

ICS 29.130.10

K 43

备案号: 23125—2008

JB

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 9694—2008

代替 JB/T 9694—1999

高压交流六氟化硫断路器

High-voltage alternating-current SF₆ circuit-breakers

杭州高电

专业高试铸典范

Professional high voltage test

高压测量仪器智造 | 电力试验工程服务



2008-02-01 发布

2008-07-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	IV
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	1
3 术语和定义	1
4 额定值	2
4.1 额定电压 (U_r)	2
4.2 额定绝缘水平	2
4.3 额定频率 (f_r)	3
4.4 额定电流 (I_r) 和温升	3
4.5 额定短时耐受电流 (I_k)	3
4.6 额定峰值耐受电流 (I_p)	3
4.7 额定短路持续时间 (t_k)	3
4.8 操动机构和辅助及控制回路的额定电源电压 (U_a)	3
4.9 操动机构和辅助回路的额定电源频率	3
4.10 操作流体的额定压力	3
4.11 绝缘和/或开断用六氟化硫气体的额定压力	4
4.101 额定短路开断电流 (I_{sc})	4
4.102 与额定短路开断电流相关的瞬态恢复电压	4
4.103 额定短路关合电流	4
4.104 额定操作顺序	4
4.105 近区故障特性	4
4.106 额定失步关合和开断电流	4
4.107 额定容性开合电流	4
4.108 小感性开断电流	4
4.109 额定时间参量	4
4.110 机械操作的次数	4
4.111 六氟化硫断路器的电寿命	4
5 设计与结构	4
5.1 六氟化硫断路器中液体的要求	4
5.2 对六氟化硫气体的要求	4
5.3 六氟化硫断路器的接地	5
5.4 辅助设备	5
5.5 动力合闸	5
5.6 储能合闸	5
5.7 不依赖人力的操作	5
5.8 脱扣器操作	5

5.9 低压力和高压力闭锁装置	5
5.10 铭牌	5
5.11 联锁装置	5
5.12 位置指示	5
5.13 外壳的防护等级	5
5.14 爬电距离	5
5.15 密封性	5
5.16 液体的密封	5
5.17 易燃性	6
5.18 电磁兼容性 (EMC)	6
5.101 极间同期性的要求	6
5.102 操作的一般要求	6
5.103 操作用流体的压力极限	6
5.104 排逸孔	6
5.105 对六氟化硫气体压力 (密度) 监控	6
5.106 吸附剂	6
5.107 对运输单元的要求	6
5.108 压力配合	6
5.109 外壳的要求	7
6 型式试验	7
6.1 概述	7
6.2 绝缘试验	8
6.3 无线电干扰电压 (r.i.v.) 试验	8
6.4 主回路电阻测量	8
6.5 温升试验	8
6.6 额定短时耐受电流和峰值耐受电流试验	8
6.7 防护等级验证	9
6.8 密封试验	9
6.9 电磁兼容性 (EMC) 试验	9
6.101 机械试验和环境试验	9
6.102 关合、开断和开合试验	9
6.103 短路关合和开断试验	9
6.104 短路试验参数	9
6.105 短路试验程序	9
6.106 基本短路试验方式	10
6.107 临界电流试验	10
6.108 单相和异相接地故障试验	10
6.109 近区故障试验	10
6.110 失步关合和开断试验	10
6.111 容性电流开合试验	10
6.112 E2 级六氟化硫断路器关合和开断试验的特殊要求	10
6.113 六氟化硫气体湿度的测量	13
6.114 外壳的验证试验	13

7 出厂试验	14
7.1 主回路的绝缘试验	15
7.2 辅助和控制回路的绝缘试验	15
7.3 主回路电阻测量	15
7.4 密封试验	15
7.5 设计和外观检查	15
7.101 机械操作试验	15
7.102 六氟化硫气体湿度的测量	15
7.103 外壳的压力试验	15
8 断路器运行的选用导则	15
9 与询问单、标书和订单一起提供的资料	15
10 包装、运输、贮存、安装、运行和维护规则	15
10.1 包装、运输和贮存	15
10.2 安装	16
10.3 运行	16
10.4 维护	16
11 安全性	16
图 1 压力配合	6
表 1 额定电压范围 I 的额定绝缘水平	2
表 2 额定电压范围 II 的额定绝缘水平	2
表 3 用于自动重合闸方式的 E2 级六氟化硫断路器电寿命试验的操作顺序	10
表 4 和型式试验分开的延长的电寿命试验的替代的试验程序	11
表 5 和型式试验分开的延长的电寿命试验的试验程序和判据	12
表 6 和型式试验分开的延长的电寿命试验的试验条件	12
表 7 开断操作的等效次数	13

前 言

本标准代替 JB/T 9694—1999《六氟化硫断路器通用技术条件》。

本标准与 JB/T 9694—1999 相比，主要变化如下：

- 第 3 章 术语和定义 补充了与六氟化硫断路器相关的术语（如外壳的设计压力等）。
- 第 4 章 根据我国百万级特高压输变电系统的发展规划，在表 2 中加入了 1000kV 等级的高压开关设备的额定绝缘水平。
- 第 5 章 设计与结构 补充了对六氟化硫断路器的相关技术要求：
 - 1) 低压力和高压力闭锁装置；
 - 2) 压力配合；
 - 3) 对承压外壳的要求。
- 第 6 章 型式试验：
 - 1) 根据我国的具体实际，增加了型式试验周期和型式试验报告有效期的要求；
 - 2) 明确了主回路绝缘试验的雷电冲击试验的总次数不得超过 25 次；
 - 3) 增加了额定电压 40.5kV 及以下 E2 级断路器电寿命的试验方法；
 - 4) 增加了额定电压 72.5kV 及以上 E2 级断路器电寿命的试验方法；
 - 5) 鉴于 GB 1984—2003 为强制性标准，对额定电压 40.5kV 及以下产品，将“开合电缆充电电流试验”由协商试验改为强制性试验；
 - 6) 增加了外壳的验证试验。
- 增加了第 8 章 断路器的选用导则、第 9 章 随询问单、标书和订单提供的资料、第 11 章 安全性。
- 增加了第 10 章 安装的相关内容。

