

國立臺灣博物館107年度自行研究計畫報告

臺博館館藏九號蒸汽火車頭之材質檢測

Alloy Composition Analysis on the No. 9 Steam Locomotive Collections
of National Taiwan Museum



方建能

典藏管理組

計畫期程：107年01月01日至107年12月31日止

目錄

	摘要-----	3
一、	前言-----	4
二、	研究方法-----	5
三、	檢測結果-----	6
四、	討論與結論-----	8
五、	參考文獻-----	13

臺博館館藏九號蒸汽火車頭之材質檢測

Alloy Composition Analysis on the No. 9 steam locomotive Collections of National Taiwan Museum

方建能

Jiann-Neng Fang

國立臺灣博物館典藏管理組

Department of Collection Management, National Taiwan Museum

摘要

年代遠超過一個世紀的九號蒸汽火車頭，與騰雲號並列為臺灣第一代蒸汽火車頭，亦為國立臺灣博物館的鎮館之寶之一。本研究希望藉由非破壞性之 X 光螢光分析儀檢測合金材質，以作為臺博館未來展示、研究及保存維護用途之參考。

利用 XRF 檢測九號蒸汽火車頭車身分連接器、鍋爐材質、傳動連桿、車輪、車架、腳踏板、車燈等合金材質成分。檢測結果顯示：連接器前後各一個，鐵為主要合金材質成分，為相同材質合金鑄造；鍋爐主要合金材質為鐵，有一個檢測點主要成分為鉛、鈦及鐵，明顯與其他檢測點有差異；傳動連桿左、右各有兩個，左、右傳動連桿的鐵皆為主要合金材質成分，但左、右兩側材質不同；車輪左、右各有前、中、後三個，左前輪、左中輪、右後輪、左後輪主要合金為鐵，與前者不同的右前輪、右中輪雖亦有鐵但含量差異甚大；車架有左、右側各一個鐵為主要合金材質，左右車架為相同材質；腳踏板左、右各一個鐵為主要合金成分；車燈左、右各一個，銅為主要合金成分且兩側材質相同。

關鍵詞： X 光螢光分析儀、合金材質、九號蒸汽火車頭。

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。但少為人知的是與騰雲號蒸汽火車頭完整保存，併列展示於二二八和平紀念公園內的九號蒸汽火車頭(圖 1)。



圖 1、臺博館館藏騰雲號(a)與九號蒸汽火車頭(b)現併置於 228 和平公園內展示。

有關騰雲號蒸汽火車頭曾由臺博館委託鐵道歷史專家吳小虹老師執行「騰雲號蒸汽火車頭調查研究案」，根據該案報告書(吳小虹，2017)對於騰雲號蒸汽火車頭身世有較明確的闡述，而筆者也於2018年執行國立臺灣博物館106年度自行研究計畫「臺博館館藏騰雲號蒸汽火車頭之材質檢測」，藉由非破壞性之X光螢光分析儀(XRF)檢測合金材質，除提供前述吳小虹老師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。

九號與騰雲號蒸汽火車頭之年代皆超過一個世紀，跨越清代、日治時期至今，同樣見證臺灣鐵路之發展，深具歷史意義。九號與騰雲號蒸汽火車頭自退役、安置於現址後，皆曾經過數次整修，惟歷次整修所留下之紀錄甚少，以致目前對於九號與騰雲號蒸汽火車頭相關身世、整修後之零件更動等問題，尚未有明確之定論。

九號蒸汽火車頭的文獻資料比騰雲號蒸汽火車頭更少，少數如高木宏之(1994)國鐵蒸機發達史-日本の蒸氣機關車；臺灣總督府鐵道部(1901/明治 34 年，1925/大正 14 年)之年報等。但針對九號蒸汽火車頭的描述當以鐵道歷史專家曹志明老師，於 2003 年臺灣博物季刊撰寫「期待復甦的九號蒸汽機車」一文有較詳細的描述。

