

## 十六、伊拉克新辛迪亚水利枢纽工程施工组织设计纲要

### (一) 总 论

1984年10月,中国建筑工程总公司与伊拉克共和国灌溉部正式签订了新辛迪亚坝水利枢纽工程(简称“辛坝工程”,下同),综合承包合同。由我局承担土建施工和机电设备安装;工程设计,设备制造由中建公司发包并经业主确认的西欧各分包商供应。伊方业主聘请巴格达大学、理工学院的教授、博士等专家组成CEB博士团,作为工程监理咨询机构,(简称CEB,下同)负责审批工程设计、施工方案、竣工验收等总体监理性职能。

中伊双方签订了NO11/1984号合同及其附件,贯彻了整个工程承包的全过程,是双方共同遵守的法律依据。

#### 1. 工程概况

辛坝工程位于伊拉克共和国中部,在首都巴格达以南80km处幼发拉底河上,属巴比伦行政管理区。是一项以农业灌溉为主的水利枢纽工程,包含有拦河大坝、水力发电、河道航运、渔业保护、桥梁公路、办公、住宅、植树、绿化的综合性大型工程。

工程概况平面布置见图2.1.16(1)。

(1)水工工程:主河道上建造一座六孔拦河闸坝,设计排洪量为 $2500\text{m}^3/\text{s}$ ,以控制幼发拉底河水位,保证两岸四条引水灌溉渠(海拉渠、凯菲尔渠、本尼哈桑渠、哈桑尼亚渠)系统的正常运行。相应建造四座节制闸,总流量为 $462\text{m}^3/\text{s}$ ,可灌溉50万公顷农田,满足灌区内工业及生活用水的需要。

在拦河坝右侧,建有水力发电站一座,安装4台灯泡式贯流水轮发电机组,每台容量3750kW,水电站总装机容量为15000kW。

幼发拉底河水丰沛,具备发展航运条件,主河道上建有可通航载重1000t以下的驳船及拖轮的船闸;在海拉渠修建可航行载重300t船舶的船闸。

为保护生态平衡及丰富的渔业资源,在主船闸左侧建造鱼闸通路。保证鲑鱼类回流产卵可以顺利通过大坝。并在两岸渠道上分别建筑鱼类保护装置两座,防止鱼类流入灌渠造成鱼类资源的损失。

上述水工工程,均建于设计新开挖河道渠系内。为此,幼发拉底河原有主河道没有截流坝。底部埋设钢板桩防渗墙,引至两岸与新河道主坝上游地下的塑性混凝土抗渗墙相接,以防止河床地下水渗漏,危及新建主坝及其附属建(构)筑物的安全与稳定。

(2)浮桥工程:在辛坝工程范围内,需建造全长达1261m的双线铁路桥一座,计有33跨。位于 $+5\%$ — $+0.4\%$ — $-5\%$ 的坡道及半径为3600m的圆弧曲线上,属于伊拉克主干线重要桥梁。

此外,另有5座公路桥。总长度为1064m。其中23号桥横贯拦河坝顶,连接两岸,与水电站、拦河坝施工交叉甚多,要注意充分利用时间、空间,合理安排立体交叉作业。

(3)打桩的情形:桥桩是圆形钢管桩,直径 660,厚 16,平均桩深超过 30m,是用传统油渣锤打压法。桩机放在临时桥梁上,大部桥桩是斜桩,因地形关系,所以速度受一定的限制。接驳钢桩采用焊接法,检验是用 X 射线以保证质量。

试桩是采用传统加压法,但在海上进行做成有一定的困难,费用昂贵。经与工程师商议后更改用动力试桩,但靠岸的仍然用传统方法。

(4)安放预制梁:因为预制梁的长度超过法定准许在马路上行驶的长度,因此要申请特别许可证,只批准在晚上午夜后才能运载,还要警方开路带领,要分多夜进行,安放桥梁在日间进行。

(5)桥面施工的过程:桥面是现浇混凝土方法,利用预制梁来支撑模板及施工荷载。浇灌预埋件、铁钢支柱、栏杆、水喉墩、公共事业预留位置等,一切准备妥当便进行浇灌。

(6)拆除临时钢桥:待桥面做妥后,临时钢桥便拆除以符合工程进度。

## 6. 尼龙坝

西边主要明渠与西边临时明渠连接处要建造一个尼龙坝,其作用是通过尼龙袋的充气达到清水(雨水)储备在坝的上游,作种植灌溉农田之用,防止海水的潮汐经临时明渠倒流入主要明渠遭受污染。整个尼龙坝系统包括:混凝土坝基,一条长 65.03m 宽 4.81m 的尼龙袋即坝身,(当充气时袋身長 52.5m 高 2.2m)。一部分备用的柴油发电机,一部用来吹胀尼龙袋的鼓风机,一台控制尼龙袋升降,手动或自动操作的控制箱,排气及供气电机,开门和探测上下游水位及尼龙袋气压的感兴仪器等等。

尼龙坝身及整个操作系统是由日本石桥公司按照政府要求负责设计及供应。而放置坝身的混凝土地基及控制室结构是由茂盛土力工程顾问有限公司设计。

(1)尼龙坝坝基建造:尼龙坝的坝基是建在西边主要明渠的底板之下,用钢筋混凝土浇筑,坝基厚 2.10m、阔 13.5m、长 63.2m,用了 1131m<sup>3</sup> 防硫酸混凝土,106t 钢筋,坝基表面为了今后安装尼龙袋预埋了各种螺丝扣构件,为了防地下水渗透,在坝基的上游三面坝基长方向打了一排深 6m 的钢板桩与底板浇筑在一起。由于坝基面积大,混凝土分 8 块,逐块浇筑。

在地基未浇混凝土前,先将用来牢固坝身的预埋螺丝和钢板及供气管子和水管安装好,用铁架固定位置后才浇混凝土。地基完成便安装尼龙袋。

(2)尼龙袋安装:尼龙袋是由石桥公司在日本制造好后用船运到香港的,尼龙袋用模压法制成一条长 65.03m 宽 4.81m,在充气后要符合设计的坝身尺寸,即长 52.5m 高 2.2m。

为了便于运输安装,尼龙袋用铁筒卷成圆筒,运到工地把尼龙袋圆筒直接吊到坝基上,按照安装要求和程序,尼龙袋边摊开边固定在地基螺丝上,通过预埋的地基螺丝和坝件,使尼龙袋与地基连成一体。

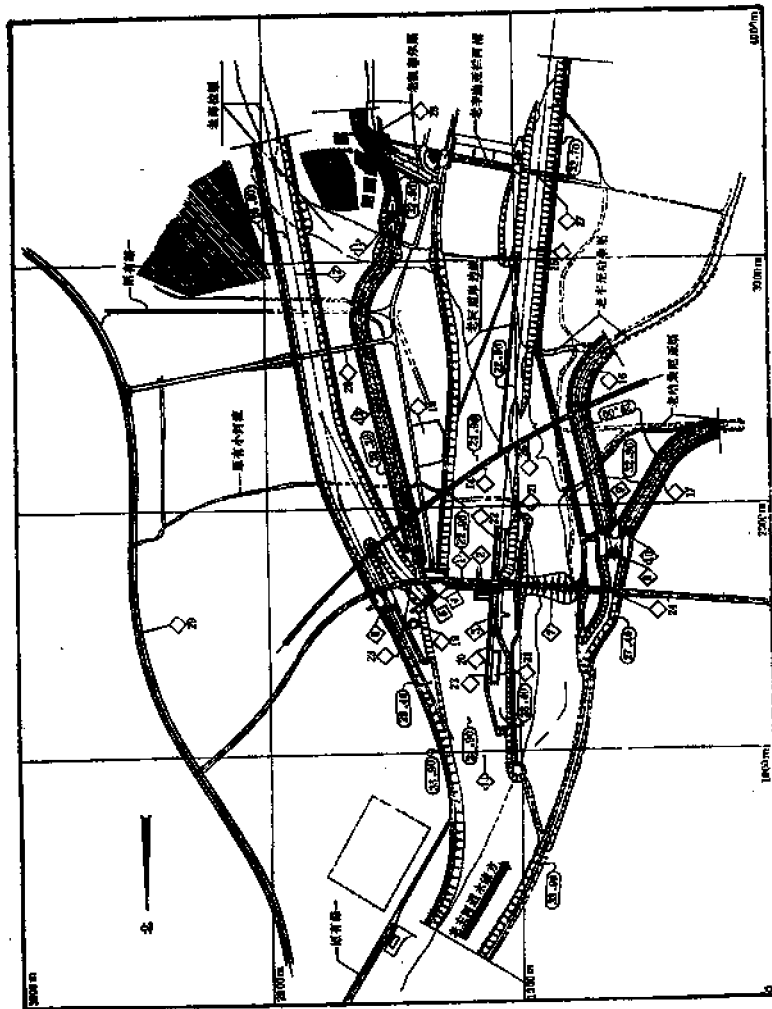


图 2.1.16(1) 建筑总平面布置图

1—主拦河坝;2—水力发电站;3—主船闸;4—凯菲尔节制闸;5—海拉尔节制闸;6—海拉尔节制闸;7—堵水坝;8—右岸鱼保护;9—本尼哈桑节制闸;10—哈桑尼亚节制闸;  
11—左岸鱼保护;12—海拉尔;13—凯菲尔渠;14—主河道;15—旁通河;16—本尼哈桑渠;17—哈桑尼亚渠;18—管理人员居住区;19—办公楼;20—鱼道;21—候船区;  
22—上、下游导墙;23—23号公路桥;24—24号公路桥;25—25号公路桥;26—26号公路桥;27—27号公路桥;28—28号公路桥;29—4号高速公路

