

中央人民政府高等教育部推薦
高等學校教材試用本

桿件系統結構力學

下 冊

И. М. РАБИНОВИЧ 著
同濟大學結構力學教研室譯



龍 門 聯 合 書 局

中央人民政府高等教育部推薦
高等學校教材試用本



桿件系統結構力學

下冊

И. М. 拉皮諾維契著

同濟大學結構力學教研室譯

龍門聯合書局

本書係根據蘇聯拉皮諾維契教授所著“桿件系統結構力學”一書後半部譯出，原書經蘇聯高等教育部審定為土建專業教科書，前半部共十一章，論述靜力結構力學，業已譯竣出版。後半部共十四章，主要論述普通的超靜定結構力學，最後四章分別論述桿件系統極限荷重的計算、結構穩定的計算、結構動力計算的原理以及擋土牆計算的原理。

本書由同濟大學結構力學教研室同人王達時、王龍甫、朱寶華、吳之翰、俞徵、金成棧、張家麟、陳偉宗集體翻譯而成，雖經兩次互校，但限於俄文及業務水平，難免仍有譯文不合適，甚至錯誤之處。敬希讀者，特別是各大學結構力學教研室同人，能於譯文及內容多提意見，以便在再版及改編時加以修正。

桿件系統結構力學

下 冊

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ

И. М. РАБИНОВИЧ 著

同濟大學結構力學教研室譯

★版權所有★

龍 門 聯 合 書 局 出 版

上海南京東路61號101室

經 理 處 華 東 總 分 店 總 經 售

上海南京西路1號

啓 智 印 刷 廠 印 刷

上海自忠路239弄28號

1954年3月初版 印數0001—8500冊

定價 ¥ 13,000 元

上海市書刊出版業營業許可證出 029 號

桿件系統結構力學上冊

刊 正 表

頁	行	字	刊 誤 的 字 句	應 如 此 改 正
封頁 2	6	末 2	宗偉	偉宗
4	20		圖 (217)	(取消)
	21		圖 (223)	(取消)
5	8		圖 (267)	(取消)
6	4		用代替桿件法……	用桿件替代法……
正文 7	末 1	16		中字右角上 1 字
7	附註 2			(取消)
11	3	15	a	(取消)
15	8		不充分的, 特點	不充分的特點
18	4	11	此	比
33	末 1	20	陰影	陰影線
36	10	15	矩	偶
37	11	8, 9, 10	逆定理	外一面的理論
45	末 3	21	以	(取消)
53	11	2	結果等於	結果都等於
57	1	12	簡單單懸臂梁	單懸臂簡單梁
54	5	4	感應線	影響線
54	倒 4	9	缺口	突變
55	倒 7	末 2	雙臂梁, 單臂梁	雙懸臂, 單懸臂梁
56	13	3	簡單雙懸臂梁	雙懸臂簡單梁
59	倒 4	7	值得注意的是在這……	值得注意, 在這……
64	6	倒 2	δ_y	δ_x
66	圖 88		$R_{\text{左}}, R_{\text{右}}$	$R_{\text{左}}, R_{\text{右}}$
			$\frac{P_{\text{左}} + P_{\text{臨界}}}{a} \geq \frac{R_{\text{右}}}{a}$	$\frac{R_{\text{左}} + P_{\text{臨界}}}{a} \geq \frac{R_{\text{右}}}{b}$
67	倒 7, 8	公式 (11)	$\frac{P_{\text{左}}}{a} < \frac{P_{\text{臨界}} + R_{\text{右}}}{b}$	$\frac{R_{\text{左}}}{a} < \frac{P_{\text{臨界}} + R_{\text{右}}}{b}$

