

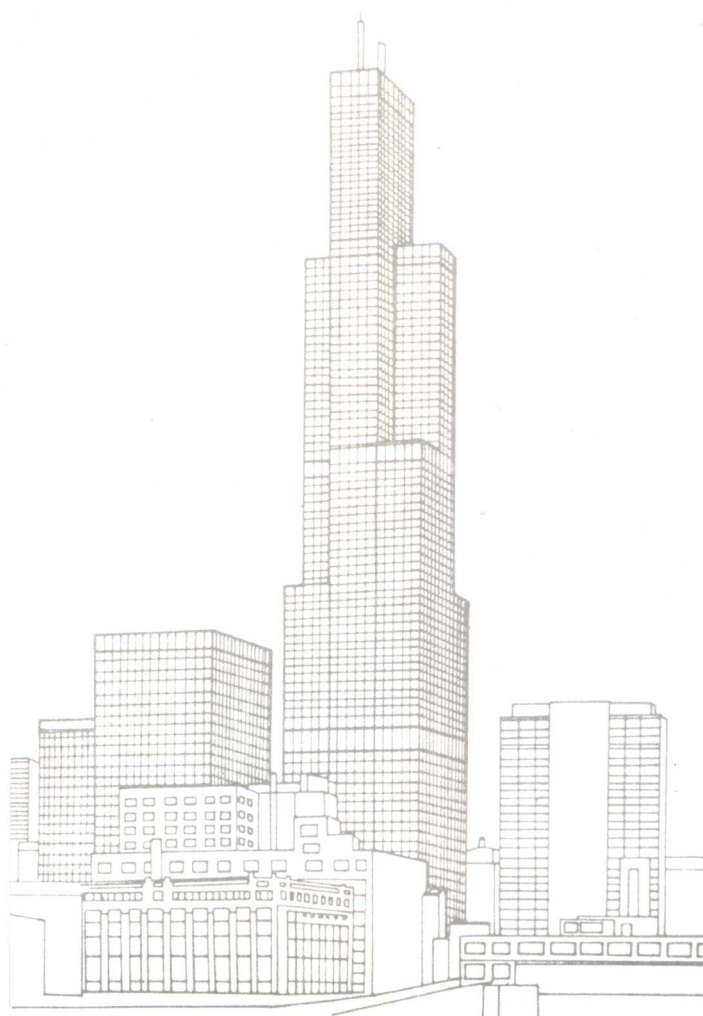
普通高等学校土木工程专业新编系列教材

中国土木工程学会教育工作委员会 审订

高层建筑施工

G C J Z S G

徐伟 胡晓依 刘匀 主编



4
WUTP

武汉理工大学出版社

普通高等学校土木工程专业新编系列教材
中国土木工程学会教育工作委员会 审订

高层建筑施工

主编 徐 伟 胡晓依 刘 匀

武汉理工大学出版社

· 武汉 ·

【内容提要】

本书根据近年来我国施工领域高层建筑施工技术发展的实践,系统叙述高层建筑施工理论和高层建筑施工与一般建筑施工的区别和技术要求。围绕高层建筑施工的深基础工程、高耸结构施工及钢和钢筋混凝土结构工程等三个主要方面,详细叙述深基础施工的常用工艺、适用条件、施工控制,高耸结构的混凝土模板,混凝土输送和垂直运输系统,钢和钢筋混凝土组合结构的施工顺序、安装工艺和过程控制等技术内容。教材最后还对高层建筑施工必须执行的强制性条文进行了论述。全书力求能反映目前我国施工领域新技术的水平,能作为高等学校土木类专业本、专科学生和研究生的教学参考书。能为广大工程技术人员工程实践提供参考。

【主编简介】

徐伟 男,1954年9月生,同济大学教授、博士生导师,兼任建设部建筑工程技术专家委员会委员、上海市建筑与管理委员会科学技术委员会委员、上海市高等教育建筑设计研究院院长。

长期从事土木工程领域的教学、科研和设计施工工作,研究方向为土木工程现代化施工理论与项目管理、施工结构的可靠度分析、超深基坑支护结构的施工设计与研究。

科研成果:曾主持多项上海市、国家教育部、国家重点自然科学基金项目的科研、设计与施工工作。

出版著作共8部,主编教材3部,参编教材2部,发表学术论文30余篇,并有多项科研成果荣获上海市科技进步二等、三等奖,教育部提名国家科技进步二等奖等。

E-mail: gdsjy @ online. sh. cn

图书在版编目(CIP)数据

高层建筑施工/徐伟,胡晓依,刘匀主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2003. 12
ISBN 7-5629-2023-0

I. 高… II. ①徐… ②胡… ③刘… III. 高层建筑施工-高等学校-教材 IV. TU7

出版者:武汉理工大学出版社(武汉市武昌珞狮路122号 邮政编码:430070)

印刷者:安陆市鼎鑫印务有限责任公司

发行者:各地新华书店

开 本:880×1230 1/16

印 张:19.5

字 数:646千字

版 次:2003年12月第1版

印 次:2004年8月第2次印刷

书 号:ISBN 7-5629-2023-0/TU·229

印 数:3001—8000册

定 价:27.50元

(本书如有印装质量问题,请向承印厂调换。)

普通高等学校土木工程专业新编系列教材

编 审 委 员 会

顾 问:成文山 滕智明 罗福午 魏明钟 李少甫 甘绍熺

施楚贤 白绍良 彭少民 范令惠

主 任:江见鲸 吕西林 高鸣涵

副主任:朱宏亮 李永盛 辛克贵 袁海庆 吴培明 李世蓉

刘立新 赵明华 孙成林

委 员:(按姓氏笔画顺序排列)

