

## 初探香港小学生对「工程师」的印象

吴本韩 1、麦子彬 2、简乐怡 3、颜源峰 2、蔡雄辉 2

1 香港中文大学教育学院

2 岭南大学香港同学会小学

3 香港中文大学工程学院

电邮: [phng@cuhk.edu.hk](mailto:phng@cuhk.edu.hk)

收稿日期：二零一五年五月二十三日

(二零一五年六月二十七日再修定)

---

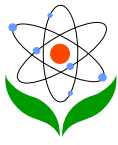
## 内容

- [摘要](#)
- [引言](#)
- [文献探讨](#)
- [研究方法](#)
- [结果及分析](#)
  - [问卷](#)
  - [访谈](#)
- [讨论](#)
- [结论](#)
- [参考文献](#)

---

## 摘要

STEM 是现今科学教育发展的重要议题，STEM 四个英文字母分别代表科学 (Science)、科技(Technology)、工程 (Engineering) 与数学 (Mathematics)，推行 STEM 教育的其中一个目的是希望培养 K-12 (幼儿园、小学、中学) 的学生，将来从事和 STEM 有关工作的兴趣，故此了解学生对和 STEM 相关的行业的印象变得尤为重要。本文会报告一个小型的先导研究，目的是探讨香港小学生对工程师的印象。研究方法是以前问卷收集一所小学的六年级学生 (N = 43) 对工程师的看法，并将他们的数据和 30 多位大学工



程系学生填写同一问卷所得的数据作比较，结果显示小学生偏向认为工程师的工作与建筑及屋宇维修有关，并认为工作比较辛苦，不希望将来从事工程师的工作。

**关键词：**小学生对工程师的印象，STEM 教育，小学常识科

## 引言

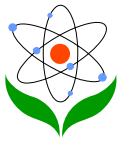
STEM 教育这概念源于美国，最初是以 SMET 作为缩写，但因它的发音近似 SMUT（淫秽图书），在上世纪 90 年代初便把它改为 STEM（Sanders, 2009）。近年美国已将 STEM 教育这议题提升至国家的战略层面（NAS, 2012），为此，美国总统奥巴马 2015 年的财政预算亦预计将会投放约 34 亿美元支持相关的项目（US Government, 2015）。由于美国在 STEM 教育这方面做的研究比较多，因此本文的研究及讨论，主要是参考美国在这方面的的工作。

推行 STEM 教育除了是强化学生在科学、科技、工程和数学各范畴的知识外，也强调跨范畴的融合和应用，并注重培养学生各种高阶能力，如适应能力（adaptability）、沟通能力、非常规的解难能力（nonroutine problem solving）、自我管理及系统思维（system thinking）等（Bybee, 2010），从而增强学生在现今急速变化的社会中的竞争力。另一重要的目标是希望能吸引更多 K-12（幼儿园、小学、中学）的学生，有兴趣将来从事和 STEM 有关的工作，故此了解学生对和 STEM 有关的行业和工作人员的印象变得重要。

在现今的中、小学课程，STEM 的科目主要是指科学和数学，有关这两学科的教育研究也比较多，而工程教育在中、小学的研究则相对少很多。数个科学教育的研究已指出，学生对科学的本质（Nature of science, NOS）的了解程度和学生对科学的兴趣及概念的掌握，有着正相关的关系（Finson, 2002; McComas et al., 1998; Sadler et al., 2004）。虽然找不到有关工程教育在这方面类似的研究，但相信了解学生对「工程」和「工程师」的认识程度对推广 STEM 教育肯定有帮助。

不过这方面的研究才处于刚起步的阶段，在美国也是近年才发表了数个这方面的研究报告，内容集中讨论学生有哪些看法和分析所用的研究工具。这次先导计划是参考这些研究曾用过的研究工具（问卷、访谈、画图）来尝试回答以下两条研究问题：

1. 样本中的香港小学六年级学生对「工程」有何看法？
2. 样本中的香港小学六年级学生对「工程师」有何看法？



## 文献探讨

在科学教育的研究中，可以找到很多有关 NOS 的研究，并对不同年级的学生可学习哪些 NOS 内容，已发展出一套广为接受的想法和标准 (NRC, 2012; NRC, 2013)。但相对于工程教育，有关「工程的本质」的研究才处于刚起步的阶段 (Ihde, 2004)。

Karatas et al. (2011) 从不同文献中的一些个别看法，归纳出以下一个「工程的本质」的模型：

工程是一个协同合作和反复测试的解难活动 (Bucciarelli, 2003; Dym, 1994; Koen, 2003; Vincenti, 1990)，其答案是暂时的 (tentative) (Koen, 2003)。

工程需要依靠现有的科学和数学理论 (Adams, 2004)。

工程需要创造力及想象力，并以新颖的方式整合不同的科学、数学理论和社会价值去解决问题 (Adams, 2004; Rogers, 1983)，或简化非常复杂的问题 (Dym et al., 2005; Koen, 2003; Matthews, 1998)。

工程涉及设计一些对象或系统 (Bucciarelli, 2003; Dym et al., 2005; Lewin, 1983; Vincenti, 1990; Wulf, 2002)。

