

NIZUOFA SHIGONG GUANJIAN WENTI JI CHULI CUOSHI



逆作法施工关键问题及 处理措施

董年才 主编

中国建筑工业出版社

逆作法施工关键问题及处理措施

董年才 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

逆作法施工关键问题及处理措施/董年才主编.

北京: 中国建筑工业出版社, 2016.11

ISBN 978-7-112-20204-1

I. ①逆… II. ①董… III. ①逆作法-研究 IV.

①TU753

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 004231 号

全书共分 3 章, 主要内容包括逆作法概述、逆作法设计、逆作法施工中关键问题及解决措施三大板块。本书通过实际案例, 总结了多年来在逆作法设计和施工中的相关经验和成果, 就工程中比较常见的关键问题, 如: 施工组织部署、围护形式、典型节点构造、施工技术要点、关键技术措施等作了较为全面的介绍。

责任编辑: 何玮珂 辛海丽

责任设计: 李志立

责任校对: 李欣慰 刘梦然

逆作法施工关键问题及处理措施

董年才 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京佳捷真科技发展有限公司制版

北京君升印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 14 1/4 字数: 360 千字

2017 年 3 月第一版 2017 年 3 月第一次印刷

定价: 38.00 元

ISBN 978-7-112-20204-1

(29608)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

编 委 会

主 编：董年才

副 主 编：魏国伟 赵 昕（同济大学设计研究院）

编写委员：（以姓氏笔画为序）

王文东	王志田	王继远	王淑新	刘 跃	刘射洪	汤东健
孙海龙	杜志平	杨 兵	吴伟杰	吴亦天	何 健	张 军
张 雷	陈 俊	陈耀钢	周文松	姜吉龙	娄志会	袁秦标
晏金洲	钱益锋	徐晓东	凌慕华	解复冬		

前 言

本书共分 3 章, 主要分为逆作法概述、逆作法设计、逆作法施工中关键问题及解决措施三大板块。本书通过实际案例, 总结了多年来在逆作法设计和施工中的相关经验和成果, 就工程中比较常见的关键问题, 如施工组织部署、围护形式、典型节点构造、施工技术要点、关键技术措施等作了较为全面的介绍。

本书精选了多个工程实例并附有大量工程照片和插图, 以便读者能更为直观地了解逆作法的具体实施过程。可供从事相关逆作施工的建筑工程设计、施工技术和管理人员参考使用。

编写组主要通过江苏中南建筑集团有限责任公司从事逆作法设计、施工技术的实践经验, 结合相关国内外逆作施工的典型案例进行阐述, 可谓是做到理论与实践相结合, 并多方位、多角度去分析, 凝练逆作设计、施工的精华, 施工示范性强。书中所介绍的多项逆作法设计施工的重大工程实例, 类型广泛, 经验丰富, 从大型工程逆作法设计施工开始, 到全面推广到各种超大规模、超大深度、复杂环境的深基坑逆作法设计施工的实践。

本书展示了江苏中南建筑集团有限责任公司对逆作法设计施工技术的不断探索。针对周边环境保护等级的提高, 如紧贴历史保护建筑、地铁、轻轨、过江隧道、重要的市政基础设施和地下管线等, 唯有采用逆作法设计施工技术才真正体现经济合理。实践表明, 合理的逆作法设计施工, 完全可以达到预期的变形控制和环境保护要求。

本书的工程经验指导性和系统性强。书中详尽记录了从 20 世纪 90 年代至今各项大型且具有代表性的逆作法工程实例, 针对不同工程特点, 采取独特的设计施工组织、节点处理、优化措施, 诸如两墙合一逆作法、临时围护结构逆作法、柔性接头、刚性接头、一柱一桩、一柱多桩、钻孔灌注桩逆作立柱, 钢管桩结合 H 型钢逆作立柱、裙楼顺作与地下室逆作同时施工、专用取土架的研制等, 指导性和系统性很强。

