

太陽光照射水晶球聚光起火案例分析

文／圖 莊增同

消防影音新聞台首頁 :: 案例宣導 :: **98年11月份新聞**

【一、前言】

古老的神話中，混沌無知民智未開，諸事皆鬼神之道尋，水晶球這個可以藉由光線的設計而呈現出某種影像變化的東西，自然成了巫醫術士的最佳道具，自此水晶球即蒙上一層神秘的面紗，彷彿本身就蘊藏著神奇的力量般無事不知、無堅不摧。而時至今日，或宗教、或擺飾、或科技，水晶球仍不難發現於日常生活中，在把玩觀賞之餘，人們已不再因宗教而愚昧，但卻往往忽略了大自然賦予它基礎科學即能解釋的神奇力量，折射；理論上光線只要經過不同的介質就會折射，諸如水晶球、玻璃球、保特瓶、玻璃瓶裝水…等在生活中司空見慣，俯拾皆是，不過本案例卻巧妙地說明了在天時、地利及人和（人的行為）的條件下，美麗的水晶球也可能釀災；除了是難得一見的案例外，更發人省思，生活中的折射現象是否也有著類似的危機。

【二、火災概要】

- （一）發生日期：98年3月1日下午2時52分。
- （二）發生地點：南投縣鹿谷鄉○○村○○路○○段○○巷3號。
- （三）起火原因：太陽光照射水晶球聚光起火。
- （四）燃燒物件：屋旁燭杯箱、酥油罐及庭院塑膠地毯等部分燒損，門亭北側部分牆面燻黑剝落。

【三、火災發生概況】

受燒建物是1層鋼筋混凝土加強磚瓦屋頂獨立戶，其房屋內外陳設極像道觀，是住家也是神壇，門亭北側木台面，於地毯燃燒範圍內的北側有1顆直徑36公分的水晶球，是屋主於2個多月前冬至時由屋內拿至屋外放置的，現場燃燒侷限在屋外前亭北側邊。住戶從西大門出來鎖門離開家約10分鐘後，1號鄰居林先生望見大門外的前亭北側邊冒出火舌及濃煙，立刻打119電話報警。鹿谷消防人車到達時，面對房子大門外左邊冒出火舌及濃煙，燃燒面積約10平方公尺，火勢燃燒後造成屋旁燭杯箱、酥油罐及庭院塑膠地毯等部分燒損，門亭北側部分牆面燻黑剝落。

【四、燃燒後情形】

(一) 起火戶是住家兼神壇，其燃燒位置侷限在西面室外門亭北側的台面上雜物，顯示火源是在西面室外門亭北側。

(二) 燒後門亭北側的台面地毯、亭下燭杯箱子及牆邊酥油燒損，成排燭杯箱子是愈往北側碳化燒失愈為嚴重，這顯示火流是來自燭杯箱的北側。

(三) 門亭北側下方燭杯箱與北側牆之間夾角放置的酥油瓶燒失、粉刷牆面部分剝落，牆上監視器鏡頭燒落，監視器無短路，這顯示監視器是被延燒後掉落的。

(四) 勘查時燻黑牆面上的電表已換新，經到電力公司鹿谷服務處查看電表燒損情形，發現電表的玻璃面受熱破裂，內部無燻黑，其電路線無短路絕緣披覆無燒痕，這顯示電表是被延燒到的。

(五) 觀察門亭北側木台面，於地毯燃燒範圍內的北側有一顆直徑 36 公分的水晶球，此水晶球顯得很突兀，因勘查時太陽被雲遮住，無法看出太陽照射到水晶球後光的變化。

(六) 經選擇晴天起火時段，再次現場勘查，發現太陽照射火場的水晶球後往後方聚光，其焦點距球體約 10 公分，距地面約 5 公分，這顯示地面的聚光部位溫度必定非常高。

(七) 經使用金紙靠進聚光位置測試，約 10 秒鐘聚光部位的金紙就起無燄燃燒，冷熱空氣開始對流，金紙被對流（風一張張吹起），突然在 1 分鐘內，被吹起金紙即起火燃燒。