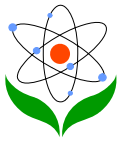
除了考虑顾客的需要外，工程也要考虑对环境、社会和文化的影响 (Adams, 2004; Dym, 1999; Dym et al., 2005; Mitcham, 1998; Rophl, 2002)。

Capobianco et al. (2011) 也从其他研究，归纳出工程师的工作须要：

- 有创意
- 运用科学、数学和科技
- 与人合作
- 设计我们身边的各种事物
- 解决困难

那么，学生对「工程」或「工程师」的看法，是否和以上结果差不多？这方面的研究不多，而关于小学生 (elementary school students) 的研究则更少，不过所有研究都发现小学生对工程师的工作存有误解，例如他/她们将工程师等同汽车修理员、从事体力劳动的工人、技术员或大型机械操作员，日常的工作包括修理各样对象 (例如汽车)，兴建楼宇和桥梁等。(Capobianco et al., 2011; Cunningham et al., 2005; Fralick, et al., 2009)。

以下会描述较近期的三个研究，内容主要是有关它们的研究方法及结果。



1. Karatas et al. (2011) 从两所小学的 370 名六年级学生中，根据性别随机选出 10 男和 10 女。参与的学生会首先给予最短 30 分钟画一幅图画，内容是工程师或工程师做的工作，然后进行个人访谈，访谈内容主要分为三部分：

(1) 有关图画的内容；

(2) 向学生展示有关过山车、高速公路、太空穿梭机、不同年代的电视游戏机等照片，然后问学生在建造或生产这些东西时，工程师在当中做甚么工作？

(3) 其他默认的问题，例如工程对日常生活的影响、工程和科学的分别等。

研究结论以‘天真(naive)’来形容小学生对工程师或工程的认识，大部分学生认为工程师的工作是制造或组装汽车、或建筑楼宇和桥梁等。结果也显示小学生对工程师的印象并不稳定，答案会随着访问的时间而作出改变，例如，有一位男孩最初认为是工程师修建高速公路，但是最后改变答案为建筑师。此外，即使学生于访问中并不认同工程师是男性的职业，但在图画中却只有一位女学生画的工程师是女性，但当访问她时，她说：“女性可以做工程师，但不会是我。”

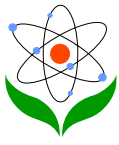
在有关工程的本质方面，大约有半数同学画的图画显示工程师会做少许有关计划、发明或设计的工作，但也同时认为工程师须控制机械或驾驶汽车，更有两人认为工程师是须穿着劳动工作服工作。

2. Capobianco et al. (2011) 于两所不同背景的学校，邀请了 396 名来自一年级至五年级的小学生（每级 4 班，共 20 班）参与研究，每名学生会以「正在工作中的工程师（an engineer doing engineering work）」为题，画一幅图画。研究员除了分析这些图画外，再从各班挑选 4 名学生，进行了共 80 次的个人访谈。

结果发现超过一半学生对工程师的看法可分为 4 类，他们认为工程师：(1) 是维修机械或驾驶汽车和货车的技工（mechanic）（46%）；(2) 是维修或建造楼宇、道路等的工人（laborer）（19%）；(3) 是维修计算机及电子产品的技术人员（technician）（7%）；(4) 是从事设计的人（6%）。

研究还发现，居住于城市的学生会偏向认为工程师是工人，而生活于城市外围的学生则偏向认为工程师是技术人员。在性别偏向方面，研究亦发现小学生认为工程师大多为男性。

3. 美国波士顿科学馆邀请了 1126 位小学生及 63 位退休的工程师回答有关工程师工作的问卷（Lachapelle et al., 2012），结果显示两者对工程师的理解差异非常大。小学生在工程的理解上仍然在于修理和安装上，较少认为工程师的工作会包括发明和改良，这与退休工程师的选择大约相差了 50%。此外，该研究还指出学生比较在意有关工程师工



作中的名词(noun), 而不是工作中涉及的动词(verb), 例如他们会认为工程师会修理及安装电器或汽车, 但不认为改良及发明非电子或非汽车类产品是和工程师有关。而在修理及安装方面, 学生亦偏向选择有关摩打、引擎或汽车等比较机械性的对象。

## 研究方法

由于受小学生的书写能力所限, 前文描述的研究用的研究方法和工具有访谈、画图、看图片然后评论、以及填写只有「是非题」及「李克特量表 (Likert Scale) 选择题」的问卷。

是次先导研究的数据来自一所小学的两班六年级学生, 共 43 人。研究工具主要是问卷, 原因是收集数据的时间比较短, 不需学校作特别的安排及不太干扰学生上课的时间。除用问卷外, 也从每班各邀请了 2 名学生作个人访谈, 内容包括:

(1) 解释问卷中比较特别的答案;

(2) 展示 4 件对象 (笔、手表、旧式的 GSM 手机、4G 智能手机), 请学生解释这些对象的制造过程是否和工程师有关? 甚么地方有关?

