

建筑物诊断系列集

第五集

工业与民用建筑改建扩建工程实例

蒋之峰 何肇弘 选编



建筑技术情报研究室

前 言

为了提高投资效益,加快建设速度,在工业建设方面,我国自第六个五年计划开始逐步改变过去主要靠新建的政策。企业改造的投资比例逐年提高。依靠老企业的技术改造扩大再生产,已确认为我国四化建设的一个重要方针。在城市建设方面,旧城区原有建筑物的改造,也成为解决城市住房紧张、用地紧张的一条重要途径。

建筑物的改造主要包括改建和扩建两大类。

所谓改建,系指为了适应新的功能要求所进行的改造,原则上不增加原有的建筑面积。对民用建筑来说,改建的目的是改善使用条件、提高外观标准、提高安全度和延长使用寿命等。对于工业建筑来说,改建的最终目的是增加企业经济效益,体现在提高产品质量或增加产品数量,或两者兼得。工业建筑改建工程涉及的范围较广,包括加大或改变厂房的跨度和柱距,抬高房盖或吊车梁的高度,更换或加固某一层或某一跨的承重结构,加固、更新、或增设个别构件等。此外,还包括抗震设防要求的加固和改建。

扩建,系指在原设计规模之外,民用建筑为增加居住面积或使用面积,而加层或扩建;工业建筑为扩大生产,而扩建新车间或生产、生活辅助建筑,以及加层、加跨、延长车间等增加原有建筑面积的改造工程。

众所周知,旧建筑的改造比新建在设计、施工方面都更为复杂。

1. 改造工程往往要求在不停产(不停止使用)或尽量少停产的条件下施工,要求施工速度快、工期短。

2. 施工现场通常比较狭窄、拥挤,常受邻近建筑或生产设备、管道和原有结构、构件的制约。大型预制构件无法进入现场,大型施工机械难以发挥作用。施工常需要采用一些特殊的技术措施。

3. 施工往往对原有的和相邻的结构、构件有不良影响。

4. 施工常需分段、分期进行,还会因各种干扰而中断。

5. 清理、拆除工作量往往较大,工程较繁琐复杂,并常存在许多不安全因素。

6. 设计包括原结构的验算和改建结构的设计计算,要求考虑新、旧结构的强度、刚度、使用寿命的均衡,以及新、旧结构的协调工作。

因此,随着工业技术改造和城市改造扩建的深入发展,对建筑物改造技术的需求日益迫切。为了适应这一需求,本集集中介绍了工业与民用建筑改建扩建工程实例47个,其中钢筋混凝土结构、钢结构、砖木结构、多层和单层工业厂房29例;通廊、栈桥、筒仓、方仓、烟囱、水塔、水池、井架、井塔等特种构筑物18例。内容包括工程概况、方案选择、设计计算要点、构造处理方法以及有关的施工技术措施等。

由于水平所限,加以时间仓促,错误在所难免,望读者批评指正。

编者

1985年5月

目 录

前言.....	(1)
---------	-------

多层和单层工业厂房

1. 烧结主厂房改建扩建工程.....	(1)
2. 选矿厂改建工程.....	(27)
3. 小型轧钢车间主厂房改建工程.....	(32)
4. 轧铜车间厂房改建工程.....	(40)
5. 炼钢车间厂房修复加固工程.....	(43)
6. 沉降洗涤车间改建工程.....	(47)
7. 磷肥厂熟化车间修复加固工程.....	(53)
8. 电解车间加固改造工程.....	(58)
9. 酸洗工段大修改造工程.....	(63)
10. 转炉炼钢车间改建扩建工程.....	(65)
11. 热轧带钢车间改建扩建工程.....	(68)
12. 电炉炼钢车间改造加固工程.....	(73)
13. 危险厂房加固处理措施.....	(76)
14. 钢结构框架整体滑移安装.....	(82)
15. 钢结构厂房加长、升高改建工程.....	(87)
16. 锻烧车间屋盖加高改建工程.....	(90)
17. 改建工程中的屋盖整体顶升.....	(92)
18. 厂房屋盖抬高改建工程.....	(95)
19. 单层厂房回顶法整体复位修复加固工程.....	(98)
20. 大跨度钢梁托换技术.....	(105)
21. 单层厂房顶盖安托梁拆柱技术.....	(113)
22. 老厂托架换柱改造工程.....	(118)
23. 改建工程中的托架拔柱技术.....	(122)
24. 改建工程中的托梁断柱技术.....	(126)
25. 改建工程中的托梁拔柱技术.....	(131)
26. 排架柱撞断事故处理.....	(133)
27. 用预应力元宝筋加固钢筋混凝土屋架.....	(138)
28. 在不停产状况下加固钢托架.....	(144)
29. 用喷射混凝土修复火灾烧伤的钢筋混凝土梁板结构.....	(146)

特种构筑物

30. 皮带机通廊加盖工程.....	(153)
--------------------	-------

31.	转运站扩建工程.....	(156)
32.	贮煤塔改建工程.....	(162)
33.	通廊改造工程.....	(166)
34.	通廊钢桁架整体加固设计.....	(169)
35.	露天栈桥加盖工程.....	(179)
36.	半铰接管道支架的加固改造.....	(182)
37.	碎矿堆场改造工程.....	(187)
38.	矩形料仓大修改建工程.....	(190)
39.	高架筒仓修复加固工程.....	(193)
40.	筒仓扶正复位技术.....	(197)
41.	水塔倾斜矫正及加固.....	(203)
42.	钢筋混凝土烟囱接高工程.....	(208)
43.	钢筋混凝土烟囱不停产大修.....	(216)
44.	中间跨增设工业炉烟囱和烟道.....	(218)
45.	地下大烟道大修加固设计.....	(221)
46.	汽化冷却装置的架设.....	(223)
47.	熟料窑系统改造工程.....	(229)

1 烧结主厂房改建扩建工程

某钢厂一烧车间1959年建成投产,由于设备陈旧,环境污染严重,决定进行技术改造。全部技术改造施工时间分为停产前施工和停产后施工两部分。土建改造部分停产时间分两期进行,第一期停三台烧结机,改成两台新烧结机,停产时间为60天;第二期停另两台烧结机,改成两台新烧结机,停产时间为50天。总共停产时间为110天。全部工程于1983年8月竣工投产。

一、改造项目和内容

1) 生产工艺

原工艺采用5台 62.5m^2 生产热矿的烧结机,5台 $\phi 2.5 \times 6\text{m}$ 的二次混合机,机头机尾均采用多管除尘,每台烧结机大烟道直径为 2.5m 。

整个厂房屋架设备只在低跨有两台 5t 电动单梁吊车,在高跨有一台 5t 单轨吊。

新工艺采用4台 180m^2 机上冷却烧结机,台车宽度为 3m ,4台 $\Phi 3 \times 10\text{m}$ 二次混合机,并增设梭式布料器和铺底料系统,灰尘处理采用电除尘,每台烧结机大烟道直径加大到 3.9m ,操作系统改为网格90自动控制。

吊装设备在高跨增加一台 $L_k=11.5\text{m}$, $20/5\text{t}$ 吊车一台,机尾增加 $L_k=11.5\text{m}$, $15/3\text{t}$ 吊车一台,低跨于厂房中间增加 $L_k=30\text{m}$, $10/5\text{t}$ 吊车一台。