高速公路 7863m,共四条,其中 4 号公路最长,达 3715m。路桥沟通,跨越主河道及灌渠与国家公路运输网相衔接。

(3)辅助工程:有 7 幢 3 层砖混结构住宅楼组成的小区,总建筑面积 5900m<sup>2</sup>。

行政管理区内建有圆型办公楼、招待所和仓库,建筑面积共计 1884m<sup>2</sup>。

(4)园林绿化工程:上述两个小区庭园绿化和主坝两岸绿化面积共约 2 万 m<sup>2</sup>。在工程区域内公路、渠道两侧植树 4000 余株。

辛坝工程项目详见表 1.4.1。

表 2.1.16(1)

辛坝工程项目一览表

序号	工程名称	说 明		序号	工程名称	说 明	
		长×宽×高(m)	概 况			长×宽×高(m)	概 况
1	拦河闸	33.55×118×16	6 孔闸门,孔宽 16m	20	本尼哈桑首闸	17.4×15.5×9.5	2 孔闸门,孔宽 6m
2	电 站	44.60×55.6×20.35	4 套灯泡式机组	21	哈桑尼亚首闸	17.4×23×9.5	3 孔闸门,孔宽 6m
3	主船闸	225×37×14	净宽 20m	22	右岸沉砂池	860×175	截流坝上游原河道
4	主河道首渠	1050×250	河道上游	23	N23 公路桥	800.34(25 跨)	横跨主船闸、主坝
5	主河道尾渠	800×235	河道下游	24	N24 公路桥	70.50(3 跨)	横跨右岸连接渠
6	截流坝	257	下设钢板桩墙	25	N25 公路桥	1250(33 跨)	横跨左、右两岸
7	凯菲尔渠衬里混凝土	395	左岸下游溢流保护出口渠	26	N26A、B 公路桥	A 桥 64m(2 跨) B 桥 148m(3 跨)	横跨海拉、凯菲尔渠
8	海拉节制闸	24×46.30×10.8	6 孔闸门,孔宽 6m	27	N27 人行桥	143.28(4 跨)	横跨旁通河
9	海拉连接渠	850×50(底)	海拉首闸至海拉渠	28	N28 公路桥	25.4(单跨)	横跨凯菲尔渠
10	海拉渠	1900×85(底)	灌渠、航运兼用	29	N1—4 高速公路	7863m	4 号路双线道长 3715m
11	海拉船闸	91.50×17×8.2	净宽 9m	30	旁通河道	1125×65(底)	通航河道
12	海拉航道	500×30(底)	海拉船闸上游段	31	本尼哈桑渠	800×25(底)	灌溉渠道
13	凯菲尔节制闸	24×15.7×10.8	2 孔闸门,孔宽 4.5m	32	哈桑尼亚渠	600×25(底)	灌溉渠道
14	凯菲尔渠	1425×25(底)	上洪渡槽下至溢保	33	变 电 站	6 座	另配柴油发电机
15	凯菲尔连接渠	125×10.5(底)	钢筋混凝土渡槽	34	住 宅 楼	5900m <sup>2</sup> (7 栋)	三层砖混结构
16	凯菲尔溢流保护结构	37.2×44×5.2	另有暗涵 140m 长	35	附属建筑		
17	右岸连接渠拦污结构	54.75×8	含拦污栅安装	35.1	办 公 楼	784m <sup>2</sup>	三层砖混结构
18	右岸连接渠溢流保护结构	54.75×63×8	另有暗涵 120m 长	35.2	招 待 所	120m <sup>2</sup>	一层砖混结构
19	右岸连接渠	475×25(底)	溢保进口至上游河道	35.3	仓 库	100m <sup>2</sup>	门式钢架混合结构

## 2. 气象、水文、地质条件

伊拉克全境属大陆性亚热带气候。工程所在地区平均气温为 23℃,绝对最高温度达 52℃,年降雨量为 125mm,每年平均降雨仅 41 天,日降雨量 40mm,且集中于春冬二季,6~9 月滴水不下,蒸发量却高达 2000mm。因此,全年空气湿度变异极大,冬春湿润,夏秋干燥。四、五月间,还可能有所谓哈巴尼亚阵风,最大风速可达 35.4m/s,平均有 17 天风砂期。气象资料表明,施工中要重视防暑降温,防风砂及保证夏季施工用水等措施,以适应当地特殊气温条件。表 2.1.16(2)所列为坝区气象及实测流量参数表。

新辛迪亚坝工程建于幼发拉底河中下游,水量充足,因该河道系跨国水系,上游已建有多座闸坝,河流水量渠系化已趋向有效的控制分配管理,流量平稳。辛坝设计排洪量为 3000m<sup>3</sup>/s,由上游拉马迪水库控制。所以,3~7 月汛期的排水量约为年流量的 70%,而 8~

10月枯水季节,因灌溉用水需要量增加,水库放水调节,河道流量反而增大。原标书推荐的截流期宜为8月初,根据水量实测情况,确定主河道截流堵坝日期选在10~11月份。但上述设计洪峰流量重现期为百年一遇,相应上游最高水位为32.3m。恒定水位约在30.8~31.8m之间,即使在枯水旱季,也将维持持续的高水位,这就要求施工过程中加强河道水位观测,合理安排工程,采取降水措施。

表 2.1.16(2) 辛迪亚坝址区气象及实测流量参数表

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
月平均气温/℃	9.5	11.8	15.6	21.5	28.3	32.6	34.9	34.2	30.2	24.4	16.6	10.9	22.7
最高气温/℃	26	30	36	41	47	49	51	49	48	42	35	31	51
最低气温/℃	-9	-5	-2	2	10	16	21	19	13	6	-3	-7	-9
风 速 / (m/s)	2.5	3.2	3.4	3.2	3.6	3.8	4.0	3.4	2.5	2.2	2.1	2.0	3.0
空气相对湿度/%	76	62	58	44	31	24	23	25	29	36	58	75	41
降雨量/mm	20.8	17.0	26.0	16.9	3.9	0	0	0	0.1	1.7	18.7	20	125.1
实测流量/(m <sup>3</sup> /s)	305	336	484	382	1040	1160	738	558	639	491	331	489	6953

辛坝地区河水中平均含盐量为500~900mg/L,可引用河水作为施工用水水源。

坝址区地质构成主要为第四纪冲积层,河道中有细砂层,两侧为细砂或粉砂性亚粘土,河底及延伸左右岸基底为松散胶结的细砂岩,这些无粘性土层的比重在2.65~2.69g/cm<sup>3</sup>,图2.1.16(2)中第8层粉砂内摩擦角最小仅17°~19°,这部分边坡稳定性大体应维持在1:3范围内,施工时应予以充分重视。最底层——基岩为泥灰质粘土,容重2.7g/cm<sup>3</sup>,塑性指数在0.23~0.31之间。大坝轴线附近典型地质剖面如图2.1.16(2)。

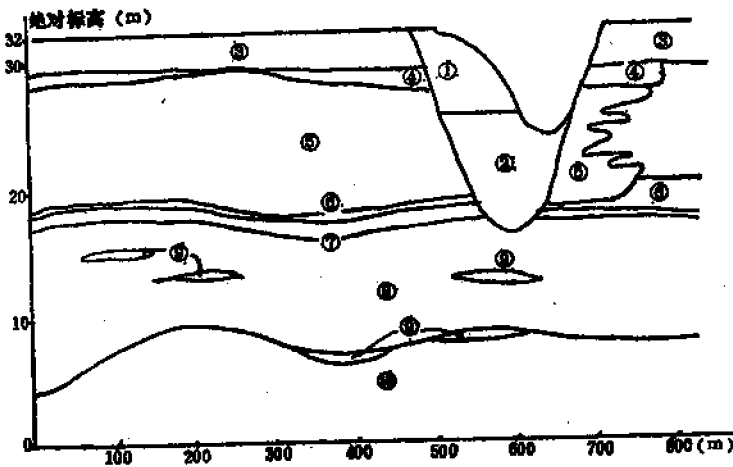


图 2.1.16(2) 工程主轴线地质剖面

- 1—淤泥质土;2—细砂夹粘土;3—棕色硬塑粘土;4—灰色砂壤土;  
5—细粉砂下层夹砂砾;6—砂砾;7—砂质粘土夹砂砾;  
8—胶结砂岩(部分风化);9—粘土层;10—泥灰岩

地下水位在地面下 0.5~2m 范围内。化学成份均为硫酸盐性,对混凝土或地下埋管有一定的侵蚀性,要慎重考虑采取降水措施。尽量选用塑料管线,以防腐蝕。

### 3. 施工特征及实物工程量

辛坝施工区域占地近 9km<sup>2</sup>,分成主坝基坑、左岸、右岸 3 大片施工区。以工种划分,由土石方工程、混凝土及钢筋混凝土工程、路桥工程和金属结构设备安装工程 4 大部份组成。其中土石方工程量最大,且集中于渠系。主基坑及新河道,挖、填方很不均衡,挖方量约 700 万 m<sup>3</sup>,填方量约 400 万 m<sup>3</sup>。填方工程极为分散,分布在 20km 河道堤防、原河道堵水筑坝、船闸及各项建筑物四周。施工营地驻地地势低洼,也增加措施性回填土方量。本工程土石方工程的特点是,因施工工序交叉,挖填方不能平行作业,弃土量大,填土作业技术标准高,要认真考虑弃土场地和回填用土的堆场。

