

核电厂全厂电气设备机械联锁技术规范

1 范围

本标准规定了核电厂全厂电气设备机械联锁的功能要求、技术要求、试验方法、检验规则、现场试验和标识、包装、运输、装卸、贮存等内容。

本标准适用于采用全厂电气设备机械联锁装置的核电厂，全厂电气设备部分采用机械联锁装置的核电厂可参照使用。

本标准所涉及的机械联锁装置不包括单体设备内部的机械闭锁机构。

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 2423.6 电工电子产品环境试验 第二部分：试验方法 试验 Eb 和导则：碰撞（GB/T 2423.6—1995, IEC 60068-2-29:1987, IDT）

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

GB/T 6461 金属基体上金属和其他无机覆盖层 经腐蚀试验后的试样和试件的评级（GB/T 6461—2002, ISO 10289:1999, IDT）

GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验（GB/T 10125—2012, ISO 9227:2006, IDT）

GB/T 20138 电器设备外壳对外界机械碰撞的防护等级（IK 代码）（GB/T 20138—2006, IEC 62262:2002, IDT）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

机械联锁装置 **mechanical interlock device**

一种利用机械原理来满足核电厂电气设备安全操作程序要求的联锁装置，为了防止人因操作失误而设置，一般由机械锁及与电气设备配合的部件组成。

3.2

钥匙交换盒 **key exchange box**

一种由多个机械锁和相应的钥匙组成的机械联锁装置，一把或多把钥匙插入相应的锁内进行操作或锁定，可以释放或置换出另外一把或多把锁内的钥匙。

3.3

电气联锁 **electrical interlock**

在几个电器或部件之间，为保证电器或其部件按规定的次序动作或防止误操作而设的电气连接。

3.4

主开关站 **main switch station**

发电厂为将所发电能送入电网而建的开关站，是发电厂与电网进行电能交换的主要场所。

3.5

厂外备用电源开关站 **off-site reserve power supply switch station**

发电厂为获得备用电源而建的开关站。

4 功能要求

4.1 总体要求

4.1.1 全厂电气设备的机械联锁功能应满足下列要求：

- a) 防止误合断路器、负荷开关、接触器等；
- b) 防止带负荷分、合隔离开关；
- c) 防止带电挂接地线、合接地开关；
- d) 防止带接地线（接地开关合位）合闸；
- e) 防止误入带电间隔。

4.1.2 机械联锁装置应能确保按照规定的程序操作。

4.1.3 机械联锁装置应简单、可靠、操作维护方便。

4.1.4 机械联锁装置的功能设计方、电气设备供货商及机械联锁装置供货商应进行充分沟通，确认机械联锁功能可实现。

4.1.5 附录 A 中给出了核电厂部分系统的机械联锁功能示例图。

4.2 发电机变压器组

4.2.1 励磁系统

励磁变压器柜门与发电机出口电压互感器、发电机侧的接地开关、灭磁开关、发电机出口断路器间隔的隔离开关之间应采用机械联锁。

4.2.2 发电机出口断路器间隔

4.2.2.1 发电机侧接地开关与发电机出口电压互感器、灭磁开关、发电机出口断路器间隔的隔离开关之间应采用机械联锁。

4.2.2.2 主变压器侧接地开关与发电机出口断路器间隔的隔离开关、发电机出口断路器、主变压器侧电压互感器、高压厂用变压器低压侧断路器及分支电压互感器、主变压器高压侧接地开关之间应采用机械联锁。

