

引 滦 入 津

隧 洞 工 程

2

天津市引滦工程指挥部

津 入 滦 引

第 二 册

隧 洞 工 程

目 录

第一章 概 况

第一节 自然概况与施工条件·····	(1)
第二节 工程概况·····	(3)
一、工程规模·····	(3)
二、技术标准·····	(4)
第三节 勘察设计·····	(6)
第四节 施工·····	(7)
第五节 工程完成情况	
一、完成的主要工程量·····	(12)
二、工程质量·····	(12)

第二章 工程地质和水文地质

第一节 勘测工作概况·····	(16)
一、地质勘测简要过程·····	(16)
二、地质勘测方法及工作量·····	(16)
三、勘测成果·····	(18)
第二节 工程地质和水文地质条件·····	(19)
一、地形地貌·····	(19)
二、地层与岩性·····	(19)
三、地质构造·····	(21)
四、水文地质·····	(25)
五、片麻岩物理力学指标·····	(33)
第三节 初步设计阶段主要地质评价与建议·····	(35)
一、主要地质参数·····	(35)
二、主要地质结论与建议·····	(38)
第四节 施工地质·····	(38)
一、施工地质预报·····	(38)
二、施工地质编录·····	(52)
三、修改地质参数和结论·····	(53)

第三章 隧洞选线与设计

第一节 隧洞选线·····	(56)
---------------	--------

一、选线的设计意图和方法	(56)
二、地形、地质条件的分析	(56)
三、现有工程与取水口条件	(58)
四、洞线方案的总体布置	(58)
五、洞线比较与选定	(60)
第二节 隧洞工程设计	(64)
一、工程特点与设计意图	(64)
二、设计任务、指标与设计方法	(64)
三、总体设计与工程布置	(66)
第三节 隧洞衬砌结构设计	(70)
一、设计工作概述	(70)
二、洞型与衬砌结构型式的选择	(70)
三、隧洞衬砌结构设计的基本数据	(70)
四、衬砌结构内力计算	(72)
五、锚喷衬砌设计	(76)
六、衬砌结构的类型	(79)
七、衬砌结构设计在施工中的修改与补充	(79)
第四节 明挖隧洞工程设计	(87)
一、明挖隧洞工程布置	(87)
二、明挖隧洞工程特点与设计中的几个主要问题	(88)

第四章 隧洞施工

第一节 施工准备	(91)
一、临时公路	(91)
二、临时房屋	(92)
三、风、水、电系统	(92)
四、管、线、路系统	(94)
五、施工场地布置	(95)
第二节 斜井施工	(96)
一、斜井开挖	(96)
二、斜井支护	(99)
三、管、线、路的铺设	(99)
四、出渣运输	(100)
五、加强斜井施工安全	(100)
六、竖井的开挖与衬砌	(101)
第三节 隧洞开挖及支护	(101)
一、开挖方法的选择	(101)
二、全断面开挖	(104)

三、锚喷支护与围岩量测·····	(127)
第四节 正洞衬砌 ·····	(138)
一、概述·····	(138)
二、钢拱架、钢模板的设计和使用·····	(138)
三、混凝土拌合站的设置和混凝土的输送·····	(141)
四、围岩漏水处理·····	(147)
五、封闭式衬砌的施工方案·····	(148)
第五节 隧洞灌浆 ·····	(150)
一、灌浆前的情况·····	(150)
二、灌浆材料·····	(150)
三、灌浆主要机具设备·····	(151)
四、灌浆施工过程·····	(151)
五、灌浆效果·····	(152)
第五章 明挖隧洞工程	
第一节 概述 ·····	(154)
第二节 开挖工程 ·····	(154)
一、进口段开挖·····	(154)
二、横河段开挖·····	(155)
三、黎河段开挖·····	(157)
第三节 混凝土浇筑 ·····	(159)
一、进口段和横河段·····	(159)
二、黎河段·····	(160)
第六章 不良地质地段的施工	
第一节 概述 ·····	(163)
第二节 隧洞进口在全、强风化层提前进洞 ·····	(165)
一、进洞前的准备·····	(166)
二、洞口段施工·····	(167)
三、开挖过程中的围岩量测·····	(170)
第三节 通过P₄断层破碎带 ·····	(171)
一、地质概况·····	(172)
二、施工措施·····	(172)
三、量测·····	(173)
第四节 “东沟”大淋水带锚喷支护作业 ·····	(174)
一、地质概况·····	(175)
二、施工措施·····	(175)
第五节 f₂₁断层塌方处理 ·····	(177)
一、塌方原因·····	(177)

