

工業 X 射綫 探傷基礎

龔再仲、廖少蓀編著

機械工業出版社

工業X射綫探伤基础

龔再仲、廖少葆編著



机械工業出版社

1957

出版者的話

X射綫探伤法是材料和机器零件無損檢驗方法之一。这种方法在机器制造業和其他工業部門的应用日益广泛。

为了使讀者能对X射綫探伤工作有一个較全面的了解，以便作为实际开展X射綫探伤工作的基础，中国科学院机械电机研究所編写了「工業X射綫探伤講义」，供有关工作人員参考，并在此講义的基础上由龔再仲、廖少葆兩同志加以整理而成此書。

本書內容包括X射綫探伤的原理、裝置和方法。書中除了对上列各項作了一般地介紹之外，同时还重点地介紹了几种國內常用的X射綫探伤設備和最常应用的照像方法以及目前国外在X射綫探伤方法上的新趨勢，如光敏半导体成像記錄法、快速X射綫照像法和高能X射綫探伤法。最后还討論了X射綫探伤在工業上的应用和X射綫的防护問題。

本書的編写是考慮到理論和实际的結合，但偏重于实用技术，适于有关工程技術人員参考，也可供大專学生参考。

NO. 1401

1957年7月第一版 1957年7月第一版第一次印刷

850×1168^{1/32} 字数 245 千字 印張 9^{11/16} 0,001— 1,800 册

机械工業出版社(北京东交民巷 27 号)出版、

机械工業出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 号

定价(10) 1.80 元

前 言

本書是在「工業X射綫探傷講義」的基礎上加以整理編寫而成，原講義曾經過兩次編寫，作為中國科學院機械電機研究所召開的「X射綫探傷學習會」教學之用。由於以前的油印本所存不多，遠不敷有關單位的需要，因此我們決定在原講義的基礎上重加整理，刪去一部分不必要的內容，再添入一部分新的材料，公開出版，作為大學有關專業學生和工業部門有關工程技術人員參考之用，以及X射綫探傷工作者學習之用。

本書主要討論了X射綫探傷原理、裝置和方法，在探傷方法中重點討論了照相法，而對螢光觀察法和電離探測法只作了簡要的敘述，又對一些新的方法作了一般的介紹。這些內容的構成，主要是參考國外有關書籍和雜誌，再通過我們的經驗，根據需要情況加以整理而來。在有些章節中是綜述的，有些是節譯的，因此這本書是否合乎要求，或其中存有錯誤之處，尚希讀者多加指正。

本書在这次編寫中，第二、三、十六、十八、二十章是由龔再仲同志負責，第九、十、十二、十七章由龔再仲、廖少葆兩同志負責，其餘各章由廖少葆同志負責。全書總的編排由廖少葆同志負責，最後由龔再仲、廖少葆、朱雲青三同志校閱；其次在本書中的照片攝制方面由朱雲青同志負責完成，在繪圖方面，丁安華同志也盡了很大的努力。

在以往幾次講義編寫過程中，韓朔、毛振琮、龔堯圭、黃本立等同志以及其他有關同志曾予以協助並供給我們一部分資料，在此一併致謝。

編 者

目 录

前言	7
第一章 緒論	9
第二章 X射綫及其發生	14
1 X射綫及其性質概述	14
2 連續X射綫	16
3 标識X射綫	21
第三章 X射綫的減衰	25
1 X射綫的吸收与散射	25
2 X射綫的減衰律	29
3 減衰系数及其計算	31
第四章 X射綫管	42
1 X射綫管的兩种基本类型	42
2 X射綫管的陰極	43
3 X射綫管的陽極	44
4 X射綫管的焦点	47
5 X射綫管的眞空度	50
6 X射綫管的特性	51
7 X射綫管的保护罩	54
8 X射綫管的冷却系統	55
第五章 X射綫裝置的高电压發生設備	57
1 無高压整流管的半波自整流綫路	57
2 有高压整流管的半波整流綫路	58
3 四个高压整流管的桥式全波整流綫路	58
4 具有脉动电压的倍压綫路	59
5 具有恒定电压的倍压綫路	61
6 高电压發生器的結構	62
7 主要变压器	64
8 高压整流管	68