混凝土及钢筋混凝土工程量集中于主要水工建筑物,约为 20 万 m<sup>3</sup>,占全部混凝土工程量 80%;混凝土浇筑高度最高达 31m,最大浇筑面积 1452m<sup>2</sup>,厚度约为 2~3m,个别达 6m。单体浇筑量最大达 4520m<sup>3</sup>,有部份结构为框箱形式或曲面线段,型体复杂。施工用模板、钢筋配制难度较大。因设计理论不同,本工程平均含钢量达 50kg/m<sup>3</sup> 左右,并且局部有劲性钢筋混凝土结构。

路桥工程应以桥梁工程为重点。其中铁路桥在老河道中桥墩施工周期最长。全部桥基采用直径 1.8m 钻孔灌注桩,因地下水位较高,宜采用全套筒式钻孔成桩工艺,避免孔壁坍塌、断桩等质量疵病。公路、铁路桥均采用预应力混凝土简支梁共计 456 榀。跨度为 18.4~36.7m,加工厂预制,铁路桥梁宜用桁架式架桥机架设,公路桥梁采用履带吊车进行吊装。路桥部份混凝土及钢筋混凝土工程量计 5 万 m<sup>3</sup>,占全工程混凝土总量 20%左右。

表 2.1.16(3) 辛坝工程主要实物工程量表

编号	项目名称	单位	数 量	编号	项目名称	单位	数 量
1	混凝土 $\sum_1^5$	m <sup>3</sup>	258659	9	降水大口井	口	500
1-1	现浇混凝土	m <sup>3</sup>	225130	10	钢结构加工	t	9200
1-2	构件混凝土	m <sup>3</sup>	5240	11	道路砂类石	m <sup>3</sup>	97213
1-3	预应力梁混凝土	m <sup>3</sup> /榀	13162/426	12	挖土方	万 m <sup>3</sup>	700
1-4	灌注桩混凝土	m <sup>3</sup> /根	12327/343	13	回填土	万 m <sup>3</sup>	160
1-5	抗渗塑性混凝土	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	2800/3500	14	水中清淤	万 m <sup>3</sup>	120
2	模板 $\sum_1^5$	m <sup>2</sup>	194363	15	水轮发电机组	台	4
2-1	平面模板	m <sup>2</sup>	182338	16	门式起重机	台	5
2-2	曲面模板	m <sup>2</sup>	12025	17	清污机	台	2
3	钢筋	t	16937	18	各类闸门	套	67
4	铜绞线	t	685	19	电气设备	台	136
5	钢板桩	t	4701	20	喷淋水车	台	8
6	毛石铺砌	m <sup>3</sup>	149859	21	电 梯	台	2
7	滤料铺设	m <sup>3</sup>	95500	22	电缆敷设	km	104
8	滤布铺设	m <sup>2</sup>	216880	23	挖泥船组装	只	2

辛坝工程共有各类闸门 67 套。其型式有主坝弧形闸门、船闸大型人字门、电站平板式闸门和堵水门,鱼道管型阀门等多种形式。闸门最大尺寸为 20m×9.7m,弧形闸门最大半径为 9m,闸门安装总量计 1500t 以上。

辛坝工程实物工程量及其划分范围,详见表 2.1.16(3)。

#### 4. 工程造价及工作量组成(表 2.1.16(4))

表 2.1.16(4)

工作量组成

工程类别	水 工	桥 梁	道 路	安 装	土 方	住 宅	合 计
工作量/万美元	9,852.44	4,380.20	946.69	5,216.85	3,673.98	600.95	24,673.11
占总量百分比/%	39.93	17.75	3.85	21.11	14.89	2.44	100
说 明	工作量 24673.11 万美元,加业主 9,16454%的回扣,预计总工作量为 27162.42 万美元						

#### 5. 合同工期

辛坝工程工期按原合同规定,施工总工期为 48 个月,保修期 1 年,应于 1988 年 10 月交工。因工程设计超量,经与业主协商并征得同意后,延长工期 168 天,工期最终确认为:

施工工期:1984 年 10 月 8 日至 1989 年 3 月 22 日,计 53.6 个月。

工程检修期:1989 年 3 月 23 日至 1990 年 3 月 22 日,计 12 个月。

按照合同规定,延期一天罚款约 10 万美元,直至累计罚款金额达工程总造价 15%(计约 3300 万美元)。为此,确保工期,按期交验,至关重要。

### (二) 工程施工组织管理

#### 1. 与业主的关系

辛坝工程的业主是伊拉克水利灌溉部大坝委员会。其聘设监理咨询机构——CEB 博士团是对该工程技术、经济、质量作出评估的权威性机构,有权按合同规定而发出决定、证书与指令,且能直接指挥常驻工地工程师办公室。

伊方驻工地办事机构,由项目经理办公室及若干个施工区域工程师小组组成。各区伊方小组与承包商施工分区项目组相对应,负责处理工程施工过程中日常事务。从施工方案的审批、材质检查、工序验收、进度控制、计划实施、预算拨款等都负有审批监督权。标书规定:“除非在法律上或自然法则上不可能,承包商必须严格按照合同对工程施工,直至得到工程师的满意。”赋予了业主及其代表享有“至高无上”的权力。这正是国外承包工程的特点。为此,要求全体参建人员改变传统观念,适应国外工程工作环境,重约守信,处理好与驻地工程师的关系,成功地完成所承担的工作任务。

#### 2. 工程管理机构模式

辛坝工程管理机构是中建总公司驻伊拉克经理部领导下的工程现场总体性管理机构,下设若干职能部门,定有明确的分工和职责(图 2.1.16(3))。所有工程均分解落实到各项目组,各负其责。

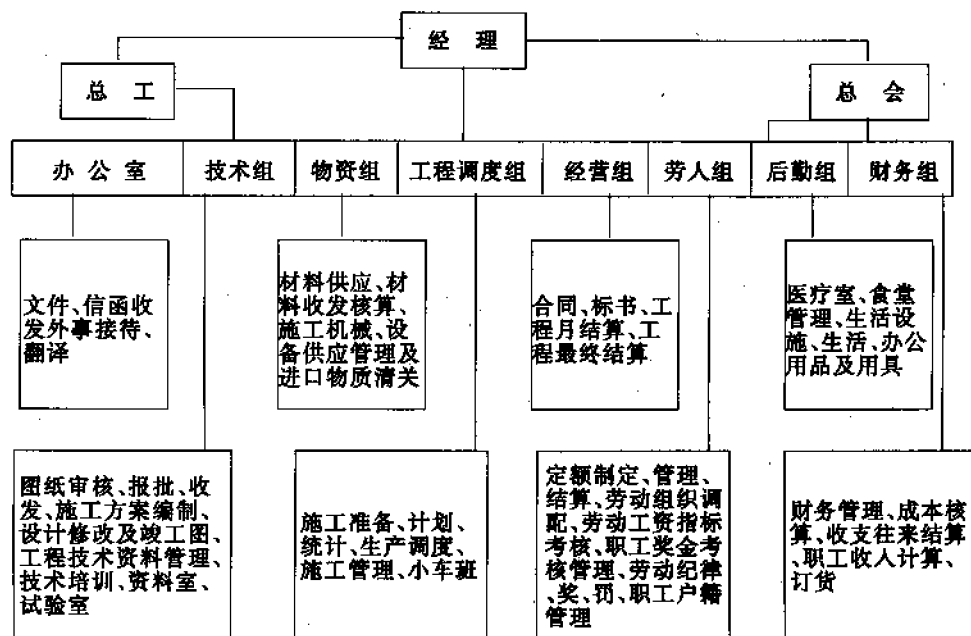


图2.1.16(3) 辛坝管理机构及职能

### 3. 分包商

标书规定：“承包商不能在没有事先取得业主及其代表书面同意的条件下，把部分工程转包出去”，“但如果经过同意，也并不能解除承包商根据合同所承担的义务与责任”。所以，慎重地选定可靠的分包单位，既要考虑到承包商自身的利益，又要想到业主同意接受的可能。对分包商应进行资质、工资询价、经营信誉、政治因素等多方面审查。辛坝工程国外分包厂商和国内协作单位及其管理分工体系详见图 2.1.16(4)、2.1.16(5)。

### (三)主要工程施工技术措施

辛坝工程项目繁杂，涉及多种专业工种。各项单位工程、重要的分项工程，施工关键部位分期按标书规定必须编制详细的施工技术方案和网络计划并经伊方审定批准后认真执行。

凡经审定的技术标准、工程规模、使用功能、施工进度等，执行中不得任意修改或增删。如非得变更时，还需重行报批。

#### 1. 降水工程

(1)降水工程特点：辛坝工程地处老辛迪亚坝上游，因老闸壅水作用，致使工程区域内地下水位偏高，（一般在地表以下 0.5~1.0m）。全部工程项目均须在降低地下水位后方可施工。其特点：

