

佛子嶺水庫工程技術總結

第六分冊 鋼筋混凝土工程

佛子嶺水庫工程指揮部

佛子嶺水庫工程技術總結

第六分冊 鋼筋混凝土工程



佛子嶺水庫工程技術總結

第六分冊 鋼筋混凝土工程

內部文件 注意保存

*

佛子嶺水庫工程指揮部編
治淮委員會辦公廳出版
(蚌埠三馬路)

治淮委員會印刷廠印刷
(蚌埠大馬路)

*

印數：1~3000 編號。

第六分冊目錄

第一章 概述.....	1
第二章 腳手工程	3
第一節 腳手的規劃.....	3
第二節 腳手設計.....	8
第三節 腳手材料.....	16
第四節 腳手的施工.....	20
第五節 腳手施工技術與安全規程.....	30
第三章 模板工程	33
第一節 概述.....	33
第二節 模板的規劃.....	35
第三節 模板設計.....	46
第四節 木材加工與模板製造.....	54
第五節 模板安裝與拆除.....	78
第六節 模板施工技術規範.....	112
第七節 施工技術安全規程.....	117
第四章 鋼筋工程	119
第一節 鋼筋的種類和品質的鑑定.....	119
第二節 鋼筋加工.....	121
第三節 鋼筋安裝.....	132
第四節 技術安全規程.....	138
第五節 鋼筋安裝施工技術規範.....	140
第六節 討論.....	142
第五章 混凝土工程	147
第一節 混凝土特性.....	147
第二節 混凝土原料.....	152
第三節 混凝土設計.....	171
第四節 砂石採運與配料.....	180
第五節 混凝土澆築.....	196
第六節 混凝土養護.....	281

第七節	混凝土冬季施工.....	287
第八節	混凝土夏季施工.....	291
第九節	特殊問題.....	293
第十節	混凝土施工技術安全規程.....	312
第十一節	混凝土施工技術規範.....	314
第十二節	討論.....	318

附 錄 製冰工程 327

第一節	概述.....	327
第二節	廠房佈置.....	327
第三節	機械設備的配備及作用.....	328
第四節	設備的安裝與使用.....	332
第五節	機械設備的保養與檢修.....	335
第六節	定額.....	337

第一章 概 述

佛子嶺水庫工程，係採用連拱壩，壩身為鋼筋混凝土結構體，由 20 個壩、21 個拱和兩端兩段重力壩組成（西重力壩在 117.5 公尺高程以上部分，改為平板壩），全長 510.0 公尺，最大壩高為 74.4 公尺。以 12 號壩為界分兩期施工，12 號壩以西為第一期工程，以東為第二期工程。其主要特點為：

一、工程浩大而集中

由於連拱壩建築在山區，施工面積小（最大面積不到 300 公尺長，90 公尺寬），工程向高空立體發展，同時混凝土數量在下部多，往上便漸次顯著減少，操作受到很大的局限性。各工種工作量變化也不一致，勞動力平衡相當困難，在施工中各個環節緊密相連，任何一環配合不好，就會引起工序之間的脫節和現場的混亂。

二、受自然條件限制很大

春防桃汛，夏防洪水及炎熱，冬防雨雪與冰凍，以致場地佈置、技術措施及工作計劃等，均要求掌握和適應自然規律。

三、壩高且薄標準要求高

連拱壩是空心體，水庫蓄洪後經常受高壓水頭，在這種情況下，要求混凝土不透水，應嚴格貫徹「百年大計，質量第一」的標準要求。

四、高空作業要求安全

施工安全直接關係着連拱壩的建造，一切措施，應貫徹「安全為了生產，生產必須安全」的原則。

綜合以上特點，連拱壩鋼筋混凝土工程，從設計到施工，是一件技術性極其複雜，也是一件新的工作。水庫工程是在摸索中前進，在施工過程中，克服了重重困難，逐步改進了技術措施，終於完成了全部鋼筋混凝土工程，勝利的做好了中國第一座連拱壩，並積累了高壩施工建築的一些經驗。

鋼筋混凝土工程是一九五二年「七一」開始的，惟當時施工地點很小，只可以說是大量混凝土施工前的典型試驗，直至一九五二年底才全面開展，至一九五四年六月六日壩、拱全部澆到頂，共歷時兩年。其間月最大澆築量達 20,000 公方，日最大澆築量為 1,000 公方，在攝氏零下 12 度的嚴寒天氣裏，在高達攝氏 37 度以上的氣溫裏，施工依然按照計劃進行，而且保證了應有的品質要求，創造了長年施工的實例，從而大大的加速了工程進度，縮短了施工時間。