(八) 水晶球是兩個多月前自屋內搬出，就放置在被燒位置。房屋是坐東北朝西南，水晶球位置在門亭北側，所以日間約下午 2 時以前，太陽被房屋擋住照不到水晶球，這顯示火警時太陽才照到水晶球不久。

(九) 下午 2 時 50 分再次試驗太陽照射水晶球時，陽光聚焦處的金紙不久即冒煙，又聚光部位的夾板台面碳化明顯較深，這顯示起火前聚光部位的夾板面，就已被聚光熱碳化一段時日。

【五、火災原因探討】

(一) 查燃燒範圍內有裝置顯眼的監視鏡頭對著起火處，又起火時是大白天，

附近隨時會有人出入，所以意圖縱火極易被發現，且現場未發現有可疑之縱火跡證，故縱火之可能性應可排除。

(二) 通常無燄火種起火，是需要長時間的熱能蓄積才會發火。查住戶離開現場僅約 10 分鐘，即被鄰居發現冒煙燃燒，如果是無燄火種醞釀起火，那麼住戶離開時應該就會發現有冒煙情形，這意味火是快速起燃的，故排除菸蒂或其他無燄火種醞釀起火之因素。

(三) 查電力設施造成的起火，通常在靠近起火部位的電路線會有短路痕跡。因為，如果是電線短路起火，那麼電線必然會有短路痕跡，如果是電力轉換的熱能造成起火，那麼靠近起火處的電路會立即被燒到而短路。本案經查被燒損的電力設施，僅有外牆上被燒損的電表及監視器，兩者電路配線均無短路痕跡，這意味電表及監視器是被延燒的，故排除電力起火之因素。

(四) 查火場被燒的水晶球，約兩個多月前冬至時才搬到屋外，冬至後太陽回照北半球，所以太陽每天午後往前提早照到水晶球，陽光照射水晶球後的聚焦點亦越來越靠近地面。又查火警當日起火時段陽光普照，燃燒木板台上的水晶球才開始被太陽照到不久，此時太陽照射水晶球後的聚焦點離地面僅約 5 公分。經用一疊金紙靠近太陽照射水晶球後的聚焦點部位測試，金紙於 1 分鐘內即碳化冒煙起火燃燒。經查當天午後氣溫約攝氏 23 到 25 度，聚酯類塑膠地毯燃熱分解溫度約攝氏 230 度。故綜合以上研判，起火原因應是太陽照射水晶球後折射聚光，致高溫聚光熱引燃台面的塑膠地毯釀成火災之可能性較大。

【六、發生要因】

(一) 凸透鏡構造類似東西（水槽、水晶球、玻璃球、保特瓶）這類物體都是球面，且光線透過類似凸透鏡類似構造的地方，而透過物體的太陽光線有被聚焦的可能。此時必須確認入射角及材質的屈折率不同確認聚焦的位置。而且必須確認該材質的透過率及發火前太陽光線透過情形。

(二) 凹面鏡構造類似東西（玻璃帷幕壁面）這類物體都是球面，且光線透過類似凹透鏡類似構造的地方，而經物體反射的太陽光線有被聚焦的可能，此時必須確認聚焦的位置。而且要確認材質的熱線反射率（反射率）及發火前太陽光線反射情形。（*與上一段幾乎相同）。

