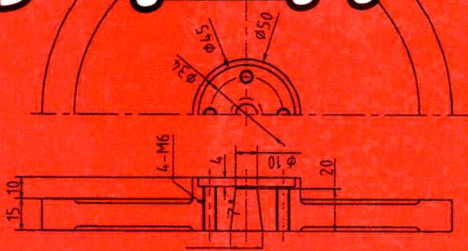




模型熱空氣 引擎圖面集



合著

行歐美和日本 中、大學的科學競賽

Technical drawing of a mechanical device, likely a pump or engine component, showing a side view. The drawing includes a large flywheel or wheel at the top, connected to a central shaft. The shaft is supported by a frame. Dimensions are indicated: 500 for the width of the base and 850 for the total width of the device.

模型熱空氣引擎

Model Hot Air Engine Plans

圖面集



通俗的·生活的
科學視界 65

模型熱空氣引擎圖面集

作者／小林義行、賴光哲、松尾政弘、平尾尚武

責任編輯／簡玉芬

封面設計／宋淑立

出版者／世茂出版有限公司

地址／（231）台北縣新店市民生路 19 號 5 樓

電話／(02)2218-3277

傳真／(02)2218-3239（訂書專線）· 2218-7539

劃撥帳號／19911841

戶名／世茂出版有限公司 單次郵購總金額未滿 200 元（含），請加 30 元掛號費

酷書網／www.coolbooks.com.tw

製版／辰皓國際出版製作有限公司

印刷／長紅印製企業有限公司

法律顧問／北辰著作權事務所

初版一刷／2006 年 7 月

定價／350 元

合法授權・翻印必究

Printed in Taiwan

◎本書如有破損、缺頁，訂裝錯誤，請寄回更換

模型熱空氣引擎

Model Hot Air Engine Plans

圖面集



序 言

本書的編寫目的

這本書的出版過程很有趣。我們首先在日本收集模型熱空氣引擎的有關圖面，將所有圖面加註英文說明，然後先用日文編寫解說部分的內容，再將其內容整理成中英文對照，並設法在台北出版。本書中，有關熱空氣引擎的原理與設計方法的解說部份以中、英文並列的方式編寫，為節省全書的篇幅，所有圖面只用英文註解。這樣的編寫方式比較特殊，讀者使用時雖將會有所不便。作者們相信，這樣的編寫方式將可以使本書所提倡的技術教育方法提供給全世界更多關心技術教育的所有人士。我們之所以這樣做，是因為我們對下一世代的技術教育抱持深厚的使命感，希望本書的出版能帶動全世界更多地區的技術教育之重振，從而達成其塑造人類重要特徵人格的教育功能。

技術教育是普通教育中最重要的一部分

憑藉雙手造出自己想要的物，解決問題，使人類得以持續生存的能力，可以說是人類之所以異於其他生物的最大特徵。這種人類重大特徵能力之養成，在久遠的歷史過程中，由先民的日常生活教育演變成當今普通教育中的技術教育。技術教育的重要機能在於塑造人類最重要的特徵人格（動手造物，解決問題的生活態度）。因此技術教育長久以來一直是普通教育中最重要的一部分。

然而由於社會專業分工的進展與物質文明的多元化，教育現場的技術教育不斷被迫產生變革。日本中學階段技術教育時數由 1977 年代的 310 小時減少到 2002 年代以後的 40 小時，且由於傳統技術教育所需的機械設備欠缺等問題，這 40 小時幾乎全部用於電腦與資訊的教學。我們可說在整個社會的變遷中，由於教育當局無意的疏忽，普通教育中的技術教育已蕩然無存。這將對人類重要特徵人格的塑造產生重大的影響。為此，我們為了在資源有限的現代普通教育中，實現更有效的技術教育，長期以來努力設計教材，從事實驗教學，嘗試開發嶄新的技術教育方法論。