本标准中各章、条的编排顺序与 GB 1984—2003 一致。

本标准由中国机械工业联合会提出。

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。

本标准由全国高压开关设备标准化技术委员会负责解释。

本标准负责单位：西安高压电器研究所。

本标准参加单位：中国电力科学研究院高压开关研究所、河南平高电气股份有限公司、北京北开电气股份有限公司、西安西开高压电气股份公司、西安西电高压开关有限责任公司、宁波天安集团股份有限公司、正泰电气高压开关公司、天水长城开关厂、常州森源开关有限公司、江苏如高高压电器有限公司、湖北永鼎红旗电气有限公司、汕头正超电气有限公司、湖南天鹰高压开关电器有限公司、浙江华仪电气科技股份有限公司。

本标准主要起草人：吴鸿雁、张文兵、田恩文、严玉林。

本标准所代替标准的历次版本发布情况：

——ZB K43 001—1988；

——JB/T 9694—1999。

高压交流六氟化硫断路器

1 概述

1.1 范围

本标准规定了额定电压3.6kV及以上、额定频率50Hz的高压交流六氟化硫断路器（以下简称六氟化硫断路器）的使用环境、额定参数、设计与结构、型式试验、运输、安装、运行、维护等方面的通用要求。

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 311.1 高压输变电设备的绝缘配合（GB 311.1—1997，neq IEC 60071-1：1993）

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

GB/T 8905—1996 六氟化硫电气设备中气体管理和检测导则（neq IEC 60480：1974）

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

GB/T 11023—1989 高压开关设备六氟化硫气体密封试验方法

JB/T 7844—1995 气压瓷套通用技术条件

IEC 60480：1974 从电气设备中取出的六氟化硫的检查导则

IEC 61634：1995 高压交流断路器——高压开关设备和控制设备中六氟化硫的使用与处理

IEC/TR 62271-310：2004 高压开关设备和控制设备 第310部分：额定电压72.5kV及以上的断路器的电寿命试验

2 正常和特殊使用条件

GB/T 11022—1999的第2章适用。并做如下补充：

应考虑低温使用环境对六氟化硫气体的影响，六氟化硫气体液化对绝缘和开断性能的影响。

在任何海拔下，六氟化硫断路器的内部绝缘的绝缘特性和海平面上测得的相同，因而对六氟化硫断路器的内部绝缘不需进行海拔的修正。

断路器的某些部件如压力释放装置、压力和密度监测装置可能会受到海拔的影响。如果需要，制造厂应采取适当的措施。

3 术语和定义

GB 1984—2003的第3章中确立的及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

落地罐式（金属外壳式）（六氟化硫断路器） **dead tank circuit-breaker**

GB 1984—2003的3.4.104适用。

3.2

外壳带电的（绝缘外壳式）（六氟化硫断路器） **live tank circuit-breaker**

GB 1984—2003的3.4.105适用。

3.3

具有延长电寿命的断路器（E2级） **circuit-breaker with extended electrical endurance**

一种断路器，在其预期的使用寿命期间，主回路中开断用的零件不需维修，其他零件只需很少的维修。

注：很少的维修是指润滑，如果适用时，补充气体以及清洁外表面。

3.101

外壳的设计压力 design pressure of enclosures

用于确定外壳设计的相对压力。

注1：它至少应等于在规定的最严酷使用条件下绝缘气体所能达到的最高温度时外壳内部的最高压力。

注2：确定设计压力时不考虑断路器开断操作过程中或随后出现的瞬态压力。

4 额定值

4.1 额定电压 (U_r)

GB/T 11022—1999的4.1适用。

4.2 额定绝缘水平

GB/T 11022—1999的4.2适用，对于72.5kV及以上的六氟化硫断路器本标准中表1、表2是优选值。

表1 额定电压范围 I 的额定绝缘水平

设备的额定电压 U_r kV (有效值)	额定短时工频耐受电压 (有效值) U_d kV		额定雷电冲击耐受电压 (峰值) U_p kV	
	极对地、极间、开关装置断口间	隔离断口间	极对地、极间、开关装置断口间	隔离断口间
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
72.5	140	160	325	375
126	230	265	550	630
252	460	530	1050	1200

注：栏 (2) 中的值适用于

- 对于型式试验，极对地和极间；
- 对于出厂试验，极对地、极间和开关装置断口间。

栏 (3)、栏 (4) 和栏 (5) 中的值仅适用于型式试验，栏 (3) 和栏 (5) 中的值仅适用于当六氟化硫断路器断口作为隔离断口时。

表2 额定电压范围 II 的额定绝缘水平

额定电压 U_r kV (有效值)	额定短时工频耐受电压 (有效值) U_d kV		额定操作冲击耐受电压 (峰值) U_s kV			额定雷电冲击耐受电压 (峰值) U_p kV	
	极对地和极间 (注3)	开关断口和/或隔离断口 (注3)	极对地和开关断口	极间 (注3和注4)	隔离断口 (注1、注2和注3)	极对地和极间	开关断口和/或隔离断口 (注2和注3)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
363	520	675	950	1425	800 (+295)	1175	1175 (+205)
					850 (+295)		
550	710	925	1175	1760	900 (+450)	1550	1550 (+315)
					1050 (+450)		

表 2 (续)

额定电压 U_r kV (有效值)	额定短时工频耐受 电压 (有效值) U_d kV		额定操作冲击耐受电压 (峰值) U_s kV			额定雷电冲击耐受 电压 (峰值) U_p kV	
	极对地 和极间 (注3)	开关断口和 /或隔离断口 (注3)	极对地和 开关断口	极间 (注3和注4)	隔离断口 (注1、注2 和注3)	极对地 和极间	开关断口和 /或隔离断口 (注2和注3)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
800	830	1150	1300	2210	1100 (+650)	1800	1800 (+455)
	900	1150	1425	2420	1175 (+650)	1950	1950 (+455)
	960 ^a	1270	1550	2480	1300 (+650)	2100	2100 (+455)
1100	1100	1300	1675 1800	1675	1675+ (900)	2250	2250+ (670)
	1100 ^a	1100+635	1950	1950×1.5	1675+900	2400	2400+900
注1: 栏 (6) 的值仅适用于当六氟化硫断路器断口作为隔离断口时。 注2: 栏 (6) 中括号内的数值是施加在对侧端子上工频电压的峰值 $U_r \times \sqrt{2}/\sqrt{3}$ (联合电压)。栏 (8) 中括号内的 数值是施加在对侧端子上工频电压的峰值 $0.7U_r \times \sqrt{2}/\sqrt{3}$ (联合电压), 见GB/T 11022—1999的附录D。 注3: 栏 (2) 中的值适用于 ——对于型式试验, 极对地和极间; ——对于出厂试验, 极对地、极间和开关装置断口间。 栏 (3)、栏 (5)、栏 (6) 和栏 (8) 中的值仅适用于型式试验。 注4: 这些数值是用GB 311.1的表2中规定的倍数导出的。 注5: 根据CIGRE的研究, 标准试验的耐受电压的特征比值, 对于六氟化硫气体绝缘, $U_d/U_p=0.45$, $U_s/U_p=0.75$ 。 表2中给出的 U_d 值就是根据该系数计算的。 ^a 此行的数据仅适用于GIS中用的六氟化硫断路器。							

