

學輪凸

董大猷編著

龍門聯合書局印行



凸輪學

版權所有



不准翻印

一九五一年九月初版

定價人民幣 16,000 元

編著者	董 太 蘇
出版者	龍門聯合書局 上海南京東路六一號一〇一室 電 話 一 八 八 一 九
總發行所	中國科技圖書聯合發行所 上海中央路二四號三〇四室 電 話 一 九 五 六 六 電報掛號 二 一 九 六 八
分銷處	龍門聯合書局及各地分局 上海總店 河南中路 210 號 上海支店 南京東路 157 號 北京分局 東安門大街 82 號 北京南城支店 琉璃廠 103 號 北京西城支店 西單福壽商場 6 號 重慶分局 中山一路 368 號 漢口分局 江漢一路 3 號 瀋陽分局 太原街 40 號 天津分局 羅斯福路 308 號 西安分局 中山大街 217 號

自序

凸輪 (cam) 一物向在機械組織中佔有重要位置。自近世自動機械發達後，凸輪與機械間之關係與作用愈趨密切；因自動化工業機械與工具機械所以能有高度生產能力之原因，自機動學立場言，幾全是來自凸輪設計上之成功。他如往復式原動機武器及其他用具上亦莫不需用凸輪或類似物作為其某數部份之定時定數動作機構。

目前凸輪一學，在大學課程中，僅附於機械工程學系「機動學」內薄薄不足二十頁之一章節，以致一鱗半爪，每使學子及機械工程界人士時有難窺凸輪在動作及設計二方面全貌之憾。作者有鑑於斯，且亦好於此學之修習，並深感凸輪對於自動化機構所特具之重要作用因素，因在授課之餘編作本書，以供一般應用。書以美國 FRANKLIN De RONDE FURMAN 教授所著之“cams—elementary & advanced”及日本酒井重藏氏所著之“カム”（即英文之 cam 音譯）等二書作為藍本。內容方面則力求實用與研究並重，俾深入淺出，藉利講授，自修，或設計參攷之用。

本書在編著時，原擬列有「內燃機用凸輪設計」一章，以應今日石油時代之要求，惟因材料廣浩，頗難全部羅列於本書之內，且亦因內容與編著本書之主要目的（介述凸輪之基本原理與設計）有所不同，故祇得放棄此章，俟有機會時再擴大此章寫一專書。

作者學識鄙陋，本書謬誤失察之處，定所難免，尙祈機械界先進及讀者諸君惠賜指正，以匡不逮。

董太酥自識

一九五〇年末·上海

目次

(目次內所列之數字係書內各章之段數)

第一章——定義，分類，及術名

一• 定義.....	1
二• 分類.....	9
1. 概要;	
2. 旋盤或圓盤類凸輪——A. 圓周凸輪, B. 平盤凸輪, C. 心形凸輪, D. 蛙形凸輪; E. 面盤凸輪, F. 齒形凸輪, G. 擺動凸輪, H. 擺滾凸輪, I. 瓶形凸輪;	
3. 側透或圓柱類凸輪——A. 桶形凸輪, B. 端面凸輪, C. 雙端面凸輪;	
4. 錐形類凸輪;	
5. 球形類凸輪;	
6. 依特徵而分類之凸輪——A. 圓形凸輪, B. 內面凸輪, C. 偏置凸輪, D. 往返凸輪; E. 單動作及雙動作凸輪, F. 分級凸輪, G. 可調節凸輪, H. 複裝凸輪, I. 擺動凸輪, J. 滑板凸輪.	
三• 應用術名.....	10
1. 凸輪曲綫圖;	
2. 凸輪曲綫草圖;	
3. 時間圖;	
4. 基曲綫;	
5. 基綫;	
6. 基曲綫之形式;	
7. 輪距綫;	
8. 輪距圈;	
9. 輪距面;	
10. 工作面;	