模型熱空氣引擎圖面集

採用玻璃注射筒的模型熱空氣引擎是技術教育的最佳教材

人造動力的發明是人類文明進步史上的重要里程碑。作者們認為，讓學生自製動力源並設法應用於模型的驅動，使其在學習造物技術的同時，體驗人類文明的重大發明，是最佳的技術教育模式。根據我們的經驗判斷，在多種熱力動力源中，模型熱空氣引擎是理想的技術教育教材，原因在於其原理容易理解，製作上所需的設備較少，加工技能上的要求也較低。為開發適合各等級技術教育的模型熱空氣引擎，我們在多年的錯誤嘗試中，發現玻璃製注射筒可以替代教育現場最不容易製作的金屬活塞與氣缸機構，成功試製了多種活用玻璃注射筒的模型熱空氣引擎。

這樣的發現使模型熱空氣引擎成為最適合於現代教育環境的技術教育教材。在我們的努力推動下，每年在日本舉辦模型熱空氣引擎車技術大賽。十年來參加隊伍不斷增加，2005 年的年度比賽有兩百隊以上的各級學校隊伍參賽。多年的經驗證實，模型熱空氣引擎車的製作競賽可激發學生學習技術的意願，對學生創造力的提升也有很大的幫助。我們認為這種在日本已經發揮其教育效果的技術教育教材也一定對世界的其他地區有所貢獻。希望這種活用玻璃注射筒的模型熱空氣引擎能推廣到更多的國家，對世界更多地區的技術教育有所貢獻。

本書的使用方法

為提供長年所累積的經驗給對技術教育熱心的所有朋友，我們將長期以來所試製的各種熱空氣引擎的圖面與歷年參加模型熱空氣引擎車技術大賽的優勝設計圖面編輯成冊。本書共分五章，第一章模型熱空氣引擎與第二章模型熱空氣引擎的作動原理，分別詳細說明模型熱空氣引擎的特徵與模型熱空氣引擎的原理。在這兩章中，讀者可藉由圖片與最簡潔的說明理解模型熱空氣引擎的原理，從而獲得根據本圖面集進行熱空氣引擎製作所需的必要知識。

配合不同目的的技術教育之需要，本書依製作時所必須的工具、設備與製作技能，第五章的模型熱空氣引擎圖面集將模型空氣引擎分為(1)使用手工具就可製作的熱空氣引擎、(2)使用基本加工機械可以製作的熱空氣引擎、(3)人可乘坐的熱空氣引擎等三大類。讀者讀完第一、二章，了解模型熱空氣的原理後，就可從圖面集中選擇適合自己的機型，進行試作。5-1 節中使用手工具就可製作的機型，最適合讀者進行第一次的嘗試與挑戰。當讀者成功完成這類

機型的製作後，讀者將更確實掌握熱空氣引擎的基本原理。

之後，讀者可一方面參考圖面集 5-2 節中的機型，一方面研讀第三章與第四章的內容，從而掌握模型熱空氣引擎的原理與設計要領。如讀者具備基本的機械加工技能，並擁有可自由使用的機具，讀者可嚐試製作 5-2 節中的各種機型。其中，ESE-10 型是我們認為最適合第一次挑戰的進階機型。

實際動手實做是學習技術的不二法門，本書的最大目的在於提供讀者勇於開始動手實作的契機。圖面集中的機型皆經實際製作並測試成功，讀者們也可以不必理會書中的文字敘述，一開始就直接根據圖面的尺寸進行製作，由實際的製作成果來體驗熱空氣引擎的魅力。也許這才是使用本書最有效的方法。

感謝設計圖面的提供者

本書中所收集的設計圖面中，除了本書作者們所設計的機型之外，其餘的機型由歷屆在日本舉行的熱空氣引擎技術競賽的參賽優勝者所提供。第五章中每一機型的設計者皆明載於各設計圖面的首頁，茲將所有設計者的姓名、連絡方法檢附於下。在此向提供設計圖面的設計者們致以最誠摯的感謝。