- 1)降水面积大，共约 115 万  $m^2$ 。
- 2)降水深度大。

标书规定，水工结构物基础施工降水要求低于主坝基底标高，全工程平均有效降水深度为 11m。局部地段（如电站、电梯井和工作泵房、集水池等）有效降水深度达 18.95m。

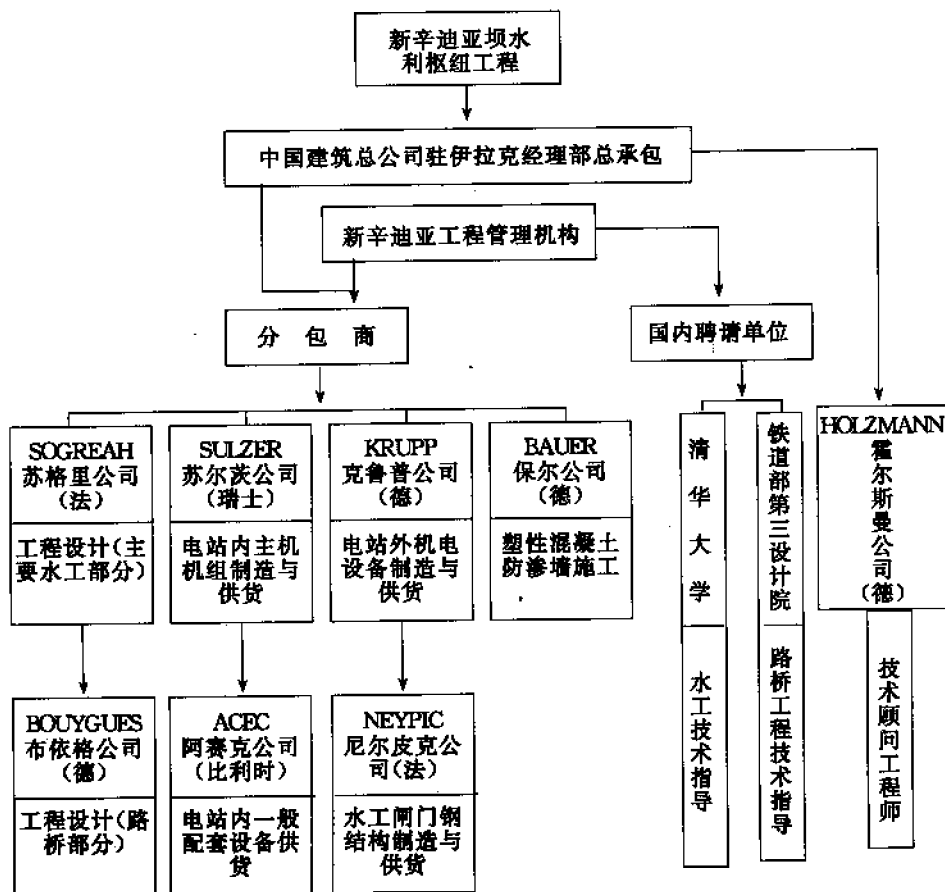


图2.1.16(4) 辛坝工程分包商与协作单位分工体系

### 3)降水持续期长。

降水工作将贯穿于全部施工期,连续降水时间长达39个月。

#### (2)降水方案:

1)方法:以主基坑为重点,按照施工总进度部署,设计全部降水管井网络。据法国苏格里设计公司提供  $2 \times 10^{-4} \sim 3 \times 10^{-4} \text{m/s}$  的综合渗透参数,为确保近河一侧基坑边坡的稳定,原设计要求采用钢板桩截水墙,并在墙内侧布置深井井点。此方案措施费用昂贵、延误工期,且标书提供的资料,渗透系数为  $1.17 \times 10^{-4} \text{m/s}$ ,与设计公司提供的数值相差约一倍。为此,我们选择两个具有代表性井点进行了扬水试验,试测结果表明,主基坑两侧渗透系数为  $1.32 \times 10^{-4} \sim 1.35 \times 10^{-4} \text{m/s}$ ,结合我局在国内施工经验,认为采取深井降水方法已能满足要求,不需再打钢板桩截水,从而降低工程成本。

2)设计方案:(图2.1.16(6))主基坑降水设计井深30m。井底伸入泥灰岩含少量坚硬粘性土的不透水土层内,形成无压完整井。选用荷兰GEHO公司成套降水系统设备。井距设计20m,靠近河岸一侧为15m。共设井点79眼(图2.1.16(6))。滤管为 $\phi 250$ 带窄缝的硬聚氯乙烯管,总管为 $\phi 250$ 硬聚氯乙烯管,形成排水系统,以使地下水排入幼发拉底河。

设计要求,在电站底板施工完毕后即可拆除74—77#井,增设78—79#井,为塑性混凝土防渗墙施工降水作准备。

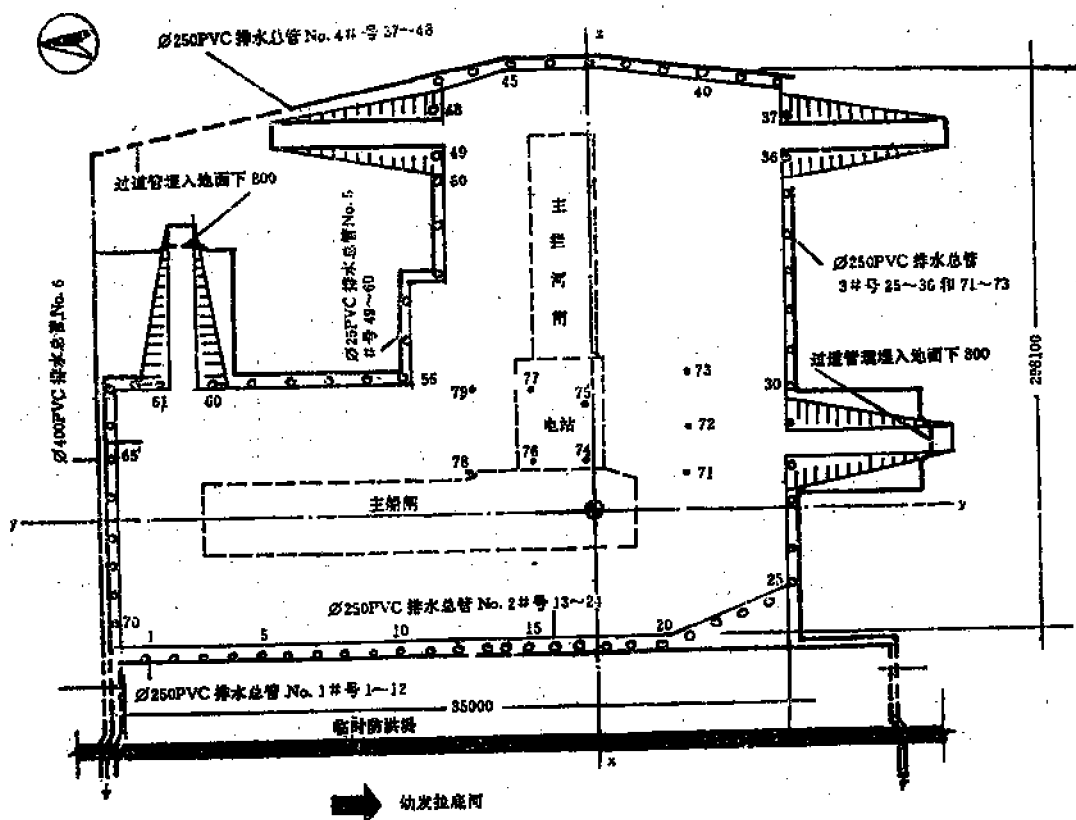


图 2.1.16(6) 主机坑降水平面图

g. 排水总管安装: 过道排水总管应埋入地面以下 800mm。

深井结构示意图见图 2.1.16(7)。

(3) 其他结构物基坑、渠系降水方案设计, 均应参照上述主基坑降水方法进行。整个降水工程将在一期工程实践取得经验之后, 逐步完善改进, 以达到运行可靠、成本低廉、施工文明之目的。

## 2. 土方工程

### (1) 挖、填方主要工程项目:

挖方: 集中于幼发拉底河新河道、海拉、凯菲尔、哈桑尼亚、本尼哈桑渠系新开挖段及旁通河道。水工建(构)筑物施工基坑, 4 号公路路基和下水清淤。老河道及通水破堤后水下清淤量近 100 万  $m^3$ , 是挖方工程中突出难点。

填方: 主要有幼发拉底河老河道堵水坝, 全工程各河渠堤修筑, 主船闸上下游导墙, 4 号公路路基换土填筑及各类沟、建筑物回填。其施工难点当以截流堵水坝为首。

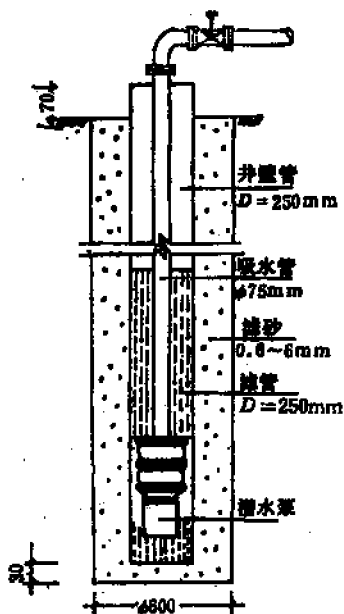


图 2.1.16(7) 井管结构示意图

(2)开挖作业:水中清淤及通水破堤后水下挖方选用挖泥船吸泥作业。其余挖方因有效的降水工程实施,可在旱地施工。本工程挖、填方量不能平衡,且回填土质标准较高,所以要考虑设置弃土区。同时,对开挖中、高质量砂土要统筹储存堆场,备用于回填筑堤。施工后期,挖填方同期作业交叉时,应做好土方平衡作业计划,避免土方二次倒运。