頁	行	字	刊 誤 的 字 句	應 如 此 改 正
68	倒 3	註 1	“курсизатики……	“курс статики……
	倒 2	註 2	курсостроительной механики стержневых систем”	курс строительной механики стержневых систем”
71	5	14	某二次	某個二次
74	表		最後項 M	M_i
77	§49	9,2	一定有	經常有
77	倒 2	19	軸的應力	軸向應力
77	倒 1	末與 78頁	計算是這些未知數中等些未知數 的課題	計算是在這些未知數中對某些未 知數的課題
80	1	末 3 字	鉸體	副體
80	7	11	支座鏈交在	支座鏈桿交在
84	4		不產生在靜定內力中任何影響	對靜定內力不產生任何影響
85	8	1	化的	形的
86	14	10	聯繫到支座的鉸和在相同的鉸組	鉸接地聯繫到支座並且相互間鉸 接地聯繫着而組成
88	倒 4	13	整個系統包含支座反力四個未知 的分力	系統包含着支座反力的四個未知 分力
89	倒 2	22	常用的分解為相互垂直的力,但是	常用的相互垂直分力的分解,但是
90	7	倒 6	簡梁	簡單梁
91	倒 7	8	鉸 C 向上或向下向移動	鉸 C 將沿豎直線向上或向下移動。
96	5	1	我們議定把軸向的(……)力作爲 正的,當它拉長桿件的那種情況	當軸向的(……)力有拉長桿件的 那種情況時,我們將議定把它作 爲正的。
98	2	3	這裏得到	這樣得到
98	16	4	的方向由着這個	的方向由這個
100	14	19	在相應的力多邊形的同時	連同相應的力多邊形
101	公 式(11)		$\frac{N}{F} - NK_A \cdot \frac{e_A}{J} = 0,$ 或 $K_A = \frac{J}{e_A F} = \frac{W_A}{F}$	$\frac{N}{F} - N k_A \cdot \frac{e_A}{J} = 0,$ 或 $k_A = \frac{J}{e_A F} = \frac{W_A}{F}$
103	13	末字	簡單梁	簡單梁
103	倒 1	20	$\sin \varphi$	$-\sin \varphi$
116	16	2	件中	件 1 中
121	3	10	法方	方法

頁	行	字	刊 誤 的 字 句	應 如 此 改 正
128	3	11	或者靜不定度	或者超靜定度
128	倒 4	23	使	使
131	10	7	方向	指向
131	16	20	方向	指向
133	倒 5	11	應力	內力
134	倒 5	12	克立毛奈氏圖	克立毛奈圖
135	7	21	應力	內力
137	2	11	應力	內力
139	7	3	鄰間	鄰節間
139	倒 11	13	梁	梁
141	1	8	應力	內力
141	2	2	圖(220)	圖 220
143	5		(3)	(3)'
151	1	1	生的	發生的
152	2	8	支座鏈桿的剛體	支座鏈桿上的剛體
154	8		$x = - \frac{\Sigma M_p}{BB' \cdot \sin(x, BB')}$	$x = - \frac{\Sigma M_p}{\overline{BB'} \cdot \sin(x, \overline{BB'})}$
156	11	12	組合桁架的組成是在圖 241 的桁架中用小桁架代替了桿件 AB, BC 和 CD 而組成	組合桁架是用小桁架代替了圖 241 的桁架中的桿件 AB, BC 和 CD 所組成的。
156	13	3	一個節點含有	一個含有
156	17		採用組合桁架的觀念是根據求有更多節間的願望,這種增加節間在減輕桁架本身重量和同時避免彎矩的觀點上看來是常常有利的	採用組合桁架的旨意,是希望有較多的節間,這樣增加的節間在減輕桁架自重和同時避免彎矩的觀點上看來,常常是有利的。
157	10	12	所生	所發生
158	16		這些作用祇及到小桁架的本身	祇有小桁架的本身才參與這個作用
163	4	18	例如,列桁架左邊……	例如,列出桁架左邊……
164	1	8	下	了
164	6	3	聯接直線	聯接的直線
164	8	15	所得的正負對比是相反	得到相反的關係。
168	4	20	由於節點的 A 平衡	由於節點 A 的平衡
172	13	25	σ_x	∂_x