于书翰 丰定国 毛鹤琴 王天稳 王社良 邓铁军

白晓红 包世华 田道全 叶献国 江见鲸 吕西林

刘立新 刘长滨 刘永坚 刘伟庆 朱宏亮 朱彦鹏

孙家齐 孙成林 过静君 闵小莹 李永盛 李世蓉

李必瑜 李启令 吴培明 吴炎海 吴炜煜 辛克贵

何铭新 汤康民 陈志源 汪梦甫 张立人 张子新

张建平 邵旭东 罗福午 周 云 赵明华 赵均海

尚守平 杨 平 柳炳康 姚甫昌 胡敏良 俞 晓

桂国庆 顾敏煜 徐茂波 袁海庆 徐 伟 徐礼华

高鸣涵 蒋沧如 彭少民 覃仁辉 雷俊卿 蔡德明

廖 莎 燕柳斌 戴国欣 魏明钟

总责任编辑:刘永坚 田道全

秘 书 长:蔡德明

出版说明

1998年教育部颁布了高等学校本科专业的新专业目录后,1999年全国的高等学校都开始按照新专业目录招生。为解决土木工程专业教材缺乏的燃眉之急,武汉理工大学出版社(原武汉工业大学出版社)于2000年年初率先组织编写了这套“普通高等学校土木工程专业新编系列教材”。经中国土木工程学会教育工作委员会审订并向全国高校推荐,三年来,本套教材已为众多院校选用,并受到了普遍欢迎。其中多种教材荣获教育部全国高等学校优秀教材奖或优秀畅销书奖。截至2002年年底,系列教材中单本销量最高的已接近7万册。这充分说明了系列教材编审委员会关于教材的定位、特色和编写宗旨符合新专业的教学要求,满足了新专业的教学急需。

正如初版的出版说明中所说,本套教材是新专业目录颁布实施后的第一套土木工程专业系列教材,因此,尽管我们的编审者、编辑出版者夙兴夜寐、尽心竭力,不敢稍有懈怠,它仍然还会存在缺点和不足。首先是教材中涉及的各种国家规范问题。教材编写时正值各种规范全面修订,尚未定稿,新规范正式颁布的时间还不能确定,而专业教学对新教材需求的急迫又使编写、出版工作不能等待,因此系列教材中很多涉及到规范的地方只能按照当时基本定稿的新规范内容进行讲解或说明。当各种新的国家规范陆续正式颁布后,本套教材中相关的部分就已按照新规范及时编写了修订稿,准备作为第2版出版。其次,2002年10月,高等学校土木工程专业指导委员会编制的本科教育培养目标、培养方案及课程教学大纲正式公布,各门课程教材的修订有了更明确的方向。第三,初版教材在各院校使用过程中,师生们根据教学实践提出了很多中肯的意见,我们虽然在每本教材重印时进行了局部的修改,但仍感到存在一些问题,需要做较大的修订。因此,系列教材编审委员会决定全面修订、出版全套教材的第2版。根据土木工程专业的教学需求,本套系列教材还将增补13种,也与第2版教材同时推出。教材的编审委员会委员也相应地进行了增补和调整。

第2版教材的修订及增补教材的编写仍然秉承编审委员会一贯的宗旨,把教材的质量放在第一位,力求更好地满足课程教学的需要。我们更希望使用教材的师生一如既往,继续关心本套教材,及时反馈各校专业建设和教学改革的信息与要求,多提意见和建议,以便我们及时修订,不断完善和提高,把教材打造成名副其实的精品。

武汉理工大学出版社

2003.2

前 言

近年来,我国的建设事业迅速发展,施工领域的新技术、新工艺、新材料不断涌现,传统的高层钢筋混凝土结构施工方法有了很大的改进和发展,钢结构和钢与钢筋混凝土组合结构的高层施工方法有了系统的积累和创新,本书正是根据近年来我国施工领域高层建筑施工技术发展的实践,系统叙述高层建筑施工理论和高层建筑施工与一般建筑施工的区别和技术要求。围绕高层建筑施工的深基础工程、高耸结构施工及钢筋混凝土结构工程等三个主要方面,详细叙述深基础施工的常用工艺、适用条件、施工控制,高耸结构的混凝土模板,混凝土输送和施工中的垂直运输系统,钢和钢筋混凝土组合结构的施工顺序、安装工艺和过程控制等技术内容。书中对深基础工程的叙述着重强调了基础工程的施工部署和施工程序及相应注意的问题,对高耸混凝土结构施工的模板系统作了详细的介绍,分析了各类模板系统的发展、适用性和目前应用的情况,对适应目前施工机械和材料制备的混凝土及其它材料的垂直运输系统进行了相应的介绍。教材最后还对高层建筑施工必须执行的强制性条文进行了介绍。全书力求能反映目前我国施工领域新技术的水平,能作为高等学校土木类专业本、专科学生和研究生的教学参考书,能为广大工程技术人员工程实践提供参考。

本书第1、2章由徐伟、沈青、井哲编写,第3、6、7、8章由胡晓依、徐伟编写,第4章由刘匀、胡晓依编写,第5章由刘匀、金瑞珺、徐伟编写,第9章由徐伟、井哲、王惠琴编写,全书最后由徐伟、胡晓依、刘匀整理定稿。由于时间关系,书中不当之处敬请指正。

编 者

2003年7月2日

目 录

1 概论	(1)
本章提要	(1)
1.1 高层建筑发展的历史和现状	(1)
1.2 高层建筑施工技术的发展和现状	(2)
思考题	(7)
2 高层建筑深基础施工概述	(8)
本章提要	(8)
2.1 软土地基中深基础工程施工支护结构问题研究的历史和现状	(8)
2.2 软土地基深基础工程施工支护结构的特点	(13)
2.3 深基础施工结构的设计选型和优化	(15)
2.4 深基础工程施工技术的总结	(16)
思考题	(18)
3 高层建筑基坑工程	(19)
本章提要	(19)
3.1 基坑降水工程	(19)
3.1.1 工程勘察	(19)
3.1.2 技术方法	(20)
3.1.3 施工排水	(20)
3.1.4 施工降水	(23)
3.1.5 降水监测与维护	(34)
3.1.6 基坑降水的质量控制	(34)
3.2 基坑土方开挖工程	(34)
3.2.1 准备工作	(34)
3.2.2 挖土方法	(35)
3.2.3 土方机械	(36)
3.2.4 挖土的注意事项	(37)
3.2.5 放坡开挖	(37)
3.2.6 支护开挖	(42)
3.2.7 土方开挖的质量控制	(43)
3.3 基坑支护工程	(43)
3.3.1 支护工程特点	(43)
3.3.2 支护结构	(43)
3.3.3 支撑结构	(68)
3.3.4 土层锚杆	(76)
3.3.5 逆作法施工	(81)
3.4 基坑工程监测	(87)
3.4.1 监测目的	(87)
3.4.2 监测内容	(88)
3.4.3 监测仪器	(88)
3.4.4 监测方法	(89)

