

尘埃及对继电器影响

北京二七信号工厂 管楚度

一、尘埃分类:

空气中悬浮着的微粒有两种。一是尘埃,系指粒径为 $0.005\sim 0.02\text{mm}$ 颗粒,通常屋内环境 1cm^3 容积大气中这种颗粒多达数万个。另一是沙粒,系指粒径为 $0.5\sim 5\text{mm}$ 颗粒,其形状呈多角形。

我国沙漠约 109.5万km^2 (合 16.42 亿亩),占全国总面积的 11.4% 。大于 2万km^2 的沙漠有9个。这些沙漠中的小沙粒粒径约 $0.06\sim 0.1\text{mm}$ 。研究沙粒、尘埃对有触点电器的接触可靠性是一项有现实意义的工作。据报导,日本继电器故障中有 30% 是尘埃造成的。

尘埃的产生分为沉积尘埃(落在地板上的),它是外在原因所产生,如灰尘、飞渣、炭粒煤烟和各种矿物体等。大气有微风时就可能飞起 30% 沉积尘埃。我们可用一块玻璃板测得落在其上的尘埃,重量是易测出的。其成份可用 35mm 胶片彩色照像放大至 $2\text{平方米}(2\text{M}^2)$ 可认出烟、砂、纤维等材质。我们利用滤尘通风设施可使继电器组装和安装场所屋内空气中保持到最低量。

另一种是偶发性的尘埃,它是内在原因产生的尘埃,例如织物纤维、木纤维,材料表皮剥落层、设备磨损物,以及在制造或装配工作场所产生的污染物。

尘埃种类如下表1所示

表1 尘埃种类

纤维性尘埃		非纤维性尘埃	易燃性尘埃	矿物性尘埃
棉织物	动物茸毛	花粉(孢子)	碳灰渣	石英
毛织物	绝缘材质纤维	风媒种子	煤埃	泥土
丝织物	玻璃纤维	昆虫飞翅及排泄物	煤烟	石膏及石灰
各种化学纤维	(来自增强塑料等)	皮革	油腻	石棉
木质纤维		塑料(热固性、热塑性)碎粒	油烟等	盐
纸		糖、淀粉		洗涤剂
植物茸毛		树脂等		金属末(包括铅笔末等)
				金属氧化物
				珐琅
				水泥等

除如炭质、金属质等尘埃外，绝大多数情况下尘埃是非导电的微粒所组成。实践证明尘埃对于工作在低电平下的接点可靠性有着非常有害的影响。

据国外报导继电器触点当接触电阻大于 $200m\Omega$ 单接点表面作显微镜检验发现接点表面吸附的尘埃微粒成份百分数如下表2所示。

表 2 某继电器触点尘埃微粒成份百分数

尘埃种类	百分数
纤维状的茸绒	30%
塑料微粒	24%
粉末状尘土	23%
未知及其他	12% + 11%

二、大气中尘埃运动的规律：

(1) 风速对尘埃分布高度影响：有些沙漠地带沙粒很细，粒径 $0.1mm$ 沙粒遇到中等风至强风，特别当大气不稳定时可以把沙粒吹到很高的地方。据报导在撒哈拉沙漠在风速大时可将细沙粒吹到 $3KM$ 高空、漂浮数月之久。粒径 $0.5\sim 5mm$ 的石英沙也刮到天空，风小后才降落下来。当风速为 $20M/S$ 时粒径 $0.25\sim 3mm$ 的沙粒飞扬弥漫。在空中有些沙粒自旋速度高达每秒 10^3 周以上。而由粒径非常小，即小于 $0.01mm$ 土粒组成灰尘一旦进入大气悬浮就可随上升气流飞扬到 $3\sim 4km$ 之高度。

