

团 体 标 准

T/CCTAS XX—202X

轨道交通变流器用复合母排

Composite busbar for railway applications Power converters

(本稿完成时间：2023年9月)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利联通支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国交通运输协会 发布

目 次

前 言	III
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
4 结构要求	5
4.1 总体结构	5
4.2 绝缘结构	5
5 性能要求	6
5.1 一般要求	6
5.2 环境要求	6
5.3 电气间隙	7
5.4 爬电距离	7
5.5 绝缘耐压	7
5.6 局部放电	7
5.7 杂散电感	7
5.8 温升	7
5.9 防火性能	7
5.10 安装及连接要求	8
5.11 材料要求	9
6 试验方法	9
6.1 试验准备	9
6.2 外观检查	9
6.3 称重	9
6.4 机械尺寸测量	9
6.5 镀层厚度测量	9
6.6 电气间隙和爬电距离测量	9
6.7 绝缘电阻试验	9
6.8 介电试验	10
6.9 局部放电	10
6.10 电感测量	10
6.11 温升试验	10
6.12 温度变化试验	11
6.13 交变湿热试验	11
6.14 冲击与振动试验	11

6.15 盐雾试验.....	11
7 检验规则.....	11
7.1 检验分类和检验项目.....	11
7.2 出厂检验.....	12
7.3 型式检验.....	12
7.4 检验程序.....	12
8 标识及包装、运输和贮存.....	12
8.1 标识.....	12
8.2 包装及运输.....	13
8.3 贮存.....	13
附录 A（资料性）孔内绝缘结构.....	14

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国交通运输协会新技术促进分会提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中车永济电机有限公司、西安中车永电捷通电气有限公司、浙江赛英电力科技有限公司、苏州西典新能源电气股份有限公司、国家铁路产品质量检验检测中心

本文件主要起草人：赵一洁、李守蓉、柴媛、郑淑莉、陈彦肖、杨璐、王志强、王雷、杨春宇、彭乐忠、吴付华、石春珉、杨海前、盛建华、朱银霞、周圆月、王以军。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

轨道交通变流器用复合母排

1 范围

本文件规定了轨道交通变流器用复合母排的技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、贮存等要求。

本文件适用于轨道交通变流器用复合母排的设计、生产和检验。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 2040 铜及铜合金板材

GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温

GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db：交变湿热(12h+12h循环)

GB/T 2423.17 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾

GB/T 2423.22 环境试验 第2部分：试验方法 试验N：温度变化

GB/T 2900.19 电工术语 高电压试验技术和绝缘配合

GB/T 4207 固体绝缘材料耐电痕化指数和相比电痕化指数的测定方法

GB/T 7354 高电压试验技术 局部放电测量

GB/T 9174 一般货物运输包装通用技术条件

GB/T 21413.1-2018 轨道交通 机车车辆电气设备 第1部分：一般使用条件和通用规则

GB/T 21563 轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验

GB/T 25122.1-2018 轨道交通 机车车辆用电力变流器 第1部分：特性和试验方法

GB/T 32350.1-2015 轨道交通 绝缘配合 第1部分：基本要求 电工电子设备的电气间隙和爬电距离

TB/T 3213-2009 高原机车车辆电工电子产品通用技术条件

3 术语和定义

GB/T25122.1、GB/T 32350.1-2015、GB/T 7354和GB/T 2900界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

复合母排 laminated busbar

将单层或多层导体用绝缘材料隔离封装形成具导电性能的低电感复合结构。

3.2

杂散电感 stray inductance

由电路中的导体如：连接导线、元件引线、元件本体等呈现出来的等效电感。

3.3

最大可重复电压 recurring peak voltage

在不影响绝缘强度的情况下，复合母排可能重复出现的最大电压。

4 结构要求

4.1 总体结构

4.1.1 复合母排由导电材料和绝缘材料组成，主要结构包含导体极板，铜柱、绝缘板、绝缘环及绝缘膜等零部件。图1给出复合母排结构示意图。

4.1.2 每层铜极板都双面粘贴绝缘膜构成单层母排，多组单层母排间再通过绝缘板进行隔离后用胶水粘合热压构成复合母排。复合母排电气连接层铜极板通过铜柱与电气部件安装面进行电气连接，铜柱高度根据电气连接距离远近确定。复合母排非电气连接层铜极板通过在安装孔上加装绝缘环与电气连接层铜极板的铜柱间进行电气隔离。

