

參謀本部
國防設計委員會
參考資料
第一號

測量壺口地形及水力報告

✓ 方 俊 著

中華民國二十三年二月

目 錄

	頁 數
緒 言	I
一.途中情形	1
二.工作方法	4
甲.路線之踏勘	4
乙.壺口之地形圖	5
丙.水準線	8
丁.經緯度之測量	9
戊.路線圖之校正	10
三.河谷之地形	10
甲.龍門	10
乙.峽內	12
丙.壺口	13
四.黃河之水文	15
甲.流量	15
乙.壺口之瀑布	16
丙.黃河之冰	17
丁.含沙量	17
五.壺口設電廠問題	18
甲.水力	18
乙.含沙之影響	19
丙.冰塊之影響	20
丁.壺口以外設廠之可能地點	20
六.設立電廠之經濟	21
甲.大電廠之建築費	21
乙.電流之銷路	22

	頁 數
丙.設立小電廠.....	23
七.河谷內之一般.....	23
甲.氣候.....	23
乙.交通.....	24
丙.農林.....	25
丁.礦產.....	26
戊.山谷之居民.....	26
八.附 錄.....	27
水準點說明.....	27

附 圖

照片第一版至第五版

附圖第一幅：龍門至壺口黃河路線圖

黃河縱剖面圖

附圖第二幅：壺口地形圖

緒 言

龍門與壺口，在中國歷史上見之甚早，自古知爲名勝之地。但以交通阻隔，外人往遊者甚少，不見親歷其地者之記載。故該處情形，外間人知者絕少。德人台斐爾（A. Tafel）於一九〇五年之春，曾遊二地；其後美人馬棟臣（F. G. Clapp）於一九一四年三月，親歷壺口。對於兩地情形，所言亦不詳盡（見 Tafel: Meine Tibetreise I. S. 61-62; Clapp: The Hwang Ho p.p. 13-14）。

近年國人對於水力之應用，漸漸注意。壺口之瀑布，既已燿炙人口，言水力者，莫不注目於此。以爲苟能設廠發電，則供給山西陝西二省之用而有餘。在山西省中，新常富氏（E. T. Nyström，瑞典人）首創是說。其後陝西省政府於民國八年，派專員薛位前赴壺口測勘。著有壺口創設水力電廠說一書（見李儀祉龍門與壺口，水利一卷五期）。自此兩省政府及人民，無不注意於壺口之瀑布。然該處地形及流量，迄未測量。故於當地情形，至今尙不明瞭。

去秋九月，俊奉地質調查所翁所長之命，應國防設計委員會之囑託，前赴壺口測量地形及流量。同時并踏勘龍門至壺口間之河谷，及作經緯度之測量，以爲研究瀑布附近之地文及水力之用。

一．途中情形

此次出發僅余一人。向新生代研究室借得王子祥爲助手。此外另雇張德裕一名，於九月廿六日晨首途。

九月廿六日清晨，乘平漢車南行，於下午五時抵石家莊。翌日轉正太車西行，下午三時抵榆次，到榆次後，方知長途汽車路被水冲毀，汽車停頓已將兩星期。近雖極力修理，但附近之郭村河橋尙未修復，車皆須在河中馳行。明日通車與否，須視河水之漲落而定。