11. 從動桿之輪距點；

12. 壓力角。

第二章——各種基曲綫組織與凸輪工作面畫法

- 一 • 全對數綫形基曲綫.....18
1. 概要；
 2. 設計舉例；
 3. 處理方法；
 4. 構造細目；
 5. 及 6. 計算方式。
- 二 • 對數混合綫形基曲綫.....22
1. 概要；
 2. 設計舉例；
 3. 至 8. 處理及計算方式。
- 三 • 直綫形基曲綫.....26
1. 概要；
 2. 設計舉例；
 3. 畫法。
- 四 • 漸伸綫形基曲綫.....28
1. 概要；
 2. 發生原理；
 3. 漸伸綫形凸輪之壓力角；
 4. 設計舉例；
 5. 處理方法。
- 五 • 直曲混合綫形基曲綫.....31
1. 概要；
 2. 及 3. 畫法。
- 六 • 拐綫形基曲綫.....32
1. 概要；
 2. 特點。

七·拋物綫形基曲綫	34
1. 概要;	
2. 特性;	
3. 拋物綫形與拐綫形二綫間之比較。	
八·第一式切綫形基曲綫	36
1. 概要;	
2. 設計舉例;	
3. 至 8. 處理及計算方式。	
九·第一式圓綫形基曲綫	41
1. 概要;	
2. 設計舉例;	
3. 處理方法。	
十·橢圓形基曲綫	43
1. 概要;	
2. 特性;	
3. 畫法。	
十一·第一式立方綫形基曲綫	45
1. 概要;	
2. 計算公式;	
3. 設計舉例;	
4. 及 5. 處理方法。	
十二·第二式圓綫形基曲綫	47
1. 概要;	
2. 設計舉例;	
3. 至 6. 處理方法。	
十三·第二式立方綫形基曲綫	49
1. 概要;	
2. 設計舉例;	
3. 處理方法。	

- 十四·第二式切綫形基曲綫.....51
1. 概要;
 2. 設計舉例;
 3. 及 4 處理方法。

第三章——各種基曲綫在凸輪動作上之特點

- 一·決定速度與加速度之方法.....53
- 1 概要說明;
 - 2 及 3. 畫法舉例;
 4. 決定切綫之精確角度。
- 二·凸輪與從動桿間之壓力.....56
- 1 各式基曲綫凸輪之壓力;
 2. 受彈簧推回之凸輪從動桿;
 - 3 用於切綫形, 切綫形, 立方綫形, 及拋物綫形凸輪之彈簧之相對壓力;
 4. 第一式立方綫形基曲綫在壓力方面之特性;
 5. 及 6 利用彈簧拉回從動桿之凸輪壓力綜述。
- 三·凸輪之精確性.....61
- 1 凸輪精確性在動作方面之影響;
 2. 嚙穿之調整;
 3. 高速度凸輪;凸輪的平衡。
- 四·凸輪之壓力角因數.....64
- 1 至 4. 綜述及附表。

第四章——凸輪設計

- 一·經驗設計與技術設計在應用上之比較.....66
- 1 經驗設計舉例;
 2. 至 5. 處理方法;
 6. 技術設計舉例;
 7. 及 8 處理方法。
- 二·單級旋盤凸輪設計.....69

1. 推程與回程壓力角均相等之單級旋盤凸輪設計舉例；	
2. 至 4 處理方法；	
5. 推回二程壓力角不相等之設計舉例；	
6. 及 7 處理方法。	
三· 壓力角與輪距圈徑間之關係	73
1 不同輪距圈徑對於壓力角之影響；	
2. 由凸輪曲綫圖變為凸輪輪廓圖時之壓力角變化；	
3. 輪距綫圈位置對於未潤滑及已潤滑後之壓力角角度影響。	
四· 從動桿之滾子問題	75
1 從動桿滾子之尺寸限制——A. 滾子半徑與輪距面之最小嚮曲部份之半徑相等， B. 滾子半徑大於輪距面最小嚮曲部份之半徑，C. 滾子半徑小於輪距面半徑；	
2 非工作邊嚮曲半徑與滾子半徑之關係；	
3 往返傳動凸輪所用之滾子半徑；	
4. 非圓形曲綫槽中之滾子半徑。	
五· 雙級旋盤凸輪設計	79
1. 設計舉例；	
2. 及 3. 處理方法。	
六· 偏置從動桿凸輪設計	81
1. 設計舉例；	
2. 至 5. 處理方法。	
七· 平面(圓平盤)從動桿凸輪(即菌形凸輪)設計	84
1. 設計舉例；	
2. 至 5. 處理方法。	
八· 擺動形從動桿凸輪設計	87
1. 概說；	
2. 以滾子作接觸具有擺動形從動桿之凸輪設計舉例；	
3. 及 4. 處理方法；	
5. 以滾子作接觸通過凸輪軸心作連續弧綫擺動形從動桿臂之凸輪設計舉例；	
6. 及 7. 處理方法；	
8. 用擺動形從動桿之面形凸輪設計舉例；	