3.4.5	基坑变形控制保护等级	(92)
3.4.6	基坑监测项目的警戒值和允许值	(92)
3.4.7	监测结果的分析与评价	(93)
3.5	基坑工程施工组织设计实例	(93)
3.5.1	降水工程	(94)
3.5.2	支护工程	(95)
3.5.3	土方开挖工程	(96)
3.6	基坑工程质量通病与防治	(98)
3.6.1	基坑降水工程质量通病与防治措施	(98)
3.6.2	基坑土方开挖工程质量通病与防治措施	(102)
3.6.3	基坑支护工程质量通病与防治措施	(105)
	思考题	(110)
4	高层建筑基础工程	(111)
	本章提要	(111)
4.1	桩基础工程	(111)
4.1.1	桩基础的类型	(111)
4.1.2	桩基础的设计	(113)
4.1.3	钢筋混凝土预制桩施工	(114)
4.1.4	钢桩施工	(122)
4.1.5	混凝土灌注桩施工	(125)
4.2	大体积混凝土基础工程	(136)
4.2.1	混凝土的裂缝	(137)
4.2.2	大体积混凝土的温度裂缝	(139)
4.2.3	温度应力	(140)
4.2.4	大体积混凝土裂缝的控制	(144)
4.2.5	工程监测	(150)
4.2.6	大体积混凝土基础施工	(152)
4.3	基础工程质量通病与防治	(154)
4.3.1	桩基础工程质量通病与防治	(154)
4.3.2	大体积混凝土基础工程质量通病与防治	(158)
	思考题	(158)
5	高层建筑主体结构施工	(159)
	本章提要	(159)
5.1	高层建筑混凝土结构的形式及相应的施工方法	(159)
5.2	结构施工起重运输体系的选择	(160)
5.2.1	模板、钢筋等运输	(160)
5.2.2	混凝土的运输	(161)
5.3	高层建筑脚手架工程	(164)
5.3.1	扣件式钢管脚手架	(165)
5.3.2	门式钢管脚手架	(174)
5.3.3	碗扣式钢管脚手架	(179)
5.3.4	挂、挑、吊脚手架	(182)
5.3.5	附着升降式脚手架	(184)
5.4	高层建筑模板工程	(186)
5.4.1	组合钢模板	(187)

5.4.2	滑模	(189)
5.4.3	大模板	(195)
5.4.4	爬模	(199)
5.4.5	楼盖模板	(202)
5.4.6	模板工程设计	(207)
5.4.7	实例	(209)
5.5	钢筋工程	(211)
5.5.1	钢筋的焊接	(211)
5.5.2	钢筋焊接的质量检查与验收	(215)
5.5.3	钢筋的机械连接	(216)
5.6	装配式钢筋混凝土结构的高层建筑施工	(218)
	思考题	(219)
6	高层建筑钢与混凝土组合结构工程	(220)
	本章提要	(220)
6.1	钢管混凝土结构工程	(220)
6.1.1	钢管制作	(220)
6.1.2	钢管柱拼接组装	(221)
6.1.3	钢管柱吊装	(221)
6.1.4	管内混凝土浇筑	(221)
6.2	型钢混凝土结构工程	(221)
6.2.1	型钢混凝土结构构造	(222)
6.2.2	型钢混凝土结构施工	(222)
	思考题	(223)
7	高层建筑钢结构工程	(224)
	本章提要	(224)
7.1	钢结构材料	(224)
7.1.1	结构用钢的分类	(224)
7.1.2	钢结构材料的品种	(225)
7.1.3	选用钢材的原则	(226)
7.1.4	钢材的验收	(226)
7.1.5	钢材的储存与堆放	(226)
7.1.6	钢材的代用	(226)
7.2	钢结构构件的加工	(227)
7.2.1	准备工作	(227)
7.2.2	零件加工	(228)
7.2.3	构件组装与预拼装	(231)
7.2.4	成品油漆	(235)
7.2.5	构件验收	(236)
7.2.6	构件包装、运输、堆放	(236)
7.3	高层建筑钢结构的安装工程	(237)
7.3.1	一般规定	(237)
7.3.2	准备工作	(238)
7.3.3	构件复验	(238)
7.3.4	安装施工的流水段与顺序表	(239)
7.3.5	施工机械	(239)

7.3.6	测量放线	(240)
7.3.7	安装	(243)
7.3.8	焊接工艺	(246)
7.3.9	高强度螺栓工艺	(249)
7.3.10	压型钢板安装	(251)
7.3.11	安装现场的平面布置与安全消防措施	(254)
7.3.12	防腐与防火涂层	(255)
7.3.13	检查与验收	(256)
7.3.14	工程实例	(256)
7.4	高层建筑钢结构工程质量通病及防治措施	(260)
7.4.1	钢构件制作与连接工程质量通病及防治措施	(260)
7.4.2	钢结构安装工程质量通病及防治措施	(261)
7.4.3	钢结构涂装工程质量通病及防治	(262)
	思考题	(263)
8	高层建筑防水工程	(264)
	本章提要	(264)
8.1	屋面防水工程	(264)
8.1.1	卷材防水	(264)
8.1.2	涂膜防水	(269)
8.1.3	刚性防水	(272)
8.2	楼面防水工程	(275)
8.2.1	涂膜防水层	(275)
8.2.2	刚性防水层	(277)
8.3	地下防水工程	(279)
8.3.1	防水混凝土防水	(279)
8.3.2	附加防水层防水	(281)
	思考题	(286)
9	高层建筑施工安全相关的强制性规范条文介绍	(287)
	本章提要	(287)
9.1	地基基础部分	(287)
9.2	高处作业部分	(287)
9.3	机械使用部分	(290)
9.4	脚手架	(293)
9.5	提升机	(294)
	思考题	(295)
	参考文献	(296)