姓名	工作單位	E-mail 住址	電話
Yoshiyuki Kobayashi 小林義行	Tsuchiura Technical High school 土浦工業高校 (300-0051 茨城県土浦市真鍋6-11-20)	rikaken@icom.home.ne.jp	+81-29-821-1953
Naotake Hirao 平尾尚武	Saitama University 埼玉大学	l-n@saku2.com	
Masahiro Matsuo 松尾政弘	Innovative Research Organization Saitama University 埼玉大学総合研究機構 (338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保225)		+81-48-858-3098
Saburo Tsuchida 土田三郎	Ohmiya School for the Deaf 埼玉県立大宮ろう学校 (331-0813 埼玉県さいたま市北区植竹町2-68)		+81-48-663-7525
Fujio Toda 戸田富士夫	Utsunomiya University 宇都宮大学 (321-8505 栃木県宇都宮市峰町350)	toda@cc.utsunomiya-u.ac.jp	+81-28-649-5242
Koichi Hirata 平田宏一	National Maritime Research Institute 海上技術安全研究所 (181-0004 東京都三鷹市新川6-38-1)	khirata@nmri.go.jp	+81-42-241-3607
Kazuyuki Kai 甲斐和之	Kuramae Technical High school 都立蔵前工業高校 (東京都台東区蔵前1丁目3番57号)		+81-33-862-4488
Takashi Fukui 福井隆史	(神奈川県小田原市曾費1755-1-404)	takash@dc4.so-net.ne.jp	
Jitsuro Kaneko 金子実朗	Hamamatsu Johoku Technical High school 浜松城北工業高校 (430-0906 静岡県浜松市住吉16-1)	kaneko1949@yahoo.co.jp	+81-53-471-8341
Shinnichi Morita 森田慎一	Yonago National College of Technology 米子高専 (〒683-8502 鳥取県米子市彦名町4448)		+81-859-24-5000
Ryozo Ariga 有賀良二	Suginami Technical High school 杉並工業高校 (〒167-0023 東京都杉並区上井草4-13-31)		+81-33-394-2471
Takashi Takenaka 竹中孝志	Ohsawano Technical High school 大沢野工業高校 (939-2206 富山市坂本2600)		+81-76-467-2271
Toshi Tohyama 遠山寿	NakanihonAutomotive College 中日本自動車短大 (〒505-0077 岐阜県加茂郡坂祝町深萱1301)	toyama@nakanihon.ac.jp	+81-574-26-7121

目 錄

模型熱空氣引擎圖面集序言

1、模型熱空氣引擎簡介	11
1-1 模型熱空氣引擎的教育功能	11
1-2 熱空氣引擎的發明	12
1-3 模型熱空氣引擎的特徵	13
1-4 熱空氣引擎的未來	14
1-5 模形熱空氣引擎的例子	15
2、模型熱空氣引擎的作動原理	20
2-1 移氣器	20
2-2 飛輪與曲柄軸	21
2-3 熱再生氣	21
2-4 熱再生氣的配置	22
2-5 熱空氣引擎的各種設計	23
2-6 熱空氣引擎的循環	26
3、理想等溫模型的解析	29
3-1 理想等溫理論模型	29
3-2 修密特理論模型 (Schmidt model)	30
3-3 理想等溫模型的數值計算	31
4、設計模型熱空氣引擎應注意的重要事項	36
4-1 熱量的平衡	36

4-2 加熱器	37
4-3 熱傳導與熱再生器	38
4-4 內部空間的配置	39
4-5 摩擦損失	40
4-6 驅動機構	41
4-7 漏氣損失	42
5、模型熱空氣引擎圖面集	43
5-1 使用手工具製作的熱空氣引擎	43
* Marble engine (彈珠引擎)	43
* Jumping Can (跳躍罐)	44
* Jumping car and Brush car (跳躍、牙刷車)	46
* Jumping Board (跳躍板)	48
* Fin boat (尾鰭船)	56
* SECD Ring Bomb car	60
* Can engine	64
* Oscillating engine	65
* NOBB	67
* Single GAO	71
* Rubber LTD car	77
* Gasha-pon	81
* Thermoacoustic car	86
* Stirling Cooler	88

