

## “切爾諾貝利”離我們有多遠

豆瓣打分超過 9.7 的熱映神劇《切爾諾貝利》描述了一個真實而又的故事，史上首次最高級別的核事故——切爾諾貝利核泄漏事件。

切爾諾貝利核電站位于烏克蘭普裏皮亞季鎮附近，處于白俄羅斯和烏克蘭的交界地帶，核電站有四座 RBMK - 1000 型壓力管式石墨慢化沸水反應爐，這是第二代核反應堆，第一代是實驗性質，也就是說這是最古老的投入生產的核反應堆。切爾諾貝利核電站供應著烏克蘭 10% 的電量。

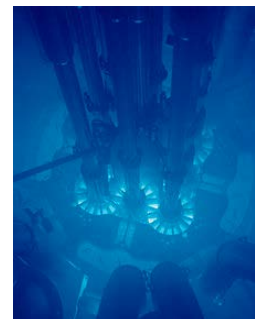
1986 年 4 月 26 日，當地時間凌晨 1 點 23 分 47 秒，切爾諾貝利核電站的 4 號核反應堆功率大規模、災難性地激增，導致**蒸汽爆炸**，撕裂反應堆的頂部，使核心暴露，并散發出大量的放射性微粒和氣態殘骸（銫 - 137 和 鋇 - 90），使空氣（氧氣）與超高溫核心中的 1700 噸**可燃性**石墨減速劑接觸；燃著的石墨減速劑加速了放射性粒子的泄漏。隨後放射性粒子隨風穿越了國界。



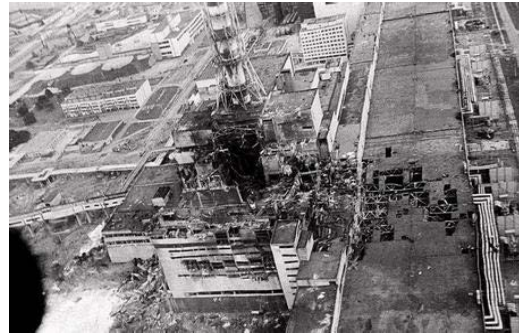
第一次爆炸，炸飛上蓋的同時也炸毀了很多燃料管道，更多的蒸汽噴涌而出。

第二次爆炸在第一次爆炸後兩三秒後，核心直接炸碎。產生大量的**輻射落塵**。

爆炸發生後，4 號機廠房被炸掉一半，反應堆核心直接暴露在大氣中，**核心中央一道藍白光綫射向夜空**，那是暴露的放射性物質發出的契倫科夫輻射（介質中運動的電荷速度超過該介質中光速時發出一種以短波長為主的電磁輻射，呈現一種藍色的輝光）。



最開始，沒有人，沒有人，告訴這些消防員，這是核反應堆的火災，消防員都認為是普通的火災。當天值班 28 位的消防員到達現場後，還有人用手撿地上的石墨烯。一位消防員回憶道：「我還記得當時向隊友開



玩笑，如果我們都能活到早晨那是非常幸運了。當時輻射照射強度為 2 萬倫琴（200 希沃特/小時），反應堆內部是 3 萬倫琴。而高于 500 倫琴 1 小時的照射能致人急性死亡。這些消防員與大火整整戰鬥了一個小時，出現了頭暈和嘔吐症狀後被換下，當班指揮員普拉維克中尉在兩周後不治犧牲，28 名消防隊員在事故後的二十年陸續死亡。陸續趕來搶險的消防隊員、軍人、直升機飛行員、核電專家與工人輪番上陣，努力控制反應堆殘骸中熊熊燃燒的石墨。約有 50 噸核燃料化作烟塵進入大氣層，另有 70 噸核燃料和 900 噸石墨崩濺到反應堆周圍，引起 30 餘場火災。

爆炸發生後，並沒有引起蘇聯官方的重視。在莫斯科的核專家和蘇聯領導人得到的信息只是「反應堆發生火災，但並沒有爆炸」，因此蘇聯官方反應遲緩。在事故後 34 小時，一些距離核電站很近的村莊才開始疏散，政府也派出軍隊強制人們撤離。當時在現場附近村莊測出了是致命量幾百倍的核輻射，而且輻射值還在不停地升高。但這還是沒有引起重視。專家寧願相信是測量輻射的機器故障也不相信會有那麼高的輻射。居民並沒有被告知事情的全部真相，這是因為官方擔心會引起人民恐慌。許多人在撤離前就已經吸收了致命量的輻射。而在普裏皮亞季還大張旗鼓地慶祝五一節，後來自殺的烏克蘭共產黨第一書記弗拉基米爾·瓦西裏耶維奇·謝爾比茨基也帶家人參加了慶典。事故一周，



蘇聯政府還不知道事故的真相。還是瑞典政府發來信息：「輻射雲飄散到了瑞典！」蘇聯政府才明白問題的嚴重性。

這場核爆的威力是日本廣島爆炸的 400 倍以上。9.3 萬人喪生，27 萬人被癌症折磨，這裏變成了最危險的“無人區”

上文中所說的倫琴為輻射強度單位，而對人類生命安全來說，還取決于另外一個參數：人體的輻射吸收劑量，單位是：mSv。國際標準安全數值如下（1990 年、我國執行此標準）

放射性工作人員	一般公眾
200ms/年 (10uSv/小時)	1ms/年 (0.5uSv/小時)

	國際標準	美國標準
一般公眾	1 mSv	1 mSv
整個身體	20 mSv	50 mSv
肢端	500 mSv	500 mSv
內臟和組織	500 mSv	500 mSv
眼睛	150 mSv	150 mSv

