

國立臺灣博物館106年度自行研究計畫報告

臺博館館藏騰雲號蒸汽火車頭之材質檢測
Alloy Composition Analysis on the Teng-Yun Steam Locomotive
Collections of National Taiwan Museum

計畫期程：106年01月01日至106年12月31日止

目錄

摘要-----	3
一、 前言-----	4
二、 騰雲號蒸汽火車描述-----	5
三、 研究方法-----	6
四、 結果與討論-----	7
五、 結論-----	12
六、 參考文獻-----	13

臺博館館藏騰雲號蒸汽火車頭之材質檢測

Alloy Composition Analysis on the Teng-Yun steam locomotive
Collections of National Taiwan Museum

摘要

年代遠超過一個世紀的騰雲號為臺灣第一代蒸汽火車，亦為國立臺灣博物館的鎮館之寶之一。配合臺博館 106 年「騰雲號蒸汽火車頭調查研究案」，希望藉由非破壞性之 X 光螢光分析儀(XRF)檢測合金材質，除提供該文史調查研究案的佐證外，亦可作為臺博館未來展示、研究及保存維護用途之參考。

利用 XRF 檢測臺博館館藏騰雲號蒸汽火車頭車身合金材質結果顯示，有關 1887 年構件之內輪之前輪、避震彈簧器、汽缸左右側構件，合金材質元素種類及含量差異大。有關 1999 年構件前輪左右側外框與後輪左右側外框，其檢測結果發現鋅及鋁成分含量明顯不同，應非使用相同材質的合金。

有關 1999 年構件之艾倫式傳動連桿 1 左右側兩個，檢測結果顯示合金材質元素及含量類似，主要元素為鐵、鋁。此檢測結果與 1887 年構件之連桿 2 合金材質元素及含量明顯不同，推論確屬不同年代的不同材質的合金。

騰雲號蒸汽火車頭因歷史悠久且經歷多次整修，車身披覆厚層漆塗料，推測塗料中主要含矽成分。

關鍵詞： X 光螢光分析儀、合金材質、騰雲號。

一、前言

騰雲號蒸汽火車頭為清朝首任臺灣巡撫劉銘傳引入臺灣的第一代蒸汽火車，為國立臺灣博物館（以下稱臺博館）的鎮館之寶之一，目前僅騰雲號完整保存並展示於二二八和平紀念公園內(圖 1)。

騰雲號之年代遠超過一個世紀，跨越清代、日治時期至今，見證臺灣鐵路之發展，深具歷史意義。騰雲號自 1924 年退役、安置於現址後，曾經過數次整修，惟歷次整修所留下之紀錄甚少，以致目前對於騰雲號相關身世、整修後之零件更動等問題，尚未有明確之定論。

因此臺博館於 106 年委請專家進行「騰雲號蒸汽火車頭調查研究案」，希望能夠針對騰雲號之歷史、營運狀況、後續修護經過等進行深入的調查考證，以利對騰雲號的歷史價值、保存意義全面定位。



圖 1、臺博館館藏騰雲號蒸汽火車頭現置於 228 和平公園內展示。

本研究擬配合前述文史調查研究案的執行，進行騰雲號蒸汽火車頭各項金屬構造的材質檢測鑑定，提供該文史調查研究案的佐證。騰雲號蒸汽火車頭長期以來未進行過科學檢測，故其各項金屬構造的材質未能得知，鑒於此物件極具重要性，故擬使用非破壞性之科學儀器檢測鑑定，希望能了解其材質組成及化學成分組成，作為臺博館未來展示、研究及保存維護用途之參考。

二、騰雲號蒸汽火車描述

有關騰雲號蒸汽火車描述係引用鐵道專家吳小虹老師執行臺博館委託執行「騰雲號蒸汽火車頭調查研究案報告書」(吳小虹, 2017)資料。

該報告將騰雲號目前狀況, 依據現有留存照片、修復歷史及現況分為4個時期探討, 分別是西元1887年原廠來臺時期、西元1893-1904年間、西元1904與1906年修整、及西元1999年修復。圖2顯示騰雲號蒸汽火車依據不同修改時期分別描述構件(吳小虹, 2017)。