目 录

1 概述	1
1.1 逆作法施工工艺	1
1.1.1 逆作施工的概念	1
1.1.2 逆作施工的工艺	1
1.2 逆作法在国内外发展现状	2
1.2.1 国外发展历程	2
1.2.2 国内应用现状	6
1.2.3 逆作法应用前景	10
1.3 逆作法的分类	11
1.3.1 全逆作法施工	11
1.3.2 半逆作施工	12
1.4 逆作法的特点	12
1.4.1 逆作施工的优势	13
1.4.2 逆作施工的局限性	14
1.4.3 逆作法的适用范围	14
2 逆作法设计	15
2.1 概述	15
2.2 总体方案设计	16
2.3 结构构件设计内容	18
2.3.1 基坑围护结构	18
2.3.2 水平结构体系	18
2.3.3 竖向支承体系	19
2.3.4 节点构造措施	19
2.4 结构构件设计计算方法	19
2.4.1 基坑围护结构	19
2.4.2 水平结构体系	22
2.4.3 竖向支承体系	25
2.4.4 节点构造措施	31
2.5 监测指标控制	40
2.5.1 基坑围护结构位移控制	40
2.5.2 水平结构体系内力控制	40

2.5.3 竖向支承体系沉降差控制 40

2.5.4 周边环境监测及控制 41

3 逆作法工艺关键问题及解决措施 43

3.1 逆作法实施部署思路 43

3.1.1 各项管理目标与评估 43

3.1.2 逆作方式的选择及界面确定 47

3.1.3 现场平面规划 70

3.1.4 整体部署思路总结 74

3.2 设计与施工结合 74

3.2.1 关键施工方案的确定 75

3.2.2 根据施工工况进行设计深化 77

3.2.3 水平结构中的支撑传力 80

3.2.4 出土孔的选择与交通组织 85

3.3 支撑桩柱施工 86

3.3.1 支撑柱施工 86

3.3.2 支撑桩施工 87

3.4 降排水设计与施工 92

3.4.1 降排水方式分类及适用范围 92

3.4.2 降排水设计 92

3.4.3 降水井施工 95

3.4.4 减少降水引起的地面沉降措施 99

3.5 土方开挖及原材料运输 104

3.5.1 土方开挖的原则与部署 104

3.5.2 出土孔及下料口的留设 106

3.5.3 挖运设备的选用 107

3.5.4 行车路线规划 109

3.6 水平结构体系施工 110

3.7 竖向结构体系施工 112

3.8 钢结构体系 116

3.9 地下结构防水 116

3.9.1 地连墙 116

3.9.2 地下外围护结构 121

3.9.3 基础底板 122

3.9.4 集水坑降排水 125

3.10 人防工程 126

3.10.1 模板及预留洞等的处理措施 126

3.10.2 施工缝处理措施 128

3.10.3 混凝土浇捣措施 128

3.11 后浇带	129
3.11.1 后浇带加固传力措施	129
3.11.2 后浇带防水构造	133
3.12 测量及变形监测	133
3.12.1 定位测量	133
3.12.2 标高引测	135
3.12.3 基坑变形监测	136
3.12.4 建筑物沉降监测（及地下管线变形监测）	137
3.12.5 周边构筑物及地下管线变形监测	138
3.12.6 结构应力监测	143
3.12.7 监测数据管理及预警机制	143
3.13 大型机械设备选型及布设	144
3.13.1 大型吊机的设备选型及布设	144
3.13.2 施工电梯/井架的选型及布设	145
3.14 临时用水用电	146
3.15 安全管理重点及预防措施	146
3.15.1 新风、送风	146
3.15.2 电力设施安全防护	146
3.15.3 场内交通疏导与指挥	147
3.15.4 地下防火	148
3.15.5 管涌、基底隆起、承压水	148
3.15.6 基坑坍塌	149
3.15.7 防雨、防汛	149
3.15.8 交叉作业中的伤害	149
3.16 常见质量缺陷及预防处理措施	150
3.16.1 桩身质量差	150
3.16.2 桩身偏移过大	151
3.16.3 地连墙预留钢筋及预埋件偏位或预留钢筋被破坏	152
3.16.4 地连墙接槎渗漏	152
3.16.5 逆作竖向构件接槎混凝土不密实	153
3.16.6 不同级别钢材焊接质量达不到要求	154
3.16.7 混凝土梁板下挠	155
3.16.8 地连墙导墙破坏或者变形	156
3.16.9 地连墙槽段移位	156
3.16.10 地连墙槽壁坍塌	157