採用的模板盡量作到標準化，簡化了操作，節省了人力與器材，為高空作業

的施工安全創造了有利條件。在混凝土方面，全部廢除了陳舊的體積比，改用科學的重量比並採用加氣混凝土，在近二十萬公方混凝土的施工中，證明採用重量比配料，並沒有給施工帶來什麼困難。在施工機械化方面，升高塔、鋼模殼已成爲連拱壩施工中較爲成熟的經驗。纜道澆築混凝土的試驗，提供了進一步機械化的方向，使用振搗器保證了混凝土的設計品質，這些對澆築工作的質量和進度都起了一定作用。近三十萬公方砂石的開採和分篩在佛子嶺水庫也是一項巨大的工作，由於工人發揮了勞動智慧，創造了三層疊篩法，簡化了施工程序，提高效率一倍以上，從而節省了人民財富，保證了工程的需要；結合機械清基，又創造了半機械化的施工方法於水下開採砂石，克服了單靠人力所不能戰勝的困難。佛子嶺水庫的鋼筋混凝土工程，在日夜辛勤勞動創造下，通過勞動人民的智慧，發展了科學技術，從而培養了建築混凝土壩的工人幹部，爲社會主義水利事業的發展，增加了新生力量。

第二章 脚手工程

第一節 脚手的規劃

一、規劃原則

脚手是施工中重要的輔助工具之一，房屋、橋涵、閘壩等建築物都要用到它。一般脚手可以分成兩類：一類脚手主要是用來支撐混凝土或鋼筋混凝土的建築物的，如混凝土或鋼筋混凝土的橋梁就常用預先搭好的脚手來支持上面的混凝土重量及澆築時的活荷重與振搗力的，這種脚手可以說是比較複雜的有組織的支撐；另一類主要是用來作為運輸竹、木、磚、瓦、鋼筋、混凝土等建築材料及供給建築工人操作時活動場所用的，這種脚手可以說像便橋與工作台樣子的，房屋與閘壩建築中常用這種脚手。

佛子嶺水庫的脚手大多是屬於上面所說的後面一種。其中梁外脚手、拱前脚手是用來作為木料、鋼筋和混凝土運輸及工作人員的通道；梁內脚手和鋼模板上脚手主要是用來供給施工操作時活動場所，兼做通道。

脚手是工地的臨時結構，在規劃設計時應着重考慮經濟問題；脚手又是供給工人及工作人員操作時的活動場所與材料運輸的通路，脚手的安危直接影響職工的安全和工程進度。所以，脚手也必須具有足夠的強度來承擔上面的荷重。

脚手既屬臨時性建築物，因此結構要盡量簡單，便於裝拆，如果用木脚手，在桿件的接頭上要避免用榫頭而應採用簡單的金屬連接物連接。脚手的式樣與跨度依工作要求及工地的條件決定；脚手的寬度大小應該在工地許可的條件下盡可能的滿足操作上的要求，以便利工作。

製造脚手的材料一般的有鋼料、木料、毛竹、鋼木混合製成，木脚手使用最普遍。本工程除內拱脚手（為與鋼模板連接方便）及大跨度的梁採用鋼架與一部分底脚脚手採用毛竹脚手外，其他的都用木脚手。

木脚手所用材料應盡量利用工地現有者為宜，大的木料可以把排架間的跨距加大，小的木料可以把排架間的跨距縮小，排架中的柱頭也可以依木料的大小而選用適當的根數。總之，應該用調節跨距與排架支柱的數目來適應現有的材料，不應該用固定的跨距與支柱數目來要求所用材料，否則，將是不經濟的。本工程的具體情況是這樣的，不用固定的跨距也不規定支柱的數目，隨工地現有的材料而變的。

下面所說的脚手，沒有特別說明的都是指木脚手。

二、佛子嶺水庫工程各種脚手具體情況

梁外脚手和拱前脚手 梁外脚手和拱前脚手都是用來運送材料並作為工作人員來往的通路，雖然有些用來運送砂石，有些用來運送混凝土，但性質是一樣

的，而且都是採取排架形式的，在結構上形式上也是一樣的。這種用排架組成的腳手，而且當做運輸的便橋用，有人叫它排架橋，有些人叫它「跳」（高的叫高跳，低的叫低跳）。

腳手的路綫是根據工地需要決定，在工場佈置時須予以考慮，可以參看第三分冊。

腳手採取排架形式，排架隨地形而定，可高可低，兩排架之間用簡支梁連接，這樣作，可免除萬一有些排架因基礎不好而產生一些沉陷時，整個腳手不受影響。

兩排架之間的跨距的大小，縱梁的根數，與排架的支柱數目，上面提到過是依所用的材料不同而變的。木頭粗，梁的數目就應適當地減少，跨距也適當的加大，排架的柱頭減少；木頭細，就應增加梁柱的數目，縮短跨距。跨距一般的是3公尺，也有大到4公尺小到2公尺的。