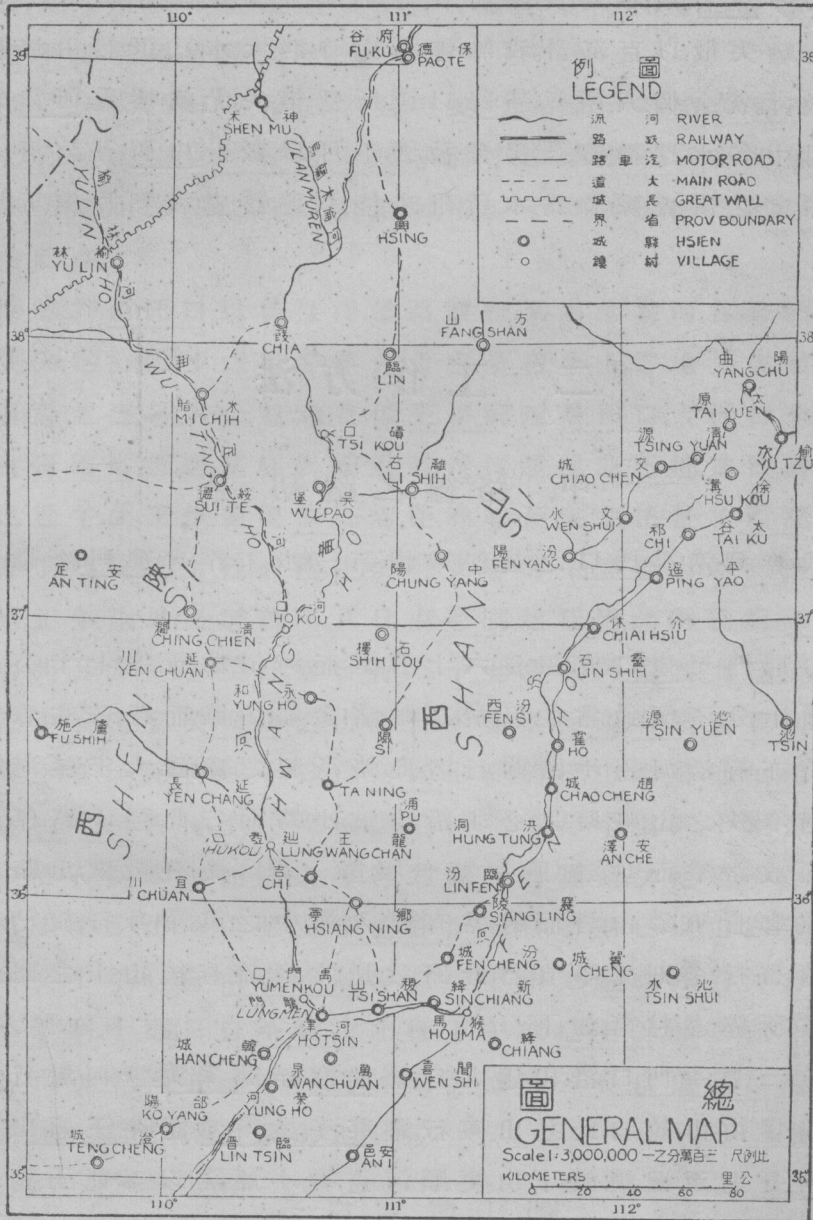
廿八日汽車公司經旅客之要求，開探車一輛試渡，於十時方始渡過，於是決定於十一時開車。因汽車停頓已兩星期，故旅客甚多，公司開車十數輛。正午馳抵郭村河北岸，旅客在此下車，雇人背負渡河。汽車則次第用人拖拽而行，每渡一車，需時半句鐘，於下午二時，方將全隊汽車渡畢。略事整理，即開車。當晚抵平遙，距榆次二百四十里。

廿九日清晨，自平遙出發。暮抵臨汾，行五百里。今日所行係沿汾河東岸。因夏季河水大漲，車路冲毀之處甚多，橋梁亦多不完全。故每過一河，必須繞道數里，而道途崎嶇，車行甚緩。次日更行，正午抵候馬。自此乘人力車西行，晚抵新絳縣。十月一日自新絳另雇人力車以行。以路上積水未退，車行甚緩，當日僅抵襖山。次日更行，抵河津。三日午抵禹門口，計在途中八日，路程一千九百里。

長途汽車路係山西省政府所築。自太原至運城長九百七十里，稱為晉南幹綫。近年此路已展至風陵渡。路係黃土鋪築，因年久失修，損壞甚多。去年夏季，復遭水災，各河橋梁，十之八九皆被冲毀，而沿河之路，湮沒於水中者兩月，損失奇重。近雖極力修理，然尚不能完全恢復。馳行車輛，皆為商營。全路有公司數十家，每家有車一二輛，或五六輛不等。車多而旅客少，故營業不振，乃減價競爭，票價最低之時，竟減至五折，因賠累而停業者無數，全路遂成停頓之狀。去年春季，重行組織，合數十家以爲一公司。各家按序行車，交通方得恢復。惟票價至昂，每百里旅費一元八角，且旅客一人，僅准攜行李五十斤，過此則須另行納費，以每一百斤折合一票。故行李較多之旅客，咸乘人力車以行。