綜整相關資料可知九號蒸汽火車頭的歷史概略：九號蒸汽火車頭原為 1872 年日本鐵道史上第一條營運線（新橋-橫濱間）使用的第一批蒸汽火車頭中之一型，九號蒸汽火車頭係由英國素以生產小型火車頭著稱的 Avonside Engine Company 公司於 1871 年所製造的六輪水櫃式蒸汽火車頭，全機運轉整備重量為 24.38 噸，動軸上重達 17.84 噸，採用一具操作壓力達 $9.8\text{Kg}/\text{cm}^2$ 的飽和式蒸汽

鍋爐，爐膛面積為 $0.93m^2$ ，傳熱面積則為 $55.74m^2$ 。九號火車頭抵臺之初最早配屬在南部線打狗（今之高雄），在當時的台灣已屬日本領土的一部分，這輛號稱“日本最古老”的蒸汽火車頭，在接下來的 20 年裡仍繼續轉戰嘉義、斗六、台南、打狗及打狗工場等地，於 1925 年正式除籍廢車。

本研究擬使用非破壞性之科學儀器檢測鑑定，進行九號蒸汽火車頭各項金屬構造的材質檢測鑑定，希望能了解其材質合金成分組成，作為臺博館未來展示、研究及保存維護用途之參考。

二、研究方法

(一)使用儀器

本研究針對九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 $1/4\pi cm^2$ ，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。

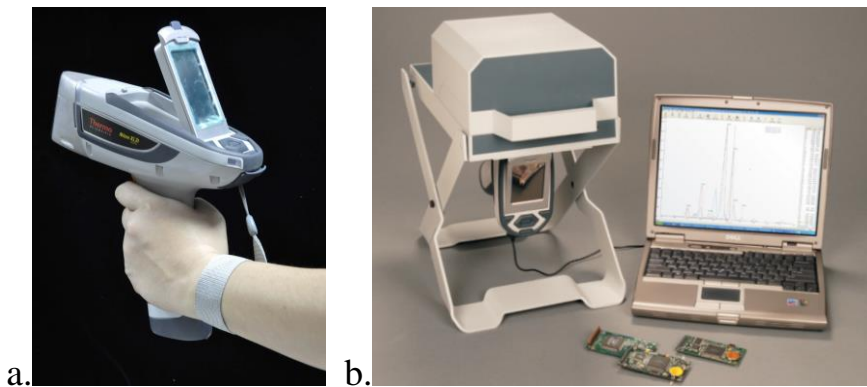


圖 3、檢測儀器-可攜式 X 光螢光光譜儀(a)主機，(b)電腦等相關附件。

(二)研究步驟

首先對於九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。

九號與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，且不同時期可能有多次的上漆保護，故本研究選擇無漆及上漆處分別進行檢測，除將檢