4.3 额定频率 (f_r)

GB 1984—2003的4.3适用。

4.4 额定电流 (I_r) 和温升

GB 1984—2003的4.4适用。并作如下补充:

注: 对于外壳可触及的六氟化硫断路器, 其外壳的温升应符合GB/T 11022—1999中表3的规定。如果外壳的部分温升等于或高于65K, 应采取措施保证不会引起周围绝缘材料的劣化。

4.5 额定短时耐受电流 (I_k)

GB 1984—2003的4.5适用。

4.6 额定峰值耐受电流 (I_p)

GB 1984—2003的4.6适用。

4.7 额定短路持续时间 (t_k)

GB 1984—2003的4.7适用。

4.8 操动机构和辅助及控制回路的额定电源电压 (U_a)

GB/T 11022—1999的4.8适用。

4.9 操动机构和辅助回路的额定电源频率

GB/T 11022—1999的4.9适用。

4.10 操作用流体的额定压力

4.10.1 操作用压缩气源的额定压力

除非制造厂另有规定,额定压力的标准值(MPa):0.5,1.0,1.6,2.0,3.0,4.0。

在产品的技术条件及安装使用说明书中还应明确规定报警压力及最低功能压力(即闭锁压力)。

4.10.2 操作用液体的额定压力

在产品的技术条件及安装使用说明书中还应明确规定其额定值、报警压力及最低功能压力(即闭锁压力)。

4.11 绝缘和/或开断用六氟化硫气体的额定压力

六氟化硫气体的额定压力(相应于20℃时)优先选用下列数值[MPa(相对压力值)]:0.30,0.35,0.40,0.45,0.50,0.55,0.60,0.65,0.70。

此外,在产品的技术条件及安装使用说明书中还应明确规定报警压力及最低功能压力。

4.101 额定短路开断电流(I_{sc})

GB 1984—2003的4.101适用。

4.101.1 额定短路开断电流的交流分量

GB 1984—2003的4.101.1适用。

4.101.2 额定短路开断电流的直流分量

GB 1984—2003的4.101.2适用。

4.102 与额定短路开断电流相关的瞬态恢复电压

GB 1984—2003的4.102适用。

4.103 额定短路关合电流

GB 1984—2003的4.103适用。

4.104 额定操作顺序

GB 1984—2003的4.104适用。

4.105 近区故障特性

GB 1984—2003的4.105适用。

4.106 额定失步关合和开断电流

GB 1984—2003的4.106适用。

4.107 额定容性开合电流

GB 1984—2003的4.107适用。

4.108 小感性开断电流

GB 1984—2003的4.108适用。

4.109 额定时间参量

GB 1984—2003的4.109适用。

4.110 机械操作的次数

GB 1984—2003的4.110适用。划分为M1级、M2级。

4.111 六氟化硫断路器的电寿命

GB 1984—2003的4.111适用。划分为E1级、E2级。

5 设计与结构

六氟化硫断路器应设计成能安全地进行下述各项工作:正常运行、安装、检查和维护。

5.1 六氟化硫断路器中液体的要求

GB/T 11022—1999的5.1适用。

5.2 对六氟化硫气体的要求

GB/T 11022—1999的5.2适用,并作如下补充:

5.2.1 断路器充入六氟化硫气体24h后,六氟化硫气体湿度应不大于 $150 \times 10^{-6} \mu\text{L/L}$ 。

5.2.2 运行中的断路器内的六氟化硫气体湿度应不大于 $300 \times 10^{-6} \mu\text{L/L}$ 。

5.2.3 用过的六氟化硫气体应符合GB/T 8905的规定。

5.3 六氟化硫断路器的接地

GB/T 11022—1999的5.3适用，并作如下补充：

对金属外壳六氟化硫断路器，可触及的主回路的所有部件应能够接地。如果采用单极外壳，其环路即三极外壳之间的内部连接应该防止产生感应电流。每个环路应尽可能直接地通过能够承载短路电流的导体连接到总的接地网上。

5.4 辅助设备

GB 1984—2003的5.4适用。

5.5 动力合闸

GB 1984—2003的5.5适用。

5.6 储能合闸

GB 1984—2003的5.6适用。

5.7 不依赖人力的操作

GB 1984—2003的5.7适用。

5.8 脱扣器操作

GB 1984—2003的5.8适用。

5.9 低压力和高压力闭锁装置

GB 1984—2003的5.9适用，并作如下补充：

六氟化硫断路器的气体密度和温度补偿的气体压力应能连续监控。监控装置至少应能提供两组压力或密度的报警水平（报警和最低功能压力或密度）。

注1：监控装置的偏差，以及监控装置和受监控气体的体积对温度之间可能存在的差异，应予以考虑。

高压设备运行时，应能对气体监控装置进行检查。

注2：气体监控装置的检查可能会诱发错误的报警，继而可能引发或阻止六氟化硫断路器的操作。

当六氟化硫断路器的液（气）压动力操作压力或六氟化硫气体压力降至最低功能压力时，应使六氟化硫断路器报警并闭锁；当升至最高功能压力时，应使断路器报警。

除3.6kV~12kV柱上六氟化硫断路器外，对运行中的六氟化硫断路器的气体压力需要进行监控，当六氟化硫气体压力降至报警压力时应发出信号。

5.10 铭牌

GB 1984—2003的5.10适用。

5.11 联锁装置

GB 1984—2003的5.11适用。

5.12 位置指示

GB 1984—2003的5.12适用。

5.13 外壳的防护等级

GB 1984—2003的5.13适用。

5.14 爬电距离

GB 1984—2003的5.14适用。

5.15 密封性

GB 1984—2003的5.15适用，并作如下补充：

六氟化硫断路器应具有良好的密封性，用于GIS的六氟化硫断路器年漏气率应不大于0.5%；其他场合使用的六氟化硫断路器年漏气率应不大于0.5%或1%。

5.16 液体的密封

GB 1984—2003的5.16适用。

5.17 易燃性

GB 1984—2003的5.17适用。

5.18 电磁兼容性 (EMC)

