

二枚
254
2



氣學 卷二

格物入門



門 二 I
號
卷

藏書

第二卷氣學

上章論天氣

天氣高厚亦有限制

其分兩可稱

以水驗之

天氣下壓

以水銀測度天氣

測量高低

測量高低宜慎天變

下壓分兩

風雨表預知風雨

天氣有體質

不能與他物並處

天氣輕重

吸物之理

風雨表預知風雨

空盒風雨表

天氣漸高漸薄

酒撤閒流泉同為一理

藏書

天氣漲縮

力愈大氣愈縮

天氣輕重層次

隨冷熱漲縮

天氣火輪

吸氣筒

玻罩試驗

氣車

積氣筒

積氣泉

積氣開山

積氣入水

論風

起風之故

通氣於礦窰

近赤道通商風

風有冬夏易向

風有早晚易向

風多無定向

風南北循環



旋風

旋風有二

避旋風之法

風行疾徐

風稱二式

風磨二式

論雨

落雨之故

雨源由海

計算雨數

雨尺

中章論蒸氣

蒸氣四綱

與水氣有別

驗第一綱

驗第二綱

驗第三綱

驗第四綱

水化蒸汽漲甚力大 驗蒸汽之力

述蒸汽之用 古人以之驚愚

古人以之為戲 後人始用

歷述有用之機 高氏氣機

吳氏氣機 天然氣機

塞氏氣機 牛氏氣機

瓦德氣機方為盡善 雙行氣機

氣管合頁自能啟閉 添水入釜不需人力

通力輪 穩行球

節氣合頁 氣表

平安合頁 節水機

節火機 記數輪

氣機全式 機分二種

高度機 低度機

劬水之力 石煤之力

氣機初興有妨工業 氣機通行眾民有益

氣機織紡貿易豐盛 火力代紡之由

火力代織之由 火輪車之由

鐵道之式 火輪車之式

其行甚速 其費甚省

火輪過山

創作之人

火輪船

創作之人

火輪舟車西國甚多

下章論音聲

天氣颺聲

颺聲快慢

颺聲遠近

他物亦能颺聲

不颺聲之物

發聲之由

聲音高低之故

音分有八

類分有三

中西同律

音分十層

聲音相觸消滅

應聲之故

迴響之遲速

迴響之方向

迴響之聚處

低聲樓

傳聲管

揚聲筒

接聲筒

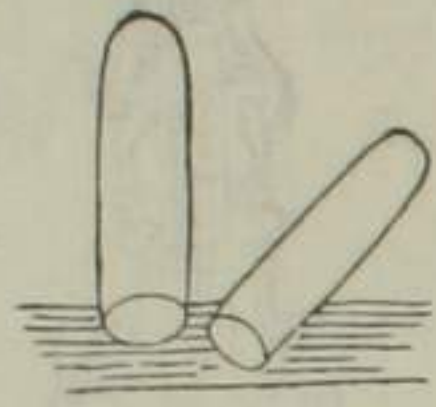
耳為接聲

口為發聲

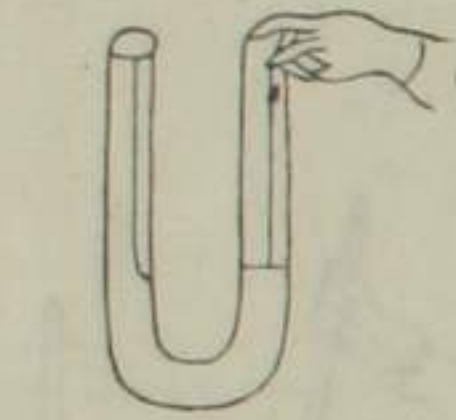
皆賴天氣



一 吹氣入瓶
水自下落



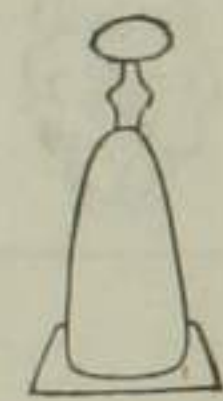
二 氣水
調換
水中
灌水



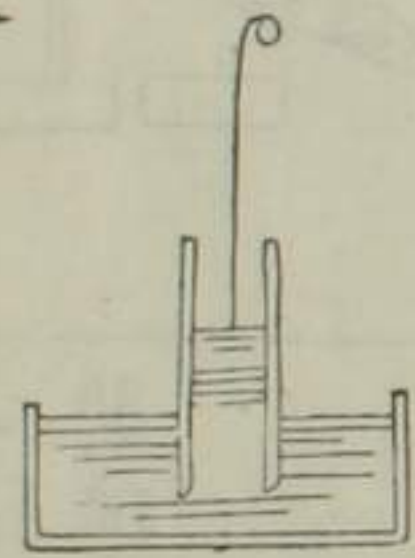
三 曲管按
嚴使氣
不出感
水不滿



四 玻璃管按
嚴水不
流出



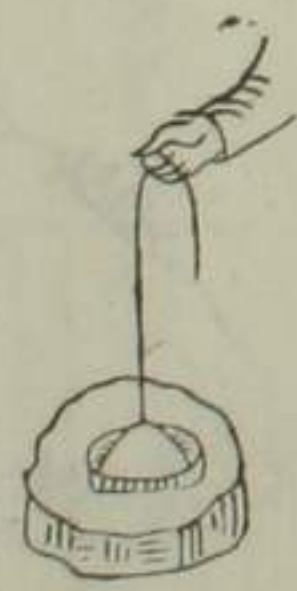
五 以紙提水



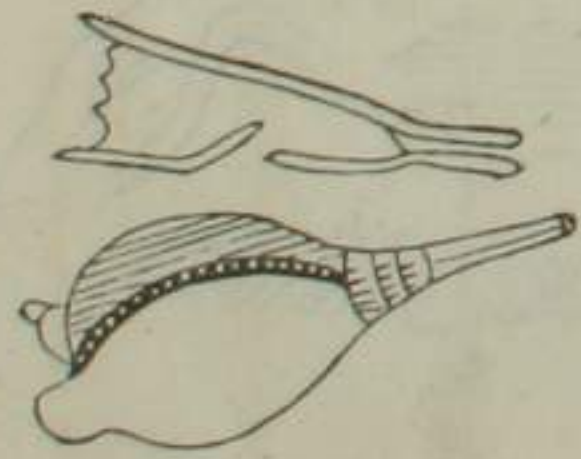
六 以管吸水



七 汲甯



八 吸重嚮



九 風箱

各物入月

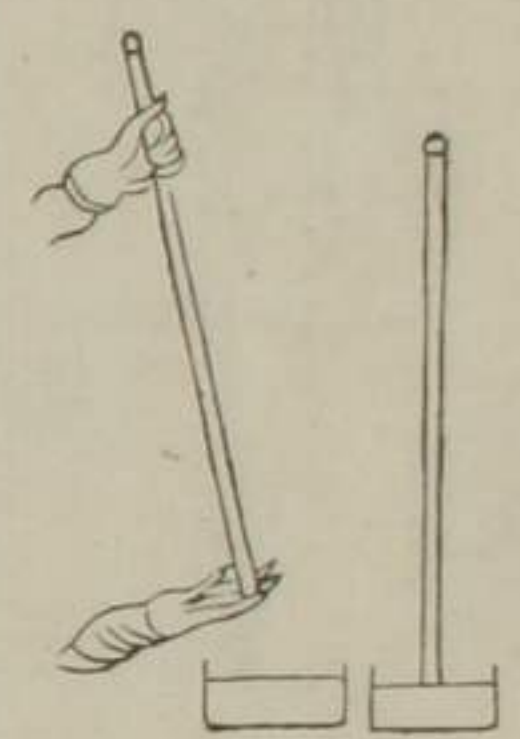
氣學上章

論天氣

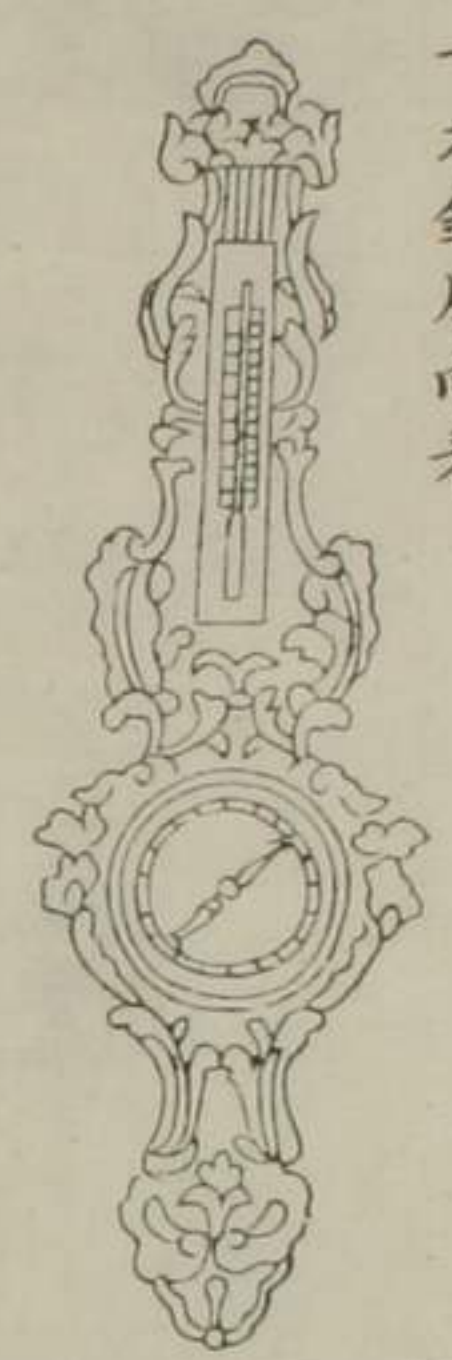


Blank columns for text on the right page, with faint bleed-through from the reverse side.