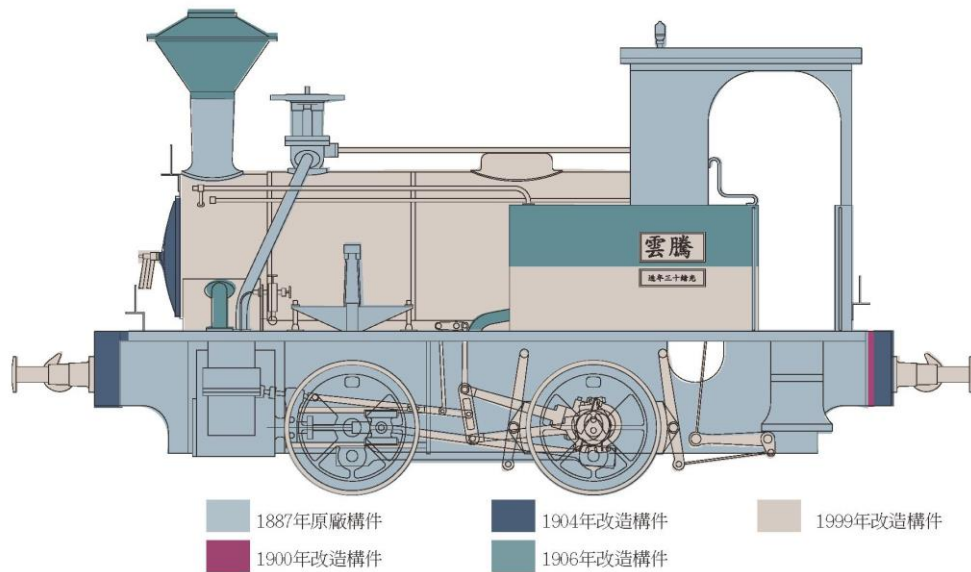


圖2、臺博館館藏騰雲號蒸汽火車頭各時期構件外觀判別圖(吳小虹, 2017)。

三、研究方法

(一)使用儀器

本研究針對騰雲號蒸汽火車頭之本體合金材質，使用可攜式非破壞性儀器分別檢測，以了解其組成合金化學成分；檢測所得資料，將做為未來典藏、保存、修復工作的依據。

合金材質化學成分檢測係使用由美國 THERMO NITON 生產 XL3t 型可攜式 X 光螢光分析儀 (Portable X-ray Fluorescent Spectrometer，以下簡稱可攜式 XRF，圖 3)，其具有非破壞性、簡易的樣品前處理、操作簡單、分析快速等優點，可以同時完成分析數據的計算、儲存、通訊，並即時顯示結果(方建能，2012)。每次檢測 X 光照射面積為 $1/4\pi\text{cm}^2$ ，分析元素包含由 Mg 至 U，可進行檢測樣品所含元素之定性或半定量分析。

