

装配式楔形桿鉸接框架

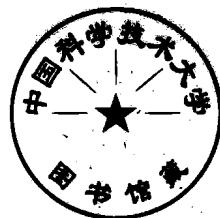


蔡 方 蔭

科 学 出 版 社

装配式楔形焊铰接框架

蔡方蔭 著



科学出版社

1961

內 容 簡 介

刚接框架采用加腋梁能节约材料已为众所公认。若框架采用預制的楔形杆,并于柱底及梁的中点或其附近采用鉸接拼装,成为一种装配式楔形杆鉸接框架,則这种框架不但具有采用加腋梁刚接框架能节约材料的优点,而且鉸接拼装比焊接拼装还能节约鋼材,保证质量,加速施工,又成为一种經济合理而便于快速施工的装配式结构。

本书除阐述这种框架的优点外,主要在改进这种框架含有楔形鉸接直梁及楔形鉸接人字梁时的两种分析方法,使之便于实际工程中的应用。

本书可供高等院校工业与民用结构专业的师生及設計工程师参考之用。

装配式楔形桿鉸接框架

蔡 方 蔭 著

科学出版社出版 (北京朝阳門大街 117 号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总經售

1961 年 2 月 第 一 版

1961 年 2 月 第一次印刷

(京) 0001—5,500

书号: 2317 字数: 166,000

开本: 850×1168 1/32

印张: 6 3/8 插頁: 3

定价: 0.94 元

序

近二、三十年来,虽然空間板壳結構有很大的发展与广泛的应用,但框架結構在工业与民用建筑中仍有其适当的应用范围而不能完全为空間板壳結構所代替。在刚架結構中,采用变截面梁柱(最普通的是采用加腋梁)比較采用等截面梁柱能相当地节约材料,早已为絕大多数工程师所公認。

采用装配式結構不但是发展建筑工业化的主要措施而且便于快速施工,符合加速社会主义建設的要求。装配式鋼筋混凝土結構在我国正在发展与推广中,但其中构件的接头絕大多数是采用預鑲鋼件而后焊接进行拼装。这种焊接拼装的方式显然有不少缺点(例如耗費鋼料頗多,現場焊接不易保証質量及拼装不够快速等)而亟待改进。

如鋼筋混凝土或鋼木的梁柱采用一端大另一端小的楔形杆,預制时将梁柱的大端制成刚接,于柱底及梁的中点或其附近的小端采用鉸接进行拼装,成为一种装配式“楔形杆鉸接框架”(簡称“楔形鉸架”)。这种框架既如变截面刚架能节约材料,构件接头又能节约鋼材,保証質量,加速拼装,最为經濟合理。

鋼筋混凝土(包括預应力)以及鋼木材料的这种装配式楔形鉸架,在国外早已被采用为房屋与桥梁的框架結構,得到比其它框架为优越的用料經濟与施工快速的效果。

这种装配式楔形鉸架在各种建筑中的适当应用值得加以研究、試用,并在适当的情况下推广。本书是将这种装配式楔形鉸架的优点加以闡述,但主要在将国外現有关于这种楔形直梁鉸架与楔形人字梁鉸架的分析法加以相当的改进,以便应用。关于这种装配式楔形鉸架可以研究的方面頗多,本书仅就几个方面进行了研究,作为一个开端。

本书第五章的6个楔形杆常数表的整理与第七章楔形铰接人字梁的各项常数的导算曾由本院张维嶽同志给予协助。全书附图的描繪均由本院张维嶽与謝灼华二同志担任。全书初稿承魏建同志代为校閱，提出不少修改意見。著者在此謹向以上諸同志表示謝忱。