1 概 论

本章提要

本章简要回顾了高层建筑施工技术发展的过程和目前的施工技术水平,为全书的学习提出一个初步的目标。

1.1 高层建筑发展的历史和现状

19 世纪末,随着科学技术的发展,钢筋混凝土结构、钢结构在土木工程领域取代传统的砖、石、木结构得到了推广和应用,建筑物的高度增加、层数增多、跨度增大,现代意义上的高层建筑开始出现。回顾高层建筑发展的历史,我们可以看到其中的代表建筑是美国 1931 年建成的纽约帝国大厦(高 381m,102 层)、1972 年建成的纽约世界贸易中心姊妹楼(417m 和 415m,100 层,“9·11”事件中被毁)和 1974 年建成的芝加哥西尔斯大厦(441.9m,110 层),前苏联和波兰于 1953 年和 1955 年分别建成的莫斯科国立大学(239m,26 层)和华沙科学文化宫(231m,42 层),1978 年澳大利亚悉尼建成的 MLC 中心(229m,65 层)。1985 年以来,亚洲的日本、新加坡、韩国、马来西亚、朝鲜及中国等国家迅速发展了高层及超高层建筑,其中有 1996 年建成的深圳地王大厦(高 325m,69 层)、广州中信广场(321.9m,80 层),1998 年建成的吉隆坡石油大厦(400m,88 层)、上海金茂大厦(395m,88 层)。将世界上最高的 100 幢建筑物的建成年代和在世界上各地的分布作表统计(表 1.1.1),则可以看出:随着时间的推移,20 世纪中,北美洲在前 100 幢高层建筑中所占的数量由多变少,而亚洲则从无到有,由少变多,并逐步成为了世界建造高层及超高层建筑的中心。

世界最高的 100 幢建筑物建成年代及分布表

表 1.1.1

建成年代	北美洲	亚洲	欧洲	大洋洲	合计
1913~1979	28	—	2	1	31
1980~1989	19	7	—	1	27
1990~1998	16	22	3	1	42
总 计	63	29	5	3	100

将较熟悉的世界上 10 幢最高的建筑物数据加以列表,见表 1.1.2。

世界 10 幢最高建筑物数据表

表 1.1.2

序号	名 称	城市	建成年代	层数	高度(m)	材料	用途
1	西尔斯大厦(Sears Tower)	芝加哥	1974	110	441.9	M	办公
2	石油大厦(Petronas Tower)	吉隆坡	1998	88	400.0	S	多功能
3	金茂大厦(Jin Mao Building)	上海	1998	88	395.0	M	多功能
4	帝国大厦(Empire State Building)	纽约	1931	102	381.0	S	办公
5	T&C 大厦(T&C Tower)	高雄	1997	85	347.5	M	多功能
6	标准石油公司大厦(Aon Center)	芝加哥	1973	83	346.0	S	办公
7	约翰汉考克中心(John Hancock Center)	芝加哥	1969	100	343.5	S	多功能
8	地王大厦(Shun Hing Square)	深圳	1996	69	325.0	M	办公
9	中信广场(CITIC Plaza)	广州	1996	80	321.9	C	办公
10	芝加哥湖滨酒店(Emirates Tower 1)	迪拜	2000	56	311.0	M	办公

注:本表数据按层顶高度为准来计量建筑的高度。M—SRC 组合结构,S—钢结构,C—混凝土结构。

则会看到在这 10 幢建筑中,美国占 4 幢,建于 1931~1974 年,且均为钢结构建筑;亚洲占 6 幢(其中中国 4 幢),建于 1996~2000 年。进一步论证了亚洲已成为世界建造高层及超高层建筑的中心。这 6 幢超高层建筑有 5 幢采用了 SRC 组合结构,说明了 SRC 组合结构在超高层建筑中的应用,已经达到了相当的广度和深度,并逐步成为超高层建筑建造中的首选类型。

1.2 高层建筑施工技术的发展 and 现状

高层建筑施工与一般建筑施工的最大区别就是高层建筑需要有深埋的基础,需要用钢筋混凝土材料来建造坚固的墙体,另外建筑物特别高耸时,需要有既自重轻、又强度高的材料来作建筑物的竖向受力构件,这时就有了钢和钢筋混凝土的组合结构。针对高层建筑施工的这些特点,我国近年来在高层建筑施工实践中摸索了很多经验,积累了丰富的工艺技术,创造了许多先进水平的成果。

在高层建筑深基础施工方面,从多层建筑物的基础施工技术的起点出发,认识到一般建筑物的基础埋深在 2m 左右,如果有地下室则埋深在 4m 左右,施工开挖采用放坡形式。如地下水位高的地区采用集水井降水或轻型井点降水,但是高层建筑物的基础,按规定的基础埋深要求,浅则 4~5m,深达 20~30m,其施工难度大大增加,施工中必须采用支护结构给地下室基础施工创造作业空间,其支护结构的形式有重力式挡土墙、围护壁加锚杆和围护壁加内支撑等数种。重力式挡土墙适用于 6m 左右深度的基坑,一般为深层搅拌桩或土钉墙结构;围护壁加锚杆适用基坑周边土体物理力学性质较好,适合锚杆嵌入锚固的工程条件;围护壁加内支撑适用于各种不同土性、不同深度、地质条件复杂的基坑,但要考虑内支撑对地下结构施工的影响。其地下室施工的顺序有顺作和逆作两种,顺作法适合大多 1~3 层地下室结构的施工,当基坑过深、地下室层数过多时,顺作方法呈现不合理现象,可采用逆作法施工,同时有一些地面需要尽快恢复交通的工程或希望施工中一边向下挖掘、一边向上建造的工程,则也宜用逆作法进行。

