

初探香港小學生對「工程師」的印象

吳本韓¹、麥子彬²、簡樂怡³、顏源峰²、蔡雄輝²

1 香港中文大學教育學院

2 嶺南大學香港同學會小學

3 香港中文大學工程學院

電郵：phng@cuhk.edu.hk

收稿日期：二零一五年五月二十三日

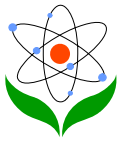
(於二零一五年六月二十七日再修定)

內容

- [摘要](#)
- [引言](#)
- [文獻探討](#)
- [研究方法](#)
- [結果及分析](#)
 - [問卷](#)
 - [訪談](#)
- [討論](#)
- [結論](#)
- [參考文獻](#)

摘要

STEM 是現今科學教育發展的重要議題，STEM 四個英文字母分別代表科學 (Science)、科技(Technology)、工程 (Engineering) 與數學 (Mathematics)，推行 STEM 教育的其中一個目的是希望培養 K-12 (幼稚園、小學、中學) 的學生，將來從事和 STEM 有關工作的興趣，故此了解學生對和 STEM 相關的行業的印象變得尤為重要。本文會報告一個小型的先導研究，目的是探討香港小學生對工程師的印象。研究方法是問卷收集一所小學的六年級學生 (N = 43) 對工程師的看法，並將他們的數據和 30 多位大學工



程系學生填寫同一問卷所得的數據作比較，結果顯示小學生偏向認為工程師的工作與建築及屋宇維修有關，並認為工作比較辛苦，不希望將來從事工程師的工作。

關鍵字：小學生對工程師的印象，STEM 教育，小學常識科

引言

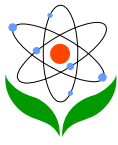
STEM 教育這概念源於美國，最初是以 SMET 作為縮寫，但因它的發音近似 SMUT（淫穢圖書），在上世紀 90 年代初便把它改為 STEM（Sanders, 2009）。近年美國已將 STEM 教育這議題提升至國家的戰略層面（NAS, 2012），為此，美國總統奧巴馬 2015 年的財政預算亦預計將會投放約 34 億美元支持相關的項目（US Government, 2015）。由於美國在 STEM 教育這方面做的研究比較多，因此本文的研究及討論，主要是參考美國在這方面的工作。

推行 STEM 教育除了是強化學生在科學、科技、工程和數學各範疇的知識外，也強調跨範疇的融合和應用，並注重培養學生各種高階能力，如適應能力（adaptability）、溝通能力、非常規的解難能力（nonroutine problem solving）、自我管理及系統思維（system thinking）等（Bybee, 2010），從而增強學生在現今急速變化的社會中的競爭力。另一重要的目標是希望能吸引更多 K-12（幼稚園、小學、中學）的學生，有興趣將來從事和 STEM 有關的工作，故此了解學生對和 STEM 有關的行業和工作人員的印象變得重要。

在現今的中、小學課程，STEM 的科目主要是指科學和數學，有關這兩學科的教育研究也比較多，而工程教育在中、小學的研究則相對少很多。數個科學教育的研究已指出，學生對科學的本質（Nature of science, NOS）的了解程度和學生對科學的興趣及概念的掌握，有著正相關的關係（Finson, 2002; McComas et al., 1998; Sadler et al., 2004）。雖然找不到有關工程教育在這方面類似的研究，但相信了解學生對「工程」和「工程師」的認識程度對推廣 STEM 教育肯定有幫助。

不過這方面的研究才處於剛起步的階段，在美國也是近年才發表了數個這方面的研究報告，內容集中討論學生有哪些看法和分析所用的研究工具。這次先導計畫是參考這些研究曾用過的研究工具（問卷、訪談、畫圖）來嘗試回答以下兩條研究問題：

1. 樣本中的香港小學六年級學生對「工程」有何看法？
2. 樣本中的香港小學六年級學生對「工程師」有何看法？



文獻探討

在科學教育的研究中，可以找到很多有關 NOS 的研究，並對不同年級的學生可學習哪些 NOS 內容，已發展出有一套廣為接受的想法和標準 (NRC, 2012; NRC, 2013)。但相對於工程教育，有關「工程的本質」的研究才處於剛起步的階段 (Ihde, 2004)。

Karatas et al. (2011) 從不同文獻中的一些個別看法，歸納出以下一個「工程的本質」的模型：

工程是一個協同合作和反覆測試的解難活動 (Bucciarelli, 2003; Dym, 1994; Koen, 2003; Vincenti, 1990)，其答案是暫時的 (tentative) (Koen, 2003)。

工程需要依靠現有的科學和數學理論 (Adams, 2004)。

工程需要創造力及想像力，並以新穎的方式整合不同的科學、數學理論和社會價值去解決問題 (Adams, 2004; Rogers, 1983)，或簡化非常複雜的問題 (Dym et al., 2005; Koen, 2003; Matthews, 1998)。

工程涉及設計一些物件或系統 (Bucciarelli, 2003; Dym et al., 2005; Lewin, 1983; Vincenti, 1990; Wulf, 2002)。

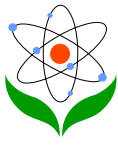
除了考慮顧客的需要外，工程也要考慮對環境、社會和文化的影響 (Adams, 2004; Dym, 1999; Dym et al., 2005; Mitcham, 1998; Rophl, 2002)。

Capobianco et al. (2011) 也從其他研究，歸納出工程師的工作須要：

- 有創意
- 運用科學、數學和科技
- 與人合作
- 設計我們身邊的各種事物
- 解決困難

那麼，學生對「工程」或「工程師」的看法，是否和以上結果差不多？這方面的研究不多，而關於小學生 (elementary school students) 的研究則更少，不過所有研究都發現小學生對工程師的工作存有誤解，例如他/她們將工程師等同汽車修理員、從事體力勞動的工人、技術員或大型機械操作員，日常的工作包括修理各樣物件 (例如汽車)，興建樓宇和橋樑等。(Capobianco et al., 2011; Cunningham et al., 2005; Fralick, et al., 2009)。