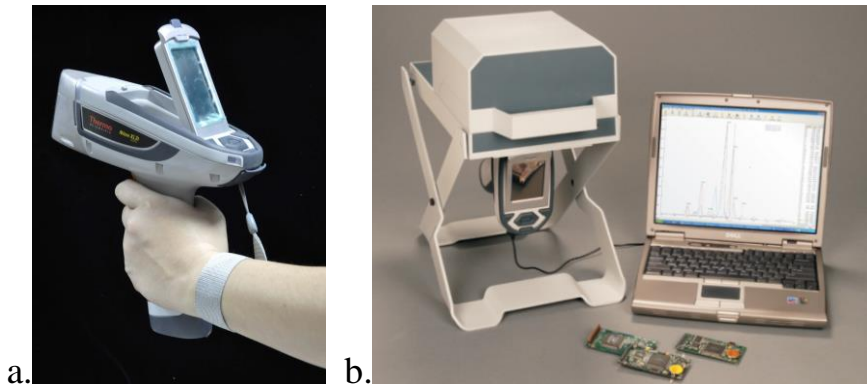


圖 3、檢測儀器-可攜式 X 光螢光光譜儀(a)主機，(b)電腦等相關附件。

(二)研究步驟

首先對於騰雲號蒸汽火車頭之本體進行外觀上的觀察，接著利用非破壞性的科學儀器—可攜式 X 光螢光光譜儀，對各部位合金檢測化學成分，最後歸納整理並進行討論。

騰雲號蒸汽火車頭因歷史悠久且經歷多次整修，更有難以計數的上漆保護，從外觀上即可看到車身皆被厚厚的漆所披覆，其中包括使用知名度極高的杜邦漆上漆保護 (吳小虹，2017)。杜邦漆種類繁多，塗料成分難以追溯，但推論含有穩定性極佳的矽(Si)成分，故本研究對於矽成分及含量不作討論；也因為避開漆塗料對檢測結果的影響，本研究皆盡量選擇無漆或漆層較薄處進行檢測。

