

The Application of Origin Function Plotting Software in the Production of X-ray Machine Exposure Curves

Qingjun Sheng

China Energy Engineering Group Hunan Thermal Power Construction Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410015, China

Abstract

As the usage time of each X-ray machine increases, its performance will change, resulting in the exposure curve being inconsistent with the one at the time of factory delivery. If the exposure curve at the time of factory delivery is still used to determine the radiographic parameters, it is possible that the film obtained will not meet the sensitivity and density requirements of the specifications and standards, which will affect the quality and efficiency of the inspection. Therefore, the exposure curve in use should be checked at least once a year. After the replacement of important components of the X-ray equipment or major repairs, the exposure curve should be checked or remade in a timely manner. During the verification process, the corresponding test blocks and films should be selected based on the actual inspection scenarios, and the operation should be strictly carried out in accordance with the established procedures to ensure the accuracy and reliability of the data, providing precise parameter references for the inspection work and ensuring the authenticity and validity of the non-destructive testing results.

Keywords

Exposure curve; X-ray machine; Origin function plotting software; Optical density; Verification

Origin 函数绘图软件在 X 射线机曝光曲线制作中的应用

盛青军

中国能源建设集团湖南火电建设有限公司, 中国·湖南长沙 410015

摘要

随着使用时间的延长, 每台 X 射线机的使用性能会发生变化, 导致曝光曲线与出厂时的曝光曲线不一致, 如果仍然按照出厂时的曝光曲线来确定透照参数, 那么有可能就得不到灵敏度、黑度符合规范、标准要求底片, 影响检测质量及效率。因此我们对使用中的曝光曲线, 每年应至少核查一次。射线设备更换重要部件或经较大修理后应及时对曝光曲线进行核查或重新制作。核查时需结合实际检测场景, 选用对应规格的试块与胶片, 严格按照既定流程操作, 确保数据准确可靠, 为检测工作提供精准的参数依据, 保障无损检测结果的真实性与有效性。

关键词

曝光曲线; X射线机; Origin函数绘图软件; 黑度; 核查

1 引言

X 射线机的曝光曲线能准确的、快速的指导射线检测人员去选择合适的曝光参数, 比如电压、曝光时间, 从而拍摄出符合标准要求的合格底片, 避免反复试验曝光参数而浪费时间。然而很多人只会使用曝光曲线, 却不知道如何去制作曝光曲线, 针对以此, 本文主要描述曝光曲线的制作步骤以及在获取曝光曲线的基础数据后通过 Origin 函数绘图软件进行曝光曲线的绘制。

2 曝光实验

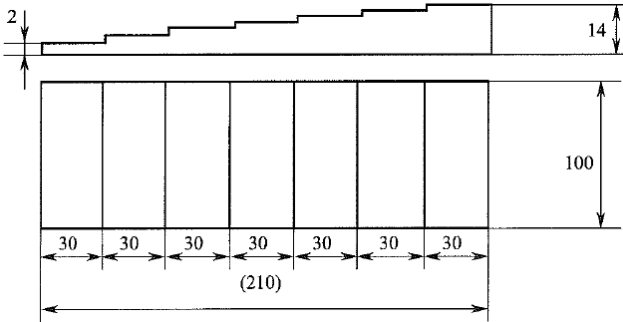
曝光曲线不是严格的理论曲线, 而是通过实验制作的实验曲线。以 X 射线 E-T 曝光曲线制作为例, 在管电压不变的条件下, $\lg E$ 和 T 近似成线性关系。用阶梯试块实现不同厚度 T 的透照, 同一管电压下不同曝光量曝光可得到一组底片, 选择某一特定黑度, 通过这组底片可得到特定黑度下不同厚度 T 所对应的曝光量 E , 各实验数据标注在对数坐标纸上便可得到一条曝光曲线, 改变管电压可以得到另一条曝光曲线。