頁	行	字	刊 誤 的 字 句	應 如 此 改 正
177	22	2	已和……	已知……
179	13	11	橫推力臂用 f_v 來表示	橫推力的力臂用 f_v 來表示
179	14	12	斜桿 D 內力(圖 267, a)和豎桿 V 內力	斜桿 D 的內力(圖 267, a)和豎桿 V 的內力
180	圖 269		186.05 H , 198.25 H	186.05 公尺, 198.25 公尺
184	15	10	所有桿件中。由於……	所有桿件中由於……
185	7	15	……稱作桁架頂點之間……	……稱作桁架, 頂點之間……
185	8	1	着。(圖 274)。	着(圖 274)。
190	1	24	q	g
190	4	3	$p\omega$ 。	$p\cdot\omega$ —
196	15	15	A 點轉動時在維……	A 點轉動時, 在維……
197	24	19	的座標	……的縱座標,
201	12		$\times \times$ 在這些公中	在這些公式中(提前二個字)。
201	13	13	……(圖 289),	……(圖 289)。
202	6	21	標	標
215	14		從比例中取 $\frac{\overline{Pr}}{\overline{P'r'}} = \frac{AD}{A'D'}$,	從比例中取得 $\frac{Pr}{P'r'} = \frac{AD}{A'D'}$,
	16		得而後……	而後……
216	30	1	問	習
217	16	14	全部零桿	全部是零桿

印錯圖的刊正

頁
11

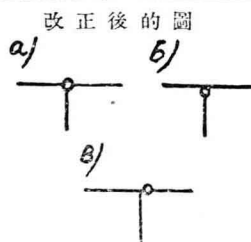


圖 15

53

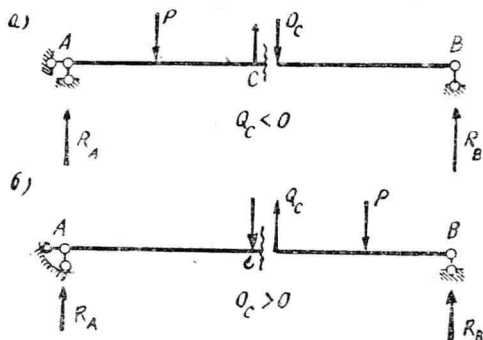


圖 73

96

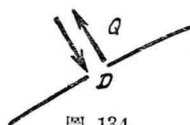


圖 134

128

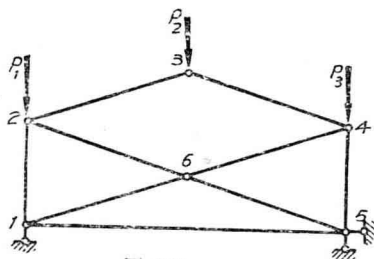


圖 205

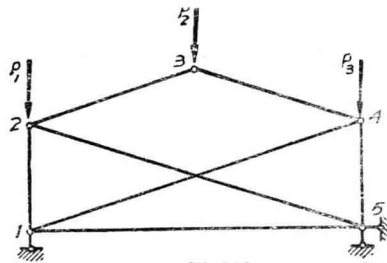


圖 206

目 錄

第十二章 超靜定系統的計算問題	1
118. 甚麼是超靜定桿件系統	1
119. 確定贅餘控制數量的公式	2
120. 有贅餘控制的系統的特性	5
121. 計算方法的分類	7
第十三章 彈性系統的基本定理	9
122. 基本概念	9
123. 綜合力(廣義力)和綜合變位	10
124. “靜”作用的外力的功。克拉必隆(Клапейрон)定理	12
125. 例題	14
126. 平面彈性桿件系統的內力的功	15
127. 關於外力和內力的功的若干意見	19
128. 可能變位的原理應用於彈性系統	20
129. 可能變位原理應用到實變位位能	21
130. 功的相互性的原則	23
131. 關於變位相互性的馬克斯維爾(Максвелл)定理	25
132. 關於變位的因次的見解	27
133. 撓度線作為變位的影響線	28
134. 關於反力相互性的雷理(Рэлей)定理	31
135. 反力和變位的相互性	33
136. 位能式子的另外一種形式	35