2) 厂房结构

旧厂房分为高低两部分,总宽 58m ,全长 45.5m ,其中高跨屋面部分 13.5m ,低跨 32m ,建筑面积 10022m^2 ,占地面积 2639m^2 ,建筑体积 70687m^3 。高跨部分屋面标高为 36.8m 或 44.59m ,主要有 $\nabla 11.00\text{m}$, $\nabla 15.8\text{m}$, $\nabla 21.2\text{m}$, $\nabla 27.2\text{m}$, $\nabla 33.8\text{m}$, $\nabla 36.8\text{m}$ 六层平台。低跨屋面标高 $\nabla 26.8\text{m}$,主要有 $\nabla 11.0\text{m}$ 烧结机支承平台, $\nabla 15.8\text{m}$ 操作平台,机尾部分有 $\nabla 5.100\text{m}$, $\nabla 9.00\text{m}$, $\nabla 12.20\text{m}$, $\nabla 15.8\text{m}$ 四层平台。在厂房低跨部分每台烧结机上跨距 10m 中间设 4.54m 天窗一道。旧厂房结构形式1~4号机部分为一期建成的钢结构,即钢柱、钢梁、现浇混凝土板。5号烧结机部分为原扩建的现浇混凝土结构,厂房外围为外包砖墙,屋面采用 2.5m 长, 0.5m 宽的槽形板。旧厂布置情况见图1.1~图1.3。

主厂房是在旧厂房基础上进行改建扩建。根据工艺要求,改建扩建后的主厂房总宽为 64m ,全长为 91.5m (即延长 46m),建筑面积 19422m^2 ,占地面积 6013m^2 。

改造内容包括:

(1) 由于工艺改变,原旧烧结机尾部分变成新烧结机的中间部分,因此这部分各层旧平台均需拆除;

(2) 烧结机的加大,台车加宽造成支承烧结机的 $\nabla 11.00\text{m}$ 平台需重新布置,旧 $\nabla 15.80\text{m}$ 平台工艺要求往上提 60cm 成为 $\nabla 16.40\text{m}$ 平台,需重新设计;

(3) 大烟道直径加大,不仅需全部重新制作安装,旧烟道要全部拆除,而且支承烟道的系统要重新考虑;