风速、高度、含砂量的关系如图1所示

从图1中可看出高度、风速、含砂量在对数坐标制时成直线相关。当在某一风速时即含砂量随高度增加作指数函数递减。

从图1实测数据中得到一个很重要的结论沙尘集中在离地面高 $0\sim 100mm$ 气流层中。这样要求我们安装继电器时继电器起码离开地面高 $100mm$ （即 $0.1M$ ）处。

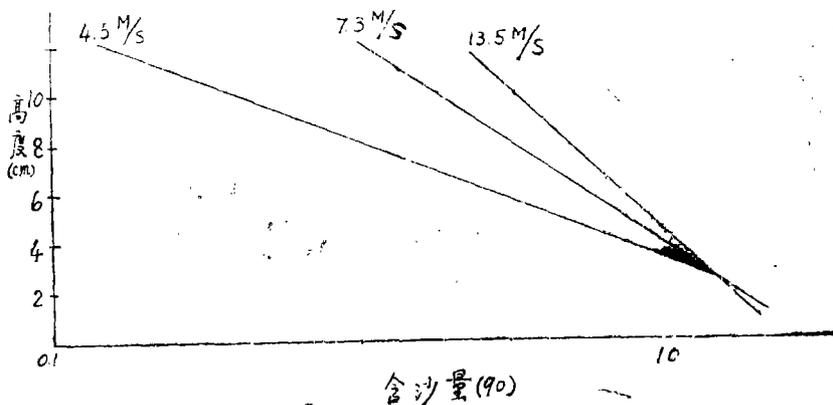


图1 高度——风速——含沙量特性曲线

(2) 风速对尘埃水平运动影响: 沙粒遇到风就要扬起, 路人皆知。但多大的风速扬起多大的沙粒, 要经过实测才知道, 其值见下表 3 所示:

表 3 沙粒粒径与沙粒起动风速表

沙粒粒径 (mm)	沙粒起动风速 (cm/s) 离地面 2 M 起
0.10~0.25	4.0
0.25~0.5	5.6
0.5~1.0	6.7
>1.0	7.1

如果尘埃初速度为 V_0 , 弹射倾角为 θ , 且在点 $P_1(X_1, 0)$, $P_2(X_2, 0)$ $P_n(X_n, 0)$ 处以相同倾角弹跳出去。每次弹跳运动的初速度 V_0, V_1, V_2, \dots 是按下列规律在减小

$$V_0 : V_1 = V_1 : V_2 = \dots = V_{n-1} : V_n = K > 0$$

如果不计空气阻力, 求一粒尘埃颗粒的轨道长度, 即决定 X_n, θ 及 $\lim_{n \rightarrow \infty} X_n$

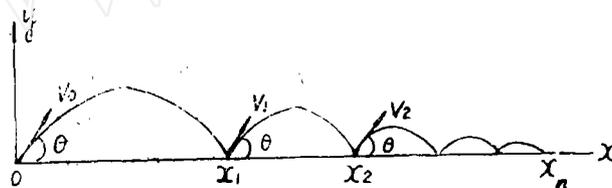


图 2 一个尘埃颗粒弹跳的轨道

通过原点抛物线方程是 $y = x \tan \theta - \frac{gx^2}{2V_0^2 \cos^2 \theta}$, 第 $n+1$ 个抛物线是尘埃球粒在点 $(X_n, 0)$ 处弹射出去的轨道, 它的初速度为 V_n 而倾角为 θ

