

磚石雙曲拱頂 設計及施工規程

張 有 恆 譯

龍 門 聯 合 書 局 出 版

磚石雙曲拱頂 設計及施工規程

蘇聯 重工業企業建設部 技術處	規程 И-133-50
-----------------------	----------------

張有恆譯

龍門聯合書局出版

發續手費郵取收行商關機件收列下向應

本件作為平件寄遞可不貼郵票信面所印收
件機關商行名稱地址如經塗改即不予收寄

上海(〇)九江路113號
大陸大樓704室

龍門聯合書局編輯部

寄 月 日

收

郵電部上海郵局許可證第853號

緒 論

工學碩士，阿·依·拉賓諾維奇建議利用當地建築材料（磚、水泥磚或其他人造石，以及略經加工之天然石，例如印蓋爾曼石、凝灰岩等）砌築雙曲拱頂，使可施用於若干種工業、民用、倉庫或其他方面房屋之建造。

根據中央工業建築科學研究院之實驗工作以及試做拱頂之經驗，無龍骨之雙曲拱頂較之有龍骨者在構造上優點頗多，且採用無龍骨拱頂可使拱之砌造簡化，節省人工。

由於重工業企業建設部技術處指示，今後推行採用，祇以無龍骨之雙曲拱頂為限。故現行規程（與 II-99-45 規程不同）僅包括無龍骨者，在大跨度與荷重時，其厚度可增至半磚。

本規程由中央工業建築科學研究院磚石結構試驗室編製，經重工業企業建設部技術處標準規範科校訂。

本規程經重工業企業建設部技術處於 1950 年 3 月 31 日批准。

本規程頒佈後，前頒《雙曲磚拱頂設計與施工暫行規程》（II-84-43）與《磚石薄壁拱頂及樓板設計與施工規程》（II-99-45）即行廢止。

目 錄

緒論

I. 應用範圍.....	1
II. 拱頂的構造.....	1
III. 適用材料.....	5
IV. 拱頂的設計.....	6
V. 拱頂的計算.....	18
VI. 拱頂的施工方法.....	27
VII. 工程—經濟的指標	36

I. 應用範圍

1. 薄壁雙曲拱頂，用磚或長方石塊所砌成，適用於若干種工業建築、公共建築、倉庫、農業建築以及其他等等建築物的屋面，其跨度由 4 至 24 公尺。

2. 雙曲拱頂的構造是屬於半耐燃類的。雙曲拱頂若是沒有金屬拉條，或其拉條已妥為保護，而不受高溫影響（用混凝土包沒）時，也可用來當做可燃性屋面中的防火地帶。

3. 裝有吊車設備的建築物，其吊車起重量不超過 10 公噸者，可以採用雙曲拱頂；又在建築物其空氣中含有高濕度，與室中排出有酸類蒸氣者等等，亦可採用之（見第 30, 31 與 32 節）。