測數據呈現外，並加以比較與討論。

四、檢測結果

(一) 各部位構件檢測點位置

本研究利用 XRF 檢測九號蒸汽火車頭車身合金成分，相關檢測點名稱及位置資料整理詳如圖 4。圖 4 a 為左側，圖 4b 為右側

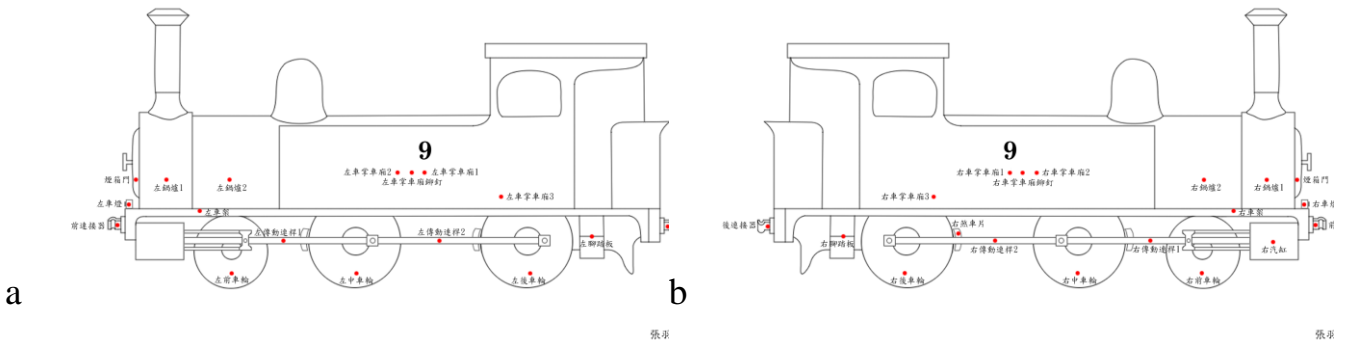


圖 4、九號蒸汽火車頭各部位構件檢測點：a 為左側，b 為右側。

(二) 各部位構件檢測合金成分

本研究利用 XRF 檢測九號蒸汽火車頭各部位構件檢測點車身合金成分，盡量選擇無漆或漆層較薄處進行檢測所得數據詳見表 1。

表 1 九號蒸汽火車頭無漆檢測點合金成分* (wt%)

檢測點	物件名稱	Sn	Mo	Nb	Zr	Pb	Zn	Cu	Ni	Co	Fe	Mn	Cr	V	Ti	Al	S	P	Si	Total
1	前連接器	0.02	0.01	0	0.01	0.91	3.30	0.26	0	0.85	83.09	1.32	0.27	0.95	2.22	0	3.80	0	2.50	99.51
2	後連接器	0	0.01	0	0.01	0.51	5.13	0.13	0	0.97	80.22	0.52	0.70	0.38	0.90	0	6.46	0	4.03	99.97
3	煙箱門	0	0.01	0.01	0.10	9.76	5.70	0.36	0	2.61	59.68	0.83	0	3.98	9.33	2.65	0	0	4.98	100.00
4	右鍋爐 1	0	0.01	0.01	0.03	3.09	6.29	0.30	0	1.28	82.86	0.25	0.27	0.99	2.09	0	0	0	2.24	99.71
5	左鍋爐 1	0	0.01	0.02	0.07	7.00	6.27	1.06	0	1.50	66.53	0.51	0	3.43	8.35	0	0	0	4.02	98.77
6	右鍋爐 2	0	0	0.06	0.55	31.72	1.58	0.31	0.26	3.2	15.81	2.00	0	8.94	25.34	0	0	0	10.17	99.94
7	左鍋爐 2	0	0	0	0.01	1.52	0.62	0.05	0	0.47	90.83	0.15	0.02	0.13	0.24	0	4.39	0.10	1.45	99.98
8	右汽缸	0.01	0	0	0.01	0.55	0.46	1.16	0	0.68	75.37	0.43	0.07	0.38	0.92	3.06	2.35	0	14.5	99.95
9	右傳動連桿 1	0	0	0.01	0.07	3.66	8.28	0.26	0	0.93	74.82	0.21	0.54	1.25	2.89	0	4.36	0	2.72	100.00
10	左傳動連桿 1	0	0.02	0.02	0.13	9.27	8.99	0.23	0	2.65	49.09	0.87	0	4.37	9.03	4.80	0	0	10.42	99.89
11	右傳動連桿 2	0	0.01	0.01	0.06	6.36	4.71	0.14	0	0.79	76.96	0.31	0	1.43	2.58	1.79	0.24	0	4.50	99.89
12	左傳動連桿 2	0	0.02	0.02	0.08	9.86	6.55	0.31	0	2.38	58.79	0.78	0	4.23	8.79	3.08	0	0	5.01	99.90
13	右熱車片	0	0	0	0.03	0.25	0.53	2.06	0	0	7.40	0	0	0.68	1.49	51.11	0	0	36.33	99.88
14	右前輪	0	0	0.04	0.51	21.62	2.17	0.37	0	2.71	26.53	2.06	0	7.74	14.3	10.18	0	0	11.61	99.84