模型熱空氣引擎圖面集

5-2 使用車床等工具機製作的熱空氣

引擎 91

* ESE-10 91

* Mini Sise 2-piston car 99

* Double-G 103

* Bayon 108

* Johoku 119

* 1999NA16 128

* Double G-DA 137

* NAO-F02 145

* NAO-Z8 151

5-3 人乘坐的熱空氣引擎車 157

* Misty wind 157

* Manned Jumping car 164

* STH Ross-Yoke 169

* Heat 177

* Beetle 186

Contex

1、Introduction of model hot air engine ...	11	4、A method to design a model stirling engine	36
1-1 The educational function of model hot air	11	4-1 The heat balance	36
1-2 The invention of hot air engine ...	12	4-2 Heater	37
1-3 The characteristics of the model hot air engine	13	4-3 Thermal conduction and heat regenerator	38
1-4 The future of the hot air engine ...	14	4-4 Volume arrangement	39
1-5 The examples of model hot air engine	15	4-5 Friction loss	40
2、How dose the model hot air engine	20	4-6 Drive mechanism	41
2-1 Displacer	20	4-7 Leakage loss	42
2-2 Flywheel and Crank	21	5、Model hot air engine plans	43
2-3 Heat Generator	21	5-1 The models that can be made by hand tools	43
2-4 Arrangement of Heat Regenerator	22	* Marble engine	43
2-5 Engine-types of Hot Air engine (Stirling)	23	* Jumping Can	44
2-6 1-cycle of Hot air engine	26	* Jumping car and Brush car ...	46
3、Introduction to Ideal isothermal model		* Jumping Board	48
Analysis	29	* Fin boat	56
3-1 Ideal Isothermal Model	29	* SECD Ring Bomb car	60
3-2 Schmidt model	30	* Can engine	64
3-3 Numerical Calculation of Isothermal Model	31	* Oscillating engine	65
		* NOBB	67
		* Single GAO	71

模型熱空氣引擎圖面集

* Rubber LTD car	77	* 1999NA16	128
* Gasha-pon	81	* Double G-DA	137
* Thermoacoustic car	86	* NAO-F02	145
* Stirling Cooler	88	* NAO-Z8	151
5-2 The models that can be made		5-3 Manned Air Engine car	157
by simple machine tool	91	* Misty wind	157
* ESE-10	91	* Manned Jumping car	164
* Mini Sise 2-piston car	99	* STH Ross-Yoke	169
* Double-G	103	* Heat	177
* Bayon	108	* Beetle	186
* Johoku	119		

1 模型熱空氣引擎簡介

1-1 模型熱空氣引擎的教育功能

自從北京原人的時代以來，為了使人類的生活與各種活動更加豐富，我們開創了所謂"創造"的文明。「在這整個文明的創造中，對人類影響最大就是動力機械的出現。動力機械可分為天然能源動力機械（太陽光、風力、水力、地熱等）與人造能源動力機械（火力、原子能、燃料電池、太陽能電池等）。」在地球上，被應用最廣的動力機械是"熱機"，也就是利用熱能使氣體縮收、膨脹而產生動能的熱力機械。這樣的熱力機械可分為內燃機（汽油引擎、柴油引擎等）與外燃機（蒸氣引擎、史特靈引擎等）兩大類。史特靈引擎一般在學術上稱之為熱空氣引擎，是英國蘇格蘭的史特靈牧師所發明的。由於其構造簡單且原理易懂，是大人小孩皆可嘗試自行製造，從而享受造物之樂的，在技術教育上具有特殊意義的"夢想中的引擎"。本書就是引導大家自行製造這種特殊引擎的入門書。書中介紹各種模型熱空氣引擎的作動原理與製作用圖面，其中包含不需使用特殊機具與材料的簡單機型與必需使用車床等適當加工機具的機型。本書將使更多的人對熱空氣引擎抱持更大的興趣與關心。