以下會描述較近期的三個研究，內容主要是有關它們的研究方法及結果。



1. Karatas et al. (2011) 從兩所小學的 370 名六年級學生中，根據性別隨機選出 10 男和 10 女。參與的學生會首先給予最短 30 分鐘畫一幅圖畫，內容是工程師或工程師做的工作，然後進行個人訪談，訪談內容主要分為三部分：

(1) 有關圖畫的內容；

(2) 向學生展示有關過山車、高速公路、太空穿梭機、不同年代的電視遊戲機等照片，然後問學生在建造或生產這些東西時，工程師在當中做甚麼工作？

(3) 其他預設的問題，例如工程對日常生活的影響、工程和科學的分別等。

研究結論以‘天真(naive)’來形容小學生對工程師或工程的認識，大部分學生認為工程師的工作是製造或組裝汽車、或建築樓宇和橋樑等。結果也顯示小學生對工程師的印象並不穩定，答案會隨著訪問的時間而作出改變，例如，有一位男孩最初認為是工程師修建高速公路，但是最後改變答案為建築師。此外，即使學生於訪問中並不認同工程師是男性的職業，但在圖畫中卻只有一位女學生畫的工程師是女性，但當訪問她時，她說：“女性可以做工程師，但不會是我。”

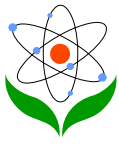
在有關工程的本質方面，大約有半數同學畫的圖畫顯示工程師會做少許有關計劃、發明或設計的工作，但也同時認為工程師須控制機械或駕駛汽車，更有兩人認為工程師是須穿著勞動工作服工作。

2. Capobianco et al. (2011) 於兩所不同背景的學校，邀請了 396 名來自一年級至五年級的小學生（每級 4 班，共 20 班）參與研究，每名學生會以「正在工作中的工程師（an engineer doing engineering work）」為題，畫一幅圖畫。研究員除了分析這些圖畫外，再從各班挑選 4 名學生，進行了共 80 次的個人訪談。

結果發現超過一半學生對工程師的看法可分為 4 類，他們認為工程師：(1) 是維修機械或駕駛汽車和貨車的技工（mechanic）（46%）；(2) 是維修或建造樓宇、道路等的工人（laborer）（19%）；(3) 是維修電腦及電子產品的技術人員（technician）（7%）；(4) 是從事設計的人（6%）。

研究還發現，居住於城市的學生會偏向認為工程師是工人，而生活於城市外圍的學生則偏向認為工程師是技術人員。在性別偏向方面，研究亦發現小學生認為工程師大多為男性。

3. 美國波士頓科學館邀請了 1126 位小學生及 63 位退休的工程師回答有關工程師工作的問卷（Lachapelle et al., 2012），結果顯示兩者對工程師的理解差異非常大。小學生在工程的理解上仍然在於修理和安裝上，較少認為工程師的工作會包括發明和改良，這與退休工程師的選擇大約相差了 50%。此外，該研究還指出學生比較在意有關工程師工



作中的名詞(noun)，而不是工作中涉及的動詞(verb)，例如他們會認為工程師會修理及安裝電器或汽車，但不認為改良及發明非電子或非汽車類產品是和工程師有關。而在修理及安裝方面，學生亦偏向選擇有關摩打、引擎或汽車等比較機械性的物件。

研究方法

由於受小學生的書寫能力所限，前文描述的研究用的研究方法和工具有訪談、畫圖、看圖片然後評論、以及填寫只有「是非題」及「李克特量表 (Likert Scale) 選擇題」的問卷。

是次先導研究的數據來自一所小學的兩班六年級學生，共 43 人。研究工具主要是問卷，原因是收集數據的時間比較短，不需學校作特別的安排及不太干擾學生上課的時間。除用問卷外，也從每班各邀請了 2 名學生作個人訪談，內容包括：

(1) 解釋問卷中比較特別的答案；

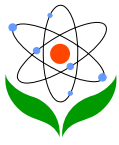
(2) 展示 4 件物件（筆、手表、舊式的 GSM 手機、4G 智能手機），請學生解釋這些物件的製造過程是否和工程師有關？甚麼地方有關？

(3) 如學生願意，請他/她以畫圖來解釋工程師的工作。

所用的問卷是修訂自美國波士頓科學館 EiE 計畫 (Engineering is Elementary Project) 的問卷 (Lachapelle et al., 2012)，當中刪減了部分題目，原因是香港小學生可能不熟悉這些題目中的情境，例如「用磚來建煙囪」和「在跑道上賽車」等。此外亦增加了一些活動的描述，例如 EiE 的問卷有一項是「運用模型 (using models)」，因擔心學生可能誤會模型為模型玩具，所以除了保留原有的描述外，還加了「模仿真實物件造一件小的作品，然後用它來測試各種構思」這一項。

是次先導研究用的問卷有三部分，第一部分描述了 20 項活動或工作 (Q1-Q20)，學生會以 1 至 6 來表達他們認為每項活動或工作對工程師這行業的重要性 (1 代表‘非常不重要’，6 代表‘非常重要’) (表 1)。第二部分列出 30 項工作 (Q31-Q50) (圖 1)，學生只要答‘是’或‘否’來表達他們認為每項工作否由某些工程師來做，不過當中 Q43 和 Q46 的內容一樣，所以實際上這部分只有 29 條題目。第三部分有 5 項描述 (Q51-Q55)，學生會以 1 至 6 來表達他們對各項描述的同意情度 (1 代表‘非常不同意’，6 代表‘非常同意’) (表 4)。