1 概 述

随着国内外城市建设的跨越式发展,大规模的高层建筑地基基础与地下室、大型地下商场、地下停车场、地下车站、地下交通枢纽、地下变电站等的建设中都面临着深基坑工程的问题。由于工程地质和水文地质条件复杂多变、环境保护要求越来越高、基坑工程规模向超大面积和大深度方向发展、工期进度及资源节约等开发条件要求日益复杂。与传统的深基坑施工方法相比,逆作法具有保护环境、节约社会资源、缩短建设周期等诸多优点,它克服了常规临时支护存在的诸多不足之处,尤其在地质条件复杂的沿海经济发达地区的一、二线城市,因城市发展需要得到广泛的应用。地下逆作施工是进行可持续发展的城市地下空间开发和建设节约型社会的有效经济手段。

1.1 逆作法施工工艺

1.1.1 逆作施工的概念

逆作法(逆筑法)在西方一些国家称之为 Up-Down Method,意思是指从上往下施工的方法,在日本称之为逆打工法(Slab Substitute Shore,简称 SSS 法),意思是指用楼板代替支撑的方法。

目前国内对逆作法施工技术的定义,是指利用主体地下结构的全部或部分作为支护结构,自上而下施工地下结构并与基坑开挖交替实施的施工方法。

1.1.2 逆作施工的工艺

逆作法是一种与顺作法施工顺序截然相反的施工技术(图 1.1-1)。即沿建筑物或构筑物地下室轴线或周围施工地下连续墙或密排桩或其他支护结构,作为地下室外墙或基坑的围护结构,同时在建筑物内部有关位置(柱或墙体相交处)浇筑或设置中间支承桩和柱,作为施工期间于底板封底之前承受上部结构自重和施工荷载的支撑,形成逆作的竖向承重体系。随后施工临近自然地面的某一层地下室梁板楼面结构,待其达到一定强度后,即可作为围护结构内的水平支撑,以满足继续往下施工的安全要求。随后逐层向下开挖土方和浇筑各层地下结构,直至底板封底。与此同时,由于地下室顶面结构的完成,也为上部结构施工创造了条件,所以也可以同时向上逐层进行地上结构的施工,如此地面上、下同时进行施工,直至工程结束(但是地下室浇筑钢筋混凝土底板之前,上部结构允许施工的层数需要通过整体结构的施工工况计算来确定,尤其是计算地下结构以及基础受力,以确保结构安全)。