全路有人力車不下千輛，每車載重四五百斤。雖時日較汽車為遲，然索價至廉，故棉花及煤油之運輸，皆由人力車。

自候馬至禹門口築有汽車支路，為山西華洋義賑會與省政府合辦，以工代賑所修。全路長一百五十里。此路築成之後，行車不及一載，遇去年之水災，全路半被湮沒，我等過彼之時，路上積水尚



第一圖

未退落,因此汽車不能通行。

去年晉省大水爲災,據省政府之調查,受災最重者五十二縣,人民流離失散,以百萬計。我等經過之時,則大水已退,然田地積水,猶有數寸。就余個人所見,新絳以西所受損失,尤爲慘重。河津郊外,於十月中旬,水深猶沒踝,房舍被毀,不可以數計。山西省政府及華洋義賑會之調查隊皆爲水所阻,未能到達該處(視照片第五版第十圖)。

二. 工作方法

甲. 路線之踏勘

我等到達禹門口之後,即準備第一步工作,自龍門踏勘至壺口。

自龍門至壺口,直線長六十公里,而河道曲折,達七十公里。其間交通,十分不便。通常往返於二地者,多順山路而行。若在春秋水小之時,亦有沿河邊小路前行者。此路所經之處,雖大半係河灘,然於通過窄狹之山峽時,則必須沿山坡小路而行。此種小路係開鑿山岩而成,路窄而坡急(照片第一版第一圖)。更有數處,山路尙未開鑿,旅客皆須攀山岩而過,常有墮入河中之虞。單身行旅,已覺困難,若攜帶行李,則尤不宜行此路,故通常商旅皆繞山上之路。山路有二,其所經過村落如下:

(1) 自禹門口沿山邊北行,經船窩至師家灘,沿河灘行十五里,抵萬堡山山麓,自此登山東行。經莊子嶺,南耀,越牛王廟山,經馬泉頭,南長里至蝦蟆灘下山。更順河邊,經小船窩以至龍王廸(視路線圖點線)。

此路順河行一百里,繞山八十里。其間自禹門口至船窩一段,係沿山坡而行,經過梯子岩石級,高出河身一百公尺。山岩峻峭,石

級凡三百六十,最狹處僅容一足,故不能行驢馬。行李皆須雇人背之而行,每人所負不能超過四十斤(照片第一版第二圖),此外則路較平坦,驢馬亦能通行。

(2) 自禹門口東行二十里至樊村,更行十里至西磴口,在此登山北行,經柏山寺,高樓河,山頭等村,下山至小船窩。自此沿河北行至龍王辿。此路長二百三十里,而路較平緩,無險峻之處,重載驢馬,皆由此路。

余等到禹門口以後,探得道路難行,又因踏勘河谷,必須沿河前進,故決定攜極少之行裝,雇人負之,步行北上。當地公安局,派警察一名,沿途照料。於十月六日,偕王子祥離禹門口。大批行李及儀器,則由張德裕押送,雇驢馬繞道西磴口,運往龍王辿。當日因出發之時已近午,故工作僅抵無底溝,距我等預定之住址(船窩),尚有十五里,乃收工步行前往,住於村北客店中。翌日由船窩踏勘至無底溝,正午事畢,仍返船窩。八日由船窩起行,因此處已屬鄉甯縣境,故由此另派一警隨行,當日行三十里,暮抵師家灘。九日沿河灘前進,行十五里,登萬堡山,沿山路行十里,抵河頭。河頭距黃河五里,自山頂下視,頗爲清晰。十日自河頭出發,仍行山路,暮抵柏城村,十一日自柏城村西行,下山至桃窩,沿河北進行,十里許,小路忽斷,行人皆須沿石壁攀援而過,余等行到第三段時,無法通過,不得已,折回,覓得小路登山,沿山路至留圪莊嶺。而行李則已由山路運送至小船窩矣。十二日自留圪莊嶺西北行,下山至蝦蟆灘,沿河行二十里抵小船窩。十三日自小船窩北行,下午抵龍王辿。計在途中八日,行一百八十里。大批行李,於我等出發之第三日,自禹門口起運,於我等到達之前二日,抵龍王辿。

