

# 十一、深圳大亚湾核电站土建工程施工组织与管理

## (一)工程概况

广东大亚湾核电站是由中国和香港合资兴建的目前我国第一座大型商用核电站。它位于深圳市宝安区大鹏区大亚湾畔的大坑村,距深圳市直线距离 45km、距香港 52km。

核电站的总装机容量为  $2 \times 900\text{MW}$ ,年发电量可达 100 亿度,设计寿命 40 年。所采用的反应堆是目前国际上使用最多且安全可靠的压水式反应堆,其安全运行记录为世界公认。

整个核电站占地 652 公顷,分核岛(主要由两座反应堆厂房、电气厂房、核辅助厂房、核燃料厂房等建筑组成)、常规岛(主要由两座汽轮发电机厂房及附属建筑组成)、辅助厂房(主要由联合泵房等建筑组成)三大部分,其平面布局见图 2.1.11(1)。

核电站建成后,对于缓解广东及香港电力的不足,将起到重要的作用。

核电站主要工程量如表 2.1.11(1)。

表 2.1.11(1)

主要工程量

项 目	单 位	数 量	项 目	单 位	数 量
土石方	m <sup>3</sup>	2930000	埋置件	t	1760
抛 石	t	680000	预应力件	t	2200
疏 浚	m <sup>3</sup>	170000	管 材	t	3520
混凝土	m <sup>3</sup>	700000	保温材料	m <sup>3</sup>	10000
钢 筋	t	60000	电 缆	km	2300
模 板	m <sup>2</sup>	700000	设 备	t	52000
构 架	t	8000			

核电站工程的主要特点是:“五新”,即经营方式新,管理方法新,技术新,建筑材料新,施工工艺新。“三高”,即安全第一、质量标准高,必须经过国家核安全局或国际原子能委员会的专门审查并批准才能投入正式运行;国内外影响大、声誉高;工期紧、技术复杂、职工素质要求高。“一大”,即工程规模大。

该工程采用英、法两种技术标准,给工程施工带来诸多不便,同时钢筋混凝土结构有高密度的钢筋和位置准确的精加工预埋铁件,更增大了施工难度。

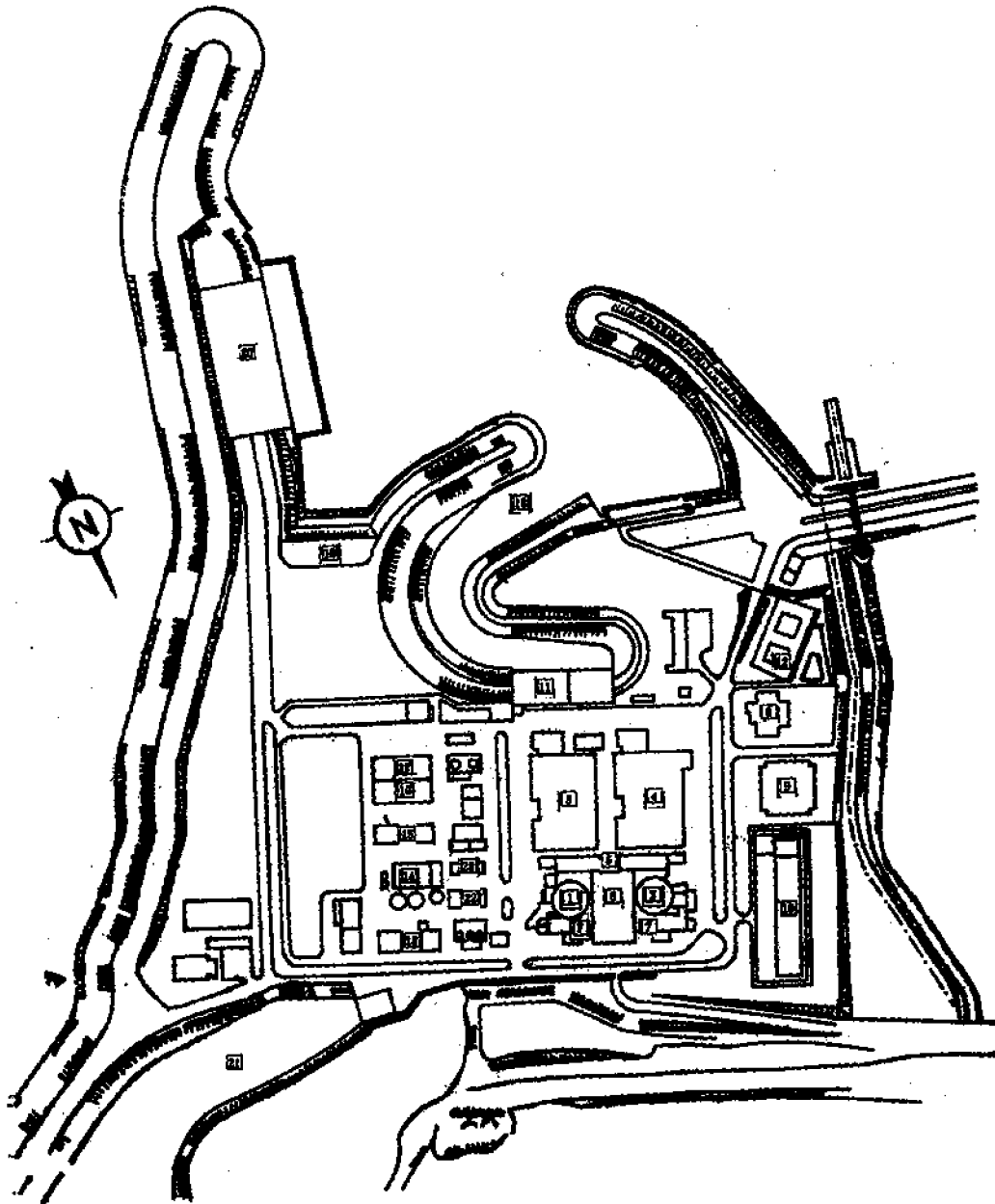


图 2.1.11(1) 核电站平面布局

1—1号反应堆厂房;2—2号反应堆厂房;3—1号汽轮机厂房;4—2号汽轮机厂房;5—电气厂房;6—核辅助厂房;  
 7—核燃料厂房及换料池;8—餐厅;9—行政管理大楼;10—主变电开关站;11—联合泵房;12—现代管理大楼;  
 13—废物处理辅助厂房;14—除盐车站;15—放射性机修车间;16—非放射性机修车间;17—非放射性仓库;  
 18—冷却水进口;19—防波堤;20—设备码头;21—冷却水出口;22—保安大楼;23—现场试验室

(2)工程服务:内容包括核电站的总体规划、设备制造的质量控制监督及工程设计、施工和调试启动的工程管理等。由法国电力公司(EDF)承担。

(3)设备供应:核岛设备由法国法马通公司制造、供应;常规岛设备由英国汽轮发电机有限公司制造与供应;辅助配套设备由法国电力公司代理采购;核燃料组件由法国法吉玛公司供应。

(4)工程任务分工:

1)场地平整:由吉林冶金矿山建设公司承包。

2)核电站土建工程:由 HCCM 核电建设合营公司总承包。该公司中建二局(SBC)、法国卡普隆、贝得纳公司(CB)、日本前田建设公司(MCC)以及核工业部华兴建设公司(HXC)三国四方组成,英文全称为:HCCM NUCLEAR POWER CONSTRUCTION JOINT VENTURE COMPANY。

其中,中建二局承担常规岛的全部土木工程及汽轮发电机厂房的通风、空调工程的安装、常规岛和核岛部分钢结构的施工任务。

3)设备码头等海事工程:由交通部第四航务局总承包。

4)安装:

①核岛:由法国法马通/斯必巴蒂诺集团总包,核工业部总公司 23 分公司分包。

②常规岛:由山东电力建设公司总包,英国 GEC 公司提供技术顾问。

③辅助工程:由东北电力建设公司承包,美国柏克德公司承担技术咨询。

5)质量保证顾问服务:美国柏克德公司。

### (三)主要施工技术

#### 1. 钢筋混凝土工程

(1)混凝土生产:现浇混凝土总量近 50 万  $m^3$ ,拟在现场施工区设置一座由 2 台国产 LAMBERT 1075 型自动搅拌机(30 $m^3/h$ )和一台日本产 CWC200 型双卧轴自动搅拌机联合构成的混凝土集中搅拌站,确保对本工程各项目按时、按质、按量地进行混凝土供应工作。又在现场就近的山坡上自设采石场一座,按照混凝土需求量的节拍生产符合英法两种规范技术标准的骨料,使混凝土搅拌站的生产质量得到绝对可靠的保证。

施工现场配备混凝土搅拌车、泵车和布料机,形成混凝土从生产、运输到泵送及吊车入模浇灌的机械化一条龙系统,以满足日高峰 1200~1500 $m^3$  混凝土浇注需求。

(2)细长框架浇灌:用  $\phi 1500mm$  不同长度尼龙软管浇灌细、长框架柱混凝土,可达到高质、高效的效果。例如,施工 300 $mm \times 300mm$  断面柱一次浇灌高度 8m 时,可最先使用 6m 长软管,用特制卡固定在漏斗上,当混凝土浇灌到软管下口时,可很快换一节短管继续施工。

(3)竖向、水平施工缝处理:

1)竖向施工缝。用安装细铅丝网或休口板的方法代替木板堵缝,更便于安、拆和利于新旧混凝土的结合。其中休口板是用 0.5 $mm$  镀锌铁皮冲压而成的网状板,沿长向设 V 形肋,自身具有一定刚度,能承受适当压力。