曝光曲线是在机型、胶片、增感屏、焦距等条件一定的前提下, 通过改变曝光参数(固定电压“kV”、改变曝光量“mA·min”或固定曝光量“mA·min”、改变电压“kV”, 本文主要采用固定

电压“kV”、改变曝光量“mA·min”)透照由不同

【作者简介】盛青军(1985-), 男, 中国江西上饶人, 本科, 高级工程师, 从事火力发电厂金属监督, 无损检测与理化检测研究。

厚度组成的钢阶梯试块（见图 1），根据给定冲洗条件洗出的底片所达到某一基准黑度（本文实验过程中基准黑度取 2.5），来求得电压“kV”、曝光量“mA·min”、透照厚度 T 三者之间关系的曲线。具体实验步骤如下（以下文中描述的实验数据仅作范例使用，非真实数据）：



固定焦距 700mm，曝光量 15mA·min，选择电压 170kV，拍摄阶梯试块后获得一张底片，为了好区分不同电压下的拍摄的底片，我们可以在底片上贴铅字 17015（表示 170kV、15mA·min）；焦距、曝光量不变，选择电压 190kV，拍摄阶梯试块，获得一张底片，编号为 19015，焦距、曝光量不变，选择电压 210kV，拍摄阶梯试块，获得一张底片，编号为 21015；焦距、曝光量不变，选择电压 240kV，拍摄阶梯试块，获得一张底片，编号为 24015；测量不同厚度对应的黑度，绘制每一种电压下对应的 D-T 曲线，找出每一种电压下黑度 2.5 对应的透照厚度。相应的数据按下表 1 进行记录。

表 1 黑度 (D) 与厚度 (T) 关系曲线的数据记录表

管电压 /kV	底片黑度测量值			
	T	4	6	8
170	D	3.5	2	1.5
	T	6	8	10
190	D	3.5	2.5	1.8
	T	8	10	14
210	D	4	2.7	1.8
	T	14	16	18
240	D	3.8	2.2	1.5

备注：曝光量 15mA·min。

根据上表的数据，利用 Origin 函数绘图软件绘制 D-T 关系曲线，以 170kV 为例，绘制出来的曲线见图 2。从图 2 我们可以找出基准黑度 2.5 对应的透照厚度为 5mm，其他电压等级 190kV、210kV、240kV 均按照同样的方法绘制 D-T 曲线，然后找出基准黑度 2.5 对应的透照厚度。绘制步骤如下：

(1) 打开软件，点击新建 - 方案，出现一张表格，在表格 A 列 (X 轴) 依次输入上表中的透照厚度，在 B 列 (Y 轴) 分别输入上表中的，然后全选 A 列、B 列数据，按右键 - 绘图 - 特殊线条 / 符号 - 样条曲线图，即形成了横坐标为透照厚度，纵坐标为黑度的曲线图。

