

电容成像检测技术研究与分析

李晨¹，李振¹，毛冬麟¹，韩建庆²

1. 中国石油大学（华东），机电工程学院，黄岛区长江西路66号，青岛市，山东省，266580

2. 燕山大学，机械工程学院，河北大街西段438号，秦皇岛市，河北省，066004

引言：电容成像检测技术是一种新型的无损检测技术，它是利用一对共面电极板之间产生的准静态边缘电场对缺陷进行检测，电容成像探头的形状是成像性能的关键因素，据此设计了点对点三角形探头(A型)、边对边三角形探头(B型)、正方形探头(C型)和圆形探头(D型)，并利用 COMSOL Multiphysics® 对它们的性能进行分析。

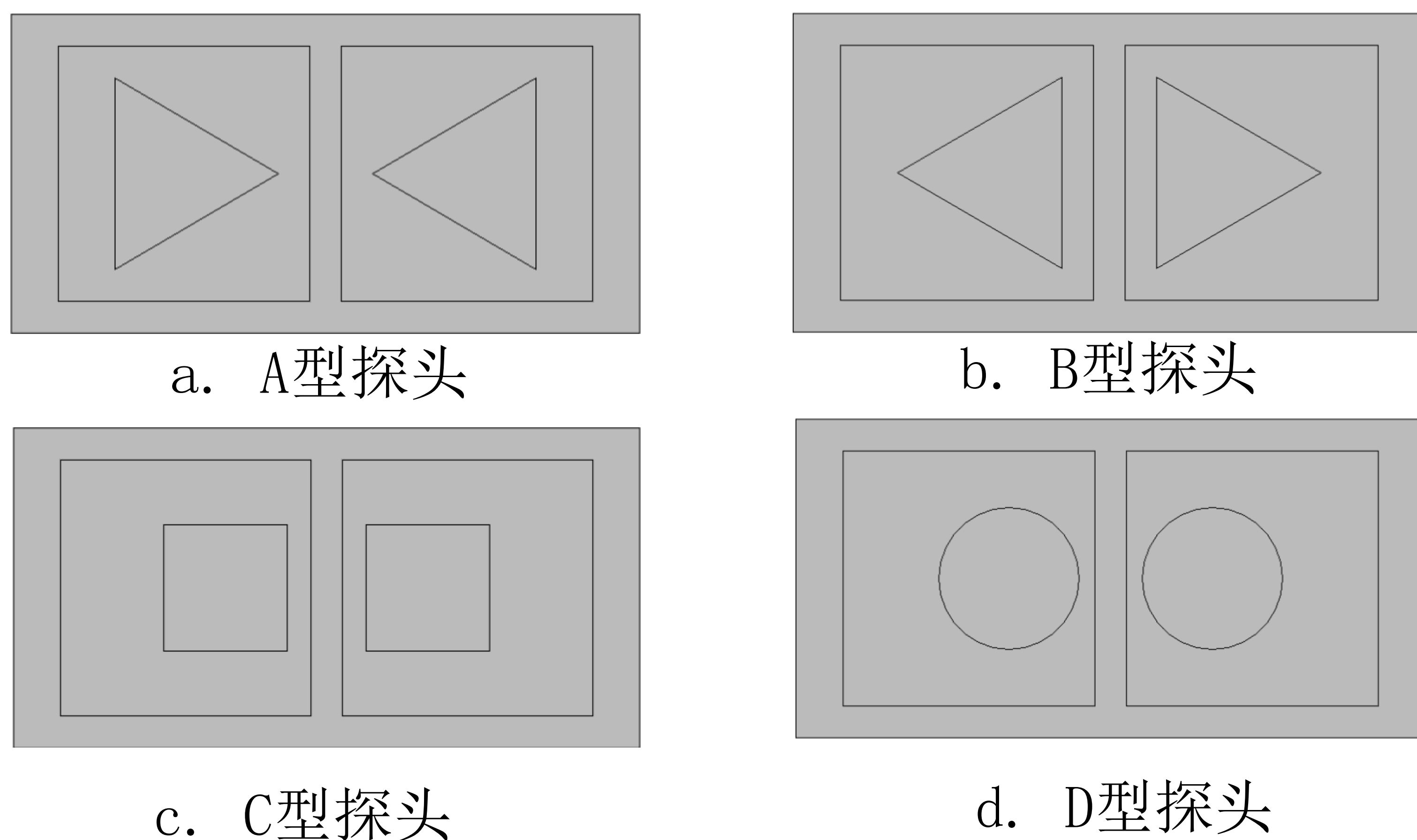


图 1. 四种电容成像探头结构图

计算方法：通过COMSOL Multiphysics软件的AC/DC模块对电容成像探头的电容值、电势分布和灵敏度进行研究。仿真中用到了“静电(es)”接口，涉及到的电磁学方程为：