縱梁一般雙軌的是六根，也有多到八根，少到五根的。柱頭高排架一般雙軌的是八根，也有多到九根少到七根的。

低腳手見圖2.1，高腳手的大概情況見圖2.2。

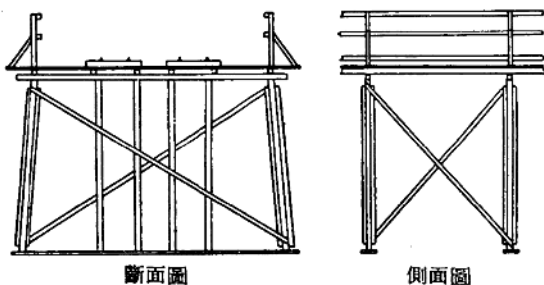


圖 2.1 低排架腳手

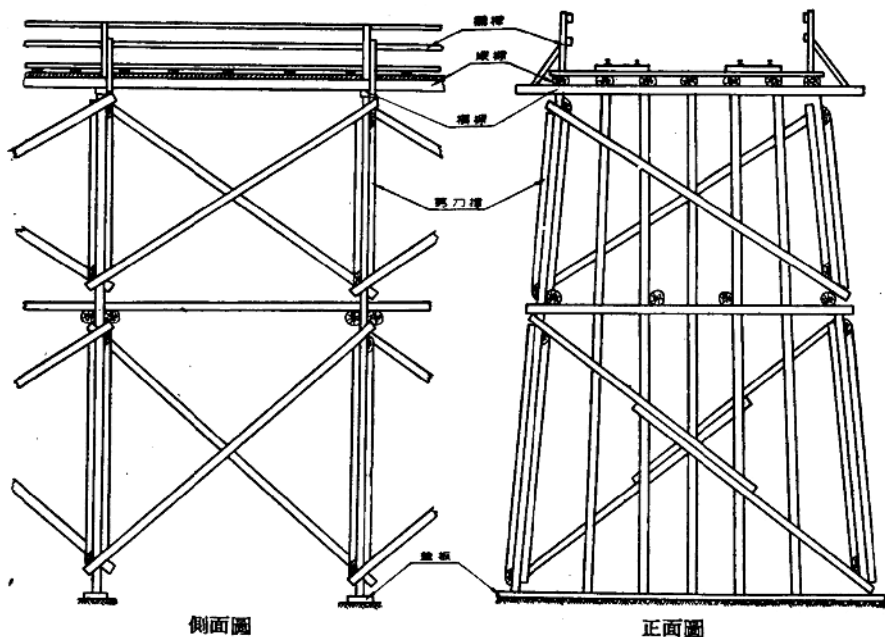


圖 2.2 高排架腳手

垛內腳手 垛內腳手在底脚用落地腳手，由落地的柱子與梁組成。以後梁子逐漸升高，如仍用落地腳手，則 60 公尺以上的高壩所用的木料是很驚人的，而且我們知道一根一根木頭接上去，接頭愈多出毛病的機會也愈多，垛牆裏不通風，養護水天天在澆，日子長了木頭會腐爛就更危險；而且有些垛內放洩洪鋼管、水電管和灌溉管，不允許一直用落地腳手。因此，就着手研究懸空腳手。懸空腳手的高度爲了澆混凝土方便一般應比澆灌層高 1.5 公尺左右。

首先想到將懸空腳手擱在兩邊垛牆上，跨度小材料省，但垛牆愈向上垛牆愈薄，跨度也就愈大，下面的木料到上面不適用。以後想到利用隔牆，兩隔牆間淨寬從上到下都是 5.5 公尺，根據設計要求在隔牆上留兩個腳手洞影響不太大。

佛子嶺水庫工地的施工是半機械化的，木工操作絕大部分還是依靠人力，因此採用裝拆式的腳手。第一期工程中的垛內腳手如圖 2.3 所示，澆好一層混凝土後全部拆開，一根一根木料吊上去，再在上一層預設的小孔中架起來。

生產改革後，進度不斷加快，配合施工需要提出使用整體吊升腳手的要求。但由於整體的標準腳手未能及時得出結論，再加上工地的機械設備不夠，因此在二期工程中大部分仍用裝拆式腳手。根據第一期工程施工中的經驗，大梁下的兩根撐頭施工困難，有時忘記了撐非常危險；第二期工程中加粗