乙. 壺口之地形圖

測量壺口之地形圖,爲我等此行之最大目的,故於到達龍王辿之後,即從事於測量此圖。在本地雇得工人二名,加以自北平同

來之二人,共得五人,組成一地形隊。最初數日,工作速度甚緩,因此數人從未作過此等工作,必須加以相當之訓練。工作次序,係先在河東岸作一基綫,自龍王廸至龍王廟南,長二公里。此綫中各點之距離係用視距 (Stadia) 所測定,爲前視與後視之平均數。各角度則爲六次所讀之角度之平均數。

自基綫之南端向北繞山地,復量一綫,以校對前綫之是否準確。

因以上之綫不足應用,故將河邊之基綫,向南再引長二公里,仍由山地繞回。其測量方法,皆與前綫同。

基綫上之標高,當時以經緯儀之水平測定,事後復以水準儀校對,其差誤未超過一公分,校對綫上之標高,則以經緯儀之高度圈所測,以前視及後視之仰角或俯角之平均數計算。於兩綫接合之處,高度之錯誤爲六公分及七公分。其錯誤達 $28\sqrt{k}$, ($k=4.41\text{km.}$) 及 $36\sqrt{k}$, ($k=3.51$), 但於地形圖上之等高綫無影響,故未加以改正。

基綫測定之後,計算各點之坐標,繪於圖上。坐標之差誤,爲第一綫橫標一·八公尺,直標三·〇公尺,第二綫橫標〇·二公尺,直標二·七公尺。即兩多邊形之錯誤率爲〇〇〇〇八〇及〇〇〇〇七八。

測量地形圖之時,須注意者,即爲河水退落甚速,今日所見之水邊,明日已易其處,故工作之時,必須迅速。且龍王廸無渡船,渡河者皆須繞道小船窩。往返三十里,加以渡船之耽擱,必須一日方能到達彼岸。故不能不令一工人住於彼岸。我等數人,在東岸工作。兩岸地形,同時進行,一星期後,方將河邊平地測竣。但河中沙洲甚多,其能以人力到達者,則使人涉過,或以船渡過施測。其不能到達者,則以三角方法測量。然此種沙洲皆甚平坦,無特殊之點,以作三角之目標,故工作頗困難。其後鄉人告我,河水不久退落,屆時船隻皆能渡過,於是先測山地,以俟水之退落。

山地高度,約在河面三四百公尺以上。而山溝縱橫,往往數百公尺之距離,必須繞道至二三里之多,故每日工作效率甚微,其速度比較在河岸時相差懸殊。最初在基綫上每點置經緯儀測量,有時溝岔中地形,在綫上不能見,則移經緯儀於溝旁,其位置用「三點或兩點方法」(Three or two point problems)定之(視野外紀載第一本),凡人能到達之處,皆使人前往,其不能到之處,則用三角方法測之。在山中工作兩星期,方告竣事。乃依預定之計劃,赴西岸施測。

此時河水已大落,第三支河已無水,河中船隻,常由第二支河航行(視地形圖)。乃雇得一船渡河,施測壺口北之大沙洲。但此處水流仍急,船不能在此停泊,故於我等渡過之後,船即順流下行,於工作完畢之後,另以第二船來接。我等在沙洲上,工作竟日,附近之小沙洲,亦使人渡過測量。同時在壺口之旁攝影。沿河地形,於此方告一段落。

西岸山地之測量,始於十一月十日。先於西岸山頂上定數點,其方位則在東岸基綫上,以三角法測定之。平角與高度角,皆複讀六次,取其平均數。此類點之方位,於達到西岸測畢第三角及其鄰角之後,方計算其坐標,繪入圖中。西岸山地之地形,即根據此數點以測量。於校對第三角時,作一「次基綫」,以聯接數點,校對其差誤(視野外紀載第一冊)。

地形圖之比例尺,為六千分之一,高度以龍王廬前水面為四百六十公尺起算(此數係用氣壓計計算)。等高綫距在四百七十五公尺以下,為一公尺,以上則為五公尺。等高綫係在野外就實際山形所繪。水邊高度,係十月十九日至廿五日之水位,在此一星期中,水位降低約三公寸左右。壺口附近之水位,未能測得,因該處水位變動甚巨,且附近河岸,時有水穿行而過,人不能近,無法測量。