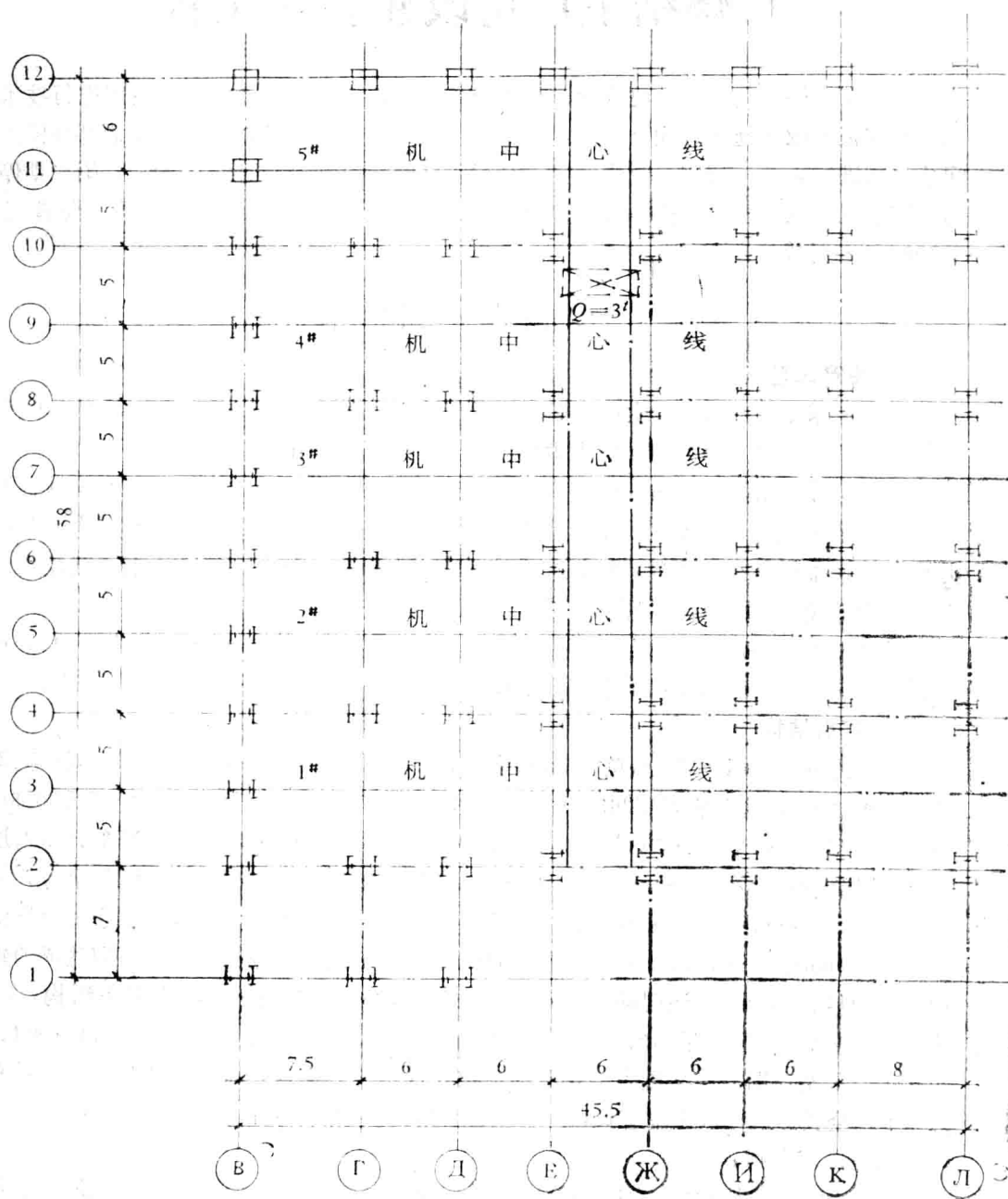


图 1.1 旧厂房 $\nabla 15.80$ 以上柱网布置图

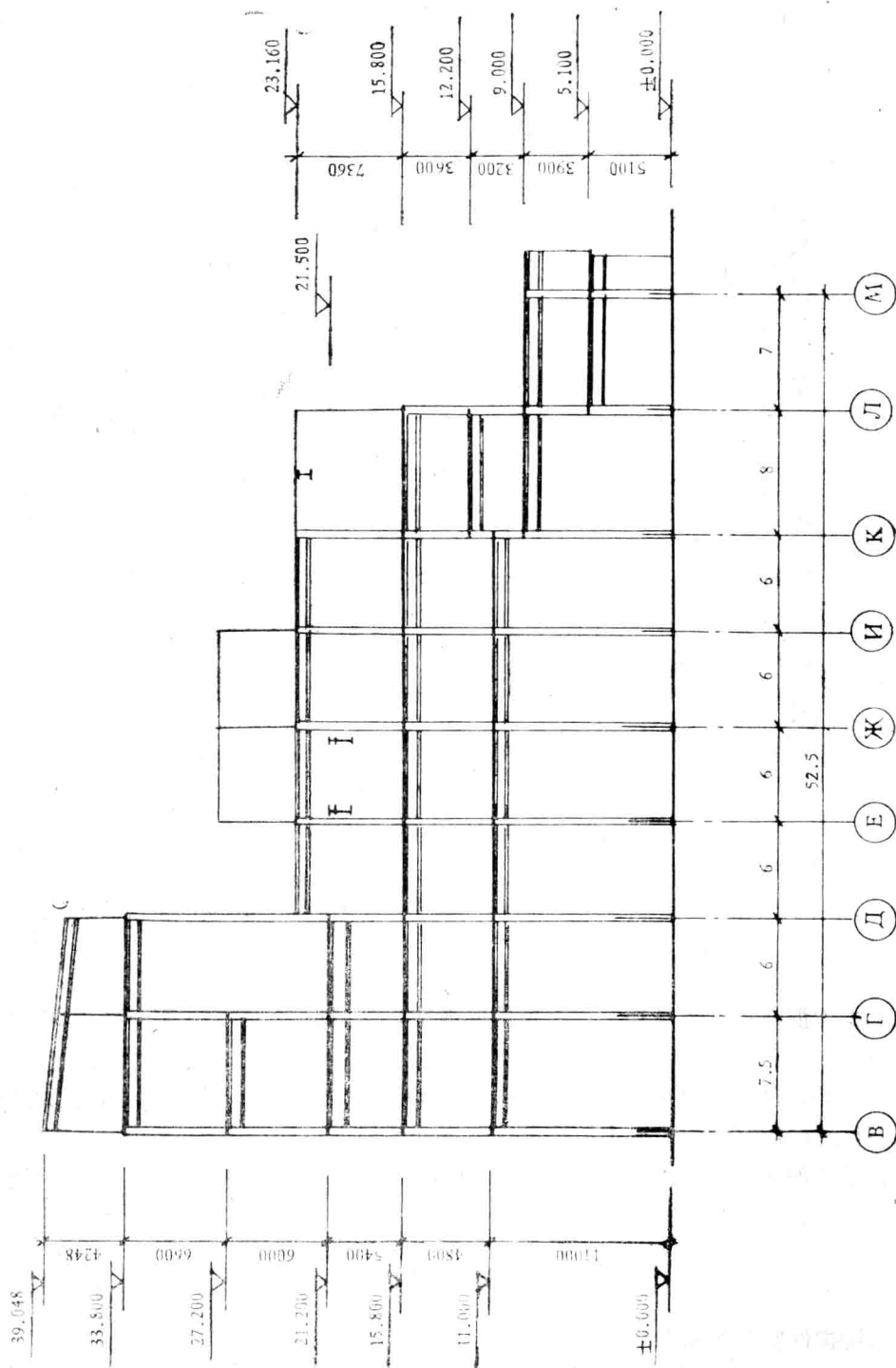


图 1.2 原纵剖面图

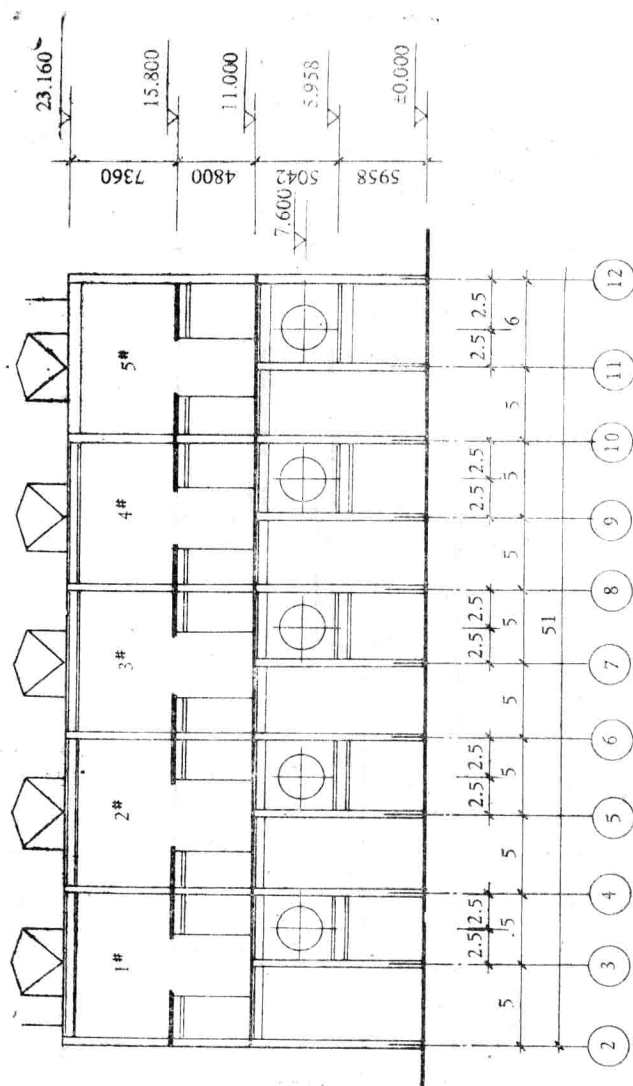


图 1.3 原横剖面图

(4) 二次混合机的加长加大以及位置的改变，造成旧厂 $\nabla 21.2\text{m}$ 平台要作较大的加固改造；

(5) 由于高跨部分增加一台 $L_k = 11.5\text{m}$ ， $Q = 20/5\text{t}$ 吊车，使高跨屋面加宽6m，同时中间柱子需从 $\nabla 21.20\text{m}$ 以上抽掉，高跨屋面系统需重作；

(6) 低跨部分由于增加 $L_k = 30\text{m}$ 吊车，柱顶标高需提高到 $\nabla 27.00\text{m}$ （旧厂柱顶为 23.16m ），旧屋面需全部拆除重作。

二、旧厂结构的鉴定分析

1) 结构构件的质量检验

厂房1~4号烧结机部分为钢柱、钢梁、混凝土板。从1959年建成到现在已使用24年，烧结厂为严重腐蚀车间，由于长期处于腐蚀性灰尘的侵蚀下，钢结构锈蚀十分严重。为

此对旧钢结构进行了深入细致的观察测定，在施工过程中和停产以后对旧厂房某些部位又进一步重点检查测定，具体作法如下：

(1) 鉴定内容

钢结构部分：主要进行化学分析，测定碳、硫、磷含量；取样进行机械性能试验，共进行四项：屈服点、抗拉强度、冷弯、伸长率。对旧钢结构的锈蚀情况、变形情况、节点焊接情况进行检查分析。