4. 在雙曲拱頂中，許可預留窗洞，如天窗、通風筒、排氣道等等（見第 29 節）。

5. 在地震區域採用拱頂必須考慮，《地震區房屋及構築物設計技術規範》(TY-58-48) 中的要求。

在計算地震強度超過 7 級以上，或不論計算地震強度如何，凡在地震強度為 9 級的區域內，建築物不准採用雙曲拱頂。

關於在地震區域採用雙曲拱頂的詳細指示，見本規程第 33 與 34 節。

II. 拱頂的構造

6. 磚雙曲拱頂是由互相連接的薄壁小拱(波)所組成，其厚度為 $\frac{1}{4}$ 或 $\frac{1}{2}$ 磚，形成波狀表面，頗具剛性(圖 1)。

$\frac{1}{4}$ 磚厚的拱頂，磚是平鋪的，磚的長向，是順着拱的跨度方向的。

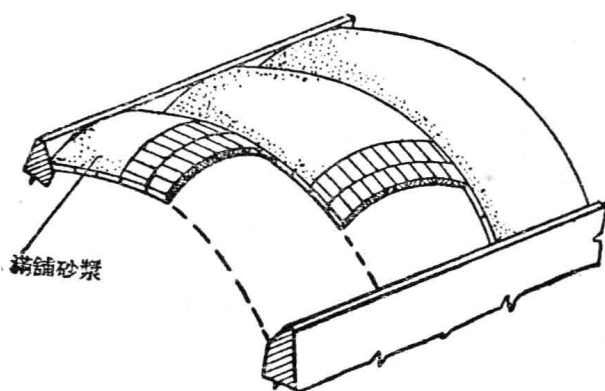
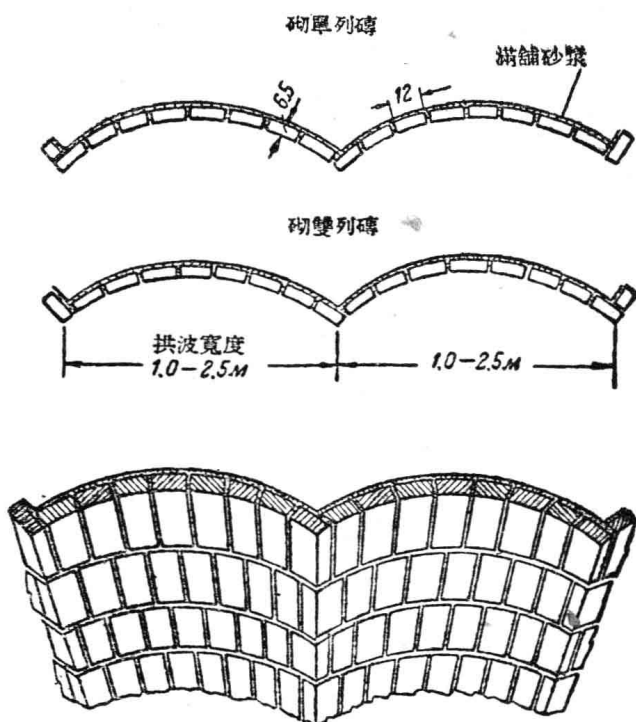


