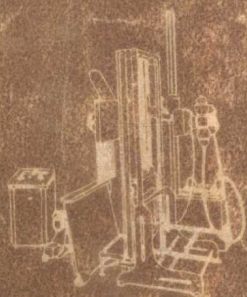


X綫机的維護与檢修

林堯喜編



科学技術出版社

X綫机的維護与檢修

林 堯 喜 編

科 学 技 術 出 版 社

內 容 提 要

本書用簡明的方式介紹X射綫機的構造，并從一般的設備說明使用及保養X射綫機的方法，最後經檢查X綫機的方法，逐一分析X射綫故障和修理方法。

本書供使用和修理X綫機的工作人員參考之用。

X綫機的維護與檢修

編 者 林 堯 喜

*

科 學 技 術 出 版 社 出 版

(上海建國西路336弄1號)

上海市書刊出版業營業許可証出〇七九號

上海新華印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書號: 15119·433

開本 850×1168 1/32 · 印張 4 1/4 · 字數 102,000

一九五六年十二月第一版

一九五六年十二月第一次印刷 印數 1—4,000

定價: (10) 七角五分

前 言

近年来，X綫診斷学和治疗法随着医学的进步而有了迅速的发展。一般X光工作者除在机械的使用方面外，还感觉需要掌握X綫机的構造、維護和檢修的常識。同时一般从事修理X綫机的技术人員也常感觉需要一些实用的参考資料。

本書用簡明的方式，同时避免电气工程方面較深的理論，为从事維護与修理X綫机的同志們提供一些实用的方法和技术。

X綫机技术原理涉及的面很广，本書只就应用方面的一般知識作簡單的介紹。虽然如此，总难免有許多缺点，希望讀者多多批評。

在編写过程中，承严家瑩、孙德培、梁觀祥、刘育民、郑昭荣、盧執誼同志等的鼓励、指导和帮助，特致衷心的謝意。

林堯喜

1956 年 6 月

目 录

第一章 X綫管球的構造和应用原理1

- | | |
|---------------------|--------------------|
| 1. X射綫的性質1 | 6. 热量的积存問題6 |
| 2. X射綫是怎样产生的1 | 7. X綫管的規格7 |
| 3. X綫管球的構造2 | 8. 焦点投影問題9 |
| 4. X綫管的冷却装置4 | 9. X綫管的防护设备9 |
| 5. 阳极耐热量5 | 10. X綫管的故障12 |

第二章 X綫管供电装置15

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 1. 电源变压器和引入綫15 | 6. X綫管电流稳定器24 |
| 2. 安全熔絲与过载断路器16 | 7. 高压负波抑降器24 |
| 3. 油浸开关18 | 8. X綫管电流限制电路25 |
| 4. 电压調节法19 | 9. 使用三相电源的X綫机25 |
| 5. 电压稳定设备21 | |

第三章 自整流式X綫机的基本电路說明27

- | | |
|------------------------|-----------------------------|
| 1. 自整流式的基本电路27 | 4. 較完备的自整流式X綫机31 |
| 2. 自整流式电路的优缺点28 | |
| 3. 可調节的自整流式X綫机30 | 5. 一个代表性的双焦点自整流式X綫机33 |

第四章 X綫机电压和电流的調节36

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| 1. 高压变压器36 | 影响42 |
| 2. 高压电纜37 | 6. 摄影用毫安值預示法42 |
| 3. 高压变压器內的电压降38 | 7. 高压变压器位移电 的抵消46 |
| 4. 灯絲加热和对X綫管电流的影响40 | 8. 毫安計的突波防护电路48 |
| 5. 高压对于X綫管电流的 | |

第五章 X綫机曝光的定时裝置.....49

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1. 手持式定时器.....49 | 4. 閘流管定时器.....53 |
| 2. 同步电动机定时器.....50 | 5. 光电管定时器.....57 |
| 3. 电子定时器.....50 | 6. 其他类型的定时器.....61 |