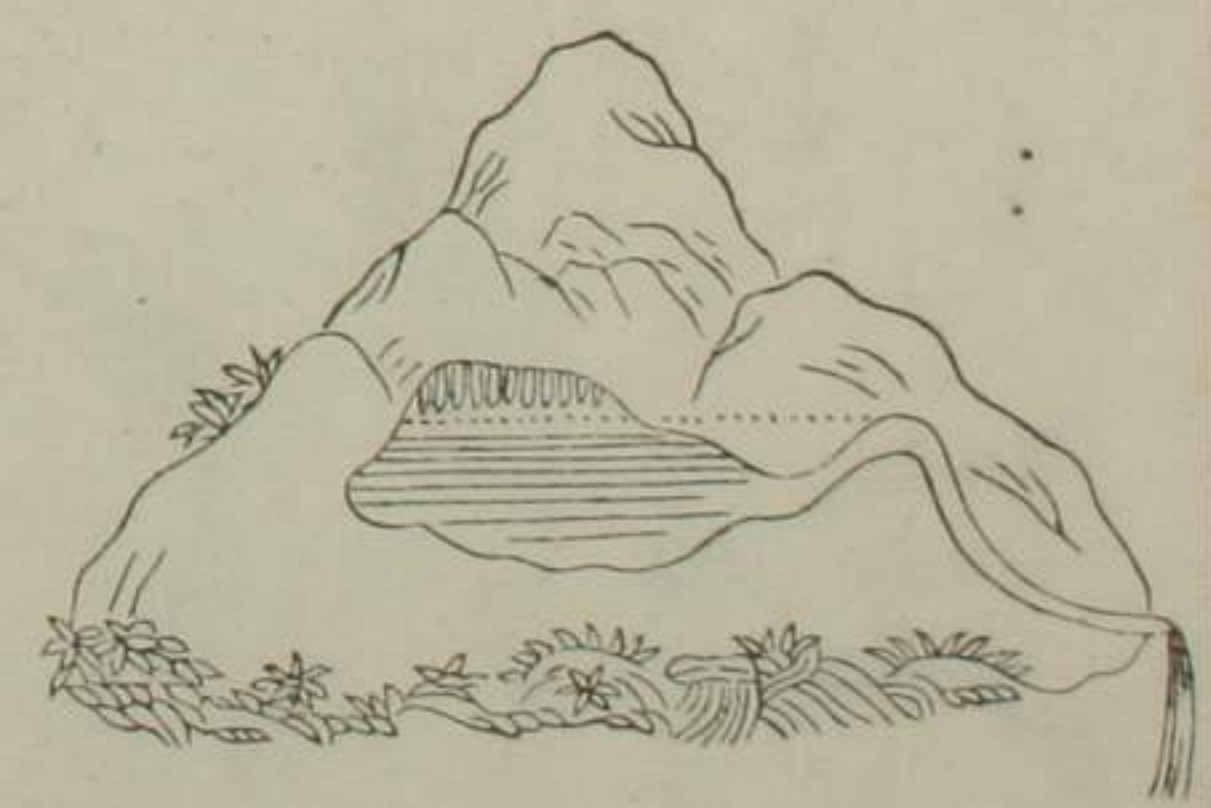
十
以水銀
測皮天
氣輕重



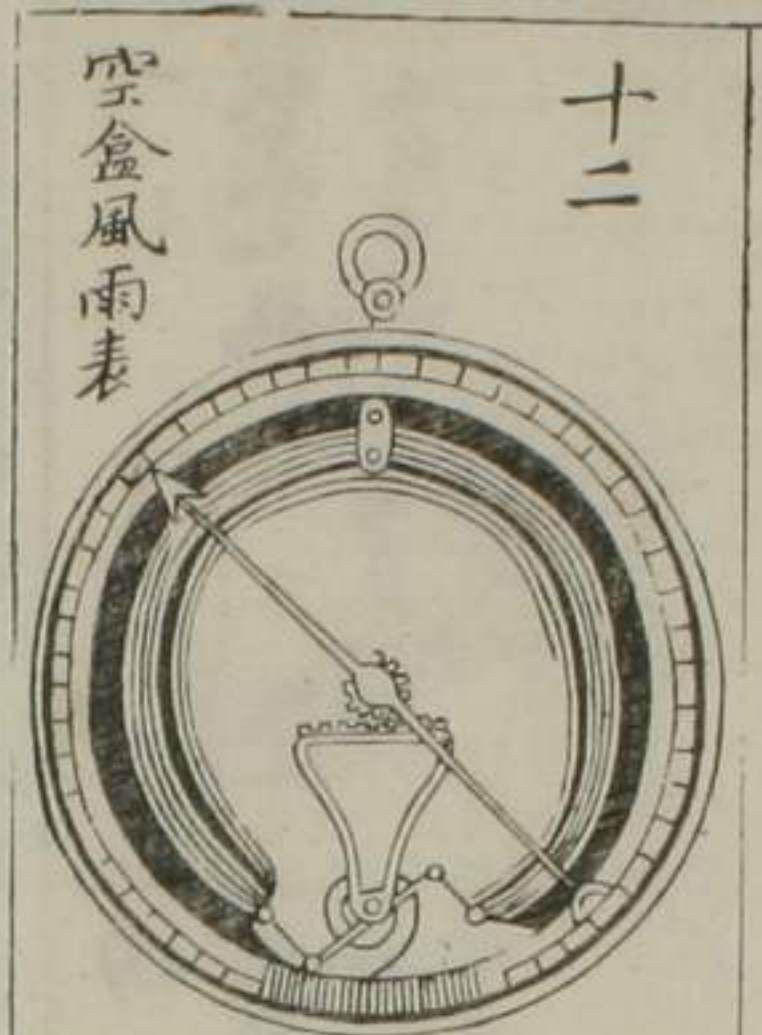
十一水銀風雨表



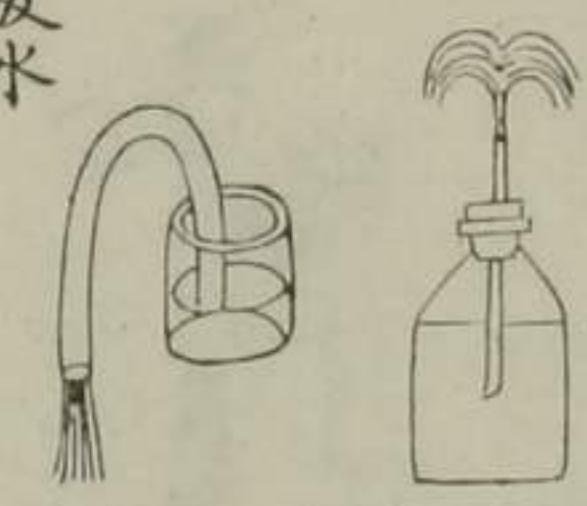
十三
閒流泉



十二

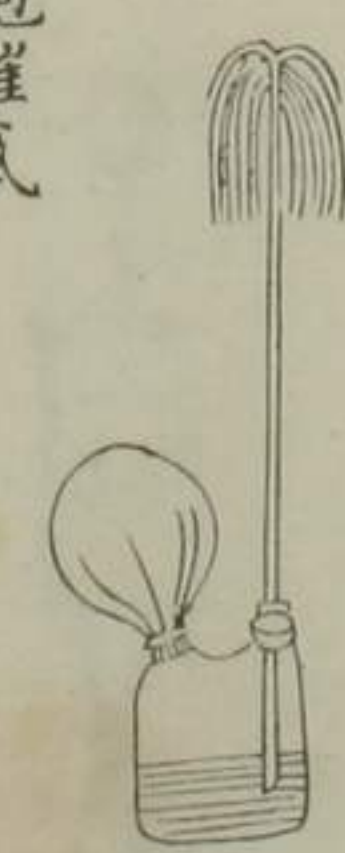


十四
吹氣入瓶
水即上躍
酒撒吸水



十五

握胞催氣
使水上躍



十六
磁人跳
舞瓶內

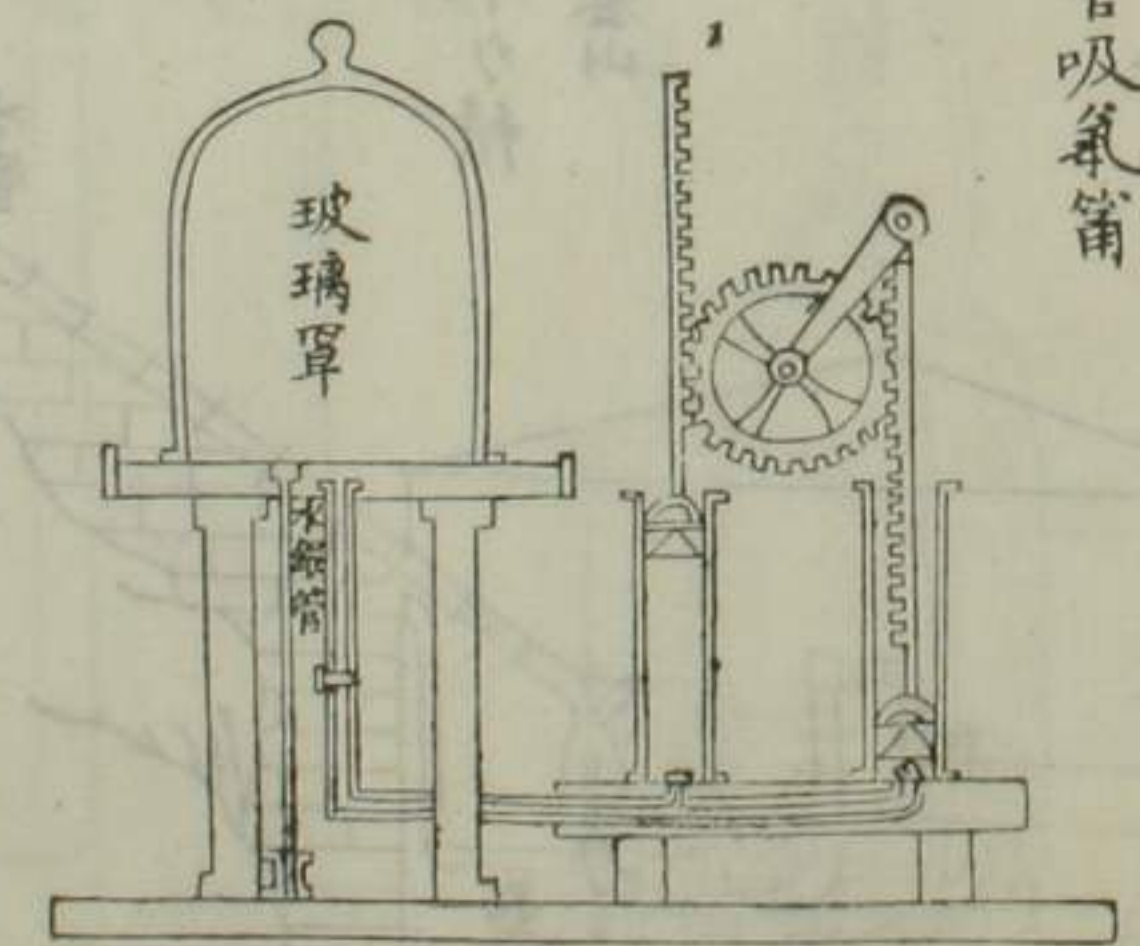


十九

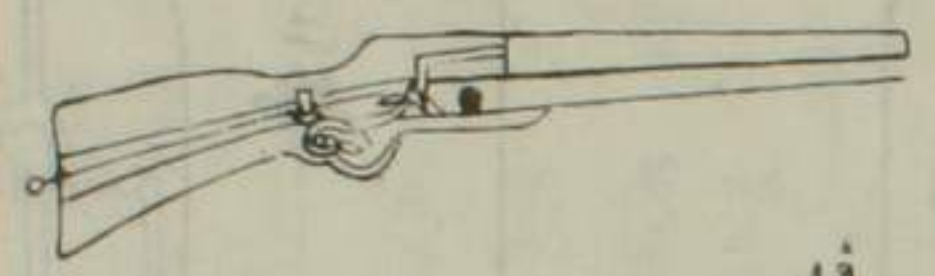
洋燈
下熱以火
氣源上升



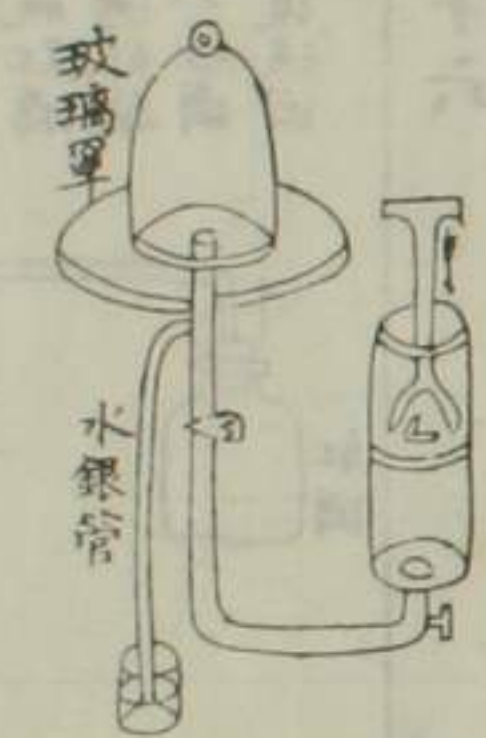
二十一
雙管吸氣筒



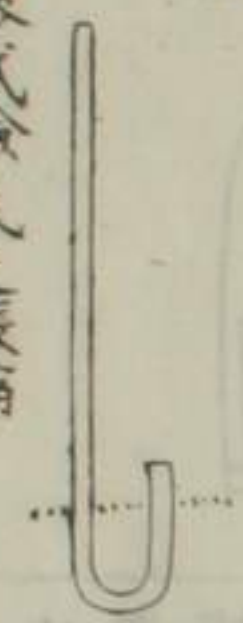
十七
氣槍



二十
吸氣筒
玻璃罩
水銀管



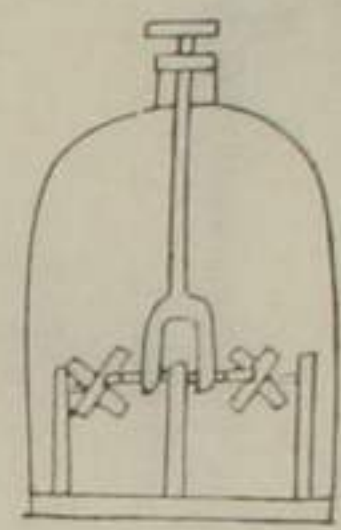
十八
以水銀試驗氣之脹縮



二十二
罩內無氣
錢毛並落

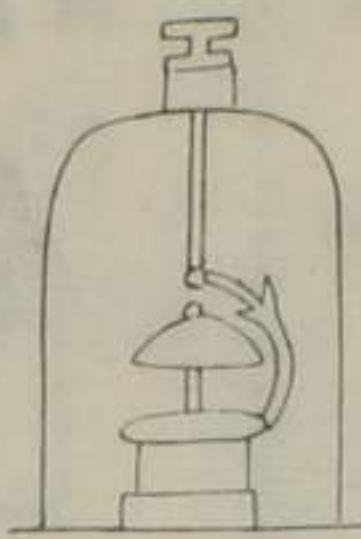


二十三



單內無氣二輪
旋轉愈久

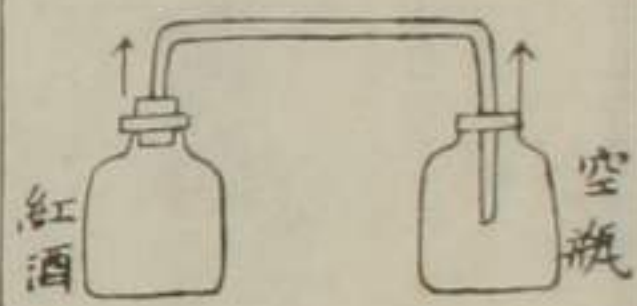
二十四



單內無氣
擊鐘不響

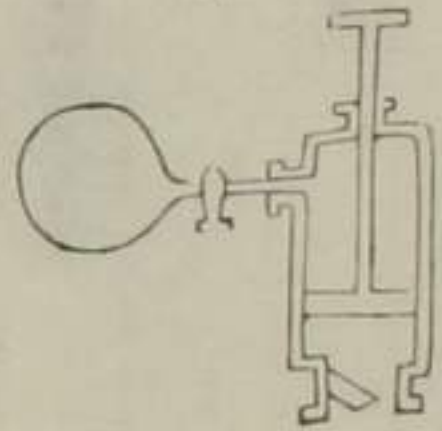
二十五

此瓶吸空
彼瓶紅酒
流過外氣
放入紅酒
旋復流回



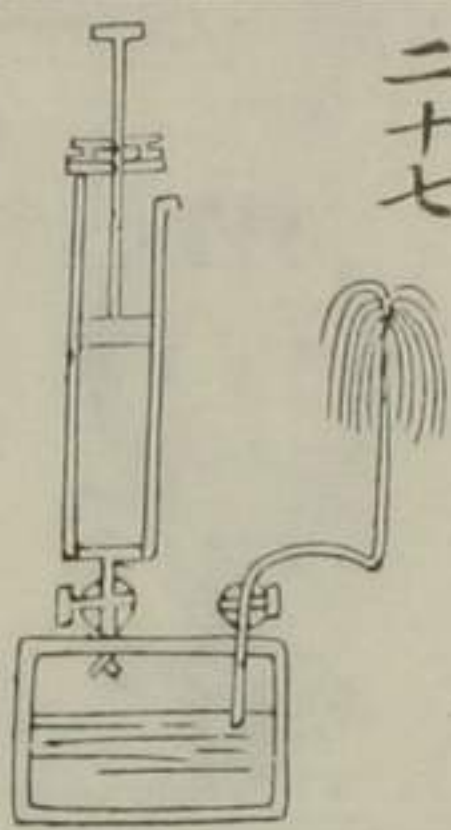
二十六

積氣筒



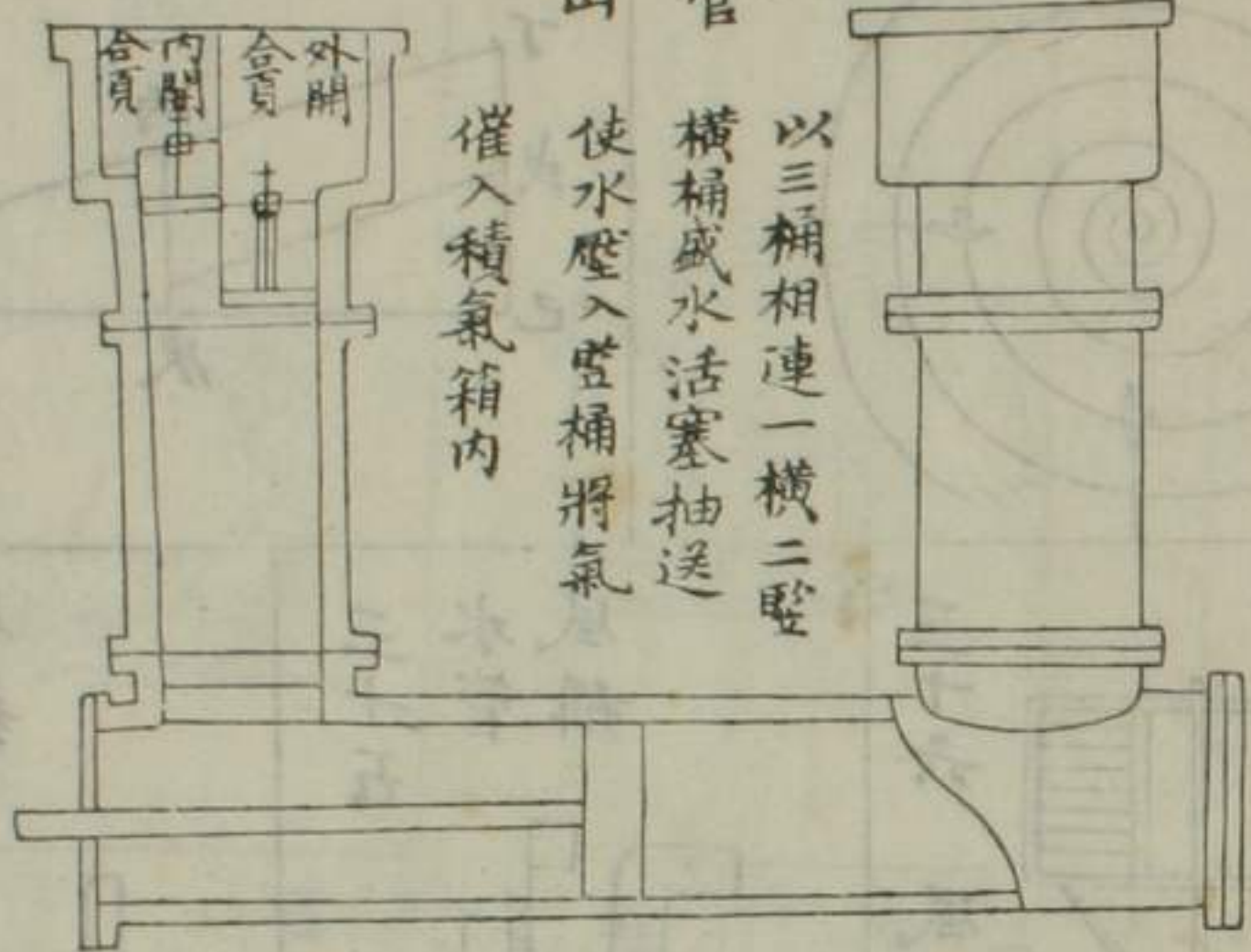
二十七

積氣泉



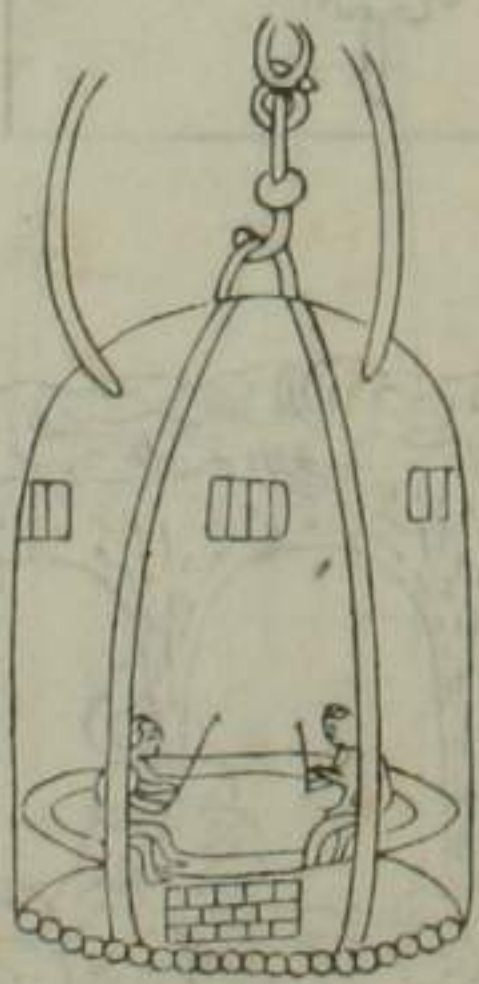
二十九

以三桶相連一橫二豎
橫桶盛水活塞抽送
使水壓入豎桶將氣
積入積氣箱內



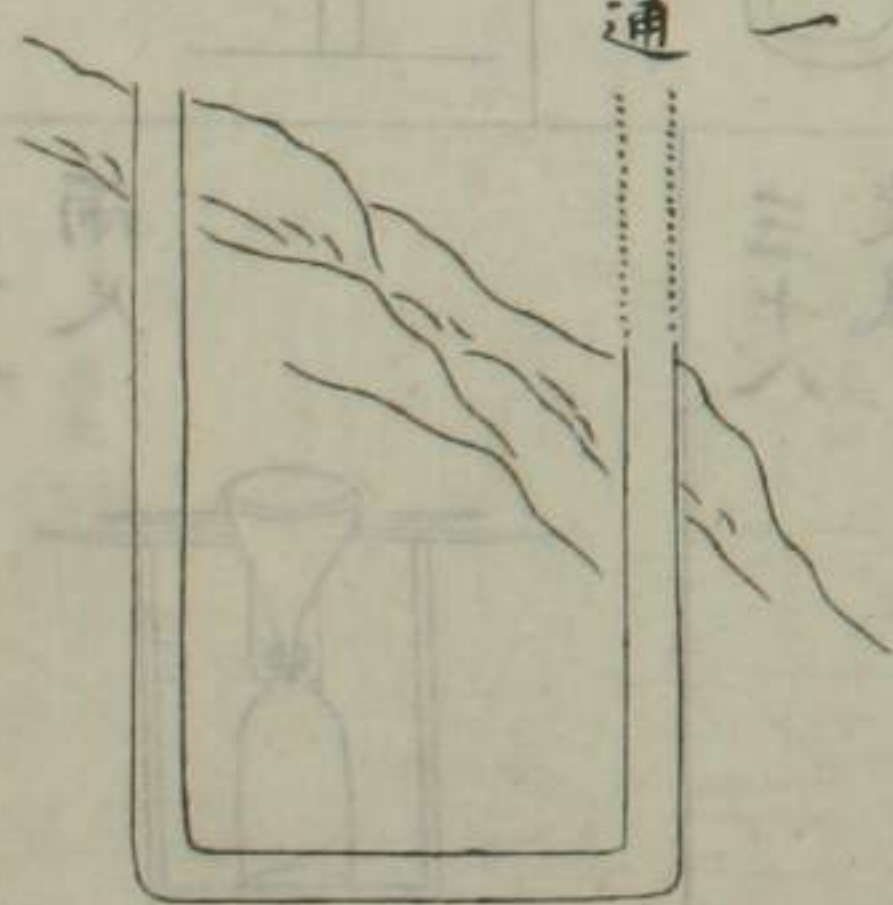
三十

泳氣鐘

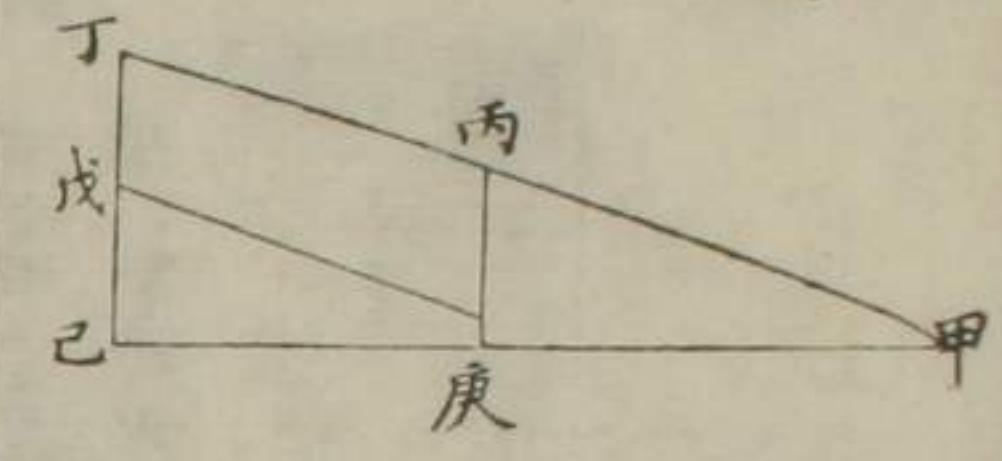


三十一

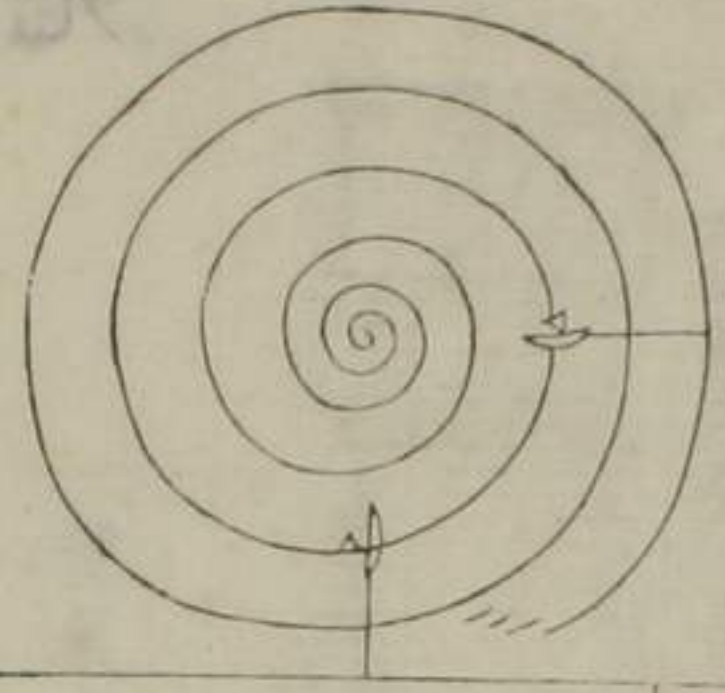
礦窟通氣法



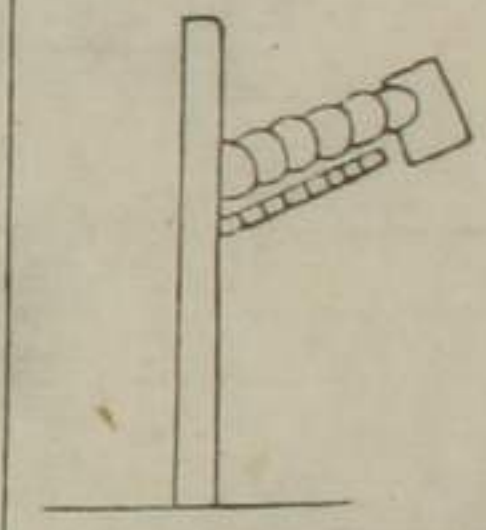