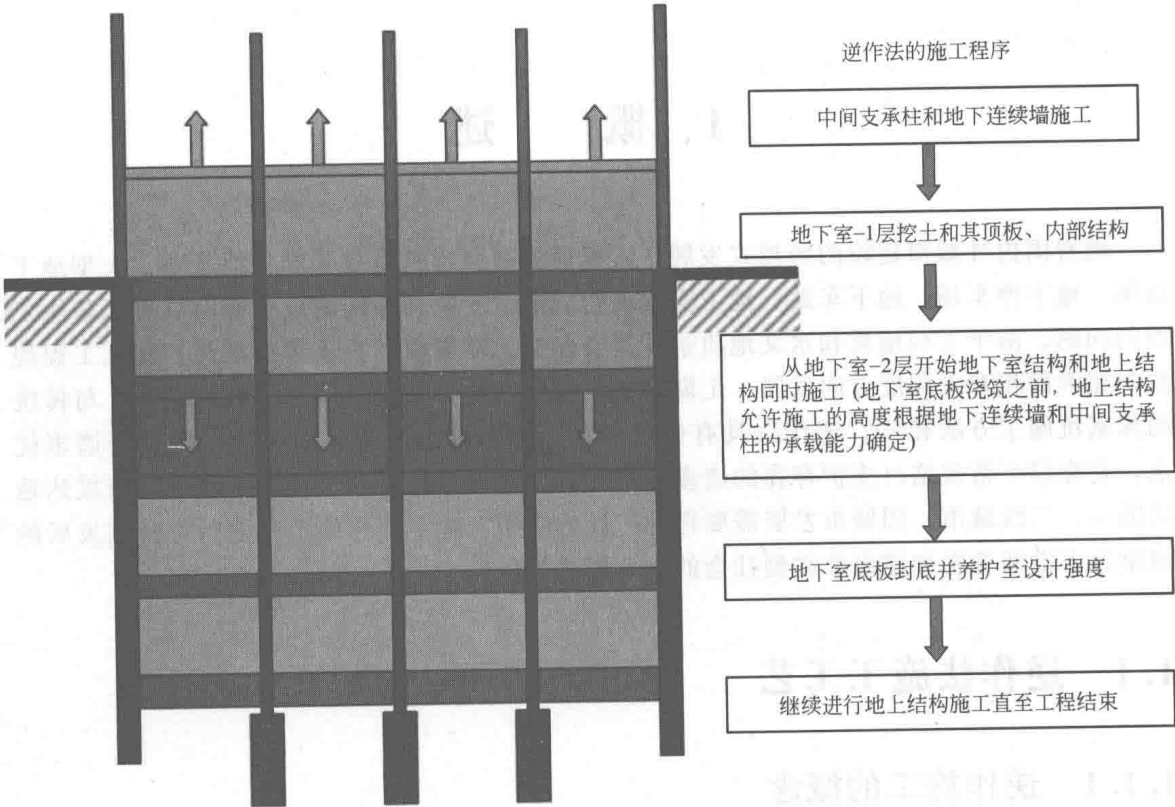


图 1.1-1 逆作法施工工艺示意

1.2 逆作法在国内外发展现状

1.2.1 国外发展历程

日本于 1933 年首次提出了逆作法施工的设计, 并在 1935 年首次应用于实际工程建设当中, 即东京都千代田区第一生命保险株式会社本社大厦, 该项目采用的是人工挖孔桩 (图 1.2-1)。

在 1950 年, 意大利米兰的 ICOS 公司首先研发出了排桩式地下连续墙, 随后又创造了两钻一抓的地下连续墙施工方法, 并在后续相继开发出了止水结构与挡土墙结构, 从而使逆作法施工技术在地下水位以下的施工工况变为了可能。不久, 米兰地区就首次利用地下连续墙作为围护进行过街地道的盖挖逆作法施工, 当时是在马路下施工地下连续墙, 另一半马路仍旧通车, 一边地下连续墙做好了之后, 再做另一边墙, 连续墙施工完毕之后, 利用半夜时间, 打开一小段马路, 进行挖土运土, 接着在地下墙上架设桁架, 上铺临时路面, 在桁架下浇筑顶板, 然后设置支撑, 继续挖土, 直至浇好底板。其后, 随着地下连续墙在欧洲、美国及日本的传播和发展, 逆作法施工也逐渐在这些国家发展起来。

进入 20 世纪 60 年代, 低振动、低噪声的机械被开发利用, 如贝诺特挖掘机、钻孔挖



图 1.2-1 第一生命保险株式会社本社大厦

掘机，并引入反循环工法等，机械化施工在各方面成为主流，机械的进步促进了逆作法在更大范围内推广，使之成为施工高层建筑多层地下室和其他多层地下结构的有效方法，在美、日、德、法等国家已广泛应用，收到了较好的效果。此时期采用逆作法施工的代表工程有德国德意志联邦银行大楼（图 1.2-2）、法国巴黎拉弗埃特百货大楼（图 1.2-3）、美国芝加哥水塔广场大厦（图 1.2-4）。