137. 位能的偏微分。卡斯第理安納(Кастилляно)定理	36
138. 最小功原理	38

第十四章 桿件系統的變位的確定 40

139. 靜定系統的內力圖的繪製	40
140. 外面的影響: 荷重、控制的變位和溫度	42
141. 平面桿件系統的變位的一般公式	44
142. 選擇虛的單位力的例子	49
143. 由外荷重在靜定系統內的變位	51
144. 當圖形之一是直線圖形時計算積分的規則	54
145. 在超靜定系統中由於外荷重的變位	59
146. 在靜定及超靜定系統中的溫度的變位	60
147. 由支點或其他控制的移動所引起的變位	63
148. 變位的影響線	69
149. 用彈性荷重作變位影響線	71

第十五章 力法的原則 74

150. 基本的系統和基本的(多餘的)未知數	74
151. 對於計算外荷重作用的力法的準則方程式系統	76
152. 對於計算溫度作用的準則方程式	78
153. 對於已知的支座位移情形下的準則方程式	79
154. 對於荷重、溫度和支座位移的混合作用時, 計算的準則方程式	81

第十六章 連續梁的計算 82

155. 關於連續梁的一般概念	82
156. 多餘控制的數量。基本系統的選擇	83
157. 外荷重下連續梁的計算。三彎矩方程式	85
158. 例題和習題	94

159. 力矩定點的比值和力矩的定點	97
160. 定點的圖解法	103
161. 力矩定點比值對於繪製圖形的應用	104
162. 例題 37	107
163. 彎矩影響線的繪製	108
164. 剪力影響線的繪製	114
165. 支座反力影響線的繪製	115
166. 像撓曲線繪製影響線	117
167. 最不利的荷重	120
168. 對於支座移位的計算	123
169. 具有彈性-移動支座的連續梁	125
第十七章 用力法計算簡單框架和超靜定拱	130
170. 基本的概念	130
171. 具有一個多餘未知數的框架的計算	131
172. 關於對稱系統的準則方程式的簡化。有三個多餘控制的框 架的計算	138
173. 藉引用剛臂更進一步地簡化同樣框架的計算	143
174. 具有繫桿的二鉸拱的計算	145
175. 繫桿的柔軟性的影響; M , Q , N 圖; 壓力曲線	150
176. 影響線的繪製	154
177. 在溫度作用下的計算	158
178. 無鉸拱: 基本系統的選擇。係數的數解和圖解	159
179. 內力圖的繪製。 壓力曲線	168
180. 影響線的繪製	170
181. 溫度和收縮作用的計算	175
182. 支座移位所生作用的計算	177
第十八章 超靜定桁架的計算	180

183. 關於超靜定桁架的一般見解	180
184. 關於截面的選擇	180
185. 具有一根多餘桿件的桁架的計算	182
186. 對於具有一根多餘桿件的桁架影響線的作法	185
187. 具有幾根多餘桿件的桁架的計算	186
188. 用已知應力法計算桁架	189

第十九章 用力法計算複雜的剛架系統

189. 概論	192
190. 關於靜定基本系統的 M 圖和任何系統的 Q , N 圖的 作法	192
191. 關於基本系統的合理選擇	196
192. 組合內力圖和組合未知數的特性	200
193. 應用組合未知數法的例子	204
194. 由於對稱條件的補充的簡化	206
195. 用循序近似法解方程式(用重覆法)	209
196. 內力圖和影響線的核算檢查	211

第二十章 用變形法計算剛架系統

197. 剛架系統的節點的彈性可動度	215
198. 對於變形法的係數的公式(對於反力的公式)	218
199. 變形法的概念	223
200. 對於任何超靜定平面桿件系統的變形法的準則方程式	226
201. 對於有豎向柱的剛架的變形法的方程式	231
202. 方程式組成的例題	238
203. 溫度作用的計算	239
204. 影響線的繪製	240
205. 用力法和變形法聯合求解問題	242
206. 混合法	242