第六章 X綫机高压整流电路.....62

- | | |
|------------------|------------------------------|
| 1. 半波整流.....62 | 7. 机械整流.....67 |
| 2. 全波整流.....63 | 8. 氧化銅整流.....68 |
| 3. 半波倍压整流.....64 | 9. 电容器放电式X綫机.....69 |
| 4. 全波倍压整流.....65 | 10. 三相整流电路.....70 |
| 5. 三倍倍压整流.....66 | 11. 关于整流設備的一些注
意事項.....71 |
| 6. 其他倍压电路.....66 | |

第七章 X綫机的檢查与維護.....72

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| 1. 檢查X綫机的一般常識.....72 | 8. 可动机械裝置情况的檢
查.....82 |
| 2. 檢修設備.....74 | 9. 固定裝置情况的檢查.....83 |
| 3. 檢查的项目.....76 | 10. X綫机的維護与使用.....86 |
| 4. 檢查高压变压器初級电
流.....76 | 11. X綫机檢查表.....89 |
| 5. 檢查灯絲最高电流.....77 | 12. X綫攝影計劃書.....91 |
| 6. 檢查突波电阻器.....79 | 13. X綫机修理計劃書.....92 |
| 7. 檢查定时器.....80 | |

第八章 X綫机的故障与修理.....93

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| 1. 无X射綫.....93 | 断开.....101 |
| 2. 偶通偶断.....97 | 7. 机械损坏.....102 |
| 3. 高压不能照常控制.....98 | 8. X綫量不足.....102 |
| 4. 不正常的声响或臭味.....100 | 9. 時間不准确.....102 |
| 5. 麻手, 电击.....101 | 10. 各仪表的故障.....105 |
| 6. 熔絲熔断或安全断路器 | 11. X綫管内故障的征狀.....106 |

第九章 X綫机的附属裝置.....109

- | | |
|---------------------|--------------------------------|
| 1. 濾綫器.....109 | 3. 点片攝影(即重复腸胃
攝影)設備.....111 |
| 2. 立体攝影机械設備.....111 | |

目 录

- | | |
|------------------|------------------|
| 4. 記波撮影113 | 5. 断层撮影114 |
|------------------|------------------|

附 录

- | | |
|---|--|
| 1. 用單相火表測量三相电力的接法与讀法115
2. 仪表的类型与配用法115
3. 电压、电流、电阻及电力关系一覽表118
4. 变压器真空烘干法118
5. 变压器油的檢驗与处理 118
6. 管电流預測表格 (供自行繪制曲綫用).....120
7. X綫机机械故障便查表 123
8. 苏联制造的X射綫管規格表..... 124
9. 診斷用X綫管(遮蔽式) 126 | 10. 美国馬其来厂高功率整流管規格表126
11. 日本制整流管的最大使用規格127
12. 診斷用シンレツクス“クソリフヂ”管最大使用規格128
13. 英国拉莫得厂X綫管規格表129
14. 美国馬其来厂X綫管規格表130
15. 美国奇昇厂X綫管規格表131 |
|---|--|

第一章

X 綫管球的構造和应用原理

1. X 射綫的性質

X射綫是电磁波的一种，波長由 10^{-7} 至 10^{-8} 厘米，速度与可視光綫同样是 3×10^{10} 厘米/秒。X射綫象普通光綫一样，能影响照相影片，但能透过普通光綫所不能射透的物体。X射綫能象阴极射綫一样在某些物体上产生荧光，而又不象阴极射綫一样受磁場的影响。当X射綫透过物体时，其一部分“能”因受到种种程度的吸收及二次射綫的散射而损失，所以透过物質后，其强度較透过之前为弱。物質对X射綫的吸收率与其原子量成正比例；原子量大的物質，如鉛、鋇等，对X射綫的吸收率較高。

2. X 射綫是怎样产生的

产生X射綫的方法乃是用阴极射綫射在任何物体上面。被射击物体的原子量愈大，其所产生的X射綫愈多。同时阴极射綫的速度因加在管球两端电压的高低而增减。速度愈高，則其所产生的X射綫愈硬，波長愈短，穿透力愈强。这都与X射綫的質有关。其量則視电子流的大小而决定：电子流(毫安值)愈大，其所产生的X射綫愈多。