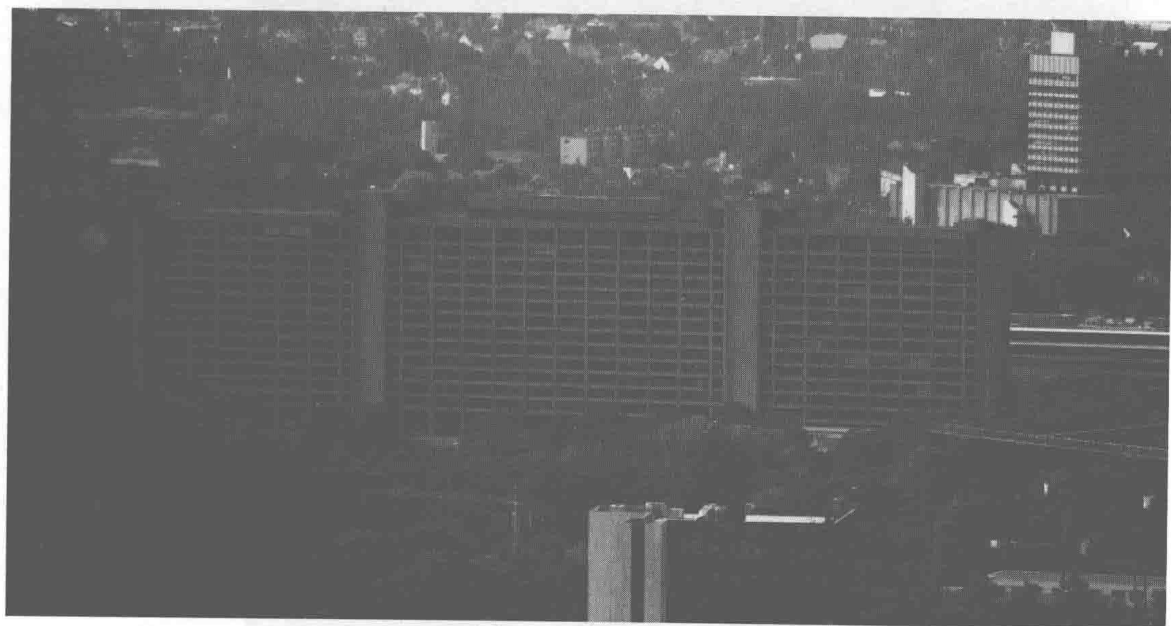


图 1.2-2 德国德意志联邦银行大楼



图 1.2-3 法国巴黎拉弗埃特百货大楼

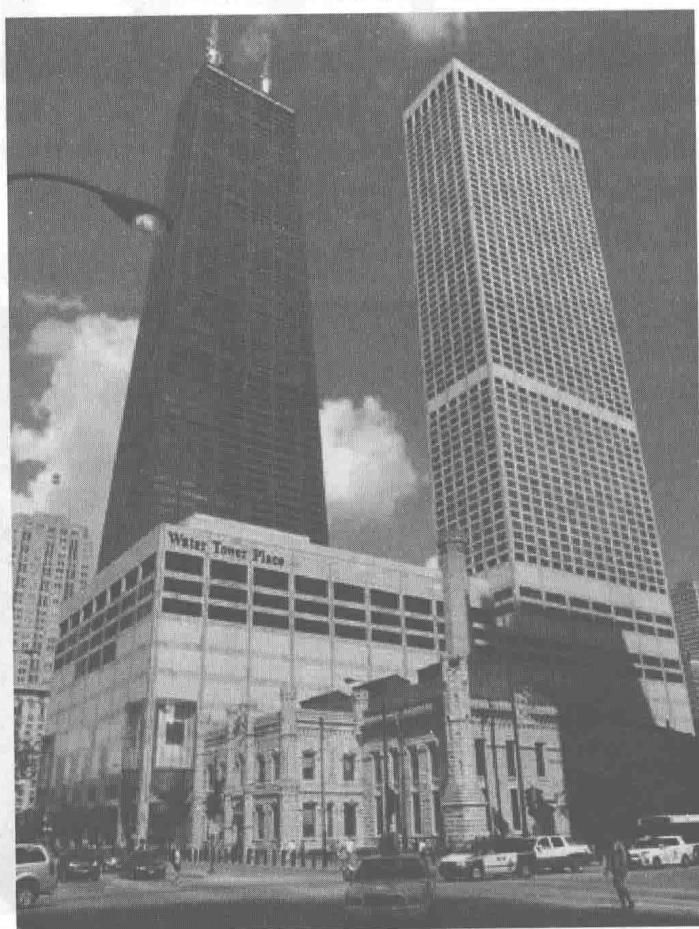


图 1.2-4 芝加哥水塔广场大厦

20 世纪 70 年代以后, 由于打桩机技术的发展, 使支承立柱的施工精度大大提高, 逆作法最明显的特征表现在逆作结构起到了承担结构本体重量的作用, 逆作法所需要的临时支承立柱费用大幅度降低, 应用的领域已包括高层建筑、地铁车站、地下广场、市政工程及旧建筑改建等。

目前, 逆作法施工工艺经过 80 多年的研究和工程实践, 在理论和工程实践中都取得了一定的成果, 已经在一定规划上应用于高层和超高层建筑的多层地下室、大型地下商场、地下车库、地铁、隧道、大型污水处理池等结构的施工。日本是目前逆作法应用最为广泛, 也是工法和技术应用最为成熟的国家。