4.2.3 发电机出口电压互感器

4.2.3.1 发电机出口电压互感器的一次侧接地线（或励磁变压器高压侧接地线）与发电机侧的接地开关之间应采用机械联锁。

4.2.3.2 发电机出口电压互感器柜门与灭磁开关、发电机出口断路器间隔的隔离开关之间应采用机械联锁。

4.2.4 高压厂用变压器高压侧

高压厂用变压器高压侧接地线与主变压器低压侧接地开关之间应采用机械联锁。

4.2.5 主变压器

4.2.5.1 主变压器低压侧接地线与本侧接地开关之间应采用机械联锁。

4.2.5.2 主变压器高压侧接地开关与发电机出口断路器间隔的隔离开关、高压厂用变压器低压侧断路器及分支电压互感器、主变压器高压侧隔离开关之间应采用机械联锁。

4.3 主开关站

采用气体绝缘的主开关站配电装置宜采用电气联锁，本规范不做要求。

4.4 厂外备用电源开关站

采用气体绝缘的厂外备用电源开关站配电装置宜采用电气联锁，本规范不做要求。

辅助变压器低压侧断路器及分支电压互感器之间应采用机械联锁。

4.5 交流厂用电电源系统

4.5.1 不并列运行且不需要自动切换的多个电源进线断路器（含母联断路器）之间应采用机械联锁。

4.5.2 母线接地开关与母线电源断路器、母线电压互感器之间应采用机械联锁。

4.5.3 电源进线或母联断路器的接地开关与其各侧电源断路器、电压互感器之间应采用机械联锁。

4.5.4 变压器馈线接地开关与低压侧电源断路器之间应采用机械联锁。

4.5.5 变压器柜门与变压器馈线接地开关之间应采用机械联锁。

4.5.6 可装设机械锁将接地开关锁定在合闸位置。

4.6 柴油发电机组

4.6.1 柴油发电机组（6kV~10kV）出口开关柜的接地开关与启动空气的手动阀之间应采用机械联锁。

4.6.2 柴油发电机组（6kV~10kV）电压互感器柜门与相应的接地开关之间应采用机械联锁。

5 技术要求

5.1 正常使用环境条件

5.1.1 周围空气温度

周围空气温度上限值不应超过+55℃，下限值不应低于-30℃。

5.1.2 海拔

安装地点的海拔不应超过 2km。

5.1.3 湿度

空气的相对湿度应不超过 80%。

5.2 特殊使用环境条件

非正常使用环境条件即为特殊使用环境条件。特殊使用环境条件可按制造商和用户的协议确定，但这些协议不得违背机械联锁装置的功能要求。

5.3 使用性能

5.3.1 机械联锁装置应做到结构简单、可靠、操作灵活、维修方便，不应异物开启，应满足防止误操作的要求。当需要对锁具进行拆卸时，拆卸后不应影响有关电气设备的正常运行。

5.3.2 锁芯应采用具有足够的机械强度且不易锈蚀的材质。

5.3.3 锁舌的行程应满足所配电气设备的要求，行程宜采用以下尺寸：12.5，14，16，18，20，22.4，25mm。

5.3.4 机械锁具应具有防潮、防霉、防锈、防尘等措施。

5.3.5 可靠性应满足下列要求：

- a) 锁芯编码不同的机械锁具不得出现互开；
- b) 机械锁钥匙闭锁角度应不小于 20°。

5.3.6 机械联锁装置与其安装所在金属构件之间应有可靠的电气连接，连接电阻小于 0.1Ω。

5.3.7 牢固性应达到下列要求：

- a) 锁体安装应牢固，在承受 500N 静拉力后螺钉应不松动，应能继续正常使用。
- b) 钥匙承受扭矩 5N·m，维持 30s 后，其塑性变形扭转角应不大于 3°。
- c) 单个独立机械锁的机械寿命应不少于 10 000 次，机械寿命试验后应无明显变形；钥匙插拔扭转应灵活，无卡涩现象，不经检修应能正常使用。
- d) 钥匙交换盒的机械寿命应不少于 10 000 次，机械寿命试验后应无明显变形；钥匙插拔扭转应灵活，无卡涩现象；联锁机构应有效。
- e) 每套机械锁具应进行不少于 50 次的非程序操作，操作时对钥匙施加扭矩 2N·m，试验后机械锁具应无明显变形。
- f) 锁舌应满足在被锁定的电气设备开启或关闭时所承受的机械强度的要求。