圖中所示去年之最高水位,係根據數次之詢問,較為可靠。此外尚有光緒四年,十三年及民國六年之最高水位,則係中市村一牛姓老人所指示,未得第二人之證實,不能確信。茲錄其數(公尺)如

下:

	光緒四年	光緒十三年	民國六年	民國二十一年
馬王廟牆壁	465.09	463.39	461.15	461.40
龍王廟牆壁	461.01	457.72	457.63	457.65

丙. 水準綫

地形圖於十一月十五日測畢。在龍王壩整理一切後，即作水準綫，水準綫之目的有二：（1）爲欲知峽內河道之坡度究爲幾何。（2）爲將來測河谷時高度之根據。故於每一公里或二公里，即作一水準點，此綫原擬沿河進行，嗣因作至蝦蟆灘附近，河沿小道，坡度甚急，無法通過，故不得不繞山路而行，所取之道，係「路綫說明」中所舉之第一路，因此路雖繞路十數里，然僅須翻過一牛王廟山，無溝岔之苦。山高出河面六百公尺，但山坡并不峻峭，工作尙無困難。

我等於十一月十七日，自龍王壩起工。自此至七郎窩五里間，水準已於工作地形圖時作畢，故此時僅須作校對水準綫。自龍王壩以南至蝦蟆灘三十五里間，水準皆係雙綫，工作三日。自蝦蟆灘以南，則因須繞山路，工作較河邊平地爲難，功率遲緩，故僅作單綫，每日工作，約三四里。於廿四日抵馬泉頭。此時已達黃土之山嶺，比較在蝦蟆灘登山之路爲平坦。廿六日至店疙疸莊。自此南行，翻牛王廟山至南耀。牛王廟山高度爲一千一百公尺。在山頂之上，遙見吉縣及鄉甯縣城。而陝西之蟒頭山，及山西之高祖山，皆在目前。十二月一日，越過鄉甯縣川至莊子嶺村。由此下山，四日至師家灘。乃沿河進行，七日作至乾柴坡。原擬自此繞山路至禹門口，後因此間山路峻峭。水準綫不易通過，乃止於此。沿途作水準點三十九處，其所在之地，詳水準點說明中。

我等於作水準綫之時，每到一處，即探聽其對於路綫上各村落之位置，及其距離，繪入路綫圖中，以示水準綫之大概路綫（附圖

第一幅路線圖點線)。

丁. 禹門口及龍王廸之經緯度

禹門口及龍王廸之經緯度,各測兩次。測法係用經緯儀(Zeiss Universal Theodolite II)加等高三稜鏡(Prismatic Astrolabe Attachment)觀測六十度星。時表差誤,以無線電照馬尼拉及徐家匯天文台所發電信校正。

第一次之結果,皆因儀器未曾精密校正,故所得結果不佳。茲將第二次之結果錄後:

禹門口

星	經 度	緯 度
	h m s	° ' "
β Cas.	7-22-28.18	35-39-45.05
α Aur.	7-22-28.06	35-39-46.77
β Tau.	7-22-29.11	35-39-43.56
β Aur.	7-22-29.19	35-39-48.33

龍王廸

星	經 度	緯 度
	h m s	° ' "
α Ari.	7-21-53.12	36-11-31.44
α Cas.	7-21-53.38	36-11-27.75
α Cyg.	7-21-53.12	26-11-28.76
β Cyg.	7-21-53.73	36-11-28.91
γ Peg.	7-21-52.93	36-11-34.85

應用等高三稜鏡測量之計算方法,與通常方法稍異(參觀 Complete 60° Star List for Position Finding by the Equal Altitude Method, Special Publication No. 4, School of Surveying, American Geographical Society之計算方法)。經緯度之值,不為各星之平均數,而用星之「方位綫」(Position Lines)與時差,用圖解方法得之。故經度與緯度得

同時計算出之。二地之經緯度爲：

	經度	緯度
	h m s s	° ' " "
龍王廸	7-11-53.30±0.09	36-11-29.83±0.08
禹門口	7-22-29.04±0.04	35-39-45.74±0.70