此外，亦於大學邀請工程系的學生填寫另一份問卷，該問卷的第一部分和第二部分與小學生的問卷一樣，第三部分則是有關他們報讀工程系前和將來畢業後的描述。問卷上已說明第一部分和第二部分是用來收集小學生對工程這行業的看法，而他們的答案



在某程度上會被視為代表業內的眼光。由於分派和填寫問卷是在學生上課前進行，時間比較緊迫，只收回 39 份問卷，而當中有 11 份的回應有遺漏，最後有效的問卷是 28 份。因填寫問卷的時間比較匆忙，而大部分學生還未曾真正從事工程的工作，他們的回應只會用來比較小學生的數據，而不會視為問卷中各問題的正確答案。

結果及分析

問卷

這次先導研究的數據來自一所小學的兩班六年級學生，分別有 22 人及 21 人，共 43 人（22 名男學生；21 名女學生）。

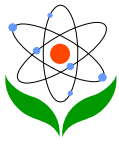
問卷的第一部分

這部分描述了 20 項活動或工作（Q1-Q20），學生會以 1 至 6 來表達他們認為每項活動或工作對工程師這行業的重要性。表 1 是以小學生的平均數遞減來排序（平均數下的括弧顯示該平均數的排序：1 表示該平均數是組內各平均數的最大值；20 是表示最小值）。表 1 也同時列出工程系大學生的數據，兩組學生在‘比較不重要’的選項差別不大，在各自平均數最低的 5 項中，有 4 項相同，它們分別是「興建大樓」、「幫助他人修理壞了的物件」、「為其他工程師撰寫報告」和「運載人到不同的地方」。

但在平均數最高的 5 項中，兩組學生的選項有明顯的差異，當中只有兩項相同，它們分別是「思考不同解決困難的方法」和「理解科學原理」，這兩項是小學生所選的第四和第五位，他們的首三項是「和其他人一起工作」、「做實驗」和「用工具來製造物件」，但很難為這五項找出共通的地方。大學生得分最高的另外三項是「測試自己的構思」、「運用創意」和「運用數學」，很明顯他們認為比較重要的頭五項都和思考有關。

表 1: 活動或工作對工程師的重要性

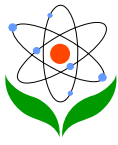
活動或工作	小學生			工程系大學生		
	範圍	平均數 (排序)	標準差	範圍	平均數 (排序)	標準差
Q2 和其他人一起工作	1-6	5.35 (1)	1.17	1-6	4.79 (6)	1.17
Q10 做實驗	1-6	5.24 (2)	1.08	1-6	4.67 (8)	0.90
Q6 用工具來製造物件	1-6	5.19 (3)	1.10	1-6	4.66 (9)	1.15
Q18 思考不同解決困難的方法	1-6	5.07 (4)	1.11	3-6	4.89 (2)	0.83



Q1 理解科學原理	1-6	4.98 (5)	1.06	3-6	4.87 (4)	0.77
Q12 模仿真實物件造一件小的作品，然後用它來測試各種構思	1-6	4.83 (6)	1.15	1-6	4.24 (14)	1.02
Q8 運用創意	1-6	4.81 (7)	1.35	1-6	4.87 (3)	1.20
Q19 操作機器	1-6	4.77 (8)	1.25	3-6	4.54 (10)	0.97
Q3 測試自己的構思	1-6	4.67 (9)	1.06	1-6	5.05 (1)	0.94
Q17 向其他人發表他們的發現	1-6	4.67 (10)	1.30	1-6	4.31 (11)	1.22
Q14 利用工具修理壞了的東西	1-6	4.63 (11)	1.18	1-6	3.95 (15)	1.39
Q5 運用模型	1-6	4.58 (12)	1.38	1-6	4.68 (7)	0.93
Q4 運用數學	1-6	4.49 (13)	1.24	3-6	4.85 (5)	0.84
Q15 閱讀有關發明作品的文章	1-6	4.48 (14)	1.27	1-6	4.26 (12)	1.19
Q16 修理引擎	1-6	4.30 (15)	1.34	1-6	3.46 (19)	1.37
Q13 興建大樓	1-6	4.21 (16)	1.37	1-6	3.62 (17)	1.39
Q11 幫助他人修理壞了的物件	1-6	4.14 (17)	1.35	1-6	3.59 (18)	1.48
Q9 寫下自己的想法	1-6	4.07 (18)	1.53	1-6	4.26 (13)	1.21
Q7 為其他工程師撰寫報告	1-6	3.84 (19)	1.36	1-6	3.95 (16)	1.16
Q20 運載人到不同的地方	1-6	3.79 (20)	1.46	1-6	3.33 (20)	1.46

EiE 曾對他們的數據進行探索性因數分析 (exploratory factor analysis) (Lachapelle et al., 2012), 最後找到 4 個因素, 其中兩個可理解為「對工程重要 (important to engineering)」和「對工程不重要 (not important to engineering)」, 但另兩個因素則無法理解。他們再在「對工程重要」這因素中找到兩個次因素 (sub-factors), 分別是「思考、數學、科學、創意與模型」和「與他人溝通」, 這 3 個可理解的因素已包括了他們 21 項描述的 19 項。我們這次研究收集的數據很少, 無法進行類似的因素分析, 不過參考 EiE 的結果, 我們根據那 3 個因素將表 1 各項目分類 (表 2), 信度分析得出 Cronbach's α 大於 0.8 和各更正後項目總數相關 (corrected item-total correlation) 大於 0.4, 顯示信度頗高。表 3 列出兩組學生在這 3 個因素的尺度平均數 (scale mean)。