(2) 对曲线图设置纵坐标黑度刻度从 0 到 4.5，增量 0.5，

类型为线性；设置横坐标透照厚度从 4 到 20，增量 2（具体应覆盖表 1 里面的透照厚度最大值及最小值即可）。

(3) D-T 曲线图绘制完毕后，找到基准黑度 2.5，沿 X 轴绘制水平直线，在与曲线交点处找到对应的透照厚度。

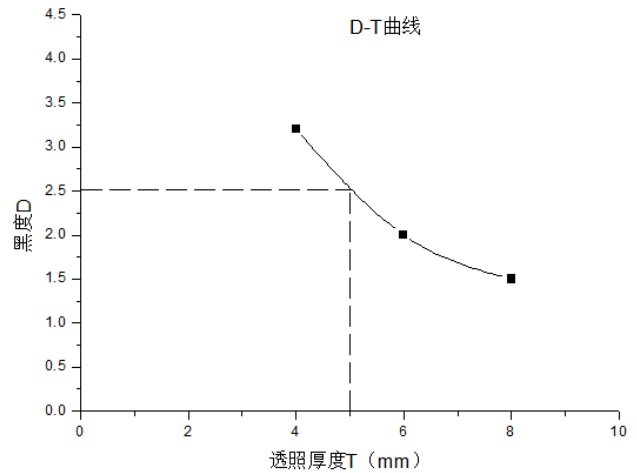


图 2 170kV D-T 曲线

固定焦距 700mm，曝光量 20mA·min，选择电压 170kV，拍摄阶梯试块后获得一张底片，编号 17020；焦距、曝光量不变，选择电压 190kV，拍摄阶梯试块，获得一张底片，编号为 19020，焦距、曝光量不变，选择电压 210kV，拍摄阶梯试块，获得一张底片，编号为 21020；焦距、曝光量不变，选择电压 240kV，拍摄阶梯试块，获得一张底片，编号为 24020；测量不同厚度对应的黑度，绘制每一种电压下对应的 D-T 曲线，找出每一种电压下黑度 2.5 对应的透照厚度（方法同 2.1）。

固定焦距 700mm，曝光量 25mA·min，选择电压 170kV，拍摄阶梯试块后获得一张底片，编号 17025；焦距、曝光量不变，选择电压 190kV，拍摄阶梯试块，获得一张底片，编号为 19025，焦距、曝光量不变，选择电压 210kV，拍摄阶梯试块，获得一张底片，编号为 21025；焦距、曝光量不变，选择电压 240kV，拍摄阶梯试块，获得一张底片，编号为 24025；测量不同厚度对应的黑度，绘制每一种电压下对应的 D-T 曲线，找出每一种电压下黑度 2.5 对应的透照厚度（方法同 2.1）。

按照以上步骤，所测数据汇总在一起如下表 2：

表 2：不同电压、不同曝光量下 D=2.5 对应的透照厚度

电压 \ E	E		
	15mA·min	20mA·min	25mA·min
170kV	5mm	10mm	13mm
190kV	9mm	13mm	16mm
210kV	12mm	16mm	19mm
240kV	15mm	20mm	23mm

3 绘制曝光曲线

根据上表的实验数据，我们采用 Origin 函数绘图软件来绘制曝光曲线，具体步骤如下：

打开软件，点击新建 - 方案，出现一张表格，在表格 A 列（X 轴）依次输入上表中的透照厚度，在 B 列（Y 轴）分别输入曝光量 15、20、25，然后全选 A 列、B 列数据，按右键 - 绘图 - 散点，即形成了横坐标为透照厚度，纵坐标为曝光量的散点图。

对散点图设置纵坐标曝光量刻度从 1 到 50，增量 1，类型 Log10；设置横坐标透照厚度从 4 到 44，增量 2。

纵坐标添加文字 $\lg E$ (mA · min)，每个刻度标注文字；横坐标添加文字透照厚度 T_A (mm)；图形中合适位置添加文字（设备型号、设备编号、胶片类型、增感屏、焦距、显影、黑度、实验人、制图人、实验日期等）；图形表头添加文字“X 射线机曝光曲线图”。

用直线分别连接 170kV、190kV、210kV、240kV 对应的三个散点，尽量使直线均匀分布在三点之间，每条曲线外侧添加对应的电压数字，用直线把图形的上侧及右侧连接起来。

在做完数据输入与初步散点图绘制工作后，接下来需对图形进行精细的格式调整与信息标注，从而保证曝光曲线既契合行业规范，又具备上佳的可读性与美观度。

纵坐标轴（曝光量 E）于 Origin 里双击纵坐标轴，开启“Axis Setup”对话框，在“Scale”选项卡之处，把“Type”设定为“Log10”，如此曝光量便会以常用对数（ $\lg E$ ）形式呈现，符合射线检测行业的标准表达方法。将“From”设定为 1，“To”设成 50，把“Major Tick”设定为 10，把“Minor Tick”设定为 2，这般不仅可以囊括本实验的所有曝光量数据，又为未来也许的扩充数据留出余地，在“Title & Format”选项卡处，录入轴标题“ $\lg E$ (mA · min)”，并且把字体设置成 Arial，加粗。