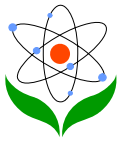
(3) 如学生愿意, 请他/她以画图来解释工程师的工作。

所用的问卷是修订自美国波士顿科学馆 EiE 计划 (Engineering is Elementary Project) 的问卷 (Lachapelle et al., 2012), 当中删减了部分题目, 原因是香港小学生可能不熟悉这些题目中的情境, 例如「用砖来建烟囱」和「在跑道上赛车」等。此外亦增加了一些活动的描述, 例如 EiE 的问卷有一项是「运用模型 (using models)」, 因担心学生可能误会模型为模型玩具, 所以除了保留原有的描述外, 还加了「模仿真实对象造一件小的作品, 然后用它来测试各种构思」这一项。

是次先导研究用的问卷有三部分, 第一部分描述了 20 项活动或工作 (Q1-Q20), 学生会以 1 至 6 来表达他们认为每项活动或工作对工程师这行业的重要性 (1 代表「非常重要」, 6 代表「不重要」) (表 1)。第二部分列出 30 项工作 (Q31-Q50) (图 1), 学生只要答「是」或「否」来表达他们认为每项工作否由某些工程师来做, 不过当中 Q43 和 Q46 的内容一样, 所以实际上这部分只有 29 条题目。第三部分有 5 项描述 (Q51-Q55), 学生会以 1 至 6 来表达他们对各项描述的同意程度 (1 代表「非常不同意」, 6 代表「非常同意」) (表 4)。

此外, 亦于大学邀请工程系的学生填写另一份问卷, 该问卷的第一部分和第二部分与小学生的问卷一样, 第三部分则是有关他们报读工程系前和将来毕业后的描述。问卷上已说明第一部分和第二部分是用来收集小学生对工程这行业的看法, 而他们的答案





在某程度上会被视为代表业内的看法。由于分派和填写问卷是在学生上课前进行, 时间比较紧迫, 只收回 39 份问卷, 而当中有 11 份的响应有遗漏, 最后有效的问卷是 28 份。因填写问卷的时间比较匆忙, 而大部分学生还未曾真正从事工程的工作, 他们的响应只会用来比较小学生的数据, 而不会视为问卷中各问题的正确答案。

## 结果及分析

### 问卷

这次先导研究的数据来自一所小学的两班六年级学生, 分别有 22 人及 21 人, 共 43 人 (22 名男学生; 21 名女学生)。

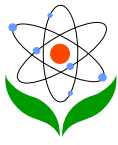
### 问卷的第一部分

这部分描述了 20 项活动或工作 (Q1-Q20), 学生会以 1 至 6 来表达他们认为每项活动或工作对工程师这行业的重要性。表 1 是以小学生的平均数递减来排序 (平均数下的括号显示该平均数的排序: 1 表示该平均数是组内各平均数的最大值; 20 是表示最小值)。表 1 也同时列出工程系大学生的数据, 两组学生在‘比较不重要’的选项差别不大, 在各自平均数最低的 5 项中, 有 4 项相同, 它们分别是「兴建大楼」、「帮助他人修理坏了的对象」、「为其他工程师撰写报告」和「运载人到不同的地方」。

但在平均数最高的 5 项中, 两组学生的选项有明显的差异, 当中只有两项相同, 它们分别是「思考不同解决困难的方法」和「理解科学原理」, 这两项是小学生所选的第四和第五位, 他们的首三项是「和其他人一起工作」、「做实验」和「用工具来制造对象」, 但很难为这五项找出共通的地方。大学生得分最高的另外三项是「测试自己的构思」、「运用创意」和「运用数学」, 很明显他们认为比较重要的头五项都和思考有关。

表 1: 活动或工作对工程师的重要性

活动或工作	小学生			工程系大学生		
	范围	平均数 (排序)	标准偏 差	范围	平均数 (排序)	标准偏 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 做实验	1-6	5.24 (2)	1.08	1-6	4.67 (8)	0.90
Q6 用工具来制造对象	1-6	5.19 (3)	1.10	1-6	4.66 (9)	1.15
Q18 思考不同解决困难的方法	1-6	5.07 (4)	1.11	3-6	4.89 (2)	0.83



Q1 理解科学原理	1-6	4.98 (5)	1.06	3-6	4.87 (4)	0.77
Q12 模仿真实对象造一件小的作品, 然后用它来测试各种构思	1-6	4.83 (6)	1.15	1-6	4.24 (14)	1.02
Q8 运用创意	1-6	4.81 (7)	1.35	1-6	4.87 (3)	1.20
Q19 操作机器	1-6	4.77 (8)	1.25	3-6	4.54 (10)	0.97
Q3 测试自己的构思	1-6	4.67 (9)	1.06	1-6	5.05 (1)	0.94
Q17 向其他人发表他们的发现	1-6	4.67 (10)	1.30	1-6	4.31 (11)	1.22
Q14 利用工具修理坏了的东西	1-6	4.63 (11)	1.18	1-6	3.95 (15)	1.39
Q5 运用模型	1-6	4.58 (12)	1.38	1-6	4.68 (7)	0.93
Q4 运用数学	1-6	4.49 (13)	1.24	3-6	4.85 (5)	0.84
Q15 阅读有关发明作品的文章	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 兴建大楼	1-6	4.21 (16)	1.37	1-6	3.62 (17)	1.39
Q11 帮助他人修理坏了的物件	1-6	4.14 (17)	1.35	1-6	3.59 (18)	1.48
Q9 写下自己的想法	1-6	4.07 (18)	1.53	1-6	4.26 (13)	1.21
Q7 为其他工程师撰写报告	1-6	3.84 (19)	1.36	1-6	3.95 (16)	1.16
Q20 运载人到不同的地方	1-6	3.79 (20)	1.46	1-6	3.33 (20)	1.46