GB 1984—2003的5.18适用。

5.101 极间同期性的要求

GB 1984—2003的5.101适用。

5.102 操作的一般要求

GB 1984—2003的5.102适用。

5.103 操作用流体的压力极限

GB 1984—2003的5.103适用。

5.104 排逸孔

GB 1984—2003的5.104适用。

5.105 对六氟化硫气体压力 (密度) 监控

除终生密封的断路器, 对运行中的六氟化硫断路器的气体压力 (或密度) 需进行监控。为了对六氟化硫气体的压力 (密度) 进行监控, 应装设具有高、低温补偿功能的压力装置 (或称密度继电器)。

注: 对于额定电压40.5kV及以下的户内六氟化硫断路器, 也可以采用具有闭锁接点的压力表, 但应给出温度与压力变化的关系曲线。

5.106 吸附剂

六氟化硫断路器应在适当的位置装设适量的吸附剂, 用以吸附在电弧作用下产生的气体分解物以及容器中的水分。

5.107 对运输单元的要求

六氟化硫断路器的运输单元应设计成储运时可以在内部充有低压力六氟化硫气体或高纯氮的组装形式。

5.108 压力配合

由于不同的使用条件, 六氟化硫断路器内部压力可以不同于额定充入压力。应考虑由于温度导致的压力升高可能产生附加的机械应力的影响, 以及因泄漏导致的压力降低可能会降低绝缘性能。图1给出了各种压力水平和它们之间的关系。

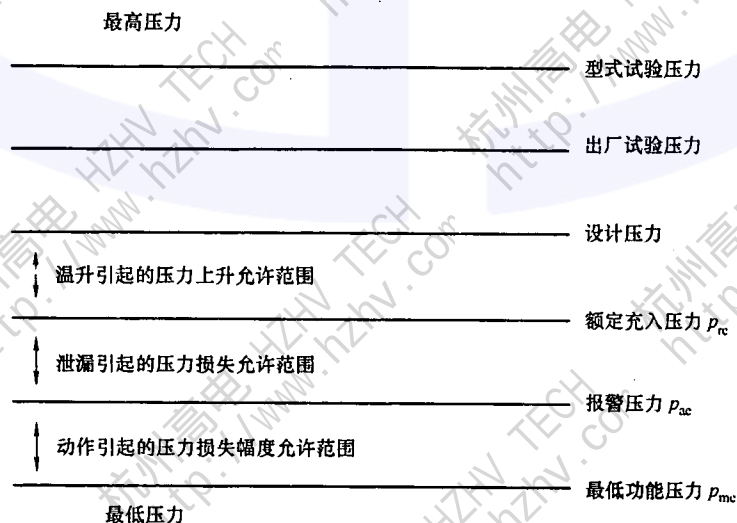


图1 压力配合

制造厂应给出绝缘和操作的最低功能压力 p_{me} 。额定充入压力 p_{re} 、报警压力 p_{ae} 与泄漏率有关，应具有足够的再充气时间。

报警压力 p_{ae} 和最低功能压力 p_{me} 之间的时间应允许足够的响应时间来动作。应考虑到气体监控装置的偏差。

在使用状态下，机械应力与气体温度决定的内部压力相关。因此，设计压力对应于在气体能够达到的最高温度时的额定充入压力。

考虑到材料和制造工艺因素，例行试验压力和型式试验压力基于设计压力。

5.109 外壳的要求

5.109.1 概述

外壳应能够耐受运行中出现的正常和瞬时压力。

5.109.2 外壳的设计

外壳的设计应按照充气压力外壳、装有惰性的、非腐蚀性的、低压力气体的相关标准进行。

计算焊接或铸造外壳厚度和结构的方法应基于3.101中定义的设计压力。

外壳结构中使用的材料应是基于计算和/或验证试验证明是熟知的且具有最小物理特性。制造厂应基于材料供应商的认证，或制造厂进行的试验，或者两者，负责选择材料和其最小特性的维护。

对于非金属材料（如瓷、环氧树脂等）外壳的设计：

——瓷绝缘外壳，按JB/T 7844—1995中第4章的要求；

——环氧树脂材料的绝缘外壳，按产品技术条件的有关规定。

注：设计外壳时还应考虑下述因素：

——正常充气过程中可能出现的真空；

——出现内部故障的可能性。

确定设计压力时，气体温度应取外壳温度上限和主回路流过额定电流时主回路导体温度的平均值，否则可根据已有的温升试验记录确定设计压力。

对于外壳及其部件的强度不能完全通过计算确定，应进行验证试验（见6.114）来证明其满足该要求。

6 型式试验

6.1 概述

GB/T 11022—1999的第6章适用，并作如下补充：

六氟化硫断路器的型式试验项目见GB 1984—2003的表7。

6.1.1 应进行型式试验的情况

a) 新试制的产品，应进行全部型式试验；

b) 转厂试制和异地生产的产品，应进行全部型式试验。

c) 当替代的操动机构参考的机械行程特性曲线（见GB 1984—2003的6.101.1.1）变化时，应进行全部型式试验；当替代的操动机构或者原来的操动机构布置方式发生改变，但符合GB 1984—2003中6.102.7的规定时，可只进行基本短路试验方式T100s、峰值耐受电流试验、机械试验。

d) 当产品的设计、工艺、或所使用的关键材料（如触头材料、绝缘材料）、关键零件（如灭弧室）改变而影响到产品性能时，应进行相应项目的型式试验。

e) 正常生产的产品，每隔八年应进行一次温升试验、常温下的机械操作试验以及基本短路试验方式T100s，其他试验项目必要时也可进行。

6.1.2 型式试验的试品

GB 1984—2003的6.1.1适用，并作如下补充：

——机械试验、温升试验、辅助回路和控制回路的绝缘试验应在一台试品上完成；

- 主回路绝缘试验、短时耐受电流和峰值耐受电流试验、基本短路试验方式应在一台试品上完成，对用于自动重合闸方式的E2级六氟化硫断路器的电寿命试验允许用一台新的试品进行；
- 对于其他项目试验的试品不作规定。

