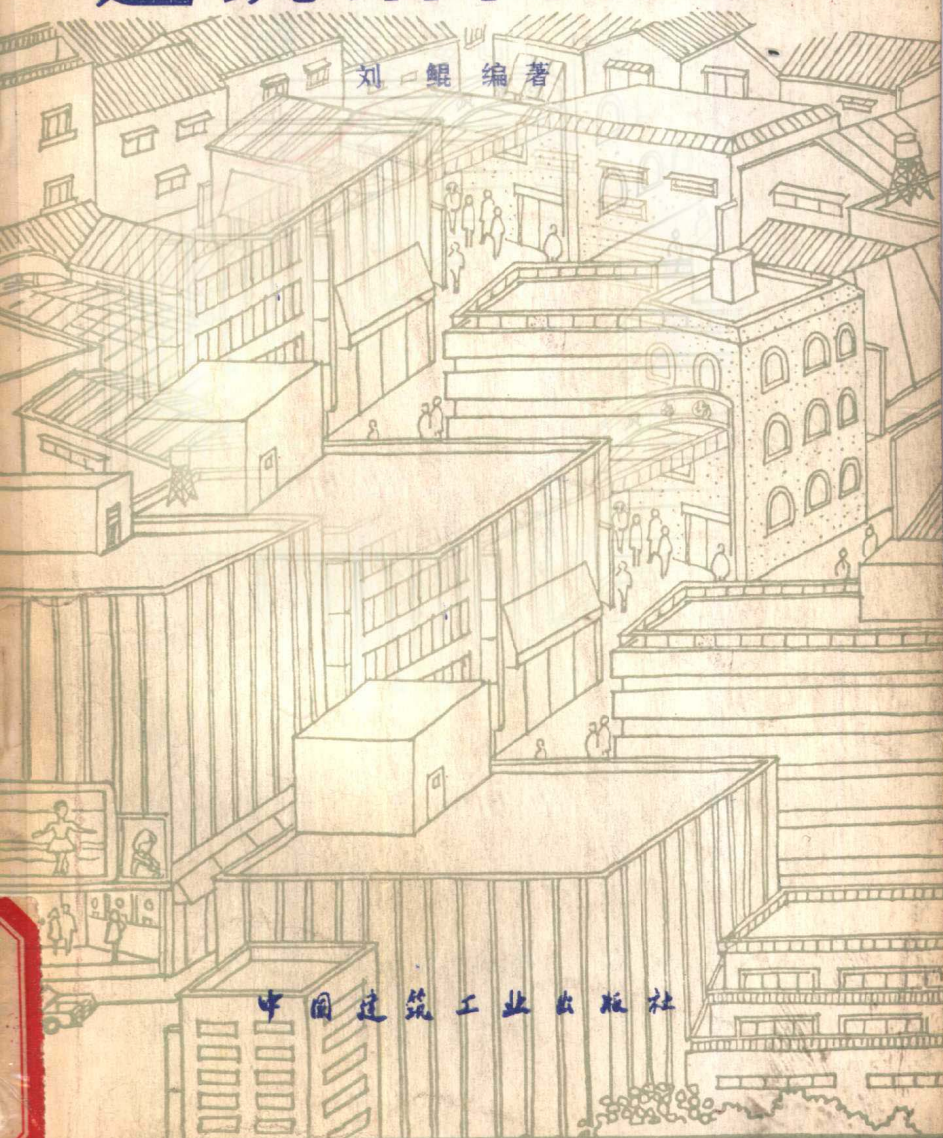


建筑结构修缮

刘 鯤 编 著

中国建筑工业出版社



建筑结构修缮

刘 鯤 编著

中国建筑工业出版社

本书介绍了混凝土、钢筋混凝土结构、钢木结构、砖石结构及地基基础的使用、维修和加固方面的知识，叙述了预应力加固结构和压力灌浆、喷浆、喷射混凝土等施工工艺用于结构修缮的方法，并列举了一些工程实例作为参考。

本书可供从事建筑结构修缮的工人、工程技术人员参考，也可在建筑结构工程的事故处理和改建工程中供工人、工程技术人员参考。

建筑结构修缮

刘 鲲 编著

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：6 $\frac{1}{2}$ 字数：143 千字

1980年3月第一版 1981年2月第二次印刷

印数：52,861—86,760册 定价：0.52元

统一书号：15040·3693

前 言

在建筑工程中，由于设计或施工上的疏忽、材料上的缺陷，或受自然条件的影响以及失于维修等原因，常导致建筑结构的功能减弱，甚至破坏，因而经常或定期对建筑结构进行修缮，是十分必要的。编者在总结建筑结构修缮实践经验的基础上，编写了本书，可供从事建筑结构修缮的工人、工程技术人员参考。