2)水平施工缝。采用缓凝剂冲花法处理,在混凝土浇注完 0.5~1h 内,在混凝土表面刷特种缓凝剂,可使混凝土表面约 5 $mm$  厚的一层缓凝 24h,待下层混凝土终凝后,可用压力水冲掉表面未凝固的浆层,现出混凝土骨料,使表面层呈均匀的粗糙面,以保证新旧混凝土的牢固结合。

## 2. 模板工程

(1) 框架结构: 采用可调节高度的四方顶垂直支撑和带钢芯胶皮腕的高拉力穿墙螺栓相配套的支模体系, 用特制泡沫条处理模板拼缝, 可扩大模板及支撑的周转率, 又方便施工和保证混凝土的浇灌质量, 模板支撑见图 2.1.11(2)、2.1.11(3)。

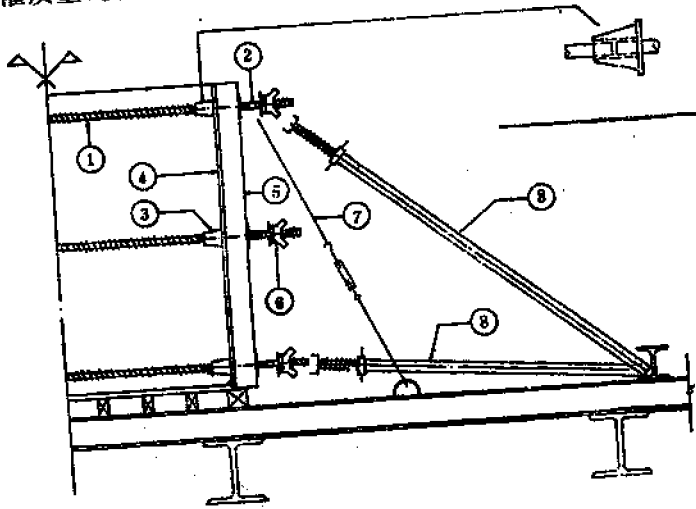


图 2.1.11(2) 模板支撑之一

1—高拉力螺栓(内杆); 2—由  $2 \times [10$  组成的外围框; 3—带钢芯胶杯;  
4—5—19mm 厚胶合板; 5—竖向拼条; 6—蝶形螺帽;  
7—带花篮螺丝可调钢绳; 8—水平及斜向可调支撑; 9—高拉力螺栓外杆

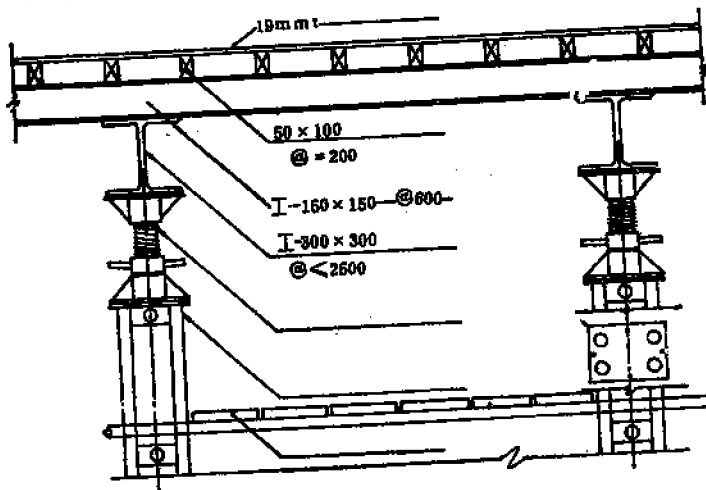


图 2.1.11(3) 模板支撑之二

四方顶撑由 4 根外径为 48.5mm 钢管组成, 有 3m、2.5m、2.25m、2m、1.75m、1.5m、1.25m、1.0m、0.65m 的 9 种长度供不同高度的需要, 支撑顶端安装螺旋千斤顶, 供 30cm 内高度调节, 这一种支撑具有重量轻、稳定性好等特点且安、拆方便, 便于周转。

(2) 高墙混凝土浇灌采用大模板提模法施工(见图 2.1.11(4)), 可达到施工速度快、质量好、节省材料的效果。

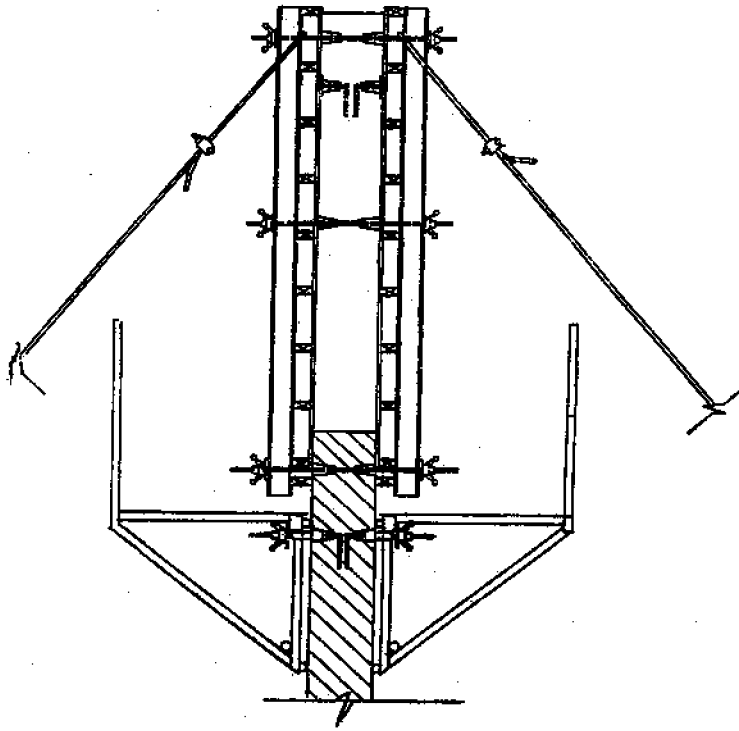


图 2.1.11(4) 大模板提模法示意图

应该注意的是,每次支模时,都要为下一次的后浇段预埋紧固模板和安装吊架的螺杆。模板周转视结构断面的不同,可水平方向推移,也可沿垂直方向逐段向上推移。

(3)大直径冷却水涵洞模板:采用滚动拉模施工法,以节省模板配置数量,提高施工质量(见图 2.1.11(5))。

周转顺序为:前方节涵洞第一阶段混凝土已浇完,此时,在前方节第一阶段混凝土上安装导轨,在移动的前方按需要吨位安装电动卷扬机或倒链葫芦,用钢丝绳连接并牵动门式架,使其在预放的轨道上滚动前进。

(4)距地 10m 左右平台:采用永久压型钢模板施工,达到不用搭架支承、不拆模、工期短的效果。

### 3. 钢筋工程

(1)钢筋加工:所有钢筋在钢筋加工厂加工,钢筋加工厂配备前联邦德国进口轨道行走式钢筋切断机、前联邦德国进口可双向运转的钢筋弯曲机、钢筋分送工作台等钢筋加工设备,钢筋加工厂中央布置轨道行走式 150t.m 塔吊,形成从钢筋原料进场→取料→切料→成型→转移→运送的全机械化生产线。

(2)采用连接工艺简单、性能优良的钢筋锥形螺纹接头和挤压式对接接头。

(3)采用钢筋挂牌服务,钢筋牌由不同形状,每种形状又由不同颜色组成(见图 2.1.11(6))以代表结构的不同部位和不同的工程位置,确保钢筋在加工、存放、运转、绑扎等环节中使用正确,不出差错。

①质控报告：一般质控检查员在检查中发现了问题就直接向现场工程师和工长提出，使问题很快得到解决。但是如果问题较严重或向他们提出后没有反应，就要写报告向质保/质控负责人和施工队负责人反映，并放入 ETF 中存档。

②不符合项处理程序：质量保证大纲规定：一旦发现不符合项，应立即采取措施控制，给出不符合项标记，向业主报不符合项报告，在报告中要明确不符合项发生的原因、差异状态及修复方案或补救措施，待业主批准后即成为强制性措施，必须按批准的方案修复或处理不符合项。

#### 4. 要采用有效的成本控制手段，提高经济效益

(1)采用合适的用工制度、确保工期准点到达：

1)划小班组，记工考勤。工人进场后，按工种划分，6个人为一个班，4~5个班配一名工长(工人)带领。优点是：调度灵活，便于安排工作，队与队之间劳动力可以互相调剂，有利考核，减少窝工，提高工效。

记工考核为：将现场划分为若干个作业区，按部位、工作内容、工种、编码用电子计算机进行管理。工作程序是：各队记工员根据班组出勤、工作部位、工作内容按要求填写记工单，由工长、队长签字，人事部汇结交财务部电脑操作员，根据记工单填写的各项数据输入电脑，以便查找人工节、超的原因，商量对策，采取成求控制的措施。

2)劳务费切块承包，大大加快了工程进度，提高了劳动生产率。

3)加强技术培训，提高操作技能，加强施工速度。

(2)采用强制式机械管理、提高设备利用率：

1)机械设备的管理。所有机械设备均由机电部门统一管理。机电部下设机械队、电器队(设有塔吊维修保养组)、混凝土搅拌站(其用车向机械队申请)等机械分别承担重型机械、混凝土机械、通用中小型机具、塔吊等使用与管理。机械设备管理的特点可以归纳为：各自建档，电脑储存，跟踪监测，按月报表，依凭数据，预测故障，发现问题，及时排除。