全书公式及計算頗多，虽經几次校閱，恐仍难免訛誤。讀者如發現任何訛誤，希望随时見教。

蔡方蔭

1959年11月18日于北京建筑工程部建筑科学研究院

目 录

序.....	i
第一章 緒論.....	1
第二章 楔形杆的各种形式及其特性.....	6
第三章 楔形杆的最大挠应力.....	12
第四章 楔形杆鉸接框架与刚接框架的經濟比較.....	24
第五章 用力矩的普通分配法分析楔形直梁鉸架.....	37
第六章 用三种一次分配法分析楔形直梁鉸架.....	74
第七章 楔形鉸接人字梁的各项常数.....	89
第八章 用力矩分配与側移修正法分析楔形人字鉸架.....	107
第九章 用最少功法分析楔形人字鉸架.....	133
第十章 多层装配式楔形鉸架的側向劲度.....	172
附录一 第四章表 4-1 至表 4-3 三种框架的杆端力矩計算.....	185
附录二 无剪力分配法中变截面杆的各项常数及角变传播法.....	194

第一章 緒 論

在建築工程中,要達到多、快、好、省的目的,必須節約材料、加速施工、提高勞動生產率、走建築工業化的道路。

鋼筋混凝土(包括預應力)框架為工業與民用建築結構形式之一,在某些適當的情況下,仍不失為一種經濟合理的結構形式。為了走工業化的道路,這種框架結構在國內外都在向裝配式發展。

在裝配式的鋼筋混凝土結構中,構件的現場拼裝接頭,現在多半採用另鑲鋼件焊接的方式。這種拼裝接頭方式顯然有三項缺點,即耗費鋼材頗多,現場焊接不易保證質量,及拼裝不夠快速。因此,裝配式鋼筋混凝土結構中構件現場拼裝接頭方式極須加以改進。

鉸接早已被認為是構件接頭的理想方式,不但現場拼裝簡單迅速,而且所傳遞的力亦較其他接頭方式簡單明確。鋼結構起初大多數採用鉸接接頭,嗣以鉚接及焊接比較鉸接接頭更為方便,而且鉚接對於按鉸接計算的應力影響不大,所以在鋼結構中,除必要處(例如二鉸拱及三鉸拱的鉸接)外,一律不採用鉸接。

裝配式鋼筋混凝土結構的情況與鋼結構的情況顯然不同,構件接頭既不能採用鉚接,焊接又有上述的三項缺點,剩下只有採用鉸接與焊接鋼筋的現澆接頭(成為裝配整體式結構)的兩種方式,後者的施工顯然不及前者的簡便迅速。因此,裝配式鋼筋混凝土框架結構採用鉸接拼裝值得加以研究並考慮其採用。梁的鉸接常置梁跨的中點或其附近,柱的鉸接置于柱底或其高度中點的附近。

在剛接框架中,採用兩端或一端加腋的變截面梁柱比採用等截面梁柱能節約材料和降低造價。如果梁跨的中點或其附近及柱底或其柱高中點附近採用鉸接接頭,梁柱所受的彎矩由鉸接接頭處的零值而逐漸增大,則採用鉸接端截面小,另一端截面大的楔形

杆,使梁柱中抗弯应力的改变能与梁柱截面的改变,比在采用加腋梁的刚接框架中得到更密切的配合。所以,如图 1-1 所示,装配式楔形杆铰接框架(以下简称“楔形铰架”)既能节约材料,降低造价,又便于快速拼装,成为各种经济合理的框架结构。