三十二 常年風圖



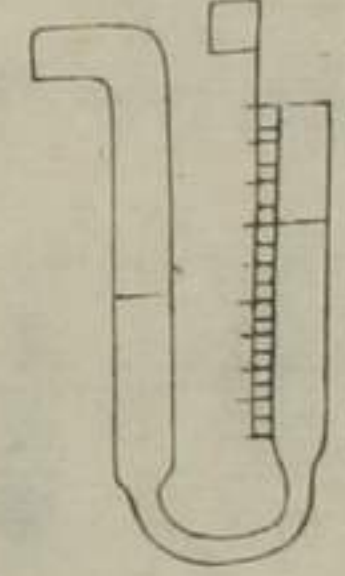
三十三 旋風圖



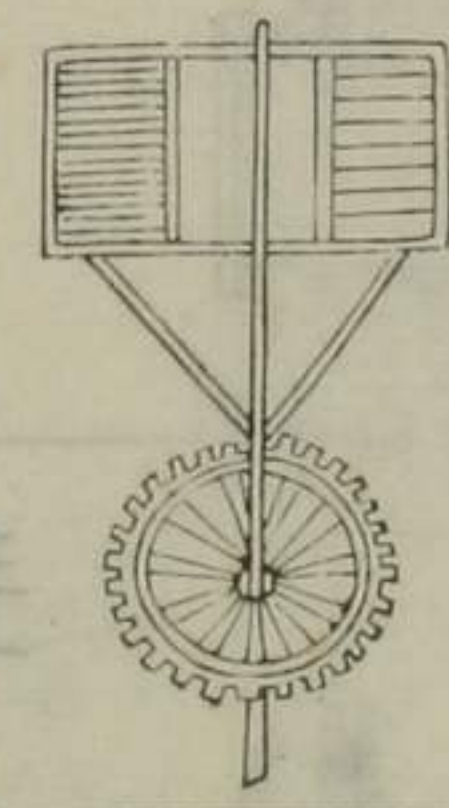
三十四 鐵圈風稱



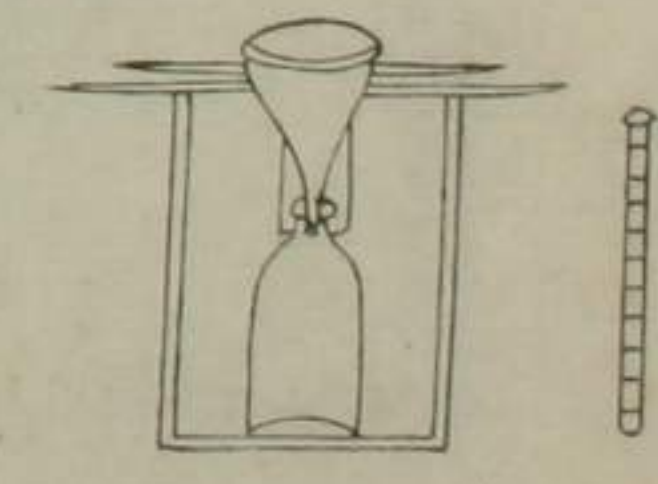
三十五 水管風稱



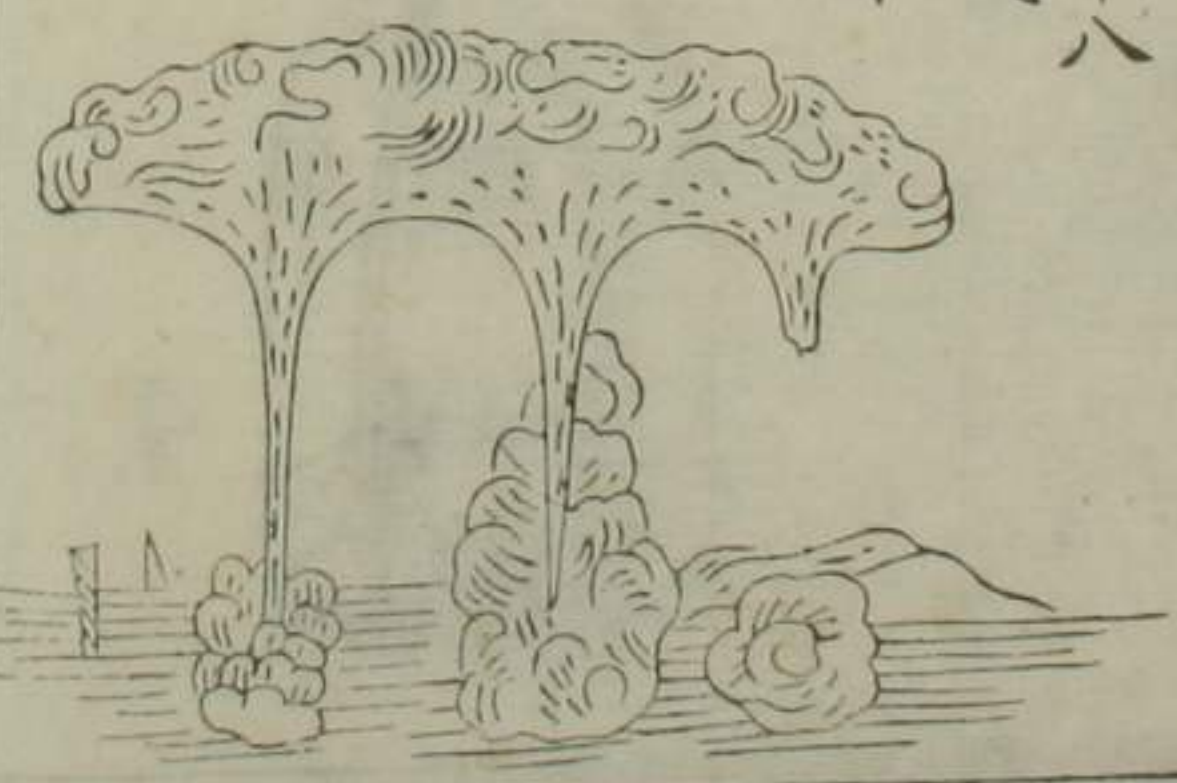
三十六 風磨



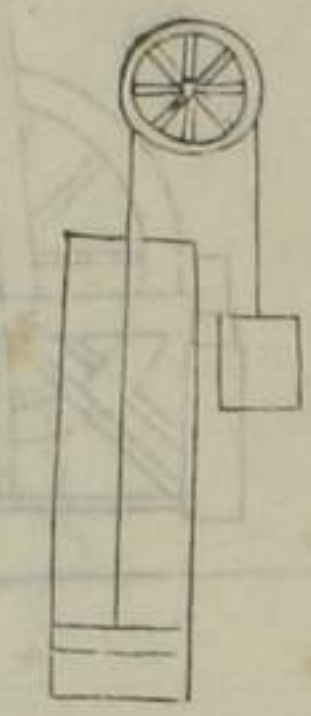
三十七 雨尺



三十八 旋風吸水圖



一 蒸氣漲縮往返圖



二 古時蒸氣玩物圖



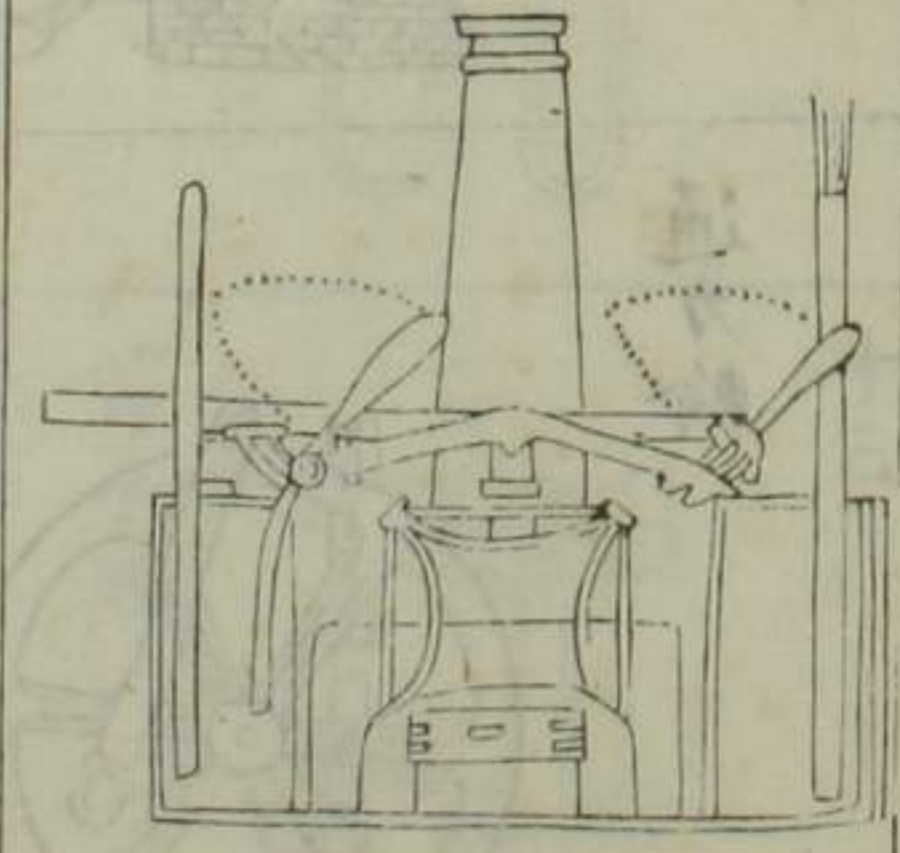
三

高氏氣機 惟能催水



四

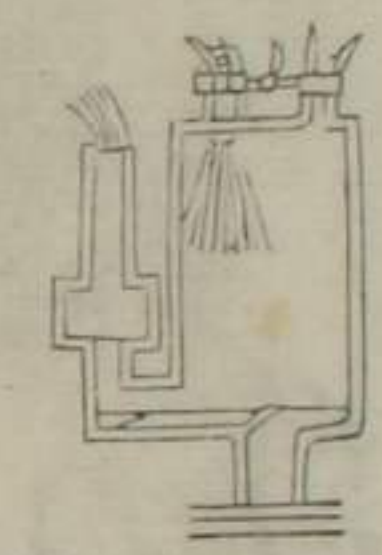
吳氏氣機 惟能催水



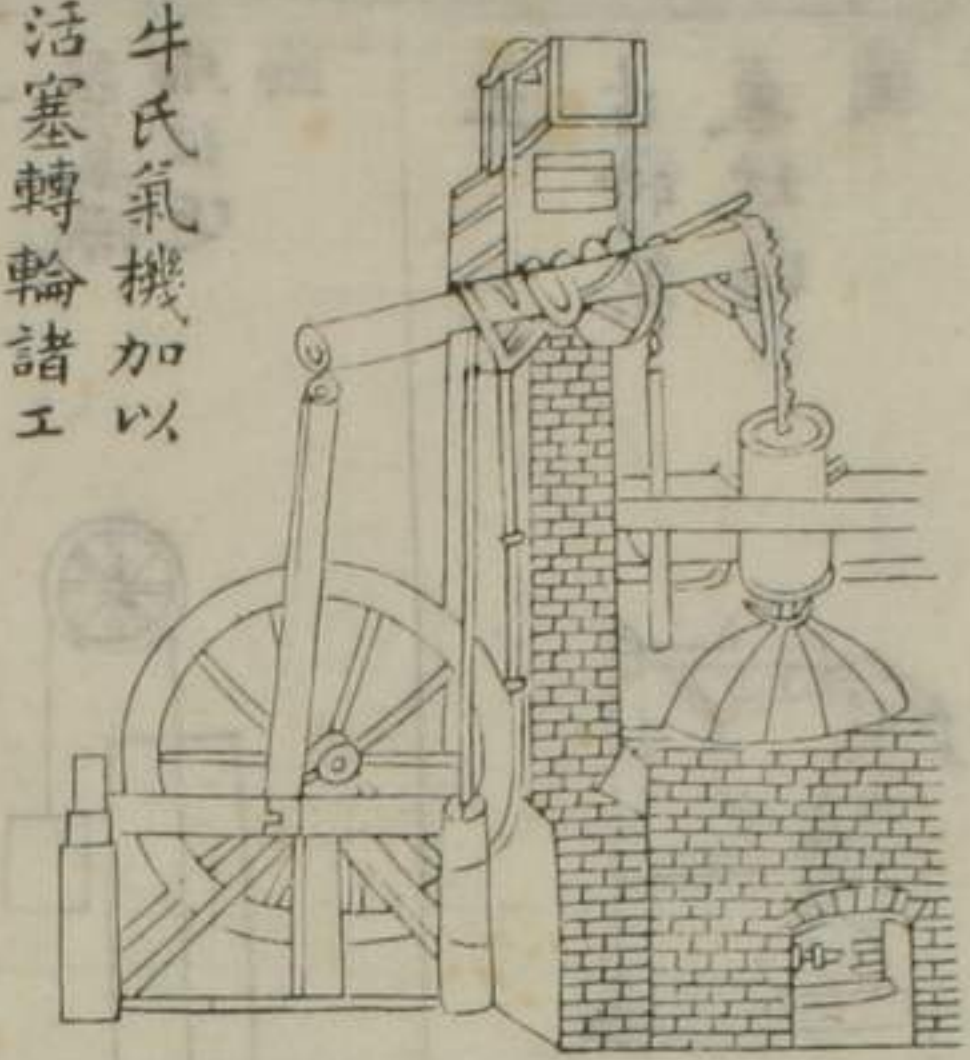
五 火山溫泉 天然氣機 催水上躍



六 塞氏氣機
亦能吸水
亦能催水

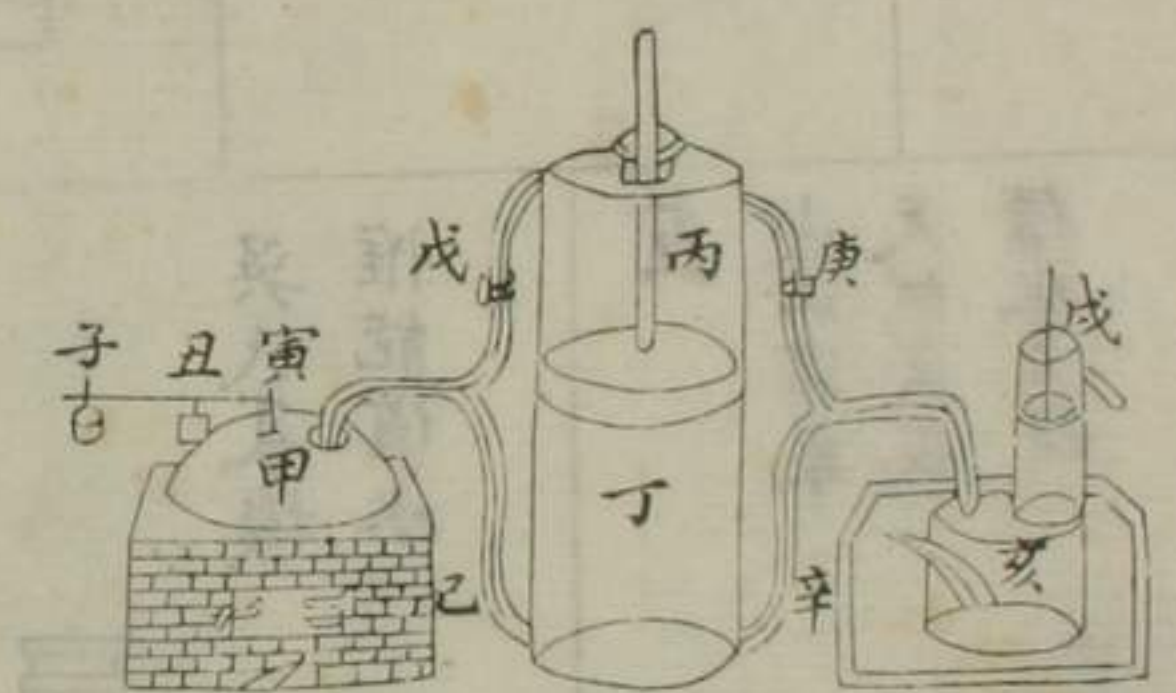


牛氏氣機加以
活塞轉輪諸工
可作



七

八 瓦德雙行氣機活塞
上下均用蒸氣



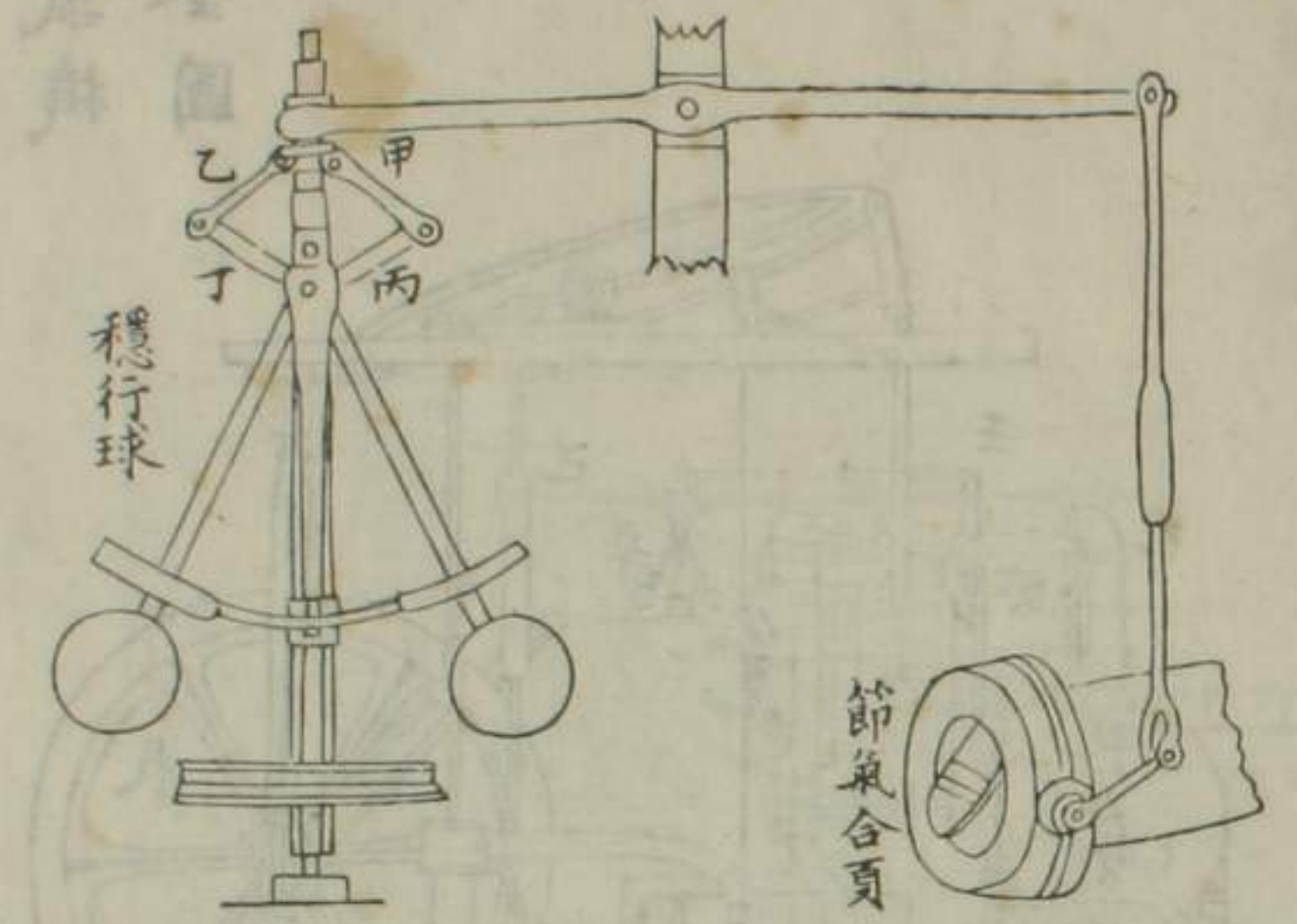
九

通力輪

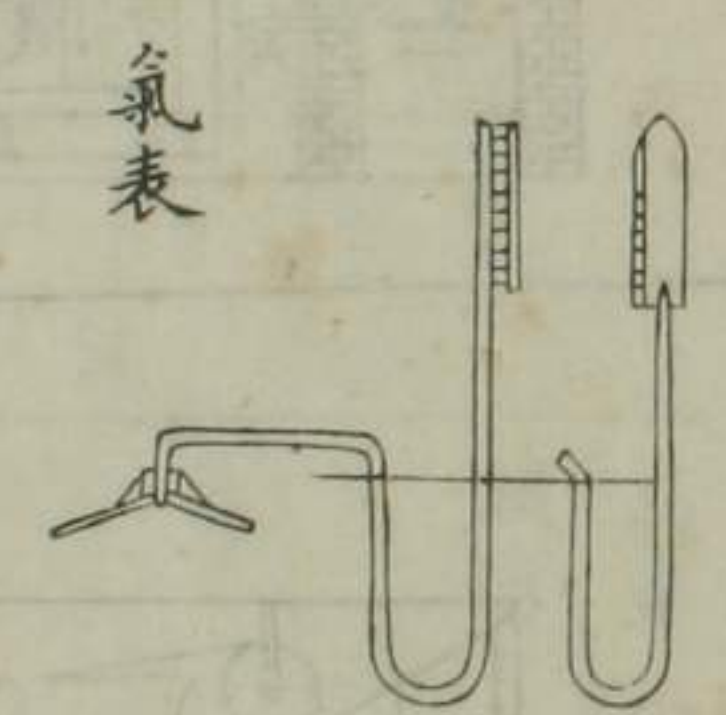


輪柄

十

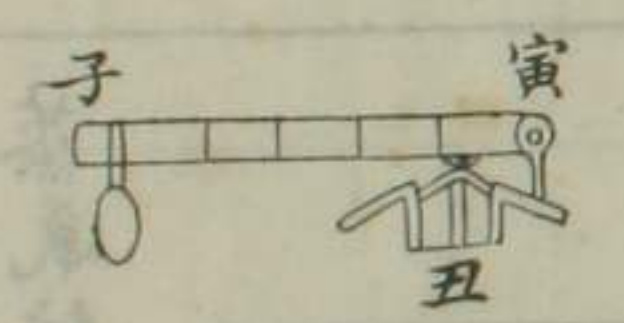


十一

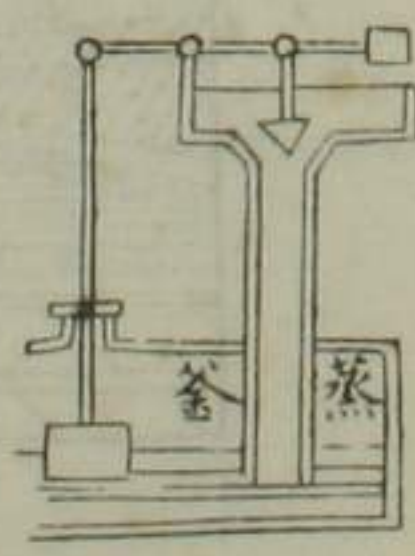


氣表

十二 平安
合頁

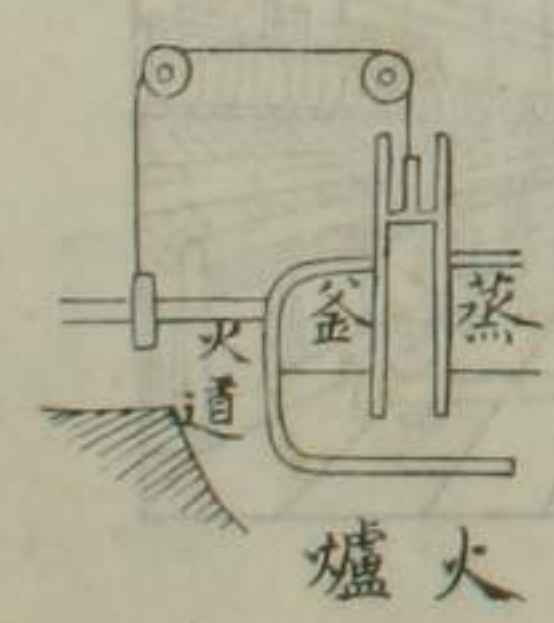


十三



節水機

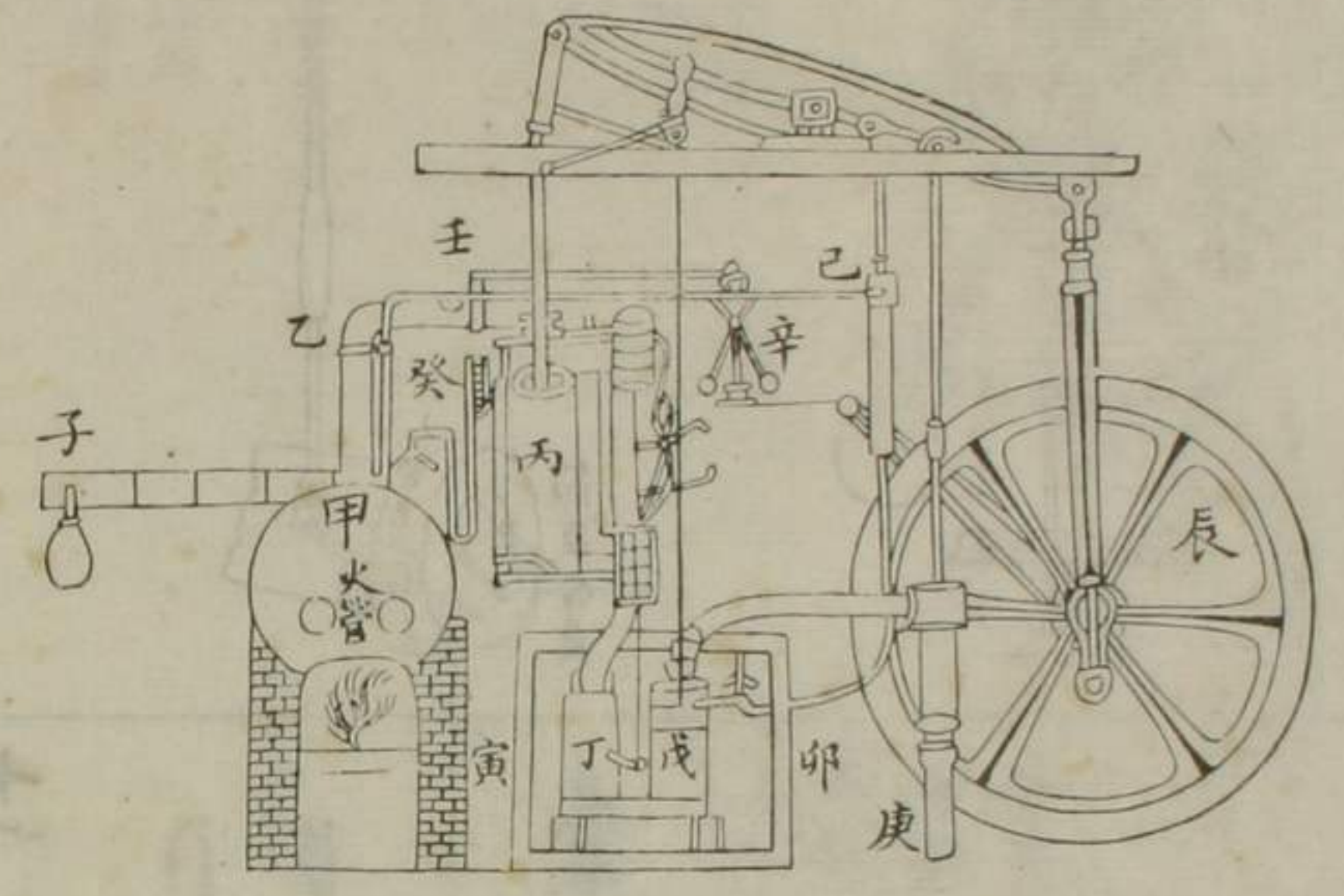
十四



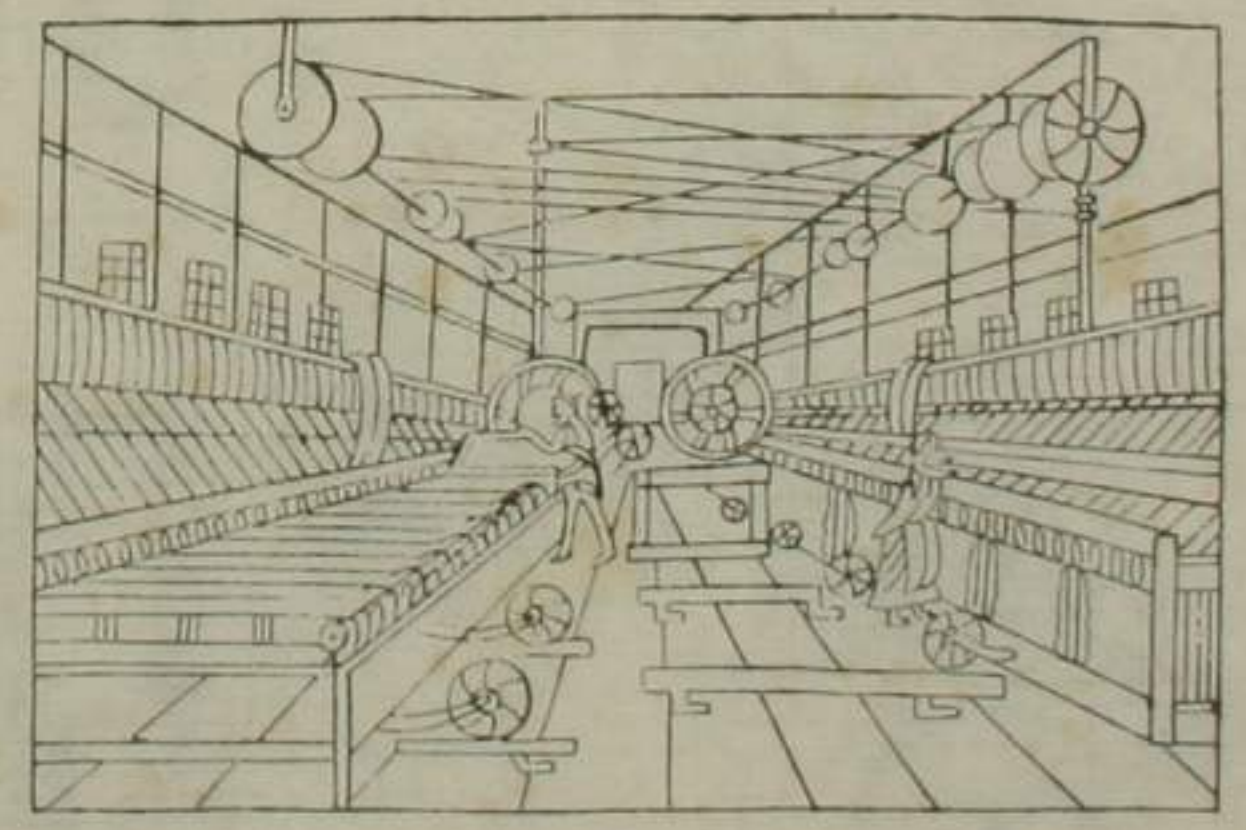
節火機

爐火

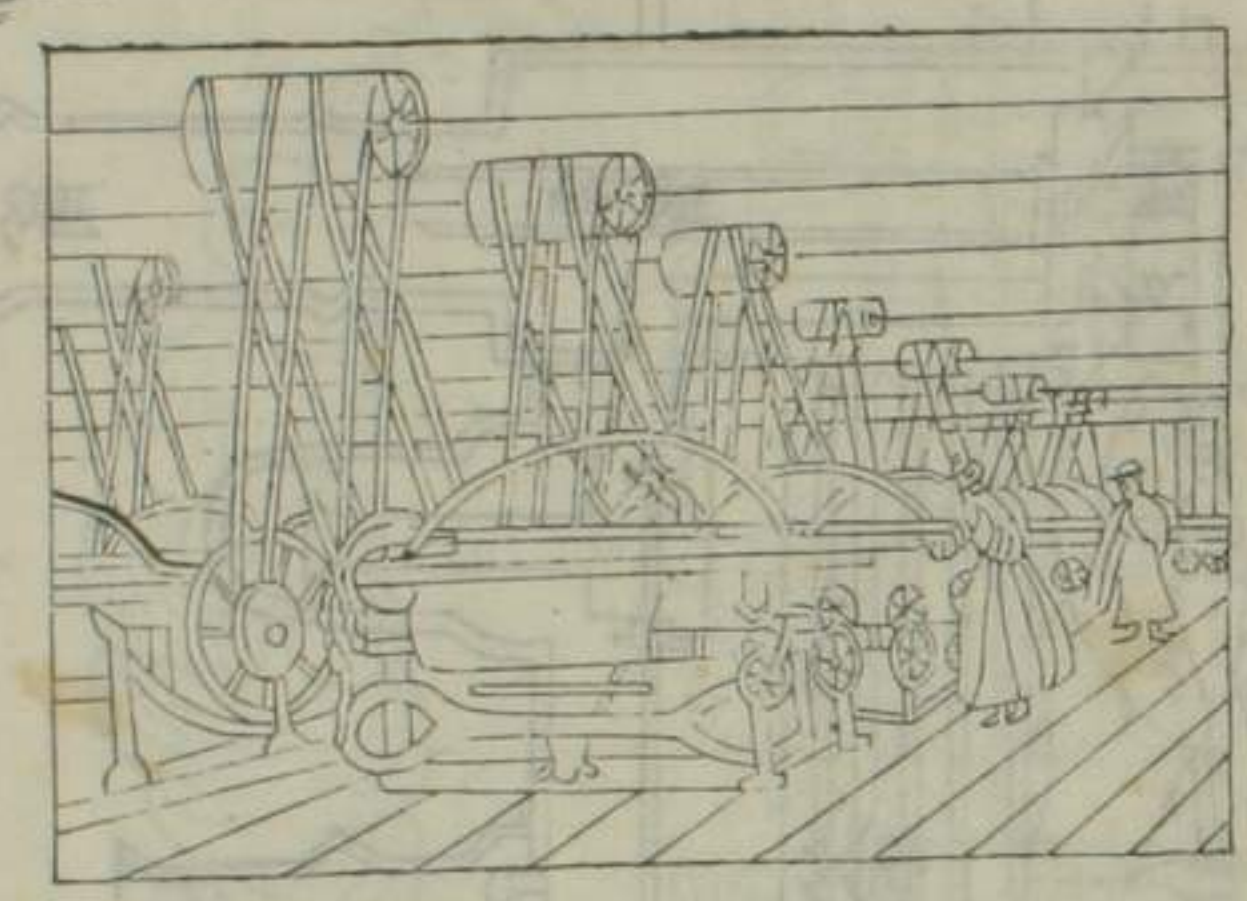
十五 氣機全圖



十六 蒸氣紡綫圖



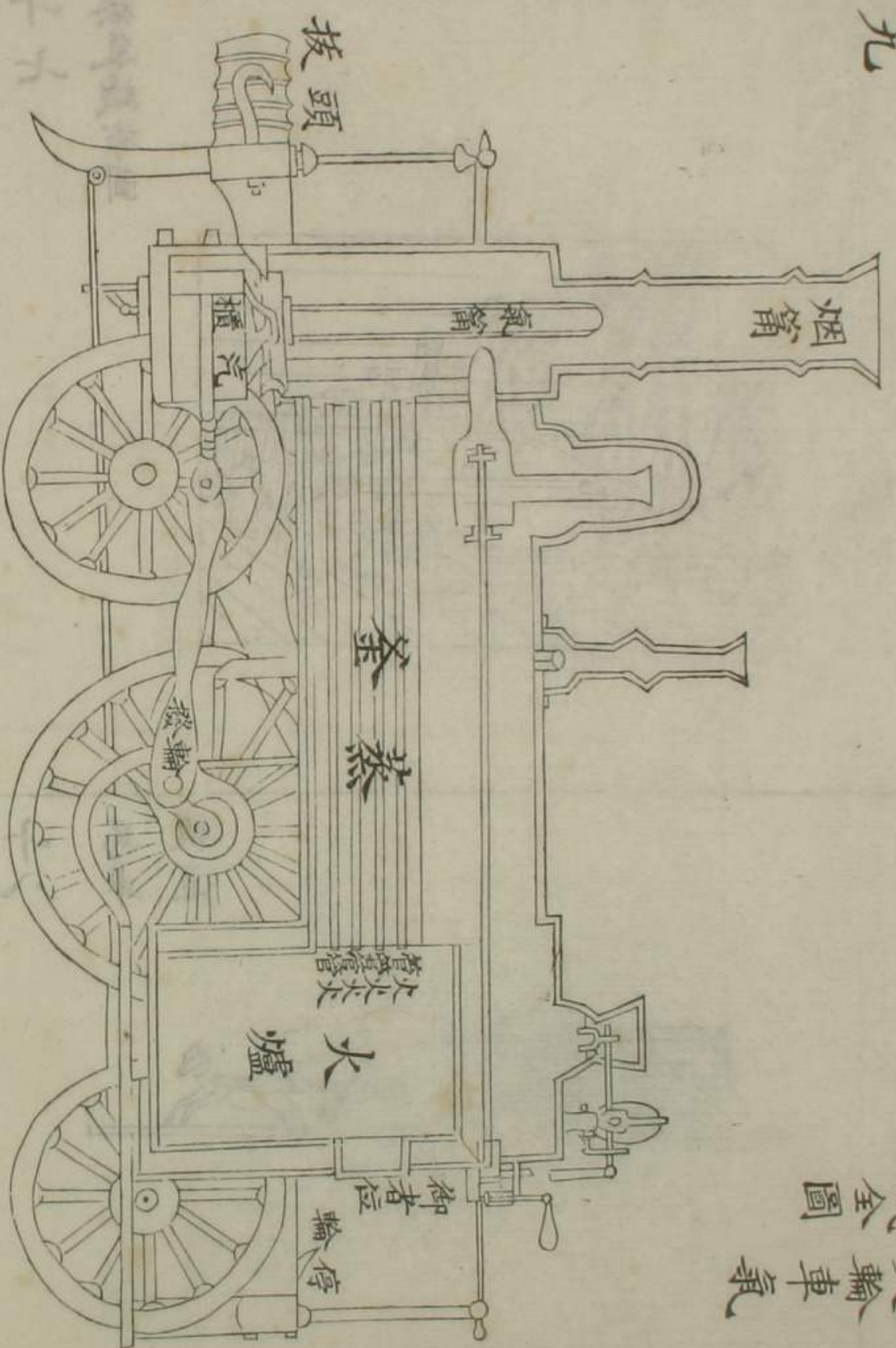
十七 蒸氣織布圖



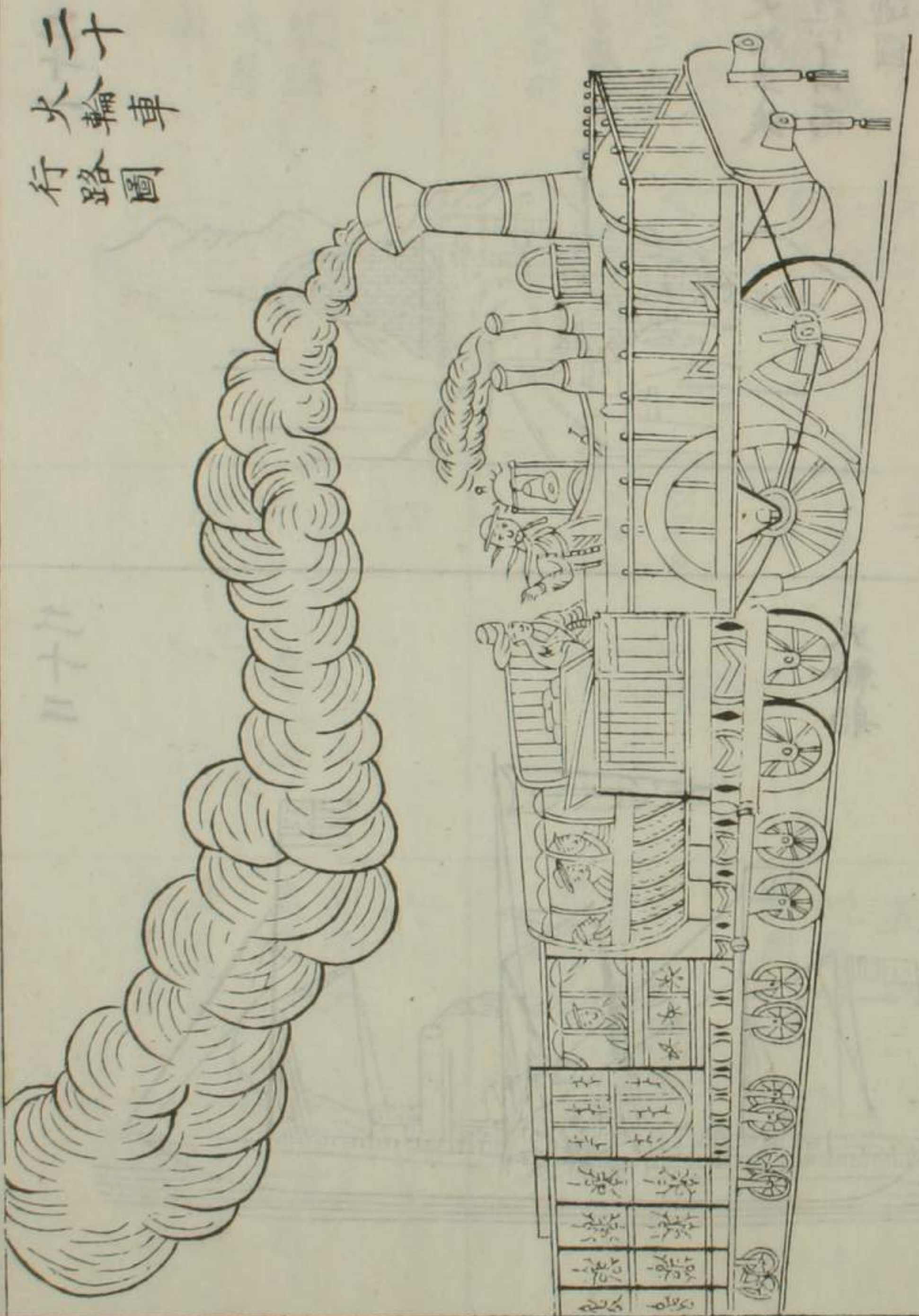
十八 馬車鏡道



十九