四、結果與討論

(一)1887 年車身合金檢測

利用 XRF 檢測騰雲號蒸汽火車頭 1887 年車身合金化學成分，相關檢測資料整理如圖 4 及表 1。

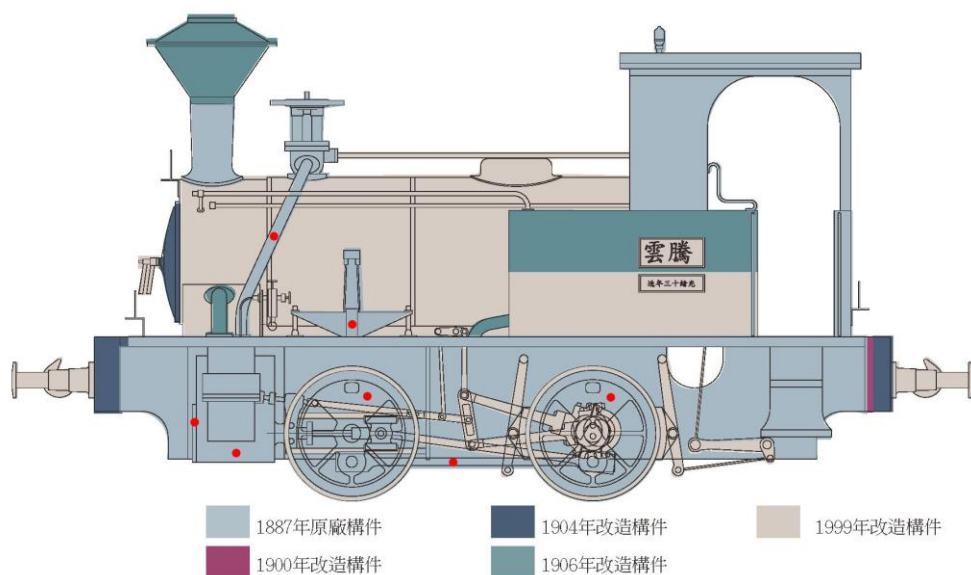


圖 4、臺博館館藏騰雲號蒸汽火車頭 1887 年構件檢測點(修改自吳小虹，2017)。

表 1、騰雲號蒸汽火車頭 1887 年各部位合金化學成分*。

檢測點	年代	Co	Fe	Ti	Al	Pb	Zn	Cu	Si	total	備註**
前內輪(左)	1887	1.30	46.82	10.49	1.45	0.26	18.77	0.07	18.15	97.30	Zr,Mn,Cr,V,S
前內輪(右)	1887	1.76	37.01	21.52	-	0.34	26.52	0.11	5.08	92.33	Mo,Zr,Mn,Cr,V,S,P
後內輪(左)	1887	1.12	50.50	5.14	-	0.04	25.55	0.15	16.16	98.66	Mn,Cr,V,S,P
後內輪(右)	1887	1.10	52.07	4.45	-	0.22	23.56	0.20	17.10	98.70	Mo,Zr,Mn,Cr,V,S
艾倫式傳動連桿 2(左)	1887	1.38	37.54	10.12	26.25	0.09	16.98	0.11	4.50	96.98	Mo,Zr,Mn,Cr,V,S
艾倫式傳動連桿 2(右)	1887	1.18	39.50	7.17	30.80	0.10	15.15	0.35	3.28	97.53	Zr,Mn,Cr,V,S,P
蒸氣注入管(左)	1887	1.36	27.01	10.14	2.65	0.24	20.15	0.13	36.49	98.17	Mo,Nb,Zr,Mn,V
蒸氣注入管(右)	1887	1.46	25.75	13.76	3.11	0.41	20.15	0.12	32.24	96.99	Mo,Nb,Zr,Mn,V
避震彈簧器(左)	1887	2.13	42.07	20.83	-	0.26	15.25	0.97	12.09	93.59	Nb,Zr,Mn,V,S
避震彈簧器(右)	1887	0.36	13.67	16.88	-	3.88	39.68	0.30	18.37	93.14	Mo,Nb,Zr,Mn,V
汽缸(左)	1887	0.98	20.78	28.23	-	0.67	29.54	0.08	10.80	91.09	Mo,Nb,Zr,W,Mn,V
汽缸(右)	1887	1.90	46.36	12.43	1.68	0.12	18.84	0.07	13.24	94.64	Mo,Nb,Zr,Mn,Cr,V,S
汽缸螺帽(左)	1887	0.80	84.17	0.49	1.16	0.12	1.82	0.17	8.64	97.37	Mo,Mn,Cr,V,S,P
汽缸螺帽(右)	1887	0.66	81.47	0.48	2.57	0.10	1.22	0.10	9.66	96.27	Mn,Cr,V,S

*"-表合金化學成分含量低於儀器最低可檢測數值。

**合金化學成分含量數值在 0.1-0.01%之間之元素。

內輪四個包括前、後之左與右側各一個，其中內輪之前輪左與右側檢測結果顯示（表 1），兩者同樣含有鐵、鋅、鈦、矽等主要元素種類，少量鉛、銅，微量的鋅、錳、鉻、釩及硫。其中鐵(37.10-46.82%)、鋅(18.77-26.52%)及鈦(10.49-21.52%)的含量差異大，可能代表曾經修繕而有不同材質的取代。

左右兩側兩個後輪，經檢測結果發現合金材質類似（表 1），主要組成元素種類及含量：鐵(50.50-52.07%)、鋅(23.56-25.55%)、矽(16.16-17.10%)、鈦(4.45-5.14%)、鈷(1.10-1.12%)，少量鉛、銅，微量的錳、鉻、釩及硫。

艾倫式傳動連桿 2 左、右兩個合金材質元素及含量類似（表 1），主要元素為鐵(37.54-39.50%)、鈦(7.17-10.12%)、鋁(26.25-30.80%)、鋅(15.15-16.98%)、鈷(1.18-1.38%)，少量銅、鉛，及微量鋅、錳、鉻、釩及硫。

蒸氣注入管有左右各一個，其合金材質主要元素種類及含量類似（表 1）：鐵(25.75-27.01%)、鈷(1.36-1.46%)、鈦(10.14-13.76%)、鋁(2.65-3.11%)、鋅(20.15%)、矽(32.24-36.49%)，少量鉛、銅，及微量鉬、鈦、鋅、錳、釩。

避震彈簧器左、右側各有一個，兩個檢測點顯示合金材質元素種類及含量差異甚大（表 1），其中鈷(0.36-2.13%)、鐵(13.67-42.07%)、鈦(16.88-20.83%)、鉛(0.26-3.88%)、鋅(15.25-39.68%)特別明顯。推測其中一個曾被更新，導致合金材質完全不同。

汽缸也是左、右側各一個，兩者檢測點顯示合金材質元素種類及含量差異甚大（表 1），其中鐵(20.78-46.36%)、鈦(12.43-28.23%)、鉛(0.12-0.67%)、鋅(18.84-29.54%)特別明顯。推測其中一個曾被更新，導致合金材質完全不同。