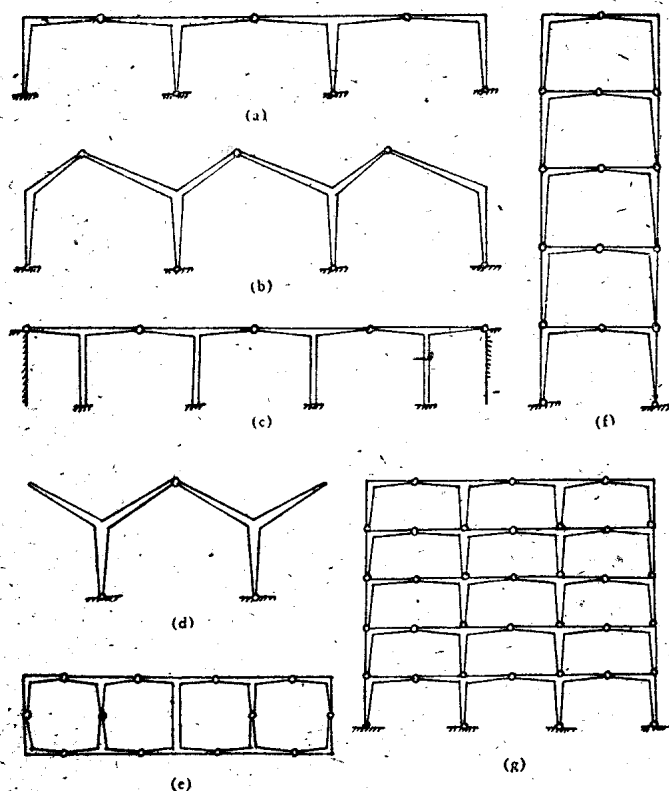


图 1-1

此外铰接框架的超静定度远较刚接框架为少。例如跨数为 n 的单层全部刚接框架的超静定度为 $3n$, 而跨数为 n 的单层铰接框架(图 1-1(a)与(b))的超静定度只为 $n-1$, 二者相差为 $2n+1$ 。故后者的分析较前者为简易。

分析上述有加腋梁柱的变截面刚架时,一般需计算每一变截面梁柱的五个常数。但分析楔形铰架时,只需计算每一楔形杆的

两个常数。遇到一般常数表所未包括的荷载情况时，其常数且较易用公式计算。

当然，铰架的侧向刚度比刚架的稍差，但所有框架结构，不一定都必需象刚架那样大的侧向刚度。除了抵抗风力和地震力外，框架全部采用刚接，多半是为了适应现浇整体式钢筋混凝土框架的实际情况，而一般不是为了适应侧向刚度的要求。

此项楔形铰架除采用钢筋混凝土(包括予应力)外，亦可采用木料(胶合木)、钢材及其他新型建筑材料，例如玻璃丝混凝土，玻璃丝灰砂(即硅酸盐)等。

在钢筋混凝土结构中采用铰接并非一件新事。众所周知的麦氏(A. Mesnager)铰(图 1-2(a))和康氏(Considère)铰(图 1-2(b))都是现浇式。装配式结构采用上两种铰接拼装就不够快，而且其两铰也不是可以完全自由转动的。

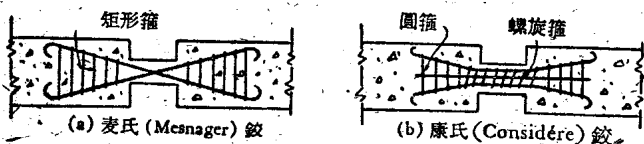


图 1-2

为了便于快速拼装而且节约钢材，本书建议于梁跨中点采用图 1-3(a) 可以自由转动的铰接。即用钢环焊于 U 形钢筋成为一个单元，用若干这种单元平行排列，U 形钢筋上焊接若干钢箍以固定各单元间的距离，成为铰的一边。将两边铰的钢环交错相合，用一钢螺栓穿过，即完成铰接的拼装，至为简易。钢环和螺栓的大小，钢筋的粗细及铰接每边所需的单元数目，均应按铰接所受之力由计算决定。于柱底与下层柱顶或基础的铰接，可采用图 1-3(b) 的方式。即于柱底伸出若干钢筋梢，于下层柱顶或基础上预留一矩形孔，拼装时先用水泥砂浆将预留孔灌满，再将柱底的钢筋梢插入，即完成铰接的拼装。钢筋梢的粗细及根数，应由铰接所受之剪力与拉力计算之。