圖 1. 雙曲拱頂總圖

圖 2. $\frac{1}{4}$ 磚厚雙曲拱頂的砌接磚磚法

磚的啣接砌法，是每個鄰列互相錯開 $\frac{1}{4}$ 磚，這樣，拱波間互相啣接的接頭，就得到簡單的解決（圖 2）。

$\frac{1}{2}$ 磚厚的拱頂，磚是側向立砌的，磚的長向，是垂直於拱的跨度方向的（圖 3）。

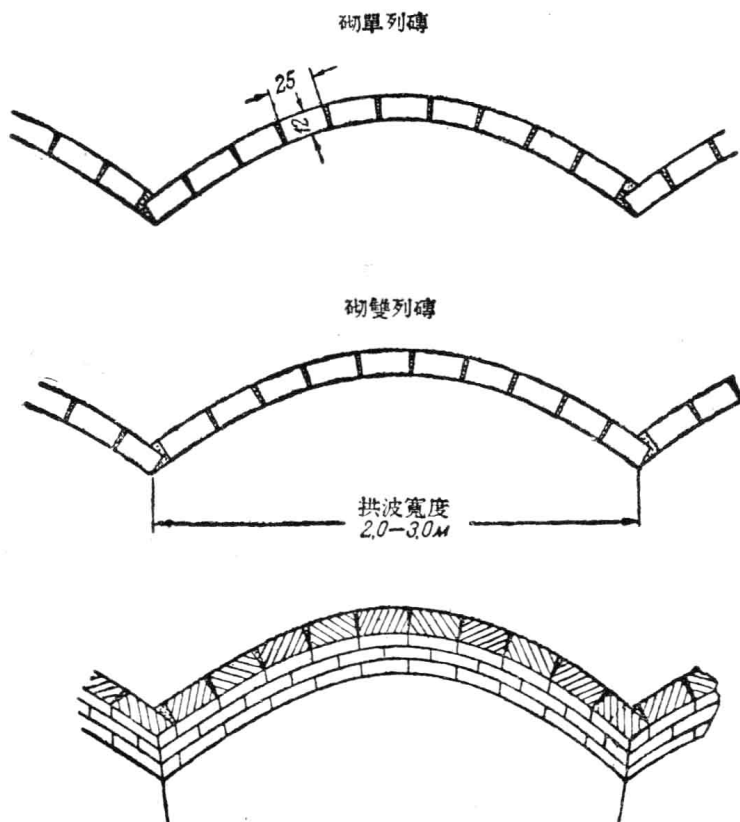


圖 3. $\frac{1}{2}$ 磚厚雙曲拱頂的啣接砌磚法

7. 採用 $\frac{1}{4}$ 磚厚的拱頂，其跨度極限，由荷重與拱高計算決定（見第 44 節）。

8. $\frac{1}{4}$ 磚厚的拱頂，在砌磚時，拱頂面上須滿鋪砂漿，這樣可使灰縫更好地填滿。

在砌較厚的磚或石拱頂時，灰縫須另外再用稀砂漿灌澆；這樣，拱頂面上即不需滿鋪砂漿。灰縫厚度，不得超過 10-12 公厘。

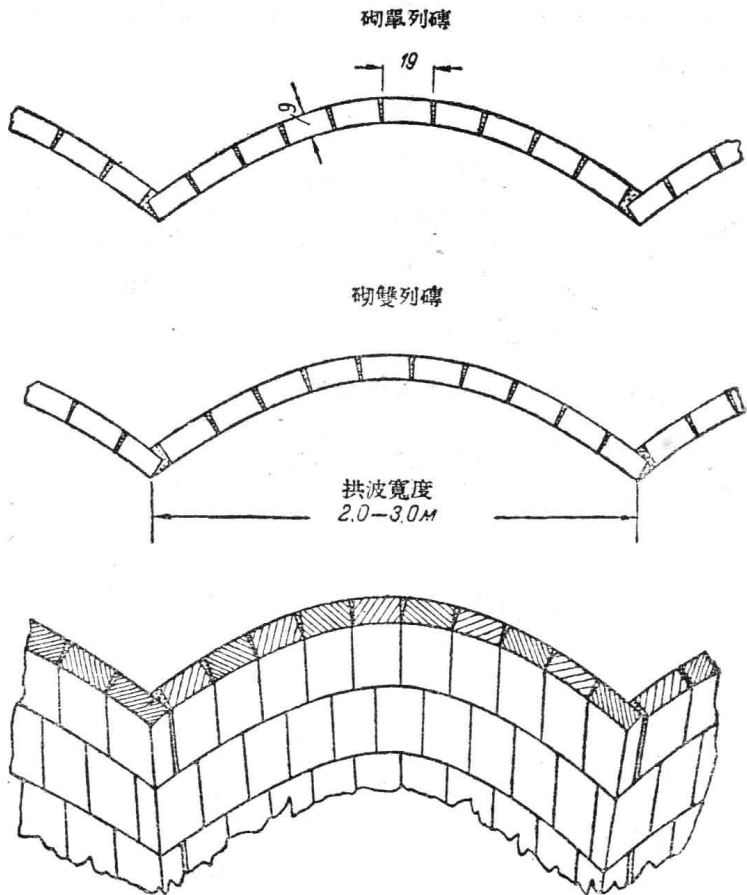


圖 4. 用標準尺寸(39×19×9 公分) 石塊所構成雙曲拱頂的啣接砌石法

9. 用石塊構成的雙曲拱頂，做法與 $\frac{1}{4}$ 磚厚的拱頂相類似。圖 4 示用 39×19×9 公分的石塊所砌的雙曲拱頂中，各鄰列石塊的啣接砌法（石塊尺寸係按 ГОСТ 4027-48 «普通水泥磚。尺寸»）。

10. 拱波的寬度，得在 3 公尺以內，按下列各種情形而有伸縮，即拱

的厚薄,跨度的長短,計算荷重的大小,和如何計劃其所蔽蓋的房屋等等。拱波之波高,得爲其寬度的 $\frac{1}{8}$ 至 $\frac{1}{6}$ 。增高拱波之波高,拱的橫截面的剛性,也隨之而俱增。

11. 拱高的尺寸限制,爲其跨度的 $\frac{1}{2}$ 至 $\frac{1}{4}$,按其用途及其所蔽蓋的房屋內部尺寸,承受拱推力的性能,建築觀點上的要求及其他等等條件而定。然拱高要以不小於其跨度的 $\frac{1}{6}$ 爲準則。