EiE 曾对他们的数据进行探索性因子分析 (exploratory factor analysis) (Lachapelle et al., 2012), 最后找到 4 个因素, 其中两个可理解为「对工程重要(important to engineering)」和「对工程不重要(not important to engineering)」, 但另两个因素则无法理解。他们再在「对工程重要」这因素中找到两个次因素(sub-factors), 分别是「思考、数学、科学、创意与模型」和「与他人沟通」, 这 3 个可理解的因素已包括了他们 21 项描述的 19 项。我们这次研究收集的数据很少, 无法进行类似的因子分析, 不过参考 EiE 的结果, 我们根据那 3 个因素将表 1 各项目分类(表 2), 信度分析得出 Cronbach's  $\alpha$  大于 0.8 和各更正后项目总数相关(corrected item-total correlation) 大于 0.4, 显示信度颇高。表 3 列出两组学生在这 3 个因素的尺度平均数(scale mean)。

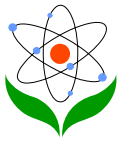


表 2: Q1 至 Q20 的信度分析结果

	项目题号	尺度范围	Cronbach's $\alpha$	更正后项目总数相关
思考、数学、科学、创意与模型	Q1, Q3, Q4, Q5, Q8, Q10, Q12, Q18	8-48	.888	.50-.80
与他人沟通	Q2, Q7, Q9, Q15, Q17	5-30	.840	.51-.72
对工程不重要	Q6, Q11, Q13, Q14, Q16, Q19, Q20	7-42	.811	.45-.68

表 3:‘对工程师的重要性’的尺度平均数及标准偏差

	项目数量	小学生			工程系大学生		
		尺度范围	尺度平均数	尺度标准偏差	尺度范围	尺度平均数	尺度标准偏差
思考、数学、科学、创意与模型	8	8-48	38.78	7.013	14-48	38.31	4.720
与他人沟通	5	5-30	22.54	5.163	5-30	21.58	4.341
对工程不重要	7	7-42	30.98	6.253	9-42	27.13	7.283

于访谈中，有 3 名学生指出他们不明白一些句子描述的情况，例如：「用工具来制造对象」是指甚么工具和甚么对象？「为其他工程师撰写报告」中的报告够竟是甚么？其中一名学生更承认他确实不知道工程师做甚么工作，他填写问卷是根据他认为那些活动对于他本人是否重要或有趣。所以有可能部分学生只考虑活动的性质，而不是考虑该活动对工程师是否重要。但这也不能解释为何表 2 列出的各信度值这么高，但却无法为表 1 中某些小学生的排序找出原因。

另外引致数据不理想原因可能是表 1 包括了很多工程的本质的描述，例如：和其他人一起工作、思考不同解决困难的方法、运用创意、运用模型等，这些描述对于小学生而言，是太过空泛了。

## 问卷的第二部分

这部分列出 30 项工作 (Q31-Q50)，学生只要答‘是’或‘否’来表达他们认为每项工作否由某些工程师来做，不过当中 Q43 和 Q46 的内容一样，所以实际上这部分只有 29 条题目。图 1 显示各题的答案是‘是’的百分比，排序是根据小学生的百分比由大至小。