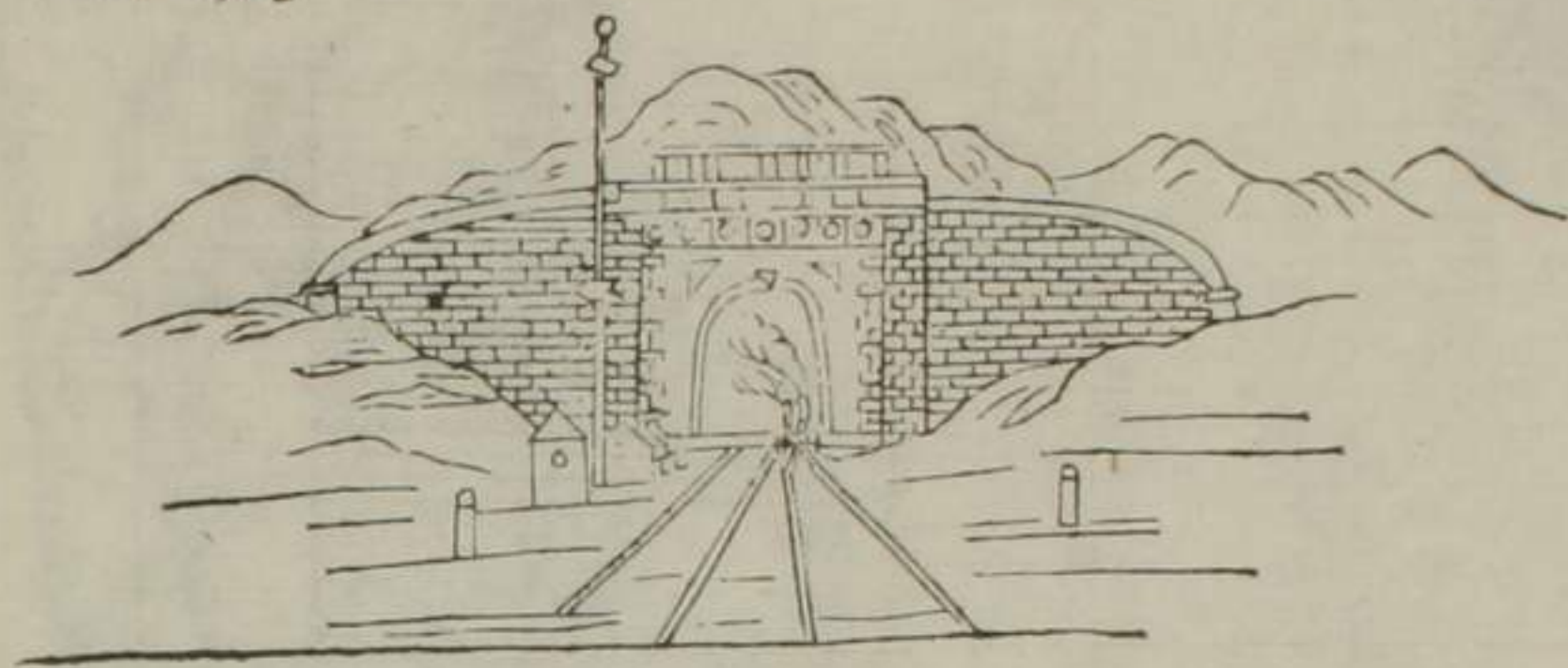


火輪車氣機全圖



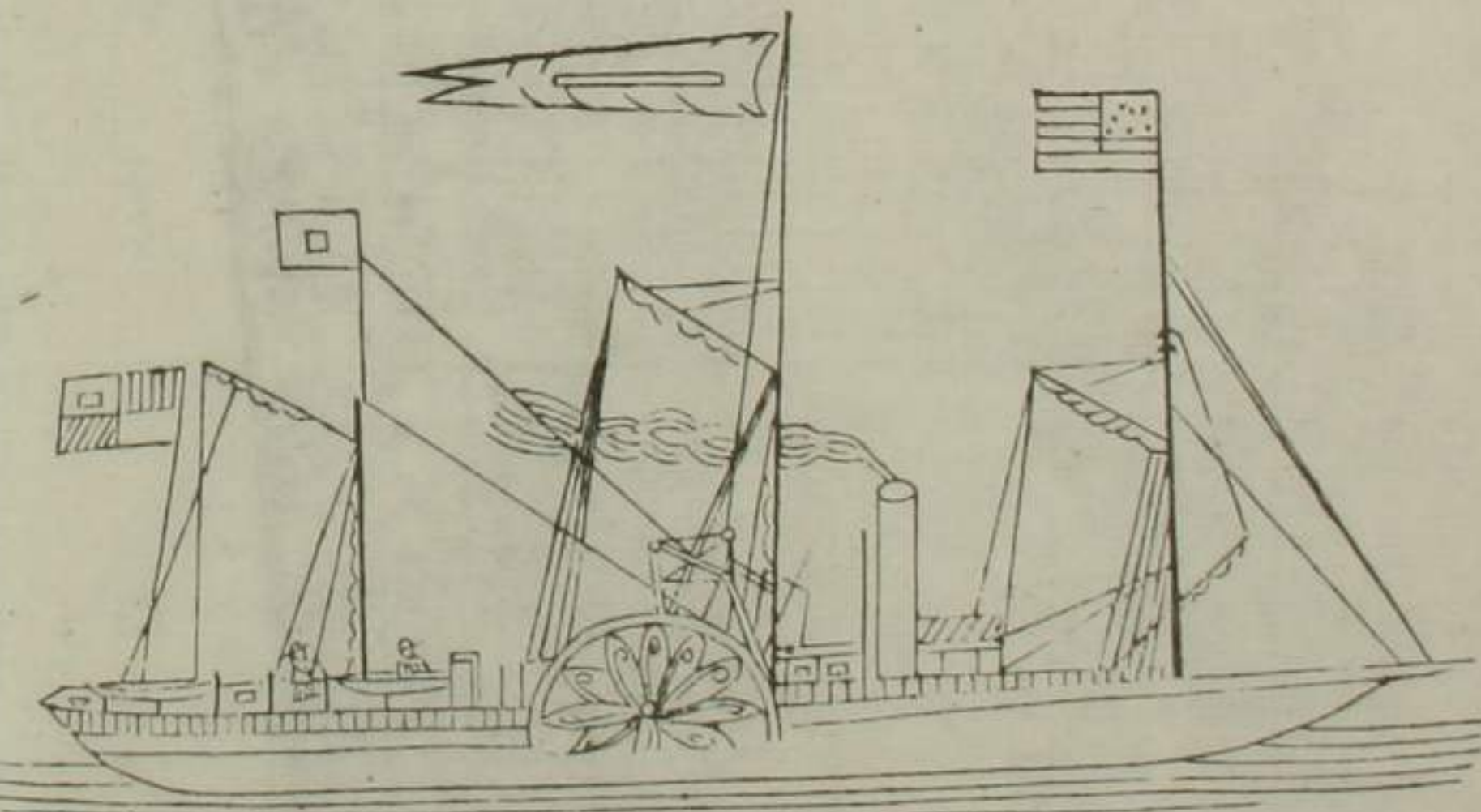
二十一

火輪車鑿道穿山而過圖



二十二

火輪船



一 聲音成形圖

細砂撒於玻片以琴弓鋸之幻成各形



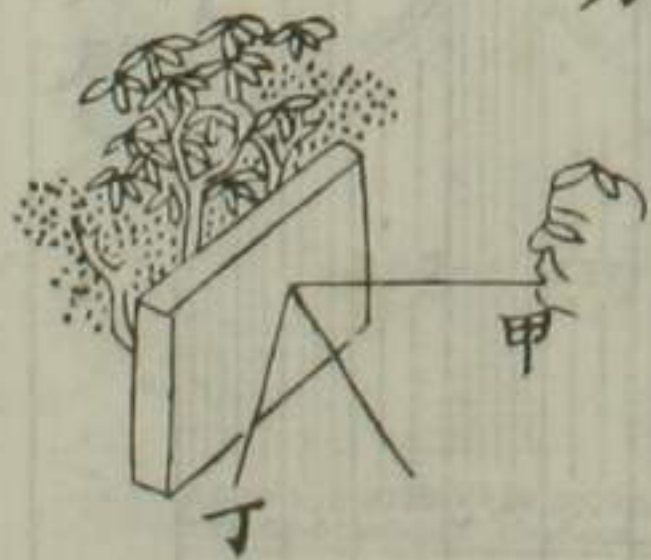
三 二聲成啞圖

以定音叉驗之

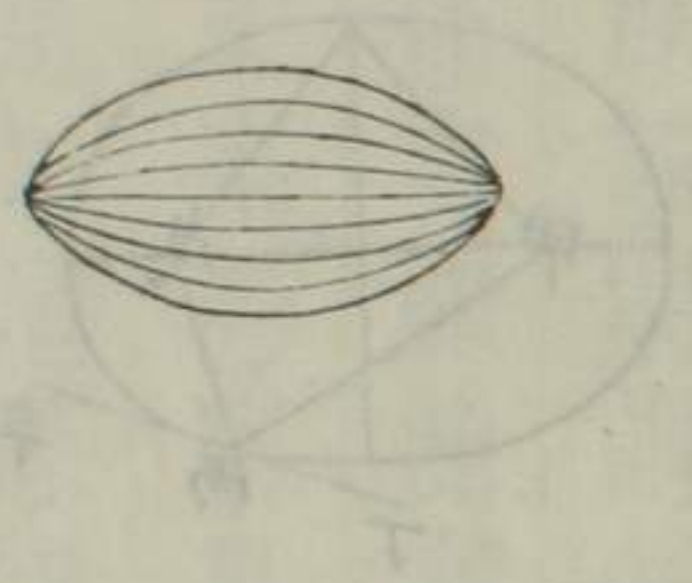


五 迴響方向圖

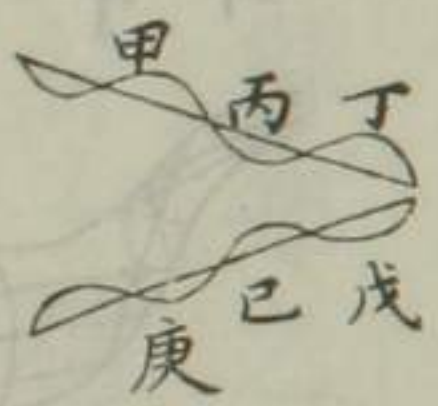
發聲自甲聞之於丁似在牆後



二 琴絃成聲圖



四 二聲相觸成啞圖

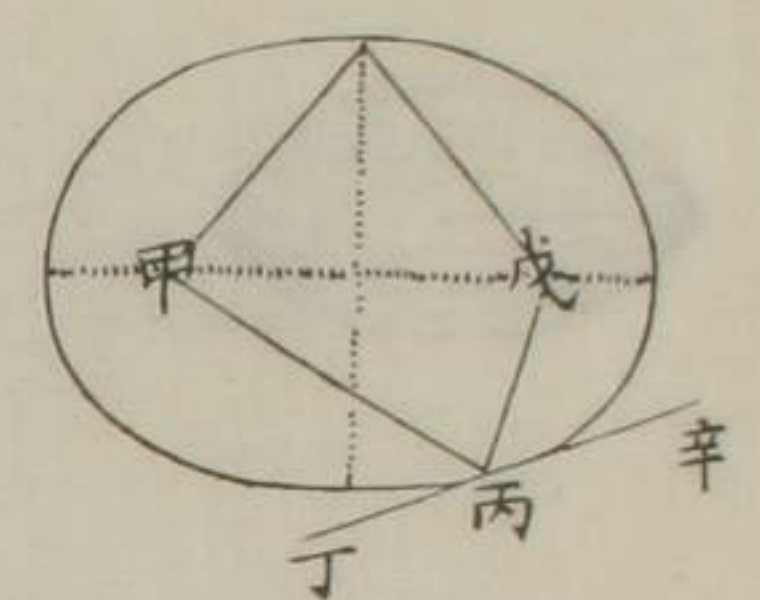


六 聲音聚處圖

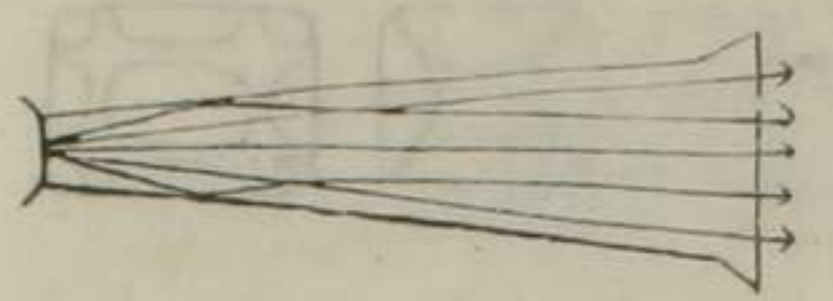
音自外來總聚於甲



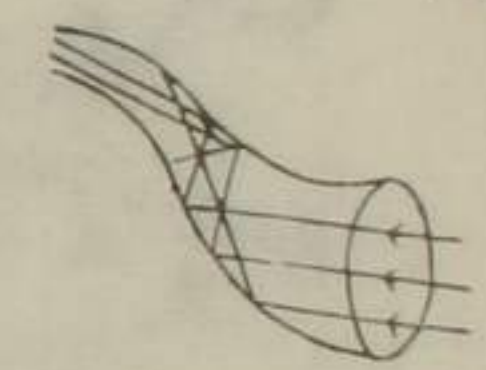
七 依聲樓式
音發於甲
總聚於戊



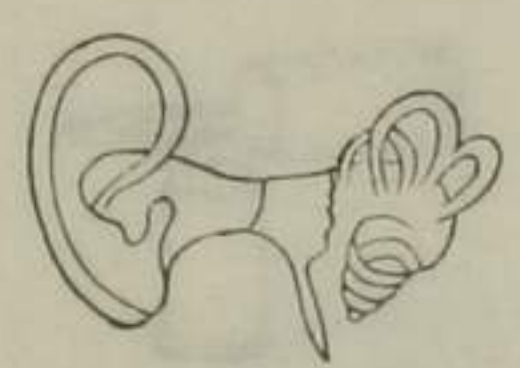
八 揚聲筒
音聲平
出遠達



九 接聲筒
音聲平
入歸耳

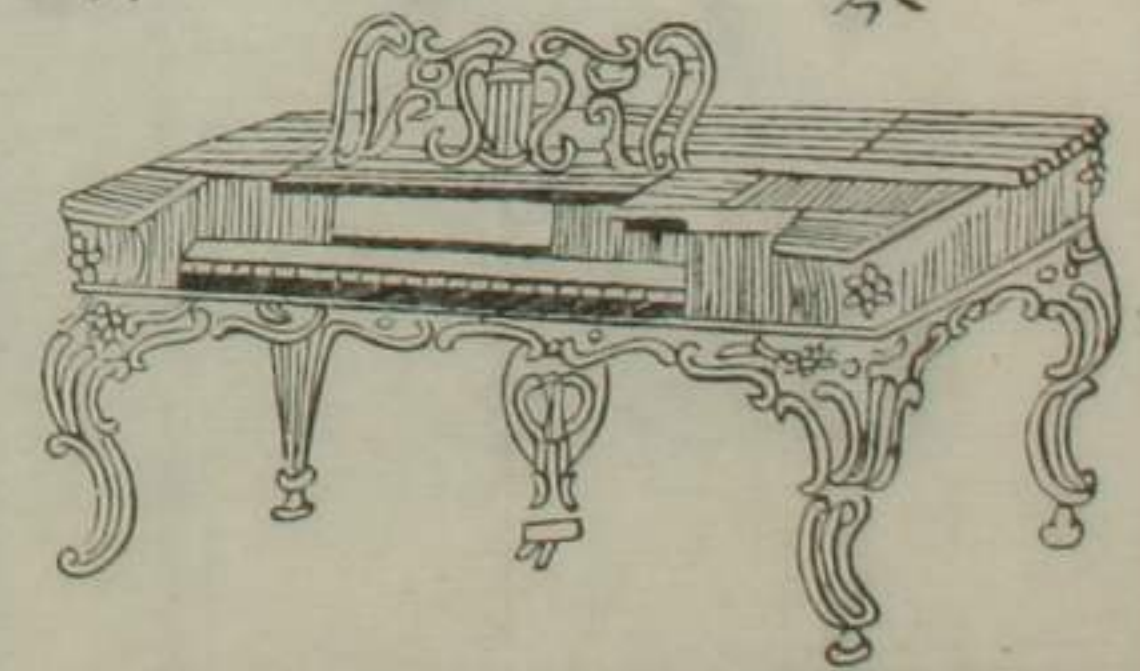


十 人耳
內式



十一 大洋琴

家庭撫
之人聲
和之其
音甚美



十二 大風琴



其音洪響數里可聞

天氣高厚
亦有限制

第二卷氣學

上章論天氣

問、天氣高厚何如、

答、俗以為天氣高厚、不可限量、至格物家推測、天氣一層、包裹地球、漸高漸稀、約計二百里、或作一百五十里之厚、靜則謂氣、動則為風、

問、天氣僅有如此高厚、烏得知之、

答、測天文家、考察星宿運行一週、由古及今、從無快慢差別、是知星際空虛、無氣阻之也、且由地上升、天氣漸漸稀薄、推測至此數、應有窮盡、

天氣有形質

問、氣係自然漫散之物、何以能有限制、

答、凡物之有質者、莫不有相吸之力、氣至極薄、其吸力雖少、亦足抵其散漫之力、故有限制也、

問、天氣之有無形質、烏從知之、

答、氣雖視之不見、然耳可聞而膚可捫也、試以木板搖動如扇、即覺被風阻礙、而動盪喫力矣、且風能轉磨行船大則拔樹掀石、鼓盪萬物、苟非實有形質、焉能如是哉、

問、更有何據、

答、其多寡可量、其輕重可稱、而且不能與他物共處、

其分兩可稱

問、天氣如何可稱、

答、用一瓶、口旁有螺絲塞蓋、將氣吸盡、置天秤上、較對平準、後開其塞、則瓶反偏重、以天氣入瓶之故也、足見天氣亦有分兩、人自不覺、