【七、實施再現實驗時的注意事項】

(一) 太陽光線就反射、屈折的物質（以下簡稱「實驗體」）以直角方式入射時受光亮最大，焦點容易集中，最容易起火。

(二) 實驗體入射表面光滑沒有凹凸不平時，亂射少，容易起火。

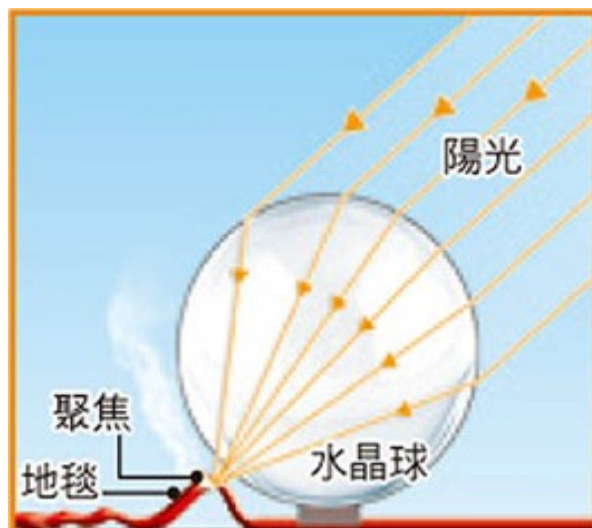
(三) 屈折的實驗體（凸透鏡）無色透明、且厚度不厚時，光的吸收低，加上密度、屈射率均一致時，光線更容易聚焦起火。

(四) 反射的實驗體（凹面體）表面有光澤，太陽光反射後容易起火。

(五) 燒損面積小時，常發現因太陽移動所殘留的帶狀燃燒痕跡或起火點受燒較深的情形。

【八、防範對策】

(一) 凸透鏡構造類似東西（水槽、水晶球、玻璃球、保特瓶），勿放置在陽光容易照射的地方，若因受限場地需擺設時，應考慮陽光照射聚光處勿有容易起火之可燃物如紙張、棉製品、塑膠地毯、木材…等，以防聚光處引燃擴大燃燒。



1、有聚焦效果的水晶球，擺在地毯上，經午後陽光照射，在相對位置聚焦，形成高溫引燃地毯。

2、陽光屬平行光，水晶球如凸透鏡，陽光經水晶球聚焦，焦點溫度可將平行光熱增加到一百倍，當時氣溫為 22.9 度 c，聚焦溫度可達攝氏二百多度。

(二) 凹面鏡構造類似東西(玻璃帷幕牆面、廣告用壁面)注意經物體反射的太陽光線有被聚焦的位置，勿放置可燃物如紙張、棉製品、塑膠地毯、木材、機車(塑膠座)…等，以防反射的太陽光線聚光處引燃擴大燃燒。



圖1 成排燭杯箱子是愈往北側碳化燒失愈為嚴重，這顯示火流是來自燭杯箱的北側



圖2 門亭北側下方燭杯箱與北側牆之間夾角放置的酥油瓶燒失、粉刷牆面部分剝落，牆上監視器鏡頭燒落，監視器無短路，這顯示監視器是被延燒後掉落



圖3 勘查時熏黑牆面上的電表已換新，經到電力公司鹿谷服務處查看電表燒損情形，發現電表的玻璃面受熱破裂，內部無熏黑，其電路線無短路絕緣披覆無燒痕，顯示電表被延燒到



圖4 觀察門亭北側木台面，於地毯燃燒範圍內的北側有1顆直徑36公分的水晶球，此水晶球顯得很突兀，因勘查時太陽被雲遮住，無法看出太陽照射到水晶球後光的變化



圖 5 經選擇晴天起火時段，再次現場勘查，發現太陽照射火場的水晶球後往後方聚光，其焦點距球體約 10 公分，距地面約 5 公分，這顯示地面的聚光部位溫度非常高



圖 6 經使用金紙靠進聚光位置測試，約 10 秒鐘聚光部位的金紙就起無燄燃燒，冷熱空氣開始對流，金紙被對流（風一張張吹起，突然在 1 分鐘內，被吹起金紙即起火燃燒



圖7 水晶球是兩個多月前自屋內搬出，就放置在被燒位置。房屋是坐東北朝西南，水晶球位置在門亭北側，所以日間約下午2時以前，太陽被房屋擋住照不到水晶球，這顯示火警時太陽才照到水晶球不久



圖8 下午2時50分再次試驗太陽照射水晶球時，陽光聚焦處的金紙不久即冒煙，又聚光部位的夾板台面碳化明顯較深，這顯示起火前聚光部位的夾板面，就已被聚光熱碳化一段時日