钢筋混凝土构件的铰接拼装方式很多，图 1-3 所示的两种方

式,只是本书的建議。其是否达到節約鋼材,便于快速拼装并且能保証質量的目的,尚希研究、設計及施工單位加以研究及試用。

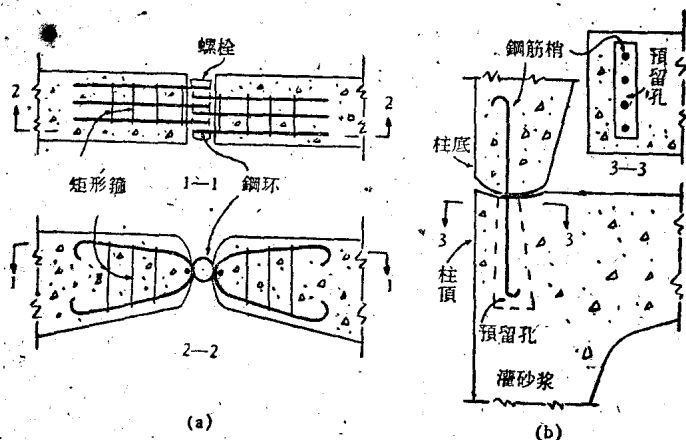


图 1-3

鋼木构件的鉸接拼装比較簡單,本书恕不举例。

本书第四章中将簡單而尺碼相同的等截面剛架、楔形剛架及楔形鉸架在几种簡單的荷載情况下的杆端力矩算出,并大致比較了它們的最大撓应力及所需的材料。由此指出:楔形剛架和楔形鉸架比較等截面剛架所節約的材料是約略相等的,但楔形鉸架比較楔形剛架仍具有下列几个优点:

(一) 楔形鉸架的超靜定度远較同样的剛架为少,故应力分析亦远較剛架为簡易,多层多間的連續架尤其是这样。設計超靜定的框架时,重复計算为必需的工作,上述楔形鉸架的計算便利,不但增加設計的速度,而且可提高設計的质量。

(二) 因楔形鉸架的超靜定度远較剛架为少,其中应力分布受基础及框架本身变形的影响亦較剛架为少。所以計算的应力比較能与其真实情况相符。

(三) 于楔形鉸架中,楔形杆中应力的 size 更能与其截面的大小相配合。

(四) 楔形鉸架可一律采用装配式。在現場拼装中,鉸接比剛

接为簡易,既可快速拼装,并可保証质量。

在第二次世界大战期間,美国海軍部¹⁾曾发展了这种楔形鉸架,借以节约当时很缺乏的建筑材料。

德国窩尔母斯(Worms)城附近萊茵河上的桥²⁾及柯柏能斯(Coblence)城附近摩色尔河上的桥^{2),3)}也采用了这种鉸架,不过这两个桥墩(即鉸架的柱)的底端是刚接于桥基如图 1-1(c),而不是用鉸接的。这是因为在水中鉸接的作用要受到种种的阻碍。当桥基不在水中,如公路及鉄路的跨綫桥、桥墩或柱的底端仍可鉸接于桥基。如图 1-1(a)。

这种楔形鉸架可用于工业、民用及交通运输中的各种建筑,例如如图 1-1(a)与(b)的工业厂房、图 1-1(d)的車站棚、图 1-1(e)的連框桁架(即空腹桁架)、图 1-1(f)的房屋、栈桥和其他建筑物的塔架、图 1-1(g)的多层多間框架等。图 1-1(d)、(e)及(f)都是靜定的結構。图(f)柱底的鉸接亦可放在柱的中点,与图(e)的上下弦杆相同。

1) Amirikian, Arsham: 1951, Wedge-Beam Framing, Trans. ASCE, Vol. 117, pp. 596—652.

2) Courbon, J: 1957, Calculation of Bridge with Overhung Girders Connected by Joints (in French) Publication of International Association for Bridge and Structural Engineering, vol. 17, pp. 9—22.

3) Finsterwalter, Ulrich u. Knittel, Georg: 1954, Die Neue Moselbrücke in Koblenz, Der Bauingenieur, 29. Jahrgang, Heft 7, Juli, S. 278—294.