混凝土结构部分：主要测定平台厚度、强度，破损变形情况。

(2) 测定方法

首先根据设计要求确定测点位置。

a. 旧钢柱的测定

①测定锈蚀范围。

②钢材取样，每处取样两组，每组3块，翼缘、腹板各取一组（不得在同一断面取），取样后旧柱作补强措施。

③钻孔取样，取下金属，进行钢材的化学成份鉴定。

④钢材锈片取样，在±0.00处及各层平台节点腹板及翼缘处各取6组，每组三块进行化学分析。

b. 旧钢梁的测定

①凡在测点处，纵横梁与柱相交的节点，均为旧钢梁的测定范围。

②旧钢梁的取样办法为，在测定的范围选三根梁，每根梁取两组，每组三块，翼缘及腹板各取一组（不得在同一断面上取），进行机械性能和化学成份试验。

c. 钢材锈蚀程度的测定方法

①于测点范围内取三点，钻孔30mm，两边取掉锈皮，清渣露出原材料，用钢尺三人各量二次，取其平均值。

②在测定范围内柱脚包有混凝土或砖墩时，需凿除露出钢表面进行测定。

d. 混凝土平台测定

每层平台各取一组，每组三块，其规格为100×100，取样后进行强度试验。

(3) 测定结果及分析

根据取样测试，其化学成份及机械性能基本上符合A₃的要求，因此在设计时原钢结构按A₃考虑。

旧钢结构锈蚀情况测定结果见表1.1。

从表1.1可见，旧钢结构锈蚀情况相当严重。在施工过程中和停产后又对某些部位重点检查，发现有十几处旧梁柱锈蚀程度达到完全失去了承载能力，腹板锈坑锈裂，翼缘锈成边缘所剩无几，这些梁柱严重的只好另换，稍轻些的采用了补强措施，然后再按设计进行断面加固，从对烧结厂旧钢结构锈蚀情况的检查鉴定中发现：

(1) 从整个厂房来说锈蚀最严重的部位是烧结机尾和机头部分，主要是柱脚和各层平台的节点处。

(2) 从厂房环境来说，锈蚀最严重的是高温、潮湿、灰尘大的地方，在这些地方柱脚包砖比不包的还严重，包混凝土过低时仍然锈蚀。

表 1.1

测 定 部 位	柱的锈蚀情况		梁的锈蚀情况	
	锈蚀厚度 (mm)	约为原截面的 (%)	锈蚀厚度 (mm)	约为原截面的 (%)
+0.00~11.00平台以下	2~4	20%	2~4	35%
▽11.00以上~▽15.80平台以下	3~4.5	30%	2~5	30~40%
▽15.80以上~▽21.20平台以下	3~4	25~30%	3	30%
▽21.20以上~▽27.20平台以下	3~5.5	30~40%	2~3	30%
▽27.20以上~▽33.80平台以下	1.5~3.5	30%	2~3	30%
▽33.80以上~屋面	2.5~3.5	40%	2.5	40%
▽36.80平台以下	3.5	40%		

(3) 从结构本身来说, 钢柱腹板比翼缘锈得严重, 钢梁上翼缘比下翼缘严重, 腹板比下翼缘严重。

由此可见, 烧结厂应尽量避免采用钢结构, 如一定采用, 须要特别注意防护措施。

2) 改造前后主要承重结构荷载变化情况

(1) 原厂房没有考虑地震的影响。现根据国家的规定需按8度地震烈度设防, 现有结构不能满足抗震要求。

(2) 由于工艺的改变对厂房承重结构增加的荷载较大:

①屋面部分, 增加静荷载 $180\text{kg}/\text{m}^2$, 高跨共增加110t, 低跨共增加165t。

②▽27.2m平台, 因增设四条皮带机, 共增加荷载12t。

③▽21.2m平台, 由于二次混合机的加大和增设皮带机等共增加荷载540t。

④▽11.00m平台, 由于烧结机的加大共增加荷载1699t。

⑤烧结机大烟道(降尘管道)因由直径2.5m增大到3.9m, 共增加荷载1004t。

⑥由于增加烧结机下小格拉链设备, 共增加荷载675t。

⑦由于增设吊车, 高跨每根柱增加荷载26t, 低跨每根柱增加25t。

荷载增加总的情况: 高跨共增加2277t, 平均每根柱增加荷载104t; 低跨共增加1986t, 平均每根柱要增加76t。厂房结构荷载的增加当然不会平均分配, 实际上有些柱增加的荷载还要大得多, 特别是考虑地震时对厂房结构的强度和刚度都有更大的影响。

三、结构改造加固设计方案的选择

1) 柱网布置

旧厂改造的柱网布置不仅直接影响到投资大小, 而且牵涉到加固量、改造量、拆迁量, 直接影响到工期和停产时间。由于是在旧厂基础上进行改造, 应尽量利用原有柱距

和层高。针对一烧旧厂柱网布置情况和新的工艺要求，将厂房从标高▽16.4m 平台分为上下两部分，区别对待，分别确定柱网布置。

(1) ▽16.40m平台以下的柱网布置

为了最大可能利用旧有结构，改造后的柱网布置除⑦线接长外，其它仍按原柱网不变。改造后⑦线位置作台车检修场地，荷载较大，作10m 钢梁不经济，梁柱接头困难，特别是▽16.4m 平台被烧结机分割成数条，平台不连续，厂房横向刚度较弱，因此改造后将⑦线柱由▽11.00m 接长到▽16.60m。