問、天氣不能與他物並處、何謂也、

答、凡有形質者、二物之體不能並居一處、即如擊釘入木、須開容受之隙、天氣亦然、雖無微不入、亦須有容受之地也、

問、天氣與水能共處否、

答、水雖亦無微不入、仍不能與天氣共處也、欲驗其理、

不能與他物並處

以水驗之

有數法焉

問其一何也

答以玻璃瓶倒沉於水水雖入瓶不能上至瓶底以瓶中有氣阻之也如以輕木小片置於瓶中使浮水面尤易見瓶中之水低於瓶外之水也

問其二何也

答以水盛滿玻璃瓶中倒置水內復以曲管插入瓶口以氣吹之其瓶內之水自向下落蓋氣催之也

問其三何也

答以二玻璃瓶其一盛水令滿倒置水中復以空瓶亦

倒置水內二口相並再將空瓶微側二口相合則空

瓶之氣自能達於有水之瓶其瓶中之水亦能灌入

空瓶也此水中灌水頗有可觀見第二圖

問其四何也

答用曲管以指按嚴一頭以水灌之其水不能並滿兩

頭以氣阻之也如去指則兩頭之水自能平滿因管

中之氣被水催出也見第三圖

問天氣與水輕重若何

答方尺之天氣若不冷不熱稱之為一兩五錢有奇方尺之水重一千二百一十六兩氣之輕重與水較之

天氣輕重

蓋八百分之一焉。

問物於天氣能浮何故。

答物浮空中與浮水中其理一也雲能浮空者蓋與天氣較輕也。

天氣下壓

十五
問天氣下壓何故。

答物有輕重蓋被地所吸也天氣亦然天氣下壓而人不覺者以內外之氣均同也欲驗其理有數法焉。

問其一何也。

答用管貯水以指杜其下口忽令倒懸水不盡流出者以天氣倒壓上托之故也。見第四圖

問其二何也。

答以有底玻璃管盛水令滿口向下水亦不能即流俟天氣進入少許即有一點氣泡上升水即流出一滴也。

問其三何也。

答以玻璃盃盛滿水用堅厚濕紙蓋嚴陡然倒懸水亦不流蓋天氣托之也。見第五圖

問其四何也。

答用竹管入以活塞如汲甯然將管一頭置水中拔塞令上則水亦隨之而上以天氣下壓之也或不信其

故則以木桶上覆活蓋中鑽一孔復安一管用力壓蓋水即入管上行與入汲筒無異足見管中拔塞水即隨之上行實天氣下壓之也見第六第七圖

三十問吸水管之理何解

答亦因天氣壓於水面使水流入管上行與上文同理

耳見水學下章

問吸重鞞何物也

答用圓皮數寸居中有繩以水蘸溼其皮蓋於木墩石墩之上按令極嚴不使稍有透氣之處漸提其繩皮下之墩雖重數十觔自隨之而起此亦天氣上托之

吸物之理

故耳皮以水溼者非水有黏力也因皮與木石緊連則天氣無從入矣故可驗天氣倒壓上托之證見第八圖

問風箱之理何解

答合頁有二一於箱底內開使氣可入一於箱嘴外開使風可出機械外抽則箱內空虛而氣壓入矣機械內送則風由箱嘴出矣迨其復抽則合頁閉住火灰使不得入西國以皮為之上下木板不用機械抽送一起一落氣自入而風自出雖極小者有之便於炊爨也人之呼吸胸膛起落與此同理見第九圖