在高层建筑物的基础工程施工中,深基础的施工支护结构由围护壁和支撑结构体等组成,整个支护结构是在先行施工完围护壁后逐层开挖土方、逐层施工支撑结构而逐渐形成的,因此高层建筑基础施工技术的发展已经从施工理论上认识到,整个支护结构是在受荷过程中逐渐形成的时变结构,支撑的施工过程关系到支护结构的安全,它必须遵循先撑后挖,边挖边撑,尽量缩短开挖面成撑时间的原则,根据不同的基坑开挖工艺方式,有不同的成撑工艺相配合,下面我们就采用钢支撑结构和钢筋混凝土支撑结构的高层建筑基础施工顺作法和逆作法两种施工过程分别叙述如下:

顺作法施工过程是在先施工完成基坑四周围护壁结构以后进行下列步骤施工(图 1.2.1):

- (1) 开挖表层土,施工围护壁顶的圈梁和第一道支撑;
- (2) 开挖第一道支撑至第二道支撑标高处的土方;
- (3) 施工第二道支撑;
- (4) 开挖第二道支撑至第三道支撑标高处的土方;
- (5) 施工第三道支撑;
- (6) 开挖第 $n-1$ 道支撑至第 n 道支撑标高处的土方;
- (7) 施工第 n 道支撑;
- (8) 开挖第 n 道支撑至坑底标高的土方;
- (9) 浇筑底板垫层和施工钢筋混凝土底板,并做好底板与围护壁的传力带;
- (10) 拆除第 n 道支撑;
- (11) 施工第 n 层地下室结构,并做好该层结构顶板与围护壁的传力带;
- (12) 拆除第 $n-1$ 道支撑;
- (13) 施工第 $n-1$ 层地下室结构,并做好该层结构顶板与围护壁的传力带;
- (14) 拆除第二道支撑;
- (15) 施工第二层地下室的结构,并做好该层结构顶板与围护壁的传力带;
- (16) 拆除第一道支撑;
- (17) 施工地下一层结构,基础地下室施工完成。

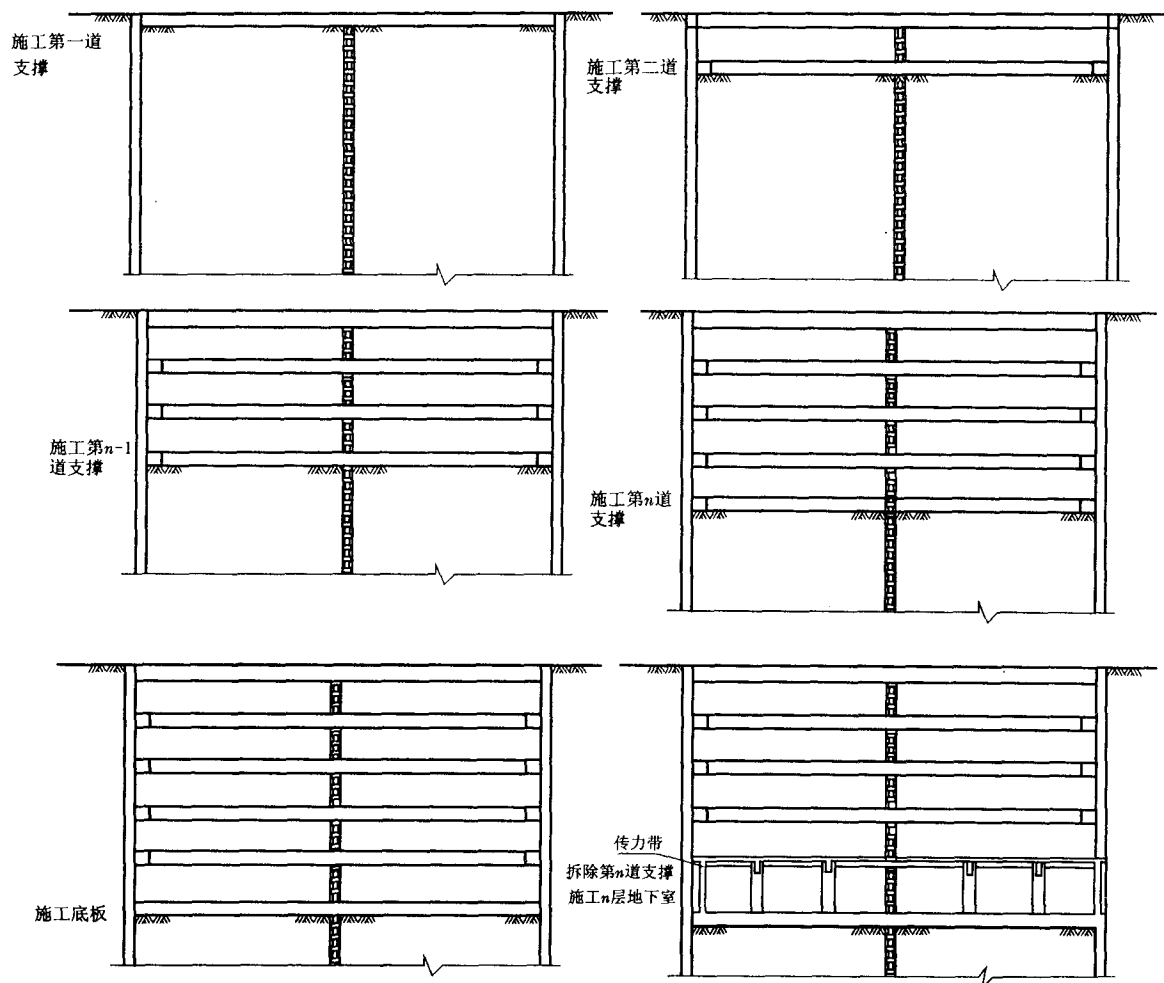


图 1.2.1 顺作法施工过程

逆作法施工过程是在先施工完成基坑四周围护壁结构和基坑中用于逆作施工的中间柱以后进行下列步骤施工(图 1.2.2):