表 2: Q1 至 Q20 的信度分析結果



	項目題號	尺度範圍	Cronbach's α	更正後項目總數相關
思考、數學、科學、創意與模型	Q1, Q3, Q4, Q5, Q8, Q10, Q12, Q18	8-48	.888	.50-.80
與他人溝通	Q2, Q7, Q9, Q15, Q17	5-30	.840	.51-.72
對工程不重要	Q6, Q11, Q13, Q14, Q16, Q19, Q20	7-42	.811	.45-.68

表 3:‘對工程師的重要性’的尺度平均數及標準差

	項目數量	小學生			工程系大學生		
		尺度範圍	尺度平均數	尺度標準差	尺度範圍	尺度平均數	尺度標準差
思考、數學、科學、創意與模型	8	8-48	38.78	7.013	14-48	38.31	4.720
與他人溝通	5	5-30	22.54	5.163	5-30	21.58	4.341
對工程不重要	7	7-42	30.98	6.253	9-42	27.13	7.283

於訪談中，有 3 名學生指出他們不明白一些句子描述的情況，例如：「用工具來製造物件」是指甚麼工具和甚麼物件？「為其他工程師撰寫報告」中的報告夠竟是甚麼？其中一名學生更承認他確實不知道工程師做甚麼工作，他填寫問卷是根據他認為那些活動對於他本人是否重要或有趣。所以有可能部分學生只考慮活動的性質，而不是考慮該活動對工程師是否重要。但這也不能解釋為何表 2 列出的各信度值這麼高，但卻無法為表 1 中某些小學生的排序找出原因。

另外引致數據不理想原因可能是表 1 包括了很多工程的本質的描述，例如：和其他人一起工作、思考不同解決困難的方法、運用創意、運用模型等，這些描述對於小學生而言，是太過空泛了。

問卷的第二部分

這部分列出 30 項工作（Q31-Q50），學生只要答‘是’或‘否’來表達他們認為每項工作否由某些工程師來做，不過當中 Q43 和 Q46 的內容一樣，所以實際上這部分只有 29 條題目。圖 1 顯示各題的答案是‘是’的百分比，排序是根據小學生的百分比由大至小。

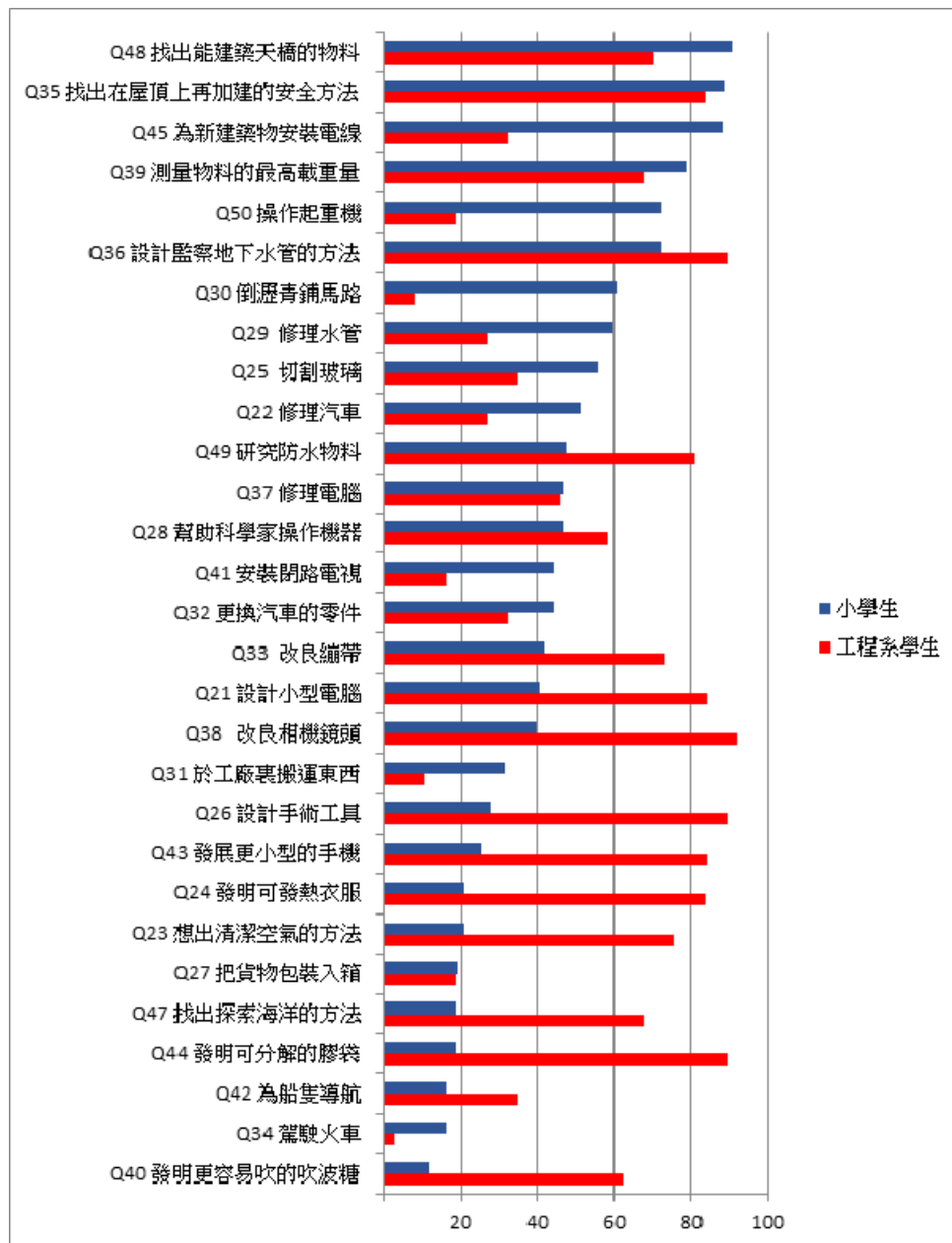
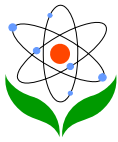
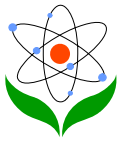