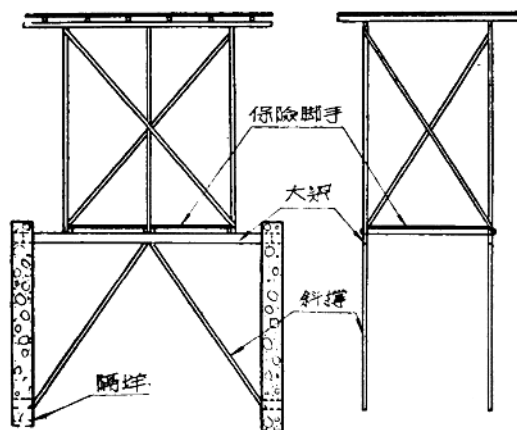


圖 2.3 懸空腳手

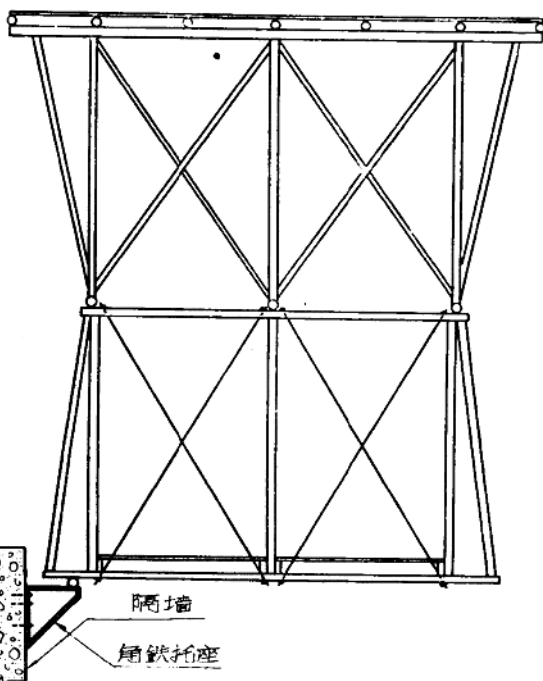


圖 2.4 整體吊升腳手

了大梁取消了梁下的兩個撐頭。

第二期工程中試用的整體吊升腳手是採取兩層桁架式的（見圖 2.4）。所以採取這種式樣的原因：①用下面的桁架代替大梁，可以節省大梁的木料。②改用雙層減少柱頭的細長比（ l/d ）。試用結果情況良好，在吊上去時結構本身沒有任何損壞與顯著變形；吊得也快，搖車鋼絲繩等準備好以後，從起吊到吊好只要 40 多分鐘，因工地起重設備不多，未正式採用。

拱上腳手 拱低的時候，用排架腳手，升高以後不能再用地面的排架腳手。就想到利用內拱鋼模的鋼架來搭平台，但鋼模的鋼架在設計時僅承受正面荷重而沒有估計到側向推力，所以不能在鋼架上普遍支設支柱，只能在 1、2 兩點上設支柱，如圖 2.5 所示。跨度很大用木料不經濟，改用兩隻角鐵焊起來的槽形鐵來做梁，柱 1 仍用木料，在槽形鐵梁上再擱小木梁鋪板。鋼模上的平台一次做好後就隨着鋼模升高，不用裝拆，也不要另外吊，非常方便。

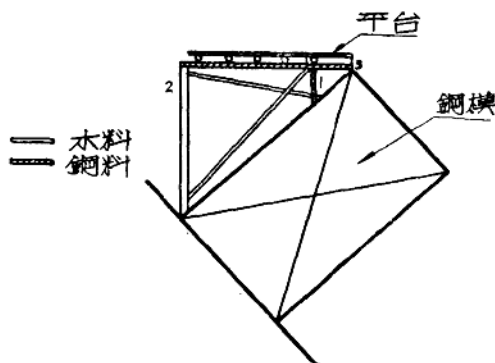


圖 2.5 鋼模板上腳手

除了鋼模上的平台外在梁牆的上游面板上也有一個木平台，如圖 2.6 所示，與鋼模上的平台銜接。在澆拱時利用梁的升高設備使混凝土由上游面板滑下先到面板平台，再用小車推到鋼模的平台上澆到拱內。在第二期工程中並創造了利用鋼模平台上游面板平台連成一座橋代替活動梁前橋，以東岸重力壩上的拌合機澆 17 號以東各拱（詳見第三章）。

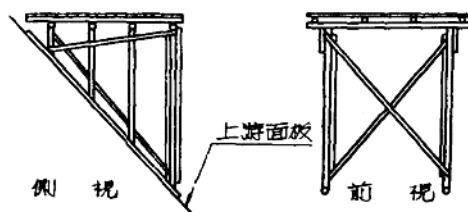


圖 2.6 上游面板平台

重力壩及壑塘腳手 重力壩及連拱壩下的壑塘面積很大，不可能有這麼大跨度的腳手，經研究後用先澆好的混凝土柱固定在基礎岩面上或預埋在混凝土內，在混凝土柱上放一小段木柱，上面連梁再鋪板如圖 2.7 所示。