1)水工建筑物基坑开挖:鉴于本工程特殊要求,应着重注意以下两点:

①各类建筑物基坑应按规定预留地基保护层,确保地基原状土不遭破坏,一般不应薄于15cm。预留基层将在基础施工时用小型挖掘机械或人工挖除。如有超挖,需用地基同质土料或混凝土回填。

②开挖边坡严格按设计要求进行放坡,禁止挖后补坡。

各类基坑开挖应事先分别绘制详细的开挖图。

2)渠系开挖及破堤:渠系开挖时中心线偏差、边坡斜度均应作为质量重点控制值。其分项允许偏差如表 2.1.16(5)所列。

表 2.1.16(5)

项 目	渠系输水速度/(m <sup>3</sup> /sec)	
	<500	500~1000
中 心 线	±500mm	±300mm
底 宽	±500mm	±300mm
堤 顶 宽	许 宽 不 许 窄	
堤 顶 标 高	±30mm	±15mm
渠 底 标 高	-200mm	-150mm
边坡斜度 (百分比表示)	湿坡 -10%,+15%	-10%,15%
	干坡 -10%,+不限	-10%,+不限

破堤挖方应根据工程不同部位,分别制订专题技术措施。基本原则是:“缩窄堤顶断面,内外水位平衡,避免急流冲刷,力求减少水下清淤方量”。

3)清淤:水下清淤范围是:主闸上、下游约 2970m 河道及施工期各处防洪堤(挖深大于 5m)水下堤根部位,除部分由挖泥船上浮动或固定式吸泥管排入老辛迪亚闸下游流冲之外,近岸及右岸集中清淤处,有大量淤泥需设置弃土沉淀区,日后要远距离外运至业主指定的地点。

辛坝工程水中清淤可利用工程设备中荷兰 IHC 公司生产的链斗式挖泥船来进行。待主河道通水后,即行编制清淤工程施工组织设计。

(3)填方作业:本工程填方技术标准要求很高。采用土料材质均需事先经试验后才准使用。除公路路基采用砂夹面或面层为非粘性土填筑外,绝大部分均为粘性轻亚粘土作为填筑料。压实度要求达到标准密实度的 95%以上。为此,施工前先进行压实试验,以求得最佳铺土层厚度、压实遍数、含水量等参数。土壤含水量的允许偏差宜控制在±2%以内。

填方压实可用自行式或牵引式振动羊足碾、振动平碾和轮胎碾。视回填土质、碾压层铺设厚度、压实系数和工程部位的不同,分别选用相应的碾压机械。

河堤填筑要用羊足碾,以免分层,要先留余坊,即一般应大于回填设计宽度 20~40cm,

压实完成后再按要求坡度进行修坡成活。

标书规定,每回填 $5000\text{m}^3$ ,需做一次回填土物理力学特性试验,每回填量达 $1000\text{m}^3$ 时,要进行一次土壤含水量和压实土容重试验。当压实厚度为 $0.2\text{m}$ 时,每 $5000\text{m}^2$ 取样一次作检验土壤含水量和土容重。为此,当碾压宽度约为 $20\text{m}$ 时,机械碾压运行长度为 $250\text{m}$ 左右。所以铺土作业区段不宜过长,铺土厚度不得大于 $30\text{cm}$ 。宜用倒退铺土方法以控制铺土层厚度均匀一致,有利于保证回填土质量。

### 3. 模板工程

辛坝工程模板工程量约为 $14\text{万 m}^2$ 。除桥梁及部份零星构件为预制生产外,其余均为现浇钢筋混凝土结构。水工构筑物形体庞大,如拦河主坝底板厚度 $2.4\sim 2.6\text{m}$ ;闸墩高达 $12\text{m}$ ,主船闸墙高 $9\text{m}$ 等,水工和桥梁建筑全部要求清水混凝土。为保证工程质量,满足机械化施工和泵送连续浇筑大体积混凝土的要求,决定采用大模板组合体系。

(1)模板设计及基本要求:模板委托英国RMD专业公司设计制造。对模板设计基本要求是:综合考虑各建筑物开工顺序、施工周期、流水节拍,要做到周转次数最多,配制量最少。支撑系统灵活,适应性强、装卸简便。

(2)水工工程模板:水工工程模板采用RMD钢木组合模板体系。板面选用新加坡产品,是 $1.8\text{cm}$ 厚5层塑面胶合板。板带背楞和支撑采用RMD公司定型产品。

(3)模板的制作与组装:

1)场地:全工程设立木模加工车间,车间内架设有模板组装操作平台,平台全长 $35\text{m}$ ,宽 $12\text{m}$ ,可以根据实际施工需要在平台上组装大块模板。

2)平面模板:制作平面模板时,先将RMD薄壁杆件垂直铺放于操作平台槽形型钢上,间距为 $1\text{m}$ 。后于薄壁杆件垂直方向铺放木楞,间距按模板设计图注尺寸,并按需要位置钻孔,利用模板扣件将薄壁杆件与木楞加紧。然后铺上面板,面板与木楞可用钉结合。

3)弧形模板:拦河主坝闸墩墩头、电站流道、胸墙底部及直径大于 $1.0\text{m}$ 预留圆形孔洞,均需配制弧形、圆形或变断面形模板。凡曲率半径较大的曲面,应采用双层 $9\text{mm}$ 厚的胶合板圈制叠合做成模板面板。对于曲率半径较小的曲面,采用 $1.8\text{cm}$ 厚胶合板,用手电锯将胶合板锯出不过面的条缝(缝距依照曲率半径大小来定),就可将面板弯圈制成弧形模板。条缝在浇注混凝土时,事先应刮遍腻子进行抹平处理,以形成光滑的弧形曲面。

(4)电站流道模板的架设与就位:电站下游流道出口段全长 $19.85\text{m}$ 。其中首段长 $15.4\text{m}$ ,为直径由 $\phi 5.147\text{m}$ 逐步扩径至 $\phi 7.6\text{m}$ 圆筒形;尾段由直径 $\phi 7.6\text{m}$ 渐变为 $7.6\text{m}\times 7.6\text{m}$ 正方形,成为长度 $4.45\text{m}$ 的天圆地方形。要求混凝土一次浇筑成型,模板必须制作成整体大模。而且模板不能直接座落于混凝土底板上,与底板之间要求有 $0.5\sim 1.0\text{m}$ 空间,呈悬吊状。模板制作特殊,安装就位困难,是模板工程中的关键难点。

悬吊式支模程序:

安装支撑管架→架设型钢排架→流道模就位→施焊横梁→连接模板骨架→安放横梁间螺杆悬吊件→调节螺扣校正模板偏差→加焊加劲型钢杆件→使流道模板形成静定体系。

施工中注意事项:

1)考虑到混凝土浇注后,流道结构主体因悬吊件及横梁拆除后将会产生挠度,因此钢管支撑架的设置高度要适当高于理论计算值。

2)当混凝土浇注到流道中心时,即可拆除横梁,所以型钢排架埋设也应略高于流道模板

的中心线。

(5)桥墩与桥梁的模板:桥梁全部采用预应力钢筋混凝土梁,一律在加工厂预制生产。计有 5 种规格共 436 根。规格如表 2.1.16(6)所示:

表 2.1.16(6)

梁长/m	36.7	35.7	25.7	20.4	18.4
截面 H×B/m	1.85×0.7	1.60×0.6	1.55×0.6	1.55×0.6	1.55×0.6
根数	198	18	132	48	30

根据预应力梁不同型号、工期进度,配制定型组合钢模 6 套,由 VSL 公司加工制作。

桥墩、墩帽、桥端墩承台模板仍利用 RMD 模板体系。

混凝土结构的质量,很大程度上取决于模板制造的好坏。为此,模板从加工、制作、运输、吊装、堆放、保养、维修等各道工序,都应精心施工,做到模板工程费用节省 50% 以上,尽力提高周转率。

#### 4. 混凝土工程

辛坝工程钢筋混凝土工程施工重点是位于主基坑内的拦河主坝、电站、船闸三大水工建筑物,底板相连,混凝土浇注面积为 16247m<sup>2</sup>。分为 17 块浇注体。上部混凝土结构分层分块约有 50 个浇注体。块体形态各异,体量大小不等。施工中要严格按设计合理安排混凝土浇筑。

水工建筑物混凝土标书定为 B 级和 C 级,其主要技术指标规定如表 2.1.16(7)所列。

表 2.1.16(7)

混凝土级别	28 天强度/(N/cm <sup>2</sup> )	最低水泥量/(kg/m <sup>3</sup> )	石子最大粒径/mm
B	2100	250	38
C <sub>1</sub>	3000	300	19
C <sub>2</sub>	3000	300	38