207. 剛接金屬桁架的計算	245
第二十一章 用力矩定點比值的方法計算剛架	247
208. 在節點不移動的剛架內基本未知數的公式	247
209. 例題 42	251
210. 具有移位節點的剛架的計算	253
211. 力矩定點比值方法與其他方法的比較	256
第二十二章 桿件系統按照極限荷重的計算	258
212. 序言	258
213. 超靜定桁架在不變荷重下的計算	260
214. 超靜定桁架在同一個荷重多次重複作用下的計算	264
215. 靜定梁在一次加重和卸重下的計算	265
216. 超靜定梁在一次加重和卸重的計算	267
217. 在荷重多次作用下的計算	272
第二十三章 結構穩定性的計算	275
218. 計算穩定性的意義	275
219. 關於精確的和近似的計算	276
220. 對於有限的和無限大自由度數的結構系統的臨界荷重的 確定	278
221. 對於具有鉸支端桿件的臨界荷重的確定	282
222. 兩端鉸支承和有水平向彈性控制的桿件的臨界荷重(圖 567, a 和 b)	284
223. 通過橫向的彈性系統傳達到柱的臨界力	286
224. 具有中間彈性支座的兩孔連續梁的縱向臨界力	288
225. 具有一端鉸接和另一端彈性固結的桿件的臨界力(圖 570)	289
226. 組成桿件的臨界力	292

227. 關於準確方法計算剛架穩定性的概念	295
228. 例題 38	299

第二十四章 結構的動力計算的原理302

229. 動力荷重的種類	302
230. 彈性系統的自由度	303
231. 運動的微分方程式和它的積分	304
232. 自然振動系統的頻率的確定	305
233. 例題 44	309
234. 桿件系統的強迫振動	310
235. 突擊荷重的影響	311
236. 瞬時作用荷重的影響	311
237. 瞬息衡量的影響	313
238. 例題 46	314
239. 振動荷重的影響	315
240. 橫向彎曲衝擊的影響	317
241. 結論	320

第二十五章 擋土牆計算的原理321

242. 一般的見解	321
243. 庫倫理論	322
244. 利勃哈(Рибхан)理論和邦西爾(Понселе)圖解	325
245. 牆上土壓力的公式	330
246. 總壓力圖和壓力強度圖	331
247. 臨時荷重的影響	333
248. 土壤的被動壓力(抵抗力)	335
249. 擋土牆強度的計算	337
250. 對於牆的傾覆和滑動的計算	341
251. 基礎砌置深度的計算	343

第十二章 超靜定系統的計算問題

§118. 甚麼是超靜定桿件系統

我們將稱這樣的系統為超靜定系統，在這種系統中，在任意的荷重作用下，不是所有的軸向力、切力和力矩可以從剛體的或剛體系統的平衡方程式中求得。

換句話說，我們將稱這樣的幾何不變形系統為超靜定系統，在這種系統中，在任意的荷重作用下，全部或所指的某些內力依桿件截面的大小和材料的性質來決定。

如果從這系統中可以去掉某些數量的控制，而不因此破壞它的幾何不變形性和不動性的本性，我們將說這個系統有贅餘的或者多餘的控制。

在這種保持幾何不變形性和不動性的情況下同時可以去掉的最大數量的控制稱為贅餘控制的數量。例如，圖 319，從全部五根支座鏈桿數目中，可以同時去掉不多於兩根鏈桿，因為要保證梁的不動性，需要保留不少於三根支座鏈桿。