∴ 它的方程

$$y = (X - X_n) \tan \theta - \frac{g(X - X_n)^2}{2V_n^2 \cos^2 \theta}$$

∴ 尘埃球的水平射程为

$$\frac{V^2 \sin 2\theta}{g}$$

∴ 抛物线再与 X 轴相交在

$$X = X_{n+1} = X_n + \frac{V_n^2 \sin 2\theta}{g}$$

如暂令 $P = \frac{\sin 2\theta}{g}$, 又 ∵ $X = 0$ 有

$$X_1 = X_0 + PV_0^2 = PV_0^2$$

$$X_2 = X_1 + PV_1^2 = P(V_0^2 + V_1^2)$$

$$X_3 = X_2 + PV_2^2 = P(V_0^2 + V_1^2 + V_2^2)$$

$$\begin{aligned}
 & \dots\dots\dots \\
 X_n &= P(V_0^2 + V_1^2 + \dots\dots\dots 1 - V_{n-1}^2) \\
 \text{又} \because V_1 &= \frac{V_0}{K}, V_2 = \frac{V_1}{K} = \frac{V_0}{K^2}, \dots\dots\dots, V_{n-1} = \frac{V_0}{K^{n-1}} \\
 \therefore X_n &= PV_0^2 \left(1 + \frac{1}{K^2} + \frac{1}{K^4} + \dots\dots\dots + \frac{1}{K^{2(n-1)}} \right) \\
 &= PV_0^2 \frac{1 - \left(\frac{1}{K}\right)^{2n}}{1 - \left(\frac{1}{K}\right)^2} \\
 \text{及 } \lim_{n \rightarrow \infty} X_n &= \frac{PV_0^2}{1 - \left(\frac{1}{K}\right)^2} = \frac{\sin 2\theta}{g} \cdot \frac{V_0^2 K^2}{K^2 - 1}
 \end{aligned}$$

尘埃水平运动主要形式是弹跳，尘埃一次水平运动最大距离与其质量 m 无关，上式可看出要防止继电器内进入灰尘一是减少缝隙，一是增大缝隙深度，使缝隙 $\delta > X_n$ 。但完全密封继电器易产生内在原因尘埃。

三，环境对尘埃的影响

环境诸因子对尘埃的影响今天我们仅知道有影响，定性描绘它已有不少经验，但定量去实测这方面工作有待进一步深入。

在继电器组装密封室内24小时尘埃量是不同的，从图3可以看出上、下班时室内

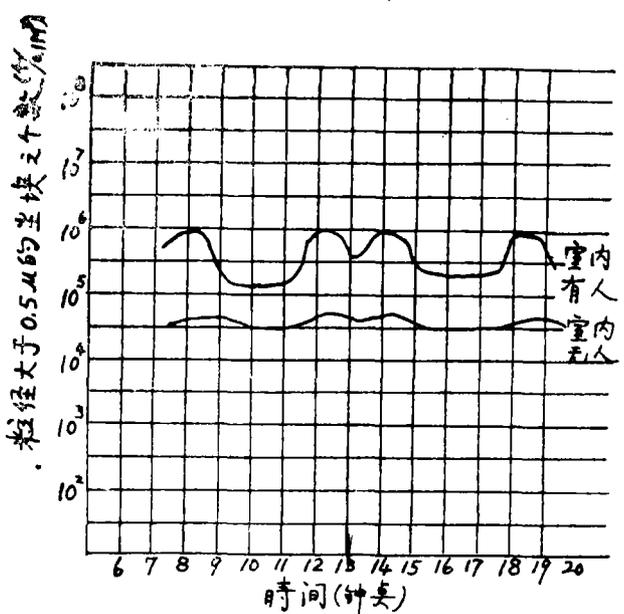


图3 密封继电器组装室中时间对尘埃个数影响

尘埃量出现驼峰。就是当室内无人由于走道等行人影响室内也就出现小驼峰。室内无人
与有人时尘埃常差1个到几个数量级。

外界温度、湿度。海拔，地理位置，对尘埃分布都有很大的影响。绝缘材质静电效
应将吸附尘埃。下图4所示图象表明湿度对尘埃影响比较大。陕、甘、晋、豫等省。窑
洞由于恒温恒湿性能好。尘埃量比相距仅20~30M平房中要低1—2个数量级。