6.2 绝缘试验

6.2.1 试验时的周围大气条件

GB/T 11022—1999的6.2.1适用。

6.2.2 湿试程序

GB 1984—2003的6.2.2适用。

6.2.3 绝缘试验时断路器的状态

GB 1984—2003的6.2.3适用。绝缘试验应在六氟化硫气体的最低功能压力（20℃时的压力值）下进行，试验时的周围空气温度及压力值应记录在试验报告中。

6.2.4 通过试验的判据

GB/T 11022—1999的6.2.4适用。并作如下补充：

六氟化硫断路器的冲击试验应满足下列条件：

- a) 非自恢复绝缘上不应发生破坏性放电。
- b) 对每一个试验系列的15次冲击试验，破坏性放电应不超过两次，且最后五次冲击中破坏性放电应不超过一次。如果最后五次冲击试验中有一次破坏性放电，则应施加附加的五次试验验证且不应出现击穿。只要整个试验过程中放电总次数不超过两次，可以重复增加五次试验。这会导致每系列试验的次数最多达到25次。

6.2.5 试验电压的施加和试验条件

GB/T 11022—1999的6.2.5适用。

6.2.6 $U_r \leq 252\text{kV}$ 的六氟化硫断路器的试验

GB 1984—2003的6.2.6适用。

6.2.7 $U_r > 252\text{kV}$ 的六氟化硫断路器的试验

GB 1984—2003的6.2.7适用。

6.2.8 人工污秽试验

GB/T 11022—1999的6.2.8适用。

6.2.9 局部放电试验

GB 1984—2003的6.2.9适用。

6.2.10 辅助和控制回路的试验

GB/T 11022—1999的6.2.10适用。

6.2.11 作为状态检查的电压试验

GB 1984—2003的6.2.11适用。

6.3 无线电干扰电压（r.i.v.）试验

GB 1984—2003的6.3适用。

6.4 主回路电阻测量

GB/T 11022—1999的6.4适用。

6.5 温升试验

按GB/T 11022—1999的6.5规定，试验时断路器内六氟化硫气体压力应不大于最低功能压力（20℃时的压力值），也可在不充六氟化硫气体的状态下进行温升试验。

对于辅助设备和控制设备的温升试验，GB/T 11022—1999的6.5.5适用。

6.6 额定短时耐受电流和峰值耐受电流试验

GB 1984—2003的6.6适用。并作如下补充：

6.6.1 主回路试验

- 试验可以在不充六氟化硫气体的条件下进行;
- 对于三极六氟化硫断路器, 应该在三极上进行;
- 对于由三个独立的单极(即三极三个操动机构)开合装置组成的三极六氟化硫断路器, 可进行单相试验。制造厂应提供试验证据表明符合GB 1984—2003的5.101。
- 对于额定电压72.5kV及以上的三极六氟化硫断路器, 由于受试验场地或试验设备的限制, 可进行单相试验。单相试验时, 应满足下列要求:
 - a) 对于三极六氟化硫断路器, 应该在相邻的两相上进行试验。
 - b) 对于各极分离的六氟化硫断路器, 既可在相邻的两极上也可在极间距离处装设返回导体的单相上进行试验。如果在设计上极间中心距离不是固定不变的, 应该按制造厂给出的最短距离进行试验。
 - c) 对于额定电压72.5kV及以上的六氟化硫断路器, 除非相关标准另有规定, 不必考虑返回导体, 但不应该把返回导体放在比制造厂给出的最短极间中心距离还靠近受试极的位置。

6.6.2 接地回路试验

对于金属外壳的六氟化硫断路器, 制造厂应通过试验来验证接地回路接地系统的额定短时耐受电流和峰值耐受电流的能力。

6.7 防护等级验证

GB 1984—2003的6.7适用, 并作如下补充:

6.7.1 防雨试验

户外六氟化硫断路器及其操动机构应按GB/T 11022—1999的附录C进行防雨试验。

6.8 密封试验

GB/T 11022—1999的6.8适用, 并作如下补充:

型式试验时, 密封试验应与其他试验一起进行, 一般在机械操作试验前、后或在极端温度下(如果适用)的操作试验过程中进行; 出厂试验时, 机械操作试验后应进行密封试验。

6.8.1 操动机构的密封试验

液压机构、气动机构的密封试验按GB/T 11022—1999的6.8的规定。

6.8.2 六氟化硫气室的密封试验

密封试验原则上可以在整台六氟化硫断路器上进行。如果受试验条件限制, 对126kV及以上的六氟化硫断路器也可以在其中一极或各密封单元上进行, 试验结果应换算到整台六氟化硫断路器的相应值。试验方法按GB/T 11023。

6.9 电磁兼容性(EMC)试验

GB/T 11022—1999的6.9适用。

6.101 机械试验和环境试验

GB 1984—2003的6.101适用。

断路器内六氟化硫气体压力值按产品技术条件的规定整定。

6.102 关合、开断和开合试验

GB 1984—2003的6.102适用。

6.103 短路关合和开断试验

GB 1984—2003的6.103适用。

6.104 短路试验参数

GB 1984—2003的6.104适用。

6.105 短路试验程序

GB 1984—2003的6.105适用。

6.106 基本短路试验方式

GB 1984—2003的6.106适用。

6.107 临界电流试验

GB 1984—2003的6.107适用。试验时，试品中的六氟化硫气体压力应为最低功能压力（20℃时的压力值）。

6.108 单相和异相接地故障试验

GB 1984—2003的6.108适用。试验时，试品中的六氟化硫气体压力应为最低功能压力（20℃时的压力值）。

6.109 近区故障试验

GB 1984—2003的6.109适用。试验时，试品中的六氟化硫气体压力应为最低功能压力（20℃时的压力值）。

6.110 失步关合和开断试验

GB 1984—2003的6.110适用。试验时，试品中的六氟化硫气体压力应为最低功能压力（20℃时的压力值）。

6.111 容性电流开合试验

GB 1984—2003的6.111适用。

6.112 E2级六氟化硫断路器关合和开断试验的特殊要求**6.112.1 用于无自动重合闸方式的E2级六氟化硫断路器**

是通过不进行中间检修完成GB 1984—2003的6.106规定的基本短路试验方式来验证。不要求进行附加的试验。

6.112.2 用于自动重合闸方式的E2级六氟化硫断路器

GB 1984—2003的6.112.2适用，并作如下补充：

电寿命试验的试品应符合6.1.2的要求，且试验程序期间不得进行维护。试品可在绝缘和/或操作作用的额定压力、合闸和分闸装置以及辅助和控制回路的额定电源电压下进行试验。试验操作顺序间的最小时间间隔应由制造厂规定。试验后六氟化硫断路器的状态应满足GB 1984—2003的6.102.9.2和6.102.9.3的要求。