毛竹腳手 第二期工程開始時曾普遍試用毛竹腳手，用來克服木料供應不上的困難。試用結果證明在臨時性構架

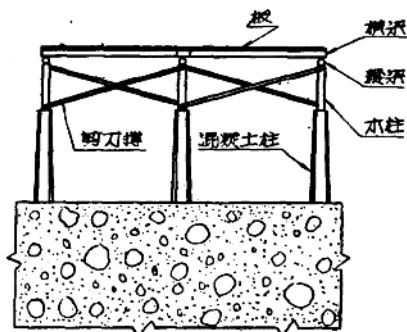
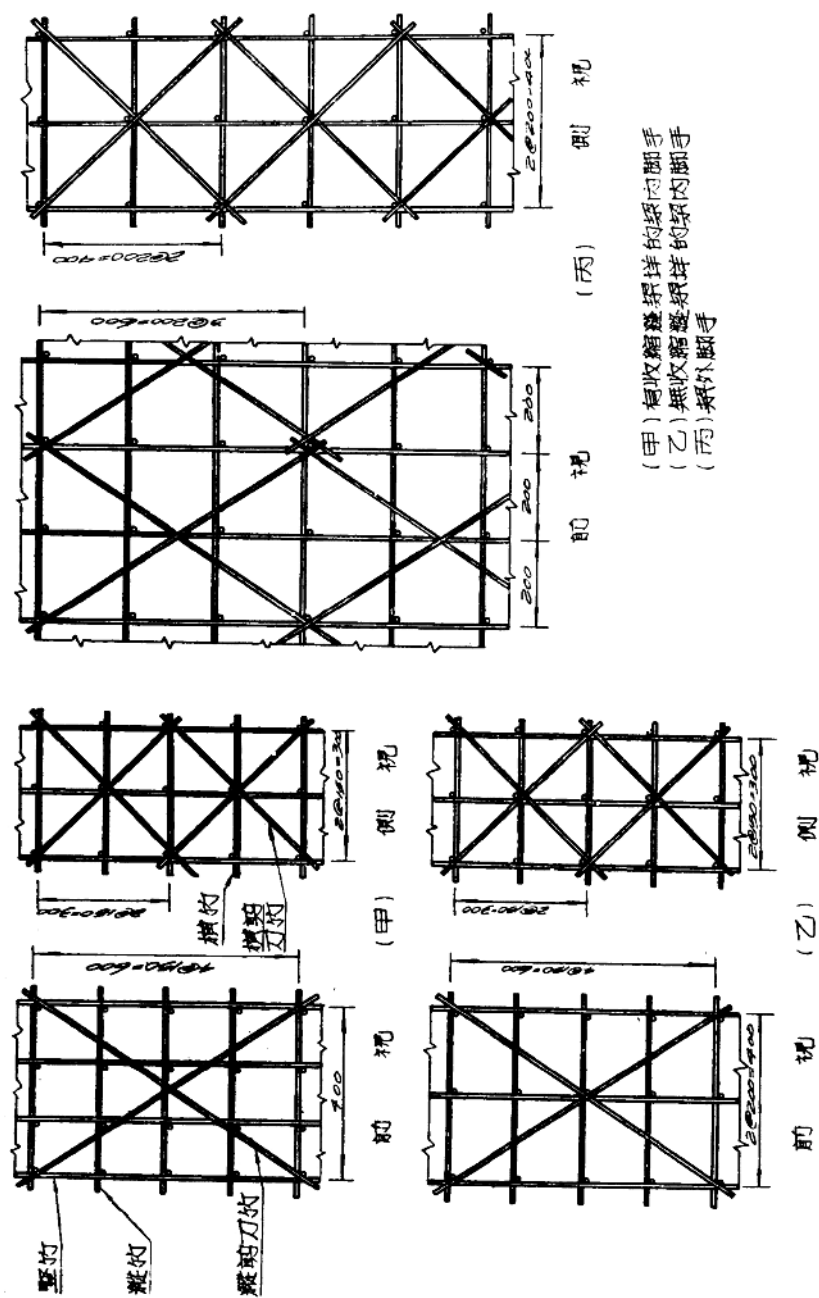


圖 2.7 重力壩及壑塘腳手



(甲) 有收縮變樣式的緊內腳手
(乙) 無收縮變樣式的緊內腳手
(丙) 無外腳手

圖 2.8 竹 脚 手

上毛竹是可以代替木料的。毛竹遠比木材便宜，採用竹脚手可以減少工費，值得推廣採用。

我們採用的竹脚手如圖 2.8 所示。

在今天要對毛竹的結構作仔細計算，還存在着困難。首先是對毛竹的性質與應力我們還知道得很少，可以參考的只有僑全國經濟委員會一九三四年試驗的結果，而這個試驗結果只有粗糙的數字沒有詳細的說明，因此只能作為參考難為計算的依據。