月设备运行报告中记录现场混凝土设备工作情况，如各搅拌站的产量，混凝土泵车的月泵送量和小时泵送量。通过这些数据了解设备的利用率和机械效率，从而为计划部门制定下一个月生产计划提供生产能力的可靠依据。同时机电部也可以凭借这些数据及各个时期混凝土总需求量计划提前安排设备维修保养计划、设备配置计划，或在必要时租赁设备的计划。

2)机械设备的维修保养。机械设备维修保养的显著特点是采取定期、定项目的强制保养法。这种方法是对各种设备均按其厂家的要求或成熟的经验制定一套详细的保养卡片，分列出不同的保养期以及不同的保养项目。各使用单位必须按期、按项目的要求更换零配件，即使这些配件还可以使用也必须更换。以保证在下一个保养期之间设备无故障运行。

另外，还引进一些先进的检测技术，帮助预测可能产生的机械故障，美国有一种 SOS 系统，它是利用油样分析来间接判断机械内部的零件磨损情况及磨损零件的位置，发出早期警告，避免连锁损坏，还可以让使用者提前准备零配件，或者安排适当的时机进行维修及更换零件。在大亚湾工程中，使用这种系统定期将重要设备的油样进行检查，并根据检查报告来安排保养计划。

(3)采用独特的物资供应及管理模式，内容包括：

1)建立以仓库为中心的多层次管理方式，根据物资的最低储备量和最高储备量求出物

自屋面到地面的通长钢丝绳穿过吊船,以保证吊船不摆动。

(2)屋面:采用1BR5型波纹铁底板和1MR型波纹铁面板中间夹保温层组成的双层波纹板结构。

采用塔吊将屋面铁板整箱吊至屋面,通过屋面通道送至工作面安装;水平运输则利用天沟槽内满铺跳板作为通道,用胶轮手推车或人力车运送到各安装地点。

### 6. 通风空调安装

核电站通风空调由英国寇特国际有限公司设计。制作与安装按“英国暖通承包商协会”1982年版DW142《金属风管施工规范》要求施工。

(1)风管制作及安装:

1)直风管。均提供做好咬口的半成品,风管长边小于或

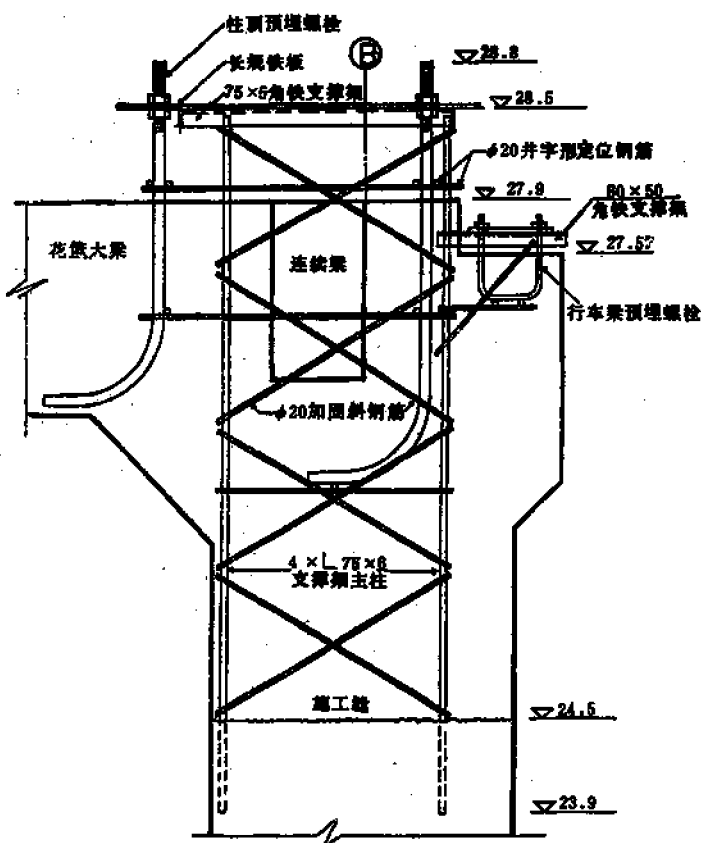


图 2.1.11(7) 柱顶预埋螺栓安装工艺图

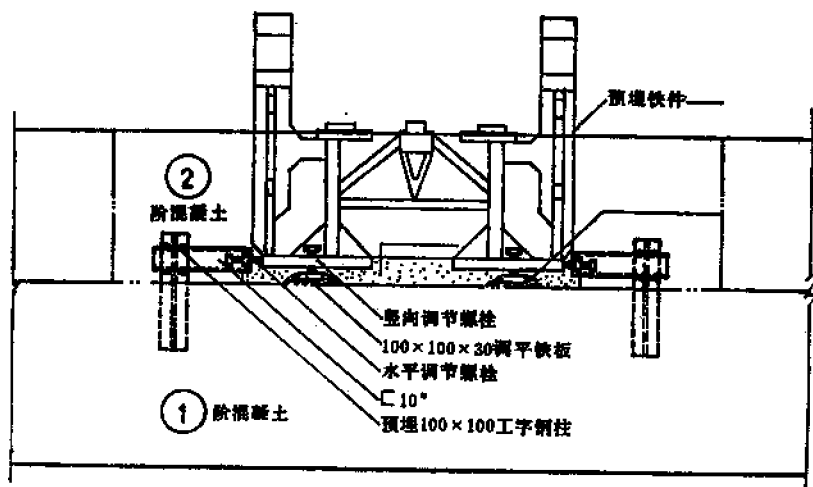


图 2.1.11(8) 汽轮发电机基座大型预埋件安装工艺

等于1250mm时,为两片“L”形供料;风管长边大于1250mm时,为4片形供料。现场只需组对,不需咬口机、折方机等设备。

2)弯头。全部弯头安装导流叶片,以降低风管系统的阻力。

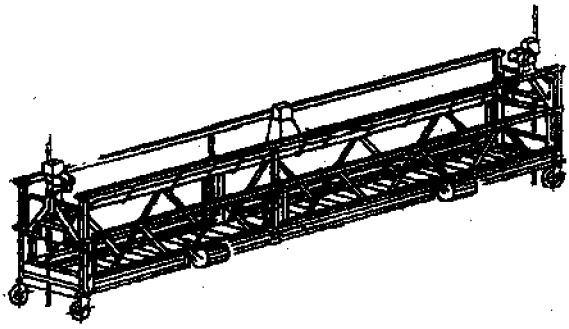


图 2.1.11(9) 吊船示意图

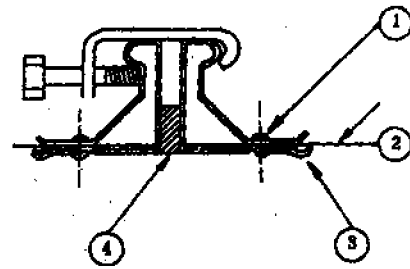


图 2.1.11(10) 法兰及特制卡

1—铆接；2—风管；  
3—硅胶密封；4—密封条

### (2) 法兰：

采用 0.8~1.25mm 厚镀锌铁皮加工的法兰，法兰之间采用特制卡连接，与传统角钢法兰相比，可节约钢材，大大提高工效(见图 2.1.11(10))。

(3) 支架与混凝土结构及钢结构的固定分别采用图 2.1.11(11)、图 2.1.11(12) 方法施工

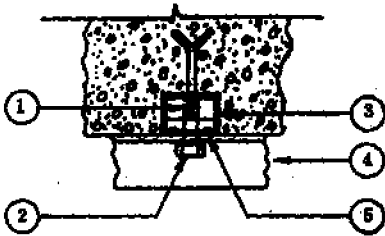


图 2.1.11(11) 支架与混凝土结构的固定

1—弹簧；2—螺栓；3—预埋槽口；  
4—角钢；5—长方形螺母

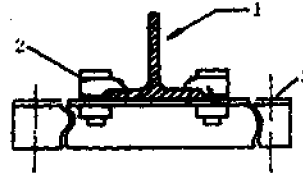


图 2.1.11(12) 支架与钢结构的固定

1—钢结构；2—卡体；3—角钢

### 7. 预埋件二次灌浆

采用五星牌非收缩性胶泥作为灌浆材料，以达到不产生收缩裂缝，不腐蚀，不锈蚀的目的；且强度可达  $90\text{N}/\text{mm}^2$ ，适于泵送或其他任何浇注形式，很容易用抹子抹光。其灌注施工工艺如图 2.1.11(13) 所示。

## (四) 施工总进度计划

1984 年 4 月开始动工，主要是移山填海、三通一平、开挖基础和修建水库、防波堤等施工准备。

1987 年 8 月 7 日，核岛 1<sup>#</sup> 反应堆厂房浇灌结构混凝土，大亚湾核电站土建工程正式开工。第一台机组计划 1992 年 10 月 7 日正式并网发电，第二台机组在相距 8 个月后于 1993 年 7 月正式投入运行。粗线条的进度计划见图 2.1.11(14)。