圖 1：學生認為工作是由工程師做的百分比

EiE 對他們的數據也做了探索性因數分析，發現有 7 個因素，平均數由高至低的因素分別是：(1) 維修及安裝(例如圖 1 中的 Q37 及 Q45)；(2) 建築(例如 Q35 及 Q39)；(3) 與電子有關的工作(例如 Q21 及 Q28)；(4) 與環境有關的工作(例如 Q23 及 Q47)；(5) 駕駛(例如 Q34 及 Q42)；(6) 非電子物品的設計(例如 Q33 及 Q40)；(7) 其他與工商業有關的工作(例如 Q27)。由於我們的數據太少，無法進行類似的分析，不過比較圖 1 和 EiE 的結果，然後再用訪談得到資料加以印証，我們比較肯定的是以下兩點：



(1) 工程系學生與小學生的結果有明顯的差別，工程系學生都偏向認為需要高階思考的活動（例如 Q21、Q24、Q26、Q35、Q38、Q43、Q44、Q46、Q48）是工程師的工作，而不需研究或發展的活動（例如 Q22、Q27、Q30、Q34、Q41、Q45、Q50）則不是工程師的工作，這方面與 EiE 的結果一致。不過在小學生的數據中找不到這樣的規律，例如在圖 1 的首 5 個工作中，Q48、Q35 及 Q39 是需要進行研究的工作，而 Q45 與 Q50 則只是某些操作性的工作。

(2) 訪談發現所有四名學生都偏向把工程當為與建築或樓宇維修有關的工作，而不太考慮這些工作的性質是研發性還是操作性。問卷第二部分的 29 個項目中，有 10 項可以聯想為這方面的工作，而它們就是圖 1 首 11 項中的其中 10 項，惟一例外是第十位的「Q22 修理汽車」。在訪談中，有個別學生把「Q39 測量物料的最高載重量」理解為測量建築物料的最高載重量，把「Q36 設計監察地下水管的方法」理解為和大廈水管有關、把「Q25 切割玻璃」理解為和安裝玻璃窗有關、以及把「Q49 研究防水物料」理解為防止樓宇滲水。

小學生問卷的第三部分

這部分是收集一些補充意見，表 4 列出各題的統計數據。學生會以 1 至 6 來表達他們對各題的同意情度（1 代表‘非常不同意’，6 代表‘非常同意’），所以平均數如果是 3.5，可理解為樣本中同意與不同意的程度相約。表 4 清楚顯示學生比較肯定的是「Q55 工程師的工作大部分是比較辛苦的」（平均數=4.65），這回應還可解釋為何學生偏向不希望將來做一位工程師（Q52，平均數=2.33）。小學生對事情的認識，一般都是源自學校活動和日常生活中的體驗，參與是次研究的學生只是稍為同意「Q51 你清楚知道工程師做些甚麼」（平均數=3.95），原因可能是在他們認識的人中，很少是工程師（Q53），及從常識科知道很少有關工程師的工作（Q54）。

表 4: 小學生問卷 Q51-Q55 的統計數據 (N=43)

(1=非常不同意； 2=不同意； 3=稍不同意； 4=稍同意； 5=同意； 6=非常同意)

	範圍	平均數	標準差
Q51 你清楚知道工程師做些甚麼	1-6	3.95	1.36
Q52 你希望將來做一位工程師	1-6	2.33	1.52
Q53 在你認識的人當中，有數人是工程師	1-6	3.00	1.88
Q54 你從常識科知道有關工程師的工作	1-6	3.79	1.49
Q55 工程師的工作大部分是比較辛苦的	1-5	4.65	1.29



工程系學生問卷的第三部分

這部分是收集一些補充資料，內容是有關他們進大學前及大學畢業後的意見和看法，表 5 列出各題的統計數據。數據顯示這批正在修讀工程的大學生，有部分在中學時是不知道工程師做些甚麼 (Q51, 平均數=3.35)，我們不肯定這會不會就是引致 Q52 和 Q53 平均數偏低的原因。平均數 3.5 可理解為樣本中同意與不同意的程度相約，表 5 中唯一平均數高於 3.5 是 Q54，即是稍多一點的學生希望大學畢業後能從事有關工程的工作 (平均數=3.84)，但可惜的是他們對這期望較為悲觀 (Q55, 平均數=3.14)，這亦是唯一一項沒有學生選擇「非常同意」的描述。

表 5: 工程系學生問卷 Q51-Q55 的統計數據

(1=非常不同意； 2=不同意； 3=稍不同意； 4=稍同意； 5=同意； 6=非常同意)

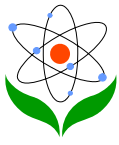
	範圍	平均數	標準差
Q51 你在中學時已知道工程師做些甚麼	1-6	3.35	1.23
Q52 你在中三為中四選科時已希望將來做一位工程師	1-6	2.76	1.28
Q53 你在公開試(AL 或 DSE)放榜前已希望將來做一位工程師	1-6	3.03	1.30
Q54 希望大學畢業後能從事有關 engineering 的工作	1-6	3.84	1.42
Q55 大學畢業後應容易找到有關 engineering 的工作	1-5	3.14	1.51