1 The introduction of hot air engine

1-1 The educational function of model hot air engine

Since *Sinanthropus pekinensis*, human beings have made the civilization of "creation", in order to make the human activities rich. It is the thermomotor that has been most contributed to us the human beings, in the civilization. When it roughly classifies, there are natural energies (sunlight, wind force, hydraulic power, heat of the earth, etc.) and artificial energies (fire power, atomic power, a fuel cell, solar cell, etc.) as energy. The thermomotor is most used in them. It is the technology of changing heat into kinematical energy using gaseous expansion and contraction. Thermomotors can roughly be classified into internal combustion engines (gasoline engine, diesel engine, etc.) and external combustion engines (steam engine, Stirling engine, etc.)

1-2 熱空氣引擎的發明

圖 1 所示的人物就是於 1816 年發明熱空氣引擎的羅伯特·史特靈牧師。當時正值英國產業革命時代，詹姆斯·瓦特所發明的外燃式蒸汽機是當時最被廣泛應用的動力產生機械。為追求更大的馬力，蒸氣機的加熱溫度與操作壓力一再提高，由於壓力控制閥、鍋爐本體的信賴性與安全性不高，當時經常發生爆炸事件。羅伯特·史特靈牧師苦思想要發明一種不會發生爆炸的安全熱力動力機構。有一天，他想到應該可以應用熱汽球上升下降的原理來設計一種新的熱力機械，從而發明了和蒸汽引擎一樣是外燃機的熱空氣引擎。這種引擎於十八、十九世紀中曾被廣泛應用。後來由於內燃式奧圖引擎的發明，熱空氣引擎才逐漸減少，大英百科全書稱它為“被遺忘的熱力機關”。

1-2 The invention of hot air engine

The scientific name of the Stirling engine is the hot-air engine. "Stirling" is the name of the pastor of Scotland who invented hot-air engine. Completion of hot air engine needs the technology of the "dream" which analog civilization has. A child or an adult also becomes tenacious, and repeats a device, and those who make this engine himself experience joy of the production of a thing for him. I hope that those people complete the engine of a dream. This book is positioned as a primer for making hot air engine. First, an easy operation principle is shown and some examples of the engine by manual processing are introduced. Next, some drawings for the work using a lathe are introduced. Finally, the easy description of the analysis method is

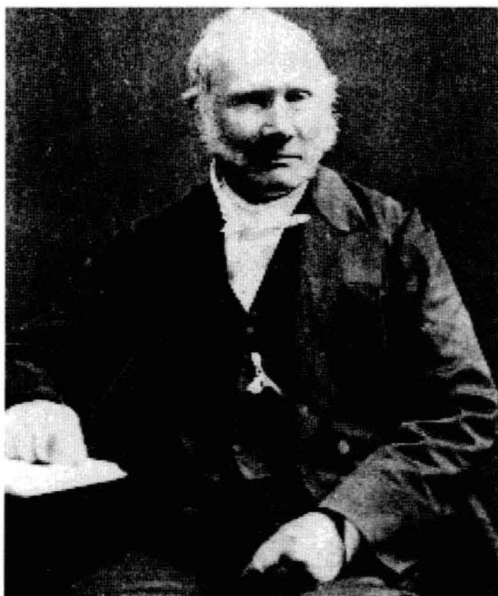


Fig.1 羅伯特·史特靈 (Robert Stirling)