编写本书时，还参考引用了江苏省水电局和基本建设局、清华大学土建系工程结构教研组、华东建筑工业设计院、武钢建设经验总结组等单位的有关资料；在编写过程中，刘农、刘文平两同志分别为第六章、第一章拟写了初稿；黑龙江省鸡西发电厂领导干部和工人给了编者以热情关怀、支持和帮助，特在此一并表示感谢。

《建筑结构修缮》涉及到建筑领域内的多门科学知识，而又不应完全重复各门学科，它具有自己的一些特点，又加上笔者水平和实践有限，书中一定存在不少缺点、错误和不当之处，热诚地希望同志们提出批评、指正。

黑龙江省鸡西发电厂修缮分厂 刘鲲

一九七八年九月

目 录

第一章 绪论.....	1
第一节 建筑结构修缮的重要性.....	1
第二节 建筑结构的使用、检查和维护.....	1
第三节 结构受力评定的方法.....	3
第四节 建筑结构修理和加固的特点.....	9
第二章 木结构	12
第一节 木结构的缺陷与检查.....	12
第二节 木结构的维护.....	23
第三节 木结构的修理与加固.....	26
第三章 混凝土和钢筋混凝土结构	37
第一节 混凝土和钢筋混凝土的缺陷.....	37
第二节 混凝土材料耐久性的破坏.....	38
第三节 钢筋的锈蚀与保护.....	39
第四节 混凝土强度的测定及影响.....	43
第五节 结构的偏差与变形.....	46
第六节 混凝土自身应力形成的裂缝.....	48
第七节 荷载作用下产生的裂缝.....	53
第八节 结构受力状态的裂缝分析与裂缝的处理.....	58
第九节 新旧混凝土的结合.....	66
第十节 混凝土缺陷的表面修补与局部修补.....	69
第十一节 结构的加固.....	72
第四章 钢结构	86
第一节 钢材锈蚀的检查和维护.....	86
第二节 受力构造的检查与维修.....	88

第三节	钢结构的加固	92
第五章	砖石结构	98
第一节	砌体材料耐久性能的破坏及维护	98
第二节	砌体的裂缝	100
第三节	砌体的强度不足及荷载引起的裂缝	108
第四节	砖石结构的稳定性	113
第五节	砖石砌体的维修和拆修	114
第六节	砖石结构的加固	116
第七节	筒箍加固砖砌体的强度验算	123
第六章	地基基础	128
第一节	地基基础缺陷	128
第二节	地基变形及其观测	130
第三节	地基基础的使用和维护	133
第四节	地基基础缺陷处理及地基加固	135
第七章	预应力加固	144
第一节	预应力加固概述	144
第二节	用预应力拉杆加固受拉构件	147
第三节	用预应力拉杆加固钢筋混凝土梁板	152
第四节	采用预压应力支撑的加固	159
第八章	压力灌浆	168
第一节	概述	168
第二节	水泥灌浆	170
第三节	化学灌浆	175
第九章	喷浆和喷射混凝土	184

第一章 绪 论

第一节 建筑结构修缮的重要性

为了保证建筑 结构的安全、适用和耐久，应以预防为主，首先从基本建设的勘测、设计和施工阶段认真抓起，贯彻“百年大计，质量第一”的方针，确保基建工程质量。而在建筑结构已建成之后，关键还在于正确的使用和修缮。监督结构正确的使用、及时地进行检查、维护和修理，是保证建筑结构的安全、适用和耐久的重要措施，也是修缮部门的基本职责。

建筑结构修缮部门，遍布所有的企业、事业单位，修缮工作作的是否及时、合理，直接影响着工农业生产，联系着广大人民的工作和生活，对于安全生产、建筑物的正常使用和延长其寿命起着重要的作用。建筑结构修缮在人力、物力和资金消耗上都占有重要的比重。建筑结构修缮是全面贯彻多快好省地建设社会主义的总路线和贯彻勤俭建国方针的一个重要方面。

第二节 建筑结构的使用、检查和维护

基建工程交工验收后，应根据勘探、设计和施工的质量，确定楼板和屋面允许的使用荷载，对有关使用人员作好允许使用荷载的交底，必要时在现场作出标志；对水工建筑尚应考虑使用、安全、耐久的要求而确定正确的运行方式。