改造后▽16.40m 以下的柱网布置见图1.4。

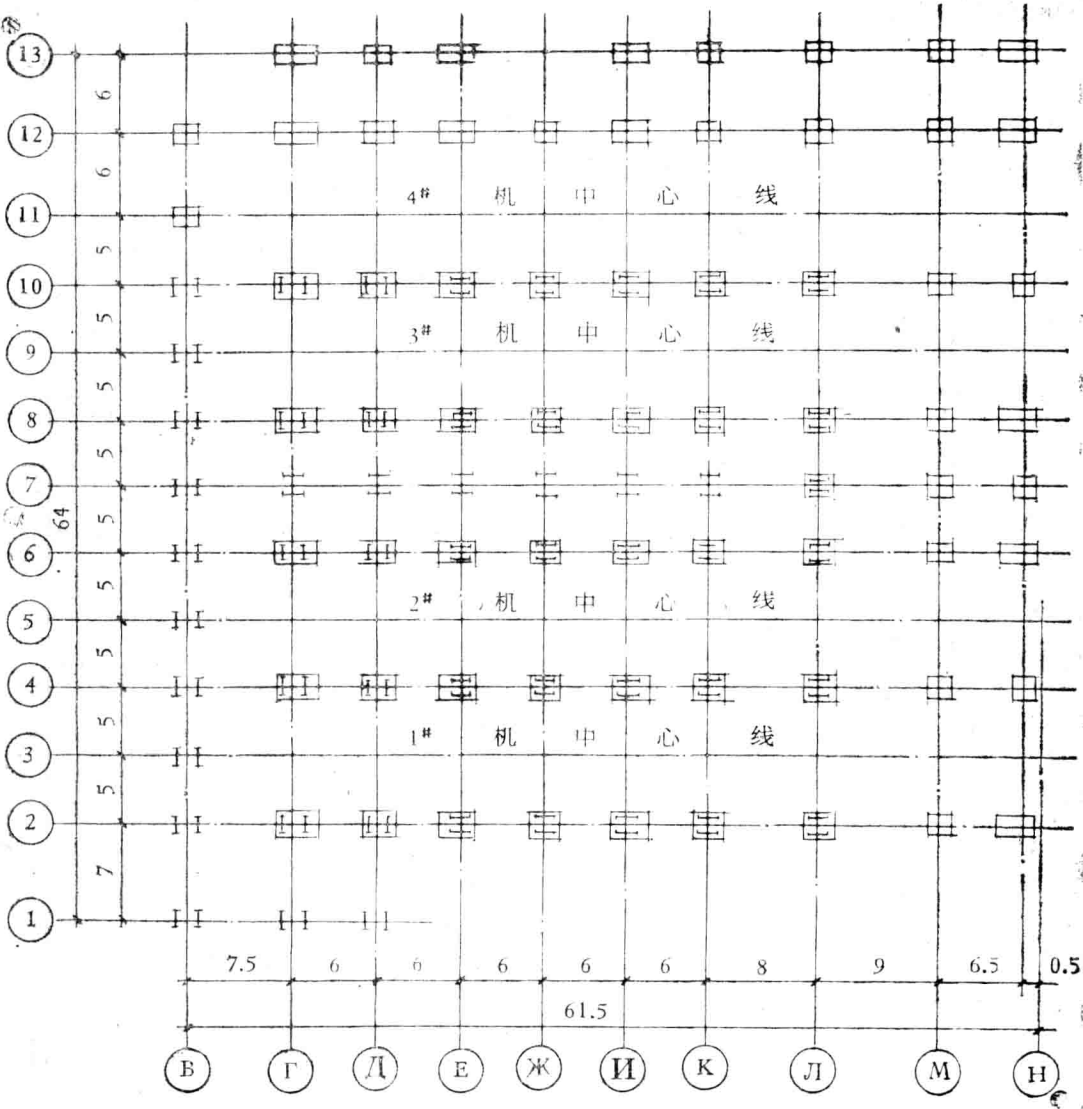


图 1.4 ▽11.00~▽16.40柱网布置图

(2) $\nabla 16.4\text{m}$ 平台以上的柱网布置

低跨部分由E~K线原设计共计24根柱全部到顶,这样柱子成林,厂房内部较零乱,不利于使用。新设计工艺要求增加一台 $Q=10/5\text{t}$ 吊车,为了扩大厂房内部操作空间和有利于加固改造,吊车跨距采用 30m 。吊车的布置,直接影响屋面系统的柱网布置,通常是吊车的走向与屋面天窗一致,针对旧厂房情况作了以下三种方案的比较。

方案1,吊车与屋面系统及天窗都按纵向布置见图1.5。这种布置吊车与烧结机走向一致,厂房受力明确,屋面结构简单。但这种布置带来的问题较多,首先这种布置只能两台烧结机一台吊车,跨距分别是 20m 或 21m ,要增加一台吊车的费用。中间⑥~⑧线堆放台车位置无法吊装,需另设横向吊装设备,其次吊车柱断面势必加大。由于

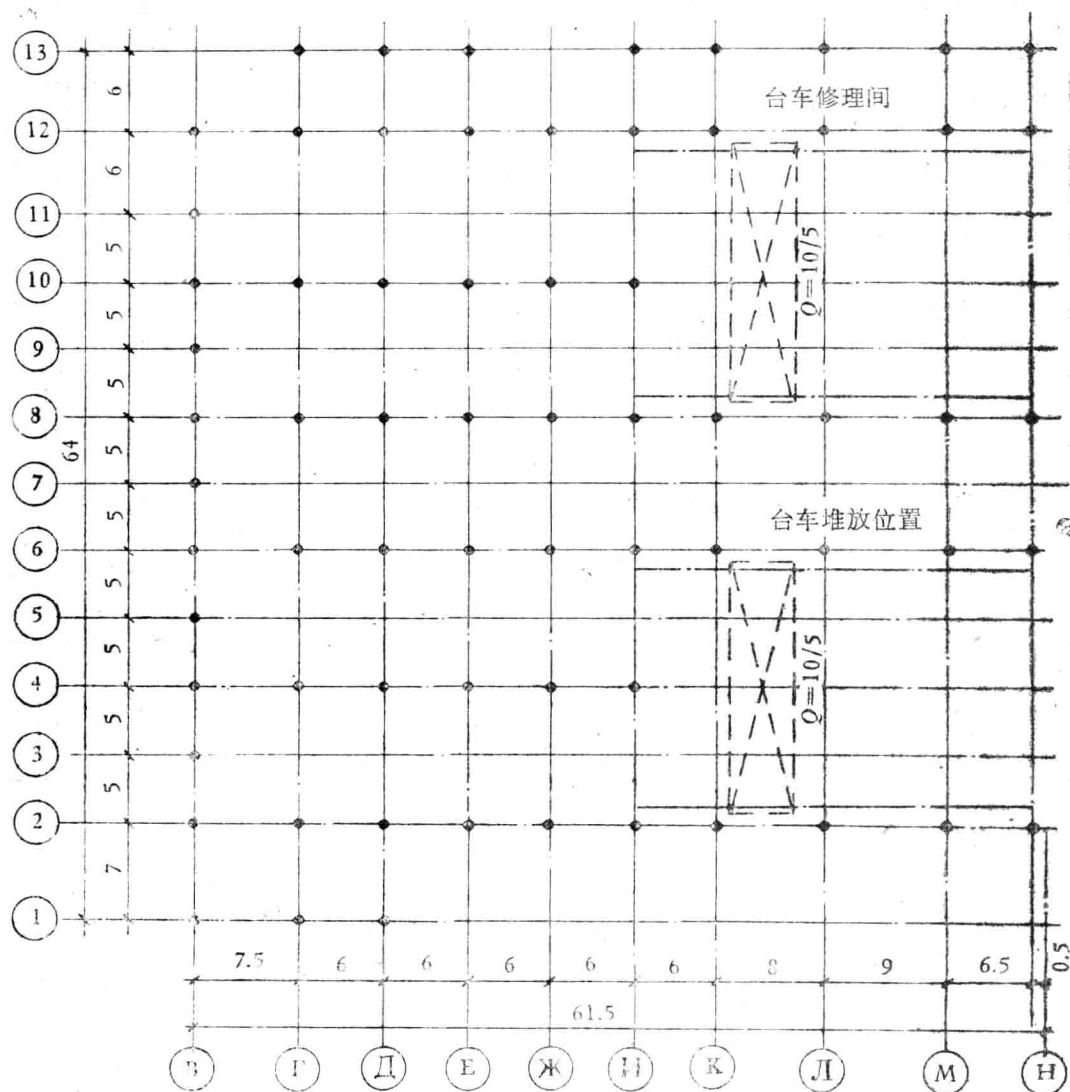


图 1.5 $\triangle 16.40$ 以上柱网布置 (方案1)

现有柱距5m，柱中心距大烟道外皮只有550mm，柱断面受到限制，特别是采用这种布置时无法将台车运到吊装孔及台车修理间，因此这种方案缺点较多。

方案2，吊车与屋面系统或天窗都按厂房的横向布置（图1.6），这种布置方法，吊运问题得以解决，但整个屋面系统包括扩建或机尾部分在内，屋面被分成高高低低数条，显得特别零乱，特别是天窗的横向布置与烧结机走向垂直，不利于通风和采光，所以这种布置不宜采用。