6.112.2.1 额定电压3.6kV~40.5kV的六氟化硫断路器的电寿命试验

额定电压3.6kV~40.5kV的六氟化硫断路器电寿命试验的次数和操作顺序按表3的规定。

表3 用于自动重合闸方式的E2级六氟化硫断路器电寿命试验的操作顺序

试验电流（额定短路 开断电流百分比） （%）	操作顺序	操作顺序的次数			
		序列1 ^a	序列2 ^a	序列3 ^a	序列4 ^a
10	O	84	12	—	—
	O—0.3s—CO	14	6	—	—
	O—0.3s—CO—t—CO	6 ^b	4 ^b	1 ^b	1 ^b
30	O	84	12	—	—
	O—0.3s—CO	14	6	—	—
	O—0.3s—CO—t—CO	6 ^b	4 ^b	1 ^b	1 ^b
60	O	2	8	15	—
	O—0.3s—CO—t—CO	2 ^b	8 ^b	15 ^b	1 ^b

表 3 (续)

试验电流 (额定短路 开断电流百分比) (%)	操作顺序	操作顺序的次数						
		序列1 ^a	序列2 ^a	序列3 ^a	序列4 ^a			
100 (对称)					系列1	系列2	系列3	系列4
	O—0.3s—CO—t—CO	2 ^b	4 ^b	2 ^b	1 ^b	1 ^b	1 ^b	1 ^b
	O				1	4	6	8
	CO				1	2	4	6
	O—0.3s—CO—t—CO				1	1	1	1
注1: 序列4列出了四个系列试验次数, 可按下列推荐的额定短路开断电流 I_{sc} 对应的试验次数选择。 额定短路开断电流 $I_{sc} \geq 50\text{kA}$, 选用系列1; 额定短路开断电流 $I_{sc} \geq 31.5\text{kA}$, 选用系列2、3; 额定短路开断电流 $I_{sc} \leq 25\text{kA}$, 选用系列3、4。 注2: 对于10%和30%的开断试验, 燃弧时间应是随机的; 对于60%和100%的开断试验, 燃弧时间应按GB 1984—2003的6.102.10进行调整。								
^a 序列1是优选。序列2是适用于中性点接地系统中所用的替代值。序列3、序列4是序列1或序列2的候选值, 目的是减少试验的次数。 ^b 当经过GB 1984—2003中6.106的基本短路试验顺序后, 六氟化硫断路器未经修整时, 为满足表3的要求, 确定附加的操作循环次数时, 应考虑已进行过的试验。事实上, 这就意味着标有 ^b 的数字减去1。								

6.112.2.2 额定电压 72.5kV 及以上的六氟化硫断路器的电寿命试验

实施延长电寿命试验程序有多种可能的方案。为了降低成本, 额定电压72.5kV及以上的六氟化硫断路器的电寿命试验, 可采用和型式试验分开的延长的电寿命试验的替代的试验程序, 按下列两种试验方式, 即试验方式A (见表4) 或试验方式B (见表5和表6) 的任一种试验方式进行。表5和表6的试验程序分为: 磨损阶段和随后的验收试验, 磨损试验可不施加TRV。试验应不间断。允许降低六氟化硫断路器的压力。

表 4 和型式试验分开的延长的电寿命试验的替代的试验程序

序号	开断电流百分比 (%)	操作顺序	操作顺序的个数		
			序列1	序列2	序列3
1	100	O—0.3s—CO—180s—CO	1 ^a	1 ^a	1 ^a
2		O	4	6	8
3		CO	3	5	7
4		O—0.3s—CO	1	1	1

注1：序列1、序列2、序列3的试验次数，可按下列推荐的额定短路开断电流 I_{sc} 对应的试验次数选择，表中数值为优选值。

额定短路开断电流 $I_{sc} \geq 50\text{kA}$ ，选用序列1；

额定短路开断电流 $I_{sc} \geq 31.5\text{kA}$ ，选用序列2；

额定短路开断电流 $I_{sc} \leq 25\text{kA}$ ，选用序列3。

注2：开断试验的燃弧时间按GB 1984—2003的6.102.10的规定，且应呈现出全部燃弧窗口（燃弧区间）。

注3：原则上，所有的开断试验都应该施加规定的TRV，但由于偶然原因，合成试验时电压回路未能正确投入，只要本次开断的燃弧时间符合预定要求，则可以计入电寿命的次数中；但是，最后一次开断应该是具有规定TRV的成功开断；电寿命试验的燃弧时间应该在T100s燃弧区间范围内随机分布，但平均燃弧时间不应小于中燃弧时间。

^a 当经过GB 1984—2003中6.106的基本短路试验顺序后，六氟化硫断路器未经修整时，为满足本表的要求，确定附加的操作循环次数时，应考虑已进行过的试验。事实上，这就意味着标有^a的数字减去1。