15	左前輪	0	0.01	0.01	0.06	5.94	3.15	0.21	0	0.78	76.06	0.40	0	1.46	3.07	2.09	0	0	6.63	99.87
16	右中輪	0.56	0	0.01	0.18	6.00	1.10	0.61	0	0.64	45.26	0.66	0	2.02	4.56	5.73	4.85	0	27.74	99.92
17	左中輪	0	0.01	0.01	0.02	1.40	2.17	0.22	0.24	0.62	90.57	0.66	0.11	0.26	0.55	0	0.63	0	2.22	99.69
18	右後輪	0	0	0	0	0.17	0.59	0.04	0	0.44	89.71	0.12	0.07	0.16	0.36	1.26	1.60	0	5.45	99.97
19	左後輪	0	0	0	0	0.20	0.52	0.05	0	0.46	95.86	0.11	0.04	0.07	0.09	0	0.88	0	1.69	99.97
20	右車架	0	0	0	0	0.07	0.12	0.05	0	0.44	91.85	0.09	0.03	0.12	0.26	0.87	1.96	0.12	4.01	99.99
21	左車架	0	0	0	0	0.56	0.80	0.04	0	0.44	88.58	0.12	0.03	0.08	0.18	1.34	1.95	0.16	5.72	100.00
22	右腳踏板	0	0	0	0	0.02	0.59	0	0	0.32	91.65	0.75	0.1	0.05	0.19	1.01	1.00	0.10	4.22	100.00
23	左腳踏板	0	0	0.01	0.01	0.60	2.03	0.04	0	0.55	78.31	0.97	0.13	0.18	0.69	3.17	1.77	0.14	11.36	99.96
24	右傳動連桿墊片	8.27	0	0	0.04	4.67	3.43	66.12	0	0.08	2.28	0.17	0.03	0.86	2.11	2.25	0	0	9.66	99.97
25	右車掌車廂	0	0.01	0.01	0.04	35.88	4.22	0.13	0	1.85	42.73	0.32	0.32	0.78	1.96	4.93	0	0	6.80	99.98
26	右車燈	0	0	0	0	0	0	98.45	0	0	0.02	0	0	0	0.04	0	0	0	1.42	99.93
27	左車燈	0	0	0	0	0	0	99.05	0	0	0.02	0	0	0	0.03	0	0	0	0.86	99.96
		0.03	0.01	0.01	0.08	5.26	0.00	3.12	0.36	0.02	1.12	69.38	0.61	0.10	1.88	4.28	4.01	1.58	0.03	