9. 處理方法；

10. 以滑行表面作接觸之擺動形從動桿凸輪設計舉例；

11. 及 12. 處理方法；

13. 擺動形平面滑行接觸從動桿之限制條件。

九 • 擺擦凸輪設計 96

2. 擺擦凸輪設計舉例；

3. 處理方法；

4. 直線形腳趾式從動桿擺動凸輪之全部機構設計；

5. 至 9. 處理方法；

10. 曲線形腳趾的擺擦凸輪設計舉例；

11. 至 14. 處理方法；

15. 變化角速度擺擦凸輪的滑行速度。

十 • 擺滾凸輪設計 106

1. 至 3. 綜述；

4. 及 5. 直線形腳趾的從動桿作上下直綫往復運動之擺滾凸輪設計；

6. 至 8. 全對數形基曲綫之凸輪與從動桿俱作擺動之設計；

9. 每一凸輪之角運動有賴諸在全對數曲綫相等弧長之位置；

10. 全對數綫形擺滾凸輪之接觸關係；

11. 壓力角之調整；

12. 用於滾行動作的擺動凸輪上之導致曲綫；

13. 及 14. 用導致曲綫作接觸面之擺滾凸輪設計；

15. 上式凸輪壓力角之調整；

16. 用於純粹滾行動作的擺動凸輪上之橢圓形基曲綫；

17. 及 18. 相等活動角度的滾行動作橢圓形基曲綫的擺滾凸輪設計；

19. 決定一對橢圓形擺滾凸輪機構相等活動角之方法；

20. 在滾行橢圓形擺動凸輪機構中之壓力角；

21. 至 23. 不相等活動角度的滾行動作橢圓形擺動凸輪機構設計；

24. 至 26. 用於純粹滾行動作之擺動凸輪機構上的拋物綫形接觸面及其設計；

27. 及 28. 應用雙曲綫作接觸面的滾行動作擺動凸輪機構設計。

十一 • 軌形凸輪設計 121

1. 概要;	
2. 及 4. 單盤輻形凸輪設計舉例及其處理方法;	
5. 至 7. 雙盤輻形凸輪設計舉例及其處理方法;	
8. 及 9. 能產生間歇和諧運動的旋轉性滑行輻形凸輪。	
十二・往復式凸面從動桿之凸輪機構設計.....	126
1. 綜述;	
2. 至 5. 設計舉例及處理方法。	
十三・中間擺動臂傳達普通旋盤凸輪之運動子從動桿之凸輪 機構設計.....	130
1. 綜述;	
2. 設計舉例;	
3. 至 7. 處理方法;	
8. 摩擦速度;	
9. 凸輪之被磨位置與最大加速度所生的壓力;	
10. 不同昇降程的凸輪動作;	
11. 側壓力之影響。	
十四・利用可變的主動軸角速度以獲得小凸輪與小壓力角之 凸輪機構設計.....	138
1. 概要;	
2. 至 4. 設計舉例及處理方法。	
十五・擺動性往返傳動單盤凸輪設計.....	140
1. 及 2. 綜述及處理方式。	
十六・擺動性往返傳動雙盤凸輪設計.....	141
1. 至 3. 綜述及處理方法。	
十七・以凸輪軸心作為擺動從動桿導路之凸輪機構設計.....	143
1. 及 2. 綜述及處理方法。	
十八・旋轉斜盤凸輪.....	143
1. 綜述。	
十九・偏心輪.....	144