试验后六氟化硫断路器的状态应满足GB 1984—2003的6.102.9.2和6.102.9.3的要求。

注1：对设计涵盖多个额定短路开断电流的六氟化硫断路器，仅需要对最高的额定短路开断电流进行试验。

注2：作为背景，下述条款中规定的试验程序背后的数据和假定条件见IEC/TR 62271-310：2004的附录A。

表 5 和型式试验分开的延长的电寿命试验的试验程序和判据

试验类型	额定短路开断电流			
	≤40kA	50kA	63kA	80kA
空载试验	按GB 1984—2003的6.102.6。			
磨损试验（见注2）				
T60开断操作	21个单分	15个单分	10个单分	7个单分
T10开断操作	9个单分			
验收试验				
T10	按GB 1984—2003的6.106.1，作如下变更：允许单分操作			
L75	按GB 1984—2003的6.109.4，作如下变更：允许单分操作			
LC1	——对于C1级六氟化硫断路器的单相和三相试验：24个合分无重击穿或48个合分一次重击穿			
	——对于C2级六氟化硫断路器的单相试验：48个合分无重击穿或96个合分一次重击穿			
	——对于C2级六氟化硫断路器的三相试验：24个合分无重击穿或48个合分一次重击穿			
状态检查	按GB 1984—2003的6.2.11			
注1：T60的操作次数是假定L75的三次操作确定的。如果L75的开断次数多于三次，例如进行合成试验，则应在T60和L75试验合并至少等效于本表中给出的T60和L75的开断后进行LC1试验。为了不增加总的电磨损次数，预先进行的附加的操作可以相应地减少预先电磨损试验的次数。无论如何，在验收阶段必须对经过电磨损试验的六氟化硫断路器验证L75，意味着验收阶段的所有附加试验必须施加TRV。				
注2：对于不同额定短路开断电流磨损试验次数的原因，见IEC/TR 62271-310：2004的附录A.8.4。				

表 6 和型式试验分开的延长的电寿命试验的试验条件

试验类型	试验相数	操作和开断 的压力	分合闸线圈 的电压	试验电压	试验电流	燃弧时间
空载试验	按GB 1984—2003的6.102.6。					
磨损试验						
T60	按GB 1984—2003 的6.102.3	额定压力	额定电压	按GB 1984—2003的6.106.3 规定的T60型式试验而无TRV		按T60型式 试验规定的平均燃 弧时间
T10	按GB 1984—2003 的6.102.3	额定压力	额定电压	按GB 1984—2003的6.106.1 规定的T10型式试验而无TRV		按T10型式 试验规定的平均燃 弧时间
验收试验						
T10	按GB 1984—2003 的6.102.3	额定压力	按GB 1984—2003的T10型式试验的标准试验程 序，并作如下变更：合分操作，合为空载			见注1
L75	单相	额定压力	按L75型式试验的标准试验程序，但仅进行一个 单分操作			燃弧时间应不 小于型式试验时 中燃弧时间
LC1	单相	额定压力	按LC1型式试验的标准试验程序，并作如下变 更： 合分操作，合为空载 试验电压应为型式试验规定的试验电压的80% 和相应于电压系数为1.12的电压值之间的最大值			每隔15°
注：因操作或开断的压力不同，或者断路器的状态劣化，燃弧时间可能不同于型式试验中表现的数值。但是，应表现出全部的燃弧窗口（燃弧区间）。						

仅限于本验证试验，表7给出了型式试验期间开断操作的等效关系。

表7 开断操作的等效次数

在平均燃弧时间时一个开断操作且电流值为	等效于T60开断操作的次数
T10	0.01
OP2	0.15
T30	0.25
T60	1
L75	1.5
L90	2
T100s	2.4

注：在型式试验期间，没有任何特别的原因，也会出现一些附加的开断操作。在这种情况下，考虑到实际的燃弧时间（假定在同一电流下磨损正比于燃弧时间），也应进行磨损的等效计算。

6.113 六氟化硫气体湿度的测量

试验时，试品内的六氟化硫气体压力应为额定压力，充入试品内的新六氟化硫气体的质量应满足有关标准的规定。

试品在充入六氟化硫气体前，应按技术条件的规定进行抽真空处理。

试品中的六氟化硫气体湿度的检测应在充气24h后进行，并将测量时的周围空气温度和气体压力记录在试验报告中。

6.114 外壳的验证试验

如果外壳或其部件的强度没有经过计算，则应进行验证试验。它们应在内部元件装入之前试验条件基于设计压力的独立的外壳上进行。

根据所采用材料的适用性，对于金属外壳，验证试验可以是型式试验的压力试验或者非破坏性压力试验。对于非金属外壳，验证试验可分为逐个试验、抽样试验和型式试验

6.114.1 金属外壳的试验

6.114.1.1 型式试验的压力试验

在型式试验的压力试验情况下，压力上升速度不应超过400kPa/min。

型式试验的压力试验要求应至少如下：

铸铝和铝合金外壳：

——型式试验压力 = $[3.5/0.7] \times \text{设计压力}$

注：数值0.7是考虑了涵盖铸造可能存在的分散性。如果经过专门的材料试验证明，允许将该系数提高到1.0。

焊接的铝外壳和焊接的钢外壳：

——型式试验压力 = $[2.3/\nu] \times (\sigma_t/\sigma_a) \times \text{设计压力}$

式中：

ν ——焊接效应系数（10%焊接段经过超声波或无线电检查时为1；外观检查时为0.75）；

σ_t ——在试验温度时的允许设计应力；

σ_a ——在设计温度时的允许设计应力。

这些系数基于所用材料最小验证过的性能。

考虑到构造的方法，可以要求附加的系数。

经过这些压力仍然保持完好的所有外壳都不应用于正常运行。

6.114.1.2 非破坏性压力试验

在采用了应变指示技术的非破坏性压力试验的情况下，应该采用下述程序：

试验前，能够指示 $5 \times 10^{-5} \text{mm/mm}$ 应变的应变仪应该附着在外壳的表面。应变仪的数量、位置以及方向的选择应使得在对外壳完整性重要的所有点上能够确定主要的应变和应力。

水压应以大约10%的步长逐步施加至对应于预期的设计压力的标准试验压力或外壳的任何部分出现明显变形为止。

如果达到任一点，则压力不应进一步提高。

在压力上升期间应读取应变的数值，并在卸载期间重新读取。

如果没有证据表明外壳变形，相关的地方法规可以不予考虑。

如果应变/压力关系曲线是非线性的，可以重复施加压力不应超过五次。直到相应于连续两个循环的加载和卸载曲线本质上一致。如果不能获得一致，应从最后卸载期间相应于应变/压力关系曲线的线性部分外壳最大应力的压力范围。