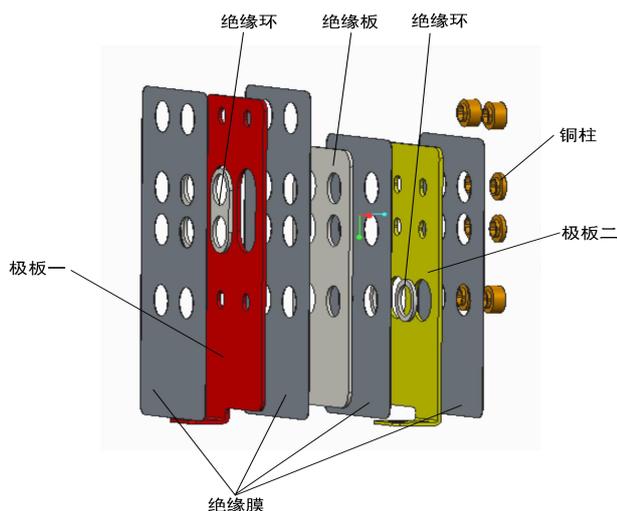


图1 复合母排结构示意图（用无颜色的）

4.2 绝缘结构

4.2.1 组成

根据复合母排的结构特点，绝缘结构包含极板间层间绝缘和孔内绝缘。

4.2.2 层间绝缘

母排层间绝缘主要涉及母排层间使用绝缘膜的数量及绝缘板厚度。

单极板表面绝缘膜数量根据绝缘耐压要求选定。

绝缘板厚度依据母排的电气间隙、爬电距离及局部放电要求综合考虑。

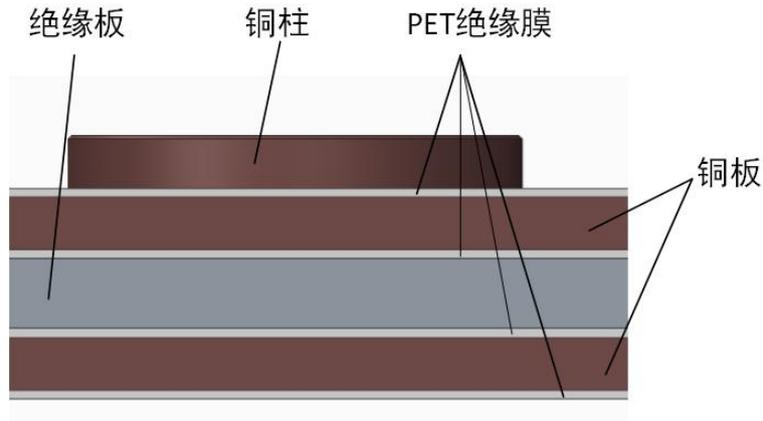


图2 层间结构示意图（用无颜色的）

4.2.3 孔内绝缘

孔内绝缘主要涉及复合母排孔内绝缘环宽度和空气间隙。绝缘环横向击穿电压应满足母排的绝缘强度要求。孔内绝缘结构参数选取通常可参照附录A，也可依据设计要求综合考虑。

5 性能要求

5.1 一般要求

- 5.5.1 复合母排应按照经规定程序批准的产品图样和技术文件制造。
- 5.5.2 铜排应镀层良好，接触表面平整光滑，无磕碰伤，无铜底裸露。
- 5.5.3 复合母排无扭曲变形，无锋利锐角。
- 5.5.4 确认产品与图纸一致，无部件缺少。
- 5.5.5 复合母排绝缘层无损伤，无有害缺陷，表面无异物，无开裂，无气泡等缺陷。