拱及其橫截面的輪廓,可按照本規程第 39 節的指示而定。

III. 適用材料

12. 砌拱頂可採用普通紅磚(實心的或空心的^①)、砂磚、實心水泥磚、多孔水泥磚或其他人造磚,也可用略經加工之長方天然石塊。

砌拱頂用的水泥磚,可採用重填料(卵石或碎石),與天然的或人造的輕填料(碎磚、輕石、燒土塊等等)來製成;用煤渣所製成的水泥磚,則不得應用。

用來砌造拱頂的磚石材料,關於耐凍能力方面的要求,與砌房屋外牆用的磚石材料一樣,須合乎《磚石及鋼筋磚石結構設計規範》(H-7-49)中所載的要求;即是能耐循環的凍與融的周期次數,不得少於 15。

拱頂須用整塊的磚或石砌;在場地上切去磚或石塊,祇許當每節拱波在拱鍵處砌攏時爲之。

砌拱頂用的磚、石和砂漿,其標號不得低於第一表中所載。

13. 砌拱頂必須用水泥砂漿,並須在漿中加放塑化添料(石灰、粘土等等)。

① 空心磚僅適用於砌 $\frac{1}{2}$ 磚厚的拱頂。

第一表 砌雙曲拱頂用的材料標號

拱 跨 度	磚	石塊	砌拱頂用的砂漿	
			$\frac{1}{4}$ 磚厚	$\frac{1}{2}$ 磚厚
12 公尺以內	50	50	50	—
18 „	75	50	50	25
24 „	100	75	50	25

註. 拱跨度在 12 公尺以內者,得採用當地標號不低於 25 的天然石。如此,則拱的厚度,不得小於 9 公分。

拱頂的基座(牆的上部),在與拱接頭處的水平下面 6—7 皮磚或石的界限以內,須用不得低於標號 50 的砂漿砌造。

IV. 拱頂的設計

14. 拱的推力,可用下列方法去承受:

- a) 金屬拉條;
- b) 扶壁,或與拱的跨度相連之廂房內的橫牆;
- b) 基礎,當拱頂是從地平面開始向上砌的。

承受推力的方法,可按建築物的用途、構造方式以及其他等等條件而得出。

雙曲拱頂的拱波,作用於拱所跨的方向,和具有曲線橫截面的拱一樣,對於垂直方向,並無推力。

15. 在圖 5—8 中,例示各種型式與用途的建築物,採用雙曲拱頂之略圖。

圖 5 示單、雙和三跨度的工場車間、機車庫、汽車間及其他等等建築物。在這種型式的建築物中,拱的推力,通常是用金屬拉條去承受的。

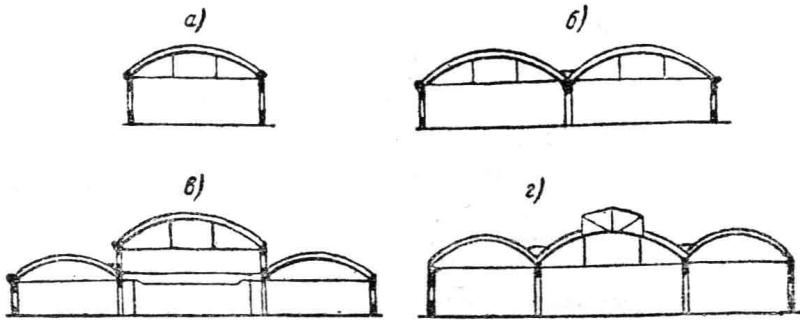


圖 5. 用雙曲拱頂做屋面的工業建築物略圖：a—單跨度；
b—雙跨度；c 及 d—三跨度

圖 6 示兩層(或多層)的工業或民用建築物,採用雙曲拱頂為屋面。

圖 7 示雙曲拱頂的幾種略圖,可能採用來做公共建築物大廳(電影院、俱樂部、火車站、展覽館等等)的屋面。在這等建築物中,採用明露的拉條,頗不相宜,所以在此等情形之下,拱的推力,可由大廳兩旁廂房(走廊、遊憩處等等)的橫牆承受。