水平坐标轴（透照厚度 T）快速双击水平坐标轴，在“Scale”选项卡之中把“Type”设定成“Linear”，范围“From”设定为 4，“To”设成 44，“Major Tick”设成 4，“Minor Tick”设为 2，在“Title & Format”选项卡处录入标题“透照厚度 T (mm)”，字体依旧为 Arial，加粗。

曲线描绘与分组操作里，选定散点图，点击菜单栏“Analysis” → “Fitting” → “Fit Linear”，分别对 170kV、190kV、210kV、240kV 三组数据实施线性拟合。

拟合结束之后，Origin 会自动创建四条拟合直线，且在图里展示方程与相关系数 R^2 ，为提升专业水准，可双击每条拟合直线，把线条颜色分别设定为蓝、红、绿、紫，并

且把线条宽度加粗至 1.5 磅。

在每条曲线侧边添加相应的电压标注，像“170kV”，字体采用 Arial，颜色与线条一样。

在图形左上角增添文本框，输入检测条件资料，这些资料是曝光曲线有效性的关键凭证，一定完整、精准。

打开网格线功能，快速点击图形空白区域，在“Grid Lines”选项页面中选中“Horizontal Major”与“Vertical Major”，将线型设置成细虚线，颜色浅灰。

具体呈现效果如下图 3。

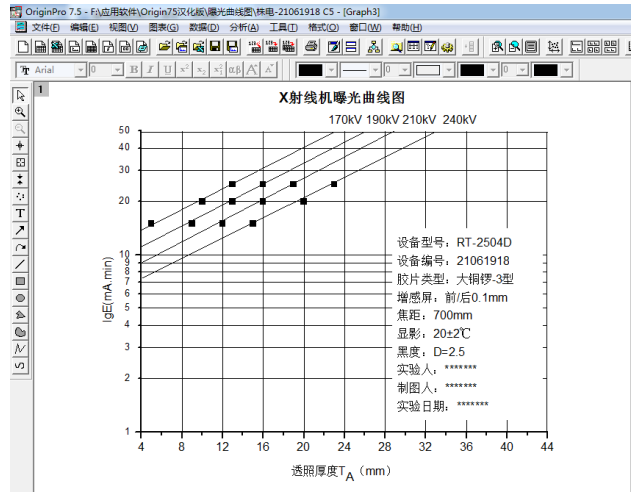


图 3 曝光曲线在 Origin 函数绘图软件中的呈现效果

如需打印曝光曲线，在完成上图后，把表格里面的数据全部删除，则呈现的图形就没有散点了。然后点击打印即可（或者打印成 PDF 文档另存）

4 结语

曝光曲线的曝光量（纵坐标）是 Lg_{10} 量值，Origin 函数绘图软件刚好具备这个功能，非常适合处理曝光曲线中透照厚度与曝光量的对应关系，操作简单，绘制的曲线一目了然。同时 Origin 函数绘图软件能绘制 D-T 关系曲线图，为曝光曲线提供了基准黑度下对应的透照厚度。

参考文献

- [1] 翟玉涛. 基于LISP语言对CAD绘图软件的二次开发[J]. 煤炭与化工, 2024, 47(10): 54-58. DOI: 10.19286/j.cnki.cci.2024.10.012.
- [2] 张平, 刘牧星, 徐飞. 基于GMT脚本的AMT数据曲线图批量绘制方法与应用研究[J]. 矿产勘查, 2024, 15(07): 1238-1244. DOI: 10.20008/j.kkcc.202407011.
- [3] 扈昕宇. 基于支架式教学模式的GeoGebra软件辅助高中物理运动学教学的研究[D]. 青海师范大学, 2023. DOI: 10.27778/d.cnki.gqhzy.2023.000733.