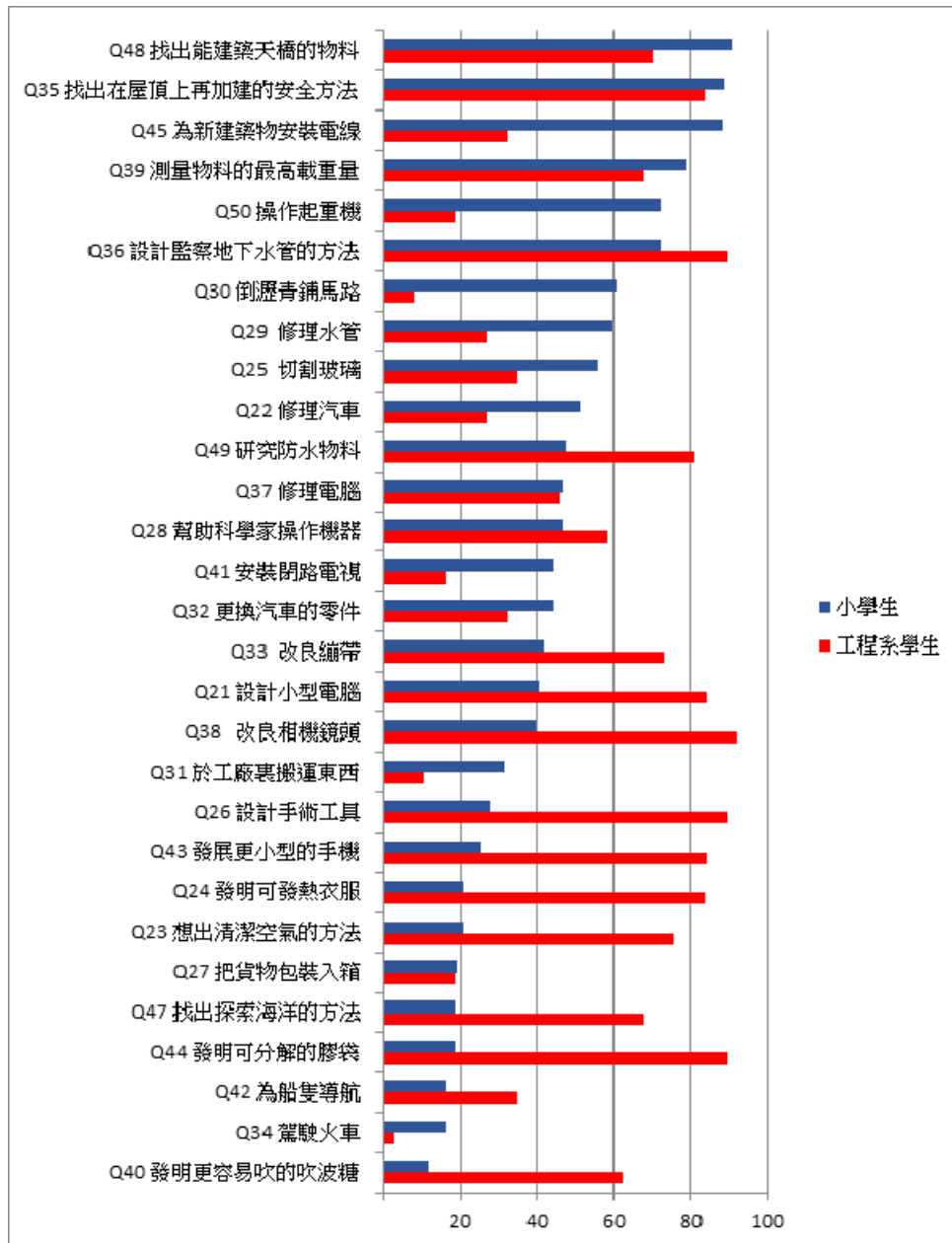
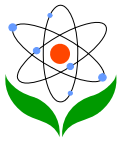
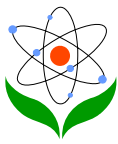


图 1: 学生认为工作是由工程师做的百分比

EiE 对他们的数据也做了探索性因子分析, 发现有 7 个因素, 平均数由高至低的因素分别是: (1) 维修及安装 (例如图 1 中的 Q37 及 Q45); (2) 建筑 (例如 Q35 及 Q39); (3) 与电子有关的工作 (例如 Q21 及 Q28); (4) 与环境有关的工作 (例如 Q23 及 Q47); (5) 驾驶 (例如 Q34 及 Q42); (6) 非电子物品的设计 (例如 Q33 及 Q40); (7) 其他与工商业有关的工作 (例如 Q27)。由于我们的数据太少, 无法进行类似的分析, 不过比较图 1 和 EiE 的结果, 然后再用访谈得到数据加以印证, 我们比较肯定的是以下两点:



(1) 工程系学生与小学生的结果有明显的差别, 工程系学生都偏向认为需要高阶思考的活动(例如 Q21、Q24、Q26、Q35、Q38、Q43、Q44、Q46、Q48)是工程师的工作, 而不需研究或发展的活动(例如 Q22、Q27、Q30、Q34、Q41、Q45、Q50)则不是工程师的工作, 这方面与 EiE 的结果一致。不过在小学学生的数据中找不到这样的规律, 例如在图 1 的首 5 个工作中, Q48、Q35 及 Q39 是需要进行研究的工作, 而 Q45 与 Q50 则只是某些操作性的工作。

(2) 访谈发现所有四名学生都偏向把工程当为与建筑或楼宇维修有关的工作, 而不太考虑这些工作的性质是研发性还是操作性。问卷第二部分的 29 个项目中, 有 10 项可以联想为这方面的工作, 而它们就是图 1 首 11 项中的其中 10 项, 惟一例外是第十位的「Q22 修理汽车」。在访谈中, 有个别学生把「Q39 测量物料的最高载重量」理解为测量建筑物物料的最高载重量, 把「Q36 设计监察地下水管的方法」理解为和大厦水管有关、把「Q25 切割玻璃」理解为和安装玻璃窗有关、以及把「Q49 研究防水物料」理解为防止楼宇渗水。