5.3.8 灵活性应达到以下要求：

- a) 钥匙在开锁时，应插入、拔出顺利，锁舌开闭灵活，以每分钟 15 次~18 次的频率开闭时，应无卡涩现象；

b) 钥匙拔出静拉力不大于 6.4N, 插入静推力不大于 7.4N, 封闭中心线式钥匙插拔力不大于 9.3N。

5.3.9 外观应符合以下要求:

a) 锁具表面被覆层应牢固, 各零件不应有缺角、锈迹。外露件表面不得有尖棱、锋刃;

b) 钥匙、锁体的商标、字迹、线条应清晰、端正、完整。

5.4 编码原则

5.4.1 钥匙交换盒编码

应编制全厂唯一的钥匙交换盒编码, 见图 1。

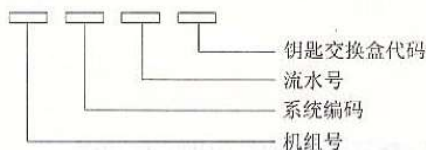


图 1 钥匙交换盒编码

5.4.2 锁芯编码

锁芯编码相同的锁芯应能互开, 编码不同的锁芯不得互开, 见图 2。

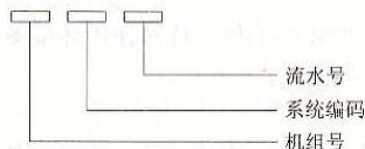


图 2 锁芯编码

5.4.3 锁芯制造码

锁芯制造码由机械锁具供应商自行规定, 应保证核电厂编码相同的锁芯具有相同的锁芯制造码, 做到一一对应。

6 试验方法

6.1 外观检查

应目视检查机械联锁装置外观, 并符合 5.3.9 的要求。

6.2 一般检查

6.2.1 机械联锁装置外形尺寸应与设计图纸一致, 应符合 5.3.3 及 5.3.7 f) 的要求。

6.2.2 编码信息应符合 5.4 的要求。

6.3 可靠性检查

6.3.1 应对不同锁芯编码的锁芯进行试开, 不得出现互开。

6.3.2 应用量角器测量钥匙闭锁角, 应不小于 20°。

6.4 灵活性试验

6.4.1 每把锁用钥匙按插入→旋转到规定角度→回转到起始位置→拔出的顺序, 操作 50 次, 应灵活、无卡涩现象。

6.4.2 应用钥匙插拔力测试仪测试插拔力, 应符合 5.3.8 b) 的要求。

6.5 电气连续性检测

应测量机械联锁装置与其安装所在金属构件之间的连接电阻, 电阻值应符合 5.3.6 的规定。

6.6 牢固性试验

6.6.1 应将锁体按实际工作位置安装，在锁体上用拉力测定机逐步加力到 500N 时，螺钉不应松动，锁体不应断裂。

6.6.2 用扭力扳手测试钥匙扭矩。把钥匙插入锁芯，插上夹头，首先按正常操作力测转角，再套上扭力扳手逐渐使扭矩达到规定值，应无明显变形。

6.6.3 将锁体按实际工作位置安装，用寿命测试仪或手工进行 10 000 次机械寿命试验，钥匙插入开启、关闭后拔出为一次。用一把钥匙以每分钟 15 次~18 次的频率连续开启、关闭，应灵活、无卡涩现象。

6.6.4 对钥匙交换盒进行不少于 10 000 次机械寿命试验；按顺序操作完成并恢复初始状态为一次。试验后应无明显变形；钥匙插拔扭转应灵活、无卡涩现象；联锁机构应有效。