方案3，吊车横向布置，厂房屋面系统或天窗纵向布置，见图1.6。这种布置克服了上述两种方案的缺点，既有利于吊装又有利于使用。但出现一些新的矛盾，首先是吊车跨距问题，按工艺要求由H线开始24m已够，但此处有地下通廊不停产，作为吊车柱的K列线柱锈蚀严重难以加固，为了减少厂房柱的加固量，减少停产时间，躲开锈蚀严重的K列线柱，吊车跨距延长到30m，以H列线柱作为吊车柱进行加固，这样又扩大了厂房的空间。其次是屋架跨度问题，屋面纵向布置需设30m托架，以往一般是每台烧结机设一通天窗，这样就形成10m的屋架，30m的托架，屋架与托架端高差2m多，如都做成一样高，势必浪费。按各自的合理高跨比做，则屋面支撑系统构造复杂，节点不好处理。为此将屋架跨度扩大到20m或21m，每两台烧结机设一通天窗，中间⑥~⑧线做成10m的屋架（见图1.11）。屋架跨度做成10m或20m的这两种方案对比（分别称第一方案与第二方案），后一种比前一种有较多的优点，详见表1.2。

表 1.2

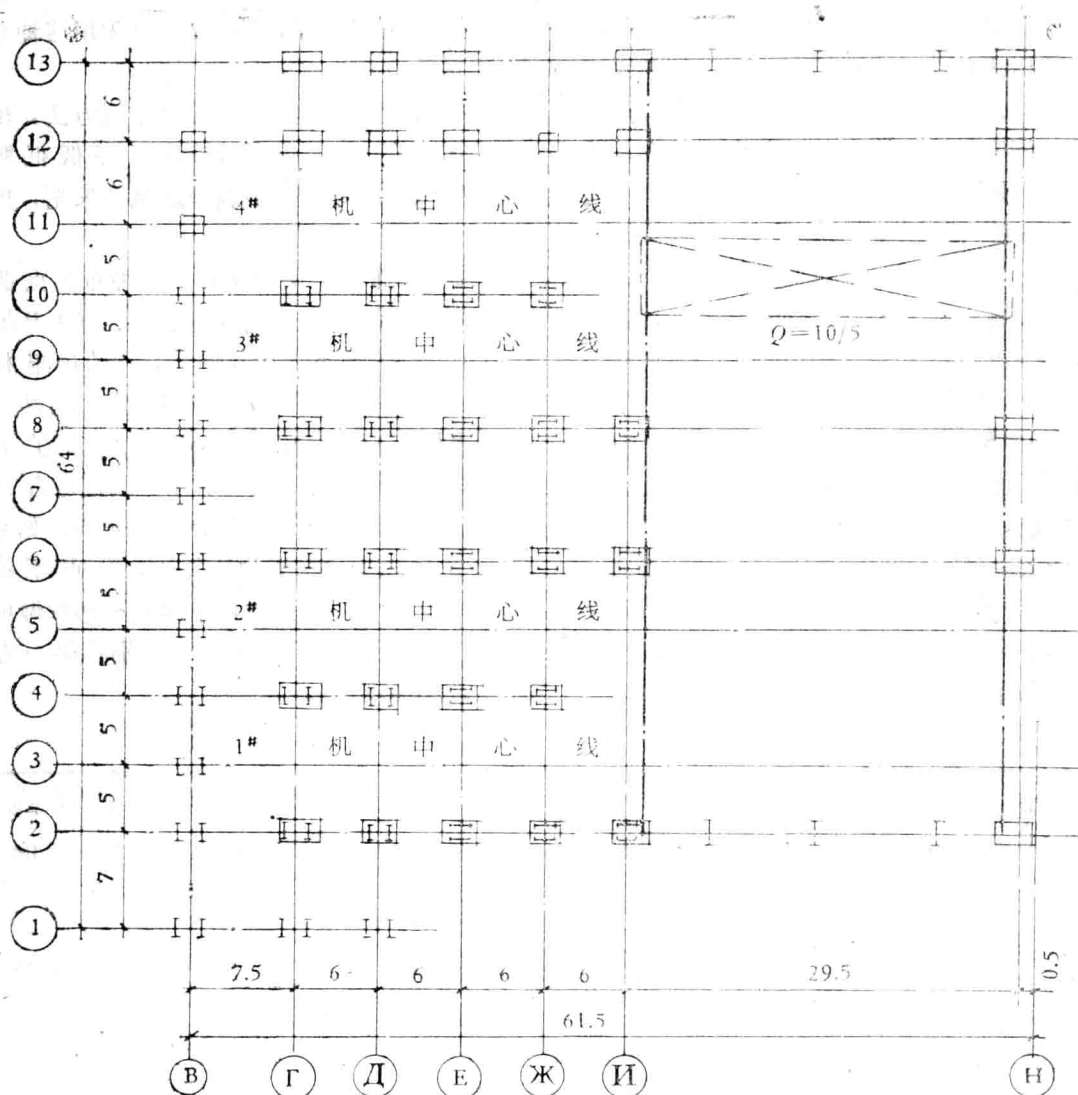
方案类别	屋 架		吊 车 梁		天 窗 架		柱 加 固 量	标准板利用率
	跨 距 (m)	数 量 (个)	跨 距 (m)	数 量 (个)	跨 距	数 量		
第一方案	10	24	10	8	4.5	24	6	50%
	11	6	11	2				
	6	6	6	2				
	合计	36	合计	12				
第二方案	20	6	20	2	8	12	4	80%
	21	6	21	2				
	10	6	10	2				
	6	6	6	2				
	合计	24	合计	8				

第二方案比第一方案能减少构件数量、旧柱加固量，提高屋面板利用率，节省钢材，节约投资，并且方便施工，因此决定采用第二方案。

高跨部分，由F~E线增设20/5t天车一台，E列线柱由V21.2m平台往上接长到高跨屋面，为方便施工采用钢柱接高，这部分柱网布置见图1.7。

2) 抗震缝设置

主厂房扩建后总长为91.5m，根据规范规定应设伸缩缝，同时应满足抗震缝要求。旧厂改造从E列线将厂房分为高低两部分，高跨柱顶为39.00m，低跨柱顶为27.00m，

图 1.6 $\nabla 16.40$ 以上柱网布置(方案 1, 方案 2)

高差较大，两部分刚度相差悬殊，应在高低跨度处设置抗震缝将两部分分开，但由于旧结构已经形成，梁柱断开重新处理，构造复杂，施工困难，而且将要影响生产，因此抗震缝需设在另外适当位置。旧厂房 K~J 列有地下通廊和铁路无法设置抗震缝，为不影响生产，抗震缝设在 H 列线。由 H 列线以外到 T 线是扩建部分，采用装配整体式钢筋混凝土，可以预先施工，由 B~H 列主要是旧厂房改造部分，从 H 列线设置抗震缝兼起伸缩缝作用，将新旧两部分开，以减少地震或温度互相影响。抗震缝的具体位置见图 1.8。