有条件的单位均应建立技术档案，其内容包括：工程地质和水文勘探资料，建筑物设计说明书，建筑物和地下工程的总平面图，设计图纸，设计变更通知书以及其它有关设计文件；建筑施工的检查记录和隐蔽工程记录，质量事故处理记录，原材料、半成品和成品的出厂合格证和试验、化验报告，沉降观测记录、工程竣工图和其它有关施工文件；建筑物使用阶段的沉降观测记录，重要的检查和鉴定记录，大修和改建施工图纸和施工记录等。

建筑结构的检查和观测是建筑物使用、管理、维护和修理的重要依据，其目的在于随时掌握结构的技术状态和安全状态；总结设计、施工、使用和维护的经验和教训，指导建筑物的使用和维护；及时查明结构的缺陷，以便及时组织修理等。建筑结构的检查和观测，除接替施工单位继续完成沉降观测、裂缝观测和其它缺陷的监视观测外，应根据建筑物的具体情况和气象条件进行经常性监督和检查、定期检查和特别的检查。经常性的监督和检查应及时了解结构的技术状态并监督结构的使用。定期的检查应结合建筑物特点和季节特点作出合理的规定，一般每年不少于两次，如雨季、汛期、越冬前后等。特别的检查应在结构安全状态、耐久性能发生异常以及使用条件发生变更时及时组织进行。

任何建筑物都应有正确的使用和维护，以保证结构处于正常受力条件和外界条件下工作，贯彻“预防为主”的方针，防止结构缺陷的产生和扩大。

为了保证结构的正常受力，禁止在楼面、屋面上施加超过规定的荷载；未经计算和审核批准，禁止在建筑结构上开洞、砍切梁柱断面、转移较重的固定设备、拆迁加固的支柱或其它改造工作。

建筑结构的维护制度应与结构种类、外界条件相适应。木结构的防潮防腐、钢结构的防锈、砖石结构的防潮等维护都对保持材料耐久性能、延长建筑物寿命有着重要的意义。不同结构的维护要点，将在各种结构有关章节中加以叙述，这里述及几个共同有关的问题：

1. 屋面维护 屋面积灰应予经常或定期的清扫，以防超载。各种屋面均应定期检查修理，保持完整，屋面瓦和油毡防水层的破坏应及时修复，天沟及落水管应经常清扫和疏通，以免雨水渗漏使结构受潮腐蚀。

2. 场地维护 室外场地、道路应按时清扫、修整，保持设计标高，保证地表排水通畅，保持墙基散水台阶的完整和有效工作，以防墙基受潮和地基浸水。

3. 水道维护 排水系统应经常检查和修理，保持通畅，供水系统、上下水道和取暖系统等漏水时应及时修复。

4. 防冻维护 结冰期前应作好建筑物的保温防冻工作，凡不应受冻的结构不应承受冰压和土壤冻胀力影响的结构都应采取措施，防止产生冻害。

第三节 结构受力评定的方法

在建筑结构修缮中，结构受力评定的方法一般有三种：一、分析计算法；二、荷载试验法；三、实物调查比较法。

一、分析计算法

分析计算法是首先通过对建筑物的考察和量测，然后将有关资料和量测结果运用结构理论加以分析和计算，从而作出评定的一种方法。分析计算法是目前结构评定中最普遍使用的方法。在结构评定中，通常首先考虑使用分析计算法，

如分析算法缺乏依据使其准确性不能满足要求时，再采用其它方法深入一步地进行结构评定。

运用不同结构在不同受力阶段的典型特征（如挠度、裂缝和其它变形等）来与被评定的结构特性作比较，从而判断结构的受力状态，是分析算法的一个重要的方面，它具有简便、迅速的优点。钢筋混凝土结构、砖石结构在不同受力阶段的裂缝、木结构的局部破坏特征等都比较典型，其应用亦比较普遍和可靠。

对于各种新建的常用结构需要增加新的荷重等情况下，亦应按照有关设计规程进行计算分析。

旧有结构的计算校核应比原工程的设计计算更加深入细致：第一，荷载计算应根据实际荷载。第二，材料强度标号应以实测结果为准，而不应直接引用设计图纸规定的标号。第三，对原设计计算采用的规范、公式、计算图形应加以分析，看其是否与实际结构相符。