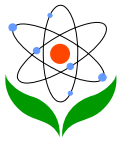
### 小学生问卷的第三部分

这部分是收集一些补充意见, 表 4 列出各题的统计数据。学生会以 1 至 6 来表达他们对各题的同意程度(1 代表「非常不同意」, 6 代表「非常同意」), 所以平均数如果是 3.5, 可理解为样本中同意与不同意的程度相约。表 4 清楚显示学生比较肯定的是「Q55 工程师的工作大部分是比较辛苦的」(平均数=4.65), 这响应还可解释为何学生偏向不希望将来做一位工程师(Q52, 平均数=2.33)。小学生对事情的认识, 一般都是源自学校活动和日常生活中的体验, 参与是次研究的学生只是稍为同意「Q51 你清楚知道工程师做些甚么」(平均数=3.95), 原因可能是在他们认识的人中, 很少是工程师(Q53), 及从常识科知道很少有关工程师的工作(Q54)。

表 4: 小学生问卷 Q51-Q55 的统计数据 (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)

	范围	平均数	标准偏差
Q51 你清楚知道工程师做些甚么	1-6	3.95	1.36
Q52 你希望将来做一位工程师	1-6	2.33	1.52
Q53 在你认识的人当中, 有数人是工程师	1-6	3.00	1.88
Q54 你从常识科知道有关工程师的工作	1-6	3.79	1.49
Q55 工程师的工作大部分是比较辛苦的	1-5	4.65	1.29



## 工程系学生问卷的第三部分

这部分是收集一些补充资料,内容是有关他们进大学前及大学毕业后的意见和看法,表 5 列出各题的统计数据。数据显示这批正在修读工程的大学生,有部分在中学时是不知道工程师做些甚么(Q51, 平均数=3.35), 我们不肯定这会不会就是引致 Q52 和 Q53 平均数偏低的原因。平均数 3.5 可理解为样本中同意与不同意的程度相约, 表 5 中唯一平均数高于 3.5 是 Q54, 即是稍多一点的学生希望大学毕业后能从事有关工程的工作(平均数=3.84), 但可惜的是他们对这期望较为悲观(Q55, 平均数=3.14), 这亦是唯一一项没有学生选择「非常同意」的描述。

**表 5: 工程系学生问卷 Q51-Q55 的统计数据**

(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)

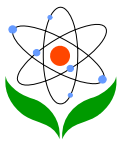
	范围	平均数	标准偏差
Q51 你在中学时已知道工程师做些甚么	1-6	3.35	1.23
Q52 你在中三为中四选科时已希望将来做一位工程师	1-6	2.76	1.28
Q53 你在公开试(AL 或 DSE)发榜前已希望将来做一位工程师	1-6	3.03	1.30
Q54 希望大学毕业后能从事有关 engineering 的工作	1-6	3.84	1.42
Q55 大学毕业后应容易找到有关 engineering 的工作	1-5	3.14	1.51

## 访谈

受访学生 4 人, 分别是 3 名男学生及 1 名女学生, 约占参与学生人数的 10%, 每次访谈大约是 10 分钟。访谈内容除了包括学生于问卷填写的部分答案外, 还展示 4 件对象(笔、手表、旧式的 GSM 手机、4G 智能手机), 请学生解释这些对象的制造过程是否和工程师有关? 甚么地方有关? 表 6 总结了这部分的内容。最后鼓励学生画一幅图来解释工程师的工作。

**表 6: 制造笔、手表、旧式的 GSM 手机和 4G 智能手机的过程是否和工程师有关?**

	学生 A	学生 B	学生 C	学生 D
性别	男	男	男	女
制造笔、手表、	➤工程师只参	➤工程师负责	➤想不到制造笔	➤工程师负责维修那



旧式的 GSM 手机、4G 智能手机的过程与工程师有何关系？	与兴建生产这些对象的厂房。	制造那些生产的机器。 ▶日常操作这些机器的人不是工程师。	和手表的过程与工程师有何关系。 ▶工程师负责改良手机。（研究员请他解释何谓改良？他想了一会儿答：「是工程师教工人如何安装镜头。」）	些生产的机器。 ▶工程师也负责修理手机及教导手机店的职员如何用手机。
其他对工程师的看法	▶根据工作地点可把工程师分为于办公室工作和于地盘（工地）工作的工程师。 ▶须有很好的数学知识来计算地基的承托力。 ▶安装电线不是工程师的工作。	（见图 2）	▶认为工程师的工作大多是辛苦的，因很多是和建筑有关。 ▶工程师须有创意，原因是一些银行大厦的外形都很特别。 ▶工程师不会做和计算机有关的工作，因那是属于计算机部的工作。	▶在访谈中说了数次她其实不知道工程师做甚么工作。 ▶她填写问卷的取向似乎是偏向楼宇建筑和维修，例如她认为修理水管是工程师，但修理汽车则不是。但问她原因时，她的回应是「不知道」。

4 名学生中只有学生 B 画图来解释工程师的工作（图 2），其他学生都推说不会画图或画得不好。学生 B 指出图中的工程师要计划及指挥工地上的各项工作，并指出吊机裹的人是吊机操作员，而不是工程师，他须根据工程师的指令来工作。当被问到图中工程师的性别时，他说是男性，并补充说女性做这些工作好像不适合，当研究员追问女性能否当工程师时，他说可以，并想了一会儿，然后答：「室内工程师」。