5.2 环境要求

复合母排在以下环境条件下应能正常工作：

- a) 环境温度（大气）：-40℃~+40℃；
- b) 存储温度：-40℃~+85℃；
- c) 工作环境温度：-40~+75℃；
- d) 相对湿度：月平均最大相对湿度不大于95%（该月月平均最低温度为25℃）；
- e) 污染等级：依据GB/T 32350.1-2015 表A.4规定的的环境判定；

f) 过电压类别：依据GB/T 32350.1-2015 8.2.1规定的应用条件判定。

g) 冲击振动：应能承受使用时的冲击和振动而无损坏或故障，符合GB/T 21563 1类B级冲击和振动条件；

h) 海拔：依据产品应用环境海拔确定。

5.3 电气间隙

额定绝缘电压即最大工作电压，一般地，额定绝缘电压值应为额定工作电压的1.1倍；

结合复合母排过电压类型，根据GB/T 32350.1-2015表A.2确定额定冲击电压；

结合额定冲击电压与污染等级，根据GB/T 32350.1-2015表A.3确定最小电气间隙；

根据TB/T 3213-2009标准中5.2.1条表2规定，当海拔超过1400米时应根据复合母排电气间隙进行修正，如用户对高海拔设计依据有特殊约定时，按双方协议执行。

5.4 爬电距离

依据GB/T 32350.1-2015第4.5.2条，复合母排的绝缘材料（PET膜）漏电起痕指数（CTI）值是600，一般按照I级材料标准考虑。

依据GB/T 32350.1-2015第6条规定，结合复合母排的额定绝缘电压及污染等级，确定对应的最小爬电距离。

5.5 绝缘耐压

复合母排介电强度试验电压依据GB/T 25122.1-2018第4.5.3.7.4条确定。

当海拔超过1400米时，需依据TB/T 3213-2009中5.2.2条表3规定对试验电压进行海拔修正。

5.6 局部放电

在规定的电压下测试时，局部放电量应在10pc以内。

电压值根据GB/T 25122.1-2018的4.5.2.2.2条确定：

$$\text{起始电压： } V_1 = \frac{1.5U_m}{\sqrt{2}}$$

$$\text{熄灭电压： } V_2 = \frac{1.1U_m}{\sqrt{2}}$$

其中， U_m 为最大可重复电压。

5.7 杂散电感

要求单件复合母排杂散电感在50nH以内，有特殊约定时，按双方协议执行。

5.8 温升

依据GB/T 21413.1-2018，复合母排的最高表面温度限值为105℃。依据复合母排的工作环境最高温度确定其温升要求。

5.9 防火性能

部件或材料应采用阻燃、低烟、无毒（低毒）、无卤的非延燃性材料或防火材料，非金属材料的阻燃要求满足EN 45545-2《铁路应用 铁路车辆防火-第2部分：材料和部件的防火性能要求》（防火性能HL2级及以上）的要求。

5.10 安装及连接要求

5.10.1 复合母排在安装之后，应保证端子及母排本体不受应力。

5.10.2 复合母排位于同一平面的端子或铜柱平面度要求应满足与其连接的部件对平面度的要求。

5.10.3 复合母排连接不同部件，应根据实际情况选择最优的紧固顺序，通常螺栓紧固原则：按先中间、后两边、对角、顺时针方向依次、分阶段紧固。示例见图3。

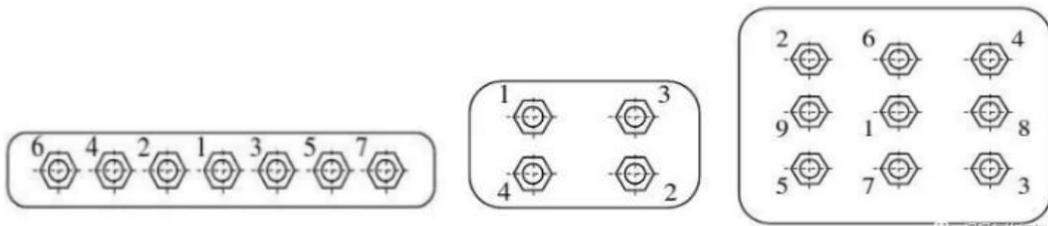


图3 紧固顺序示意

5.10.4 复合母排端子如有折弯，应控制折弯角度保证其可靠连接：复合母排折弯角度根据搭接内外侧位置不同，采用相应的公差要求。公差允值见表2，示例见图4。

表2 折弯角度公差

搭接类型	公差范围	备注
外侧搭接	$-1^{\circ} \sim 0^{\circ}$	见图4 a)
内侧搭接	$0^{\circ} \sim +1^{\circ}$	见图4 b)