汽缸螺帽左、右側各檢測一個，兩者檢測點顯示合金材質元素種類及含量類似（表 1），兩者同樣含有鐵、鋅等主要元素種類，少量鉛、銅，微量的錳、鉻、釩及硫。

(二) 改良煙囪頭構件合金檢測

利用 XRF 檢測騰雲號蒸汽火車頭之改良煙囪頭構件合金化學成分，相關檢測資料整理如圖 5 及表 2。

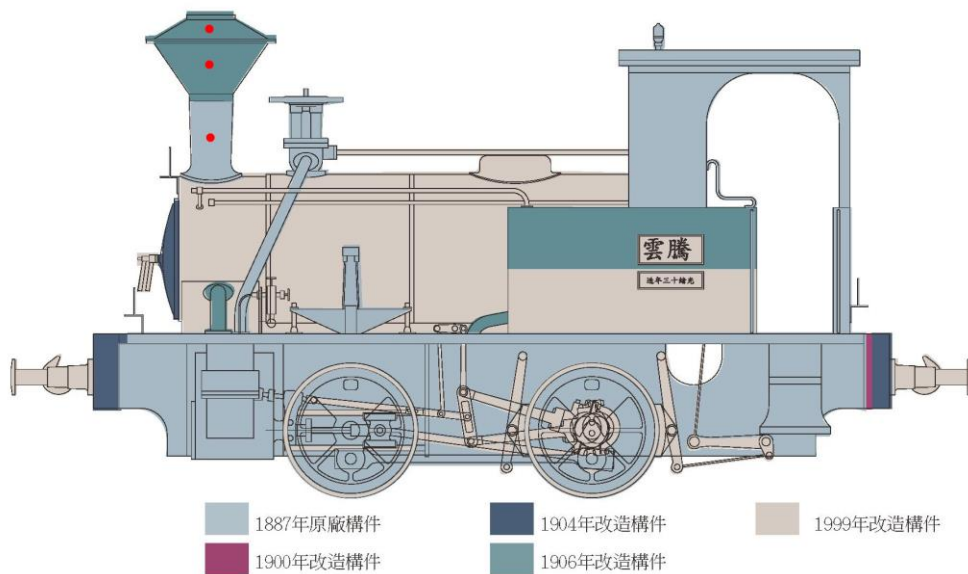


圖 5、臺博館館藏騰雲號蒸汽火車頭之改良煙囪頭構件檢測點(修改自吳小虹，2017)。

表 2、騰雲號蒸汽火車頭之改良煙囪頭構件合金化學成分*。

檢測點	年代	Co	Fe	Ti	Al	Pb	Zn	Cu	Si	total	備註**
改良煙囪頭上段	1906	0.90	47.70	6.61	2.74	5.55	11.65	0.17	23.31	98.63	Zr,Mn,Cr,V
改良煙囪頭中段	1906	1.46	38.06	9.05	-	0.09	17.28	0.07	31.99	97.99	Mo,Zr,Mn,Cr,V,S
改良煙囪頭下段	1887	1.51	35.64	7.54	-	0.03	16.49	0.07	36.42	97.68	Mo,Zr,Mn,Cr,V,S

*"-表合金化學成分含量低於儀器最低可檢測數值。

**合金化學成分含量數值在 0.1-0.01%之間之元素。

有關改良煙囪頭部分，可分成上、中、下三段，經檢測結果顯示詳見表 2。

改良煙囪頭中、下段兩個部位主要合金材質為鐵(35.64-38.06%)、鈦(7.54-9.05%)、鋅(16.49-17.28%)、鈷(1.46-1.51%)，少量銅，微量鉬、鋇、錳、鉻、鈮、硫。兩者合金材質極為類似。

改良煙囪頭上段與前述中、下段材質明顯不同，其中鋁(2.74%)為中、下段所不含的元素，鐵(47.70%)、鉛(5.55%)皆有差異，微量元素亦少了鉬及硫，故上段與中、下段合金材質不同。

上述測結果與吳小虹(2017)推論有不同。吳小虹(2017)認為上、中段兩段改良煙囪頭為 1906 年同時修繕；下段改良煙囪為 1887 年修繕。其中的差異在中段，本研究由合金材質檢測推論中段應與下段部位同時修繕且使用類似合金材質。