竹脚手主要的關鍵在接頭，一個接頭不好就會造成整個脚手的失敗。在佛子嶺水庫工地使用時對接頭特別注意，繫結用的篾圈事先需經過檢查，乾枯的、有霉點的篾片絕對不許用上去。繫結後還要經過有經驗的老工人仔細檢查，而後使用。

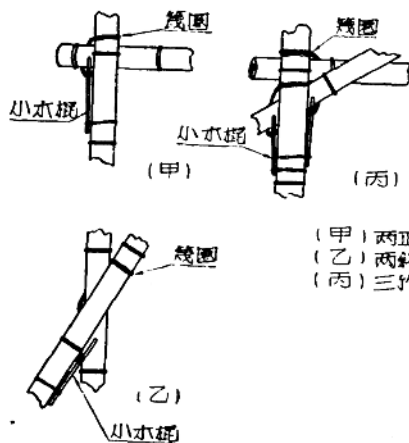


圖 2.9 竹脚手接頭

所用的接頭方法如圖 2.9 所示。

三、脚手發展方向

木脚手造價便宜，可以在工地隨時加工製造，因此到目前為止還是普遍採用的一種脚手。木脚手的缺點是所用木料多，採運加工麻煩，因此產生了工作上的繁重性與長期性，耗損的木料多，又因為臨時加工因陋就簡鬆動變形，出毛病的機會比較多。今後主要的脚手最好採用裝配式的金屬或鋼木混合脚手，這種脚手可作為固定資產，一個工程用過後再轉到其他工程上用。根據蘇聯經驗（見 E. Л. 赫列勃尼科夫的橋梁建築），採用這種脚手後木料耗用量減少 70~80% 勞動量減少 30%，並大大提高了安裝工作的速度。

次要的臨時脚手可以採用竹脚手。對竹材的性質與應力最好能做出一系列的試驗作為設計的參考。

如果繼續採用木脚手，最好將各種荷重情況，各種跨度所用的木料大小都事先算好，製成一本小的手冊供施工單位查對參考。

第二節 脚手設計

脚手架上工作人員操作時活動的場所，運輸材料的通道，因此，必須有足夠的強度來承受上面的荷重，以保證工作人員安全與運輸通暢。用來支撐混凝土

或鋼筋混凝土結構物的脚手，必需要有足夠的剛度來保證澆好後的結構物符合原設計的形狀。佛子嶺水庫工地的脚手並不是用來支撐結構物的，在剛度的要求上可以差一點，我們規定的允許垂度是 $\frac{1}{250}l$ 。

一、荷重情況

脚手的荷重是按以下的幾種情況來考慮的：

運輸設備及混凝土澆築設備的重量，其中混凝土重量是2,500公斤/公尺³。

人的荷載，以估計的可能的人數計，每人重以75公斤計。

脚手自重，木料重以600公斤/公尺³計。

風荷重以100公斤/公尺²計（超過600公分高的要考慮風荷重）。

佛子嶺水庫工地各種脚手具體的荷重情況如下：

木排架脚手（包括垛外脚手與拱前脚手）木排架脚手大多是用來推斗車的。工地上運輸繁忙，如果稍有阻礙就使斗車以3公尺的間距排滿，因而雙軌的考慮兩根軌上都以重載的斗車排滿，每輛斗車上有兩個人。高度超過6公尺的考慮風應力。

有少數推小車的木排架，一般是二條重車道，一條或二條空車道，不論重車還是空車，每輛小車都用一個人推。試算各種情況，找出最大彎矩，來計算所用的材料。

垛內脚手 垛內脚手澆混凝土時用來推小車，立模時堆放零星木料；紮鐵時放一部分鋼筋；零星木料重量不如堆放鋼筋大，計算時先以二根重車道二根輕車道的各種情況來考慮最大彎矩，再以可能堆放的鋼筋來驗算。垛內脚手因在垛內可不考慮風應力。

鋼模上脚手 鋼模上平台位置有限，上面所能容納的小車不超過15輛，總的荷重不超過3,000公斤，就考慮3,000公斤的均佈荷重來計算。

重力壩及窪塘脚手 重力壩及窪塘脚手上僅推小車，脚手上面積很大，小車及操作的職工密度不大，除自重外僅考慮200公斤/公尺²的荷重。

竹脚手 竹脚手都是用來推小車的，一般的是四條車道，二條重車道二條輕車道。在上節脚手規劃上曾提到毛竹脚手在今天要仔細計算是有困難的，這種荷重情況只作為驗算的參考。

二、材料應力

木料應力 脚手是臨時結構，對木材質量的要求比較低，而且實際在工地上大多是有什麼木料用什麼木料，沒有經過仔細選擇；脚手是搭架在露天的，乾濕不定；而且脚手的安危直接影響職工的安全與工作進度，所以安全係數不宜太小。