問天氣下壓之力何法度量

以水銀測度天氣

答以三尺長之玻璃管一頭無孔滿灌水銀以指緊按之而倒置於水銀桶中移開其指而管中水銀自然矗立較桶中水銀向上二尺一寸三不落此天氣壓於桶中水銀之面故也可知二百里之天氣與二尺一寸三之水銀同其輕重矣見第十圖

問天氣與水銀之輕重尙有何法比喻

答假令水銀桶上加以極嚴之蓋上鑿二孔一孔以三尺長之管灌滿水銀如前法入於桶內一孔若能以二百里長之管入於桶中則彼管水銀亦能有二尺一寸三不落也如將長管去其一段則彼管水銀必

落下一節至此管段去盡則彼管水銀亦節節落完矣惜二百里之長管不能造而施之耳然天氣下壓之力確有此理可知也若管中盛水則必須三丈係二丈八尺九寸有奇因二百里之天氣與三丈之水同其輕重故吸水管只能吸三丈之水也若放於水銀內只能吸至二尺一寸三亦此故耳

問廿五天氣有輕重之別何故

答因有深淺厚薄之時故其壓力不能常常相同也譬如水之在海潮長則水深潮退則水淺天氣亦然似有潮汎之長退波浪之起伏畸重畸輕故管中水銀

隨之升降也

問起風何故

答如海中之有川溜也海有稍低之所則水向之而流天氣有淺薄之處則氣向之而聚動盪而為風矣

問落雨何故

答天氣厚重則雲必高浮故不雨天氣薄輕則雲必低

垂故落雨

風雨詳於末章

問風雨表何物

答其理與上文所言度量天氣輕重之法無異惟管之上口無孔管外畫成度數下面之水銀盛於皮袋便

預知風雨

於攜帶也因天氣之輕重以考驗風雨故名至於表外所計風雨陰晴之度數不能處處皆同蓋天氣地勢有改易也故用表於某處應於本地試準畫度方能應驗無差若航海用之切不可拘定風雨陰晴之字樣以為準則以常易地之故也大抵無論用於何處若明其理而熟悉之自能有準總之水銀升則報晴水銀驟降則報烈風如水銀漸降時久應預防風雨迨風雨既至水銀雖上升風雨未必即止然水銀升高而定則風雨不久可知矣

見第十一圖

問預知風雨其理何如

答、視管中水銀忽然低落若干度、則知天氣輕淺、如地之低處聚水、是欲起風矣、若水銀低落、漸漸時久、則知氣輕雲墜、是欲降雨矣、

問、風雨表海上何用、

答、航海行舟、若遇颶風陡起、猝不及防、實屬危險、有此則先時考驗、預為之備、而舟楫可以無虞、各國往返、履海如通衢、端賴此表多多矣、

問、風雨表山上何用、

答、漸高之處、天氣漸輕淺矣、故攜此表上山、山愈高、則水銀愈下、以度數考之、可知山有幾許之高也、

測量高低

表 空盒風雨

問、不用水銀、可造風雨表否、

答、邇來西國、有人製得一種風雨表、不用水銀、惟以鋼條、其式畧如時辰表、內有吸空之盒、盤以鋼條、不使外氣透入、惟恃此條、抵敵天氣之壓力、隨其輕重漲縮、有針與之相聯、可以旋轉、盤面畫有度數、查針運行之度、即知天氣之重輕、而驗風雨矣、隨身攜帶甚便、見第十二圖、

問、以風雨表測量地勢高低、宜慎何事、

答、宜防天氣寒暑陰晴也、蓋陰晴偶變、其輕重即無準則、而難以之測量地勢、至於寒暑、則於水銀表測量

測量高低 宜慎天變

天氣漸高
漸薄

高低大有妨礙，蓋水銀既隨寒暑漲縮，即難以其漲縮辨天氣之輕重，雖無水銀之空盒表，亦有礙也。因鋼盒鋼條，隨寒暑有軟硬漲縮之別耳。其慎有二：一、測地兩處，須於同時；一、須附用寒暑表，以便參看，將所差冷暖之數除去，始免訛錯。若升高山，較平地冷多矣。前法宜亟講也。其算法詳見未卷

問：山上天氣較平地輕薄，情形何如？

答：平地煮水，高山煮水，以寒暑表試之，即知在山之滾水，不如在地之熱甚。因天氣下壓之力輕，水易滾沸也。瑞士國有人住極高山上，炊糧不易熟，天氣輕之

故也。必於釜上加蓋，其炊始熟。以水氣不出，亦如天氣壓之也。又如釜水正在滾沸，蓋之水即不滾，亦水氣倒壓之故。人登極高之山，便覺頭悶膚脹，亦因天氣較輕，而體中之氣偏重，故脹滿不安耳。

問：天氣下壓，分兩幾何？

答：四圍各方一寸，高二寸三寸之管，盛滿水銀，則十二觔。十二觔天氣既同此均重，可知方寸所壓之天氣，二十二觔。二十二觔若將地球周圍包裹二百里厚之天氣，通盤核算，儼如二十一寸三之水銀海，包裹地球一般，亦可推測而考其分兩也。共計五百萬萬萬噸，十

下壓分兩

六石爲一噸也。

問、人物不致被天氣壓斃何也。

答、人物皆有孔竅以通氣體中之氣、與外壓之氣相敵、勻稱、故不覺其重也。如魚之在水、然亦體中之水與體外之水勻稱也。試以茶壺、用紙蓋嚴、其紙必平、若於壺嘴以口吸出其氣、則紙必下凹、以壺中之氣不敵外壓之氣也。再以極薄木板、蓋桶甚嚴、用吸氣管、將桶內之氣吸盡、其板必被壓裂、亦內氣不敵之故耳。

酒撒開流

問、酒撒吸酒、使能自流何解。

泉同爲一理

答、酒撒形同灣管、一頭長、一頭短、以短頭插入酒器、吸之即流、不盡不止。若究其理、蓋長頭之酒、較短頭偏重、天氣壓力惟均、惟管中之酒不均、如天秤然、重頭必低落也。假如管粗方寸、則兩頭各有天氣下壓廿二觔^三。若將曲管、二口向上、此頭盛水三觔、彼頭盛水五觔、各以指按嚴、使二口向下、此時兩頭與廿二觔^三下壓之氣較之、長頭除五觔、餘賸十七觔零、短頭除三觔、餘賸十九觔零、此頭多二觔之力、故能使酒外流也。見十四圖

問、閒流泉何解。

各物入門

卷二 氣學上章

論天氣

十

答、山中有泉、忽流忽止、按時不差、人以為異、不知即天生酒、撒也、蓋山中空處、蓄水漸滿、即由旁隙外流、儼如曲管、水盡則止、水滿又流、爾雅云、泉一見一否為澱、即時流時止之泉也。見十三圖

天氣漲縮

問、天氣漲縮、何法試驗、

答、用玻璃瓶、盛水半滿、塞中入以小管、下達於水、吹氣滿足、水自由管躍出、高濺數寸、蓋吹時使其氣縮、不吹則立時漲壓水面、故使水上躍也。見十四圖

問、其二何也、

答、將茶壺蓋嚴、中間置細管豎立、復將牛脬吹臄、縛於

壺嘴之上、力握其脬、則壺中之水、自由管外躍也。見十五圖

問、其三何也、

答、用有嘴玻璃瓶、形若茶壺、盛水蓋嚴瓶嘴、縛以吹臄牛脬、以空心小磁人二个置瓶中、力握其脬、則磁人下沉、放手則上浮、屢握不止、則瓶內磁人跳舞不休也。見十六圖

問、其四何也、

答、以空瓶倒沉於水、或繫以小塊銅鐵、或稍灌以水、使瓶口向下、若沉若浮、不能翻覆、若按至水底、則不能

浮矣因壓力大而瓶中之氣縮故也

問氣槍何物

答即如上章試水漲縮之法以竹管塞住兩頭以箸力出其塞訇然作響若放槍然故名儻以銅鐵製造精巧亦能傷犬鳥之屬法以雙管一盛氣一盛鉛丸柄有積氣筒催氣使入機關發動鉛丸放出與火藥無異也究不如火藥之力大耳且積氣入管亦不甚速故不甚見用見十七圖

力愈大氣愈縮

問力愈大則氣愈縮何法試驗

答以方寸銅管內置活塞用廿二筋兩之物壓之其塞

必至管之中腰復加以廿二筋兩則下至三分之二

共加至六十八筋零則下至四分之三大抵上壓之

力每加一倍則管中之氣亦縮一倍至管中之氣漲

開之力與上壓之力適相同也

問其二何也

答法國瑪畧者欲驗其理以曲玻管一支一頭短一頭

長將短頭塞嚴以水銀少許灌入使兩頭之氣隔而

不通再以水銀灌之使上至短頭一半氣已縮一半

矣而長頭之水銀必至二十一寸三乃與天氣之壓

力無異也因壓力加倍故短管之氣縮一倍也見十

一千八百八十四年
於巴里私矣

天氣輕重
層次

問、天氣愈高愈輕、何法測量、

答、升高十里、天氣即減一半、再升十里、再減一半、每升
十里、每減一半、如此計算、以至於盡、蓋升高十里之
處、每方寸天氣、壓力十一觔六兩、二十里、每方寸壓
力五觔一兩、三十里、每方寸壓力二觔三兩、四十里、
每方寸壓力一觔六兩五

隨冷熱漲
縮

問、天氣於冷熱何如、

答、凡物遇寒則縮、遇熱則漲、至氣之漲縮較他物尤甚、
欲驗其理、有數法焉、

問、其一何也、

答、用牛脬吹至半臄、紮其口置火旁、漸熱漸漲、熱甚則
爆裂矣、

問、其二何也、

答、以酒盃覆於水盆、以熱水澆之、即有氣泡由盃而出、
因氣熱而漲之故、

問、其三何也、

答、以紙少許、然著置盃中、手掌按嚴、迨其既熄、手起而
盃亦隨之不落、因盃中之氣被火催出、外氣不能復
入、內氣漸涼漸縮、如吸空然、外有天氣托之、故不落

也今之把火確醫病者與此同理耳
問其四何也

答有玩物名洋燈以紙製若球形中蒸以火俟氣熱而漲則輕而能起漸升漸高直達雲際御風而行望之若星又俗製走馬燈所以能旋轉不已者亦熱氣漸漲上升而催之使然耳見十九圖

天氣火輪

問天氣火輪何物

答常用之火輪咸藉水汽之力邇來有人設法只用天氣緣其漲開之力較水汽為尤大以之印書推磨鋸木等事尤省尤便惜不能用於行船耳因其器具過

重也

吸氣筒

問吸氣筒何物

答二百年前布國俄陀者所做筒中置活塞筒底有外開合頁側面有嘴置內開合頁如欲吸氣將嘴入於器之口內必須甚嚴即下按其塞則筒底合頁外開而筒中之氣出盡矣上提其塞則側面合頁內開將氣吸入筒中矣再按則側面閉住下面復開氣由筒底而出矣再提之則餘氣亦吸出矣先是俄陀欲試之因以鐵製空球兩半吻合甚嚴將氣吸盡雖三十馬力不易開之也迨轉其螺絲開一小孔其球自啟

足徵吸氣之效亦可驗天氣之壓力矣見二十圖

問雙管吸氣筒何如

答用雙管者以吸氣尤為便捷也用二活塞上有鋸齒中設轉輪亦有鋸齒與彼齒互相錯齧輪設把柄持而搖之則二活塞上下提動矣見二十一圖

玻璃試驗

問玻璃罩何用

答以小桌中鑿一孔上覆玻璃罩孔置曲管達於吸氣筒內將罩內之氣吸空為用甚多也即如以熱水置罩內立時滾沸有藥水名磺精置罩內雖冷亦沸葡萄柿子之類雖微乾皺置罩內即隆然若鮮牛脬紫口

置其中即能脹臄以小鳥投之不能飛起二鈴懸其中搖動不聞響聲以鷺毛並銀錢於罩內投之二物一齊落下且點火不然以上各理皆可以此罩試之見二十二二十三二十四二十五圖

問附用水銀管何義

答度量氣之盡否也以長玻璃管下口置水銀罐內上口通於玻璃管外畫以寸度若罩內之氣吸出幾許管內水銀即上升幾許若罩內之氣吸盡則管中水銀上升至二十一寸三矣以天氣壓力無內氣敵之也見前二十圖

問氣車何物

答以鐵管長數里內極光滑加以活塞使不透氣聯有小車兩頭均有火輪吸氣管將氣吸出則活塞被外氣所壓直至彼頭車亦隨之而去回路亦然英國倫敦曾經製造此車雖亦敏捷只堪裝載輕小之物惜無甚大用耳

問積氣管何物

答與吸氣管相似而其用相反此係將氣催入器中惟管底合頁內開側面合頁外開方能合用其合頁若吸氣管之式亦可須將盛氣之具置於管底方能催

氣使入耳此物與氣槍相附而行蓋以此催氣使入氣槍則放出倍有力矣見二十六圖

問積氣泉何物

答西國酒肆用此使酒自能流躍也酒池之上加以積氣管有管使通櫃外由氣管將氣放入壓於酒面將管內羅絲合頁一開酒被氣催即由管外躍也見二十七圖

問積氣稠密既有大力有大用否

答近來有人新創妙法以積氣之力破石鑿山

問此山在於何處

答在法國意大利之間直上直下計算高十里闊二十五里因火輪車過山須灣曲繞道數百里之遙遂立意穿山鑿道既平且直來往便捷一日之程數刻可過矣

問穿山車道何法鑿通試詳言之

答西國鑿山常法係鑽石爲孔實以火藥轟之能令堅石催裂然石面鑽孔若干頗費人工近來試得新法用積氣之力以代人工復用水力以催氣法用鐵箱十數寬大堅實下置轉輪便於運動以數丈高之鐵桶引水灌入旁有活塞提動藉水壓力催氣入箱機

積氣入水

關發動將氣催足運於用處機關又發氣卽放出將數十鐵鑿一齊擊入石面三寸餘深訇然若礮按此法開山每日約可攻透三尺餘也茲之穿山者將近三年功已及半係意大利境內法國亦捐助焉此法頗善然非研究水氣二學烏足知之見二十八二十九圖

問泳氣鐘何物

答以鐵爲之形畧如鐘上有玻璃以透光中空如室可容二三人有板榻可置器具以長鍊放入水底可做諸工或因舟溺水底撈物或因石阻礙行舟入水鑿之見三十圖

問此理何解

答其理有二水與氣不能並處一也其二乃積氣甯之理也其鐘漸下則水漸入矣然不能上至鐘頂即上文天氣不能與水共處之理儻入水時久恐氣敗無力養生須置二管一通外氣使入一放餘氣使出人在其中甫能照常呼吸如入水三丈水即入鐘至半矣因外氣只堪與三丈之水相抵也若再深入須積氣愈多耳

^空

問起風之故上文畧言之矣若究其理何如

答因冷熱不均即起風也較熱之處其氣即漲漲即輕

論風
起風之故

輕即上升而他處之氣即向此處吹聚以補其空缺也

問其理何法試驗

答於室中生火使熱門窗之上破一孔門檻之下亦破一孔秉燭依於上孔則其焰外吹依於下孔則其焰內吹若室內極熱驟然啟戶以燭火於上下試之亦然又如火爐之下須有透孔儻塞住不通則火必漸熄因熱氣上升無冷氣以補之也又或門外焚燒薪木火勢猛烈則在下之氣四圍向之而聚亦其驗也

通氣於礦
密

答於山坡高低不平之處掘二井通於礦窰之內一在高處為深井一在低處為淺井其下通聯夏日外氣自深井而入自淺井而出冬日外氣自淺井而入自深井而出欲究其故因淺井之上與深井相差數尺此數尺天氣夏日較地氣輕故上升冬日較地氣重故下壓見三十一圖

近赤道通商風

問近赤道之處其風何如

答赤道之北恆有北風赤道之南恆有南風

問此何故也

答赤道一帶寬四十七度日臨其上天氣常熱而上升

南北之氣向之而吹以補其空如大火之聚風也

七十 問其風由正北正南否

答否均由東北東南偏西吹也

問此係何故

答因地球向東旋轉赤道居中離地心比南北二極較遠故其旋轉較兩極為倍速地上包氣一層亦隨地而轉惟兩極之氣往東旋轉不如赤道之速故向赤道遷移其氣落後遂致所差之度數偏西也見三十二圖

問圖式何解

答甲為北極已為赤道庚係居中丙庚為丁巳之半在

已之氣東旋較庚處速加一倍庚處之氣直往南吹
既東旋較遲不能至已必落至丁巳之間戊處也是
以庚戌之道斜而偏西此論北風南風亦然

問此等風另有何名

答西國謂之通商風蓋因海上行舟藉此風即有定向
赤道兩旁三十餘度常有此風行舟趁之過海便於
貿易故名

風有冬夏
易向

問中國南省海濱之地冬多北風夏多南風何故
答與通商風之理相同也冬日因北方無熱處故風向
南吹夏則日行照於北方地多沙漠較熱故向北吹

風有早晚
易向

風多無定
向

海外更有數處亦有此等隨冬夏易向之風也
問海濱之風早間由岸吹於海晚間由海吹於岸何故
答惟南方有之蓋緣陸地聚熱退冷較海水為速日照
於海水有返照如鏡熱氣映回過半故其熱遲陸地
則其熱全受故速早間陸地退熱亦速較海為冷故
風向海上吹也晚間陸地較海為熱故風向陸地吹
也若南北大風連日不止則此風被捲故不多見耳
問風之方向能按地之冷熱算定否

答不過計其大畧而已因風氣極輕最易流動設遇阻
礙即改道矣風在海洋往往遇岸遮阻風在陸地常

風南北循
環

常被山蔽攔若在江湖河漢之間恆隨水道也

問赤道兩旁風盡向之而吹有回路否

答由高處空際而回也蓋赤道熱甚則兩旁冷風向之吹聚迨氣熱而上升便由空際吹回兩極循環無已時也上文所言門上之風外吹門下之風內吹亦此理耳

旋風

問旋風何故

答不論對面旁面兩風相遇即成旋風也若水之急溜總匯之處必有旋渦或舟行逆水而上其後亦多旋渦至風遇阻礙多成旋風但不如二風相遇之勢大

旋風有二

耳

問旋風有幾許之大

答凡有二種一雖不寬闊但旋轉甚速其力便大故能拔樹壞垣俗謂羊角風是也一雖極寬大而旋轉不速或數百里千餘里者不等海面有之撼動波浪損壞巨舟即颶風也且旋風無論小大必皆左旋故有一定方向見三十三圖

避旋風之法

問海上颶風何以避之

答初起時人恆不覺為旋風也迨為時既久見風無定向或一晝夜四方旋遍是知為旋風矣惟揆度風勢

內外不論方向遇風當頭輒改道橫衝而過如此節節向外漸出層圍庶脫危險近年以來甫知颶風即大旋風也又知避患之法依此而行救護船隻無算

見前圖

風行疾徐

問風吹疾徐若何

答一點鐘行五里者微風也行五十里者疾風也每方尺有一觔之力一點鐘行百里者大風也每方尺四觔之力行二百里者即颶風矣每方尺有十七觔之力極大之颶風一點鐘行三四百里每方尺有五十觔之力拔樹傾舟勢亟猛烈也