3) 减少加固量, 提高厂房结构强度和刚度的主要措施

旧厂房结构根据原计算大多数梁柱应力已用到 $1800\text{kg}/\text{cm}^2$ 左右（旧规模 A_3 ， $\delta=2100\text{kg}/\text{cm}^2$ ），已无多大安全储备，由于工艺的改变，各平台荷载均增加较大，旧钢结构锈蚀严重，特别是原厂房没有考虑地震影响，改建设计按8度地震设防，按新

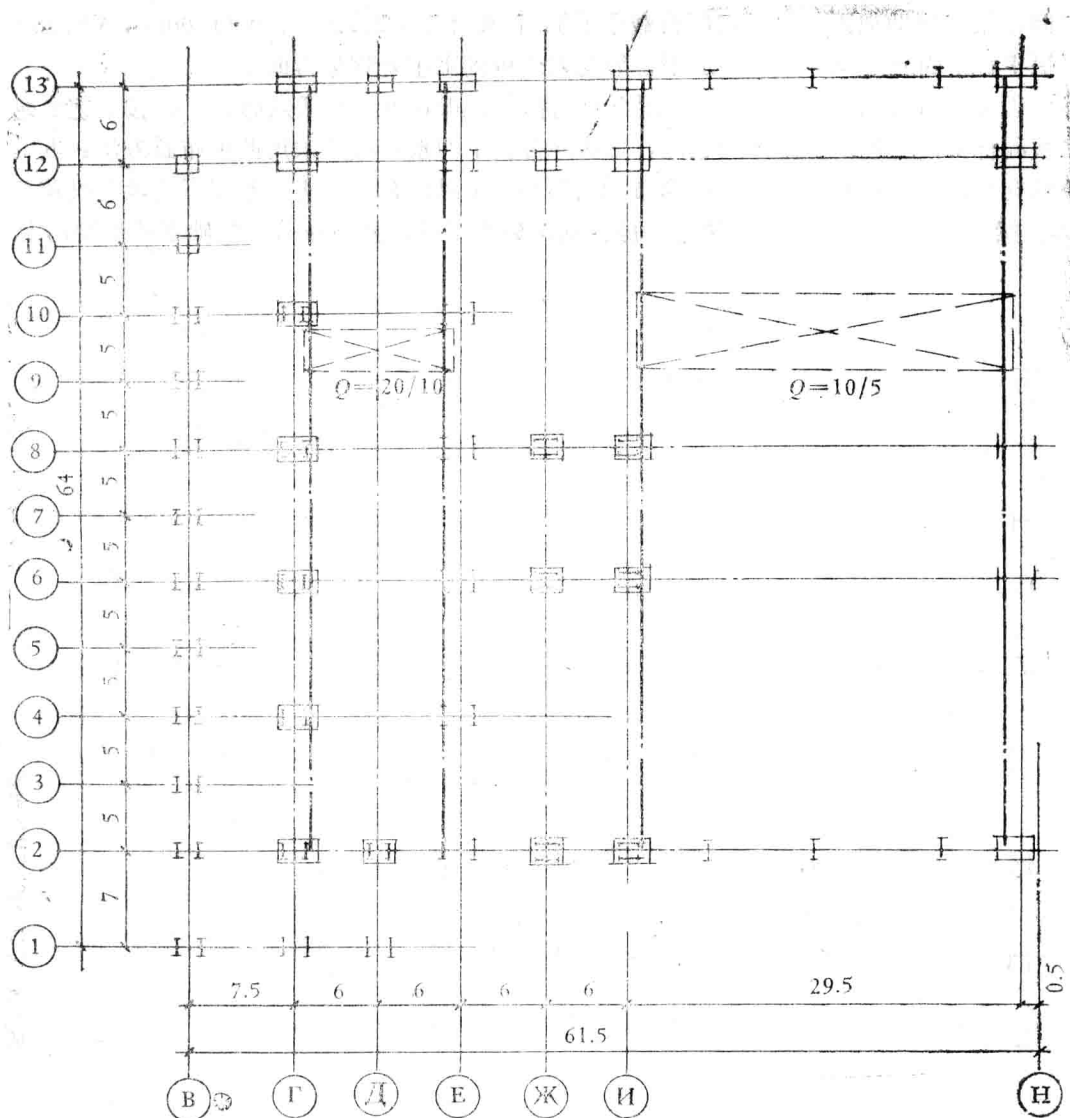


图 1.7 $\nabla 21.20$ 以上柱网布置

的条件计算,旧厂房结构梁柱应力达 $2500 \sim 3000 \text{ kg/cm}^2$,自震周期为 2.9s 以上,几乎所有梁柱及基础均需加固,如何达到加固最少,充分利用现有结构是设计中应着重解决的课题,针对本工程的特点采取了以下的措施:

(1) 选择适当的主要承重框架

旧厂房1~4号烧结机部分为钢柱、钢梁的纵横刚架结构,现浇混凝土板,板与梁无连系;5号机部分为钢筋混凝土结构。由于烧结工艺复杂,平台荷载大,开孔多,承重框架不能在一个方向布置,因此改造设计仍然采用纵刚横刚的框架加支撑结构。刚架节点多,框架刚度好,因此所有节点,除吊车柱顶因施工困难外采用铰接,其它均采用刚节点。为了减少加固量,针对各层平台荷载情况选择适当的主要承重框架重点加固,其它

① $\nabla 21.20\text{m}$ 平台,上面有二次混合机4台,每台重160t(包括基础重),按工艺要求二次混合机只能按厂房的纵向布置,二次混合机下的承重梁可采用两种布置方法:其一按纵向布置见图1.9a,其二按横向布置见图1.9b。纵向布置方法,基础下的承重梁跨距6m,梁高需1.2m,荷载直接传给厂房横向框架的横梁;横向布置,基础下承重梁跨距