佛子嶺水庫工地試驗室沒有萬能試驗機，不能進行木材試驗，在計算時木材應力主要的依一九五二年四月上海市人民政府工務局技術叢刊第二輯登載的「國

產建築木材力學試驗初步總結報告」中所列舉的為根據。安全係數在 4.5 左右。

杉 木 應 力 表 (公斤/公分²) 表2.1

		抗彎強度	順木紋壓力	橫木紋壓力 (彈性限度)	順木紋剪力	彈 性 係 數
試驗最大應力		391	238	31.2	36.9	89,843
工務局建議應力		85	75	15	7.5	70,000
佛子嶺水	採用應力	90	75	20	9	70,000
軍 工 地	安全係數	4.4	3.2		4.1	

本 松 應 力 表 (公斤/公分²) 表2.2

		抗彎強度	順木紋壓力	橫木紋壓力 (彈性限度)	順木紋剪力	彈 性 係 數
試驗最大應力		380	212	40.6	46.7	95,115
工務局建議應力		80	70	15	8	70,000
佛子嶺水	採用應力	85	70	20	10	70,000
軍 工 地	安全係數	4.5	3.0		4.7	

竹材應力 竹材應力現在能够找到的只有偽全國經濟委員會在一九三四年經二十二次試驗的平均值。

竹 材 強 度 表 (公斤/公分²) 表2.3

極 限 抗 壓 強 度	388	極 限 抗 剪 強 度	31.7
極 限 抗 張 強 度	986	竹 皮 抗 張 強 度	1,760
極 限 彎 曲 強 度	915	彈 性 係 數	116,900