第二章 楔形杆的各种形式及其特性

楔形杆的主要形式有三种,即图 2-1(a)所示宽度 f 不变,只深度 d 改变,图 2-1(b)所示深度 d 不变,只宽度 f 改变,及图 2-1(c)所示宽度 f 与深度 d 都改变。楔形一般采用直线式,可以一边有坡度如图 2-1(d) 的单坡式或亦可两边都有坡度如图 2-1(e) 的双坡式。图 2-1(f) 与 (g) 的曲线式楔形,既无任何优点而制造反较直线式的为麻烦,当然无实用价值。

楔形杆的截面可采用图 2-2(a) 的矩形,图 2-2(b) 的箱形,图 2-2(c) 至 (e) 的工字形及图 2-2(f) 与 (g) 的缀合形。图 2-2(a) 至 (c) 主要适用于混凝土及灰砂制成的杆。图 2-2(d) 是用钢板焊成。图 2-2(e) 是用工字钢梁破开而后焊成(见图 2-4(a) 与 (b))。图 2-2(f) 与 (g) 是用钢材的上下弦用缀条如图 2-2(h) 所铆成或焊成。

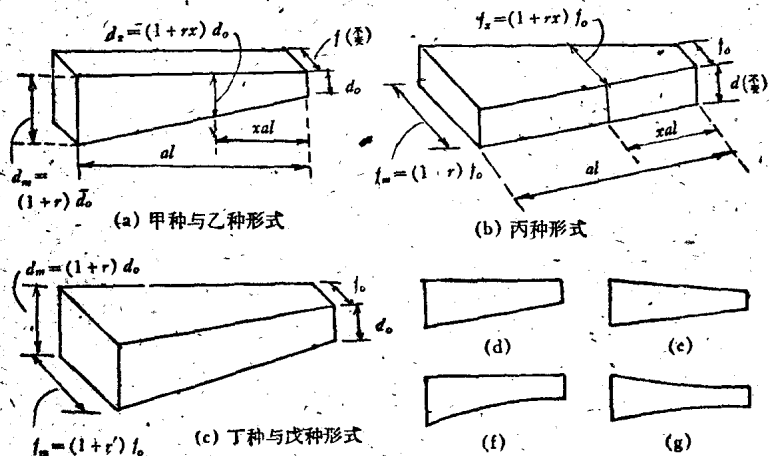


图 2-1

将图 2-1 的三种楔形的形式与图 2-2 的各种截面的形式相配合,可得五种主要的楔形杆如下:

甲种 图 2-1(a)的楔形采用矩形截面,或箱形与工字截面而不将腹板的影响略去。

乙种 图 2-1(a)的楔形采用工字形截面或綴合截面。計算时将腹板或綴条的影响略去,工字截面与綴合截面的截面模量及慣矩是相同的。

丙种 图 2-1(b)的楔形采用矩形截面,或箱形与工字形截面而不将腹板的影响略去。

丁种 图 2-1(c)的楔形采用矩形截面,或箱形与工字形截面而不将腹板的影响略去。

戊种 图 2-1(c)的楔形采用工字截面或綴合截面,計算时将腹板或綴条的影响略去。

楔形杆的特性之一为其截面模量 Z 。在宽度 f 与深度 d 都改变的丁与戊两种杆中, Z 值沿杆长的改变率太快,与其所承受挠矩的改变并不配合,且制造亦不简单,故无优点。

楔形杆的拼成可采用图 2-3 所示的各种方式:于图 2-2(e)的工字截面,可将工字鋼按图 2-3(a)的斜綫切开再按图 2-3(b)用焊接拼成。由图 2-3(b)得

$$\text{最小端 } d_0 \simeq 2qd \quad (2-1)$$

$$\text{最大端 } d_m \simeq 2(1-q)d \quad (2-2)$$

如图 2-1(a)所示,

$$d_m = (1+r)d_0 \quad (2-3)$$

由是可得 q 与 r 的关系如下:

$$r = \frac{1}{q} - 2 \quad (2-4)$$

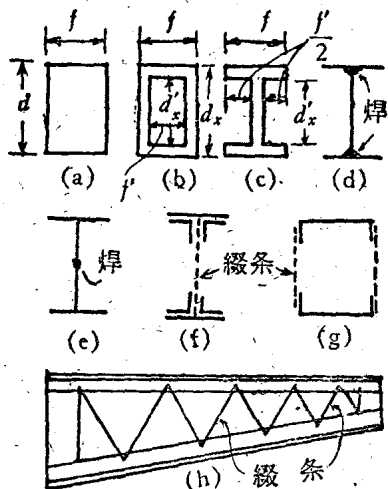


图 2-2

及

$$q = \frac{1}{2+r} \quad (2-5)$$

于矩形截面,双坡的楔形可如图 2-3(c) 所示, 将等截面杆 1-2-3-4 照 4-5 斜綫切开而后拼成; 单坡的楔形杆可如图 2-3(d) 所示, 将等截面杆 1-2-3-4 照 5-6 斜綫切开而后拼成。在这两种的拼合方式中, q 与 r 的关系是相同的。如图 2-3 (c) 与 (d) 所示,

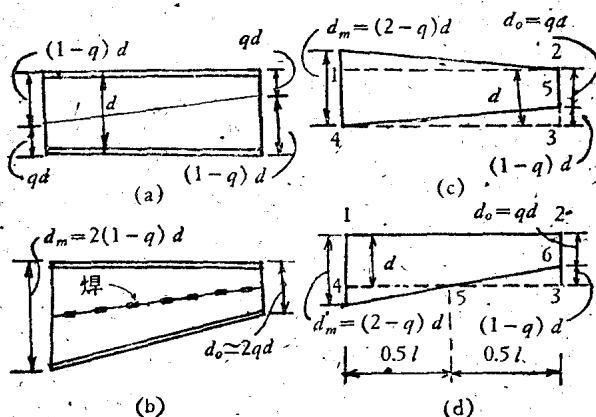


图 2-3

$$d_0 = qd \quad (2-6)$$

$$d_m = (2-q)d \quad (2-7)$$

采用式(2-3)之值,可得 q 与 r 的关系如下:

$$r = \frac{2}{q} - 2 \quad (2-8)$$

及

$$q = \frac{2}{2+r} \quad (2-9)$$

計算楔形杆的变位及挠应力时, 必須分別知道它任一截面 x 的截面慣矩 I_x 及截面模量 Z_x 。茲就上述甲、乙及丙三种楔形杆求

得其任一截面 x 的 I_x 与 Z_x 值如下:

(一) 甲种楔形杆 若截面为矩形则

$$I_x = \frac{f d_x^3}{12} = \frac{f d_0^3 (1 + r x)^3}{12} \quad (2-10)$$

任一截面 x 最外纤维与中和轴的距离 c_x 值为

$$c_x = \frac{d_x}{2} = \frac{d_0 (1 + r x)}{2} \quad (2-11)$$

由是得 Z_x 之值为

$$Z_x = \frac{I_x}{c_x} = \frac{f d_0^3 (1 + r x)^2}{6} \quad (2-12)$$

若截面为箱形或工字形而不略去其腹板的影响, 则

$$I_x = \frac{f d_x^3 - f' (d'_x)^3}{12} = \frac{[f d_0^3 - f' (d'_0)^3] (1 + r x)^3}{12} \quad (2-13)$$

c_x 之值与式(2-11)的相同。 Z_x 之值可用式(2-11)除式(2-13)求得。

(二) 乙种楔形杆 令 A 为工字形或缀合截面每一个上下翼缘的截面面积, 略去腹板或缀条的影响, 则

$$I_x = 2A \left(\frac{d_x}{2} \right)^2 = \frac{1}{2} A d_0^2 (1 + r x)^2 \quad (2-14)$$

c_x 之值与式(2-11)相同, 故

$$Z_x = A d_0 (1 + r x) \quad (2-15)$$

(三) 丙种楔形杆 截面为矩形, 故

$$I_x = \frac{f_x d^3}{12} = \frac{d^3 f_0 (1 + r x)}{12} \quad (2-16)$$

$$c_x = \frac{d}{2} \quad (2-17)$$

由是得

$$Z_x = \frac{d^2 f_0 (1 + r x)}{6} \quad (2-18)$$

若截面为箱形或工字形而不略去其腹板的影响, 则

$$I_x = \frac{d^3 f_x - (d')^3 f'_x}{12} = \frac{[d^3 f_0 - (d')^3 f'_0] (1 + r x)}{12} \quad (2-19)$$