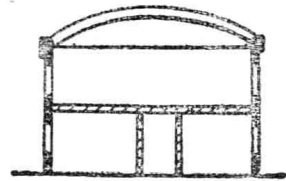


圖 6. 多層建築物(工業或民用)的屋面略圖

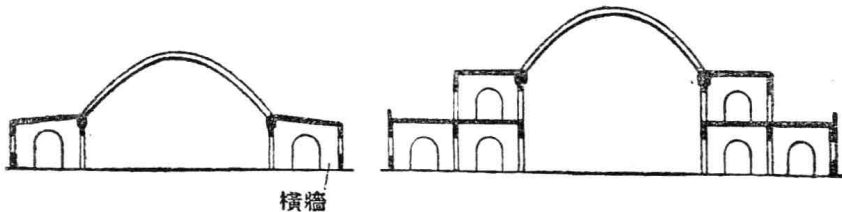


圖 7. 用雙曲拱頂做屋面的公共建築物(俱樂部、電影院、火車站等等)略圖

作為倉庫、蓄水池、貯菜窖等等,以及若干型製造場所的屋面,最宜將拱頂屋面,直接由地面建起(圖 8, a),這樣,拱的推力就傳達於基礎上。如此的決定,是非常經濟的,比較普通有牆型式者,所使用的材料,要節省很多。

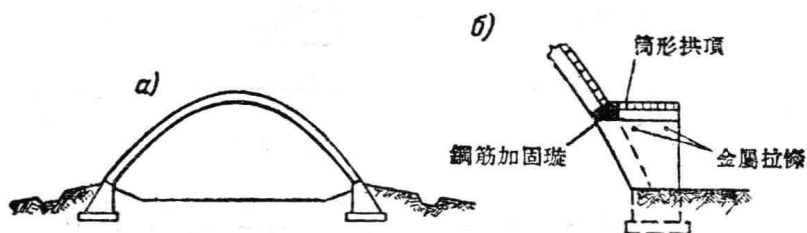


圖 8. a—建築物用撐在基礎上的雙曲拱頂做屋面略圖；b—在拱頂上砌做門洞的範例略圖

圖 9 示作為倉庫屋面的雙曲拱頂，直接撐在基礎上面者。

圖 10 示用拱頂做屋面的室內情形，該拱的推力，是用拉條承受的。

註 1. 前述用拉條或橫牆承受拱的推力中，尚未提及關於地基土質之特別要求。承受拱的推力，凡用扶壁或直接傳達於基礎上者，僅可起建於同質的土地上，並其土地之許可壓載力，不得小於每平方公分 1.5 公斤。

2. 在直接撐砌在基礎上的拱頂中，容許砌做門洞，其寬度限制，為拱波之一節。如此情形，則必須保證做到把拱波因開洞而減弱部份的力量，傳達到達連接於拱頂上並作為門框的直牆上面。在拱頂上砌做門洞的範例略圖，見圖 8, b。