戊. 路線圖之校正

自龍門至壺口之路綫,係用羅盤儀 (Brunton Transit) 與步行所測,故其差誤必甚巨。附圖第一幅所示之路綫,係先將龍王廸及禹門口照經緯度繪入,然後將路線按比例接入。路線上之高度,原爲用氣壓計所得之值,其後與水準綫比較,竟差至一百公尺,此或因氣候之劇變,及機件之惰性所致。故路線上之高度,皆按水準綫之高度改正。其無水準之處,則以兩端高度之差,按比例改正。此種數值,當然不準確,但相差或不致過多。等高綫距爲五十公尺。

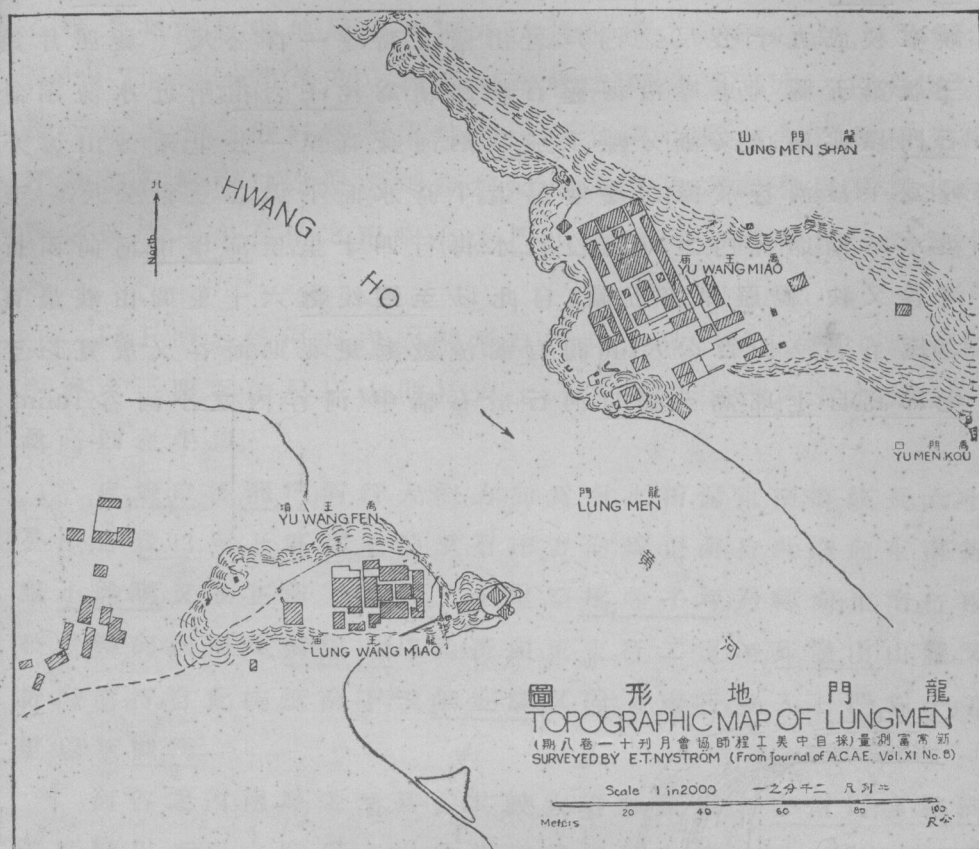
在龍門與壺口之間,台斐爾亦有路線。但與我等所測之經緯度,相差甚巨。亦按比例接入路線圖中(路線圖虛綫)。綫外之地形,則按陝西及山西十萬分一陸軍圖補入。

三. 河谷之地形

甲. 龍門

龍門爲黃河出峽之口,兩山壁立,狀如門闕,故名龍門。東岸之龍門山,與西岸之梁山,夾河對峙,高出河面一百數十公尺。山岩皆爲青石。兩山之間,距離爲一百公尺,口南則爲冲積平原,河身寬至二三公里。在口外一里許,有孤山橫臥河中,俗稱禹王墳。因河沙之淤積,已與西岸連接。但在洪水時期,接連之處,被水所湮,乃成一島。