近代一般X射綫管都是热阴极式的(图1)。該管的阴极灯絲在高真空中放射的电子，由高压的吸引，射击在阳极的靶面上，其所射出电子的数量与灯絲的热度成正比例，而其在阳

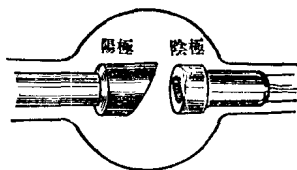


图1 真空X綫管阴极和阳极的形状

极所产生射綫的硬度或波長則由加于管球两端电压的高低而决定。

8. X 綫管球的構造

一般管球皆有阴阳二极，阴极灯絲后部裝有聚焦器，使阴极射綫聚成有定向的小束，射在阳极靶(或称鏡)而上。早期的聚焦器是圓形的(图 2)，使阴极射綫在靶面上聚成圓焦点。但此种焦点有一定的限制；因焦点的面积决定靶面而耐受射击时间的長短。焦点面积愈小，其單位面积的热量愈高，耐受射击的时间愈短。但焦点的面积愈大，其X射綫所照出的半阴影(詳見第9頁)愈显，故为求有效焦点面积小，而靶面耐热量大起見，圓形焦点已为長形所替代。長形聚焦法能减少局部热量，而且由于阳极靶面的傾斜，仍可得更小正方形的有效焦点(见图 3)。

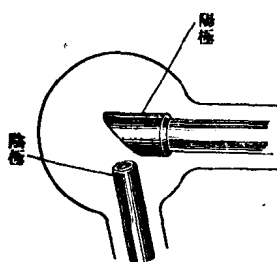


图 2 圓形阴极聚焦器

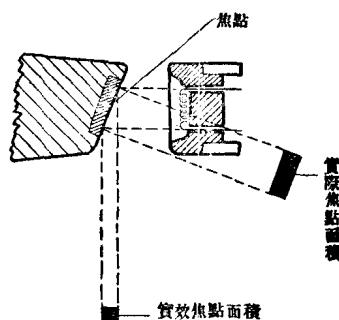


图 3 長形焦点投影原理說明

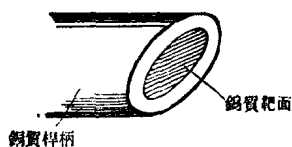


图 4 鍍有鎢質的靶面

X綫管的阳极分为固定和旋轉两种。固定阳极的主杆多数是銅制的，表面鍍有一小块平滑如鏡的鎢質靶子(图4)。銅杆利于导热；鎢質原子量有利于产生大量X射綫，同时熔点高(攝氏 $3,200^{\circ}$)，故較为适宜。

为增加阳极的耐热量起见,有些机器装有旋转阳极管(图5)。此管阳极为感应电动机的转子,其轴杆与轮盘状的靶面连在一起,

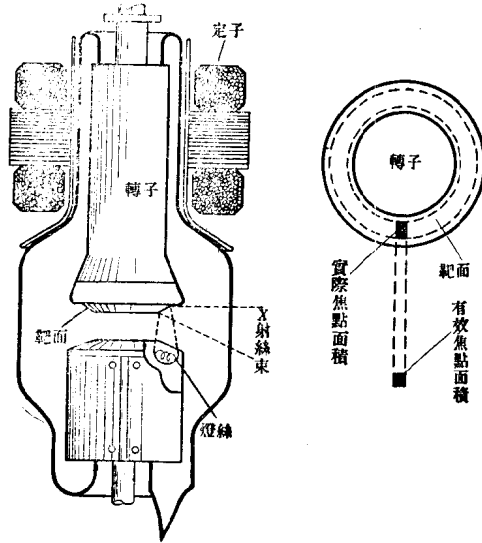


图5 旋转阳极管

而磁场线圈则装在管球外部。此种装设容许阴极射线焦点面积缩小,电流可比固定阳极为大。虽然如此,靶盘的耐热量还是有一定限度的。德国西门子公司创制一种安全装备,利用光电管借靶盘因高热而放出光线的照射而自动将电流切断。旋转阳极管亦需要一种迟延开关器在每次加高电压之前将靶盘电动机先行启动到运转速度。此种装置又称为迅速启动器。