(三)1999 年車身合金檢測

利用 XRF 檢測騰雲號蒸汽火車頭 1999 年車身合金化學成分，相關檢測資料整理如圖 6 及表 3。

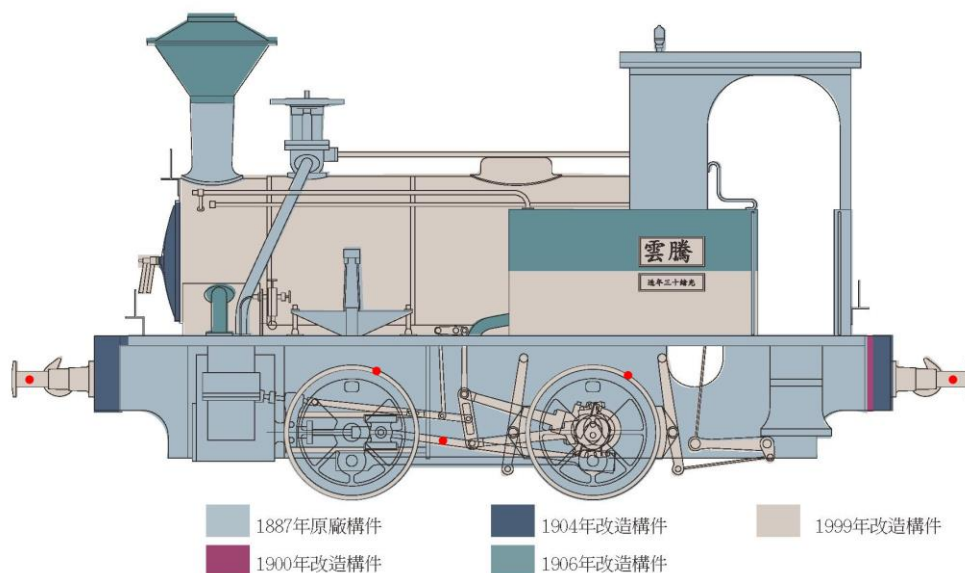


圖 6、臺博館館藏騰雲號蒸汽火車頭 1999 年構件檢測點(修改自吳小虹，2017)。

表 3、騰雲號蒸汽火車頭 1999 年各部位合金化學成分*。

檢測點	年代	Co	Fe	Ti	Al	Pb	Zn	Cu	Si	total	備註**
前緩衝 buffer(左)	1999	1.04	85.76	0.41	0.64	0.09	0.04	0.10	9.37	97.46	Mn,Cr,V,S
後緩衝 buffer(左)	1999	0.45	81.12	0.12	-	0.03	0.03	0.08	15.59	97.40	Mn,Cr,V,S
前緩衝 buffer(右)	1999	0.74	88.24	0.53	0.87	0.11	0.07	0.03	6.67	97.25	Mn,Cr,V,S
後緩衝 buffer(右)	1999	0.46	86.72	0.20	-	0.05	0.04	0.10	9.86	97.42	Mn,Cr,V,S
前車輪外框(左)	1999	1.29	55.55	2.95	31.84	0.04	1.55	0.10	4.74	98.06	Mo,Zr,Mn,Cr,V,S,P
前車輪外框(右)	1999	1.50	47.48	4.53	38.30	0.03	2.31	0.22	3.61	97.98	Mo,Zr,Mn,Cr,V,S
後車輪外框(左)	1999	0.96	41.09	3.62	27.44	0.57	22.63	0.17	2.59	99.07	Mo,Zr,Mn,Cr,V,S
後車輪外框(右)	1999	1.16	48.31	2.00	26.46	0.11	16.81	0.21	3.69	98.73	Mo,Zr,Mn,Cr,V,S
艾倫式傳動連桿 1(左)	1999	0.33	83.40	0.03	13.42	-	0.05	0.07	1.02	98.32	Mn,Cr,V,S,P
艾倫式傳動連桿 1(右)	1999	0.30	79.74	0.01	16.82	-	0.02	0.05	1.45	98.38	Mn,Cr,V,S,P

*"- "表合金化學成分含量低於儀器最低可檢測數值。

**合金化學成分含量數值在 0.1-0.01%之間之元素。

有關緩衝器 buffer 左右兩側及前後各一個，檢測結果（表 3）發現其合金材質主要皆為鐵(81.12-88.24%)及矽(6.67-15.59%)，少量的鈷、鈦、鋁、鉛、鋅、銅，另有微量的銻、錳、鉻、釩、硫等元素成分。由組成元素與含量皆極為類似的檢測結果，可推論四個緩衝器應屬同年代且同材質的合金。