訪談

受訪學生 4 人，分別是 3 名男學生及 1 名女學生，約佔參與學生人數的 10%，每次訪談大約是 10 分鐘。訪談內容除了包括學生於問卷填寫的部分答案外，還展示 4 件物件 (筆、手表、舊式的 GSM 手機、4G 智能手機)，請學生解釋這些物件的製造過程是否和工程師有關？甚麼地方有關？表 6 總結了這部分的内容。最後鼓勵學生畫一幅圖來解釋工程師的工作。

表 6: 製造筆、手表、舊式的 GSM 手機和 4G 智能手機的過程是否和工程師有關？

	學生 A	學生 B	學生 C	學生 D
性別	男	男	男	女
製造筆、手表、舊式的	▶工程師只參與興建生產這	▶工程師負責製造那些生產	▶想不到製造筆和手表的過程與	▶工程師負責維修那



<p>GSM 手機、4G 智能手機的過程與工程師有何關係？</p>	<p>些物件的廠房。</p>	<p>的機器。</p> <ul style="list-style-type: none">▶日常操作這些機器的人不是工程師。	<p>工程師有何關係。</p> <ul style="list-style-type: none">▶工程師負責改良手機。（研究員請他解釋何謂改良？他想了一會兒答：「是工程師教工人如何安裝鏡頭。」）	<p>些生產的機器。</p> <ul style="list-style-type: none">▶工程師也負責修理手機及教導手機店的職員如何用手机。
<p>其他對工程師的看法</p>	<ul style="list-style-type: none">▶根據工作地點可把工程師分為於辦公室工作和於地盤（工地）工作的工程師。▶須有很好的數學知識來計算地基的承托力。▶安裝電線不是工程師的工作。	<p>（見圖 2）</p>	<ul style="list-style-type: none">▶認為工程師的工作大多是辛苦的，因很多是和建築有關。▶工程師須有創意，原因是一些銀行大廈的外形都很特別。▶工程師不會做和電腦有關的工作，因那是屬於電腦部的工作。	<ul style="list-style-type: none">▶在訪談中說了數次她其實不知道工程師做甚麼工作。▶她填寫問卷的取向似乎是偏向樓宇建築和維修，例如她認為修理水管是工程師，但修理汽車則不是。但問她原因時，她的回應是「不知道」。

4 名學生中只有學生 B 畫圖來解釋工程師的工作（圖 2），其他學生都推說不會畫圖或畫得不好。學生 B 指出圖中的工程師要計畫及指揮工地上的各項工作，並指出吊機裏的人是吊機操作員，而不是工程師，他須根據工程師的指令來工作。當被問到圖中工程師的性別時，他說是男性，並補充說女性做這些工作好像不適合，當研究員追問女性能否當工程師時，他說可以，並想了一會兒，然後答：「室內工程師」。

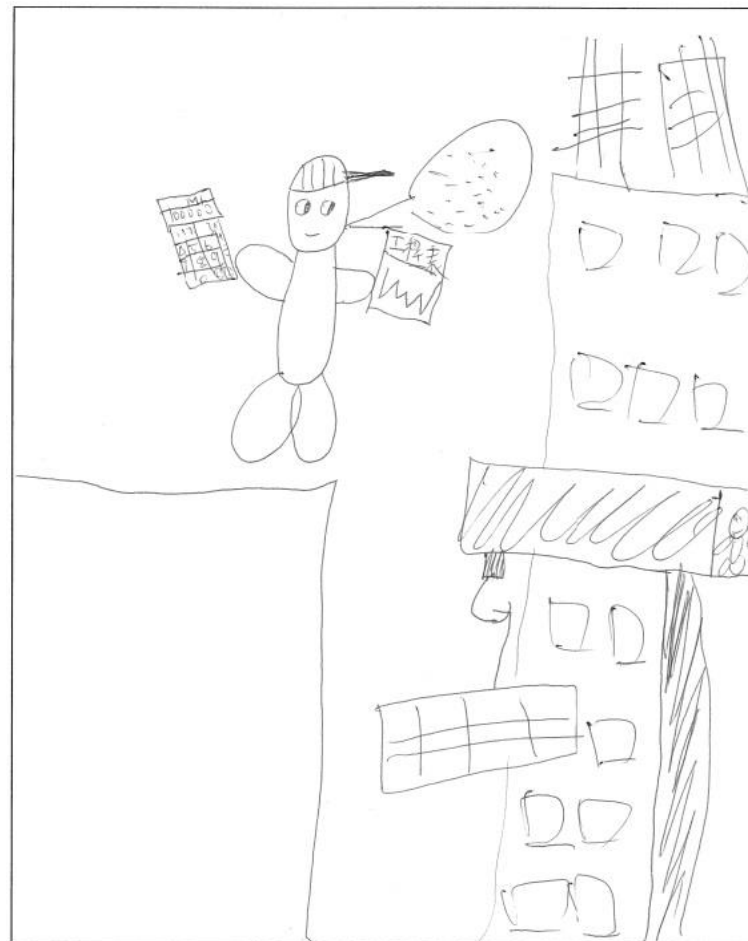
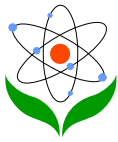


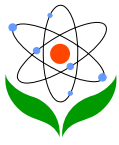
圖 2：工作中的工程師

討論

小學生對「工程師」的看法

美國的數個研究都發現小學生對工程師的工作存有誤解，例如他們將工程師等同汽車修理員、從事體力勞動的工人、技術員或大型機械操作員，日常的工作包括修理各樣物件（例如汽車），興建樓宇和橋樑等（Capobianco et al., 2011; Cunningham et al., 2005; Fralick et al., 2009; Karatas et al., 2011）。我們這次研究發現，樣本中的香港小學生同樣對工程師的工作存有誤解，而範圍更狹窄，結果顯示他們偏向認為工程師的工作與建築及屋宇維修有關，並認為工作比較辛苦，不希望將來從事工程師的工作。