如果在应变/应力关系曲线的线性部分达到了标准的试验压力，则认为可以确认预期的设计压力。

如果相应于应变/压力关系的线性部分最终的试验压力或者压力范围小于标准的试验压力，设计压力应根据下述公式计算：

$$p = \frac{1}{1.1k} \left(p_y \frac{\sigma_a}{\sigma_t} \right)$$

式中：

p ——设计压力；

p_y ——存在明显变形时的压力或者在最终卸载阶段相应于应变/压力关系线性部分的外壳最大应变部分的压力范围；

k ——标准的试验压力系数；

试验压力应为设计压力的 k 倍，系数 k 为：

——对于焊接外壳， $k=1.3$ ；

——对于铸造外壳， $k=2.0$ 。

σ_t ——试验温度时允许的设计应力；

σ_a ——设计温度时允许的设计应力。

可以采用非破坏性压力试验的替代程序。

6.114.2 非金属外壳的试验

6.114.2.1 瓷外壳的试验

瓷外壳的试验应由制造厂进行。其试验包含逐个试验、抽样试验和型式试验，见JB/T 7844—1995的第5章和第6章。

6.114.2.2 环氧树脂材料外壳的试验

环氧树脂材料的绝缘外壳，可参考6.114.2.1的规定，或按产品技术条件的有关规定进行。

7 出厂试验

每台六氟化硫断路器都应进行出厂试验。试验一般应在整台断路器上进行，对于分极操作的断路器，可以在断路器的一极上进行。试验项目如下：

- 主回路的绝缘试验；
- 辅助和控制回路的绝缘试验；
- 主回路电阻测量；
- 密封试验；
- 设计和外观检查；
- 机械操作试验；
- 六氟化硫气体湿度的测量；
- 外壳的压力试验。

7.1 主回路的绝缘试验

六氟化硫断路器充以最低功能压力的六氟化硫气体, 试验电压按照GB 1984—2003中7.1的规定值进行1min工频耐压试验。

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 主回路电阻测量

按6.4的规定进行。

7.4 密封试验

按6.8的规定进行。

7.5 设计和外观检查

GB 1984—2003的7.5适用, 并作如下补充:

按产品技术条件中规定的主要装配尺寸及控制线路图进行检查, 以保证产品正确装配和接线。

7.101 机械操作试验

对于六氟化硫断路器应充以额定压力的六氟化硫气体或高纯氮气, 但充氮气时的机械特性与充六氟化硫气体时的机械特性应等价。试验目的、要求和方法按照GB 1984—2003的规定。

7.102 六氟化硫气体湿度的测量

按6.113的规定进行。

7.103 外壳的压力试验

7.103.1 金属承压外壳的压力试验

试验压力应为设计压力的 k 倍, 系数 k 见6.114.1.2, 试验压力至少应持续1min。试验中不应出现破裂和永久变形。

7.103.2 非金属承压外壳的压力试验

瓷承压外壳的压力试验按JB/T 7844—1995的4.8.1的规定进行。对于其他承压壳体按产品技术条件的规定进行。

8 断路器运行的选用导则

GB 1984—2003的第8章适用。

9 与询问单、标书和订单一起提供的资料

GB 1984—2003的第9章适用。

10 包装、运输、贮存、安装、运行和维护规则

GB/T 11022—1999的第10章适用, 并作如下补充:

10.1 包装、运输和贮存

10.1.1 六氟化硫断路器在包装前, 各密封气室应充以低压力的干燥气体(六氟化硫或氮气)。按产品包装规范进行包装。推荐采用的充气压力为(0.02~0.05) MPa(相对压力)。

10.1.2 六氟化硫断路器的包装应牢固, 使断路器各零件在运输过程中不致遭到损坏、变形及受潮。

10.1.3 户内六氟化硫断路器应保存在通风、干燥的室内。保存期间的环境温度应在产品的使用温度范围之内, 各密封气室的压力不低于0.01 MPa。

10.1.4 包装箱上应有运输贮存过程中必须注意的明显标志和符号(如上部位置、防潮、防雨、防振、起吊位置、质量等)。

10.1.5 出厂的每台断路器应附有产品合格证(包括出厂试验报告)。装箱单和安装使用说明书。

10.2 安装

GB 1984—2003的10.2适用, 并作如下补充:

除需进行GB 1984—2003的10.2中的验收试验项目外，还应进行：

- 密封试验；
- 气体质量验证。

为了保证最小的干扰、以及降低湿气和灰尘进入外壳因而妨碍六氟化硫断路器正确动作的风险，六氟化硫断路器在运行期间不规定或推荐关于外壳的定期检查或压力试验。无论如何，应参考制造厂的说
明书。

制造厂和用户应就现场的交接试验计划达成协议。

10.2.1 密封试验

GB/T 11022—1999的7.4也适用于现场的密封试验。

应对现场进行装配的六氟化硫断路器进行定性的密封试验。可以使用泄漏探测器。

10.2.2 气体质量验证

为了获得可靠的测量结果，六氟化硫气体湿度应在最终充入气体至少24 h后进行检查。六氟化硫气体湿度不应超过5.2.1的限值。

运行期间气体状态的检查，见IEC 60480。

对于处理规定，见IEC 61634。

注：注意在抽样和/或检查（例如，通过收集袋或安装在用于确定气体湿度的检查装置输出阀的收集器）期间应使
得释放到大气中的气体最少。

10.3 运行

GB/T 11022—1999的10.3适用。

10.4 维护

GB/T 11022—1999的10.4适用，并作如下补充：

另外，制造厂应给出关于六氟化硫断路器维护的下列资料：

- a) 短路操作；
- b) 正常运行时的操作。

这些资料包括检修后按照a) 和b) 六氟化硫断路器能完成的操作次数。

GB/T 11022—1999的10.4.1到10.4.3适用。GB 1984—2003的10.2.102.1.3中对六氟化硫气体的检查适
用。

11 安全性

GB/T 11022—1999的第11章适用，并作如下补充：

任何已知的化学危害和环境危害应在断路器手册或使用说明书中明确。

中 华 人 民 共 和 国
机械行业标准
高压交流六氟化硫断路器
JB/T 9694—2008

机械工业出版社出版发行
北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037

210mm×297mm·1.25印张·42千字

2008年7月第1版第1次印刷

定价：17.00

书号：15111·9050

网址：<http://www.cmpbook.com>

编辑部电话：(010) 88379778

直销中心电话：(010) 88379693

封面无防伪标均为盗版

版权专有 侵权必究