9 加热变压器	70
10 高压电容器	72
11 高压電纜	73
12 X 射綫管陽極電流的測定	76
13 高電壓的測定	77
第六章 X 射綫裝置的操縱台	80
1 電壓的調整設備	80
2 X 射綫管和整流管的加熱調整設備	84
3 開關設備	84
4 時間控制器	87
5 電壓穩定器	88
6 保護設備	90
7 X 射綫裝置的電源	93
第七章 常用的幾種工業X射綫探傷裝置	94
1 蘇聯出品的PVII-1M2 型工業用X射綫探傷裝置	94
2 捷克出品的 MAKROPHOS 250 型工業X射綫探傷裝置	98
3 匈牙利出品的 M3V 型工業X射綫探傷裝置	101
第八章 X 射綫照相方法	103
1 決定照相的部位和編號	103
2 照相方法的選定	107
第九章 軟片的攝影作用	120
1 軟片及其攝影作用	120
2 照相底片的攝影密度	123
3 軟片的特性曲綫	126
第十章 螢光作用與增感作用	137
1 螢光現象與螢光物質	137
2 螢光增感	138
3 增感屏的選用	142
第十一章 曝光條件的有關因素	148
1 X 射綫的硬度	148
2 X 射綫的曝光量	151
3 散射綫	154

4 照相方法的灵敏度	157
5 曝光曲線的制作	165
第十二章 軟片的暗室处理	169
1 显影作用和显影剂	169
2 定影作用和定影剂	180
3 底片的水洗和干燥	184
4 軟片的儲存	186
第十三章 X射綫底片上缺陷影像的辨認和推断	188
1 实际缺陷和其在X射綫底片上的影像	188
2 在鑄件的X射綫檢查中常發現的几种缺陷	190
3 在焊件的X射綫檢查中常發現的几种缺陷	198
4 銅鉛合金軸承中的几种缺陷	203
5 X射綫底片上的伪缺陷	205
6 缺陷位置的測定	209
7 板的厚度測定	212
8 X射綫透照結果的推断	213
第十四章 高能X射綫探伤	219
1 高能X射綫的特性	219
2 共振变压器式高能X射綫裝置	224
3 靜电起电机式的X射綫裝置	228
4 电子迴旋加速器式X射綫裝置	230
第十五章 快速的X射綫照相	234
1 脉冲电流X射綫透視照相	234
2 活动影像的X射綫照相	236
第十六章 螢光观察法	238
1 螢光屏直接观察法	238
2 电子螢光观察法	246
第十七章 电离探测法	250
1 X射綫的电离作用与电离探测仪	250
2 X射綫的剂量單位及其測量	254
3 缺陷与厚度的电离探测法	257
第十八章 光敏半导体成像記錄法	261

1 光敏半导体成像记录的简要原理.....	261
2 半导体静电图形法.....	262
3 光敏半导体电视成像法.....	270
第十九章 X射线探伤在工业上的应用	272
1 X射线探伤的目的	272
2 X射线探伤的用途	279
第二十章 X射线的防护	287
1 X射线对人体的影响.....	287
2 人体对X射线的容许剂量.....	288
3 防护方法与防护材料.....	290
4 防护检查.....	297
第二十一章 X射线探伤试验室	290
1 试验室的建立.....	290
2 X射线探伤的记录档案	303
参考文献	310

工業X射綫探伤基础

龔再仲、廖少葆編著



机械工業出版社

1957

出版者的話

X射綫探伤法是材料和机器零件無損檢驗方法之一。这种方法在机器制造業和其他工業部門的应用日益广泛。

为了使讀者能对X射綫探伤工作有一个較全面的了解，以便作为实际开展X射綫探伤工作的基础，中国科学院机械电机研究所編写了「工業X射綫探伤講义」，供有关工作人員参考，并在此講义的基础上由龔再仲、廖少葆兩同志加以整理而成此書。

本書內容包括X射綫探伤的原理、裝置和方法。書中除了对上列各項作了一般地介紹之外，同时还重点地介紹了几种國內常用的X射綫探伤設備和最常应用的照像方法以及目前国外在X射綫探伤方法上的新趨勢，如光敏半导体成像記錄法、快速X射綫照像法和高能X射綫探伤法。最后还討論了X射綫探伤在工業上的应用和X射綫的防护問題。