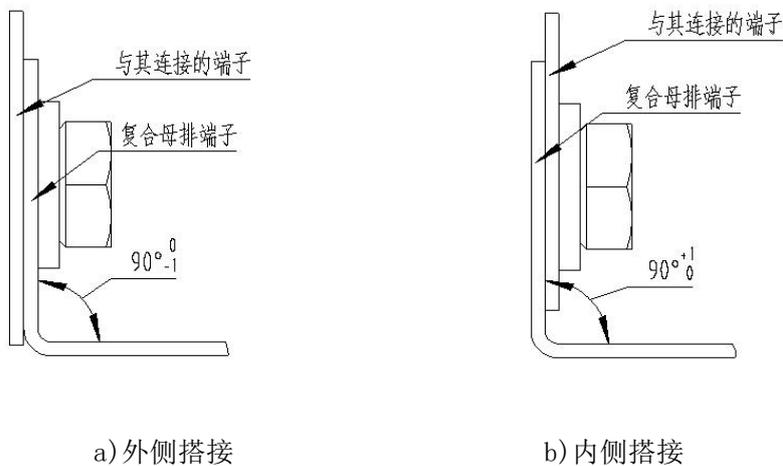


图4 不同搭接方式端子折弯角度

5.11 材料要求

应对导体表面进行镀锡处理，镀层厚度应符合GB/T 12599规定。若有其他要求，应根据需要选择镀镍、镀银或镀金等。

复合母排各零部件应符合表1中列举的材料。

表 1 复合母排材料

零部件	材料	标准
导体	T2 紫铜板/T2 紫铜管	GB/T 2040
绝缘板	FR-4 环氧玻璃布层压板、FR-5 环氧玻璃布层压板及 GPO-3 不饱和聚酯玻璃纤维层压板（UPGM-203）等	GB/T 1303.4-2009 GB/T 1303.7-2009
绝缘环	FR-4 环氧玻璃布层压板、FR-5 环氧玻璃布层压板及 GPO-3 不饱和聚酯玻璃纤维层压板等	GB/T 1303.4-2009 GB/T 1303.7-2009
绝缘膜	PET 聚酯薄膜	/

6 试验方法

6.1 试验准备

复合母排测试前应确保测试环境的安全，严禁带电接线，所有地线应牢固可靠。

6.2 外观检查

按产品图样和5.1条的要求，进行外观检查。

6.3 称重

按产品图样规定，进行重量检查，实测重量误差在5%以内。

6.4 机械尺寸测量

检查复合母排尺寸符合产品图样要求。根据产品图样检验尺寸对样品使用3D量测仪检验，个别尺寸可以采用卡尺及辅助测量工具进行测量。

6.5 镀层厚度测量

检查导体镀层厚度，满足5.11条要求。

使用X-Ray膜厚仪选取样品上四周的四个点和中间的一个点测量镀层的厚度。

6.6 电气间隙和爬电距离测量

按产品图样和5.3、5.4条的要求，依据GB/T 32350.1-2015 在三维模型上测量最小电气间隙和爬电距离。

6.7 绝缘电阻试验

依据GB/T 25122.1-2018 4.5.3.8，使用绝缘电阻测试仪对复合母排进行绝缘电阻测试。连接每两层不同铜导体，施加测试电压1000V 1min，绝缘电阻应大于100MΩ。

6.8 介电试验

依据GB/T 25122.1-2018的4.5.3.7：

a) 将耐压测试仪的电压输出线（红线）连接到复合母排中没接地的任意一层导体上，相邻层接地，仔细检查接线无误后输入高电压；

b) 依次确认各层导体间的层间绝缘强度；

c) 依次检测复合母排相邻层间的耐压值。

测试时间持续1min，无闪络、无击穿、无起弧现象。

6.9 局部放电

依据GB/T 25122.1-2018的4.5.2.2.2条规定，依次在每两层导体间施加电压V1电压，10s内电压达到该值，并维持1min，在10s内降至V2电压值，并维持该电压30s，在t2时间的最后5s之内，测量局部放电量。局部放电量应在10pc以内。其中，V1和V2的电压按照5.6要求取值。局部放电试验（电压对时间）见图5。