对于路桥系统混凝土和塑性混凝土技术要求,设计图中另行规定。

(1)原材料供应及储存:水泥、粗细骨料均由当地伊拉克厂商供应。工地自行组织运输,并负责材质复检及验收。

骨料进场不需清洗,但桥梁预应力混凝土有特殊规定,工地需设冲洗设备一套,生产能力为 40m<sup>3</sup>/h。

砂石贮存量约 1 万 m<sup>3</sup>, (粗骨料占 65%, 细骨料占 35%), 另外考虑堆置毛石储量 6500m<sup>3</sup>。施工储存用料周期为一个月。

工程采用抗硫酸盐散装水泥。建容量为 250t 的水泥筒仓 4 个。可储存 1000t, 约够施工高峰期 3 天的用量。

(2)混凝土制备与运输:工地设集中搅拌站,配置两台产量为 65m<sup>3</sup>/h 和一台产量为 30m<sup>3</sup>/h 搅拌机。配有自动计量、自动记录装置。

混凝土运输全部采用 6m<sup>3</sup> 容量的搅拌运输车(罐车)。

### (3)混凝土浇注:

1)浇注设备采用9台M25和M29型泵车,与输送罐车配套施工。

#### 2)几点主要注意事项:

①当混凝土浇筑块体高宽超越泵车作业半径范围时,应采取临时措施架高泵车位置或采用两台泵车接力输送。

②为适应混凝土搅拌站供应能力,应将两个施工浇注块、段混凝土量控制在 $1200\text{m}^3$ 以内,即10~12小时内就可连续浇筑完毕。

③鉴于伊拉克自然气温条件,夏季应尽量避免白天高温时间里进行混凝土作业,以夜晚施工为宜。

④底板大体积混凝土浇筑应从短边呈阶梯形向前推进。单体混凝土浇筑高度不得超过3.0m,分层厚度要小于0.5m。

⑤电站流道混凝土浇筑成形后要求曲面光滑,截面椭圆度不超过2.5cm,中心线偏差不大于5mm。为此施工时要对称均匀浇筑,严格控制分层厚度,且混凝土中不准掺缓凝剂,以便下层混凝土提早初凝,减少模板浮力和推力;施工全过程中需用经纬仪随时监测轴线位移情况,便于及时校正。

⑥为防止大体积混凝土产生温度裂缝,高温季节骨料仓内设喷淋水管降温,搅拌站内建有储存冰块的地下水箱并增设两套 $10\text{m}^3/\text{h}$ 制冷设备,以供冷水搅拌混凝土,使混凝土入模温度不高于 $28^\circ\text{C}$ 。同时对模板和混凝土接槎部位要遮盖避晒,浇水降温,合理分块,尽量改善约束条件。

⑦加强混凝土养护工序,专人负责,做到喷淋湿润,长流水不断线,养护期不少于7昼夜。

### 5. 钢板桩工程

辛坝工程共需钢板桩4701t。主要用于左、右两岸和截流坝防渗墙,主船闸上下游导墙。要求选用拉森V,或拉森II,两种型号钢板桩。

#### (1)堆放与检查:

1)钢板桩进场一律使用大型平板汽车(桩长最长达23m),吊车装卸。

2)钢板桩必须有出厂材质证明,进场时要严格核查规格、数量及有关外观质量情况,重点检查锁口有无损伤、桩身有无变形。

3)钢桩进场后应按型号、规格,于指定地点分层堆放。高度不得超过5层,支点垂直,位置正确、整齐。纵向要有2%坡度,以防积水腐蚀。

#### (2)防腐处理:

1)涂料:应具有防水、抗油、抗化学污染、干燥环境下抗高温、抗磨损能力。拟采用煤焦油环氧树脂涂料。

2)处理方法:建立防腐车间,组织专业人员进行钢板桩防腐处理。首先刷净表面并清除尘土,然后采用无气喷涂法喷涂涂料。为避免翻身过程中沾污桩身,钢板桩防腐过程中一律要使用圆型支架,直至涂层粘结牢固后,方可起吊运输。涂层厚度要用测厚仪随时测定检查,涂层厚度另行确定;出厂时,车间应出具防腐合格证明。

#### (3)打桩:

1)每一工程部位在施打钢板桩之前均需进行试打,便于发现问题,及时采取对策。

2)定位放线,钢板桩统一编号,划出标高。

3)施打钢板时,要设导向架以保证桩身沉入过程中位置正确,不偏不移。

4)质量标准:

按标书规定如下:

①桩顶标高:±5mm;

②板墙平面倾斜度:小于10mm/m。

5)做好施工记录:包括工程部位、施工日期、桩长规格、地面高程、沉入标高、机械型号、锤头重量、锤击次数、贯入深度、误差数值及突变情况等。

#### 6. 塑性混凝土防渗墙

在主船闸、电站、主坝、拦河闸与凯菲尔节制闸之间挡土墙上游设计有塑性混凝土防渗墙。全长302m,厚0.6m,深度在地表下10.5~16.0m。防渗墙基本处于砂砾层和风化胶结砂岩层中,地下水丰富,渗透系数在 $7.0 \times 10^{-3} \sim 2.9 \times 10^{-4} \text{m/s}$ 之间。塑性混凝土防渗墙在主基抗降水条件下施工。对于水力工程,防渗墙施工质量直接影响着建筑物使用的安全性。业主与施工单位都十分关注此项工程,要引起高度的重视。

(1)塑性混凝土质量指标列于表2.1.16(8)。

表 2.1.16(8)

序 号	指 标	数 值
1	28天抗压强度(标准圆柱体试件)	0.9~1.4MPa
2	28天弹性模量	100~400MPa
3	渗透系数	$<1 \times 10^{-8} \text{m/s}$
4	扩散度	40~65cm

(2)防渗墙质量标准列于表2.1.16(9)。

表 2.1.16(9)

序 号	指 标	数 值
1	平面轴线误差	±0.2m
2	垂直度偏差	小于2%
3	宽 度	不得小于0.6m

(3)主要施工机械:

500kN 履带式吊车	1 台
蛤壳式导板抓斗	2 个
平头式冲击凿	1 个
泥浆搅拌机	3 台
泥浆滤砂机	1 台
泥浆贮存箱	4 个
泥浆输送泵	10 台

(4)护壁泥浆配制:

1)材料:采用膨润土泥浆。其技术标准见表2.1.16(10)所列。

表 2.1.16(10)

项目 \ 类型	新配制泥浆	再用泥浆
比重	1.01~1.05(比重计)	<1.2
粘度	>35s(MARSH 粘度计)	35~60s
失水量	<30cm <sup>3</sup> (BAROID 设备 0.7 Pa)	<40cm <sup>3</sup>
泥饼厚	<3mm(BAROID 设备 0.7Pa)	<5mm
含砂率	—	<5%

2) 泥浆拌制: 用泥浆搅拌机拌制时, 先行加水控制在配合比用水量的三分之一。其余水量在继续搅拌过程随着膨润土一起投放。搅拌时间为 3 分钟。制成的泥浆应静放 4 小时(使其溶胀率达 95% 以上)后方可使用。

(5) 配合比确定: 目前, 塑性混凝土配合比设计计算尚无标准的理论方法, 只能参照有关资料, 凭经验试配。

(6) 试验墙施工: 防渗墙工程施工前, 须先行施工长度为 18m 的试验墙。其目的是检验施工工艺、机具设备、塑性混凝土配制等是否符合标书规定要求。

试验墙结构尺寸与永久性墙体相同。图 2.1.16(8) 所示为试验段的示意图。

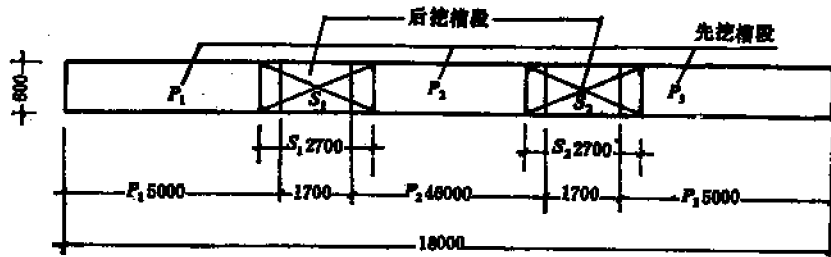


图 2.1.16(8)

施工顺序是:  $P_1 \rightarrow P_3 \rightarrow P_2 \rightarrow S_1 \rightarrow S_2$ , 其中  $P_1, P_2, P_3$  为第一期开挖槽分段,  $S_1, S_2$  为第二期开挖槽分段。二期槽段开挖时, 应将相邻两侧一期槽段内已浇注成型的塑性混凝土墙体各挖去 0.5m, 使得各段之间有良好的接槎。试验墙达到强度后要挖开进行实测检查。

(7) 防渗墙施工: 永久性塑性混凝土防渗墙施工方案确定如后。

1) 墙帽施工: 按设计部位放线开挖底宽 4m 的基槽。须经夯实、清理干净后向槽内浇注厚 1.4m 的塑性混凝土(图 2.1.16(9))。

2) 设置导墙: 墙帽混凝土具有强度后, 按 0.64m 间距设置导墙并用内支撑控制住位置。导墙系钢筋混凝土预制构件, 事先准备。导墙两侧回填土也应充分夯实(图 2.1.16(9))。