旋转阳极最易磨损的部分是封在管内的轴承。虽然在制造时已有永久性的滑润体(银、铅或钨镀的滚珠)与转枢同时封在管内,但它总有一定的寿命。故为延长管球的使用期限起见,上述迅速启动器的作用是在施用高电压瞬时之前使阳极开始转动,而在曝光后即行断开电动机电源。

旋转阳极管的优点主要是它能以很小的焦点产生大量的X射

綫,但它的缺点是:价格較貴,X綫机的構造复杂,及連續使用的負載容量較低;后者是受阳极散热率的限制,因它不能很快导热。但在一定的使用条件下,旋轉阳极管的优点超过缺点。

4. X 綫管的冷却装备

阳极的冷却問題最为重要。普通攝影如用 70 千伏, 60 毫安, 其所耗用的电力是 4, 200 瓦, 而此电力仅有 0.2% 用于产生 X 射綫, 其余 99.8% 則在阳极变为热能。再考虑到一般用为診斷的 X 射綫管靶面的焦点直径不超出 5 毫米, 可想將四千余瓦的热能集中于如此微小的焦点上, 靶面的热量势必迅速增加。因此 X 綫管的構造与使用, 不得不考虑到冷却問題。

X 綫管的冷却設備可分为: (甲) 放射冷却, 即將管球架于空气流通的地位, 利用阳极外端的散热片(图6)及空气对流散热。(乙)

吹风冷却, 利用电风扇保持大量空气流动, 經過管球玻壁及散热片。

(丙) 油浸冷却, 將管球封在油中, 使油吸收热量并自动对流或借裝在封套內的小电动机在套內循环。图 7 是一个小型油浸 X 綫管。它通常和高压变压器、加热变

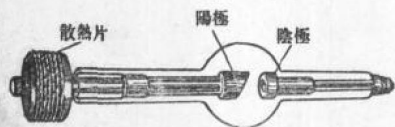


图 6 空气冷却式管球

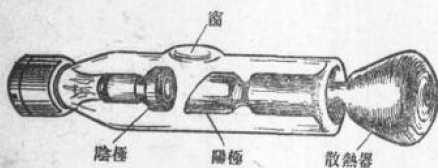


图 7 油浸冷却式管球

压器封在同一个油槽里(见图118), 接于阳极的銅球有助于导热。(丁)水冷却利用一个空心阳极銅杆和球狀水罐。水罐口可供檢查水量和水汽蒸发之用, 其位置容許管球橫置或豎置(图 8)。(戊)油、水循环冷却, 此冷却法的一种用油泵將管套內的热油导入冷却箱內, 經水或空气散热后再送入套內。另一种油或水冷却法用机动

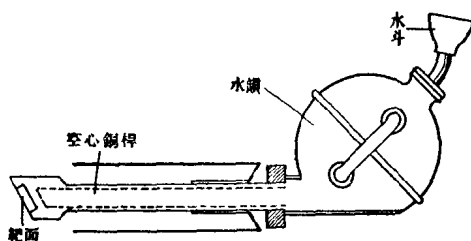


图 8 阳极冷却水罐



图 9 阳极杆內循环冷却设备的構造

泵經細管將油或水注入空心阳极杆內(图9),再順序經散热器回到泵內(图10),在用水时,全部循环系統必須与地絕緣,故水泵与电动机之間的接联器必須用絕緣体;泵、水管等亦需用絕緣材料裝置。