1. 概述。
- 二十・圓柱凸輪設計…………… 145
1. 及 2 從動桿作直綫運動之圓柱凸輪設計及處理方法；
- 3 及 4 從動桿作擺動運動之凸輪設計及處理方法；
5. 由凸輪建立從動桿擺動運動之圓柱凸輪設計；
6. 至 9. 雙螺旋形圓柱凸輪設計及處理方法；
10. 至 14 用於圓柱凸輪之滾子之形式。
- 二十一・直滑板凸輪設計…………… 155
1. 及 2. 概述。
- 二十二・產生間歇性圓轉運動之圓轉凸輪設計…………… 155
1. 及 2 概述。

第五章——凸輪間之定時與互阻問題

- 1 概要；
2. 至 5. 凸輪之定時與互阻涉問題舉例；
6. 凸輪鍵槽之位置；
7. 至 10 定時定形而有互阻工作之凸輪機構設計舉例與處理方法。

第六章——凸輪銑削方法之簡要介述

- 一・綜說…………… 163
1. 概要；
2. 至 5 銑削手續。
- 二・非直綫形基曲綫旋盤及面形凸輪之銑削…………… 164
1. 及 2 工作方法。
- 三・直綫形基曲綫旋盤凸輪之銑削…………… 166
1. 至 7. 工作舉例及計算方式。
- 四・圓柱凸輪之銑削…………… 172
1. 至 2 工作方法。
- 五・其他凸輪之銑削…………… 172
- 1 簡述。

第一章 定義,分類,及術名

一·定 義

1. 凸輪 (cams) 爲機械組織中之一種作圓轉,擺動,或往復滑行的循環週期性動作之機件 (parts). 其工作部份具有特別形式之表面,使與此特形表面接觸之從動桿 (follower) 能接受凸輪所生之推力而隨之作往復,進退,或擺動等有定時有限度的間歇性工作.

凡從事上述性質的工作之機件,總稱爲凸輪,但其體形並不是全做成輪形的.

2. 在第 1-1 至 1-10 諸圖中之 C 均爲各種不同形式與用途的凸輪. 諸圖中之 F 則是與凸輪表面發生接觸關係之從動桿. 除第 1-2 及 1-5 二圖外,其餘諸圖均爲滾子 (roller) 裝置之滾轉接觸 (rolling contact). 第 1-2 圖爲 V 形角緣 (edge) 接觸,而第 1-5 圖則爲平面接觸,此二種接觸均係滑行接觸 (sliding contact),故運動時之摩擦及阻力亦特甚,易使凸輪之工作表面發生耗蝕,每致失去固有的精確動作. 故在可能範圍內,以儘量採用滾轉接觸爲宜.

除第 1-5 圖擺擦 (wiper) 凸輪係凸輪與從動桿俱可居于主動者之地位而外,其他一切凸輪機構中之凸輪必是一主動者.

3. 從動桿之角緣或滾子受凸輪特形面推動時,可依需要而設計成直線或曲綫,或直曲混合綫形動路的活動. 從動桿之全部行程可由一個連續不斷或由若干分立而有休止間隔的運動達成之; 且任何從動桿之運動皆可隨需要做成恆定的或變化的速度,故全部行程在運動時所需之時間亦可因之而得到合宜的處理. 凡此種種變化均是隨凸輪特形表面所採用之基曲綫形式而定.