$$\mathbf{E} = -\nabla V$$

$$\nabla \cdot (\epsilon_0 \epsilon_r \mathbf{E}) = \rho_v$$

$$\mathbf{n} \cdot \mathbf{D} = 0$$

结果：仿真得到了四种电容成像探头的电容值、电势分布和灵敏度分布图。

(1) 电容值

探头型号	A型	B型	C型	D型
电容值(PF)	0.92216	0.90740	0.79318	0.88014

表 1. 四种电容成像探头的电容值

(2) 电势分布图

通过对激励电极施加 1V 电压，得到了四种电容成像探头的电势分布图。

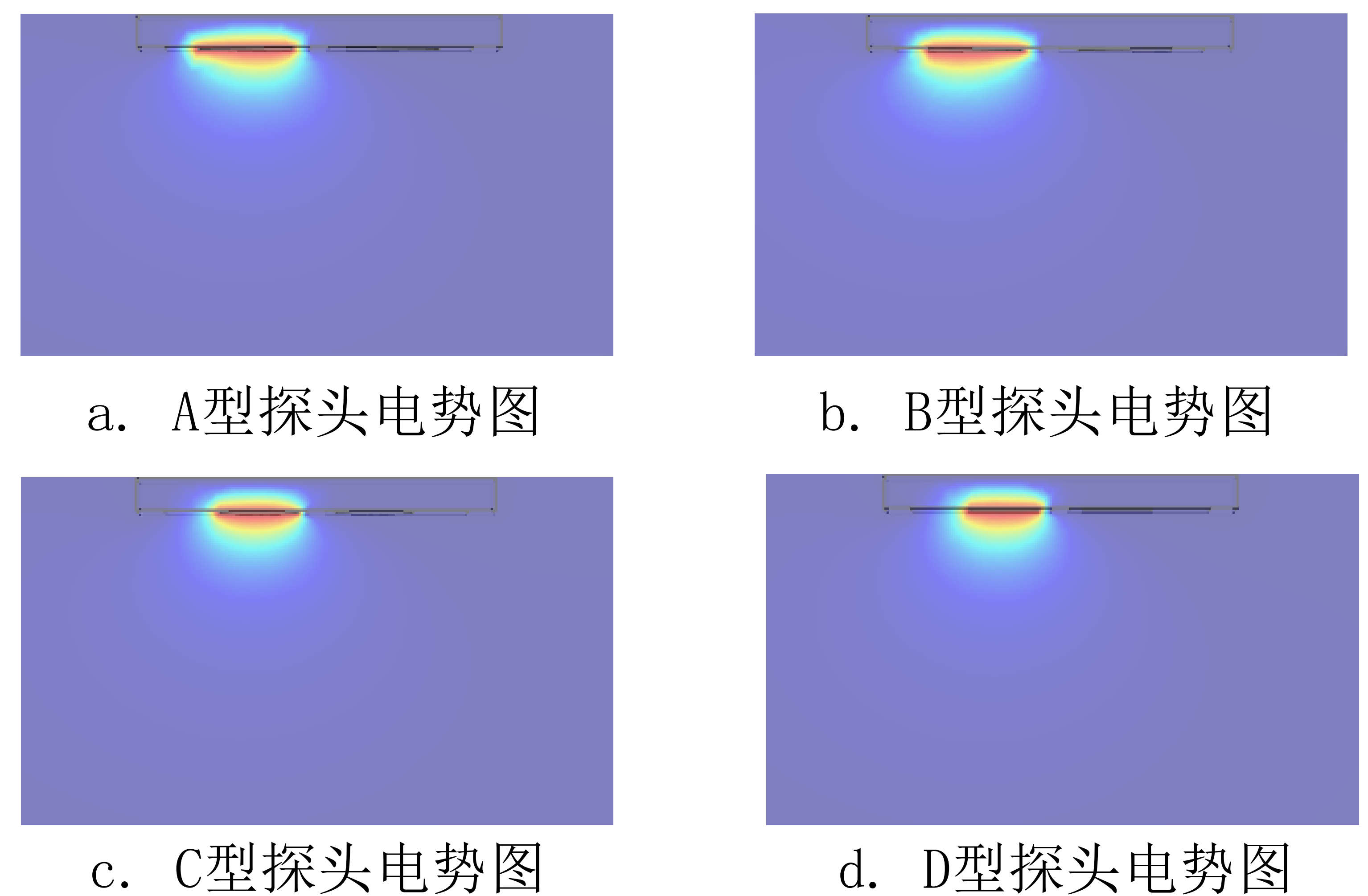


图 2. 四种电容成像探头电势图

(3) 灵敏度分布图