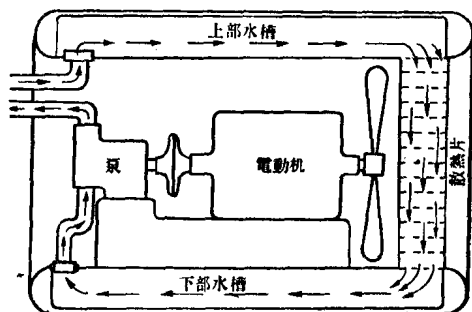


图 10 油泵和散热器構造

5. 阳极耐热量

不論X綫管的冷却装备如何,其阳极所能耐受的热量仍是一定的限度的。这个限度就是鎢質靶子的每平方毫米每秒至多耐熱 200 瓦。如果超出这个限度,靶子的鎢質就要熔化而蒸发。蒸发的鎢質便要在管内成为导电的气体,以致管內的电流剧增。如果电源不立时停止,則阳极的靶子和銅杆的热度必致繼續上升,直

到靶面白热化, 并且本身象阴极一样产生游离的电子. 在这种情形下, 一般自整流式的 X 綫管内所产生的逆电流 (从阳极流向阴极) 就会在很短時間內將灯絲燒毀. 可見使用 X 綫机时, 不得不慎重考虑到時間上的限制. 如果任意讓管球的負載超出規格, 縱使灯絲不立时燒毀, 靶面必变为粗糙, 甚至因鎢質熔化而在焦点下燒成小窩, 大大影响 X 綫束的方向, 同时那蒸发的鎢既冷凝在管球玻璃上, 对 X 射綫多少有过濾的作用, 且对高电压亦有导电作用.

6. 热量的积存問題

以上的耐热量仅就一次曝光而論. 如果在阳极尚未冷却之前再行曝光, 則其耐热量自然要受前一次曝光的影响. 图 11 是一个用吹风冷却法的管球的冷却曲綫. 热單位是根据 $KVP \times MAS$ (即千伏峰值乘毫安秒值) 的公式計算的. 例如 80 千伏、100 毫安、 $\frac{1}{2}$ 秒的热單位是 $80 \times 100 \times 0.5 = 4,000$. 图內曲綫所代表的管球的最高热容量是 500,000 热單位. 如果热量达到这个限度, 它就需要 60 分鐘的冷却時間才能降到原有溫度. 如果没有風扇冷

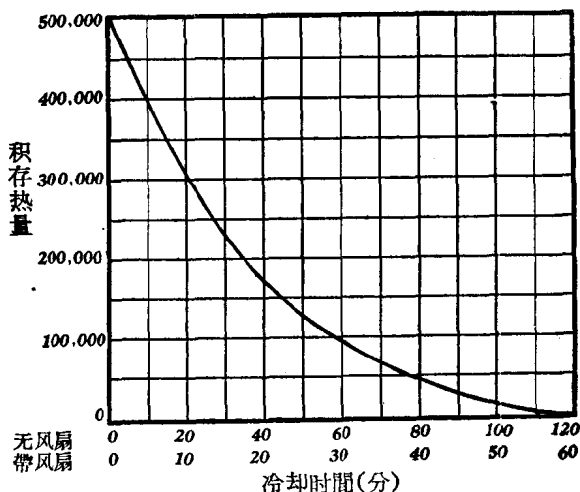


图 11 空气冷却式管球冷却曲綫

却，則冷却時間要延長一倍（在使用時，也應考慮到環境的溫度）。根據表中曲線，如果該管只有 20 分鐘冷却時間，它在吹風冷却下仍有大約 175,000 熱單位，經 40 分鐘後，仍有 49,000 熱單位。

今對實際應用本曲線的方法舉例說明：假定照上述攝影條件每次曝光給管球增添 4,000 熱單位，而每分鐘曝光四次，試算管球可以連續使用多少分鐘？管球的最長冷却時間既是 60 分，可以將這個時間作個標準。在 60 分鐘內照上述條件曝光共有 240 次，總積存熱量為 960,000 熱單位。在此時間內，管球在吹風冷却條件下可散熱 500,000 熱單位，余下 460,000 熱單位還在安全限度以內，但已經很接近最高儲熱限度，故不宜繼續使用。須待其熱量散到相當程度後再行使用。