国外采用逆作法施工较为典型的工程有: 莫斯科切尔坦沃住宅小区地下商业街、日本东京八重洲地下街、美国芝加哥水塔广场大厦、德国德意志联邦银行大楼、法国巴黎拉弗埃特百货大楼、日本读卖新闻社大楼。其中日本的读卖新闻社大楼(图 1.2-5), 地上 9 层、地下 6 层, 采用逆作法施工, 总工期只用 22 个月, 与当时日本采用传统施工方法的类似工程相比, 缩短工期 6 个月。又如美国芝加哥水塔广场大厦, 地上 75 层、高 203m, 地下 4 层, 采用 18m 深的地下连续墙和 144 根大直径套管钻孔扩底灌注桩共同作用, 采用逆作法施工, 使地下结构和上部结构的施工可以同时立体交叉进行, 当该工程地下室结构全部完成时, 主楼上部结构已施工至 32 层, 从而使整个工程的工期大大缩短。



图 1.2-5 日本读卖新闻社大楼

1.2.2 国内应用现状

我国逆作法施工技术的研究与应用相对较晚，在 1955 年的哈尔滨地下人防工程中，首次提出和应用了逆作法工艺，自此国内工程界开始了对逆作法施工技术进行探索和研究。到 1958 年，地下连续墙在我国得到应用。从 1976 年开始，上海比较系统地研究地下连续墙在工业与民用建筑的地下工程中的应用。

上海市是目前我国在逆作法施工技术上应用较早也是技术较为成熟的一个城市。上海于 20 世纪 80 年代进行了一个试验性工程——上海特种基础工程研究所办公楼（图 1.2-6），该项目位于上海西南角徐家汇天钥桥路，地下 2 层，地上 5 层，底板埋置深度为 -7.30m，为了探索基础结构与上部结构同时施工，以期缩短施工总工期，该大楼采用了逆作法施工技术并取得了成功。通过这一工程实践，为在密集建筑群中应用地下连续墙作为地下室外墙、缩短施工总工期，减少地下基础施工对周围相邻建筑的影响，提供了一种新的施工方法。



图 1.2-6 上海特种基础工程研究所办公楼

20 世纪 90 年代初，上海地铁一号线工程在淮海路上同时有三个地铁站开工，按政府要求，淮海路交通中断不能超过 10 个月。由于施工任务紧，为此，在超过 16m 深的地铁站多层地下室施工中，采用了一明二暗的半逆作法施工工艺，即车站顶板先施工，再进行下部各层板和基础底板的施工。这是我国第一次在地铁站建设中采用逆作法施工技术，施工面积缩小了一半，减少动拆迁 1/3，比常规顺作法提前一年半恢复路面通车和车站两侧的商业活动，大大缩短了淮海路交通中断的时间，也为逆作法施工工程的进一步开展积累了经验。

到 20 世纪 90 年代中期，上海高层建筑地下室应用逆作法施工的工程已逐渐增多，比

如由上海第二建筑工程公司施工的恒积大厦工程,以逆作法施工地下4层,基坑深17m,施工仅用了5个月,整个工期明显加快,并减少支撑费用400万元,周边管线沉降仅为15mm,四周道路及民房位移均在5mm以内,取得了显著的经济效益和社会效益。由于这种施工方法既能缩短工期,又可减少挡墙变形并对周边环境影响小等优点的逆作思路,在上海地区掀起了一股逆作法热,其后相继有明天广场、京沙住业大厦等数十项工程采用逆作法施工(图1.2-7~图1.2-9)。



图 1.2-7 上海恒积大厦



图 1.2-8 上海明天广场



图 1.2-9 上海京沙住业大厦

由于媒介的传播，逆作法的优点也被其他省市接受，在北京、天津、厦门、南京、杭州、广州和昆明等地也均有工程运用了逆作法施工。1995 年，广州好世界广场大厦采用全逆作法施工，立柱桩采用人工挖孔桩加钢管混凝土柱，在地下 3 层施工结束时，上部结构施工到 29 层，缩短工期 6 个月，这也是广州第一次采用全逆作法的工程（图 1.2-10）。