二、荷载试验法

荷载试验法是在对结构进行考察或粗略的评定后，施加试验性荷载，从而进行结构评定的一种方法。荷载试验法常用于：发生质量事故、材料变质、火灾、爆炸、撞伤等情况的结构；发现过度变形和裂缝等缺陷的代表性构件；需要增加荷载的结构以及采用新技术、新理论、新工艺的结构评定等。

荷载试验根据荷载性质不同，可分为静载试验和动载试验，在一般的情况下，多采用静载试验。根据荷载作用时间长短的不同，荷载试验可分为暂时荷载试验和长期荷载试验。用暂时荷载试验代替长期荷载试验时，试验结果应加以分析。按荷载施加对象不同，荷载试验可分为实体试验和模拟试验，模拟试验的条件应尽量与实体相符。荷载试验又可

分为破坏性试验和非破坏性试验，对实际建筑结构，一般只允许作非破坏性试验，为此，在试验前应编制相应的加载程序并采取其它必要的安全措施。

荷载试验，通常是指有计划、有组织专门进行的试验。它往往受到时间、材料、人力等方面的限制，试验结果与实践之间具有一定的差距。把荷载试验与生产实践紧密地结合起来，那末荷载试验就有了更加广阔的含义。生产实践中有时出现与荷载试验相似的加载条件，认真观测生产实践过程中结构工作的特征和变化，认真总结结构使用过程中的经验和教训，可能收到与荷载试验相似的效果，而且实际建筑物在一定条件下的裂缝、变形、耐久性破坏等特征的观察结果，比实验更为准确可靠，更加符合多快好省的精神。

【实例 1-3-1】 某单层单跨砖木结构的车间，屋架为豪式木屋架，跨度12米。投产后第二年、第三年陆续发生结构变形，其特征为：下弦的接头拉脱、下垂，上弦节点变形、劈裂并略呈扭转，屋架支座下墙身向外倾斜。

问题发生后，曾对有关节点进行计算校核：

1. 实测部分计算资料如图1-1及图1-2。

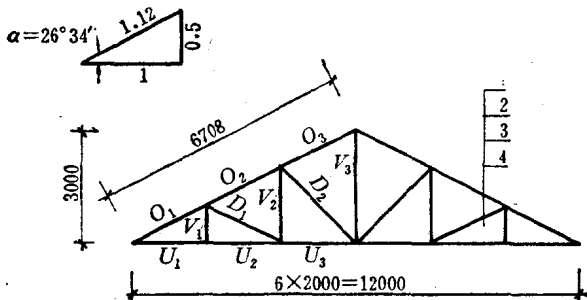


图 1-1 屋架几何尺寸及屋盖构造

1—红瓦屋面；2—挂瓦条；3—檩条；4—桁架

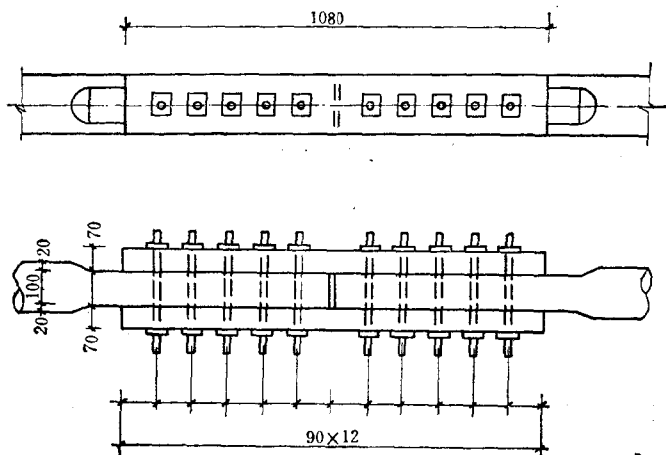


图 1-2 下弦的接头构造

2. 荷载计算

(1) 静载	红 瓦	55公斤/米 ²
	瓦条+椽条	4公斤/米 ²
	桁 条	13.4公斤/米 ²
	小计	72.4公斤/米 ²

(沿屋面)

按水平面计 $72.4 \times 1.12 = 81 \text{ 公斤/米}^2$

(2) 雪载 $s = \text{基本雪压} \times \text{积雪分布系数}$
 $= 23.5 \text{ 公斤/米}^2 \text{ (沿水平面)}$