圖 319

不去掉支座鏈桿，可以去掉任何其他控制（約束），例如，在梁的任何截面內放入鉸。

無論如何，不可以去掉多於兩個的控制，因為否則這系統就失去了幾何不變形性。因此，它有兩個贅餘控制。

依照本書作者所建議的名詞，可以把贅餘控制的概念和必需控制

的概念相對照。可以把控制區別爲有條件必需的，或者無條件（絕對的）必需的。例如在圖 319 中，豎向支座鏈桿中任何一個是有條件必需的，因為當保持其他兩個豎向的和一個水平的支座鏈桿時，其中每一根可以去掉。因此，那樣的鏈桿是必需的或者贅餘的，要看我們的選擇而定。有條件必需的鏈桿也可以稱作有條件贅餘的。在圖 320 中有一根贅餘控制，在左邊節間內，任何一根桿件（即 AB , BC , CF , FA , AC 和 BF ）是有條件必需的。相反地，右邊節間內，任何一根桿件（ CD , DE , EF , CE ），以及三根支座鏈桿中的任何一根是絕對必需的，因為移去了它就要使這系統變爲幾何變形的或可動的。

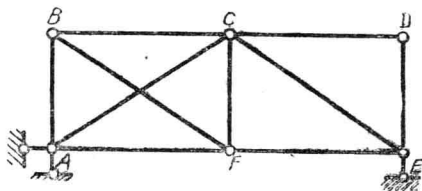


圖 320

從機動的觀點，可以鑑定一個系統，有沒有贅餘的控制。同時在靜力的關係上，也可以鑑定它，贅餘控制的存在是超靜定性的必需的和充分的特徵。

如果一個系統有 n 個贅餘控制，那末在去掉 n 數量的控制後，我們可以得到靜定的結構。

因此我們的系統可以看作由靜定的結構被加上 n 個控制後所形成的複雜的結構。

超靜定系統具有某些特殊的，而祇對於它所固有的特性，這個特性是直接和贅餘控制的數量有關。因此數目 n 是結構物的很重要的特性，而可以規定爲一切超靜定系統的分類的基礎。

今後我們將稱贅餘控制的數量爲超靜定系統的級數。

§119. 確定贅餘控制數量的公式

爲了確定贅餘控制的數量，我們在這裏將重新給出以前所導出的

公式，並將用幾個例子來說明它。

由各別的剛體互相鉸接，而支持在某些支座鏈桿上所組成的平面系統，包含下列贅餘控制的數量：

$$I = C_0 + 2III - 3J, \quad (1)$$

式中 C_0 是支座鏈桿的數量， III 是相互地聯繫剛體的單鉸的折合數量， J 是剛體的數量。祇當剛體中沒有一個具有多餘的控制的情況下，這個公式才是正確的。

如果這個結構是在中間有鉸的多孔梁，那末，也可以利用下式來代替式(1)：

$$I = C_0 - 3 - III. \quad (2)$$

實際上，當沒有中間鉸時，贅餘控制的數量等於 $C_0 - 3$ ；但是每加一個鉸增加梁一個自由度。

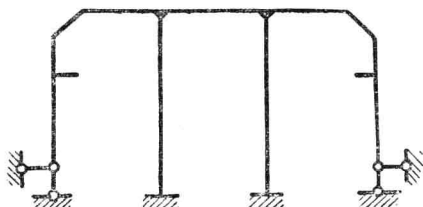


圖 321

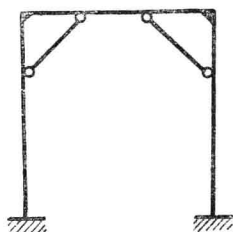


圖 322

框架系統(圖 321)是一個剛體，它有十根支座鏈桿。

為了保證它的不動性，有三根鏈桿就够了。那末，贅餘控制的數量等於 $10 - 3 = 7$ 。

從公式(1)我們得到同樣的結果，使 $J = 1$ ， $III = 0$ ， $C_0 = 10$ ， $I = 10 + 2 \times 0 - 3 \times 1 = 7$ ；但是在這樣的情況下，我們可以直接計算：

$$I = C_0 - 3. \quad (3)$$

對於混合框架系統(圖 322)，可以寫成：

$$J = 3, III = 4, C_0 = 6, I = 6 + 2 \times 4 - 3 \times 3 = 5.$$

閉合框架(圖 323, a)可以看作具有三根聯接桿件的剛體(圖 323, b)。在這個情況下：