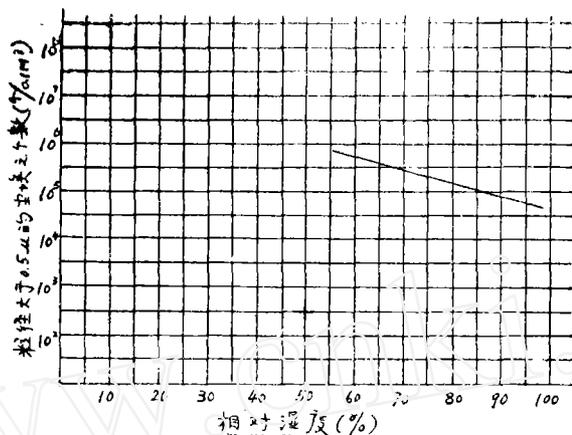


图4 相对湿度对尘埃个数的影响

四、尘埃对继电器接触可靠性影响

触点动作时尘埃行落在接点凹处或凸处造成时接时不接。单个的微粒不致造成故
障，但聚积成堆就会变得严重。

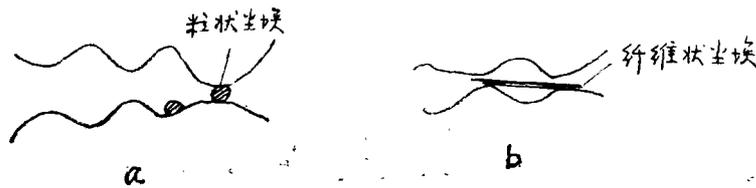


图5 不同尘埃对触点接触影响示意图

土沙微粒引起接触不良，纤维性尘埃的种类不同其影响也不相同，化纤多属绝缘材
料，压力加大仍不能使接触变好，导致接触不良。

碳粒进入接点间（如图6所示）开始可能是断路状态，
经过一段时间电流又突然导通。炭燃烧引起继电器燃烧。曾
发生过由于炭粒燃烧引起继电器聚苯乙烯外壳起火事件。因
此要注意炭进入接点中间。

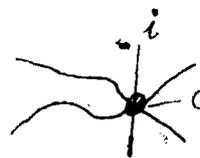


图6 炭粒对触点接触影响示意图

接点中间进入飞蛾的翅膀，羽毛根、烟草、手指甲、头
皮以及清凉饮料（汽水等）中的糖微粒，易粘入接点也易造

成故障。

密封继电器虽可以减少电空气带进来的尘埃。但用钽或铂触点制成的继电器在不工作时接点产生“褐色粉末”。当接点摩擦时有机气体长期与触点发生作用所产生褐色的有机聚合物的粉末。它的绝缘性不亚于外在原因产生的灰尘。密封性愈好，触点周围的有机蒸气也愈浓（主要由于继电器线圈在通过电流时发热产生的有机气体），由它产生大量褐色粉末将聚积在触点上。继电器通过防尘罩虽可以很大程度防止外在性灰尘，但继电器密封性愈好内在性尘埃可能要加剧。