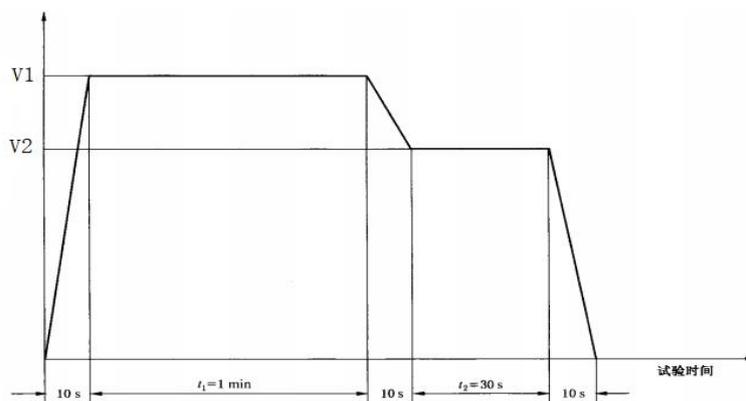


图5 局部放电试验（电压对时间）

6.10 电感测量

测试路径：将两块直流极板的远端器件安装点短接，从正负极板引脚处测量电感值。

依据测试路径对复合母排进行短接，然后测量各个回路测量点的电感值。

各个回路之间的电感值应满足5.7条要求的电感值。

6.11 温升试验

测试路径：相同电流的极板将器件安装点短接，电流由第一层极板的引脚流入，从另一层极板引脚流出。

依据GB/T 21413.1-2018的8.3.1, 测量产品在通入额定电流下, 复合母排的温度升高值。施加额定电流直到温度稳定, 使用热成像仪生成温度分布图, 找到最高点的温度值, 减去周围的环境温度, 得到温升测试结果, 温升值应满足4.7条要求。

测试要求: 环境温度为 $-10^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$, 当所有测量点(包括周围空气温度)温度变化不超过 1K/h , 即认为达到稳定温度。

6.12 温度变化试验

依据GB/T 2423.22中试验Nb进行温度变化试验。

在试样放入到环境试验箱前, 对合格的样品进行初始状态的介电试验和局部放电测试, 记录测试结果, 然后将复合母排无包裹的放置于试验箱内, 依据GB/T 2423.22规定的要求进行温度变化试验。

试验结果要求试件外观无异常, 满足外观检验要求, 并通过耐压试验和局部放电试验。

6.13 交变湿热试验

依据GB/T 2423.4中试验Db进行交变湿热试验。

在试样放入到环境试验箱前, 对合格的样品进行初始状态的介电试验和局部放电测试, 记录测试结果, 然后将复合母排无包裹的放置于试验箱内, 依据GB/T 2423.4规定的要求进行交变湿热试验。

试验结果要求试件外观无异常, 满足外观检验要求, 并通过耐压试验和局部放电试验。

6.14 冲击与振动试验

依据GB/T 21563 1类B级标准进行。

在试样安装至冲击振动试验台前, 对合格的样品进行初始状态的介电试验和局部放电测试, 记录测试结果, 然后将复合母排固定在工装上, 并安装至冲击振动试验台, 依据GB/T 21563 1类B级规定的要求进行冲击振动试验。