表中的數字沒有詳細的說明，而且竹結構主要的關鍵是在桿件的接頭。上表所列各數字僅為驗算的參考不能作為設計的依據。

三、計算過程

在決定了荷重情況與材料應力之後，腳手的計算過程是與普通木結構及金屬結構一樣的。現在舉出第二期工程中整體吊升的腳手為例，其他的從略。

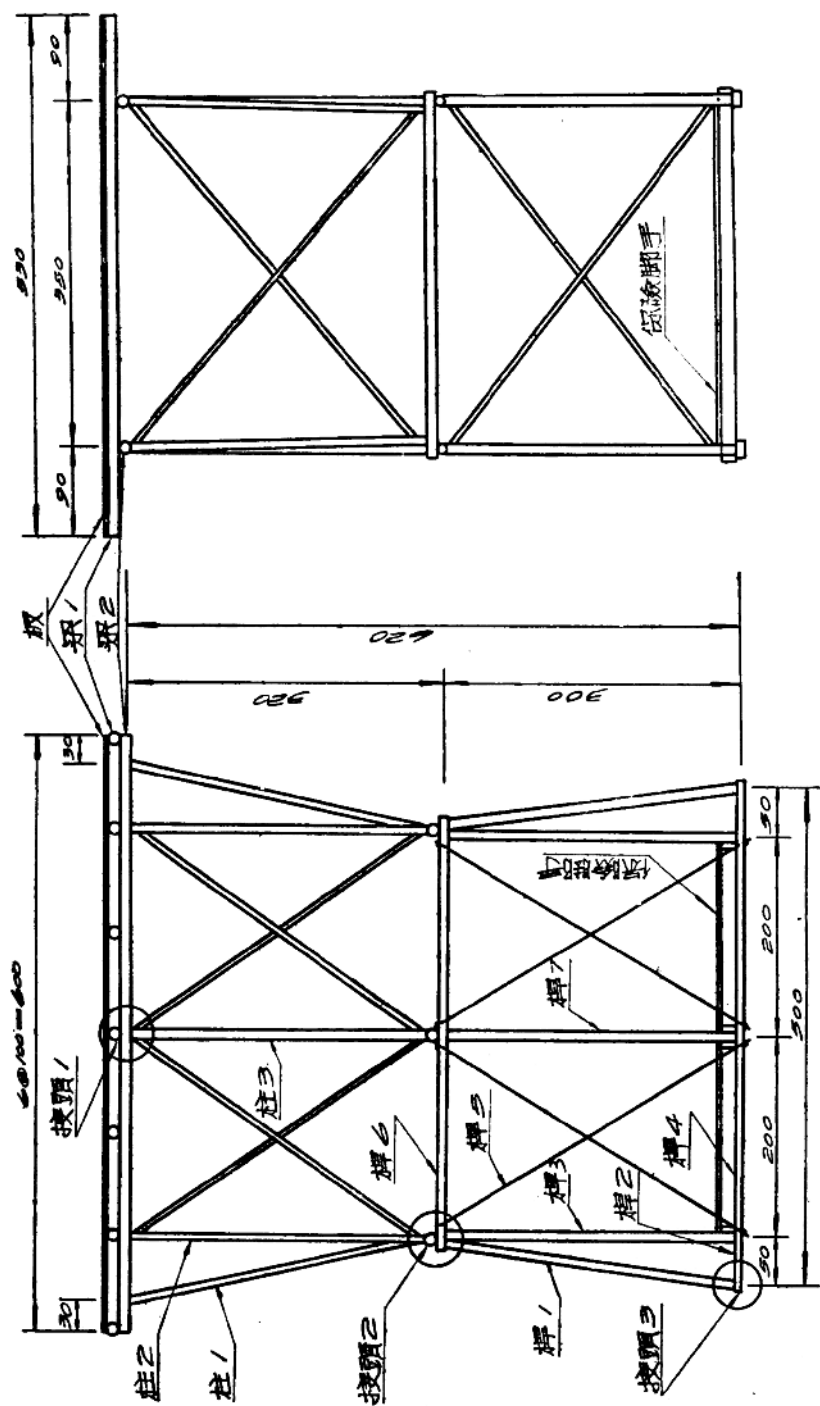


圖 2.10 整 體 吊 升 脚 手

板的計算

荷重 混 凝 土 (每小車)	55 公斤
人 重	75 公斤
車 皮 重	20 公斤
意外荷重	30 公斤
共 計	180 公斤

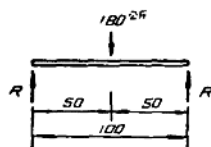


圖 2.11 板的荷重情況

板擱在圓木小梁上，跨距 1 公尺，每塊板寬按 20 公分計，一塊板上最多有一輛重車。

最大彎矩 $= \frac{1}{4} \times 180 \times 100 = 4,500$ 公斤/公分

$$w = \frac{4,500}{85} = 53 \text{ 公分}^3$$

$$t = \sqrt{\frac{53 \times 6}{20}} = 3.9 \text{ 公分} \quad \text{採用 } 4.0 \text{ 公分}$$

梁的計算 兩邊走重車、中間走兩條輕車時梁的彎矩最大。當車恰好走到梁上時梁的荷載最大。

1. 負彎矩 兩邊各走一道重車時：

$$\begin{aligned} \text{因車重 } m_1 &= 180 \times 90 \\ &= 16,200 \text{ 公斤/公分} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{因板重 } m_2 &= \frac{1}{2} \times q l^2 = \frac{1}{2} \times \frac{24}{100} \times 90^2 \\ &= 970 \text{ 公斤/公分 (板重按 600 公斤/公尺}^2 \text{ 計)} \end{aligned}$$

$$M = m_1 + m_2 = 16,200 + 970 = 17,200 \text{ 公斤/公尺}$$

2. 正彎矩 中間走兩道重車兩邊無重車時：

$$\text{因車重 } m_1 = 114 \times 75 = 8,550 \text{ 公斤/公尺}$$

$$\text{因板重 } m_2 = \frac{1}{8} \times \frac{24}{100} \times 350^2 - 970 = 3,670 - 970 = 2,500 \text{ 公斤/公尺}$$

$$M = m_1 + m_2 = 8,550 + 2,500 = 11,050 \text{ 公斤/公尺}$$

因負彎矩大於正彎矩

$$\therefore w = \frac{17,200}{85} = 203 \text{ 公分}^3 \quad d = \sqrt[3]{\frac{203}{0.098}} = 12.7 \text{ 公分}$$

採用 12.7 公分梢徑。

3. 放置鋼筋校核 梁上斜鋼筋以 19 公厘 Φ 、間距 33.4 公分為最多，在兩隔牆間最重時是 $89.4 \times 2,406 = 215$ 公斤（總長 $\times$ 每公尺重量），假定直鋼筋數量亦與斜鋼筋相同（215 公斤），則兩面梁牆共重 $215 \times 2 \times 2 = 860$ 公斤；靠上層面板處再加 50%，計重 $860 \times 1.5 = 1,290$ 公斤。

假定這許多鋼筋集中一邊堆放，堆放重心距梁端 20 公分，兩隔牆間有六條

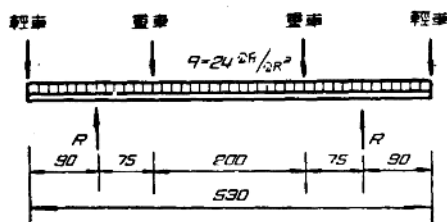


圖 2.12 梁的荷重情況