- (1) 开挖表层土、施工地下室一层的顶板;
- (2) 开挖地下室一层的顶板至地下室二层的顶板标高的土方;
- (3) 施工地下室二层的顶板,并适时施工地下室一、二层顶板间的钢筋混凝土柱;
- (4) 开挖地下室二层顶板至地下室三层顶板标高的土方;
- (5) 施工地下室三层的顶板,并适时施工地下室二、三层顶板间的钢筋混凝土柱;
- (6) 开挖地下室 $n-1$ 层至地下室 n 层顶板标高的土方;
- (7) 施工地下室 n 层的顶板,并适时施工地下室 $n-1$ 层与 n 层顶板间的钢筋混凝土柱;
- (8) 开挖地下室 n 层顶板至坑底的土方,并在该开挖过程中于层间某合适标高架设临时钢支撑;
- (9) 浇筑底板垫层和钢筋混凝土底板;
- (10) 施工地下室 n 层顶板至地下室底板间的钢筋混凝土柱;
- (11) 施工各层地下室外墙的内衬结构,完成全部地下室的结构施工。

(注:施工中各结构层板要留好合适的出土空间,逆作法施工速度相应较慢,过渡阶段受力的中间柱施工也需要一定的费用。)

在上述两种施工方法中,支护结构的钢筋混凝土支撑构件,在土压力、自重和施工荷载作用下处于压弯状态。如果支撑构件承受较大的轴向压力,竖向荷载相对较小,那么从构件的稳定要求出发,断面宜取接近正方形,使两个出平面的惯性矩接近相等;如果是轴向力较小的支撑构件断面可取成梁状矩形,支撑内纵向受力钢筋沿四周均匀对称布置,配筋量由计算确定,在钢筋混凝土支撑系统中,主、次构件的断面高度可以略有区别,以方便各构件纵筋的相互贯穿,同时应用钢筋加强杆件的连接节点。在支撑和支护结构立柱的连接

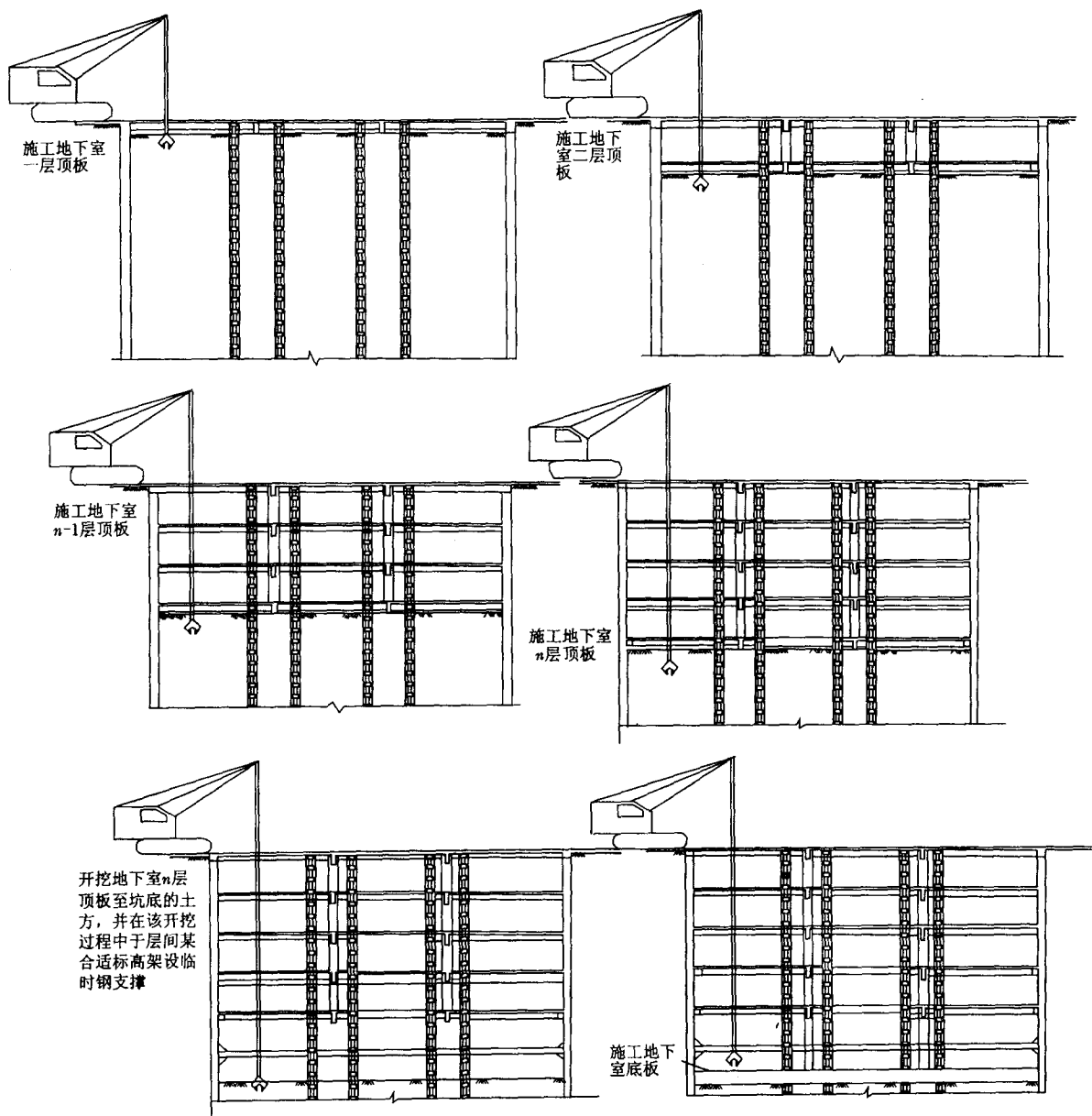


图 1.2.2 逆作法施工过程

处,纵筋宜保持贯穿不切断,同时应加强箍筋配置支撑系统与围护壁墙体的连接,可采用在钻孔灌注桩和地下连续墙中预埋铁件或钢筋的方法实现,也可在地下连续墙中设置接驳器来连接墙体和围檩,在构造设计中应满足这些构件和节点的受力要求。