6.6.5 按照 5.3.7 的规定和要求进行 50 次非程序操作，试验后，不应出现影响正常工作的零部件损坏和永久性变形等故障；试验中不应对联锁装置进行调整。

6.7 高温试验

将机械联锁装置放在 5.1 规定的高温环境中 3h，拿出后在常温状态下进行操作，应无异常现象，零部件应没有损坏和永久性变形等故障。

6.8 低温试验

将机械联锁装置放在 5.1 规定的低温环境中 3h，拿出后在常温状态下进行操作，应无异常现象，零部件应没有损坏和永久性变形等故障。

6.9 镀层盐雾试验

机械联锁装置的镀层盐雾试验应按 GB/T 10125、GB/T 6461 的要求进行，试验后应满足表 1 的规定。

表 1 电镀盐雾试验后的表现状态

中性盐雾实验时间 h	表 观 状 态
240	表面允许略有泛色，但不应有红色、白色或黑色腐蚀点，并应符合 GB/T 6461 中规定的 9/0sB 性能评级标准

6.10 镀层附着力试验

用高低温交变试验箱对机械联锁装置的镀层进行高低温性能检测，试验后镀层不应有起皮、脱落现象。

6.11 涂层盐雾试验

机械联锁装置的涂层盐雾试验应按 GB/T 10125、GB/T 6461 的要求进行，试验后应满足表 1 的规定。

6.12 涂层附着力试验

用高低温交变试验箱对机械联锁装置的涂层进行高低温性能检测，试验后涂层不应有起皮、脱落现象。

6.13 IP/IK 防护等级试验

机械联锁装置的 IP 防护等级应按 GB 4208 的规定试验，最低防护等级为 IP40。

机械联锁装置的 IK 防护等级应按 GB/T 2423.6 的规定试验，最低防护等级为 IK08，IK 防护等级按照 GB/T 20138 分级。

7 检验规则

7.1 检验分类

应包括出厂试验和型式试验。

7.2 型式试验

进行型式试验的产品，应是出厂试验合格后的产品。在下列情况下应进行型式试验：

- a) 新产品或老产品转厂生产的定型鉴定时；
- b) 定型生产后，如结构、材料或工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 长期停产后（一年以上），再恢复生产时；
- d) 国家质量监督部门指定进行检验时。

7.3 检验项目

出厂试验和型式试验的项目见表 2。

表 2 检 验 项 目

序 号	项 目 名 称	出厂试验	型式试验
1	外观检查	√	√
2	一般检查	√	√
3	可靠性检查	√	√
4	灵活性试验	√	√
5	电气连续性检测	√	√
6	牢固性试验	—	√
7	高温试验	—	√
8	低温试验	—	√
9	镀层盐雾试验	—	√
10	镀层附着力试验	—	√
11	涂层盐雾试验	—	√
12	涂层附着力试验	—	√
13	IP/IK 防护等级试验	—	√