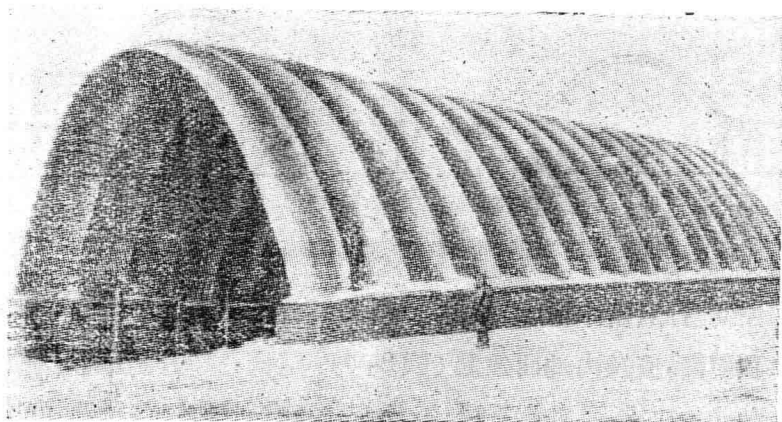


圖 9. 用雙曲拱頂做屋面的倉庫外觀

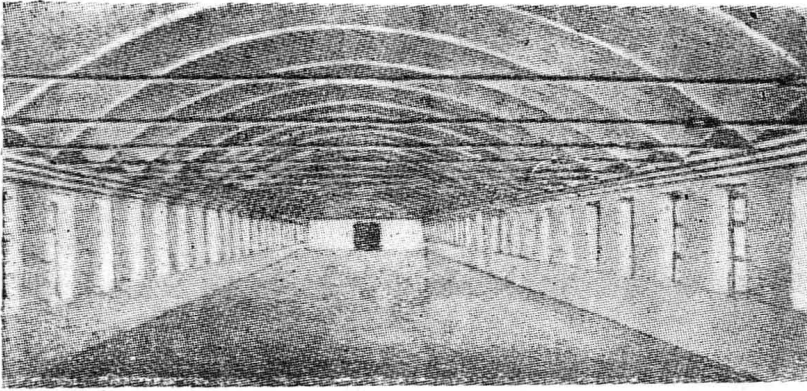


圖 10. 雙曲拱頂的內視，該拱的推力是用拉條承受的

16. 拱頂的基座，在支承節點處，形成一傾斜面，垂直於拱頂的軸線（圖 11）。

基座的斜面，乃用磚或石砌成踏步，而後在拱頂與其接頭之處，用砂漿塗抹而成。基座斜面之寬，須保證足供拱頂橫截面上所有各點，均能坐落於其上。

17. 有拉條的拱頂，其基座常常做成挑出的。挑出之基座的尺寸，需按下列情形來決定，即自通過拱的橫截面重心軸線和牆軸線之交點，至拉條軸線間的距離，須不超過第 48 節中所要求的尺寸。

圖 11, *a* 示挑出之磚基座的構造，拱的跨度為 15 公尺，拱高 $\frac{f}{l} = \frac{1}{5}$ ，牆厚為 38 與 51 公分。在所有其他較小跨度與相應地較小波高（見第二表）之拱頂中，挑出之基座的尺寸，也可按照計算而減小。

磚基座的挑出尺寸，最大不得超過 30 公分。

在拱的跨度超過 15 公尺時，挑出之基座，必須用鋼筋混凝土腰箍補助造成，腰箍地位，須放於拉條的平面上，混凝土的標號，須不得低於 110 號，並須紮用結構鋼條。圖 11, *b* 示鋼筋混凝土挑出基座的構造。鋼筋混凝土腰箍挑出於磚的挑出基座之邊緣，不得超過 20 公分。

當鋼筋混凝土腰箍必須挑出更多尺寸時，則牆身必須用壁柱加強，以支承腰箍的挑出部份。壁柱間排列的距離，不得稀於兩節拱波。壁柱的最小尺寸，不得小於 38×38 公分。

爲避免拱頂的基座在鋼筋混凝土腰箍的表面上走動，腰箍上必須做成寬 15—20 公分之長方截面的凸起部份。

註：凡拱高 $\frac{f}{l} < \frac{1}{5}$ 時，無論在何種情形之下，均必須做鋼筋混凝土腰箍，而與拱的跨度大小無關。

18. 金屬拉條通常用圓鋼條做成以直接放於兩相鄰拱波連接處下面爲準則（圖 11）。在拱波的寬度較小時（1.5 公尺以下），方允許每隔兩節拱波，安放一根拉條。

在砌牆的頂部時，預先留好截面 4×7 公分（按一皮磚的高度）的孔洞，拉條即由此孔中穿過；在有鋼筋混凝土腰箍時，預先在其中留好圓孔。圓孔直徑，須比拉條之較粗的末端一節鏈桿的直徑大出 5—10 公厘（見第 20 節）。鋼筋混凝土腰箍中之留孔，可在搗澆混凝土前，安放一段鋸下的管子在模板內。

拉條用兩重至少 12 公厘厚的鋼墊板墊於水泥砂漿上面，以螺絲帽及鎖螺帽由牆之外面栓住。

註 1. 拉條的鋼條，在缺乏適合需要的直徑尺寸時，許用兩根拉條，放在與兩相鄰拱波連接處稜線之相對稱地位。

2. 拱頂的拉條，也可用型鋼——角鋼、槽鋼或工字鋼——做成。

19. 圓鋼拉條，係由幾節鏈桿組成，其長度視拱的跨度，和存有的現成鋼條材料而決定。由圓鋼條做成的各節鏈桿，用鉸鏈鉚牢，而互相連接。用鉸鏈接頭，可使拉條的運輸與裝置方便。照這樣做法，拉條中不得有超過五個以上的鉸鏈接頭。