**--表合金成分含量低於儀器最低可檢測數值。

**合金成分含量數值在 0.1-0.01%間之元素。

本研究利用 XRF 檢測九號蒸汽火車頭各部位構件檢測點車身合金成分，選擇有漆或漆層較薄處進行檢測所得數據詳見表 2。

表 2 九號蒸汽火車頭有漆檢測點合金成分* (wt%)。

檢測點	物件名稱	Sn	Mo	Nb	Zr	Pb	W	Zn	Cu	Ni	Co	Fe	Mn	Cr	V	Ti	Al	S	Si	Total
1	前連接器	0.03	0.02	0.01	0.03	3.63	0	8.46	0.42	0	2.68	64.80	0.96	0.86	3.00	7.04	0	4.09	3.61	99.64
2	後連接器	0	0.01	0.01	0.02	2.24	0	6.04	0.27	0	2.25	72.62	1.23	0.68	2.49	5.59	0	3.84	2.57	99.86
3	煙箱門	0	0.04	0.04	0.25	16.24	0	7.03	0.25	0	3.90	27.41	2.18	0	9.67	21.20	5.02	0	6.57	99.80
4	右鍋爐 1	0	0.02	0.03	0.11	9.02	0	7.90	0.55	0	3.60	40.15	1.48	0	8.05	20.04	2.25	0	6.76	99.96
5	左鍋爐 1	0	0.03	0.03	0.20	9.11	0.28	5.14	0.63	0	3.39	31.42	2.36	0	11.00	26.33	3.43	0	6.52	99.87
6	右鍋爐 2	0	0	0.05	0.52	20.31	0	2.68	0.26	0.45	2.77	18.09	3.13	0	11.82	29.46	0	0	10.31	99.85
7	左鍋爐 2	0	0	0.04	0.42	26.97	0.34	6.21	0.16	0.29	1.78	15.90	2.87	0	11.88	25.85	0	0	6.86	99.57
8	右汽缸	0	0.03	0.03	0.11	10.9	0	20.37	0.23	0	3.26	37.46	1.19	0	5.74	11.90	3.61	0	4.99	99.82
9	右傳動連桿 1	0	0.02	0.02	0.09	8.73	0	8.92	0.20	0	3.34	45.88	0.97	0	4.82	10.03	4.14	0	12.77	99.93
10	左傳動連桿 1	0	0.03	0.03	0.10	11.14	0	11.22	0.27	0	3.99	41.48	1.21	0	5.24	10.60	5.15	0	9.41	99.87
11	右傳動連桿 2	0	0.03	0.03	0.08	9.93	0	9.41	0.22	0	4.10	55.81	0.83	0	3.68	7.38	3.96	0	4.54	100.00
12	左傳動連桿 2	0	0.03	0.02	0.07	9.04	0	10.78	0.35	0	3.65	55.57	0.73	0	4.4	9.33	0	0	4.60	98.57
13	右煞車片	0	0	0	0.14	10.38	0	2.67	3.99	0	1.94	19.2	4.29	0	13.94	27.85	3.53	0	11.82	99.75
14	右前輪	0	0.03	0.03	0.12	14.1	0.23	6.18	0.54	0	3.42	42.65	1.21	0	4.51	8.68	5.67	0	12.63	100.00
15	左前輪	0	0.01	0.02	0.05	5.64	6.75	56.10	0.13	0	0.83	17.51	0.56	0.87	3.58	7.95	0	0	0	100.00
16	右中輪	0	0.02	0.02	0.07	6.91	0	6.20	0.25	0	2.82	50.91	1.25	0	4.83	9.62	4.64	0.56	11.77	99.87

17	左中輪	0	0	0.03	0.32	16.79	0.43	12.69	0.23	0	1.45	19.75	2.13	0	9.63	20.09	4.57	0	11.86	99.97
18	右後輪	0	0.04	0.04	0.28	17.54	0.45	6.98	0.22	0	2.97	24.39	2.55	0	9.64	18.53	7.81	0	8.54	66.98
19	左後輪	0	0.01	0.01	0.01	3.86	0	8.31	0.08	0	1.81	76.76	0.25	0.81	0.88	2.23	0	1.4	3.03	99.45
20	右車架	0	0.02	0.03	0.08	10.16	0	10.85	0.32	0	3.81	49.93	1.12	0	5.48	12.01	0	0	4.65	98.46
21	左車架	0	0.01	0.01	0.07	17.73	0	9.08	0.22	0	3.73	45.99	0.91	0	4.74	10.29	3.12	0	4.10	100.00
22	右腳踏板	0	0.02	0.02	0.05	6.15	0	16.94	0.14	0	2.27	59.03	0.87	1.1	2.27	5.23	1.94	0	3.89	99.92
23	左腳踏板	0	0.03	0.04	0.11	12.91	0.84	15.05	0.17	0	2.79	26.16	1.63	0	7.22	16.2	4.21	0	12.61	99.97
24	右車掌車廂 1	0	0	0.05	0.52	17.78	0.23	1.12	0.3	0.54	4.14	12.73	2.95	0	14.62	36.61	0	0	8.37	99.96
25	右車掌車廂 2	0	0	0.08	0.55	33.97	0	0.45	0	0	4.51	3.57	1.01	0	12.91	35.56	0	0	7.25	99.86
26	右車掌車廂 3	0	0.04	0.03	0.16	12.53	0.69	8.84	0.09	0.14	3.08	27.91	1.85	0	9.54	23.73	4.57	0	6.62	99.82
27	左車掌車廂 1	0	0	0.04	0.56	13.81	0.30	1.51	0.46	0.47	4.43	11.13	2.91	0	15.23	38.39	0	0	10.76	100.00
28	左車掌車廂 2	0	0.03	0.03	0.22	22.28	3.78	24.32	0	0	1.91	8.99	1.79	0	11.04	25.52	0	0	0	99.91
29	左車掌車廂 3	0	0.05	0.02	0.08	6.95	0	1.02	0.22	0	4.41	52.87	1.21	0	6.05	14.72	0	5.96	5.21	98.77
30	左車掌車廂腳釘	0	0.01	0.01	0.06	12.42	3.13	3.65	61.51	0.07	0.24	4.45	0.31	0.72	3.76	9.42	0	0	0	99.76
31	右車掌車廂腳釘	0	0	0	0.71	12.47	0	0.63	10.35	0.47	5.33	7.61	2.09	0	14.43	38.39	0	0	7.45	99.73
		0.00	0.02	0.03	0.14	11.28	0.41	11.10	0.44	0.03	2.89	40.82	1.56	0.19	6.46	14.06	2.74	0.43	0.00	