Capobianco et al. (2011) 以學生的直覺思維去解釋他們的結果，他們解釋為何最多小學生認為工程師是維修機械或駕駛汽車和貨車的技工，原因是小學生會將工程師的英文名稱（engineer）和引擎的英文名稱（engine）聯想在一起。小學生對事情的認識往往源於日常生活中的體驗，香港的小學生在甚麼情況會接觸「工程」呢？很大可能是看見道



路維修時豎立的告示，上面寫著「工程進行中，不便之處，敬希見諒」，或於商場看見當有維修或改建時，便會看到像圖 3 的告示牌。若果這推想成立，便可解釋為何學生會偏向認為工程師的工作與建築及屋宇維修有關，無論這些工作需要進行專業的研究，例如找出能建築天橋的物料，還是只是一些技術型的工作，例如安裝電線、操作起重機等，他們都偏向認為是工程師的工作，但卻忽略了一些需要工程師專業知識的非建築工作，例如：發明更容易吹的吹波糖和發明可分解的膠袋等（圖 1）。而這些建築或維修的工作環境，多是不整潔及戶外的，這可能使學生覺得工程師的工作較為辛苦，不希望將來從事工程師的工作。

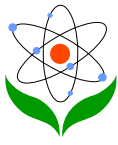


圖 3：出現工程二字的告示牌

這次研究不可能找到學生有這些誤解，是否真會影響他們將來在選科或升學時的選擇，不過工程系學生問卷的第三部分提供了一些參考數據。表 5 顯示這批正在修讀工程的大學生，有部分在中學時是不知道工程師做些甚麼（Q51）及在中三為中四選科時並不希望將來做一位工程師（Q52），我們從這些數據聯想到，部分初中學生不只不清楚工程師的工作，而是甚至存有誤解，這會不會影響他們升中四時不選擇科學方面的選修科呢？

如何探討小學生對「工程」的了解程度

是次研究不能確實知道小學生對工程的了解程度，主要原因是由於問卷中的一些描述對於小學生是過於空泛，例如：思考不同解決困難的方法、運用創意、運用模型等（表 1）。部分訪談內容亦支持這論點，當研究員問從舊式的 GSM 手機演變到 4G 智能手機，當中工程師擔當何種角色時，學生 C 答工程師負責改良手機（表 6），但當研究員追問何謂改良時，他答：「是工程師教工人如何安裝鏡頭」。雖然小學生會聽過或會用改良二字，但大部分可能從未進行過和改良有關的活動，當然亦不會知道當中涉及運用創意、運用模型、設計、製作、測試等的各種研發過程，學生 C 看到的是新手機多了一個鏡頭，所以他的答案亦只包括眼前看到的東西。



這方面的下一步工作可能要參巧科學的本質在收集數據方面的研究，例如 Lederman et al. (2002) 將科學的本質的個別元素，以個案形式清楚表達出來供學生討論，然後從中分析。在研究小學生對工程的了解程度時，可先搜集數個有關工程發展的個案，以故事形式表達出來，並提供一些和工程的本質有關的問題讓學生討論，例如「故事中的發明需要想像力嗎？」、「故事中的工程師怎樣知道需要改良甚麼？」等，然後分析學生的討論結果。

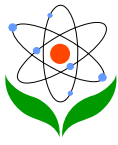
是次研究和小學常識科的關係

香港的小學常識科課程共有六個學習範疇，範疇三「日常生活中的科學與科技」的其中一個學習重點是：意識到科學與科技的最新發展方向及欣賞為此作出貢獻的人（課程發展議會，2011，頁 35）。雖然工程師應是作出這些貢獻的其中一類人仕，但我們的結果卻顯示小學生並不欣賞工程師這職業，原因是誤解了工程師的工作性質。

我們翻看了常識教科書，沒有找到工程師或工程這兩名稱，「為我們服務的人」這一單元提及的是消防員、警察等公職人員，「天地全接觸」、「放眼世界」等主題強調的是科技的影響，「都市生活」這主題有提及香港的工業和基建，但全沒出現工程二字。

在教學活動方面，常識科強調手腦並用的學習，課程指引建議了多種探究活動（課程發展議會，2011），其中最接近工程過程（engineering process, Boesdorfer et al., 2014）的教學活動是設計循環（design loop）。很多小學在常識科會進行一些製作活動，但有研究指出，這類活動大多只是讓學生動手，即是學生跟著工作紙或老師的指導進行按圖裝配，而沒給予學生動腦的空間（吳本韓、張善培、李子建，2011），學生很少有機會進行設計、製作、測試、改良等工程活動。

隨著香港開始推廣 STEM 教育（香港政府，2015），這正是很好的時機在常識科課程增加一些遺漏了的 STEM 元素，例如在論述科技發展時可引用一些真實個案，讓學生了解何謂工程。不過正如我們在前文所述，部分工程的過程（例如：模擬、改良等）對小學生而言，是過於空泛，需要老師從旁協助。教育局每年都舉辦了很多教師培訓課程，在最近數年舉辦的常識科培訓課程，在科學與科技方面大多偏向科學探究。由於大部分常識科教師在中學時是修讀文科（吳本韓、張善培、李子建，2011），這次研究也甚致發現部分工程系學生在中學時是不知道工程師做些甚麼（表 5），因此我們猜想很多常識科教師也不會太了解工程師的工作性質，當局宜將來舉辦一些設計與製作（design and make）課程或工作坊，讓教師體驗一次完整的工程過程。