试验结果要求试件除了允许有的安装痕迹外, 外观无异常, 满足外观检验要求, 并通过耐压试验和局部放电试验。

6.15 盐雾试验

依据GB/T 2423.17中试验Ka进行盐雾试验。

将复合母排放入盐雾试验箱前, 检查其外观满足5.5条要求, 放入到盐雾试验箱内, 依据GB/T 2423.17中试验Ka进行盐雾试验。

试验结果要求满足镀层满足5.3条要求, 绝缘层之间或绝缘层与导体层之间不应有裂缝、气泡和分层, 导体连接端子表面不应有影响导电性能的氧化和腐蚀。

7 检验规则

7.1 检验分类和检验项目

复合母排检验分为出厂检验及型式检验。检验项目见表2。

表 2 检验项目

序号	检验项点	型式检验	出厂检验	检验依据
1	外观检查	√	√	符合第 5 章规定
2	称重	√	/	符合技术文件规定
3	机械尺寸测量	√	√	符合产品图样规定
4	镀层厚度测量	√	/	符合技术文件及产品图样规定
5	电气间隙和爬电距离测量	√	/	GB/T 32350.1-2015
6	绝缘电阻试验	√	√	GB/T 25122.1-2018 4.5.3.8
7	介电强度试验	√	√	GB/T 25122.1-2018 4.5.3.7、符合技术文件规定
8	局部放电试验	√	√	GB/T 25122.1-2018 4.5.2.2.2、符合技术文件规定
9	电感测量	√	/	符合技术文件规定
10	温升试验	√	/	GB/T 21413.1-2018 8.3.1
11	温度变化	√	/	GB/T 2423.22
12	交变湿热	√	/	GB/T 2423.4
13	冲击和振动试验	√	/	GB/T 21563 1 类 B 级
14	盐雾试验*	√	/	GB/T 2423.17

注：*盐雾试验可供需双方协商进行，也可由相关材质检验报告替代

7.2 出厂检验

应对每片复合母排进行出厂检验，复合母排经质量检验部门检验合格并出具合格证后方可出厂。

7.3 型式检验

型式检验时应任意抽取一件产品进行试验。属于下列情况之一者，应进行型式检验：

- a) 新产品试制完成时；
- b) 产品的结构、工艺或材料的变更影响到产品的某些特性或参数变化时，应部分或全部检验；
- c) 出厂检验结果与上次型式检验结果发生不允许的偏差时；
- d) 转场生产时。

7.4 检验程序

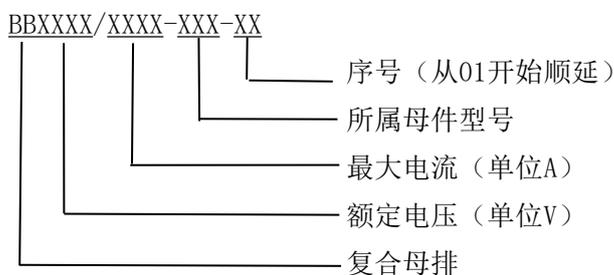
试验件应经出厂检验合格后，再进行型式检验。型式检验应按以下次序进行：首先进行性能试验，其次进行温度变化、交变湿热和冲击和振动试验，环境试验和盐雾试验可采用不同的试验件进行。

8 标识及包装、运输和贮存

8.1 标识

8.1.1 复合母排的规格

复合母排规格至少应包含电压、电流等级、所属母件产品型号和序号。



示例：配属产品A2, 序号为01的复合母排，额定电压为3600V, 最大电流为600A, 其规格为：BB3600/600-A2-01。

8.1.2 复合母排的标识

每个复合母排上应有标识，在整个部件寿命期内标记应具有可读性（必要时，应进行防水处理）。

标识应至少标明：

- 供应商名称；
- 产品规格；
- 物料编码、技术文件编号、产品图样编号；
- 出厂日期及产品序列号。

8.2 包装及运输

8.2.1 产品包装应能防止在运输中受潮和损坏，运输包装执行标准GB/T 9174。

8.2.2 产品包装中应至少包含以下文件：装箱清单、产品合格证、出厂检验报告。

8.2.3 包装箱外应注明：

- a) 制造商名称；
- b) 产品型号、数量；
- c) 注明“小心轻放”、“请勿倒置”、“勿受潮湿”等标志；
- d) 收货单位、名称、地址。

8.3 贮存

复合母排需储存于清洁、通风、无腐蚀性气体的仓库内，物品不可直接落地存放，需有泡沫防护，不可与尖锐物体直接接触。

附录 A
(资料性)
孔内绝缘结构

孔内绝缘结构参数可选取表 A.1 中经验值。

表 A.1 孔内绝缘结构参数选取值

绝缘位置	额定电压 1800V	额定电压为 3600V 等级	绝缘结构图示
绝缘宽度	6mm~7mm	8mm~10mm	
空气间隙	2mm	4mm	