本書的編写是考慮到理論和实际的結合，但偏重于实用技术，适于有关工程技術人員参考，也可供大專学生参考。

NO. 1401

1957年7月第一版 1957年7月第一版第一次印刷

850×1168^{1/32} 字数 245 千字 印張 9^{11/16} 0,001— 1,800 册

机械工業出版社(北京东交民巷 27 号)出版、

机械工業出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 号

定价(10) 1.80 元

目 录

前言	7
第一章 緒論	9
第二章 X射綫及其發生	14
1 X射綫及其性質概述	14
2 連續X射綫	16
3 标識X射綫	21
第三章 X射綫的減衰	25
1 X射綫的吸收与散射	25
2 X射綫的減衰律	29
3 減衰系数及其計算	31
第四章 X射綫管	42
1 X射綫管的兩种基本类型	42
2 X射綫管的陰極	43
3 X射綫管的陽極	44
4 X射綫管的焦点	47
5 X射綫管的眞空度	50
6 X射綫管的特性	51
7 X射綫管的保护罩	54
8 X射綫管的冷却系統	55
第五章 X射綫裝置的高电压發生設備	57
1 無高压整流管的半波自整流綫路	57
2 有高压整流管的半波整流綫路	58
3 四个高压整流管的桥式全波整流綫路	58
4 具有脉动电压的倍压綫路	59
5 具有恒定电压的倍压綫路	61
6 高电压發生器的結構	62
7 主要变压器	64
8 高压整流管	68

9 加热变压器	70
10 高压电容器	72
11 高压电纜	73
12 X 射綫管陽極电流的測定	76
13 高电压的測定	77
第六章 X 射綫裝置的操縱台	80
1 电压的調整設備	80
2 X 射綫管和整流管的加热調整設備	84
3 开关設備	84
4 時間控制器	87
5 电压稳定器	88
6 保护設備	90
7 X 射綫裝置的电源	93
第七章 常用的几种工業X射綫探伤裝置	94
1 苏联出品的PVII-1M2 型工業用X射綫探伤裝置	94
2 捷克出品的 MAKROPHOS 250 型工業X射綫探伤裝置	98
3 匈牙利出品的 M3V 型工業X射綫探伤裝置	101
第八章 X 射綫照相方法	103
1 决定照相的部位和編号	103
2 照相方法的选定	107
第九章 軟片的攝影作用	120
1 軟片及其攝影作用	120
2 照相底片的攝影密度	123
3 軟片的特性曲綫	126
第十章 螢光作用与增感作用	137
1 螢光現象与螢光物質	137
2 螢光增感	138
3 增感屏的选用	142
第十一章 曝光条件的有关因素	148
1 X 射綫的硬度	148
2 X 射綫的曝光量	151
3 散射綫	154

4 照相方法的灵敏度	157
5 曝光曲線的制作	165
第十二章 軟片的暗室处理	169
1 显影作用和显影剂	169
2 定影作用和定影剂	180
3 底片的水洗和干燥	184
4 軟片的儲存	186
第十三章 X射綫底片上缺陷影像的辨認和推断	188
1 实际缺陷和其在X射綫底片上的影像	188
2 在鑄件的X射綫檢查中常發現的几种缺陷	190
3 在焊件的X射綫檢查中常發現的几种缺陷	198
4 銅鉛合金軸承中的几种缺陷	203
5 X射綫底片上的伪缺陷	205
6 缺陷位置的測定	209
7 板的厚度測定	212
8 X射綫透照結果的推断	213
第十四章 高能X射綫探伤	219
1 高能X射綫的特性	219
2 共振变压器式高能X射綫裝置	224
3 靜电起电机式的X射綫裝置	228
4 电子迴旋加速器式X射綫裝置	230
第十五章 快速的X射綫照相	234
1 脉冲电流X射綫透視照相	234
2 活动影像的X射綫照相	236
第十六章 螢光观察法	238
1 螢光屏直接观察法	238
2 电子螢光观察法	246
第十七章 电离探测法	250
1 X射綫的电离作用与电离探测仪	250
2 X射綫的剂量單位及其測量	254
3 缺陷与厚度的电离探测法	257
第十八章 光敏半导体成像記錄法	261