1-3 模型熱空氣引擎的特徵

和其他產生動力的熱力機構相較，模型熱空氣引擎具有以下的優點與特色。

- (1)熱空氣引擎是一種外燃式引擎，我們可以從外面清楚看到並理解其機構的構造，所以它可說是最適合於說明熱力機構產生動力的機制。雖然在實際應用上目前尚有其限制，但在教育上有其特殊的效果。
- (2)模型熱空氣引擎可增進我們對生態環境與動力產生的關係之理解。本引擎可採用太陽能、溫泉熱、廢氣熱與生質能等各種能源。
- (3)製作模型熱空氣引擎時，製作者可以自行設計、裝配與選擇適當的材料，這比一般市販的套裝模型教材或塑膠組立模型更能達到訓練創造設計上很重要的錯誤嘗試能力之培養。
- (4)作為技術教育的載具，熱空氣引擎非常適合。由於其作動條件非常嚴格，稍微的加工誤差也將影響其作動特性，因此製作者縱使根據相同的圖面，其製作結果的特性也會產生很大的差異。模型熱空氣引擎的特性非常纖細，雖然其零件數不多，但一般皆必須經過微妙的調整，才能作動。因此製作者必須設法發現問題並設法解決。這對問題解決的工程創造力的培養有很大的效果。
- (5)熱空氣引擎的製作可由模型開始，從而

also carried

1-3 The characteristics of the model hot air engine

Model hot air engine has many features that were excellent compared with other thermomotors.

- (1)Since external combustion engine can be visualized, this engine is suitable to explanation of understanding that heat works. Restrictions like the engine of practical use or marketing are not received, but only their pleasure and the educational effect serve as the purpose.
- (2)This engine helps to understand the technology that considers environment. All heat sources, such as solar heat and hot spring heat, heat of exhaust gas, and the biomass, can be used for this engine.
- (3)It can consider as the teaching materials and the models corresponding to various developmental stages. The various designs corresponding to capability according to the stage are possible. Material selection, a design, an assembly, and all adjustments can be performed personally. The power to which a trial-and-error method is applied farther than a commercial model kit and a commercial plastic model can be supported. The process that students themselves create and devise appears.
- (4)Hot air engine is also suitable for students

獲得造物的經驗，將來可進而接近實用引擎的設計與製造。

of engineering. Even if it makes from the same drawing, the characteristics differ. It is because few processing errors influence since the operation conditions are very severe in a model class. Model hot air engine does not move easily. Although it is easy for appearance and there are few parts, delicate adjustment is required in fact and one dust stops engine. It is required that many problems should be discovered personally and should be solved. This trains a student's sensitivity.

- (5) The model hot air engine made as a hobby can also be brought close to practical use engine gradually.

1-4 熱空氣引擎的未來

熱空氣引擎是外燃機的一種，雖其熱效率在理論上與卡諾循環相等。但，為達成此一目的，於引擎的設計製造上存在許多尚未解決的問題。為解決以下所列舉的問題，模型熱空氣引擎將正可發揮其存在的價值。

- (1) 排熱損失：燃燒熱氣排出時，燃燒室壓力保持不變的技術
- (2) 流動損失：使作動流體的流動損失為零的技術
- (3) 活塞環漏氣損失：使活塞與汽缸間隙不發生漏氣的技術
- (4) 活塞環摩擦損失：使活塞與汽缸間不產生接觸移動摩擦的技術
- (5) 熱傳導損失：沒有熱損失的外燃熱交換技術

1-4 The future of the hot air engine

Hot air engine has thermal efficiency equal to the Carnot cycle theoretically. In order to realize it, many unsolved problems are left behind. Rather, in order to solve these problems, this engine exists.

- (1) Boiler loss: Technology in which the combustion heat of fuel can be completely used with engine
- (2) Flow loss: Technology of abolishing the loss accompanying movement of acting fluid
- (3) Leakage loss: Technology of moving a piston and an output axis so that operation gas may not leak at all, and so that frictional resistance may not arise.