

应注意到动态的地震载荷在地脚螺栓上的任何不均匀分布(由于螺栓孔的偏差、力矩载荷以及螺母没有拧紧)。地脚螺栓紧固的力矩、尺寸和位置应在安装图中予以说明。此外,还应提供螺栓的强度和材料要求。

所有的固定装置应设计成能够承受设防的地震中可能出现的扭矩、剪切、弯曲和轴向负载以及它们的任意组合。固定装置中位于基础中的那部分的抗拉强度和剪切强度应大于和设备连接的螺栓的强度。

注:见参考文献[2]。

B.2.3 与邻近设备的连接

结构件之间的所有内部连接应足以承受所有大的相对位移。

在结构和动态特性上不相似的结构件可能会有大的相对位移。导向件和内部连接应足够长并具有弹性以允许这些位移而不损坏。尤其应注意脆性的非韧性的部件,例如瓷套管和绝缘子。无论如何,电气和结构的连接的突然硬化不应导致增加位移和力。此类非线性特性会产生大的冲击力。作为用来实现设备间连接的结果,应注意设备动态特性最终的变化。

B.2.4 对开关设备的结构件采用加强筋

增加设备的刚性可以提高某些设备的固有频率,使其超出地震波的典型频率范围。对角的横向加强筋和轴向承载元件可以用来加强设备和增加设备的刚性。如果采用了加强筋,应特别注意下述方面:

- a) 在整个结构中推荐采用螺栓连接以增加在较大的力的情况下的有效阻尼;
- b) 应对所有螺栓提供关于要求力矩的资料以保证开关设备和控制设备的动态特性和预期的一样;
- c) 如果结构件的一部分是由用户提供的,则制造厂或用户、或者他们两者应提供必要的资料以便动态和静态特性以及基础要求能够容易地确定。

应考虑到下述关于加强筋的基本要求:

- 加强筋应远远硬于结构件,使得加强有效;
- 加强筋不应翘曲或表现出明显的非线性。尤其是在任何条件下应避免突然硬化;
- 经过指定的地震试验后,只要不降低开关设备和控制设备的正常功能,加强筋的永久变形是可以接受的。



附 录 C
(资料性附录)
抗震验证报告

本附录的目的是提供一个抗震验证报告的例子。

C.1 封面示例

<p>报告编号:</p> <p>抗震分析验证报告</p> <p>抗震水平: GB/T 13540—2009 的 $AG_x(0, \times g)$</p> <p>产品型号名称: _____</p> <p>额定电压: _____</p> <p>产品制造单位: _____</p> <p>结论: 兹证明(产品型号及名称)已经根据(依据标准代号及名称)通过了试验, 在零周期加速度为 $\times g$ 时具有下列安全系数:</p> <p>编制: (签字及日期)</p> <p>校核: (签字及日期)</p> <p>签发: (签字及日期)</p> <p style="text-align: right;">(验证单位公章)</p>
--

C.2 抗震分析验证报告的内容示例

下列给出的例子适用于通过计算分析地震的内容。

C.2.1 概述

- a) 产品的类型
 - 1) 结构方面的考虑, 如产品的位置(见 6.1), 带或是不带辅助的控制柜等;
 - 2) 负载情况的考虑, 设计压力、净重、端子静态负载、风及地震;
 - 3) 使用的地震响应频谱。
- b) 试验(如果有, 如阻尼试验, 或元件试验);
- c) 为通过分析而要求的修改(如果有);
- d) 铭牌的详细内容。

C.2.2 产品数据

- a) 总尺寸及重量;
- b) 固有频率, 如果采用动态分析;
- c) 阻尼比, 如果采用动态分析或是采用附录 A;
- d) 固定处的情况, 包括大小、位置及结构件、螺栓、焊接处及金属板的材料强度;

- e) 材料特性。

C.2.3 分析方法

- a) 分析方法；
- b) 使用的计算机程序名称(如果有)；
- c) 对产品和支撑结构建模时所做的假设。

C.2.4 结果

- a) 最大位移和应力的位置和数值；
- b) 安全系数；
- c) 在固定点(地脚螺栓)上产品及构架的地震负载,包括幅值和方向。

C.3 抗震试验验证报告的内容示例

如果抗震要求通过试验来完成,推荐下列内容。

- a) 产品的型号
 - 1) 结构方面的考虑,如产品的位置(见 6.1),带或是不带辅助的控制柜等；
 - 2) 负载情况的考虑,设计压力、净重、端子静态负载、风及地震；
 - 3) 使用的地震响应频谱。
- b) 试验(如果有,如阻尼试验,或元件试验)；
- c) 为通过试验而要求的修改(如果有)；
- d) 铭牌的详细内容。

C.3.1 设备数据

- a) 总尺寸及重量；
- b) 固有频率,如果采用动态分析；
- c) 阻尼比,如果采用动态分析或是采用附录 A；
- d) 固定处的情况,包括大小、位置及结构件、螺栓、焊接处及金属板的材料强度；
- e) 材料特性。

C.3.2 试验方法

- a) 试验设备的描述(震动表)；
- b) 试验方法的描述；
- c) 测量点和测量仪器的描述；
- d) 在校准期间获得的形变计的微小变形及弯曲度等值表；
- e) 通过正弦扫描试验获得的固有频率和阻尼列表；
- f) 试验响应频谱和所要求的响应频谱之间的比较；
- g) 输入时程。

C.3.3 结果

最大加速度和应力的位置和数值。

参 考 文 献

- [1] IEEE C37.122,1993,IEEE Standard for gas—Insulated substations
 - [2] IEEE 693,1997,IEEE Recommended practices for seismic design of substations
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
高压开关设备和控制设备的抗震要求
GB/T 13540—2009

*

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

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 1.5 字数 35 千字
2010年1月第一版 2010年1月第一次印刷

*

书号:155066·1-39902 定价 24.00 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/T 13540-2009