c_x 之值与式(2-17)相同, Z_x 值可用式(2-17)除式(2-19)求得。

式(2-15)与式(2-18)中 Z_x 值都是依直线式改变, 故可合写成一式如下:

$$Z_x = G(1 + rx) \quad (2-20)$$

其中 G 之值于式(2-15)为 Ad_0 , 于式(2-18)为 $d^2 f_0 / 6$ 。

由是可知, 于甲、乙及丙三种楔形杆中, 甲种的 Z_x 值的改变是二次抛物线式, 乙与丙二种 Z_x 值的改变都是直线式。前者可以 $(1 + rx)^2$ 代表 Z_x 的改变, 后者则以 $(1 + rx)$ 代表 Z_x 的改变。

丁种楔形杆 Z_x 值的改变则是三次抛物线式, 但戊种楔形杆 Z_x 值的改变则与甲种相似, 亦为二次抛物线式。因丁与戊二种楔形并无优点, 且制造不便故略去不论。

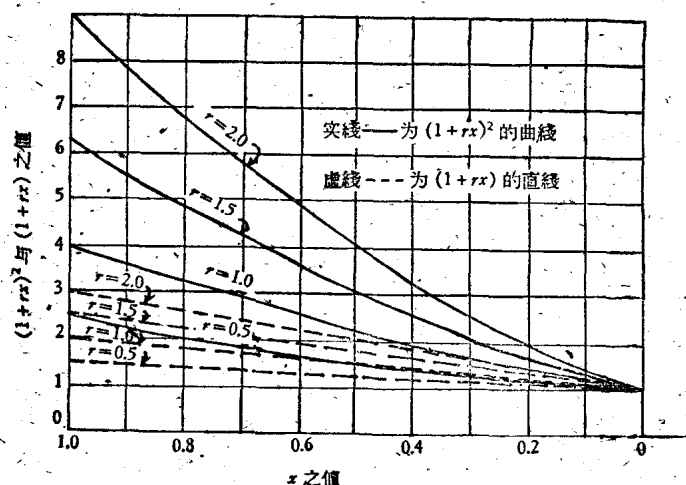


图 2-4

图 2-4 所示 $(1 + rx)^2$ 及 $(1 + rx)$ 与 x 值的改变, 分别代表甲种及乙与丙种楔形杆 Z_x 值与 x 值的改变。 r 之值为 0.5、1.0、1.5 及 2.0。由此, 图 $(1 + rx)^2$ 值与 x 值的改变率远较 $(1 + rx)$ 的为太, 而且 r 值愈大, 改变率亦愈大。第三章中当就楔形杆件的 Z_x 与其所受扭矩 M_x 的关系加以论述。

将两根楔形杆的小端用铰接合, 即成为一种所谓“楔形铰接

梁”。此种楔形铰接梁可为直线、人字、曲线、门字及凸字等形式，分别成为图2-5中(a)的“楔形铰接直梁”，(b)的“楔形铰接人字梁”，(c)的“楔形铰接曲梁”，(d)的“楔形铰接门字梁”及(e)的“楔

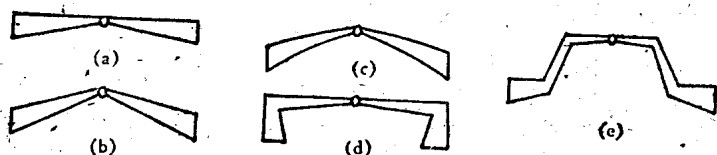


图 2-5

形铰接凸字梁”等。采用以上各种楔形铰接梁的框架则分别成为“楔形直梁铰架”(见图1-1(a)与(c))，“楔形人字铰架”(见图1-1(b)与(d))。楔形直梁铰架的分析见第五与第六两章，楔形人字铰架的分析见第七、第八与第九三章。楔形的曲梁、门字及凸字等铰架的分析与楔形人字铰架相似，本书只略为提及，不作详细的叙述。