風稱二式

問風稱何物

答所以測量風力也以鋼條盤繞一頭釘於木架一頭置方尺之板條旁設有直木畫成度數以板向風風力吹回若干條即退回若干度也見三十四圖

問更有何式

答以玻璃曲管一頭如鶴頸有口向外所以受風一頭上直外畫度數管中灌水則二管之水均平迨彼管受風水必下退此管之水上升視其度數便知分兩矣惟二管通連之處此段必須較細取其水不生濤而有準也見三十五圖

問風磨何物

答藉風力以舂穀碾油汲水鋸木等事也宜置高處其力乃大其式不一有用布帆受風如玩物中風車之式使其趁風而轉即能運磨而作諸工矣有用木板受風者設一豎軸下有機關遮住一邊露出一邊即能旋轉矣見三十六圖

問落雨之故何解

答本於河海也水見熱化汽升至雲際颺至岸上遇冷則縮復化為水此即下章所論水氣遇冷熱漲縮之理也

問此理何法試驗

答以釜煮水上加懸板水遇熱則化汽上升至板上遇冷復縮而成水滴滴下注或釜上以布懸之汽升布濕力握其布水即溢出亦如氣縮成雨耳

問雨皆原於海否

答其本原固出於海惟降於陸地之水不能一時全注諸海也即如有人計算英國每歲雨水由河注海者不過十分之一耳其餘仍化氣上升蓋河道有若干水歸於海海水即有若干雨降於陸地以補其不足循環不已也

問、雨水多寡、何法計算、

答、以器承受、即知當時之雨數、如此積算、便知一年之中、此處落雨之數矣、即如英國京都、歲中得雨一尺七寸、俄國京都、得雨一尺三寸、意大利得雨二尺六寸、葡萄牙得雨八尺八寸、印度京都、得雨八尺四寸、南亞美利加某處、得雨一丈九尺八寸、

賈

全九
問、量雨之器何如、

答、以方尺之器、鐵為裏衣、承受雨水、復以方寸之管、外畫分寸度數、如將器內雨水、灌入管中、設高一尺、便知得雨一分、蓋方尺之器、百倍於方寸之管也、見三

十七圖

卷二氣學上章凡八十九問

第二卷氣學

中章論蒸氣

問、何為蒸氣、

答、乃煮水滾沸化出之汽也、

問、與水氣何別、

答、水不熱而化為氣、謂之水氣、極熱而化為氣、謂之蒸氣、水氣由於自然、運行空中、作雲下雨、蒸氣藉乎製造、惟憑火力、運動器機、初非二氣也、因冷熱以易其名耳、

問、蒸氣大綱有幾、

與水氣有別

蒸氣四綱

答、大綱有四、

問、其一何也、

答、熱有大力、冷旋失之、

問、其二何也、

答、其氣愈熱、其力愈大、

問、其三何也、

答、其氣愈稠、其力愈大、

問、其四何也、

答、水須被壓、始能極熱、

問、第一綱之理、何法試驗、

驗第一綱

答、以有底鐵管、盛水少許、內安活塞、將管置火上、俟水熱氣漲、即將其塞頂起、移置冷水內、則管中氣縮、其塞落下矣、是熱則有力、冷旋失之、一往一還、運動器機、皆賴此也、

問、第二綱之理、何法試驗、

答、仍以前管、入水少許、遇火則盡化為氣、能將活塞上頂、愈熱、則氣愈漲、而力亦增、然不如加水之增力多耳、昔有人使氣熱至一千四百度、試之、其力不過五倍於天氣、計每方寸八十七觔有奇、一夫之力、已足相抵、可見第因熱而增力、仍有限制也、

驗第二綱

問、三綱之理、何法試驗、

答、復以前管、入水少許、使盡化氣、視其上頂之力幾何、復入加倍之水、使盡化氣、則上頂亦有加倍之力、若加之不已、其力無窮矣、嘗有人按此法、加至百倍於天氣者、如二百十二度、煮水始能滾沸、因較勝於天氣之力也、復加三十八度、則氣愈稠愈漲、其力加倍、再加十八度、則力至四倍、積漸加至五百一十度、力增五十倍矣、

問、四綱之理、何法試驗、

答、以玻璃罩、將天氣吸空、置水於內、煮之、至七十二度、不待溫而滾沸矣、蓋無天氣壓之也、若移於罩外、則不滾矣、以天氣復壓於水面也、俟二百十二度、甫能滾沸、以後火雖加烈、水不增熱、惟化汽而已、如釜上加蓋、勿令氣出、其氣倒壓水面、則積熱漸稠、而力加大矣、

水化蒸汽
漲甚力大

問、水之化汽、能漲幾倍、

答、除天氣壓力之外、若無阻礙、能漲至一千七百倍也、假如以方寸玻璃管、注水一寸、上加活塞、勿令透氣、與寒暑表相附、下然微火、其塞未見上行、惟見表內水銀漸漸升上、迨至二百十二度即止、而活塞上升矣、

管內之水漸少、若少百分之一、塞即上行十七寸、如水盡化汽、須上至十七丈方止也、見第一圖

問、管中寸水、生力幾何、

答、天氣壓力、每方寸廿二觔^{十二}兩、則活塞上頂之力、亦應

與之相抵也、足見寸水化汽之力、能使廿二觔^{十二}兩之

重物、上至十七丈高矣、

問、寸水有此大力、更有何驗、

答、仍以前管、須十七丈之長、管內寸水化盡、則活塞上

至十七丈矣、再上懸滑車、以長索繫廿二觔^{十二}兩之鐵

錘、彼頭連於塞上、移管離火漸冷、惟見管中之汽化

力 驗蒸汽之

為水珠、迨其熱退盡、則管內空虛、將見活塞被天氣

所壓下行、其水珠隨之、歸併到底、仍復寸水之原、能

將鐵錘上升十七丈也、見前第一圖

問、^{十五}蒸汽既有大力、其用何如、

答、其用極多、如印書、汲水、推磨、鋸木、紡織等事、均足以

代人工也、至運車行船、尤為捷便、其速異常、

問、蒸汽有力可用、古人知之否、

答、但知有力而已、如滾水在釜、若蓋嚴不令透氣、必至

迸裂也、歐羅巴北方、古時崇一神像、怒則雷震而雲

興、當時多敬畏之、嗣有智者、因神像中空有孔、究得

古人以之 驚愚

用 述蒸汽之

古人以之
為戲

其隱係以像代釜中注以水下熱以火迨熱稠力大
便將塞子催出訇然作響如雷氣由孔出油然雲作
矣漢武帝時希臘國有希羅者昉造蒸氣機不過玩
物耳初不知適於用也

問其式何如

答有釜圓圖若球其上有孔橫通二管十字形或數管
亦可管之兩端背面各有一孔釜中水熱則氣由管
孔四面洩出催動氣機旋轉不已也與上卷水學中
無輪水磨並吹葦使轉之理相同當時既未究其理
復不知其用現今有用之氣機與此式彷彿者有之

見第二圖

後人始用

歷述有用
之機

問氣機之有用創自何人

答難以定論也英法二國各有創始之說據法國傳記
云本國高斯者於明末首創此法

高氏氣機

問高氏之法何如

答有釜如球上安二管通於釜底一灌水令入一催水
使出下熱以火迨蒸氣壓於水面便能催水上躍也
如此管或曲或長則水能隨勢遠到矣見第三圖

問高氏之事何如

答攷法國傳錄高氏究得此法緣思推廣其用於國政

大有裨益爰因某相為之居閒廷獻某以無用置之
高屢乞不已觸某怒遂囚之昔何氏獻璧身遭刑創
而屢瀆不休卒得見重為王者寶嗚呼被褐懷玉誰
識廊廟之才緣木求魚難遂經綸之志若高氏雖邁
數奇而其法卒傳於世猶為厚幸也夫

吳氏氣機

問英國氣機昉自何人

答有吳斯德侯遭亂囚獄因茶壺煮水偶見壺蓋頂起
由是悟得蒸氣之力大可用也出獄後試以蒸力將
鐵砲乍裂遂創氣機之法

問吳氏之法何如

答滾水釜兩旁各有水桶上皆有管達於釜內水桶各
豎長管通於桶底不遠以出水也復有橫管引水入
桶合頁一開蒸氣即入水桶催水由管上躍矣此與
高氏之法無異惟用於礦窰只能催水外流不能吸
水入桶旋有塞氏所造之法見第四圖

天然氣機

問有天然蒸氣機否

答火山恒有熱水硫磺碎石湧出皆蒸氣之力催之也
北冰洋海島中有著名火山山麓有極大溫泉閒流
閒止其流也上躍數十丈噴氣若雲霧激響如雷霆
誠天下之奇觀非人力所能及也若推究其故因山

中之火遇水而成蒸氣，別無出路，遂致壅塞積聚，壓於水面，而催水上躍，氣盡則止，氣滿復流，此天然蒸氣機，與高吳二家之氣機催水同理也。見第五圖

問塞氏之法，昉自何時？

答康熙年間，英紀一千六百九十八年，有塞法利者，偶

因飲酒時，銅壺置火上，其酒滾沸將盡，蒸氣極濃，遂以壺嘴倒浸冷水內，旋見水由壺嘴逆流而上，盛滿酒壺，因而設法，以蒸氣汲水。

三五 問水逆流而上何故？

答因壺內蒸氣見冷水復化為水，壺內空虛，又因外面

天氣下壓之力，遂令其水逆流入壺，以補空隙。

問塞氏所作之法何如？

答蒸釜與氣筩俱以鐵為之，復以鐵管相連，氣筩另有二管，一下通井水，一旁出使水外流，均有上開合頁，氣筩之上，又有二管，亦有合頁，須以手開合，一通氣管使蒸氣入筩，一放冷水入於氣筩，蓋蒸氣入筩，便催天氣外出，冷水入筩，蒸氣便化，筩內空虛，井水被天氣下壓，遂由管中逆流而上，如冷水之逆入壺嘴也，迨蒸氣復入，即催水外出，縱極高亦能達到，於礦窰汲水，甚為簡便。見第六圖

問塞氏與吳氏之法其理何異

答吳氏之法藉蒸氣漲開之力以催水塞氏之法係藉天氣下壓之力以吸水蓋吳氏原於氣滿壺蓋上頂塞氏原於氣空吸水入壺其理雖異而其用則同也

問以蒸氣轉運火輪創自何人

答英紀一千七百五年間有牛國民者變通氣機亦藉天氣壓力添一轉輪堪作諸工較吳塞所為尤便法用蒸釜氣筩均以鐵為之有管相通氣筩中置活塞塞柄上設橫梁隨之俯仰蒸氣由釜灌入則催使活塞上行迨冷水灌入蒸氣化水筩內空虛天氣下壓

牛氏氣機

令活塞下行橫梁俯仰運動轉輪無已時也惟機器之上合頁二處啟閉需人初有童子司其事因好嬉戲厭之思得一法以機代人而得以自便其法將合頁之柄以索繫於橫梁之上隨俯仰而自能啟閉矣由是又省一夫之力也見第七圖

問牛氏氣機尙有病否

答其病有三一則耗費熱氣一則其力有限一則運行不速

問何以耗費熱氣

答每放冷水入於氣筩使氣化水不免令氣筩復冷蒸

氣遇冷便失熱而力消，因而熱氣耗費，須多用煤薪。
問：何以其力有限？

答：因活塞下行，全賴天氣壓力，每方寸僅十七觔半，故
牛氏氣機之力，不過此數。

問：何以運行不速？

答：活塞下行，僅賴天氣壓之，不能甚速，活塞上行，因蒸
氣遇冷而力消，亦不能速。

問：以後有能除此三病者否？

答：有瓦德者，童年嬉戲，以器煮水，勾股畫地，習以為常，
師長呵斥，人多笑其迂，弗顧也。及長，才敏過人，洞察

瓦德氣機
方為盡善

牛氏氣機之弊，數年研究，思欲除之，終能設法補其
不足。至今所用火輪機關，仍瓦德之模式也。

問：瓦德之法何如？

答：於氣機之上，加添多件，而最要者有二：一則於活塞
之上，再加氣管，令蒸氣復催活塞下行，不必賴天氣
矣。一則另設水箱，引蒸氣入箱化水，不必放水於氣
筒，免致遇冷力消。如此，則氣筒常熱，其力更大，而其
用更省，不但將活塞頂上，亦將活塞催下，往返均賴
蒸氣，故又名雙行氣機。見第八圖。

三五
問：雙行氣機圖式，請詳言之。

雙行氣機

氣管合頁
自能啟閉

答、甲乃蒸釜、丙丁乃氣筒、亥係水箱、戊己係兩岔氣管、均有合頁、使蒸氣通於活塞之上下、庚辛亦係兩岔氣管、亦均有合頁、使餘氣洩出、入於水箱而化、戊係汲水管、加於水箱之上、使熱水外流、如加管引之、使仍流回蒸釜、則熱水化氣更速、較添冷水省而捷矣、
問、氣管之合頁何用、

答、共四枚、左右各二、庚己關、則戊辛開、蒸氣由戊入於丙處、令活塞下行、即催丁處之氣、由辛放入水箱而化、戊辛關、則庚己旋開、蒸氣由己入於丁處、使塞上行、將丙處之氣、由庚催出、見水而化、活塞上下不休、

其柄通於輪軸、使之轉運、迅速有力矣、

添水入釜
不需人力

問、添水入釜、啟閉合頁、需人力否、

答、均不需人力也、氣機自能為之、因有吸水管、下通水源、上與橫梁相聯、隨之俯仰、便可汲水入釜矣、又有節水管、節水管詳見水學章內、啟閉限制、不至有乾溢之虞、吸水管之柄、復有鋸齒、隨之上下、能將氣管合頁互相

啟閉、

問、通力輪軸何如、

答、軸上有柄、與橫梁相連、隨之俯仰、惟軸柄只有上下之力、不能橫行、為力有限、故加極重極大之鐵輪、使

通力輪

隨上下之勢運轉便生出大力矣輪之二面各有軸柄一橫一豎因橫柄提動有力俟其轉直則彼頭之豎柄又易而為橫矣互相有力可用故其輪旋轉無已時也見第九圖

問穩行球何物

答係豎軸一根下置輪盤繞以皮條聯於通力輪軸之上軸之兩旁有機關鐵條二根各綴鐵球一枚重數十斤大輪旋轉拽動皮條其盤軸即隨之旋轉轉愈速其球離軸愈遠則力均而行穩不致有遲速之謬矣見第十圖

問節氣合頁何用

答於氣筒與蒸釜相連之管內安一合頁遇直則閉遇側則開其管外有橫柄以鐵環通於穩球之上復加甲乙丙丁四條相連其形斜方四隅俱活可以上下如輪行甚速則二球颺遠而鐵環下移則彼頭橫柄升高提直而合頁閉節止蒸氣不得入矣迨輪行較慢則二球依近而鐵環上起彼頭下垂低側而合頁開旋放蒸氣入於筒矣如此節制無過與不及之弊斯運行惟均矣見前圖

問氣表何用

答以灣曲鐵管一頭通於蒸釜一頭上直外畫度數管
 中兩頭灌以二十一寸三水銀如釜中無氣則管中
 水銀兩頭均平若蒸氣入管則此頭水銀被氣壓落
 彼頭水銀必上升矣上升一寸即十七兩之力也升
 至十六寸即十七兩也可知蒸釜內每方寸喫力十
 七兩矣統計其數知共有若干力也見十一圖

問平安合頁何用

答預防蒸釜之迸裂也其法在丑有上開合頁子寅為
 秤桿橫架於合頁之上在寅有機關聯於釜上在子
 有錘蒸氣隨用便有節度假如蒸釜每方寸能喫力

一百筋祇用五十筋之力即將秤錘放在五十筋之
 度數若蒸氣過此力大則合頁自開餘氣洩出倘無
 此物則蒸氣力大其釜恐致迸裂甚屬危險有此可
 保無虞故名平安見十二圖

問節水機何用

答有引水高管通於蒸釜去底不遠上有活塞與橫梁
 相連橫梁彼頭有木墩浮於蒸釜水面水多則木墩
 上浮此頭活塞落下水入漸緩甚至塞住水不得入
 釜內水少則木墩隨之而下此頭活塞上提引水便
 速且多矣蓋使釜水節制而無乾溢之虞與前卷節

水管同理也 見十三圖

問節火機何用

答有管通於蒸釜上以滑車鐵練懸錘垂於管之上口彼頭以練懸鐵板通於爐之火道如火大氣稠釜水由管上升將錘浮起而鐵板下垂火道截住若火小氣微釜水由管下退錘亦低落而鐵板提起火道復通如此節制火無盛衰之慮矣 見十四圖

^{四五}問記數輪何物

答另一巧機加於氣機之上以計大輪轉運之數也法用計數鐵牌鎖於鐵盒之內輪轉一周即撥動一數

問氣機全式請詳言之

層累加增雖久不紊此係瓦德所造先是瓦德所造之氣機用於礦窰省煤無算約以節省三分之一酬之惟為數甚鉅察核需人因思得此法便於稽核嗣火輪兵船亦用此物計火輪運行之數目以定行程之多寡

答甲乃蒸釜內有鐵管通火使水易熱乙為氣管丙係氣筒丁係水箱復有吸水管三具俱隨橫梁俯仰各司其用在戊係將氣化之水吸過在己係將熱水引回蒸釜在庚係將冷水汲入水箱辛乃穩行球壬為

節氣合頁、癸係氣表、子為平安合頁、寅卯為積水池、半蓄冷水、半蓄熱水、辰則通力輪運轉者也。見十五

圖

問、火輪有高度機、低度機之分、何如、

答、因蒸氣之稠稀而分之也、氣稠力大、其表內度數即

高、氣稀力微、其表內度數即低、故名、

問、高度機何如、

答、蒸氣熱至二百五十度、較釜水初沸加倍有力、熱至三百度、其力便加四倍、上文已畧言過、假如二機、其一蒸氣熱至二百五十度、力足百馬、其一蒸釜小一

高度機

機分二種

低度機

半、必熱至三百度、方足百馬之力、故船釜均小、多用高度機、甫能氣稠、力大而速也、但其氣隨用放出、未免耗氣費煤、且釜小氣稠、恐致迸裂、危險可畏也、

問、低度機何如、

答、釜內冲催之力既小、則不致危險、而蒸氣又能化為熱水、引回釜中、則熱氣既省、而煤亦不費、其蒸釜大、則每方寸喫力小矣、然通計其力仍大也、故洋船多用此機、

問、氣機之力、以何為則、五十

答、以馬力為則、或一百馬力、二百馬力、以至於一千馬

筋水之力

力者有之

問筋水化汽其力幾何

答有拉德那者格物有名會計算之據云一筋水化汽漲開之力足將三十七噸之物頂起一尺三十七噸十六石為一噸即五百九十二石也若一石重之物亦能升起五百九十二尺也

問拉氏計算火輪車行鐵道五筋水化汽生力幾何

答五筋水化汽於鐵道之上其力足將二噸重之物運至三里之遙時不過二分也若用馬力須四匹計時半刻之久若照前計算五百筋水便將二百噸之物

運至三百里

石煤之力

問一石煤燒水化汽生力若干

答煤窰內常以一石煤燒水及其化汽之力能將五百噸拽起至一百尺高即一百馬儘一日之力也

問氣機製造一切省人力何如

答省力多多矣先是以之紡織一具氣機每日作成可抵千餘人之力蓋紡車織機為數雖多而一具氣機皆能使其運動故為力無窮也於是凡紡織之家恐專用氣機有失業待斃之懼遂聚眾滋擾拆毀氣機彼時雖官法亦難禁矣

氣機初興
有妨工業

氣機通行
衆民有益

問凡業紡織者竟受其害否

答氣機通行以後不惟無害且有利益其法初興未免
有多人另圖生計然從此衣服布疋等物價值頓減
且自火力一作而百業俱隆如挖煤開礦打鐵造橋
行船運車修造輪車鐵道各事用人極多因火輪舟
車易至遠方載貨運糧無不便捷以致民衆較前尤
為富足

氣機織紡
貿易豐盛

問今時西國以氣機織紡者幾何

答即如英國業此者有數十萬人所織布疋洋呢羽毛
綾紗等物無遠弗届不獨本國利益無窮即凡通商

火力代紡
之由

問以火力代紡創自何人

各國亦加豐盛皆賴其機如此也否則國中雖盡人
業此而織成之物亦難若是之多也氣機之為用大
矣哉

答英國有阿克來者素貧業修髮匠每以五行之物研

究其理為樂因思創一自行不止之器探索數年迄
未成就而本業就荒益形貧乏爰見鄰衆業織者甚
繁而紡工不及益思仿造機器以代人工其妻見其
試作機巧終日若癡屢戒弗聽恚甚毀其諸具阿離
妻而造如故迨厥功告成試之靈巧不啻人工一具