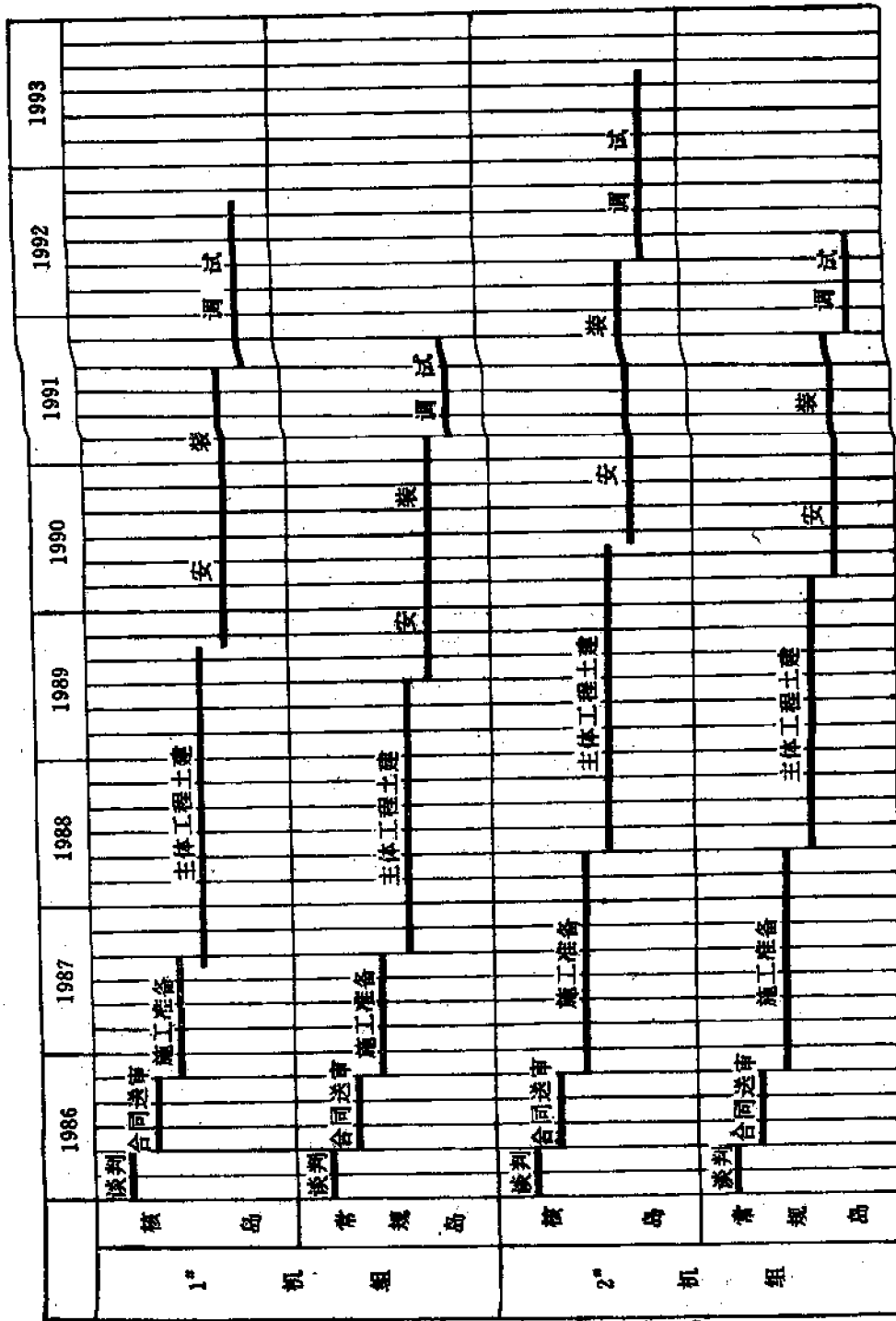


图 2.1.11(14) 施工进度计划

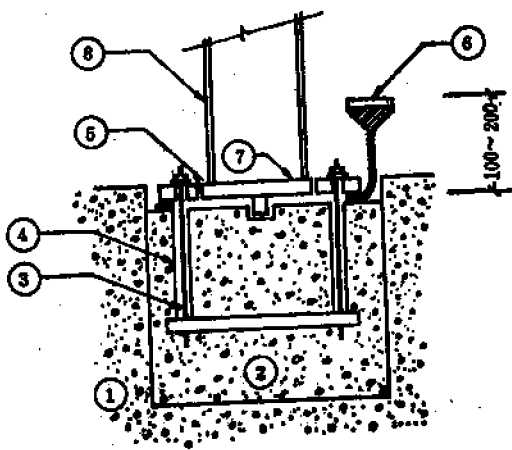


图 2.1.11(13) 非收缩性五星胶泥灌浆示意  
 1—一阶混凝土;2—二阶混凝土;3—预埋螺栓;  
 4—灌浆套筒(有利于调整螺栓位置);5—出气孔;  
 6—漏斗;7—底板;8—上部钢结构或设备

图 2.1.11(15)所示为劳动力进场曲线。

### (五)施工总平面

占地面积 635 公顷的工程现场共分成厂区(正式工程施工区)、施工区(生产临建区和生活区(生活临建区)三大片。

#### 1. 厂区

占地面积 62 公顷,现场平面规划见图 2.1.11(16)。

(1)道路:如图 2.1.11(16)所示的道路,均为混凝土路面结构。东西南北至主干道直通深圳公路,形成纵横交错、四通八达的水平运输网络。另外,在厂区南面建一个 5,000t 位的设备卸货码头和一个材料卸货码头,保证核电站的进口设备和材料海运畅通。