二·分 類

1. 凸輪因用途上之不同，故其形式及種類亦甚繁多。今依從動桿之運動與凸輪軸心間之關係而分，可得——旋盤類凸輪，側邊類或圓柱類凸輪，錐形類凸輪，及球形類凸輪等四大類，每類內又各有若干專門名稱，此等名稱雖不同而其代表的動作或意義則是相同的。凡凸輪之並無轉軸者，則未列入本四大類內，可另見本書第四章內所列者。

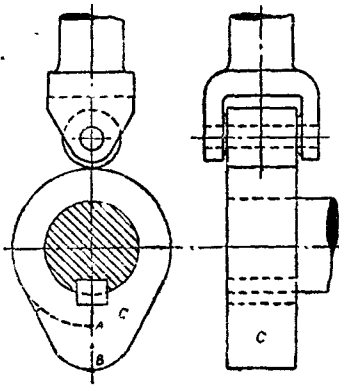
2. 旋盤 (radial) 或圓盤 (disk) 凸輪——將凸輪軸心至周圍間之幅射距離作成合乎需要的形式，而使與凸輪周圍發生接觸之從動桿能在任何情形下作幅射形或極接近幅射形的往復運動。本類或本式名稱之實例為第 1-1, 1-2, 1-3, 1-4, 及 1-5 等諸圖。又與本名稱同類而異名者計有下列九個名稱：—

A. 圓周 (periphery) 凸輪：本名稱為表示該凸輪係以外周表面作為作用面之直接名稱，實例為第 1-1, 1-2, 及 1-3 等諸圖。又第 1-6 圖所示稱為有槽圓柱 (cylindrical grooved) 凸輪之凸輪，雖其輪

體與本式者相同，但其運動方向則完全相異。且嚴格言之，有槽圓柱凸輪並非以輪周表面作為工作面，其實在工作面乃為繞于圓柱周圍深槽之側邊。故該輪不能列入本類之內，亦不能誤稱為圓周凸輪。

B. 平盤 (plate) 凸輪：不論以輪板外周或輪板側邊周槽而能作 360 度整轉運動之凸輪，均可以本名稱稱之。其實例為第 1-1, 1-2, 1-3 及 1-4 等諸圖。

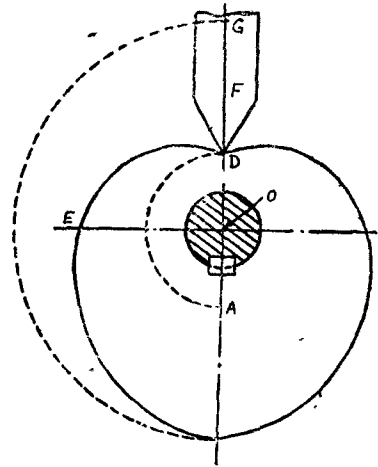
C. 心形 (heart) 凸輪：本名稱得自凸輪之象徵外形，第 1-2 圖為本式凸輪之實形。本式凸輪有一其他凸輪所不具之特點，即其工作面



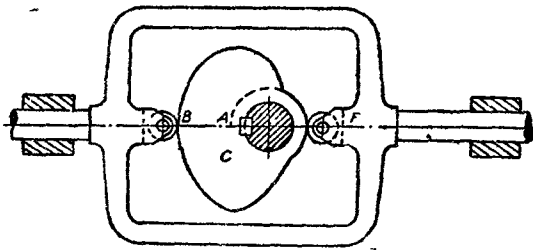
第 1—1 圖

之輪廓係由二個互成對稱之輪瓣 (lobe) 所組成, 藉之而使從動桿能有均勻速度的運動。在設計上, 每一輪瓣皆須合乎阿基米德氏螺綫 (Archimedean spiral) 之定律。畫法見第二章第一節。