钢筋混凝土支撑的施工采用现场浇筑,通常在清理场地后,以平整的土面作为底板模面,宜在土面上放置木模板、竹排或预制混凝土板块作底模,但在面上应涂脱模剂或垫塑料薄膜隔离层,以方便下层土开挖时及时方便地拆下这些底模,不可用素混凝土且不设隔离层作底模,这样会使下层土开挖时不能及时方便拆除这些素混凝土层,而将它们残留在支撑上会留下今后脱落伤人的隐患。底模铺设完成后,在底模上绑扎钢筋,并在钢筋笼两侧架设支撑侧模,侧模可用木模或钢模,待侧模完成后,即可浇筑混凝土,并进行养护,在基坑中形成钢筋混凝土支撑。

钢筋混凝土支撑施工中的外观质量、混凝土保护层要求均可参照一般钢筋混凝土构件的要求。

在地下室结构逐层完成后逐层完成传力带,同时可着手拆除相应层的支撑。

钢筋混凝土支撑的拆除可采用爆破拆除或机械破碎清除两种方法。

如果采用钢支撑,则深基坑支护结构的钢支撑体系,具有安装方便、易于拆除、可反复多次使用等优点,在平面形状窄长的基坑中使用,有其独特的长处,钢支撑多用 H 型钢或圆钢管作支撑材料,一般不宜用钢格

构杆件作支撑,因此类杆件刚度小,制作烦琐,使用不便。钢支撑在架设过程中,需施加预紧力,预紧力一般为该杆件计算轴力的 50%~75%,其大小视支撑的位置和控制坑边变形的要求确定。为了保证先撑后挖的原则贯彻,钢支撑一般可在土层中开沟架设,由于钢支撑体系整体性较钢筋混凝土支撑弱,所以要十分注意架设中钢支撑连接节点的可靠性。

对于平面交叉的钢支撑,既要注意两支撑间的约束连接,又要使该连接在两个支撑轴线方向上能无约束地搓动,以便在两个方向上分别施加预紧力时不会对另一支撑产生不利影响。

钢支撑杆件可布置成对撑、双向对撑、角撑等形式,但在架设施工中要十分注意支撑与围护壁或围护壁上围檩的连接节点构造,保证可靠安全。钢支撑与基坑中支撑立柱的连接也需要十分可靠,同时要考虑支撑在施加预紧力时,该连接要能使支撑在轴线方向上能无约束地移动。

在地下层的结构层完成后,同样需逐层施工传力带,逐层拆除钢支撑,钢支撑拆除时需注意安全,整段吊出基坑,需要使用合适的起重机械。

在高层建筑主体结构施工方面,我国施工企业 20 世纪 70 年代初就开始进行了高层建筑施工技术在上部主体结构施工方面的探索,并取得了很大的发展,在传统的柱梁板模板体系基础上,围绕着如何用最优的方法进行钢筋混凝土墙体的施工,施工领域的科研技术人员先后研究了大模板、滑升模板和爬模等模板体系,并用这些模板体系来进行剪力墙结构和筒体结构的高层建筑的墙体施工。20 世纪 70 年代初,上海施工界曾试用了大模板体系建造剪力墙结构的大名饭店,用滑升模板体系建造剪力墙结构的漕溪北路高层住宅楼,这两个工程在当时都是采用新型模板体系的范例。随着建设事业的发展和各项施工技术和施工工艺的进步,当年创造的这些模板体系经历了发展、完善、改善、保留、放弃等实践过程,今天回顾这一段历史能使我们更好地应对今后的施工技术的发展。

大模板施工技术(图 1.2.3)以其装拆杆机械化程度高、混凝土墙成型平整、劳动力节省等优点在 20 世

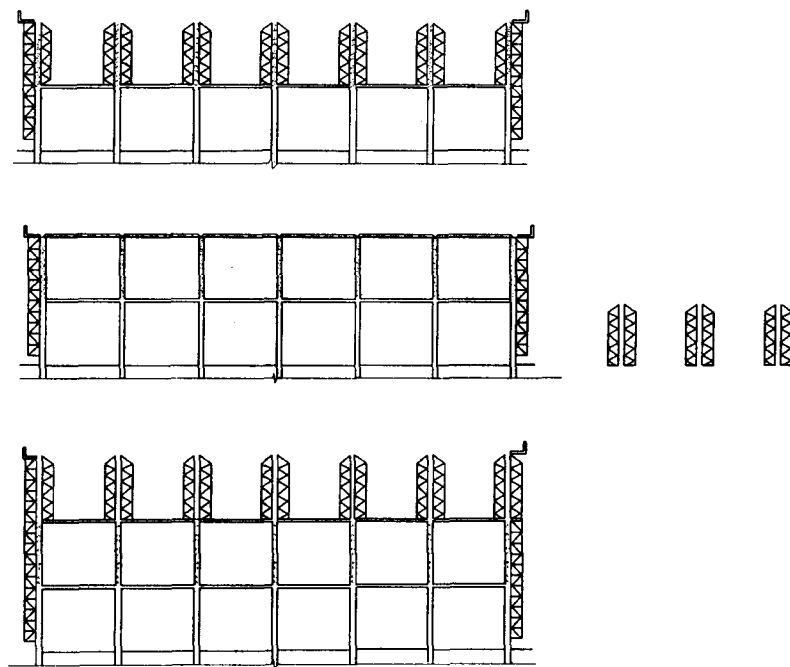


图 1.2.3 大模板施工工艺示意图

纪 70 年代的高层建筑施工中被广泛采用,由于大模板装拆工艺过程的特点决定了内墙面的大模板必须在该层墙体施工完成,模板尚未施工前予以拆除(因为楼板一做,大模板就无法整块拆除了,如拆散了搬出来,那么与组合钢模板的散装散拆没有区别了),由此施工要求内墙面大模板在每层施工中需要拆除,并装运到建筑物外堆放,为避免大量垂直运输量的损失,施工人员后来如采用对称结构,配置墙体模板所需总量的一半大模板(图 1.2.4),然后在每层施工中翻交流水施工减少垂直运输量,采用大模板工艺浇筑墙体混凝土。当时楼板结构施工有两种方案:一种是采用预制钢筋混凝土楼板,在内墙面大模板拆除后即进行楼板吊装;另