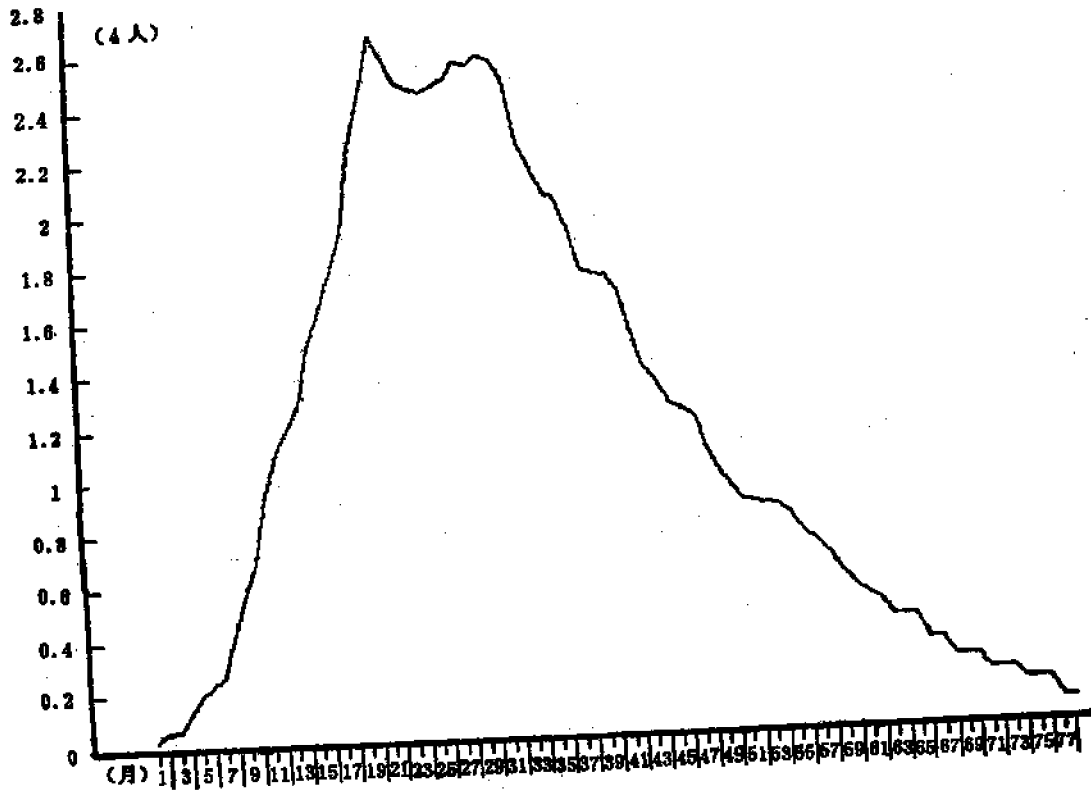


图 2.1.11(15) 劳动力进场曲线

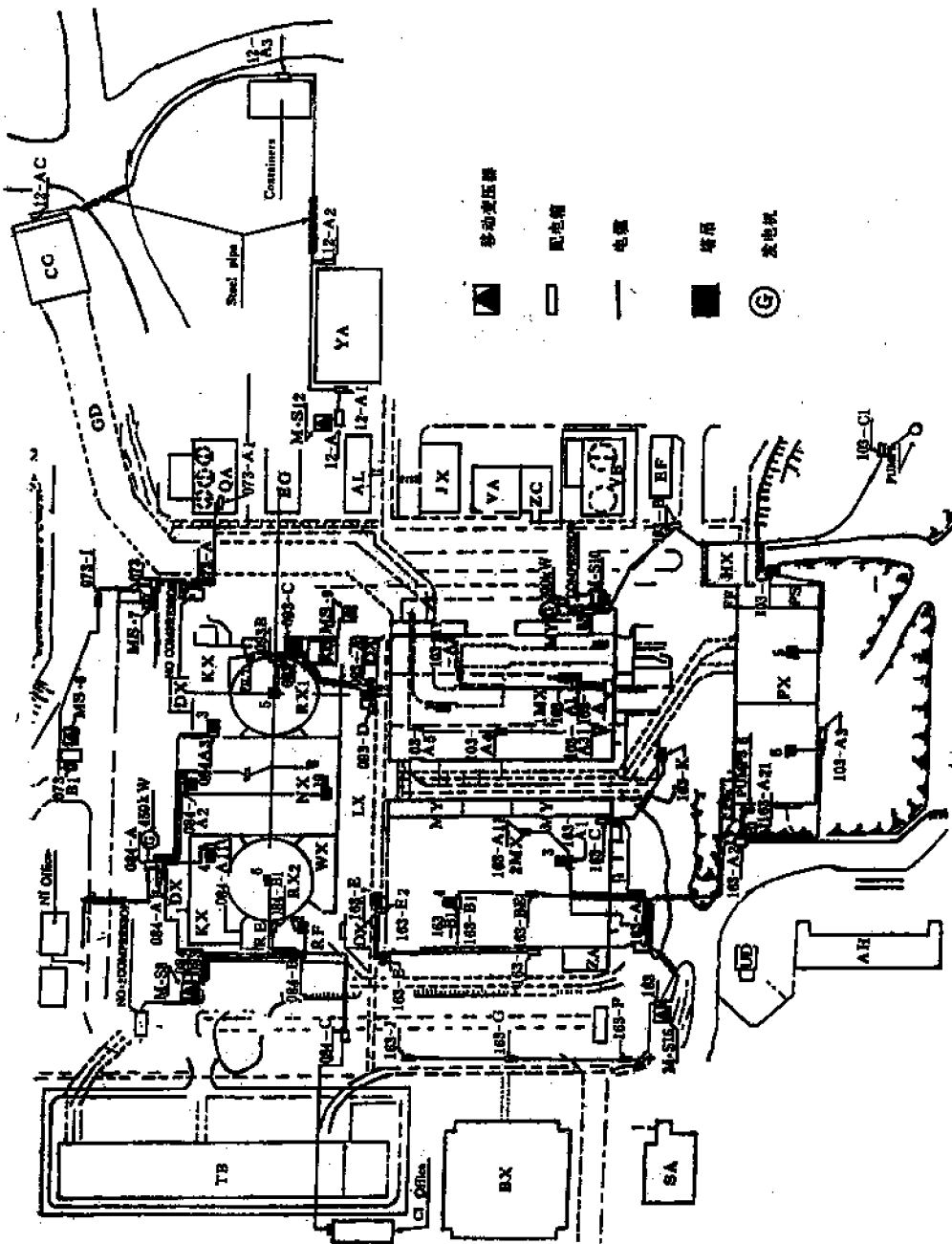


图 2.1.11(16) 厂区平面布置

RX<sub>1</sub>、RX<sub>2</sub>—反应堆厂房;MX<sub>1</sub>、MX<sub>2</sub>—汽轮发电机厂房;PX—联合泵房;VA—辅助锅炉房(其余为辅助厂房)

## (2) 供水、供电:

1) 供水: 在施工区北面建库容 130 万  $\text{m}^3$  的大坑水库, 用管线连接现场厂区、施工区、生活区、专供生产、生活用淡水。

2) 供电: 22 万 kV 变电站在土建工程开工前即已建成, 用埋地电缆引向厂区、施工区、生活区。

厂区设固定、移动式变压器及四级配电箱为各工程用电设备供电, 其布置见图 2.1.11(16)。

(3) 垂直、水平运输机械的选择: 由于厂区建筑密度很大, 核岛、常规岛、辅助厂房连成一片, 特别在基础工程施工阶段, 地面水平运输几乎视为不可能。因此, 采用固定式塔式起重机是最理想的垂直、兼水平运输机械。图 2.1.11(16) 中所示塔吊编号及位置是按施工高峰期所配置的, 在使用中, 按各个工程不同施工阶段和不同施工高度以及不同工程规模、相应增、减或拆除, 以满足不同吊次的需要。

本工程所选用塔吊大都是进口设备, 具有机动灵活、覆盖面大、效率高的特点, 因此, 不但可解决构件、材料的调运, 也可解决覆盖面以内的水平运输, 对高空、立体、水平交叉作业可起到绝对可靠的保证作用。

(4) 现场用房: 由于正式工程布置相当紧凑, 几乎没有地面空隙, 所以, 施工队在现场的办公用房除一栋活动板房外, 其余均采用二层叠放集装箱。这样, 不但占地小, 且可根据施工进度随时搬迁位置。

## 2. 施工区

施工区与生产区紧相毗邻。该区按核岛土建、常规岛土建、核岛安装、常规岛安装、辅助厂房土建和安装划分成块(见图 2.1.11(17))。

从图中可以看到, 以一条道路为界将其分成两大片区, 道路以北是核岛施工区, 以南为常规岛施工区, 所包括的生产设施有:

(1) 混凝土搅拌站: 核电站的混凝土工程量大, 日高峰混凝土浇注达  $1200\sim 1500\text{m}^3$ , 在施工区东北角设混凝土搅拌站一座。

(2) 钢筋加工场: 核岛、常规岛各设钢筋加工场一座, 以承担各自工程的加工任务。

(3) 木工车间: 核岛、常规岛各设木工车间一座, 模板加工总工程量达  $70\text{万 m}^2$ , 满足现场月高峰模板安装量  $9000\text{m}^2$  的要求。

(4) 机电车间: 核岛、常规岛各设机电车间一座(在工程后期合二而一), 分别承担施工现场重型机械、混凝土机械、通用中小型机具、塔吊等机电设备的使用及维修工作。

另外, 还在核岛、常规岛施工区各设混凝土构件预制场各一座, 两岛合用材料试验室一座, 核岛反应堆厂房安全壳钢衬里加工间一座、预应力加工间一座以及工地办公室等生产临建。

## 3. 生活区

生活区位于距厂区西部  $1\sim 4\text{km}$  处, 分布于通往深圳市公路干道的两侧。由于核电站是资金、设备全部引进的第一座大型商用核电站, 所以外国专家很多, 高峰期在千人以上, 为此在生活区西头建一个占地面积  $10\text{万 m}^2$  的外国专家村。

中方人员高峰人数约 1 万多, 按各承包商的需要分片自建, 职工住宅一般为 3~4 层砖

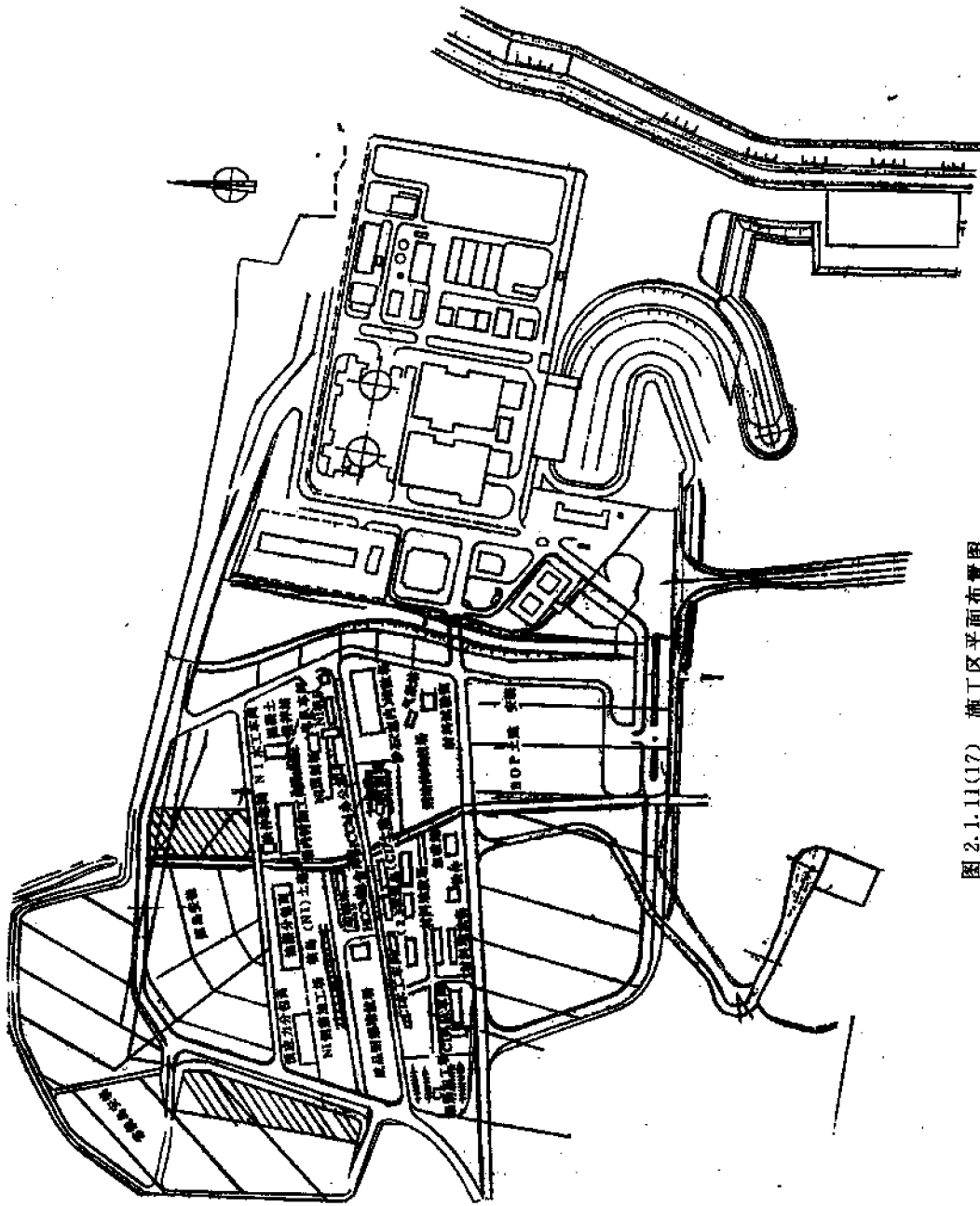


图 2.1.11(17) 施工区平面布置图

混结构,人均住房  $4\text{m}^2$  左右,造价  $200\sim 400$  万/ $\text{m}^2$ 。生活区内设生活配套设施,以方便职工生活。