**.”表合金成分含量低於儀器最低可檢測數值。

**合金成分含量數值在 0.1-0.01%間之元素。

五、討論與結論

利用 XRF 檢測九號蒸汽火車頭車身材質成分，結果分連接器、鍋爐材質、傳動連桿、車輪、車架、腳踏板、車燈、漆等檢測點討論：

(一)連接器材質

連接器前後各一個(圖 4)，檢測點編號 1 及 2(表 1)。檢測結果顯示：鐵(Fe)含量 83.09 及 80.22%，為主要合金材質成分，另有少量及微量錫(Sn)、鉬(Mo)、鋯(Zr)、鉛(Pb)、鋅(Zn)、銅(Cu)、鈷(Co)、錳(Mn)、釩(V)、鈦(Ti)、硫(S) 及矽(Si) 成分，兩個檢測點數據相近，代表連接器為相同材質合金鑄造。

(二)鍋爐材質

鍋爐(圖 4)檢測點四個(表 1)，檢測結果顯示：其中編號 4、5、7 皆顯示主要合金材質為鐵(Fe)，含量 82.86、66.53、90.83%，另皆有少量及微量鉬(Mo)、鈮(Nb)、鋯(Zr)、鉛(Pb)、鋅(Zn)、銅(Cu)、鈷(Co)、錳(Mn)、鉻(Cr)、釩(V)、鈦(Ti)、硫(S)及矽(Si) 成分。

編號 6 檢測點(表 1)主要成分為鉛(Pb)31.72%、鈦(Ti)25.34%及鐵(Fe)15.81%，另皆有少量及微量鈮(Nb)、鋯(Zr)、鉛(Pb)、鋅(Zn)、銅(Cu)、鈷(Co)、錳(Mn)、釩(V)、鈦(Ti)及矽(Si)成分，明顯與其他檢測點有差異。

(三)傳動連桿材質

傳動連桿左、右各有兩個(圖 4)，檢測點左側編號 9、11，右側編號 10、12(表 1)，檢測結果顯示：右傳動連桿 1 及 2，鐵含量高達 74.82%及 76.96%，另有含量相近的鉬(Mo)、鈮(Nb)、鋯(Zr)、鉛(Pb)、鋅(Zn)、銅(Cu)、鈷(Co)、錳(Mn)、鉻(Cr)、釩(V)、鈦(Ti)、鋁(Al)、硫(S)及矽(Si) 成分。

左傳動連桿 1 及 2，鐵含量分別為 49.09%及 58.79%，另有含量相近的鉬(Mo)、鈮(Nb)、鋯(Zr)、鉛(Pb)、鋅(Zn)、銅(Cu)、鈷(Co)、錳(Mn)、釩(V)、鈦(Ti)、鋁(Al)及矽(Si) 成分。

推測左傳動連桿 1 及 2 為同一材質，右傳動連桿 1 及 2 為同材質，但左、右兩側材質不同。

(四)車輪材質

車輪左、右各有前、中、後三個(圖 4)，右側檢測點編號 14、16、18，左側檢測點編號 15、17、19(表 1)。由檢測結果顯示：左前輪、左中輪、右後輪、左後輪，主要合金為鐵，含量分別 76.06、90.57、89.71、95.86%，另含有少量或微量的鉬(Mo)、鈮(Nb)、鋯(Zr)、鉛(Pb)、鋅(Zn)、銅(Cu)、鎳(Ni)、鈷(Co)、錳(Mn)、鉻(Cr)、釩(V)、鈦(Ti)、鋁(Al)、硫(S) 及矽(Si)成分。