1 光敏半导体成像记录的简要原理	261
2 半导体静电图形法	262
3 光敏半导体电视成像法	270
第十九章 X射线探伤在工业上的应用	272
1 X射线探伤的目的	272
2 X射线探伤的用途	279
第二十章 X射线的防护	287
1 X射线对人体的影响	287
2 人体对X射线的容许剂量	288
3 防护方法与防护材料	290
4 防护检查	297
第二十一章 X射线探伤试验室	290
1 试验室的建立	290
2 X射线探伤的记录档案	303
参考文献	310

前 言

本書是在[工業X射綫探伤講義]的基礎上加以整理編写而成,原講義曾經過兩次編写,作为中国科学院机械电机研究所召开的[X射綫探伤學習会]教学之用。由于以前的油印本所存不多,远不敷有关單位的需要,因此我們决定在原講義的基礎上重加整理,删去一部分不必要的內容,再添入一部分新的材料,公开出版,作为大学有关專業学生和工業部門有关工程技術人員参考之用,以及X射綫探伤工作者學習之用。

本書主要討論了X射綫探伤原理、裝置和方法,在探伤方法中重点討論了照相法,而对螢光观察法和电离探測法只作了簡要的叙述,又对一些新的方法作了一般的介紹。这些內容的構成,主要是参考国外有关書籍和杂志,再通过我們的經驗,根据需要情况加以整理而来。在有些章节中是綜述的,有些是节譯的,因此這本書是否合乎要求,或其中存有錯誤之处,尚希讀者多加指正。

本書在这次編写中,第二、三、十六、十八、二十章是由龔再仲同志負責,第九、十、十二、十七章由龔再仲、廖少葆兩同志負責,其余各章由廖少葆同志負責。全書总的編排由廖少葆同志負責,最后由龔再仲、廖少葆、朱云青三同志校閱;其次在本書中的照片攝制方面由朱云青同志負責完成,在繪圖方面,丁安华同志也尽了很大的努力。

在以往几次講義編写过程中,韓朔、毛振琮、龔堯圭、黃本立等同志以及其他有关同志曾予以协助并供給我們一部分資料,在此一并致謝。

編 者

第一章 緒論

1895年11月德国渥茨堡大学教授倫琴 (Röntgen) 在研究陰極射綫时,發現了一種新的不可見的射綫,它能透過人手而使在塗有鉑氰化鋇的紙板上顯出手骨的螢光影像。当时对这种射綫的性質还不清楚,倫琴就称其为 [X 射綫]。現在英美等国仍用此名,而在苏联、德国等国則称为 [倫琴射綫]。

此射綫發現不久后,即用在医疗的簡單診斷上,也用在一些特殊的非金屬制品的鑒別上。因为当时 X 射綫管只是冷陰極的,电压使用得低,所發生的射綫波長很長,穿透力很小,所以使用的範圍很有限。但当热陰極 X 射綫管發明后,在 X 射綫管兩端可加上高电压,这就將其使用範圍扩大到工業产品上。此后世界上工業先进的国家都逐漸使用,苏联是首先利用在航空工業上。在这段時間里經過苏联学者和工程師們在研究和推广上不断的努力,現在苏联在有关工厂里都已普遍地使用了这种射綫来探伤。在英美等資本主义国家也不断地設計出各种 X 射綫探伤裝置及其有关設備,大多成立了專門学会和發表不少的資料。而我国在解放前,由于工業落后,这种技术是完全沒有基础的。在解放后,随着国民經济建設迅速的發展,对 X 射綫探伤的要求也提到一定的程度。为此,中国科学院机械电机研究所曾举办了兩次 X 射綫探伤學習会,邀請全国有关工業部門試驗所、工厂和有关学校来参加,以便全面地推广此項技术,并与有关單位建立經常的直接联系。几年来經過各方面共同努力,現在我国很多有关工厂和試驗室以及有关学校都建立起 X 射綫探伤試驗室,并且在某些方面已取得很好的成就。有些工業部門組成了 X 射綫探伤工作組,直接下厂協助工厂建立試驗室,制定工作方法和制度,已取得了显著的成果。尤其是在配合焊接方面更为突出,不但建立了焊接 X 射綫探伤方法,而