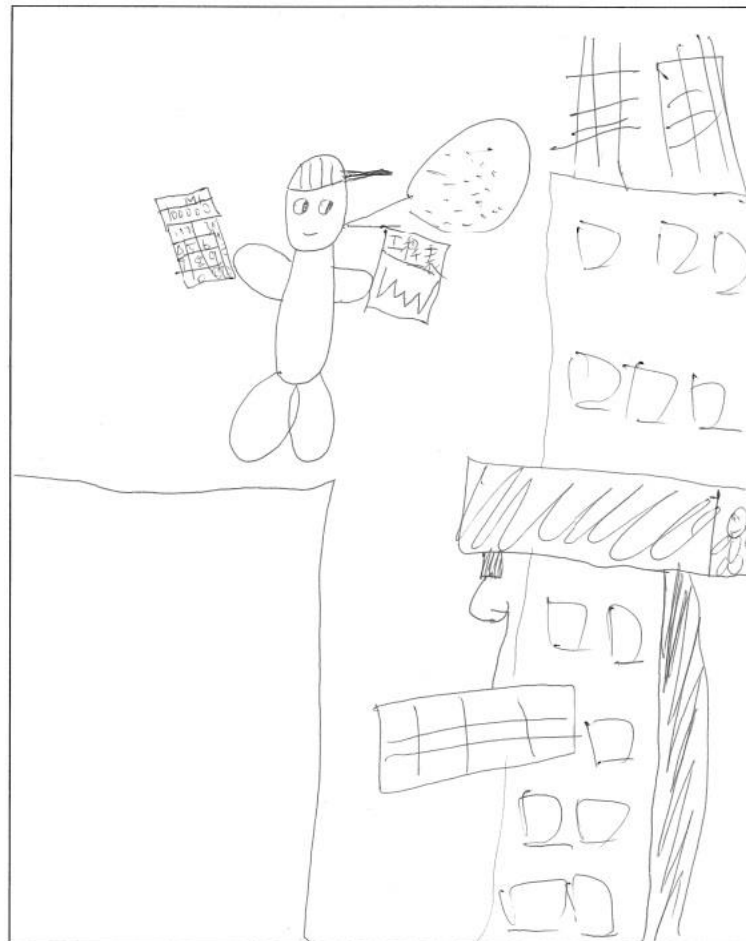
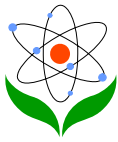


图 2: 工作中的工程师

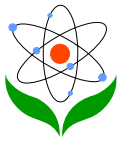
## 讨论

### 小学生对「工程师」的看法

美国的数个研究都发现小学生对工程师的工作存有误解, 例如他们将工程师等同汽车修理员、从事体力劳动的工人、技术员或大型机械操作员, 日常的工作包括修理各种对象(例如汽车), 兴建楼宇和桥梁等(Capobianco et al., 2011; Cunningham et al., 2005; Fralick et al., 2009; Karatas et al., 2011)。我们这次研究发现, 样本中的香港小学生同样对工程师的工作存有误解, 而范围更狭窄, 结果显示他们偏向认为工程师的工作与建筑及屋宇维修有关, 并认为工作比较辛苦, 不希望将来从事工程师的工作。

Capobianco et al. (2011) 以学生的直觉思维去解释他们的结果, 他们解释为何最多小学生认为工程师是维修机械或驾驶汽车和货车的技工, 原因是小学生会将工程师的英文名称(engineer)和引擎的英文名称(engine)联想在一起。小学生对事情的认识往往源于日常生活中的体验, 香港的小学生在甚么情况会接触「工程」呢? 很大可能是看见道





路维修时竖立的告示，上面写着「工程进行中，不便之处，敬希见谅」，或于商场看见当有维修或改建时，便会看到像图 3 的告示牌。若果这推想成立，便可解释为何学生会偏向认为工程师的工作与建筑及屋宇维修有关，无论这些工作需要进行专业的研究，例如找出能建筑天桥的物料，还是只是一些技术型的工作，例如安装电线、操作起重机等，他们都偏向认为是工程师的工作，但却忽略了一些需要工程师专业知识的非建筑工作，例如：发明更容易吹的吹波糖和发明可分解的胶袋等（图 1）。而这些建筑或维修的工作环境，多是不整洁及户外的，这可能使学生觉得工程师的工作较为辛苦，不希望将来从事工程师的工作。

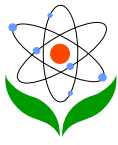


图 3：出现工程二字的告示牌

这次研究不可能找到学生有这些误解，是否真会影响他们将来在选科或升学时的选择，不过工程系学生问卷的第三部分提供了一些参考数据。表 5 显示这批正在修读工程的大学生，有部分在中学时是不知道工程师做些甚么（Q51）及在中三为中四选科时并不希望将来做一位工程师（Q52），我们从这些数据联想到，部分初中学生不只不清楚工程师的工作，而是甚至存有误解，这会不会影响他们升中四时不选择科学方面的选修科呢？