與前者不同的右前輪、右中輪雖亦有鐵(Fe)26.53%及 45.26%，但含量差異甚大，尤其在鉛(Pb)、鈷(Co)、釩(V)、鈦(Ti)、鋁(Al)、鋁(Al)亦有明顯不同成分。

由檢測結果推測右前輪、右中輪之合金材質與另外四個不同成分。

(五)車架材質

車架有左、右側各一個(圖 4)，檢測點編號 20 及 21(表 1)。由檢測結果顯示：鐵(Fe)含量高達 91.65 及 88.58%為主要合金材質，另含少量及微量鉛(Pb)、鋅(Zn)、銅(Cu)、鈷(Co)、錳(Mn)、鉻(Cr)、釩(V)、鈦(Ti)、硫(S)、磷(P)及矽(Si)成分。由檢測結果推測左右車架為相同材質。

錫(Sn)、鉬(Mo)、鈮(Nb)、鋯(Zr)、鉛(Pb)、鋅(Zn)、銅(Cu)、鎳(Ni)、鈷(Co)、錳(Mn)、鉻(Cr)、釩(V)、鈦(Ti)、硫(S)、磷(P)及矽(Si)

(六)腳踏板材質

腳踏板左、右各一個(圖 4)，檢測點編號 22 及 23(表 1)。由檢測結果顯示：鐵(Fe)為主要合金成分，含量分別為 91.65 及 78.31%，另含少量及微量鈮(Nb)、鋯(Zr)、鉛(Pb)、鋅(Zn)、銅(Cu)、鈷(Co)、錳(Mn)、鉻(Cr)、釩(V)、鈦(Ti)、鋁(Al)、硫(S)、磷(P)及矽(Si) 成分。由檢測結果推測左、右腳踏板為相同材質。

(七)車燈材質

車燈左、右各一個(圖 4)，其合金部位檢測點編號 26 及 27(表 1)。由檢測結

果顯示銅(Cu)為主要合金成分，含量高達 98.45%及 99.05%，另含有少量及微量鐵(Fe)、鈦(Ti)及矽(Si)成分。由檢測結果推測左、右車燈為相同材質。

(八)漆的主要化學成分

利用 XRF 檢測九號蒸汽火車頭車身有漆合金檢測點 1-23(表 2)數據平均值，與無漆合金檢測點 1-23(表 1)數據平均值相減結果，可顯示漆的主要化學成分依序為鈦、鋅、鉛、釩、鈷與錳等成分(表 3)。

表 3 九號火車頭檢測點油漆平均合金成分* (wt%)

	Sn	Mo	Nb	Zr	Pb	W	Zn	Cu	Ni	Co	Fe	Mn	Cr	V	Ti	Al	S	P	Si
有漆	0.00	0.02	0.03	0.14	11.28	0.41	11.10	0.44	0.03	2.89	40.82	1.56	0.19	6.46	14.06	2.74	0.43	0.00	7.15
無漆	0.03	0.01	0.01	0.08	5.26	0.00	3.12	0.36	0.02	1.12	69.38	0.61	0.10	1.88	4.28	4.01	1.58	0.03	7.98
有漆-無漆	-0.03	0.01	0.02	0.06	6.02	0.41	7.98	0.08	0.01	1.77	-28.56	0.95	0.09	4.58	9.78	-1.27	-1.15	-0.03	-0.83

檢測含量數值在 0.1% 以下元素因屬微量，不予討論。

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(2017)騰雲號蒸汽火車頭調查研究案報告書。國立臺灣博物館，568 頁。

高木宏之(1994)國鐵蒸機發達史-日本の蒸氣機關車。Neko Publishing Co. LTD., 東京。

臺灣總督府鐵道部(1901/明治 34 年)臺灣總督府鐵道部第三年報，第三章。台北，pp36，pp41。

臺灣總督府鐵道部(1925/大正 14 年)臺灣總督府鐵道部第二十七年報。台北，pp48。

曹志明(2003)期待復甦的九號蒸汽火車頭。臺灣博物季刊，22(3):18-21。