車輪外框四個包括左右側與前後各一個，合金材質檢測結果（表 3）發現前輪左右側外框合金材質類似，主要組成成分為鐵(47.48-55.55%)、鋁(31.84-38.30%)、鋅(1.55-2.31%)、鈦(2.95-4.53%)、鈷(1.29-1.50%)，少量鉛、銅，微量鉬、鋯、錳、鉻、鈳及硫成分。

後車輪左右側外框合金材質類似，主要為鐵(41.09-48.31%)、鋁(26.46-27.44%)、鋅(16.81-22.63%)、鈦(2.00-3.62%)、鈷(0.96-1.16%)，少量鉛、銅，微量鉬、鋯、錳、鉻、鈳及硫成分。

綜合而言，由鋅及鋁成分含量明顯不同來看，推論前輪左右側外框與後輪左右側外框應非使用相同材質的合金。

艾倫式傳動連桿 1 左側與右側各有一個，檢測結果顯示（表 3），連桿 1 左、右兩個合金材質元素及含量類似，主要元素為鐵(79.74-83.40%)、鋁(13.42-16.82%)，少量鈷、鈦、鋅、銅，另有相同的微量元素錳、鉻、鈳、硫、磷。

艾倫式傳動連桿 1（表 3）及連桿 2（表 1）合金材質元素及含量明顯不同，推論確屬不同年代的不同材質的合金。

五、結論

利用 XRF 檢測騰雲號蒸汽火車頭車身合金化學成分，結果顯示有下類幾點發現：

- 1.有關 1887 年構件之內輪之前輪左與右側含鐵、鋅及鈦差異大，可能曾經修繕而有不同材質的取代；左右兩個後輪合金材質類似。艾倫式傳動連桿 2 左、右兩個合金材質主要含鐵、鈦、鋁、鋅、鈷等元素且含量類似。蒸氣注入管左右兩個合金材質主要元素種類及含量類似，主要元素為鐵、鈷、鈦、鋁、鋅。避震彈簧器左、右側各一個，兩者合金材質元素種類及含量差異大，推測其中一個曾被更新，導致合金材質完全不同。
- 2.有關 1887 年構件之汽缸左、右側各一個，鐵、鈦、鉛、鋅等合金材質元素種類及含量差異大，推測其中一個曾被更新，導致合金材質完全不同。汽缸螺帽左、右側各一個，檢測顯示合金材質元素種類及含量類似，兩者含鐵、鋅等主要元素種類及含量類似。
- 3.改良煙囪頭中、下段主要合金材質含鐵、鈦、鋅、鈷，兩者結果極為類似，但與上段材質在鋁，鐵、鉛等元素與含量明顯不同，可能代表不同時期的使用材料。此結果與吳小虹(2017)推論有不同。
- 4.有關 1999 年構件之緩衝器 buffer 左右兩側及前後各一個，檢測結果發現其合金材質主要皆為鐵，組成元素與含量皆極為類似。
- 5.有關 1999 年構件之前輪左右側外框合金材質類似，主要組成成分為鐵、鋁、鋅等；後車輪左右側外框合金材質類似，主要為鐵、鋁、鋅、鈦、鈷等成分。而由鋅及鋁成分含量明顯不同來看，推論前輪左右側外框與後輪左右側外框應非使用相同材質的合金。
- 6.有關 1999 年構件之艾倫式傳動連桿 1 左右側各一個，檢測結果顯示合金材質元素及含量類似，主要元素為鐵、鋁。此檢測結果與 1887 年構件之連桿 2 合金材質元素及含量明顯不同，推論確屬不同年代的不同材質的合金。

六、參考文獻

方建能 (2012) 手持式 X 光螢光光譜儀-可移動的文物非破壞性化學成分檢測利器。臺灣博物季刊，31 (1)：72-77。

吳小虹，《騰雲號蒸汽火車頭調查研究案報告書》(新樣工作室，2017年) 國立臺灣博物館，568 頁。