D. 蛙形 (frog) 凸輪: 一種由若干不同形式的輪瓣所組成之凸輪, 在設計上之特點則為所有通過軸心之相對直徑綫之長度均須完全等長。第 1-3 圖即為本式凸輪之實例。



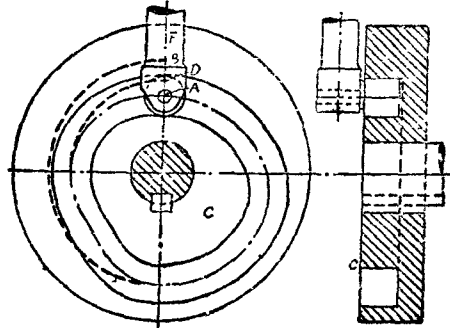
第 1-2 圖



第 1-3 圖

F. 面盤 (face) 凸輪: 亦稱為側槽 (grooved) 凸輪, 如能稱之為平盤側槽 (plate grooved) 凸輪尤佳。本式凸輪與有槽圓柱凸輪之主要不同點乃在前者之槽係刻在輪板之平面, 而後者則刻于圓柱之外周。第 1-4 圖為本式凸輪之實例。本式凸輪之從動桿接觸部份有一對相對的接觸綫, 若二者具有適貼的鑲配, 則可得輕鬆而精密的動作, 否則過緊或過鬆的接觸關係均非所宜。因過鬆之接觸關係每易發生噪雜響聲, 且難獲得確實的傳動距離, 如過緊則將產生高度摩擦與阻力, 對

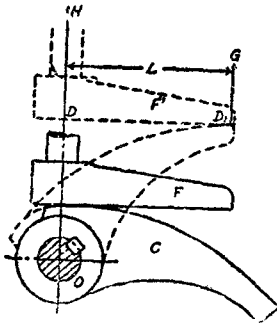
于凸輪工作面之壽命大有妨害。本式凸輪之外周多係作成圓盤或圓板形狀，雖有時亦有製成與凹槽相同之形式者，然無如此必要。且將輪體外周作成正圓形，有一雖在高速度旋轉時仍能保持平衡之優點。



第 1-4 圖

F. 菌形 (mushroom) 凸輪 旋盤或圓盤凸輪之工作面與從動桿發生平面接觸之一種凸輪設計，故配合本式凸輪之從動桿所用之接觸圖是一可旋轉的圓形平盤而非一般常用的滾子或 V 形角緣；因此，凸輪軸心係與從動桿軸心組成直角形位置。實例見第 4-18 圖。

G. 擺擦 (wiper) 凸輪：見第 1-5 圖，本式凸輪本身之運動係擺動性而非一般凸輪所習用之圓轉運動，體形常成此綫長臂形，俾與從動桿之接觸趾 (toe) 平面發生接觸關係，而使從動桿能接受其推力發生



第 1-5 圖

上下直綫往復運動如第 1-5 圖內 F 至 F' 所示者。然上述動作並非是本式凸輪之絕對運動原理，因有時從動桿 F 亦可替作為主動者施行壓力于凸輪 C 。本式凸輪雖有嚴厲滑行摩擦之弊，但有能在起終二點之中間求得一規定速度之利益，此點則非用完全滾轉接觸之凸輪所能具有者。

H. 擺滾 (swinging & rolling) 凸輪：在外觀上極似上述之擺擦凸輪，但二者之運動原理完全不同，主要不同點乃為本式凸輪與從動桿之接觸面全係特別設計而能發生純粹滾轉接觸，並且凸輪與從動桿俱作擺動性的活動，而擺擦凸輪之接觸與動作則適與本式者相反。本式