注 1：可靠性检查和灵活性试验可在出厂试验中抽查。
注 2：电气连续性检测在机械连锁装置安装后由成套厂完成。

8 现场试验

8.1 机械连锁装置运抵现场后应对其进行外观检查，应对可靠性检查和灵活性试验进行抽查。

8.2 机械连锁装置投运前，应在核电厂各系统调试程序基础上进行连锁逻辑验证。

9 标识、包装、运输、装卸、贮存

9.1 标识

9.1.1 机械连锁装置上应有下列标识：

- a) 制造码；
- b) 编码。

9.1.2 包装箱上应有下列标识：

- a) 产品名称、规格、数量、制造商名、地址、邮政编码；
- b) 产品标准编号；
- c) 每箱的净重和毛重；

d) 防潮、轻放等字样。

特殊要求由制造商和用户协商确定。

9.2 包装

9.2.1 包装应能确实保证产品在运输、装卸与贮存过程中不致遭受损坏、变形、丢失、受潮及腐蚀。

9.2.2 包装箱内应附有产品合格证明书、产品安装使用说明和装箱单。

9.2.3 包装箱上应有包装、贮存、运输图示标志，如“小心轻放”、“防潮”等。

9.3 运输和装卸

运输和装卸过程中应满足下列要求：

a) 在运输过程中，产品不得受到剧烈机械冲撞、暴晒、雨淋；

b) 在装卸过程中，产品应轻搬轻放，严防摔掷、翻滚、重压。

9.4 贮存

贮存过程中应满足下列要求：

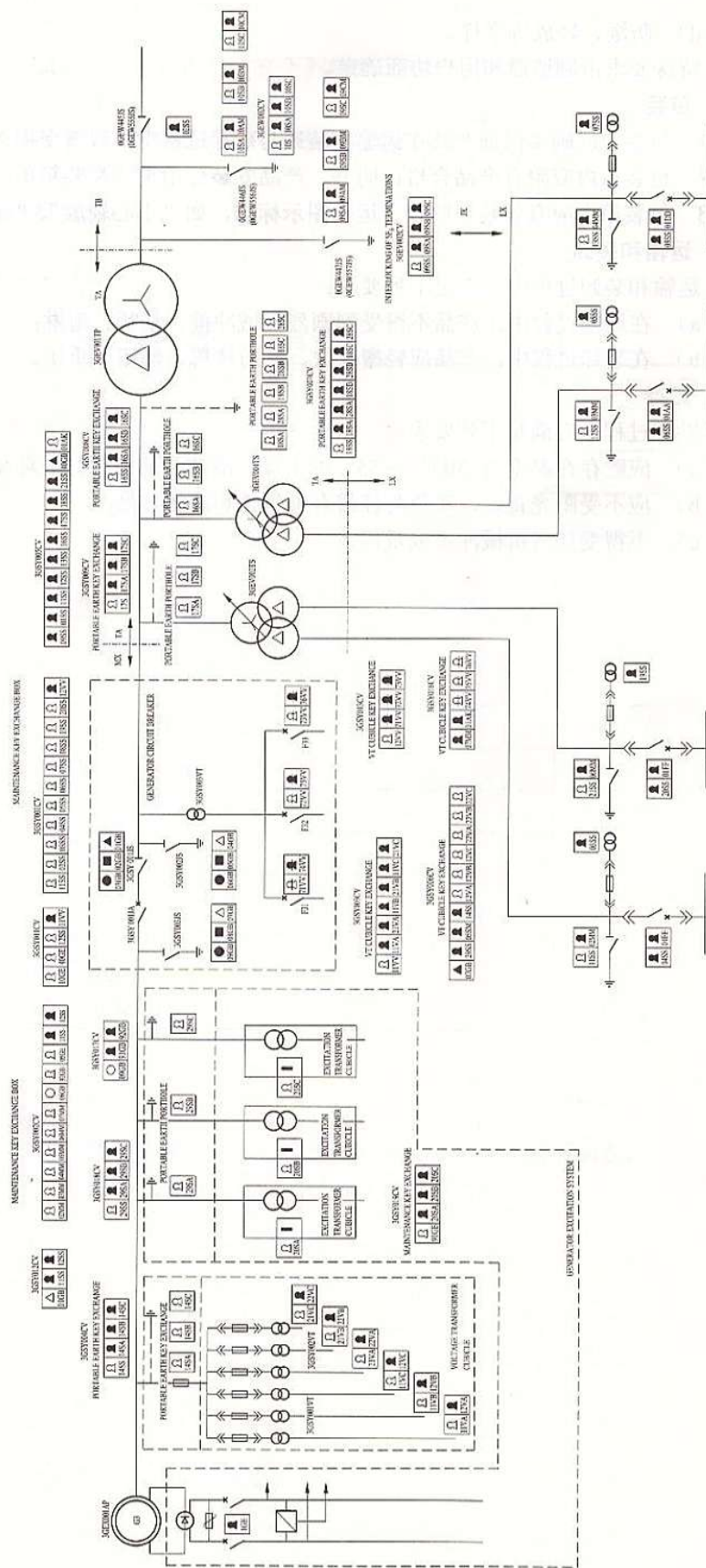
a) 应贮存在温度为 $-30^{\circ}\text{C}\sim+55^{\circ}\text{C}$ 的干燥、清洁及通风良好的环境中；

b) 应不受阳光直射，避免与任何有害气体和液体接触；

c) 不得受任何机械冲击或重压。

附录 A
(资料性附录)
核电厂全厂电气设备机械联锁示例图

核电厂全厂电气设备机械联锁示例图见图 A.1~图 A.3。



图A.1 电气设备机械联锁——发电机变压器组部分(一)