氣機足抵百夫之力，由是通行而致小康焉。旋聞於君主，以其創法甚善，且能裕國便民，錫爵銜勞之。見

十六圖

火力代織
之由

問以火力代織，昉自何人？

答：英國教師克德來者，素有名望，而家道素豐，傳道之餘，施醫濟世。火輪紡既作，論者以紡多而織少，有此盈彼絀之虞。克思火力既能代紡，變通其器，定能代織。由是專心致志，昕夕苦思，往來蹀躞，心摹而手畫之。嗣因事繁辭職，而志愈專壹，迨十餘歲後，機器始成。試之靈敏異常，而家業已消乏矣。旋與富翁偕夥

鳩工起造，大廈廣置氣機，為久遠計。乃工甫竣而遽遭回祿，遂致家貲蕩然。此讒人嫉忌之陰謀也。克無所倚賴，以視田為生，然其所造氣機，由此遠播，國富民豐，旋聞於君上，亟嘉獎之，酬金三萬，以為養老之資。溯自立志之初，至此已廿四寒暑矣，耗去家財不下十萬。克嘗謂火力無窮，人苟擴而充之，必能運行舟車也。斯言今已驗矣。見十七圖

火輪車之
由

問火輪車何由而作？

答：先是英國山中，凡窰礦內將重物裝運海口，係以鐵造成道路，駕車仍賴馬力。雖有火輪氣機，不過以之

汲水、提升重物而已。迨嘉慶五年間，有人始造氣機輪車，遂用火力以代馬。

鑿道之式

問^{六十}鐵道之式何如？

答：於車轍兩邊各置大木，須極堅固，大木之上釘以凸出鐵條，而車輪周圍有凹槽，與鐵條相合，如逗筍然，可以速行無礙。一馬可拽多車，惟不如火輪之力大而速也。美國各城多有此等車道，因人烟稠密，火輪車未便駛行，仍用馬車，而車中整潔如室，或來或往，有一定車道，從無爭先落後之虞。至山坡形勢下趨之地，亦有此等鐵道，以數車相連，裝運重載，趁其山

勢自然下趨，便將空車由彼路帶回，如此循環不已，不勞馬力，亦不藉氣機也。見十八圖

火輪車之式

問火輪車其式何如？

答：較馬車大而堅，其輪以鐵爲之，一車可裝數百石，數十車啣尾而行，首設氣機，次載煤薪等物，以備供給，餘或載物坐人，客車可容數十人，修飾整齊，飲食起居，如處家室。見十九圖

其行甚速

問火輪車行動其速何如？

答：極速者一點鐘能行二百里，載重者一點鐘僅行七八十里，尋常客車一點鐘行百餘里。見二十圖

其費甚省

問、火輪車較馬力何如、

答、英國有二城、相去三百里、火輪車載客二百四十人、並其行李、五點鐘可以往回、用煤不過四噸、計值銀十五兩、倘以馬車為驛、送客如前、至速亦須二十四點鐘、車二十乘、需馬千餘、方能替代接濟、其費亦多矣、

火輪過山

問、火輪車能行山路否、

答、若高下不甚懸殊、尚可駛行、如上高坡、另有山行輪式、上有鋸齒、車道鐵条亦有鋸齒、兩相逗筍、便能節節而上、下趨亦然、若極高之山、不能繞越、即穿山鑿

創作之人

成道路、以便行車、

見二十一圖

問、李五火輪車昉自何人、

答、英國德微底者、於嘉慶五年間、創造未善、嗣有斯提反筍者、父子相繼造之、因合用而通行焉、初其父於煤窰專司火輪氣機之事、貧甚、擬赴外國謀生、因乏資中止、閒修遺金、一令、定見其某以馬、費用告繁、而德氏火機、又未盡善、遂變通而更易之、其子幼時讀書、即志好格物、不惟火力氣機為之不倦、尤嗜電氣為戲、電氣見卷四嘗以其父乘騎、以電擊之、幾斃、其父怒責、而好如故、迨道光七年、某處修造鐵道、僉稱

有能造鐵馬者以千金酬之父子造成試之一點鐘行九十里人奇之號為火箭由是火輪車傳廣而鐵道亦多矣其子總司其事核計修道之費七千萬磅

三兩為一磅

嗣聞於君上錫爵勞之辭弗受

問火輪船其式何如

答船底之式與他舟無甚異惟設有轉輪有在旁者有在尾者有藏底不見者其為用一也行江河者無帆檣行洋海者有帆檣

見二十二圖

問其大小何如

答小者長不過二三丈大者長數十丈其中裝飾華麗

儼若富室載客千餘人裝貨數萬石

問其速何如

答風平浪靜之候一點鐘行六十里常行一點鐘三十里即此核計每日可行七八百里中國海口由天津至廣東按程計之須行二三月之久若輪船不過七八日可至矣用常行海船由英國至美國須一二月之久若輪船不過十日之程且他舟非風順則有阻而輪舟無論風之有無順逆均無甚阻滯也

問火輪船昉自何人

答乾隆末年蘇格蘭有塞明頓者造小輪船一具於湖

創作之力

間載客往來以爲遊戲嘉慶五年復造稍大者於江中爲他舟往來帶江之用以其迎風逆水行無碍也惟機器未能盡善旋廢之彼時美國富拉頓者於法國京城興造輪舟國主那波倫見而稱許謂此舟一作天下大勢因之丕變矣旋以行未甚速亦廢置不用而富氏恆心不易措資返國於紐約克又製輪舟一具時人笑其癡迨嘉慶十年其功始竣入水試之多延顯者共載以爲游娛於江河之間舟忽停滯不行客有誚其拙者有憚其險者富慰之曰毋懼亦勿病也爰搜其弊而理之其行如故傍岸居民見其迎

風逆水行之無礙且能迅速夜間火光發耀駭以爲怪羣逃避之自是輪舟興起矣

火輪舟車
西國甚多

^{七十}問至今火輪舟車西國多否

答西土大國皆有之也航海輪舟多於英國江河輪舟多於美國五十年以來美國陸續興造已有一千三百餘號江河水道通長計四萬三千里火輪車道共計九萬六千里各城各邑莫不有輪舟與鐵道聯絡不絕也

^{七十一}問中國若用火輪舟車利用何如

答海口各處已有輪舟往來俱知其利益矣若於各省

陸路通衢開設火輪車道自此往來販運合四境而通其有無爲利甚溥而且便宜復用輪船施之於江河往來貿易旣便且速較常裝運省用無算且無需時日耽延或遇某處年饑速於運糧自足接濟或值盜賊頓發迅速行兵不待蔓延立時可以撲滅嘗見盜源未清每致釀成巨案非故爲養患也實因聞警徵兵途路限之時日延之餉需悞之古人云兵貴神速若出其不意攻其不備如迅雷之不及掩耳何盜不殲何敵不克哉苟以輪車出師不啻亞夫之用兵從天而降也如是則一彪勁旅可作干城又何必隨

地設防多此糜費旣卻妖氛堪臻靜謐咸賴舟車迅速之力也斯利用爲何如耶

卷二氣學中章凡七十一問

第二卷氣學

下章論音聲

問音聲從何而起

答耳內有脆骨蒙蔽如鼓外有輪廓收束接受外物相觸天氣動盪颺至耳內而成聲

問天氣颺聲何法試驗

答玻璃罩內置自鳴鐘吸盡天氣鐘雖擊而不聞聲是知地上雖有極大聲音斷難達於星月之際以無天氣颺之也

問天氣之稠稀與聲音之大小相涉否

天氣颺聲

颶聲快慢

答、放些須天氣入於罩內、則微聞其鐘有聲、氣愈稠、聲愈大也、天熱則氣稀、大聲講話、便覺費力、天冷則易、亦此理也、在極高山上放槍、其聲不過如拍手然、若在北極之黑道、二人相去三里之遙、尚可通語言也、因天冷氣稠之故耳、

問、天氣颶聲、疾徐何如、

答、冷則稍速、熱則微遲、若中和之候、一杪內有九十六丈可通也、其疾徐與聲音之大小無涉、雖極微之聲、與巨雷相較、快慢一般也、惟聲音之大者、能及遠耳、
五、問、發聲之遠近可算否、

颶聲遠近

答、比如放炮、見光後若五杪始聞其聲、即知有四百八十丈、又如電光後十杪始聞雷聲、便知雷發之處、相距九百六十丈、若一杪內以百丈計之、亦不甚懸殊、且易於核算、雷近可危、遠則無礙矣、

問、聲音之大小、隨發聲之遠近、其理何如、

答、聲音漸遠漸小、漸近漸大、若究其理、則聲音之大小、正如其地之遠近尺寸、成方倒比也、即如近一半、大四倍、遠四倍、即小十六倍矣、至若光亮、熱氣、電氣、並地球之吸力、莫不從成方倒比之理也、
成方倒比見
火學下章

問、天氣颶聲、能聞幾許之遠、

他物亦能
颺聲

答風之順逆有別地與海亦有別因地不平而有礙海
水平而無礙也如海平風順大砲之聲有聞至六百
里之遙者西印度海島有火山對岸為荷蘭屬地相
距九百餘里火山爆開之聲有時聞於對岸
問除天氣以外更有他物颺聲否
答有颺聲較天氣尤勝者有不通聲音者凡物一擊便
顫者莫不通聲音也

問最能颺聲者何物

答水木鐵石等物是也即如人在水中以二石相擊浸
耳於水內聽之較之平地聲音更有極長大木以
耳貼其一頭嚴緊一頭或以指甲刮之其音即達於
耳非藉木達之不聞也如以鐵箸懸以索而撞之其
聲原不甚大若以繩之兩端令入耳杜嚴復撞之則
音如巨鐘矣人或重聽聞樂不真以鐵條啣於口中
一頭置樂器之上其音由口入耳聞之甚響矣

問按此理醫士造何器具

答西醫有物名聽肺木以堅木為之長不過尺遇患肺
疾者一頭依於病者胸次醫者枕其一端而聽之隨
聽隨移審其呼吸辨其部位可知病者肺間致疾之
大小重輕矣

不颺聲之物

問不颺聲者何物

答如泥砂鉛綿等物是也凡物一擊不顛者皆不能颺聲耳

發聲之由

問物之有聲因其體有微動何法試驗
答有手捫而知者有目見而知者有因他物被感而知者巨鐘之撞也以手捫之覺其微戰而震動至手捫之頃其音必稍有礙也琴絃彈動往返神速所以有聲若胡琴弓子拉動雖不甚著力視其絃亦微顛也極薄之玻璃盃盛以水以指蘸溼於盃之四圍邊上刮之即聞有聲且見盃中之水戰戰然動也或以鐵

聲音高低之故

問物之動盪於聲音高低何如

鉗夾玻璃片以琴弓鋸其邊即有聲若琴其微動處不易見也如以細砂撒於玻片之上將見倏聚倏散

變幻可觀矣見第一第二圖

答快則音高慢則音低過慢則無音過快亦無音也即如琴絃於一杪內至少往返十五六次方出甚低之音尚能和諧若再慢過此則其聲斷而不聯亂而不和矣甚至於無音如一杪內快至四萬六千餘次尚可成聲再快過此則人不能聞矣或有禽獸之較人耳尤聰者於甚低甚高之音均能聞之也

問、高低與大小、其義相同否、

答、不同也、即如風聲雖大、其音則低、雷聲雖大、其音亦低、海水沖擊石岸、其澎湃之聲、亦愈大愈低、若秋蟬、蟋蟀等類、聲雖高而音仍小、故不能聞於遠處、女子之聲音、較男子雖小而仍高、故謂之尖音、

十五、問、聲音之高低、隨物動之快慢、何法試驗、

答、設一轉輪、上有鋸齒、以箸按其齒而徐撥之、則旋轉慢而聲亦低、其輪齒亦如貫珠可數、漸快則齒若相連而聲不斷矣、若極快、則鎔成一片、而聲愈高矣、破盃釘整、以鑽打眼、初慢而聲低、漸快而聲漸高、亦其

驗也、

問、以琴絃試驗何如、

答、繩索放鬆、則彈之無聲、緊則成聲、不過音低而動慢、耳愈緊則音愈高、而跳動愈快、琴絃亦如是也、故琴有軸柱、可緊可鬆、以定音之高下耳、

問、鬆緊之外、復何以定音之高低、

答、音之高低、又隨絃之長短粗細、蓋短細動快而音高、粗長動慢而因低也、笙簫之管、長短粗細、理亦相同、問、琴絃每快一倍、其音高低何如、

答、高八音、即如絃長若干、以之折半、則動快加倍、而音

音分有八

高一倍矣

問琴絃幾許長短始分八音

答其長短相較如四十八四十五四十三十六三十二三十二十七二十四之數以此八數共分八音

問八絃動止疾徐何如

答與其長短相反如二十四二十七三十三三十二三十六四十四四十五四十八之數是謂四十八之絃如動二十四次其二十四之絃即動四十八次也餘可類推

問八音中分有幾種

類分有三

答分有三種即將以上之數相比如二十四與二十七分三是九與八也三十二與三十六分四亦九與八也四十與四十五分五亦九與八也三十與二十七分三是十與九也四十與三十六分四亦十與九也三十二與三十分二是十六與十五也四十八與四十五分三亦十六與十五也以上各數即各絃與其下最近之絃相比之數假如第一第四第六等絃皆動八次則第二第五第七等絃即動九次第二第五動九次第三第六即動十次第三第七動十五次第四第八即動十六次

問此三種有何名目

答第一第四第六名爲大音第二第五名爲小音第三

第七名爲半音至第八音如四十八與二十四相比

其數加倍故謂之重音

問中國七音與西國八音合否

答無不合也因第八音即第一之重音故仍與七音等

耳即如中國七音宮商角徵羽五音加之半徵半羽

共成七音正如西國大音小音亦是五音合之二半

音亦成七音祇多一重音耳

問聲音高低分有幾層

答以八音爲一層自最下之音至最上之音共有十層

疾徐差至一千有二十四倍如女子之聲音較男子

差八音是高一層也極好樂器不過包括六層耳

問二聲成啞何法試驗

答以口底均大之玻璃盞置几上復以定音叉橫於上

而彈之則其音自盞中迴響再以前式玻璃盞橫向叉

口將聞其音忽斷忽發矣見第三圖

問此理何解

答因二盞之氣動盪相觸故滅其音也如二浪成平二

光成暗之理耳見火學下章如圖中甲丙丁係此盞氣動

應聲之故

之勢戊己庚係彼蓋氣動之勢若丙己二處之勢相觸則勢消而音忽斷矣丁戊二處之勢旋離則勢起而音忽發矣見第四圖

問山谷迴響若應聲然何也

答與日光返照畧似因天氣颺聲遇高大之物阻礙聲音觸回愚人或以為仙殊屬可笑

問聲音返回其速何如

答聲音之出也既於一秒內九十六丈其往返之候自應加倍比如大河對岸有高牆在彼砲聲迴響計須六秒便知其河約三百丈闊也

迴響之遲速

問對面高牆須離幾許之遠方成迴響

答至少須四丈八尺方聞迴響蓋一秒分作十小分一小分內往返九丈六尺故對岸之牆至少須離四丈八尺之遠而聲音往返纔一小分耳祇能辨一字之迴響再近則不能辨矣以音之往返太速前聲與後響幾若相合不過微聞音亂耳若離九丈六尺則有二字之迴響可聞蓋每加四丈八尺斯能多聞一字之迴響也

迴響之方

問音若對牆斜出迴響何如

答假如牆在北人在南出聲若直向則迴響亦直回出

格物入門

卷二

氣學下章

論音聲

七

迴響之聚處

音若偏西則迴響必偏東出音愈西迴響愈東惟往返之度數不爽耳如二人立前面有牆中間復有牆隔之令曲折以通聲音則此處出音在彼聞之如在對面牆後也此與光之直射返照二角均勻同理見第五圖

問牆若周圍圓式迴響何如

答音之迴響皆聚於中心如居中出聲則周圍迴響一齊俱到其音大而真若出音之處稍偏則迴響不齊而亂矣假如牆係凹鏡之式形如球皮則對之出聲音必歸於一處山勢偶有此形者至圓式之牆其聚

音處所上下如直綫一般高下聞聲無異茲之凹式其聚音之處祇在居中一點正如凹鏡聚光成火之所故於此聞聲倍覺加大若圖中音自外來總聚於甲是也見第六圖

問牆式周圍橢圓迴響何如

答若橢圓形式則有二中心矣在此中心發聲在彼中心聞之甚悉即如圖中甲戊為二中心自甲發聲至丙必迴響至戊蓋按橢圓之理甲丙丁與戊丙辛二角必定均勻故也故丙處無論向何處挪移其迴響必歸戊處也見第七圖

低聲樓

問、有按此式造屋者否、

答、以此式造屋、雖低聲語言、亦能聞之甚悉、西國古時有君代烏者、虐民實甚、按此式造獄、囚禁多人、而於獄中聚音之處、設密幕、潛身竊聽、有語涉不軌者、輒置重典、至今其地遺蹟尚存、西人相傳為代烏耳云、邇來西土、亦有按此造室者、名低聲樓、因此處雖低語、即可達於彼處也、或高聲語言、而在旁者反不如在彼頭聞之悉耳、見前圖

傳聲管

問、傳聲管何物、

答、西方高樓大厦、多有銅管、隱於牆內、從上曲折達於

下室、主人由管傳諭、僕婢聞之、若覲面然、而在旁之客不聞也、

揚聲筒

三五 問、揚聲筒何物、

答、形類號筒而口敞、航海多用之、能使聲音遠達而不散亂、雖在旁不聞、其音可達數里、海舟相遇、以此傳言、不必攏船矣、舟工上梳理帆、舟師在下通言、亦用此物、或遇大風、颺聲遠處、則散亂不真、有此、則無慮矣、見第八圖

接聲筒

問、接聲筒何物、

答、與揚聲筒相似、而其用相反、如二人在遠處交談、彼

耳為接聲

以揚聲筒傳言此以接聲筒接之入耳則聞之若近矣如以揚聲筒倒置耳上亦可接聲此物多為重聽而設式若喇叭而曲以之對面接談聞之甚響不須大聲疾呼側耳傾聽矣見第九圖問氣之動靜於音理何如答天氣無論動靜皆能颺聲然上文所言颺聲疾徐迴響方向等皆取氣之靜而言蓋風順則颺聲稍快風逆則颺聲稍慢且遇風之時則迴響度數不能有準故凡此必乘無風試之方驗問耳之能聞於音理何如

口為發聲

答人工製造之樂器莫能及也耳外口做若接聲筒然內蒙薄翅如鼓復生細筋若絃通於腦髓使虛靈有覺而能知因薄細未堅外生最硬之骨以衛之尤恐枯乾受音不亮翅內又生水液潤之復有氣管達於口後通氣以助之至獸畜之耳輪有能於活動者聲音無論何向發來俱能轉而迎受也見第十圖問口之出聲於音理何如答與笙簫之理相似而尤妙者也蓋氣喉分為兩節上節大下節小二節相接之處生薄翅如笙之簧氣出則動盪而成聲鬆緊隨意以收放音聲之高低上文

所言音之最佳者，高低能分十層。八音為一層一音又分上中下，則共計二百四十音，均由一口而出，此但論喉嚨也。至唇舌能分音辨字，以至於數千，均可以意為之，發乎自然，迨出口而成聲，他人以耳接受，遂能領會，其間賴天氣以颺之。三者若合符節，足徵造物之妙用，立之又立者也。考音律為樂辨字音為韻樂藝也韻文也茲之所論惟講求音聲之所以然而畧究其底理耳

卷二氣學下章凡三十九問三章共二百問

氣學雜問

問、煙霧上升，何故、

問、風吹房瓦，自煙簞下撲，使煙倒出，何故、

問、鳥比天氣體重，仍能上騰，何故、

問、小兒吹氣泡，內外皆氣，何以始而上升，少選即落、

問、風雨表之水銀，隨時隨地致有高低，吸水管能吸水

五有高低否、

問、若於某處水銀低一寸，其水即應低若干許、

問、於某山頂水銀高十五寸，每方寸被天氣所壓分兩若干、

問、以天氣積之於五尺之簞、其漲開若每方寸有十八
筋之力、以此氣盛於一尺之簞、其力何如、

問、若盛於三尺之器、其力何如、

問、吸氣筒水銀高十五寸、罩內之氣、較外氣稠稀若何、

問、蒸氣之力、自何而生、

問、蒸氣機分有數種、其理何別、

問、夜間聞聲、較白晝更清、何故、

問、雜亂之聲、與樂聲何以分別、

氣學雜問凡十四