人體輻射吸收安全劑量的意思，就是人體在一年中最大可以接受的輻射吸收量

X光拍片 (次)	平均劑量 (mSv)
骨密度	0.001
手臂, 腿部	0.001
牙齒	0.01
胸透	0.1
腹部	0.7
乳房	0.4
脊椎	1.5
頭部 CT	2
核磁共振, 骨頭	6.3
脊椎 CT	6
骨盆 CT	6
胸部 CT	7
腹部 CT	8

因不同組織和器官對放射線的敏感性不同，人體各個器官對 X 綫的放射風險也不同

上表是我們以普通醫學透視檢查為例，說明人體所受到的輻射強度，相比切爾諾貝利事故中 28 名消防隊員接收了 5000 mSv/小時的極端致命劑量，醫學檢查的輻射強度還是非常安全，對人體基本沒有影響。

在我們日常生活中，由于放射源的管理非常嚴格，所以一般很少會接觸到輻射危險，而在工業生產中，常用于金屬材質分析的手持 XRF 合金分析儀却有著 X 光電離輻射的危險，在使用時要一定要有安全防範意識。

手持 XRF 設備的前端輻射劑量（每小時）

離開發射窗口距離	輻射劑量 mSv/小時	
	15kV 60uA（發射管功率）	40kV 20uA（發射管功率）
0 cm	31.2	29
30 cm	14	14
60 cm	5.9	7.1
90 cm	2.5	3.5


### 手持 XRF 設備的錯誤操作 1

“在機器前端距離 3 英尺之內，除操作者以外，不得有其他人員”

-- 摘自 Bruker 安全培訓

**❑ Incorrect Operation!**

**Warning:** No one but the operator(s) should be allowed to be closer than 3 feet from the S1 analyzer, particularly the beam port. Ignoring this warning could result in unnecessary exposure.



## 手持 XRF 設備的錯誤操作 2

“不得用手或者身體的其他部位拿住或者穩住樣品”

-- 摘自 Bruker 安全培訓

**❑ Incorrect Operation!**

**Warning:** Never hold sample up to the x-ray port for analysis by hand or other part of body, hold instrument up to sample.




## 手持 XRF 設備的錯誤操作 3

操作者在任何情況下都不得屏蔽紅外安全開關”

-- 摘自 Bruker 安全培訓

**❑ Incorrect Operation!**

**Warning:** The operator should never defeat the IR sensor in order to by-pass this part of the safety circuit. Defeating this safety feature could result in over-exposure of the operator.



## 手持 XRF 設備的錯誤操作 4

在測試時，分析儀必須和樣品接觸。隔空測試會造成大量的反向散射（backscatter）”

-- 摘自 Bruker 安全培訓

**❑ Incorrect Operation!**

**Warning:** Place the S1 analyzer in contact with the sample whenever operating. Holding the analyzer away from the sample will result in excess backscatter.



在進行粉末、液體、鋁合金或者薄膜、片樣品測試時，這些物質均無法阻擋或者吸收全部劑量，在樣品後端會洩漏大量輻射，嚴禁手持或者對著他人測試這些樣品！

**手持 XRF 特別不適合測試鋁合金材料**，原因是在測量如鐵、鎳等合金時，由于元素以重原子為主，能儘量對 X 射綫進行吸收，洩露很少，而鋁合金材料所含以輕質原子為主，對 X 射綫的吸收較差，所以洩露也多，容易對人體造成傷害。因此在**鋁合金行業基本不會使用手持 XRF 這類設備。**

鋁合金板材厚度	輻射穿透後的相對強度
0 mm	100 %
1 mm	46 %
2 mm	26 %
3 mm	16 %
4 mm	11 %
10 mm	1.5 %

當人體受到超過安全規定的輻射照射後，會出現輻射綜合症，或者叫輻射病：

輻射病症狀	低	中等	嚴重	非常嚴重
	2000 mSv 以內	2000 ~ 6000 mSv	6000 ~ 9000 mSv	9000 mSv 以上
頭暈、嘔吐	6 小時內	2 小時內	1 小時內	10 分鐘內
腹瀉	--	8 小時內	3 小時內	1 小時內
頭痛	--	24 小時內	4 小時內	2 小時內
發燒	--	3 小時內	1 小時內	1 小時內
頭昏、迷失方向感	--	--	1 周內	立即
疲勞、乏力	4 周內	1-4 周內	1 周內	立即
掉頭髮、吐血、便血、 感染、流血不止、低血壓	--	1-4 周內	1 周內	立即

通常大劑量的急性輻射損傷比較容易發現、救治，而小劑量、長期的輻射損傷由于潛伏期長，平時人體也無異常，幾年過後，一旦出現病症已經來不及救治，所以危害更大。

但只要有足够的安全意識，使用方法得當，配置好合適的防護工具，那手持 XRF 設備對人體的影響還是微乎其微的。可喜的是，中國政府在對手持 XRF 設備有著完善的管理制度，對銷售、採購單位都有監管，需要申領《輻射安全（銷售、使用）許可證》，而對實際使用者有著嚴格的職業防護措施，如要求每個使用手持 XRF 設備的工作人員需佩戴個人輻射劑量計數器，可定期檢測佩戴者受到的輻射是否在安全值以內，而有些更為先進的個人劑量警報儀，一旦偵測到環境中的輻射劑量超過累積劑量或者劑量當量時，可立即發出聲光報警。



願“切爾諾貝利”的悲劇不再重演！