7. X 綫管的規格

一般 X 綫管在出廠時都附有使用的說明與性能曲線表等。X 綫管的規格普通可以分為（甲）耐壓，（乙）焦點或功率，（丙）通電時間，和（丁）燈絲電壓、電流。

X 綫管的形狀，絕緣介質的質量和防護套的型式等，都是決定它最高使用電壓的條件。此種電壓是以千伏峰值作單位的，簡寫為 KVP。普通電壓計所量出的交流電壓是有效值，或稱均方根值電壓，但在 X 綫工作上所用的是峰值，是有效值的 1.4 倍。例如普通交流電源 220 伏電壓的峰值是 1.4×220 ，即 308 伏。但計算實際通所耗電力時須以有效值為基礎。故在計算 X 綫管或 X 綫機所耗用的電力時，應用以下的公式：

$$W = MA \times KVP / 1.4 \text{ (瓦)}$$

X 綫管的第二個規格是每秒輸入的功率（又稱為 X 綫管的容量），即靶面的耐熱量，以每秒千瓦為單位。計算方法照上述最高有效電壓乘其最高電流。例如峰值電壓為 60 千伏，其有效值為 42.4 千伏，最大電流為 140 毫安，則 $\frac{42.4 \times 140}{1,000} = 6$ 千瓦，所以如

果一个管球的曝光時間不到一秒，則其所能承受的電力也可相應地增加，如果曝光時間超出一秒，電力就必須減少。

一般 X 綫管的規格容量是就其在全波整流的工作條件下而論。如果用于自整流或半波整流，則容量必須減少約一半。

阳极焦点面积与 X 綫管的容量有直接关系，焦点面积大时，則其容量較大，反之則容量較小。在苏、德、捷、日等厂家經常以 X 綫管的容量表示 X 綫管焦点的大小。固定阳极管容量通常有 1.8, 3.0, 6.0, 10, 15 千瓦等五种。1.8, 3.0 千瓦为小焦点，6, 10, 15 千瓦为大焦点。

美国奇异公司对焦点大小直接用数字标出。所謂 2 毫米的焦点，表明其有效焦点是每边 2 毫米的正方形。馬其来厂則以 A、B、C、D、E 等字母間接表示焦点大小：

A = 1.5 毫米見方	D = 3.8 毫米見方
B = 2.3 毫米見方	E = 4.2 毫米見方
C = 3.2 毫米見方	F = 5.0 毫米見方

X 綫管第三个規格是連續工作功率，即連續使用时，最高电压的毫安数，通常是指透視工作条件。例如 5 毫安，100 千伏；4 毫安，70 千伏等。

关于攝影的条件，一般是將各种不同的整流方式下，X 綫管的电压和电流以及曝光時間的关系列成曲綫或图表，以便参考使用，例如图 12 就是美国馬其来厂的旋轉阳极式“DYNAMAX25” X

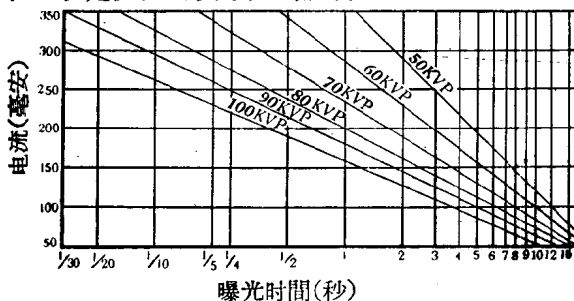


图 12 一种旋轉阳极管的特性曲綫表

綫管（它的焦点是A式，即1.5毫米見方），使用單相全波整流时的曲綫表，在表里查出，如果电压使用80 KVP，电流是200毫安的时候，在80 KVP的曲綫和200毫安的交点上找到，最大的曝光时间是1秒。