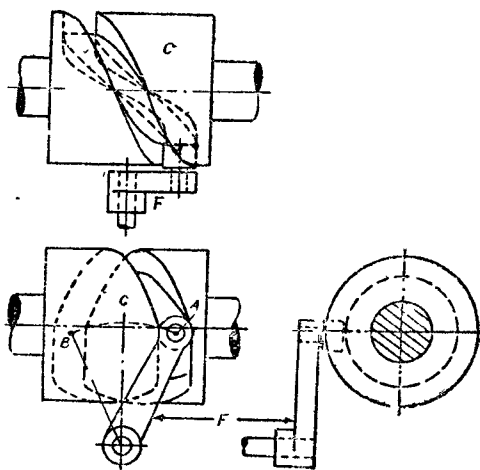
凸輪有無法規定中間速度之弊。設計詳目見本書第四章第十節。

I. 軛形 (yoke) 凸輪：為旋盤凸輪或圓盤凸輪之一種，其特點如：不論在任何情形下，通過軸心之輪徑相對綫之長度必須完全等長，故本式凸輪可允許一對固定中心距離的從動桿框滾子與工作面接觸，如是裝置乃可使從動桿有往返傳動之能力。第 1-3 圖為本式凸輪之實例，亦稱為蛙式凸輪。在事實上第 1-3 圖蛙式凸輪具有甚多缺點，故一般常以二塊旋盤凸輪貼合之雙盤凸輪替代之如第 4-42 圖所示者。軛形凸輪之優點乃在其特具的強大往返傳動的能力，並使滾子有完全滾轉的動作。且在實用上亦較第 1-4 圖之設計為佳，因本式凸輪之每一滾子僅與凸輪之一邊工作面接觸，而二滾子之中心距離亦有調整之可能，故在接觸上可無因過鬆過緊誤配所發生之鬆動，噪聲，或嚴厲摩擦等等不良弊病。

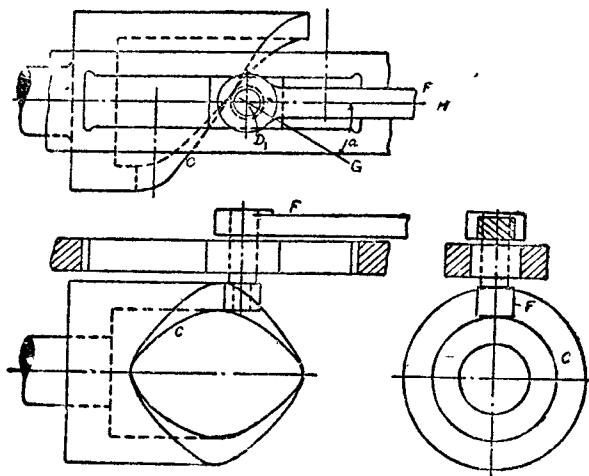
3. 側邊 (side) 或 圓柱 (cylindrical) 凸輪——本類凸輪之分類根據係從動桿之角緣或滾子與凸輪軸心成平行或相似于此種方向之運動作為原由。本類凸輪之實例為第 1-6, 1-7, 及 1-8 等三圖。在形式上，本類凸輪之外觀均成為圓柱形，但在實際上，應分成二種不同的形式，雖二者之動作方向均同，即：(1). 用一種稱為圓轉端面銑刀 (end cutter) 之刀具在圓柱之外周上銑削成一條適合需要形式且無終端的繞線溝，而此一槽溝之中心綫則必須與凸輪軸心成直角，其代表實例為第 1-6 圖；及 (2). 將圓柱之一端削成如第 1-7 圖之形式，亦可求得同樣的作業。在圓柱外周裝置可變換形式之凸形片條如第 1-9 圖者亦可獲得本類凸輪之作業藉以適應非固定性之需要。本類凸輪亦有甚多名稱，今分列於後：—

A. 桶形 (barrel) 凸輪 鼓形 (drum) 凸輪，與有槽圓柱 (cylindrical grooved) 凸輪等皆為圓柱或側邊凸輪之別稱。本式凸輪之特徵乃為圓柱之外周繞有適合需要之螺旋形但無起終點之槽溝，使從動桿之滾子嵌于其內受圓柱在旋轉時所產生之推力而隨槽側移動，此項

移動係與凸輪軸心成平行或近似平行方向的運動，待行至凸輪槽溝之極端位置時，從動桿滾子又受原先槽側相對邊之推力而向原來方向回轉，至另一端極端時則又被反方向逆推，如此往復不已，從動桿無需彈力或重力作助，自能往返。第 1-6 圖為本式凸輪之實形。



第 1-6 圖



第 1-7 圖

B. 端面 (end) 凸輪： 將圓柱之一端平面削成合乎需要之斜度作為推動從動桿之工作面，當回程時，從動桿必須利用外力如彈簧或重錘之推壓，方能與工作面保持密切的接觸關係。實例為第 1-7 圖。