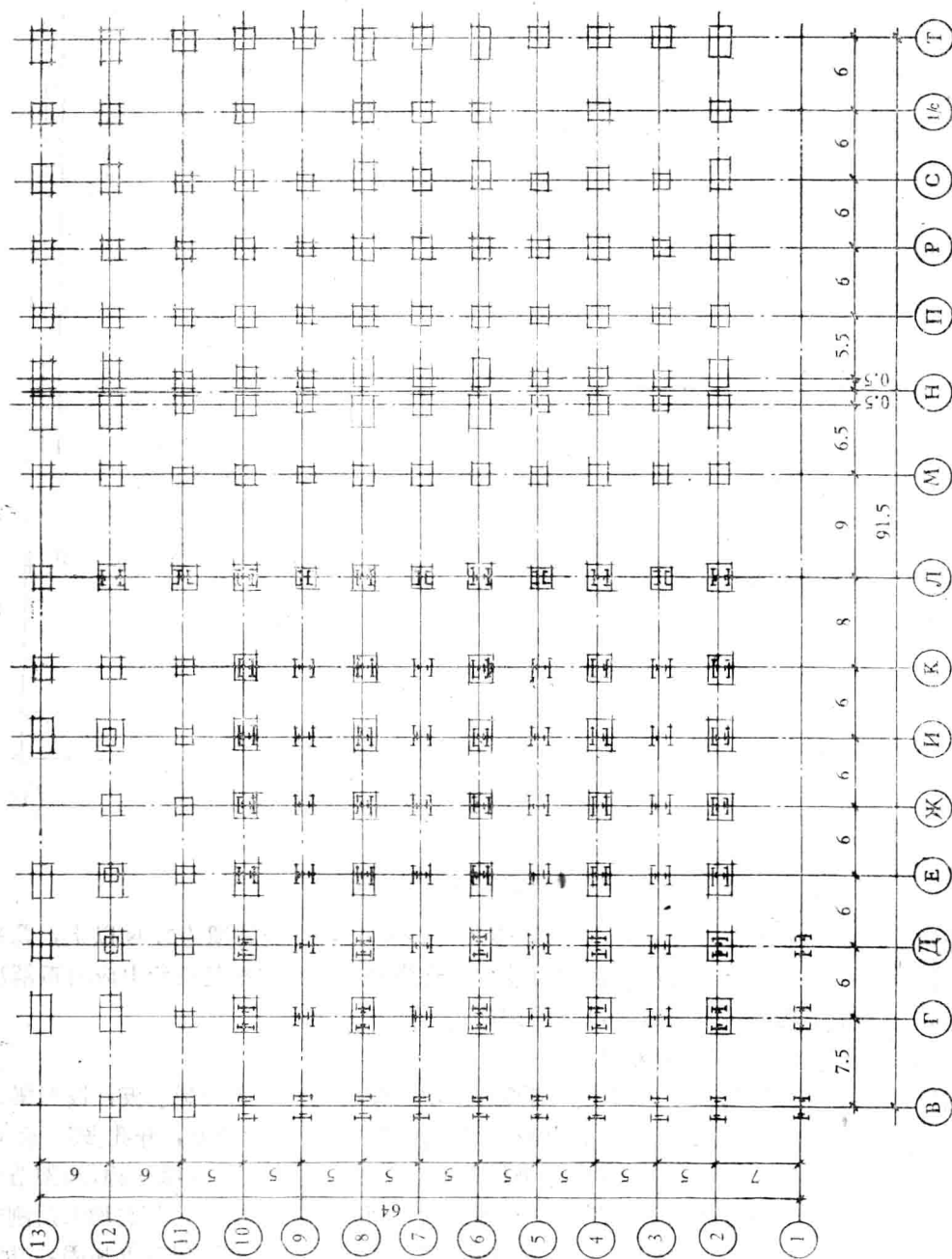


图 1.8 $\nabla 11.00$ 以下柱网布置

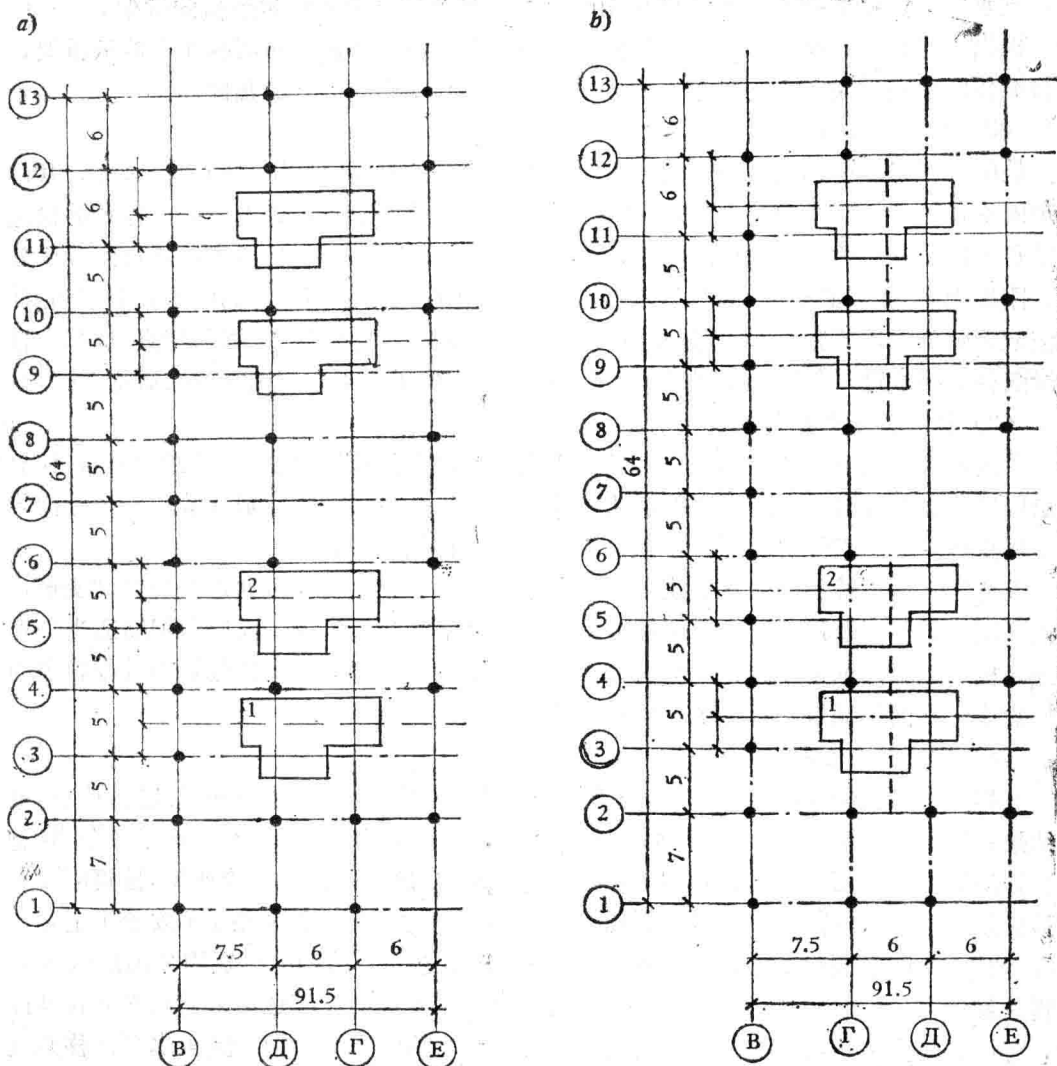


图 1.9 平台梁布置方案 (∇21.20平台)

a)一纵向布置方案; b)一横向布置方案;

1—平台梁; 2—二次混合机基础

10m, 梁高需1.6m以上, 荷载传给纵向框架的横梁, 此梁跨距6m, 这样主梁跨距小, 次梁跨距大, 造成主梁构造加高, 这种布置方法不仅浪费, 而且对平台振动不利, 主梁与次梁接头复杂, 施工困难。因此二次混合机下的承重梁采用纵向布置方案。

②∇11.00m 平台, 是烧结机的支承平台, 荷重较大, 烧结机的承重骨架按厂房的纵向布置。间距为2~3m, 骨架处承重梁亦可横向或纵向布置。旧厂原设计承重梁为横向布置, 荷载传给厂房纵向框架, 这种布置承重梁的数量增多, 主次梁节点多, 加固改造工作量大, 施工不便, 因此烧结机骨架下的承重梁以纵向布置为好, 直接将荷载传给厂房的横向框架。

③∇4.95m在每台烧结机下面有沿厂房纵向布置的大烟道, 烟道为直径3.9m的钢结