山高三十公尺,頂有龍王廟。山與東岸之距離爲五十公尺。有渡船往返其間。第二圖示龍門之地形,係新常富氏所測(採自中美工



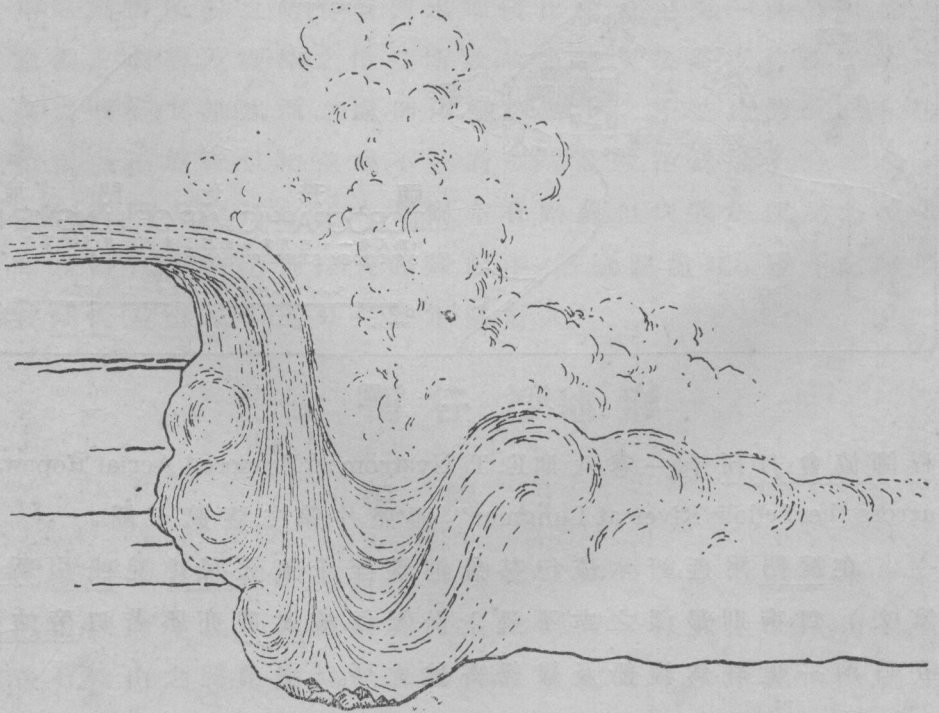
第 二 圖

程師協會月刊十一卷八期E. T. Nyström: "Proposed Aerial Ropeway across the Yellow River at Lungmen", 視照片第二版第三圖)。

在龍門附近,河水流行甚急,河深至十五公尺(見上引新常富文)。口南則最深之處,不過七公尺,河流速度亦不若口旁之急。在口南一里許,爲糧船及煤船寄碇之所。

乙. 峽 內

龍門以北,河谷最寬之處,不過數百公尺,而最窄之處,則僅數十公尺而已。自龍門北行,兩岸山岩峻峭,岩石時時向下傾頽。自龍門至石門一段八公里,河谷寬度在八九百公尺左右,至石門則山峽窄狹,成九十公尺之門戶。岩山壁立,高達一百公尺(視照片第三版第五圖)。東岸沿河,鑿石修路,稱為梯子岩山。附近水流湍急。石門以北,兩山又漸分離,至船窩則河身寬至一公里,兩旁山坡亦較為平緩。河行於灘內,屢屢易道。平時水面不過二三百公尺,一至洪水時期,則谷內之地盡沒於水。再行四十里,至萬堡山。河向西折,河谷又狹(視照片第五圖)。自此以至蝦蟆灘六十里間,山峽最寬之處,不過三四百公尺,其間有湍流數處。更北則河谷又放寬,以至七郎窩。自七郎窩至壺口,河行於石構中(河谷內之小河谷 Talim



第三圖

Tale), 石槽寬不及三十公尺, 深約十五公尺, 爲黃土期後河水侵蝕岩床而成(見德日進楊鍾健 山西西部陝西北部蓬蒂紀後黃土期前之地層觀察, 附錄二)。自七郎窩至壺口, 計長七公里。壺口即在石槽之北端, 該處地層極平, 河水流於極硬之紅砂岩上 (Tafel: Meine Tibetreise I. S. 62)。因底層較軟之頁岩, 受河水之侵蝕(第三圖), 致上層之砂岩, 無所支持, 而致傾頽, 瀑布遂向北移。此種工作, 不斷進行, 使壺口之位置, 逐漸移動。惜無歷史之記載, 以計算其移動之速率耳。在石槽之南端有孟門山臥於河中, 南北長一百數十公尺。