双触点从结构设计上改善接触可靠性。触点对在空间位置，跟随行程的加大等都是提高触点可靠性措施，设计时应将尘埃影响降到最小。

继电器组装工作室及使用现场应防尘，室内不得吸烟、剪指甲、喝清凉饮料，搔头痒等。另外应改善外界自然环境。

尘埃密度增加，继电器的故障率也成正比的增大。下图所示特性曲线就是尘埃淀积对继电器触点故障率的影响。

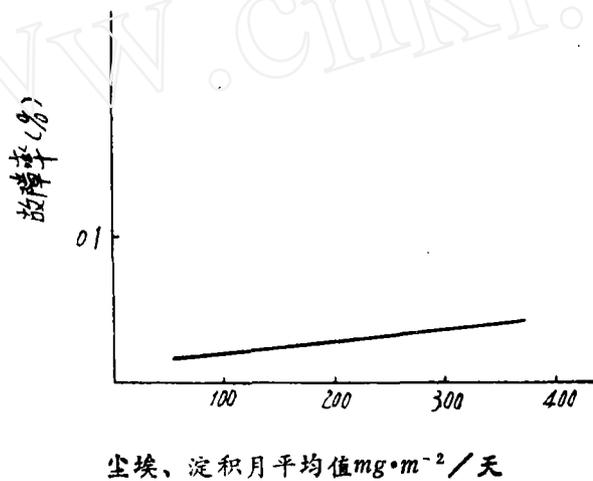


图7 尘埃淀积与继电器故障率关系

五、绿化可提高继电器的可靠性

绿化与继电器的可靠性表面上看风马牛不相及，其实不然。如果绿化工作搞得不好，树种选择得合理，可以改善继电器的工作环境。大气中由于工业气体污染，特别二氧化硫(SO_2)对继电器的银接点接触影响很大。而每Kg垂柳干叶的吸硫量为20—30g。每Kg悬铃木干叶吸硫量为20g，女贞为10—20g，刺槐为10—20g。在继电器车间及继电器工作室周围种植这类树木，可以改善提高继电器的工作环境条件，从而提高接触可靠性。

又如广叶杉、马尾松、梅柳，十大功劳，玉簪等植物对 SO_2 是很敏感的。如果周围种植这类敏感植物，可以通过观察定性了解大气中 SO_2 的含量。

绿化可以降低周围环境的温度。在屋前绿树遮阳处比远处无绿树遮阳处在7月上旬

下午2~3时炎热时温度要低 $4^{\circ}\sim 5^{\circ}\text{C}$ 。室内比室外阴处降温 $1^{\circ}\sim 2^{\circ}\text{C}$ 。所以绿化改善继电器之发热状态。

绿化对风沙有阻滞作用。绿化对风速及沙尘减少情况如图8a, b所示。

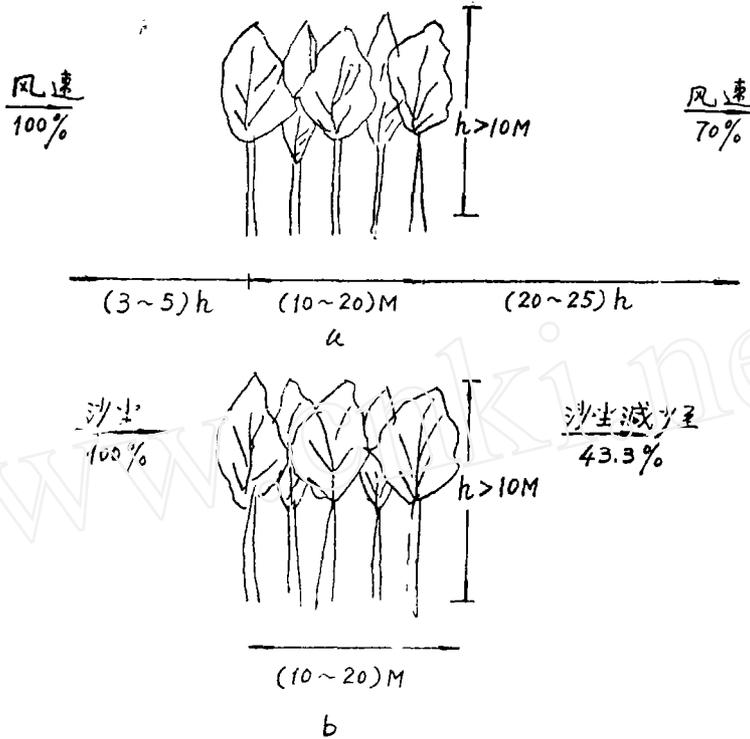


图8 绿化林带对风速及沙尘阻滞作用

1M^3 城市空气中含有5000万个微粒，绿化区内 1M^3 空气中只含200万个微粒。继电器组装及使用场所的室外应搞好绿化，多种吸附二氧化硫强的树木。同时灌木与乔木配搭好使它对尘埃的阻滞作用提高到最大限度。