一种是采用现浇钢筋混凝土楼板,在内墙面大模板拆除后即进行楼板的支模、扎筋和混凝土浇筑。这两种方案使一层结构施工分成了墙体和楼板施工的两个过程,随着模板材料的发展和混凝土供应的商品化及混凝土输送技术的进步,一层结构分两个过程施工已不能为人们所接受,所以在技术发展的今天,内墙面的大模板使用已不多见,取而代之的是再生的机制板,多夹板的木模散装散拆仍被广泛使用,但外墙外侧面的大模板则还经常使用,并被改造成在其身后增加一个爬架,形成能自己爬升的爬升模板,爬升模板不但可以解决高层建筑垂直墙面的施工,还可以用来解决斜筒体(图 1.2.5)、外凸的墙面的施工(图 1.2.6),因其功能广泛,获得了较好的推广。

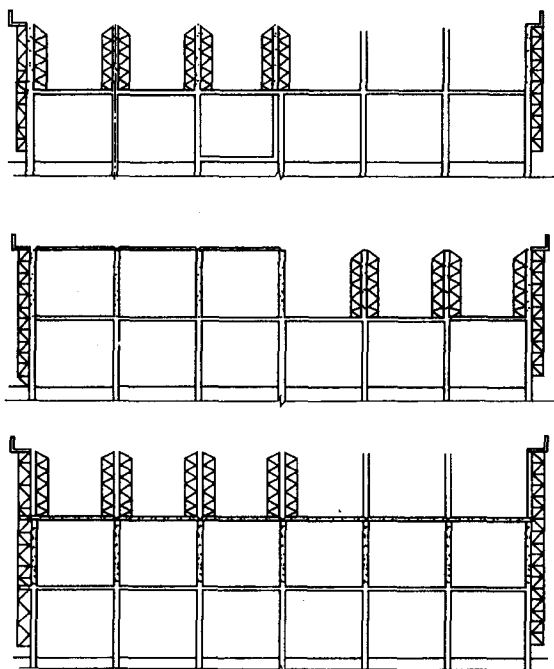


图 1.2.4 配一半大模板施工工艺示意图

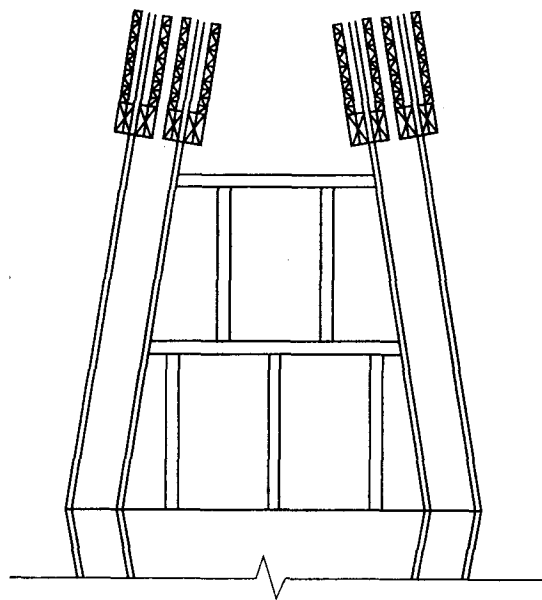


图 1.2.5 斜筒体爬模

高层建筑施工技术发展之初采用的滑升模板工艺,由于其不能适应日趋丰富多变的建筑物立面要求和墙体与楼板连接节点的抗震要求,目前已经很少在高层建筑上部结构施工中采用。由于商品混凝土供应系

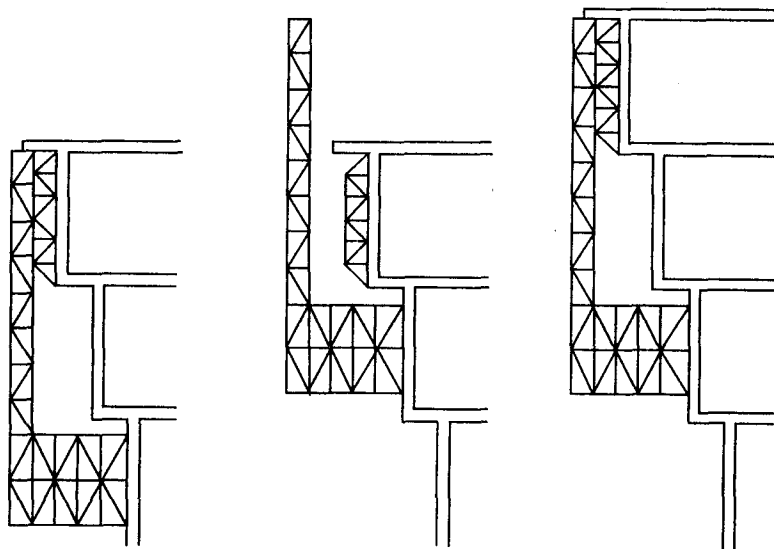


图 1.2.6 逐层外挑结构的爬模

统日趋成熟,新型的建筑模板材料不断出现,扣件式钢管脚手架适用性得到推广,泵送混凝土设备得到普及,目前高层上部结构施工的模板系统大多采用机制的复合板、钢管支撑、散装散拆方案。同时要求一层结构的柱、墙、梁和板一次浇筑混凝土,形成现浇的钢筋混凝土结构,对于这种施工方案被大量采用的现状,应该从发展的角度去认识,虽然今天在用木模板散装散拆浇筑钢筋混凝土结构,但是现在用的木模板不是 100 年前钢筋混凝土施工开始实现时候的原木板,而是机制的废物利用的、高强的、不变形的再生板。我们现在用的木模板支撑不是原木树干,而是钢管。今天已经不是用人力在实现垂直运输浇灌混凝土,而是用现代化的混凝土泵,因此现在的施工方案是人类近 100 余年施工实践的最新探索,是在一个新的发展高度上的混凝土上部结构施工实践。

至于特别高耸的钢筋混凝土筒体,目前采用高精度的液压整体升模工艺,如东方明珠电视塔、金贸大厦核心筒结构均是采用该方法施工的。

思考题

- 1.1 高层建筑的发展过程中,其主体结构形式有哪些发展?