(3) 屋架自重 7.15 公斤/米^2

节点总静载 $= (72.4 + 7.15) \times \text{屋架间距}$

$\times \text{节点间距 (沿屋面)}$

$= (72.4 + 7.15) \times 6 \times 2.28 = 1088 \text{ 公斤}$

节点雪载 $= 23.5 \times \text{屋架间距} \times \text{节点间距 (沿水平面)}$

$$=23.5 \times 6 \times 2 = 282 \text{ 公斤}$$

节点总荷载 $P = 1088 + 282 = 1370 \text{ 公斤}$

3. 内力计算

由节点荷载 $P = 1370 \text{ 公斤}$ ，作内力计算，得知桁架各杆件内力如下表：

杆 件 内 力 表

杆	件	最大内力 (公斤)	杆	件	最大内力 (公斤)
上 弦	O_1	7658	竖 杆	V_1	0
	O_2	6124		V_2	685
	O_3	4590		V_3	2740
下 弦	U_1	6850	斜 杆	D_1	1534
	U_2	6850		D_2	1932
	U_3	5480			

注：杆件编号见图1-1。

4. 对下弦接头的计算校核

(1) 螺栓联结承载力验算

查《木结构设计规范GBJ 5-73》(本例以下简称GBJ5-73)表5得：

顺纹承压容许应力 $[\sigma_c] = 80 \text{ 公斤/平方厘米}$

查GBJ5-73表11得：计算系数 $K_c = 20$

实测螺栓直径 $d = 1.59 \text{ 厘米}$ ，数量 $n = 5 \text{ 个}$

按GBJ5-73第32条计算螺栓每一剪面的承载力 $[T]$

$$[T] = K_c d^2 \sqrt{[\sigma_c]} = 20 \times 1.59^2 \times \sqrt{80}$$

$$= 452 \text{ 公斤}$$

接头的总承载力 $= 2 \times 5 \times 452 = 4520 \text{ 公斤}$

实际内力 $T = 5480$ 公斤 $>$ 承载力

故不安全。

(2) 按 GBJ5-73 第 34 条要求, 验算螺栓排列的最小间距: $s \geq 7d = 7 \times 1.59 = 11$ 厘米

实际采用的螺栓间距为 9 厘米

故不安全。

5. 对上弦顶部节点及其它构造验算 (从略)

验算结果表明, 上弦顶部节点及其它构造在事故变形前强度安全。

根据结构变形特征的分析及强度计算校核, 从而作出评定认为: 结构变形的原因在于下弦螺栓联结承载能力不足, 应予补强加固; 屋架上弦节点的变形是由于下弦破坏引起的, 修复后可以保证安全。

结构处理的情况是: 用撑杆校正屋架的挠度变形的同时, 屋架支座下墙身随之复原, 用钢拉杆加固了下弦接头后, 结构再未出现异常现象。

【实例 1-3-2】 某钢筋混凝土电缆沟全长 700 米, 混凝土设计标号 200 号。施工质量不良, 施工预留试块试压结果为强度 81~100 公斤/厘米², 用钢球撞击法在结构内壁两侧探测混凝土标号差异很大, 最后采用荷载试验法评定。选取质量较差的代表性区段, 用铸铁块分三次加载, 试载荷载为使用荷载的 1.2 倍, 加载 24 小时后, 用千分表测得挠度仅为 0.1 毫米, 相对挠度为 $\frac{1}{19000}$, 未见任何裂缝和其它异常现象。评定结果认为结构可以正常受力, 未作任何加固处理, 多年来使用情况正常。

第四节 建筑结构修理和加固的特点

建筑结构的修理包括维修、小修和大修。维修是一项经常性的工作，小修应在出现缺陷时及时处理，维修和小修对于防止缺陷的产生和扩大具有积极的意义。小修和大修通常按工程量大小和影响生产、使用的时间来划分，凡是在小修中能够处理的缺陷均不应消极等待大修来解决。

建筑结构修理和加固是基本建设的继续，但并不是基本建设的简单重复。建筑结构修理，特别是大修理（包括加固、改造、拆除重建等），与基本建设有相似之处，然而也有自己的一些特点：

1. 由于旧有建筑物的存在以及未来使用年限要求的不同，结构加固或修复的标准不可能与设计规程完全相同，而应在满足安全使用的前提下，根据使用要求和耐久性要求的具体情况，正确地掌握加固或修复的有关标准尺度。

2. 建筑结构修理，应充分调查掌握原有建筑物在生产工艺、使用效果等方面的优点和缺点，建筑结构在力学性能、耐久性能等方面的优点和缺点，从而在加固、改建、拆除重建过程中尽量保持优点，消除缺点。