3) 成槽: 成槽开挖分期逐段间隔交叉进行, 其方法与试验墙槽基相同。

挖槽过程中要不断向开槽补入泥浆, 使浆面不低于导墙顶部 0.2m。

4) 清槽: 使用潜水泥浆泵采取下抽上补的清槽方法。当排出的泥浆比重小于 1.15, 含砂率低于 5%, 槽底沉渣厚度少于 20cm 时, 即可认为清槽合格。

5) 浇注: 用柱塞式混凝土泵和导管来浇注塑性混凝土。一期槽段用双导管, 二期槽段用

单导管。导管始终要埋入混凝土 2m 深处。边浇混凝土边抽排泥浆,直至混凝土浇注到与导墙顶面齐平。

抽出的泥浆可输送注入滤砂机处理后再次使用,但一般情况下,混凝土顶部 2~3m 范围内的泥浆要作为污染废浆弃掉。

6) 盖板施工:防渗墙达到设计强度后,拆除导墙、清去回填土,凿去墙帽表层约 10cm,同时将防渗墙混凝土剔除至高出墙帽 0.5m。清理预埋在结构物中的止水带,绑扎好钢筋就可浇注盖板混凝土。施工完成后的防渗墙结构典型断面见图 2.1.16(9)。

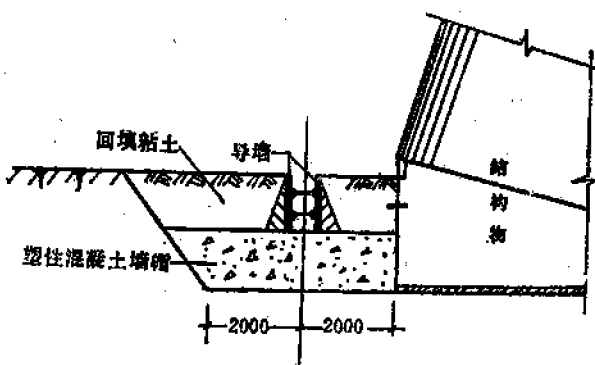


图 2.1.16(9)

## 7. 破堤、通水、截流与堵口

水利工程通水截流历来是施工的重要环节。要选准截流季节、精确设计分流量,认真实施堵口方案,否则将会危及河道内已建构筑物的安全。辛坝工程按主河道、左岸渠系、右岸渠系、旁通河道依顺序分为 4 期实现通水、截流或堵口。

(1) 主河道通水与堵口:

1) 截流通水的条件:

① 海拉船闸、海拉—凯菲尔节制闸、主闸、电站、主船闸上下游工程、引渠、毛石护砌等水下部分完成交验;全部闸门安装调试完毕;沉降、水位、压力等观测仪器已经埋设、验收进入正常运转,并取得通水前必要的分析数据。

② 完成 25 号桥、26 号桥下主河道和海拉渠的桥墩、护墩桩、毛石护砌并已通过验收。3 号公路及 26 号桥施工干道投入使用。

③ 破堤和堵口的施工准备工作就绪。\*包括文件审批、材料机具、观测仪器、劳动力组织、进度网络计划编制等工作。

2) 水位和流量:

① 控制水位:上游:31.9m;下游:31.7m。

② 设计流量:截流时设计流量为  $700\text{m}^3/\text{s}$ 。

③ 流量分配:海拉渠分流: $200\text{m}^3/\text{s}$ 。主河道分流: $500\text{m}^3/\text{s}$ 。

④ 截流时坝址的水力特性见表 2.1.16(11)。

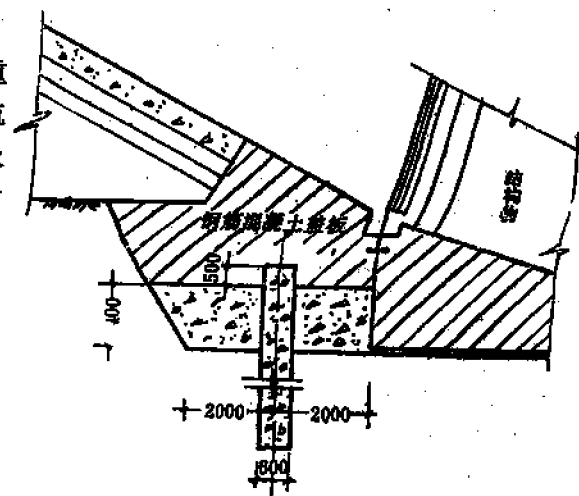


图 2.1.16(10)

表 2.1.16(11)

笼口宽度/m	笼口流量/(m <sup>3</sup> /s)	笼口平均流速/(m/s)
当 50 时	162.5	0.66
当 25 时	61.0	0.76
0	0	0.82

3)截流时闸门控制运行形式见表 2.1.16(12)。

表 2.1.16(12)

部 位	上 游 闸 门	下 游 闸 门
海拉船闸	关 闭	关 闭
海拉、凯菲尔闸	部分开启	
主 闸	开 启	
电 站	堵水门封闭	堵水门封闭
主 船 闸	关 闭	关 闭

4)破堤截流通水施工技术:

①主河道上下游防洪堤拆除:

缩窄堤顶宽度:

a. 在通水条件下,可将上下游防洪堤宽度由 30m 缩窄到 15m,内边坡保持 1:1.5。

b. 上游堤挖方量 9.76 万 m<sup>3</sup>,下游堤挖方量 6.06 万 m<sup>3</sup>。

c. 分二层采用反铲挖除。

主河道上游破堤:

a. 关闭海拉船闸、海拉—凯菲尔闸、主闸、主船闸全部闸门和电站上下游堵水闸门。

b. 在缩窄的上游防洪堤中,埋设 5 根  $\phi 600\text{mm}$  大直径钢管作为通水入口,放水时应严格控制达到本设计要求的水位,即充满上游新开河道与老河道水位基本平齐。

c. 拆除放水钢管,在静水条件下,从该处向两侧边破口,采用两台拉铲同时作业,破堤口宽 200m,深度为 5m,但深度尽可能超挖,减少水中挖泥量。

d. 堤顶 5m 以下至河床的残余土方将采用挖泥船挖除。

主河道下游破堤:

a. 上游破堤基本完成后,开启主闸门放水入下游。水位应控制设计要求,即与老河道水位平衡。

b. 从 25 号桥下游段堤防的中部,从中向两侧形成两个工作面破土,破堤宽度亦为 200m,深 5m。残余土方也将由挖泥船进行水下挖土。

主河道上下游破堤总拉铲挖方量为 29.7 万 m<sup>3</sup>,需要挖泥船水下挖方预测达 8.71 万 m<sup>3</sup>。

②填筑堵水坝:

a. 清理岸坡、清除岸边芦苇杂草和腐植土层。

b. 坝基填方：

(a) 戗堤主轴线定在主坝轴线下游 20m 处，堤宽 10m。填筑时，应沿坝堤轴线由两岸对向同时推进。左岸进截量约 4 万  $\text{m}^3$ ，右岸进截填土方量约 7.85 万  $\text{m}^3$ 。

(b) 填筑材料的选用，取决于截流堵坝时河水的流速。

当流速小于 0.5m/s 时，用砂填筑，可利用主基坑、主河道开挖出来的细砂，当流速在 0.5~1.0m/s 时，宜用块石等材料填筑。

当流速大于 1.0m/s 时，选用事先预制制备的混凝土立方块填筑。

(c) 沿截堤上游一侧，进行坝体断面修筑。断面推进形状与戗堤轴线夹角不大于  $60^\circ$ 。

(d) 龙口设在中部偏右处，其宽度 25m，深度为 4m，此处填筑块石或混凝土立方块体总量约 5500 $\text{m}^3$ 。

(e) 土方填筑，采用装卸汽车卸于地面，形成 1m 左右高度的土堆，再用推土机推入水中，禁止直接向水中投土。

(f) 考虑到填土沉降因素，水下坝体顶部高程填筑时应比设计高程增高 0.45m，以作预留沉降量。

③ 在水下坝基填筑完成后，沿坝轴线即可施工钢板桩防渗墙。

④ 水下毛石和反滤层的铺设。反滤层总量约 6600 $\text{m}^3$ ，毛石约 3000 $\text{m}^3$ 。

⑤ 水面以上填方量为 7.45 万  $\text{m}^3$ ，一律采用细砂，需要震动压实，相对密度不得低于  $DR=75\%$ 。

⑥ 水上反滤层铺筑，排水沟渠和电缆沟浇筑。

⑦ 修筑坝顶公路。

堵水坝结构见图 2.1.16(11)。

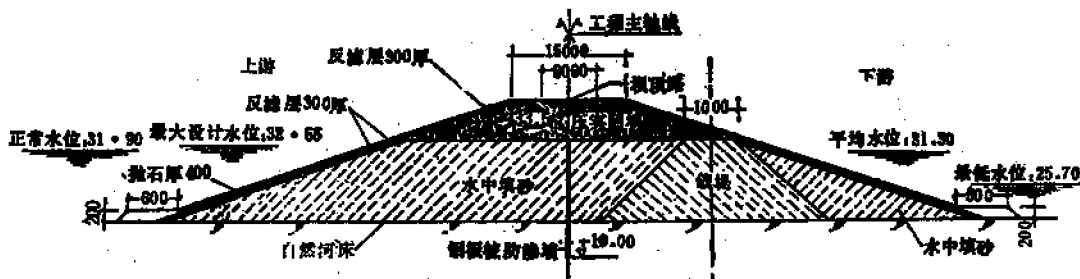


图 2.1.16(11) 堵水坝典型断面

海拉和凯菲尔渠通水与堵口(略)。

## 8. 桥梁工程

辛坝工程项目内共有桥梁 6 座，均系单跨或多跨简支梁式桥。

(1) 灌注桩施工：桥梁全部采用直径  $\phi 1800\text{mm}$  钻孔灌注群桩基础，计 312 根。一般桩长 18~25m，最大钻孔深度达 31.95m。