結論

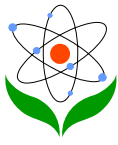
收集到的數據只能回答第二條研究問題，就是樣本中的香港小學六年級學生對工程師有何看法？結果顯示樣本中的學生對工程師的工作存有誤解，他們偏向認為工程師的工作與建築及屋宇維修有關，並認為工作比較辛苦，不希望將來從事工程師的工作。

在收集數據方面，我們是以問卷作為主要的研究工具，並以適量的訪談來收集相關的質性資料，是次先導研究顯示這種混合模式在回答第二條研究問題時，是一種可行及省時的研究方法。而這類問卷更被認為可用於(i)作為發展有工程元素的課程的參考及(ii)研究這些課程對學生的影響(Capobianco et al. 2011)。

不過收集到的數據無法回答第一條研究問題，就是樣本中的香港小學六年級學生對工程有何看法？主要原因是問卷中有關工程的描述對小學生而言，是太抽象和空泛。我們在這方面的下一步工作是探討如何將「設計與製作」加入常識科課程，讓學生了解何謂工程過程，並同時用故事形式，介紹數個工程師的真實事蹟，供學生討論，然後從討論中分析學生對工程的看法。當然更理想的是學生能從這兩類活動中，建構對工程的本質的認識，從而正確了解工程師的工作，或甚至對工程師這工作產生興趣。

參考文獻

- 課程發展議會 (2011)。小學常識科課程指引 (小一至小六)。香港：政府物流服務署。
- 吳本韓、張善培、李子建 (2011)。「香港小學常識科課程實施評鑑研究」報告。香港：香港中文大學教育學院大學與學校夥伴協作中心。
- 香港政府 (2015)。2015 年施政報告：青少年教育和發展。URL：<http://www.policyaddress.gov.hk/2015/chi/p150.html>。
- Adams, C.C. (2004). The role of humanities in distinguishing science from engineering design in the minds of engineering students. In: Ollis, D.F., Neeley, K.A., Luegenbiehl, H.C. (eds) *Liberal Education For 21st Century Engineering: Responses to ABET/EC 2000 Criteria*. Peter Lang, New York, pp 91–112.
- Boesdorfer, S. & Greenhalgh, S.(2014). Make room for engineering, *The Science Teacher*, (December), 51-55.
- Bucciarelli, L.L. (2003). *Engineering Philosophy*. Delft University Press, The Netherlands.
- Bybee, R. (2010). What is STEM education, *Science*, 329, 996.
- Capobianco, B.M., Dieffes-Dux, H.A. & Mena, I. (2011). What is an engineer? Implications of elementary school student conceptions for engineering education. *Journal of Engineering Education*, 100(2), 304-328.
- Cunningham, C.M., Lachapelle, C. & Lindgren-Steicher, A. (2005). Assessing elementary school students' conceptions of engineering and technology, Paper presented at the *Annual American Society for Engineering Education Conference & Exposition*, Portland, OR.
- Dym, C.L. (1994). *Engineering Design: A Synthesis of Views*. Cambridge University Press, New York.



- Dym, C.L. (1999). Learning engineering: design, languages, and experiences. *Journal of Engineering Education*, 88(2), 145–148.
- Dym, C.L., Agogino, A., Eris, O., Frey, D.D., Leifer, L.J., (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103–120.
- Finson, K. (2002). Drawing a scientist: what we do and do not know after fifty years of drawings. *School Science and Mathematics*, 102(7), 335–345.
- Fralick, B., Kearn, J., Thompson, S., Lyons, J. (2009). How middle schoolers draw engineers and scientists. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 60–73.
- Ihde, D. (2004). Has the philosophy of technology arrived? A state-of-the-art review. *Philosophy of Science*, 71(1), 117–131.
- Karatas, F. O., Micklos, A. & Bodner, G. M. (2011). Sixth-Grade Students' Views of the nature of engineering and images of engineers. *Journal of Science Education and Technology*, 20(2), 123-135.
- Koen, B.V. (2003). *Discussion of the Method*. Oxford University Press, New York.
- Lachapelle, C.P., Phadnis, P., Hertel, J., Cunningham, C.M. (2012). *What is engineering? A survey of Elementary Students*, Engineering is Elementary, Museum of Science, Boston.
- Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., & Schwartz, R.S. (2002). Views of nature of science questionnaire: toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- Lewin, D. (1983). Engineering philosophy—the third culture. *Leonardo*, 16(2), 127–132.
- Matthews, C. (1998). *Case Studies in Engineering Design*. Arnold, London.
- McComas, W.F., Clough, M.P., Almazroa, H. (1998) The role and characteristics of the nature of science in science education. In: McComas, W.F. (ed) *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*. Kluwer, The Netherlands.
- Mitcham, C. (1998). The importance of philosophy to engineering. *Teorema*, 17(3), 27–47.
- National Academy of Sciences (2012). *An Interim Report on Assuring DoD a Strong Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Workforce*. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- National Research Council (2012). *A Framework For K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts and Core Ideas*. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- National Research Council (2013). *Next Generation Science Standards*. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- Rogers, G.F.C. (1983). *The Nature of Engineering*. The Macmillan Press Ltd, London.
- Rophl G (2002). Mixed prospects of engineering ethics. European. *Journal of Engineering Education*, 27(2), 149–155.
- Sadler, T.D., Chambers, W.F., Zeidler D.L. (2004). Student conceptualizations of the nature of science in response to a socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 26, 387–409.
- Sanders, Mark. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68 (December/January), 20–26.
- US Government (2015). *Fiscal Year 2015 Budget Summary and Background Information*, p.10. URL:<http://www2.ed.gov/about/overview/budget/budget15/summary/15summary.pdf>.
- Vincenti, W. (1990). *What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies from Aeronautical History*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Wulf, W.A. (2002). The urgency of engineering education reform. *Journal of SMET Education : Innovations and Research*, 3, 3–9.