3. 建筑结构修理，应充分考虑加固、改造、局部拆除的施工对生产和使用的影响，必要时应从设计上和施工组织上采取有效措施，减少停工停产影响使用的时间。

4. 对于局部拆除修理和改造工程，应在对原结构作周密、细致检查评定的基础上，尽量保留利用有价值的结构，避免不必要的拆除，同时又必须保证保留部分的安全可靠和耐久，做到“拆除有理，保留有据”。此外，尚应充分考虑

对拆除之材料加以回收及重新利用的可能。

5. 建筑结构修理施工是在荷载存在情况下进行的, 必须强调保证施工每一阶段结构的安全。特别是拆换受力构件和支撑、混凝土的清理、凿毛和破坏作业, 在建筑结构上施加新的施工荷载等, 都使结构受力条件发生变化, 均应作出分析评定, 必要时采取有效的安全措施, 包括从加固设计上采取措施, 从施工组织上采取措施等。

下面的[实例1-4-1]为需要考虑荷载的存在和不停产要求的特点而妥善进行加固设计和施工的一个实例。

【实例 1-4-1】 某电厂钢筋混凝土烟囱高 100 米, 建于 1973 年, 烟道口宽 3.5 米, 其顶标高为 +31.5 米, 该处烟囱半径为 3.4 米。1976 年由于生产改建需要再开一个面积为 15.2 平方米的烟道口。

后开新洞口的设计与施工必须考虑到: 烟囱断面上正承受着巨大的自重和风载; 新洞口较大幅度地削减了该处断面上混凝土面积和钢筋数量; 烟囱加固方法和施工程序对烟囱的安全影响甚大; 减少烟囱停止运行的时间对于满足发电需要具有重要的经济意义。为此, 在其加固设计和施工组织中作了如下分析和处理:

1. 新烟道口的布置问题 原烟道口四边筒壁在基建过程中已加强了配筋, 为了避免影响原洞口的受力, 新洞口设置于原洞口顶部横梁之上, 新洞口与原洞口相同宽度、位于同一铅垂线位置上。由此确定新洞口尺寸为宽 3.5 米, 高 3.9 米。

2. 新洞口破坏作业的安全措施 先作烟囱加固, 然后进行开口破坏作业。

3. 烟囱加固 为补偿新的开口对烟囱受力的影响, 筒壁在新洞口两侧及顶部位置上用现浇钢筋混凝土柱、梁加固。

为了减少停止电力生产的损失，烟囱加固仅在外壁进行，为不停产情况下施工创造条件。加固方法是用风镐破坏、砍切加固区段的烟囱外壁混凝土以暴露钢筋，然后补焊钢筋、型

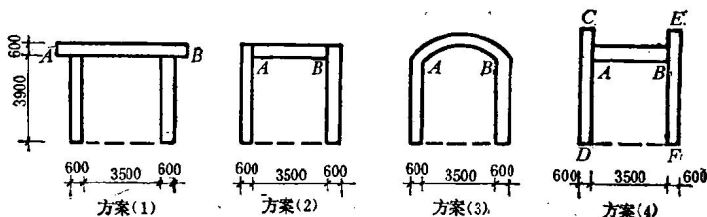


图 1-3 新开烟道口加固方案

钢，支模，补灌混凝土。立柱加固断面见[实例3-11-5]。

4. 加固梁柱的立面布置与施工程序 加固梁柱的立面布置考虑了四个方案，如图 1-3 所示，前三种方案中横梁（或拱）AB 施工时的破坏作业威胁烟囱受力安全，最后选用了方案四，并规定了首先施工立柱 CD 和 EF，此时对结构受力影响甚小，待立柱混凝土达到强度时再施工横梁 AB，此时立柱的 AC、BE 段已参予受力，从而减少了 AB 段施工时烟囱受力的影响。

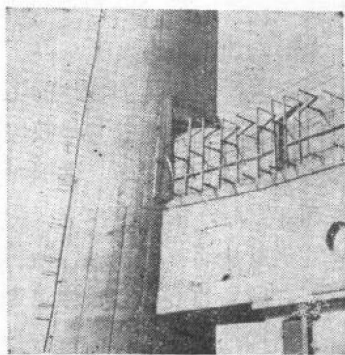


图 1-4 烟囱与增设烟道口（与钢烟道交接处）的加固写照

该烟囱筒壁的加固与开口于1976年在不停产情况下完成，仅在ABFD区域的内衬开口时影响发电数小时。工程完成后的图形见图1-4，两年来结构工作正常。