## (六) 施工管理

### 1. 要建立动态计划模式、确保工期准点

其宗旨是以实现国家指令性计划为目标,以控制关键日期准点到达为主干,以滚动计划为链条,确保计划的衔接、稳定与均衡,通过信息反馈,对计划实行的全过程作有效控制的六级计划管理模式。

(1) 六级计划的主要内容:

一级计划:由国家确定的对大亚湾核电站施工的指令性计划,此计划确定了主要工程项目关键日期的控制点。

二级计划:为合同计划、与一级计划的目标是一致的,但项目划分比一级计划详细,在此计划中根据一级计划的关键日期对工程影响的大小分为一、二、三、四星四个等级,规定如有延误,则据星级的不同处以罚款。本工程是一星级控制点 32 个,二星级控制点 12 个,三星级控制点 8 个,四星级控制点 1 个。

三级计划:由各施工队以二级计划为依据主持编制,由工程部经理协调同意,报业主核准后执行。

此级计划每三个月编一次,计划期为六个月,执行三个月后,再编排一次,计划期仍为 6 个月,即在执行前三个月计划的基础上,调整后三个月的计划,再预测下三个月的计划,如此连环持续下去,故称为滚动计划。

三级计划是很详细很具体的计划,需分项目、分部位、分工序、分月地编排,有工程量及开工和完工日期,流水穿插顺序分明。因此,编制三级计划的人要有丰富的施工经验,而且要下很大的功夫,详细了解施工图纸,明确划分施工阶段,按照施工阶段图计算工程量,根据施工规范的要求确定施工方法,使工序安排合理,体现合同对该计划期的要求,还要弄清各种材料、设备、加工品是业主提供还是自行加工或采购的,供应能力和时间,以及其他施工单位的协作条件等。否则编出来的计划就不完整、不合理,不能按计划组织施工和实现计划目标。

四级计划。为月作业计划,其内容与三级计划相同,只是时间仅限于一个月。该级计划由施工队主管工程师编制,经队长协调同意后,报工程部经理审批。

四级计划的资料,如施工阶段划分、工序排列、工程量等等可照三级计划套用,只是各工序的开工和完工时间应根据变化的条件重新画线,因此,四级计划较容易编制,特别是 1、4、7、10 月的四级计划与三级计划的第一个月几乎没有什么不同。2、5、8、11 月的四级计划与三级计划的第二个月相比需要调整的也不是太多,3、6、9、12 月的四级计划与三级计划的第三个月相比差异较大,但基础资料都可以从三级计划中套用。

五级计划。即周计划,由施工队工程师编制,队长审批签发按两周编制,第一周为本周要执行的计划,第二周为下周的预测。到了下一周,把预测性计划提上来,作为执行计划,再安排下一周的预测性计划,所以,周计划也是滚动计划。

周计划比月计划更具体、更具有实践性,凡是条件变化了的都要在周计划上加以调整。

周计划有工序穿插作业时间和混凝土工程量,因混凝土工程牵涉面较宽,钢筋场、木工

房、钢筋工、木工、架工、测量、预埋件等都要做好准备,创造条件,质控部门要进行质量检查控制,搅拌站、机队要安排泵车、搅拌车,提供混凝土施工和运输设备、供应混凝土。

六级计划。为日计划,由施工队工程师针对现场进展情况每日安排,每天下午3:30(夏令时为4:30)各队(含机队、电队)、钢筋场、木工房的工程师以会议形式在一起安排第二天的工作,平衡第二天的大型施工机械,根据周计划和当时的实际情况,明确第二天要进行的工作的具体作法和进度要求,为保证实现第二天的目标和给第三天的工作创造条件而需要当晚、第二天或星期天加班的,也在这时予以明确和平衡。

日计划会前由各队的工程师将工作内容写在黑板上,经过讨论平衡以后,再写成日计划并复印若干份,发给有关执行人,与此同时按需要建立第二天的ETF档案,向混凝土搅拌站订购混凝土。

总之,日计划保证周计划,周计划保证月计划,月计划保证体现合同计划的三级计划,而指导月计划的三级计划的作用除具有保证实现合同计划的功能外,通过预测6个月的计划还为月计划提供各种人力、资源和技术准备。

(2)六级计划的执行与控制:对计划执行的全过程实施卓有成效的控制。其主要措施是:

1)根据计划任务编制相应的人力、资源需要量计划,如劳动力计划,现金流量计划,钢筋、混凝土、模板、砂、石、水泥供应量计划,构配件计划,设备供应计划,其他材料、机具采购(订货)、加工、装运计划等等,并及时追踪检查,确保人力、资源满足计划执行的需要,为计划的执行提供了可靠的物质保证。

2)通过跟踪与反馈,对计划执行的全过程实行有效的控制。对计划执行的全过程进行跟踪检查,获得计划执行全过程的信息,通过定期和不定期的碰头会、调度会检查计划的执行情况,从中得到计划反馈的依据,把实际执行情况与计划对比,如有延误,找出延误的各种因素并分析这些因素是外部的还是内部的,是确定的因素还是随机的因素。从而通过综合平衡,采取措施,加强薄弱环节,使计划动态地获得平衡,使施工进度始终沿着合同(二级计划)的轨道推进,各个关键日期都能准点或提前到达,保证计划目标的实现。

3)安排追赶计划。建筑施工综合性强,牵涉面广,社会经济联系复杂,有时可能由于难以预见的因素而拖延工期。及时发现施工进度赶不上计划要求时,即进行研究分析,着手安排追赶计划。由于施工单位自身的原因需要追赶计划而增加的费用由施工单位自行负担,这实际上是减少了利润,承受了罚款;由于业主的原因造成的拖延计划,由业主签证承担责任并承担追赶进度需增加的费用。

(3)计划管理的基本特点:

1)规律性。既有实现总目标的一、二级长期计划,又有保长期计划的三级中期计划,更有保中期计划的四、五、六级短期计划。上述计划是遵循着计划期限由长到短,由远到近;规划性由强减弱,实施性由弱增强;内容由粗渐细,由概括渐详尽、具体的客观规律,符合计划管理的规律性。

2)衔接性。六级计划中有两级是滚动计划,犹如两个链条,把整个计划紧密地衔接起来。三级滚动计划是衔接一、二级计划和四、五、六级计划的链条,起着落实一、二级长期计划和控制四、五、六级作业计划的作用。而五级滚动作业计划又是衔接四级月作业计划和六级日作业计划的链条,起到落实四级月作业计划、指导和控制六级日作业计划的作用。这两级滚动计划使长、中、短期计划紧密衔接,环环相扣,保证整个计划有机地衔接、稳定、均衡地沿着

计划目标的轨道向前推进。

3) 动态性。六级计划的管理使传统的静态计划发展成为动态的滚动计划, 可以使计划随着主客观条件的变化, 适时得到调整和完善, 从而提高了计划的准确性。既可更好地指导施工活动, 又可据此为后期作好准备。

4) 系统性。这里指的系统性只就一个侧面而言。其系统性表现在, 既重视制订好计划, 又着重注意组织好执行计划和通过控制修订计划, 做到以控制修订计划保计划的执行, 以计划的执行保计划目标的实现, 形成一个计划、组织、控制的计划管理系统。

## 2. 要强化技术管理、促进现场施工

(1) 建立技术与生产融为一体的技术管理系统:

国内的技术管理组织系统为总工程师→技术科→工程处主任工程师→技术股→施工队工程师(技术员), 这是一个与生产指挥管理组织系统相脱节的平行的独立系统。核电施工工程地的技术管理组织系统却与生产指挥组织系统融为一体, 即总经理(本身是工程师, 不设总工程师)→技术部→施工队长(也是工程师)→主管工程师→专业工程师, 这样一个既是生产管理指挥又是技术管理的组织系统, 就必然把技术管理与生产管理、技术与经济、方案、程序的制定和实施紧密结合一起。避免了相互脱节, 也防止了某些技术人员只重视技术, 不重视生产和经济的片面观点。

(2) 现场技术管理的主要任务、内容和方法:

1) 加强图纸管理、预防施工差错。合营公司图纸管理是按 HCCM 图纸工作程序进行的。各类图纸分为“供参考”和“供施工”两种。“供参考图”在“供施工图”之前由业主发到技术部, 供施工单位了解、熟悉即将开工的工程项目情况, 以便调配组织人力、物力制定施工措施。“供参考图”只能做工作准备用, 不能作施工用。在施工过程中, 现场上不断有新问题出现, 每个问题通过设计更改指令, 技术校核请求单、技术修改文件提出并解决后, 都要绘制、更改一个反映在“供施工图”的图纸上, 因此“供施工图”始终处于不断修改的状态中, 图纸修改的各个状态用修改指数 A、B、C……来标明, 图纸修改指数的变更根据“同一张图上第一个修改点时间长达半年或者尽管时间不够半年, 但修改点已达 5 个”这一原则来进行的。当 B 图发来后, A 图就不能再使用。

整个图纸的管理过程是一项重复性很大, 具体而繁锁的基础工作, 但确实能起到保证质量的作用。

2) 严格技术工作程序、实施技术管理与控制。大亚湾核电站核岛常规岛工程全部采用法国规范和英国规范施工。在施工进程中, 技术部严格按技术规范对现场施工实行技术监督, 督促各工序遵照施工图要求施工。各工程项目开工前, 将图纸、工作程序及规范发到各施工队, 由各施工队根据设计图绘制出施工详图报技术部。