拉條的栓緊，可由牆外面將螺絲帽旋緊。

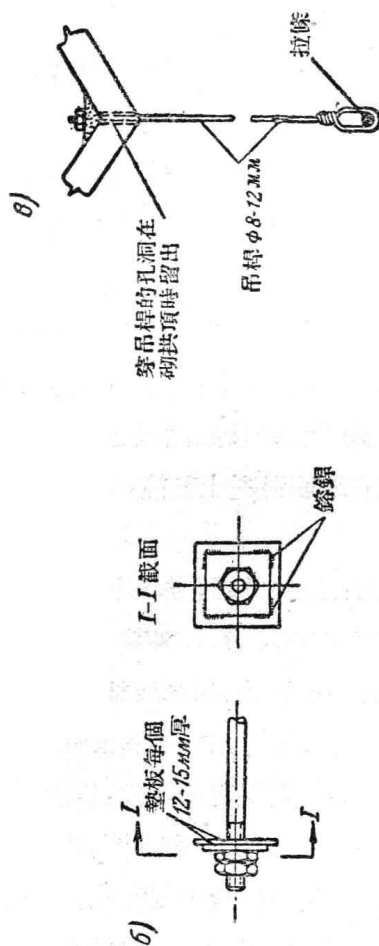
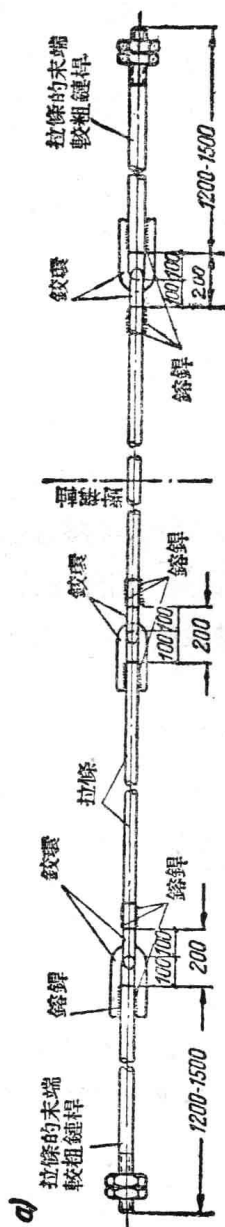


圖 12. 拱頂金屬拉條的構造: *a*—拉條; *б*—栓緊拉條用的墊板及螺絲帽; *в*—吊桿

20. 爲節省材料起見，茲介紹將拉條兩末端的兩段鏈桿（長 1.2—1.5 公尺），採用較粗的鋼條，其較粗尺寸的計算，可按拉條因刻螺絲而減弱的橫截面面積，不小於拉條其餘各段的截面面積。圖 12 爲用圓鋼條做成的拉條之構造。

21. 在拱的跨度大於 15 公尺時，拉條用兩根直徑 8—12 公厘之圓鋼條做的吊桿托住，分置於跨度的三分之一處。當拉條用混凝土包沒，或其他方法，以防高熱的影響時，拉條本身的重量，因而增大很多，在這樣情形之下，吊桿數量，也當隨之而俱增；並且照此情形，於拱的跨度在 15 公尺以內時，也要配置吊桿。

圖 12 中，有吊桿之構造的範例，和其繫牢於拱頂上的方法。

22. 在很多情況下，承受拱推力的構件（拉條、扶壁或橫牆），可不需在每一相鄰拱波連接處設置之（每隔二或三節拱波）。因此，在承重牆上部，須做鋼筋混凝土腰箍，以承受在拉條、橫牆或扶壁之間地方的拱推力。

23. 在有拉條時，外牆與中間各支點（在多跨度的建築物中），僅承受拱的垂直方向反力。外牆是用磚或石塊砌成，與具有其他型式之屋面的外牆，一樣構造；用框架結構的牆（磚砌的框架與幕牆）亦可。拱頂的中間各支點，可用實心牆或柱。沿着柱的縱列方向，須砌成磚或石的拱廊，或做鋼筋混凝土大樑，以承受柱與柱間各處拱的垂直反力。建造拱廊，各璇間的推力，在中間各柱上，互相抵消，在拱廊的末端跨度內，可用磚石砌的牆或金屬拉條去承受（圖 13）。拱廊的末端跨度內用拉條者，實際上已組成一有彎曲圈條板之堅固框架，來承受鄰璇單面的推力。

24. 用雙曲拱頂做屋面的建築物，其伸縮縫（溫度與凝縮），須依照《磚石及鋼筋磚石結構設計規範》（H-7-49）中所載的要求而做成。拱