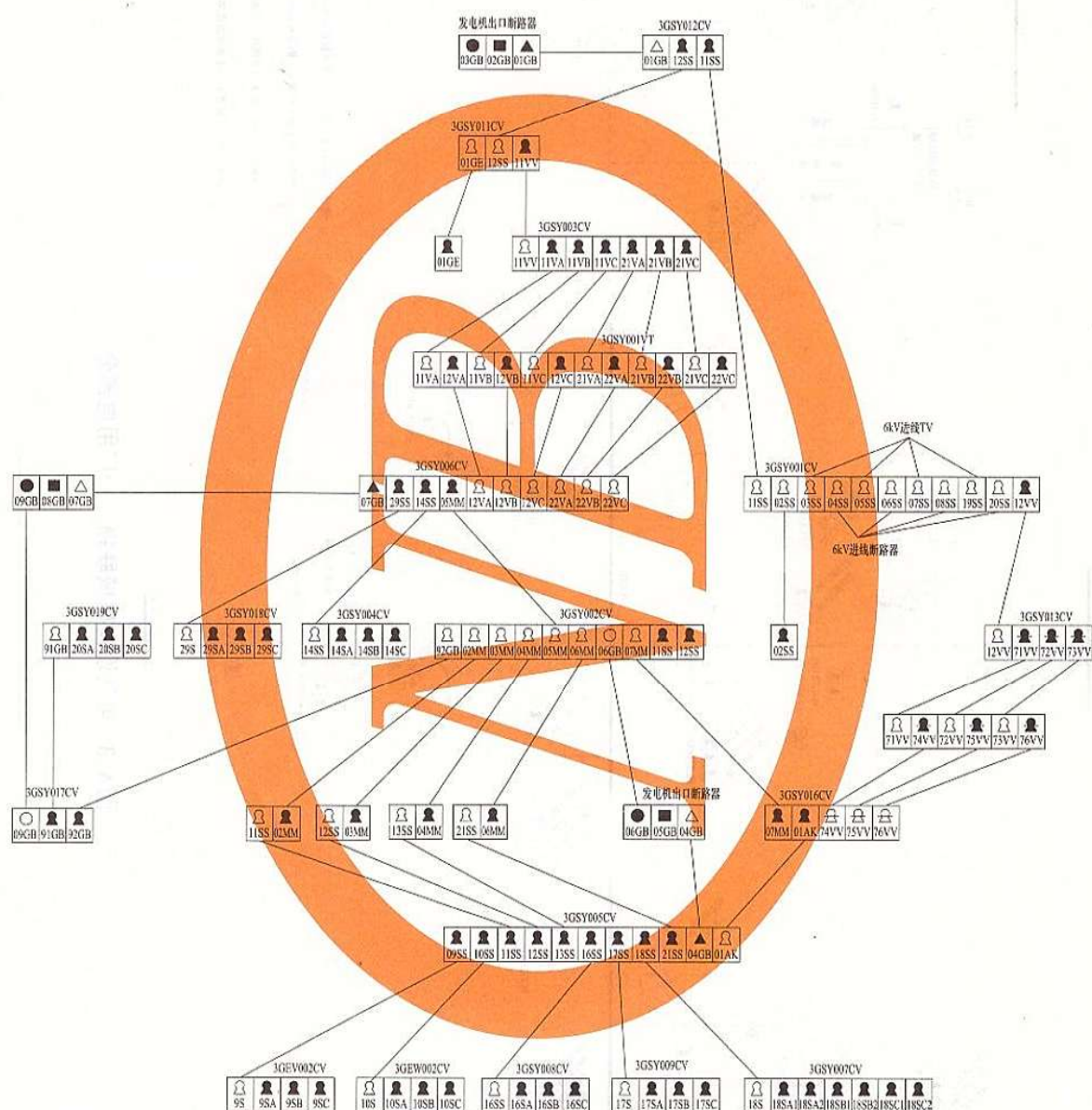
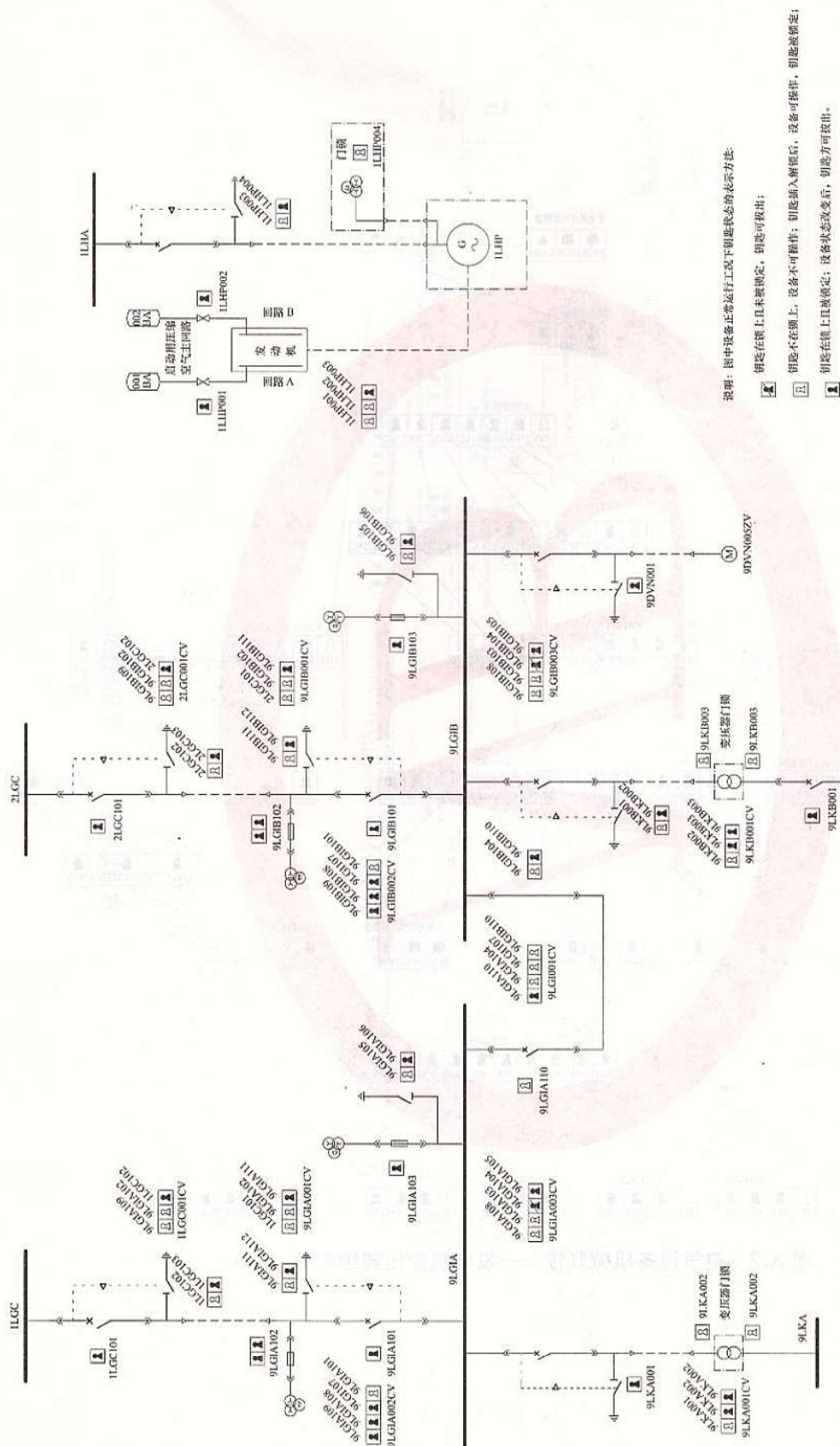


图 A.2 电气设备机械联锁——发电机变压器组部分(二)



图A.3 电气设备机械联锁——厂用电部分