3) 注重技术经济效益、抓好技术索赔。技术索赔就是在执行承包合同中, 抓住业主在技术方面的失误, 提出增加和延长工期。

首先技术部以技术校核请求单、技术修改文件、设计更改指令形式提出问题, 如图纸中的错误, 图纸发行日期耽误, 业主不及时答复技术核定单, 业主材料供应不及时或材料运输途中损坏变形而增加的修复工作量等, 查出合同书和图纸所规定的工程以外的技术校核请求单、技术修改文件, 然后发出信件, 要求业主发给“变更指令”或“工程指令”, 当业主承认这些失误发出修改指令后, 随之通知现场有关施工队, 统计出因执行修改指令后所多投入的人



力、物力,以及因等待答复,或因舍弃已完成至半的工作而报废的财物,由有关部门向业主提出结算清单。

### (3)技术管理的特点:

把重复出现的管理工作订成标准,纳入制度,使管理业务标准化。各项工作过程,都制定了合理而详细的工作程序,并用文字或图表表示出来,使工作流程程序化。管理业务的标准化和程序化,使技术管理工作条件化、规范化,从而避免分工不清,职责不明、互相脱节,互相推诿现象的发生。同时,也由于各项工作都由各个详细的工作程序分解成了简单而重复的单一工作,使复杂的工作简单化。公司之间、部门之间、上下级之间、同事之间,凡联系业务布置工作,发布指令,交换数据等一切都用文件说话,且文件往来快。借用复印机、打字机、电脑、传真、电传以及直拨世界各地的电话这些现代化设备,大大加快了工作速度。

### 3. 执行质保、质控,确保工程质量

首先,中建二局应用建立质保一质控体系来确保大亚湾核电站工程质量。在开工前,先制定质保大纲和质保程序,所制定的质量文件分上行型文件和跟踪质量型文件两种,上行型文件有质保大纲、质保程序、工作程序、采购技术说明书、材料呈送单、分包商呈送单等;跟踪质量文件有放线单(测量)、施工跟踪档案、测试及控制报告、一致性证明书、质量偏差报告、不一致项报告等。

用质保一质控体系贯穿于施工生产的全过程,从施工人员的技术培训到机具有保养、维修;从把握施工技术关键到施工程序的每一个环节;从原材料的品质控制到最终的工程评定等的一切活动,都在质保一质控的监督、控制之下,都纳入标准化管理之中。这样,不但确保核电站施工质量的万无一失,而且可有效地避免质量事故的发生。

#### (1)土木工程施工质保大纲的构成:

1)上行质量文件,包括质保大纲(QAP)、质量保证总程序(GP)、工作程序(WP)、采购技术说明书、材料呈送单、分包商呈送单等。

2)跟踪质量文件。包括放线单(测量)、施工跟踪档案(ETF文件)、测试及控制报告、调试报告、一致性证明书、质量偏差报告、不一致性报告等。

3)管理复审。此为对本身及分包商和供应商的质保大纲证实是否执行、运用和有效,并且当发现有差异时,需要及时地仔细纠正。

质量保证大纲规定了包括对组织机构、文件管理、设计管理、采购管理、材料管理、过程管理、检查和试验管理、不符合项的管理、纠正措施、记录、监查等在内的监督范围。主要文件有:

①组织机构:规定了组织机构的设置、职责、权力与联系。特别是规定了质保组织机构直属于HCCM董事会领导,直接向董事会负责,是独立于工程执行机构之外的权力机构。

②文件管理:对文件管理制订了文件编号、复核及批准、文件颁布和分发、文件变更管理等一整套管理程序,以保证所有文件、图纸、资料、技术规范能正确无误地建档、保管和分发到有关部门和人员。

③设计管理:这仅涉及土建承包商所承担的设计活动。规定了设计衔接管理、内部和外部的接口联系、设计验证(当HCCM不能直接验证设计时,可委托有资格的专家或机构来验证)和设计修改等。

④采购管理:除了质保大纲“采购管理”这一章中规定了对供应商的评价和挑选采购项

目及服务机构的管理以及相关原则外,还建立了有关综合程序,以确保永久性消耗材料和设备的采购质量能满足核电站的设计要求。

⑤材料管理:材料、零件、组合件及部分组装设备从工厂生产、运输直至现场安装,均应用不易失掉的号码标识。在采购文件中注明了有关标识的措施。

装卸、贮存和运输过程由书面指令及 HCCM 分包商的说明书来组织和控制。

通过上述程序的控制,防止材料、零件、组合件及部分组装设备的损坏、变质、丢失或误用。

⑥检查和试验管理:检查。由两个方面来控制,一方面是内部控制,另一方面由质保质控队随机或有计划的独立控制。内部和独立控制都要记录在施工跟踪档案、控制报告等质量跟踪文件中。工作程序中定义了控制的任务和方法。

试验指由承包商完成的试验,包括个人熟练程度及资格,设备工具,操作方法,检查员,强制性结果,要发给的文件等程序。

测量和试验设备的标定和管理。所有的仪表、工具、量具和试验设备都要根据综合程序通过标定和验证。

⑦对不符合项的管理:施工过程中凡发现不符合施工程序、技术规范、标准和图纸要求的均称为不符合项。缺陷程度的分类和补救措施以及不符合状态的有关文件都描述在综合程序“不符合项目”中。

⑧纠正措施:当工程缺陷、偏差及对质量不利的条件出现时,为了防止重复发生,建立了综合程序“纠正措施”,描述了质保一质控队的纠正活动。

⑨记录:质保记录的编写。承包商和分包商对每一个土木工程结构都要有质保记录,包括上行文件和质量跟踪文件。

⑩监查:分内部和外部监查。质保部门将根据需要指导监查以证实质保大纲的执行、运用和效率。

综上所述的各项管理工作组成了质保一质控管理体系,一切生产活动都处于有目标、有计划、有标准、有程序的受控状态,从而保证了工程任务的正常进行,确保了工程质量。

(2)质保一质控在施工过程中的控制:

1)工作程序。工作程序就是对施工程序、施工技术方案的描述。施工程序和施工技术方案分别按法国和英国规范要求,由施工队的主管工程师同技术部的工程师及质保工程师合作编制后报业主质保部和工程部根据规范、规定审核、批准后执行,成为现场施工的指导文件。

2)施工记录档案程序。施工记录档案(Execution Tracing File 简称 ETF)是遵循质保大纲要求建立的记录每一个具体结构施工过程中全部情况的施工记录档案。也可以说是根据规范程序和方案要求,对施工的每道工序、每个环节进行质量监督控制的重要手段和原始文字记载,是极为重要的质保文件。它包括每一个具体结构施工过程中的所有检查和试验结果。

ETF 档案主要内容有:内部控制单(混凝土检查单),测量放线单,实验报告,施工阶段草图,钢筋检查单,钢筋交货单(要有钢筋工程师和工长的签字),预埋件检查单,有关技术修订(TA),现场变更(FCO),说明要求(CR)等技术文件的表,测量检查单,不符合项报告。

3)质控检查程序。质控部门除了对施工队的内部质控进行监查外,还要对施工质量进行日常的例行检查和抽查。

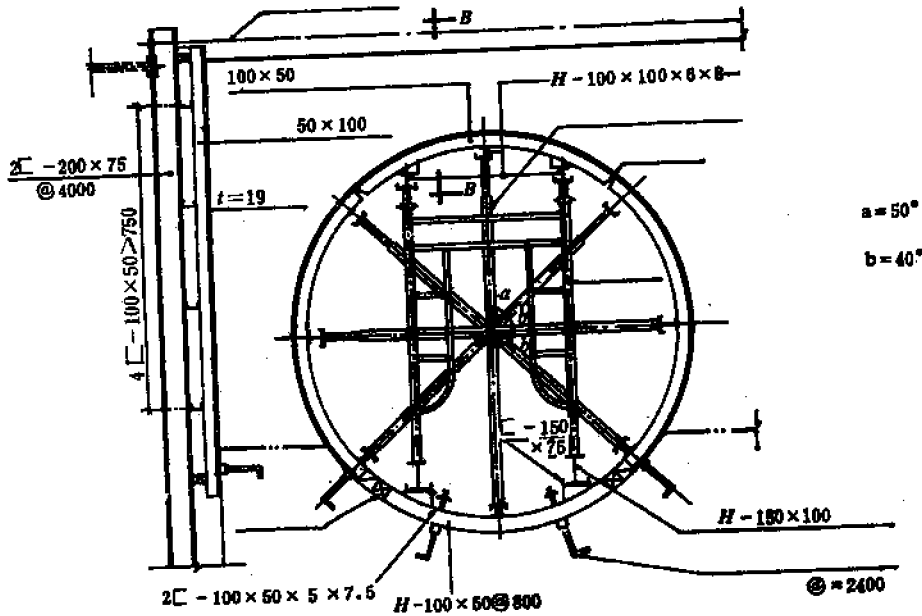


图 2.1.11(5) 滚动拉模安装

#### 4. 大型预埋件安装

(1)柱顶预埋螺栓:核电站常规岛汽轮发电机厂房的 A、B、C 列 1~14 轴线共有 51 根混凝土柱子需在柱顶安装预埋螺栓,供上部钢结构安装用,每根柱顶最多的要安 5 排 20 根螺栓,最小的要安 2 排 8 根,螺栓直径 52mm,长 2.7~3.2m,除露出混凝土面 90mm 用于安装钢柱外,其余全部浇入混凝土中作为锚固用。图纸要求安装的精度极高,其轴线位移和垂直误差均不大于 3mm,柱顶标高误差不大于 5mm。工作地点在 28m 高空,四周没有稳固的支撑点,需制定如图 2.1.11(7)所示的安装方案,确保安装质量。