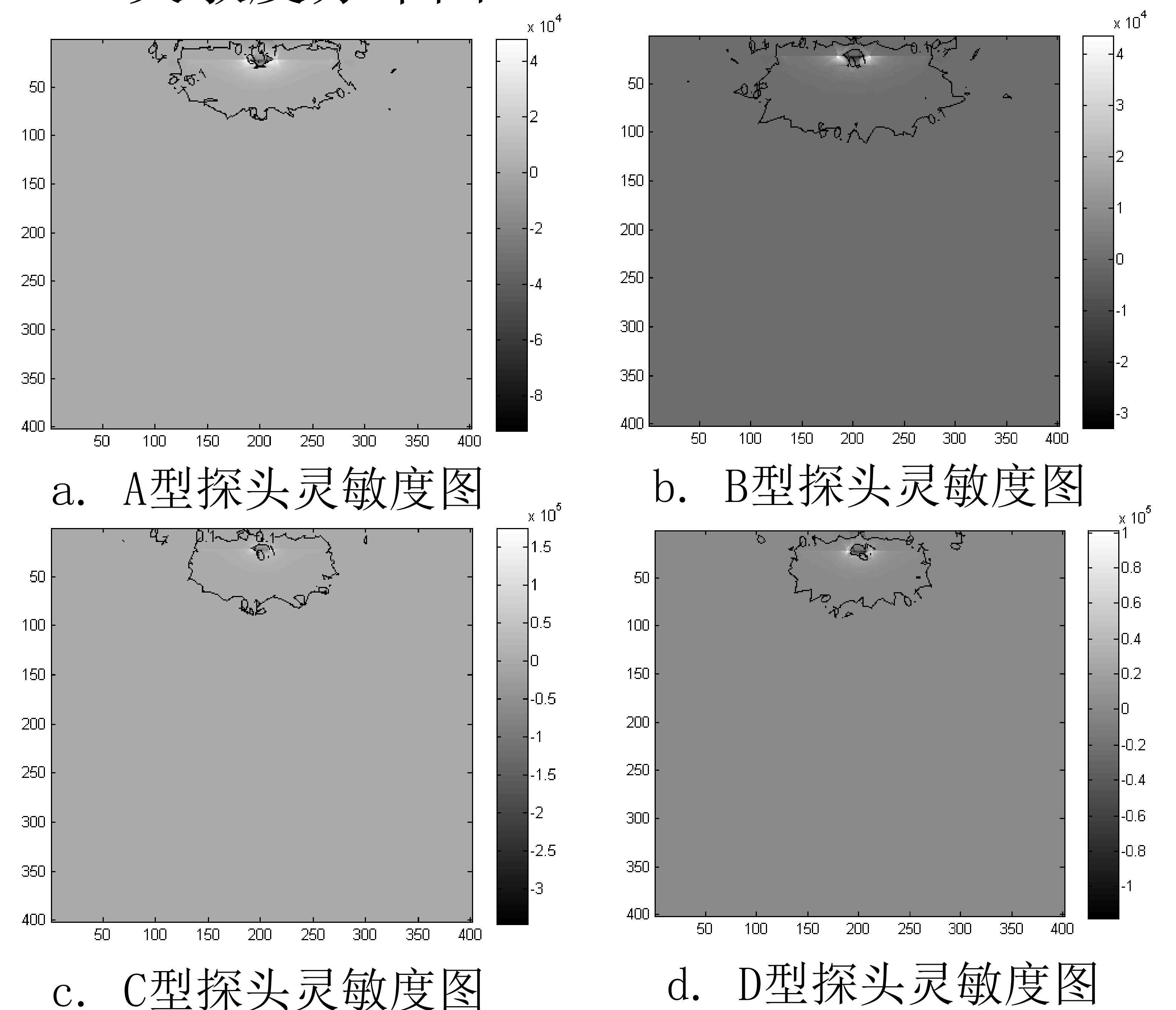


图 3. 四种电容成像探头灵敏度图

结论：电容成像探头的探测深度与灵敏度之间相互制约。在这四种电容成像探头中，点对点三角形探头的电容值最大，电势分布趋于集中，边对边三角形探头的灵敏度最高，根据对缺陷的检测要求不同，需选用不同的电容成像探头。

参考文献：

1. Yin X, Hutchins D A, Diamond G G, capacitive Imaging Technique for NDT[J]. The 37th Annual Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation(QNDE) conference, San Diego, 2010.