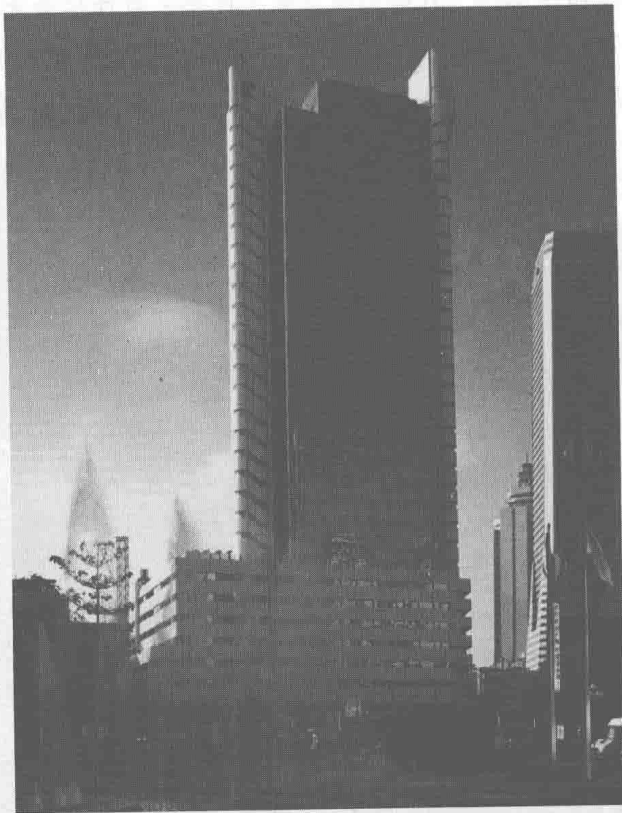


图 1.2-10 广州好世界广场大厦

1997 年，天津开发区东海路雨水泵站采用边向下挖土，边逆作泵房井壁法施工，该工程是天津市超大规模的雨水泵站，也是我国第一次在市政工程建设中采用逆作法技术（图 1.2-11）。

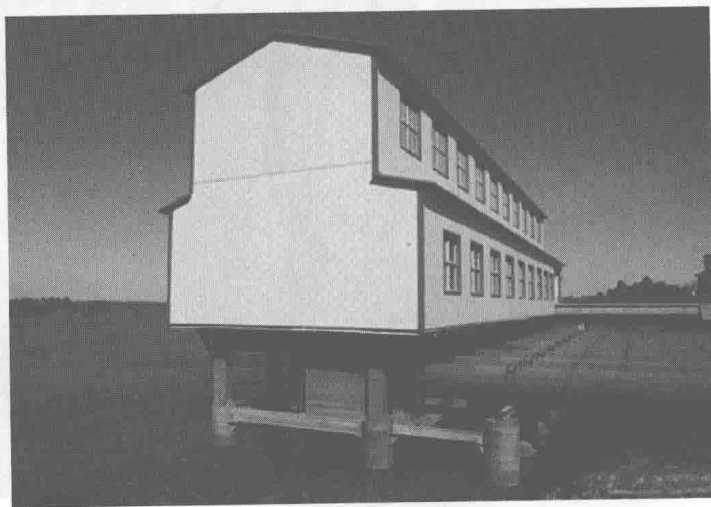


图 1.2-11 天津开发区东海路雨水泵站

1999年,上海城市规划展示馆采用逆作法施工,这是我国第一个采用逆作法的钢结构工程,地下2层,地上4层同时完成,缩短工期3个月(图1.2-12)。深圳赛格广场地上70层,地下4层,开挖深度19.95m,是我国第一个采用钢—混凝土组合结构的逆作法施工,缩短工期6个月,地下墙的最大变形为21mm。这些逆作法施工项目的实施均取得了较好的工程效益和环境保护效果。



图 1.2-12 上海城市规划展示馆

随着中国城市建设的跨越式发展,大规模的高层建筑地基基础与地下室、大型地下商场、地下停车场、地下车站、地下交通枢纽、地下变电站等的建设中都面临着深基坑工程的问题。由于工程地质和水文地质条件复杂多变、环境保护要求越来越高、基坑工程规模向超大面积和大深度方向发展、工期进度及资源节约等开发条件要求日益复杂。与传统的深基坑施工方法相比,逆作法具有保护环境、节约社会资源、缩短建设周期等诸多优点,它克服了常规临时支护存在的诸多不足之处,是进行可持续发展的城市地下空间开发和建设节约型社会的有效经济手段。

2006年,上海市的500kV世博(静安)地下输变电站工程采用框架剪力墙结构体系的全地下四层圆筒形结构,地下结构外墙外壁直径130m,基坑开挖深度34m,局部落深达38m。地下连续墙宽1.2m,抗拔工程桩采用 $\phi 800$ 钻孔灌注桩,有效桩长48.6m,桩底标高为-82.000m,为目前国内最深逆作法工程(图1.2-13)。