8. 焦点投影問題

焦点的大小对映出影象的鮮明度有很大关系。如图13所示， F_2 是小焦点， F_3 是大焦点，它們对同一物体在同一距离所投下的影，与理想的无面积的焦点 F_1 作比較。 F_1 的射綫被物体AB所遮断，投下鮮明的阴影 $A'B'$ 。 F_2 左边和右边所射出的射綫在A、B两点交叉，在影象的邊緣部造成半阴影帶。在图中可以看到半阴影帶的大小与焦点面积的大小成正比。因此焦点大的管球所投下的阴影模糊不清。在透視诊断时，管球离荧光屏的距离短，故为了要使影象清晰，須用銳焦点。如果要給腹部胸部或号叫的小孩等跳动的部位作瞬間攝影，則应用鈍焦点和長距离。

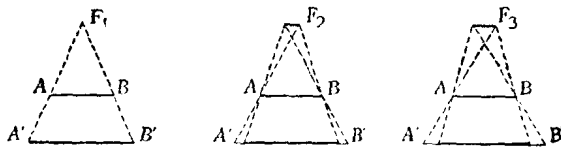


图 13 大小焦点所投半阴影的說明

9. X 綫管的防护設備

现代的X綫管大多裝有防护設備，主要为防止不需要的X綫的散射并避免操縱时发生电击的事故。今分別說明如下：

（甲）防管壁电荷：由阴极射向阳极的电子有一部分被反射到管壁，在壁上形成帶阴性的表面电荷。这种电荷对X綫管的运用是有害的，因为这样的表面电荷造成管壁电压降的分布不均匀。

所以許多 X 綫管，都有預防電子反射到管壁的裝置。

一種構造如图 14 所示。在陽極上裝有一銅質套管以阻擋被陽極反射出去的電子，在銅套上開有小窗洞作為 X 射綫的出口，另一

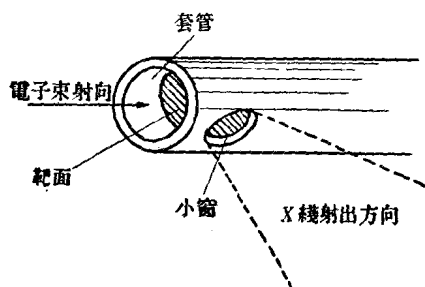


图 14 阳极防护筒形状

種 X 綫管在陽極與管壁之間另裝有一層玻壁，以阻止電子射至管壁上，這種管球就是雙玻壁管球。除此種管球外，其他單玻壁的管球如果有金屬外殼接觸管壁，就要使其表面電荷漸漸

漏去。這樣，就會有更多的陰極綫射擊在管壁上，使管壁發熱，終于熔化。故一般單玻壁的管球在管壁與外殼之間皆需有空氣、油、或電木來絕緣。

(乙)防 X 綫散射：X 綫管陽極所產生的 X 射綫是多方向散射的，而實際需用的 X 射綫只是很小的一束，故為防護不需要的 X 射綫散射起見，都制有防止散射的設備，一種如图 15 所示。管的中部用合金（膨脹系數與玻璃相同的鉻鐵等合金）

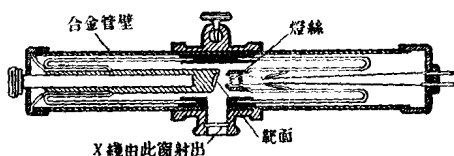


图 15 金属管球構造图

制成，其上包有一層鉛作為防護套，在射出 X 綫處開有玻璃窗，射綫只能經過窗口射出。此段合金管壁必須與地絕緣，否則壁內的負電荷必泄漏至地，以致管內陰極射綫偏向，使管球工作失常，中部發熱。在雙玻壁管中，防護鉛套可以直接復于外層玻壁上。

另一種防護射綫式管球是將管球裝入一個特制的套殼中，這套殼是用原子量較高的絕緣材料制成的。

(丙)防護電擊：早期制造的 X 綫机的防電擊設備多將全部載