① 钻孔机械及其配套设备见表 2.1.16(13)。

表 2.1.16(13)

名 称	数 量	名 称	数 量
日本 MT-200 钻机	2 台	高压油泵	1 台
Ga-20 型抓斗	2 台	空压机	1 台
500kN 履带吊车	2 台	风 钻	3 台
400kN 汽车吊	1 台	水 车	1 辆
装 载 机	2 台	推 土 机	1 台
动力引拔机	1 台	压 路 机	1 台

## 2) 钻孔灌注桩质量要求:

① 桩位偏差:  $\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \leq 5\text{cm}$ 。

② 垂直度: 小于 2%。

③ 深度: 孔深应深于设计深度 5cm 以上。

④ 清孔后沉渣厚度: 小于 5cm。

⑤ 钢筋笼标高偏差: 小于 5cm。

⑥ 桩身混凝土强度: 取总桩数的 3%~5% 进行钻芯取样, 试验强度不得低于设计强度。

## 3) 准备工作:

① 组装钻孔机。

② 钻孔机就位。其程序如下:

a. 清理、平整、压实钻孔现场;

b. 桩位周围放置高约 36cm 的双层垫木, 搭成方格形;

c. 在木方格外填压砂夹石形成 12m 长 6m 宽与垫木齐平的停机坪;

d. 复测桩位加桶圈保护中心桩, 垫木方格内填土夯实刮平, 标定钻机就位轴线;

e. 开动钻机就位对准桩位, 起升动臂到位, 升高滑架, 松开夹具, 插入炉筒, 找平机身;

f. 安装锤式抓斗。

4) 成孔: 开动钻孔机进行操作, 要注意如下几点:

① 护筒压入地面之前用经纬仪和垂球确定垂直度;

② 连接护筒时要重视操作安全;

③ 针对各类地基土层, 护筒与冲抓钻的位置应采取相关的钻挖方法;

④ 成孔过程中护筒内的水位要保持高于地下水位;

⑤ 凡桩距小于桩径 1.5 倍 (2.7m) 时, 要采取“跳打”法, 相邻桩号要错开成桩;

⑥ 要随时注意掌握成桩过程中护筒压入或引拔时的震动力。积累数据探索规律;

⑦ 本工程地质报告中标明较厚的粉砂层要特别注意预防漏孔, 钻孔不得间断, 并且挖土速度与向孔内注水速度应协调;

⑧ 如遇到护筒停震或引发困难, 锤式抓斗掉脱等故障, 应及时处理排除, 不得中断操作。

5)清孔:成孔后 12h 内清孔。采用自制吸泥装置用压缩空气吸排泥浆,以达到孔底沉渣厚度小于 5cm,孔内泥浆含砂率小于 4%的合格标准。

6)钢筋笼制件和安放:钢筋骨架在预制厂钢筋车间加工,除一般常规要求之外,本工程还应遵守如下规定:

①制作时注意事项:

- a. 骨架主筋内侧每隔 2~2.5m 及笼底下端增设  $\phi 25\text{mm}$  加强箍筋一道;
- b. 笼架下部加焊两条十字交叉形 8mm $\times$ 6mm 扁铁加劲板条;
- c. 钢筋采用绑扎成型但结点一律施以电弧焊接;
- d. 拼装焊接钢筋笼时,受拉筋搭接长度为  $25D+150\text{mm}$ ,受压筋搭接长度为  $20D+150\text{mm}$ ;

②钢筋笼安装质量要求:

- a. 钢筋骨架顶面和底部标高应符合设计要求,其允许误差为 $\pm 0.5\text{cm}$ ;
- b. 对接组装后钢筋笼中心线要保持垂直,吊放过程中不得变形。

7)浇注桩身混凝土:灌注桩桩身混凝土因受地下高水位的影响,绝大多数都将在水下灌注。因此标书规定混凝土宜用 0.5~2cm 卵石作粗骨料,单方水泥最小用量为  $400\text{kg}/\text{m}^3$ ,并需掺加缓凝剂,凝结时间不少于 7h。

①采用混凝土泵车上柱塞泵接长专用导管后进行浇筑。并使首次灌入混凝土时导管随之埋入混凝土内的深度不小于 1m。

②必须连续浇灌,严禁中途停顿。

③提拔导管和灌注混凝土的速度要协调,但导管在混凝土中埋深不少于 2m。

④为防止钢筋笼上浮移位,当混凝土浇注面升至钢筋骨架底部时应加大导管埋深和减慢浇灌速度,直至钢筋骨架埋入混凝土中 2m 后,方可提拔导管。

⑤护筒随混凝土灌注而引发,即“浇一节、拔一节”,严禁混凝土全部浇完后再拔护筒。

⑥桩身混凝土顶面标高应高出设计标高 0.8~1.2m。浇筑完成后再用砂土填平桩坑保护桩头。

8)灌注桩承载力试验:按英国 CP-2004 规范标准进行。

(2)预应力大梁生产:桥梁采用预应力后张法工艺的定型模板由预制厂集中生产。

1)孔道波纹管安装,要求位置正确,弧形圆顺,固定牢固,连接波纹管接头的套管端部用两层粘胶带密封。

2)混凝土浇注时加强震捣。浇捣结束后及时检查预留孔道是否畅通。

3)穿入钢绞线之前用压力水冲洗孔道并用压缩空气吹排孔道中积水。

4)张拉时控制应力要比设计张拉应力提高 3%。

按设计规定次序分批张拉钢绞线,锚具锚固可靠,不得使钢绞线滑动移位。

5)孔道灌浆是通过锚板处预装塑料管进行的,等封闭锚具的封端混凝土达到强度后方可进行。

灌浆浆体水灰比宜选择 0.36~0.44 之间,掺入水泥重量 0.5%的 PRESYN : TM317.10 灌浆剂,浆体膨胀率要大于 3%,泌水率小于 2%,抗压强度达 30MPa 以下。灌浆压力应与孔道长度成正比关系(见下表 2.1.16(4))。

表 2.1.16(14)

预留道长度/m	<20	20~30	>30
灌浆压力/MPa	0.6	0.65	0.7

(3)桥梁的架设:公路桥梁均可用履带式起重机吊装,铁道桥梁采用 VSL 公司起重量 120t 的架桥机架设。

#### (四)施工总平面布置

根据工程特点和场地条件,生产基地和生活、办公营地均布置在工程区左侧。生产基地的布置原则是进场运输和场内运输方便,尽量避免在施工期内的迁址;预应力梁生产场设在铁路桥左端,方便桥梁架设工作。生活及办公营地按施工最高峰人数 1150 人考虑,人均住房面积 6.2m<sup>2</sup>。伊拉克驻工地工程师的办公区设在管理机构就近,有利于工作联系。

道路系统在整个工期内需改变多次,是平面布置的难点。总原则是施工前期利用穿过工程区的两条原有公路,在幼发拉底河上沿拟建铁路桥上游一侧架设沟通左右岸的工作桥,修筑临时路与原有路相连,构成施工主干线,随着施工进展的施工区道路系统重新布置要结合进度安排,综合考虑施工的阶段性、最佳运距和各工程点的吨公里运输量。截流通水期的道路布置是重点。施工临时道路的做法是,主干线宽 10m,路基为 30cm 级配石、15cm 厚混合砂;支线宽 7.5m,路基 30cm 混合砂石。

截流通水期施工总平面见图 2.1.16(12)。

#### (五)施工进度

按照原合同规定工期,1984 年 10 月 8 日到 1985 年 6 月划为施工准备阶段,主要工作是施工图设计和审批,施工机械和材料的订货与进场,现场剥离与拆迁等。1985 年 7 月至 1988 年 10 月 7 日为正式施工期,达到工程初步验收。但在 1985 年 7、8 两个月主基坑开挖后,由于设计超量问题,停工 7 个月,于 1986 年 4 月才正式复工。新合同规定工程初验期延至 1989 年 3 月 22 日,但有效工期减少了一个半月。总施工进度从 1986 年 4 月开始,施工日期为 3 年。

1988 年 10 月前,即开工一年半时间,要求完成下列项目:主拦河闸、电站、主船闸、海拉节制闸、凯菲尔节制闸、海拉船闸达到使用功能要求,4 号路南段、26 号桥、23 号桥正式通车,铁路桥梁架梁完毕,主河道结构物上、下游渠道水下工程,实现第一期破堤通水,剩下约一年半时间完成其余工程,确保 1989 年 3 月 22 日工程初步验收。

主要施工总进度控制见表 2.1.16(15)。



表 2.1.16(15)