### 如何探讨小学生对「工程」的了解程度

是次研究不能确实知道小学生对工程的了解程度，主要原因是由于问卷中的一些描述对于小学生是过于空泛，例如：思考不同解决困难的方法、运用创意、运用模型等（表 1）。部分访谈内容亦支持这论点，当研究员问从旧式的 GSM 手机演变到 4G 智能手机，当中工程师担当何种角色时，学生 C 答工程师负责改良手机（表 6），但当研究员追问何谓改良时，他答：「是工程师教工人如何安装镜头」。虽然小学生会听过或会用改良二字，但大部分可能从未进行过和改良有关的活动，当然亦不会知道当中涉及运用创意、运用模型、设计、制作、测试等的各种研发过程，学生 C 看到的是新手机多了一个镜头，所以他的答案亦只包括眼前看到的東西。



这方面的下一步工作可能要参巧科学的本质在收集数据方面的研究，例如 Lederman et al. (2002) 将科学的本质的个别元素，以个案形式清楚表达出来供学生讨论，然后从中分析。在研究小学生对工程的了解程度时，可先搜集数个有关工程发展的个案，以故事形式表达出来，并提供一些和工程的本质有关的问题让学生讨论，例如「故事中的发明需要想象力吗？」、「故事中的工程师怎样知道需要改良甚么？」等，然后分析学生的讨论结果。

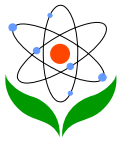
### 是次研究和小学常识科的关系

香港的小学常识科课程共有六个学习范畴，范畴三「日常生活中的科学与科技」的其中一个学习重点是：意识到科学与科技的最新发展方向及欣赏为此作出贡献的人（课程发展议会，2011，页 35）。虽然工程师应是作出这些贡献的其中一类人仕，但我们的结果却显示小学生并不欣赏工程师这职业，原因是误解了工程师的工作性质。

我们翻看了常识科教科书，没有找到工程师或工程这两名称，「为我们服务的人」这一单元提及的是消防员、警察等公职人员，「天地全接触」、「放眼世界」等主题强调的是科技的影响，「都市生活」这主题有提及香港的工业和基建，但全没出现工程二字。

在教学活动方面，常识科强调手脑并用的学习，课程指引建议了多种探究活动（课程发展议会，2011），其中最接近工程过程（engineering process, Boesdorfer et al., 2014）的教学活动是设计循环（design loop）。很多小学在常识科会进行一些制作活动，但有研究指出，这类活动大多只是让学生动手，即是学生跟着工作纸或老师的指导进行按图装配，而没给予学生动脑的空间（吴本韩、张善培、李子建，2011），学生很少有机会进行设计、制作、测试、改良等工程活动。

随着香港开始推广 STEM 教育（香港政府，2015），这正是很好的时机在常识科课程增加一些遗漏了的 STEM 元素，例如在论述科技发展时可引用一些真实个案，让学生了解何谓工程。不过正如我们在前文所述，部分工程的过程（例如：模拟、改良等）对小学生而言，是过于空泛，需要老师从旁协助。教育局每年都举办了很多教师培训课程，在最近数年举办的常识科培训课程，在科学与科技方面大多偏向科学探究。由于大部分常识科教师在中学时是修读文科（吴本韩、张善培、李子建，2011），这次研究也甚致发现部分工程系学生在中学时是不知道工程师做些甚么（表 5），因此我们猜想很多常识科教师也不会太了解工程师的工作性质，当局宜将来举办一些设计与制作（design and make）课程或工作坊，让教师体验一次完整的工程过程。



## 结论

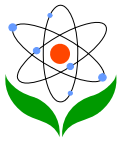
收集到的数据只能回答第二条研究问题, 就是样本中的香港小学六年级学生对工程师有何看法? 结果显示样本中的学生对工程师的工作存有误解, 他们偏向认为工程师的工作与建筑及屋宇维修有关, 并认为工作比较辛苦, 不希望将来从事工程师的工作。

在收集数据方面, 我们是以问卷作为主要的研究工具, 并以适量的访谈来收集相关的质性数据, 是次先导研究显示这种混合模式在回答第二条研究问题时, 是一种可行及省时的研究方法。而这类问卷更被认为可用于(i)作为发展有工程元素的课程的参考及(ii)研究这些课程对学生的影响(Capobianco et al. 2011)。

不过收集到的数据无法回答第一条研究问题, 就是样本中的香港小学六年级学生对工程有何看法? 主要原因是问卷中有关工程的描述对小学生而言, 是太抽象和空泛。我们在这方面的下一步工作是探讨如何将「设计与制作」加入常识科课程, 让学生了解何谓工程过程, 并同时用故事形式, 介绍数个工程师的真实事迹, 供学生讨论, 然后从讨论中分析学生对工程的看法。当然更理想的是学生能从这两类活动中, 建构对工程的本质的认识, 从而正确了解工程师的工作, 或甚至对工程师这工作产生兴趣。

## 参考文献

- 课程发展议会 (2011)。小学常识科课程指引 (小一至小六)。香港: 政府物流服务署。
- 吴本韩、张善培、李子建 (2011)。「香港小学常识科课程实施评鉴研究」报告。香港: 香港中文大学教育学院大学与学校伙伴协作中心。
- 香港政府 (2015)。2015 年施政报告: 青少年教育和发展。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.