(2)大型预埋件:核电站 900MW 汽轮发电机是我国目前最大的发电机组,其基座结构之复杂、工程量之大、精度要求之高也是前所未有的,基座上需埋置为数甚多的精制大型铁件中 100 多件,其中最重的一件达 11.5t,最长的一件达 6.88m,这些预埋件上表面均有经精加工处理的设备安装面,包括设备安装螺栓孔及槽口,在安装和混凝土浇灌过程中均不允许遭到破坏,而且设备的轴线位移和标高误差均不得大于 2mm。因此制定如图 2.1.11(8)所示大型预埋件安装工艺,以保安装精度。

#### 5. 压型波纹铁板围护墙及屋面施工

(1)墙面:为单层 BR5 型波纹铁板,由 0.9mm 厚钢板压制而成,成型后的波纹铁板宽 920mm,高 33mm,长度 600~1000mm。

采用如图 2.1.11(9)所示吊船作垂直升降,按顺序安装。吊船在天沟横梁上生根,并用

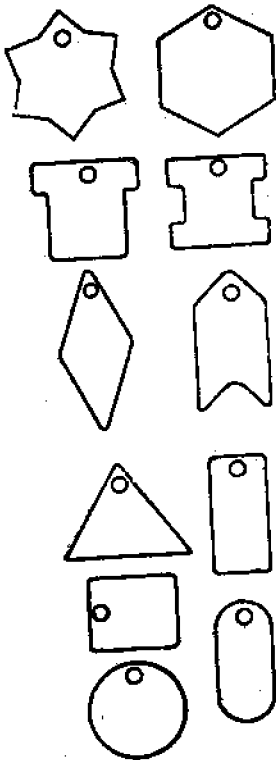


图 2.1.11(6) 钢筋牌

资的最佳订购量,制订出既合理又经济的计划,努力避免物资积压,尽量加速流动资金周转。

2)建立完整的采购程序,采购计划性强。从提出供应要求、编制采购计划、审批购买到财务付款,都建立一套完整的程序,采购单一式七份,以各种颜色区分,标志明显,用途各异,以免混淆,便于入帐核对。

3)采用多种采购合同,根据不同情况在采购中分别运用不变价格、浮动价格和固定升值价格签订供货合同,能取得可观效益。

4)用多样化的贸易形式,可根据自己的需要通过直接贸易和香港代理商转口贸易进行采购,在资金运用上使用多种货币形式,以显得灵活自如。

5)采用卡片和电脑双重记帐方式,便于查找、核对。利用先进的通讯设备及时了解世界各地市场信息,为物资采购提供便利条件。

(4)利用现代化办公手段,提高工作效率;在核电建设中,不仅用电脑高速、准确地进行各种数值计算,而且完成种种非数据处理和信息处理工作,如制表、绘图、选择、判别、综合分析、存贮、检索、回答问题等。其突出的优点是质量可靠,性能稳定,故障甚少,价格便宜,通用性强,体积小,重量轻,使用方便,毋需特殊的环境条件和专门的人才管理。

使用电脑完成下列工作:

1)财务管理,成本预测,收入与成本控制,汇率变化统计以及汇率风险分析;

2)信件分类,登记,储存;

3)图纸登记,分类,修改,查找;

4)材料、配件、工具、用品的采购,进货,储备,使用等全过程管理;

5)大型施工设备的台帐,包括订货合同、运行记录、油耗、保养状况等全部数据记录及设备状况的瞬时反映;

6)全部职员工资、休假、合同期的状况;

7)全部工人登记、编号、进退场、劳务小时统计;

8)对分包商的管理;

9)综合运用材料、设备、人工管理等方面的数据进行估量,财务核算及成本控制。

## (七)安全生产

由于核电站工地结构复杂、施工场地狭窄、机械设备和电器线路密集,不安全因素很多,必须认真贯彻“安全第一、预防为主”的方针,以减少事故频率,为此要做到以下三个方面的工作。

(1)防事故于未然;坚持对进场人员进行安全培训,特殊工程需经技术考核,取得合格证后方可上岗。把安全生产纳入计划管理目标。当施工进度和安全发生矛盾时,坚持施工进度服从安全生产。

(2)健全组织机构,严格实行责任制;在现场建立安全委员会并设立主管安全生产和文明施工的职能部门——安全部。施工队设安全工程师,协助队长抓安全生产和文明施工。建立以下行之有效的规章制度:

1)安全教育和考核制度。各施工队每月进行一次安全教育,并定期考核;

2)安全月活动制度。每年的3月、8月为安全月,于上述两月月中的初检,月底组织全面

检查后,进行评比总结,表扬先进,激励后进和按规定实行奖罚;

3)正常的检查评比制度。方法同安全月;

4)建立“安全生产合格班组”活动。以施工队为单位,由队长和工程师组织评比。

(3)加强现场集体保护和个人保护:根据工程特点和不同施工阶段,提出不同的防护重点和要求。

### (八)主要施工机械

(1)本工程所用塔吊列于表 2.1.11(2)。

(2)本工程选用的主要设备列于表 2.1.11(3)。

表 2.1.11(2) 塔 吊 一 览 表

序 号	型 号	产 地	主 要 性 能
CI1	波坦 E2/23B	法 国	自升固定式,4t×40m,起重高度 36m
2	波坦 E2/23B	法 国	自升固定式,4t×40m,起重高度 36m
3	科瀚海尔154HC/200	中德联营	自升固定式,3.9t×40m,起重高度 39m
4	科瀚海尔154HC/200	中德联营	自升固定式,3.9t×40m,起重高度 39m
5	波坦 646H	法 国	自升固定式,3.6t×30m,起重高度 35m
6	波坦 643J	法 国	自升固定式,2.5t×27m,起重高度 28m
NI1	波坦 H 336BDM	法 国	自升固定式,3.4t×60m,起重高度 70m
2	波坦 H 336BDM	法 国	自升固定式,3.4t×60m,起重高度 70m
3	波坦 F 329A	法 国	自升行走式,3.25t×45m,起重高度 24m
4	波坦 F 329A	法 国	自升行走式,3.25t×45m,起重高度 24m
5	波坦 B2/35R	法 国	自升固定式,3t×20m,起重高度 30m
6	波坦 GTMR 360	法 国	自升行走式,2.4t×25m(伸缩式),起重高度 30m
7	波坦 C 2/37AC	法 国	自升行走式,4.3t×30m,起重高度 30m
8	波坦 360A	法 国	自升行走式,4.3t×30m,起重高度 30m
9	波坦 C2/37AC	法 国	自升行走式,1.5t×40m,起重高度 30m
10	波坦 C2/23B	法 国	自升固定式,4t×40m,起重高度 36m

表 2.1.11(3)

主要设备一览表

机械名称	型号	产地	数量	主要性能	使用区域
履带吊	LS-418	日本	1	80t, $L_{max}=65m$	核岛
履带吊	KH150	日本	2	40t, $L_{max}=46m$	常规岛
汽车吊	TL251 TG351 TG451	日本	3	25t, 35t, $L_{max}=30.5m$ 45t, $L_{max}=39m+14m$	常规岛
轮胎吊	TR-200M TR-300E	日本	2	20t, $L_{max}=28m$ 30t, $L_{max}=30.5m$	核岛
龙门吊		日本	3	3t/17m, 5t/10m, 10t/10m	常规岛钢筋场, 预制场
随车吊	CXE18-F62	日本	6	日本主车 15t, 意大利 17 ~22t·m	核岛 4 台, 常规岛 2 台
平板式拖车	V12SS V10SS	日本	5	25t, 平板长 12.5m 20t, 平板长 12.5	核岛 4 台, 常规岛 1 台
平板式拖车	V12SR	日本	2	40t, 平板长 12.5m 20t, 卧式低板	常规岛 1 台, 公用 1 台
搅拌机	CWC200W1A07E53E	日本	1	104m <sup>3</sup> /h	常规岛管理
搅拌机	LAMBERT1075	法国	2	30m <sup>3</sup> /h	核岛管理
搅拌车	五十铃 CXZ21S	日本	6	5m <sup>3</sup> , 独立发动机 6BD-	核岛管理
搅拌车	CW51H	日本	5	6m <sup>3</sup>	常规岛管理
混凝土泵车	1PF100B-6N32 1PE100T-8E	日本	2	10~100m <sup>3</sup> /h	常规岛管理
混凝土泵车	英雅 WORTHINTON	意大利	2	80m <sup>3</sup> /h	常规岛管理
混凝土布料机	21m, 24m	法国	4		常规岛管理
自卸汽车	五十铃 V295 尼桑 15t	日本	6	12t, 15t	搅拌站供砂石 2 台, 现场零星土石方 4 台
轮胎装载机	小松 WA320 小松 JH65	日本	2	2.7m <sup>3</sup> (新), 1.7m <sup>3</sup> (旧)	搅拌站公用
履带装载机	小松 D-75S	日本	1	2.7m <sup>3</sup>	搅拌站公用
震动压路机	CA25	联邦 德国	1	10t	搅拌站公用
柴油发电机组	SOYOW <sup>300</sup> <sub>200</sub>	日本	3	300kW 200kW	常规岛管理

(执笔 唐秀罗)