以上所言, 係河谷內之情形。自河身上昇一百公尺, 山坡漸漸平坦。至三四百公尺以上, 則見黃土之高原, 坡度約爲五十分之一, 愈高則愈平坦。

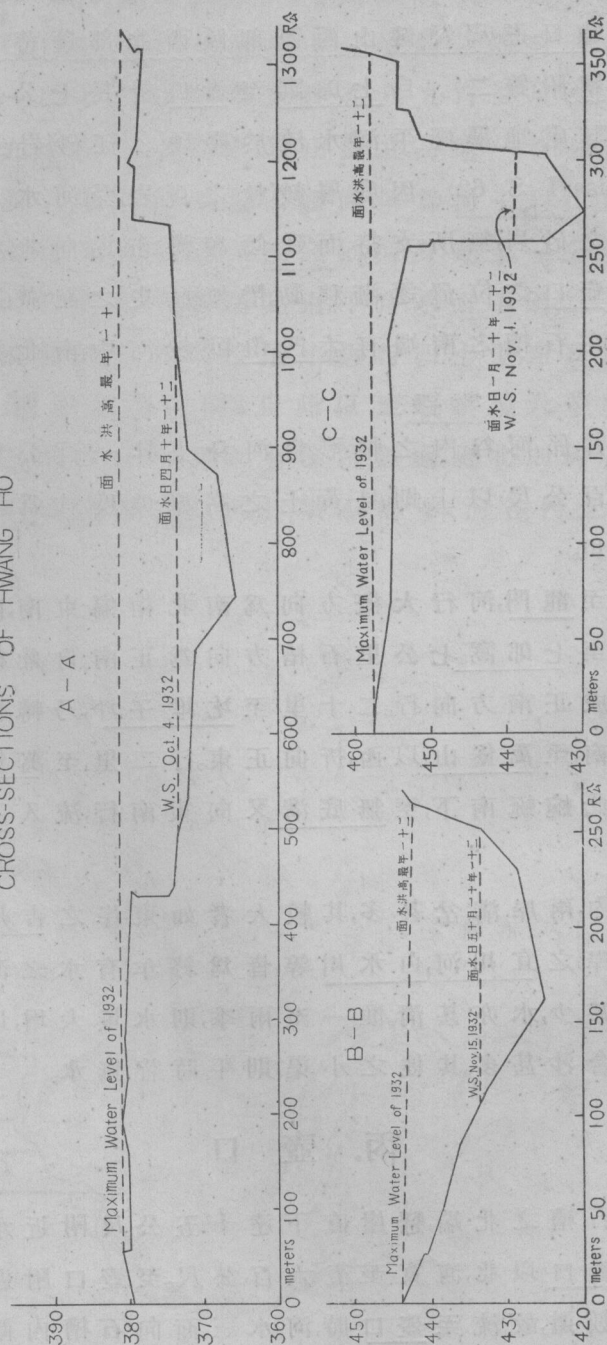
自壺口至龍門, 河行大概方向爲南北稍偏東南, 直綫長六十公里。自壺口至七郎窩七公里, 石槽方向爲正南。自此微向東南折, 至小船窩, 又成正南方向行。二十里至圪堆子坪, 乃轉向東南, 行兩公里, 轉向西南, 至萬堡山以西, 折向正東。行二里, 至萬堡山山麓, 又折向南行, 自此蜿蜒南下, 至無底溝又向東南行, 流入石門, 行十五里以至龍門。

河谷之內, 兩岸溝岔甚多, 其較大者如東岸之吉州川, 高樓河, 鄉甯縣川, 西岸之宜川河, 白水川等, 皆爲終年有水之河, 除雨季之外, 流量變化甚少, 水亦甚清。惟一至雨季, 則水量大增, 且挾山上之黃土而下, 故含沙甚多。其他之小渠, 則平時皆無水。

丙. 壺口

壺口在石槽之北端, 懸崖直下, 達十五公尺。附近水面寬度約爲四十公尺。壺口以北, 河寬至五六百公尺。至壺口附近, 有數沙洲, 將河渠分爲數道, 故流至壺口時, 河水三面向石槽內傾注, 勢極湧急。地形圖中, 示壺口附近地形甚詳(視附圖第二幅)。

圖面新橋河壺口
CROSS-SECTIONS OF HWANG HO



圖四第