二、处理方法	(178)
三、回填	(179)
四、几点体会	(179)
第六节 穿越F_{10}、F_1区域断层破碎带	(180)
一、地质情况	(180)
二、施工措施	(183)
三、硫铝酸盐早强水泥喷射混凝土及砂浆锚杆的应用	(188)
四、塌方及处理	(192)
五、量测	(194)
六、供参考的几点看法	(197)
第七节 隧洞出口边坡塌方处理	(198)
一、地质概况和发生原因	(198)
二、处理原则	(199)
三、处理措施	(199)
第七章 输水隧洞控制测量	
第一节 概述	(202)
第二节 洞外控制测量	(202)
一、洞外三角网控制测量	(202)
二、洞外精密导线控制测量	(206)
第三节 洞内控制测量	(211)
一、洞内施工定线测量	(211)
二、洞内精密导线测量成果复核	(222)
第四节 水准测量	(223)
一、洞外水准测量及复测	(223)
二、洞内水准测量及复测	(224)
第五节 隧洞贯通测量	(225)
第八章 专题技术总结	
一、引滦入津隧洞外水压力问题	(227)
二、片麻岩的波速与岩石坚固系数	(234)
三、关于围岩稳定系数的探讨	(242)
四、薄边墙的稳定分析	(247)
五、引滦输水隧洞出口不对称消能设施设计、试验与运用效果	(253)

第一章 概 况

第一节 自然概况与施工条件

引滦入津输水隧洞工程位于滦河大黑汀水库与黎河接官厅村之间的分水岭地带，东起河北省迁西县大黑汀村西引滦入唐渠道0+500处（分水点）西行，穿翻鞍 寨沟、横河谷地沿单薄山脊再经由山西村、北转坡、八里堡北，在景忠山麓穿过滦河——黎河分水岭，过张老峪沟、鸡冠山，于河北省遵化县接官厅村东南进入黎河谷地。下接钢筋混凝土明挖隧洞折西南方向，于炸糕店村南进入黎河河槽。主体工程包括分水枢纽、引水明渠、明挖隧洞、洞挖隧洞、出口防洪闸及消能工等，全长12.39km，统称输水隧洞。其中主要工程为明挖隧洞1,724m和洞挖隧洞9,666m。见引滦入津输水隧洞位置图1—1。

隧洞沿线属低山丘陵区，大部分高程在145~200m之间（黄海标高，下同），仅张老峪沟西侧山脊高程达298m。沿洞线有大小低凹沟谷二十余处。其中横河谷地宽达500余米，地形最低标高120m，其余沟谷宽窄不等，其高程都在130~150m之间。隧洞相应埋深大都在40~60m左右，个别处超过100m，在低凹沟谷处较浅，有的只有十多米，引水起点和黎河河床高程都在115m左右。

分水岭地带除局部为元古界石英岩外，几乎全部为太古界上川组和三屯营组片麻岩，岩性复杂，主要为黑云母斜长片麻岩、变粒岩、角闪斜长片麻岩等，片麻理一般明显，其中穿插有各地质时期性质不同的岩脉，如煌斑岩、闪长岩、细晶岩、伟晶岩等，厚度都不大。片麻岩和脉岩都属坚硬块状岩石，湿抗压强度大多在 $800\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上，除构造岩外软弱岩层极为少见。片麻岩风化较强，东段风化较浅，风化层厚为10m左右，西段较深，一般都在20~30m之间，隧洞洞身绝大部分都在弱风化及微风化岩层内。张老峪沟与黎河之间的山脊上出露震旦系石英岩，以 F_{11} 和 F_1 断层为界与片麻岩呈断层接触，沿洞线地表出露约140m，隧洞洞身处穿过为44m，因受两大断层影响，岩石很破碎，为洞线的困难地段。第四系松散沉积物在本地区不发育，主要分布在河床沟谷地带，厚度最大10m。

分水岭地带处于马兰峪山字型 and 迁西山字型构造展布区，洞线东段位于迁西山字型构造脊柱的西侧，以近南北向的压性断裂为主，规模较小。洞线西段位于两山字型反射弧的复合部位，因此构造较为复杂，断裂和挤压破碎带甚为发育。隧洞沿线有大小断层176条，其中 F_{11} 、 F_9 、 F_{10} 、 F_1 等断层和 P_4 、 P_3 等挤压带宽度都在10m以上，尤以 F_{10} 和 F_1 两条区域断层为甚，断层带内断层泥、糜棱岩、碎裂岩等层次分明，重复出现，具多次活动迹象。断层多呈高角度压扭性质。节理一般都在三组以上，以与洞线方向近于一致的高角度节理和缓倾角节理组合对洞线稳定影响较大。

本区地下水类型有孔隙潜水和基岩裂隙水二种。潜水浅埋于横河与黎河谷地砂砾

石层中, 渗透系数分别为100m/昼夜和50m/昼夜, 水量丰富。裂隙水赋存于基岩裂隙之中, 水位随地形而异, 水位高程在120~170m之间, 洞身全部在地下水位以下, 相当洞顶以上水头10—60m, 距地表2—20m不等, 沟谷处偶有泉出露。片麻岩的渗透性很弱, 单位吸水量大部分小于0.03升/分·米·米。石英岩地段处于两阻水性大断层之间, 地下水位较高。隧洞在施工中大多仅有滴渗现象, 也有的局部无水, 沟谷地段水量较大, 构造破碎带处有较大股流。地下水的矿化度都较低, 属重碳酸钙镁水, 对混凝土无侵蚀性。大多岩石的坚固系数 $f = 4—6$, 局部地质不良地段 $f = 0.7—1.0$ 。

总的看来分水岭地带的地形地质条件还是较好的, 施工条件总的说也较为有利, 适宜隧洞开挖, 局部断裂发育地段和地下水丰富地段会造成较大的施工困难。

本地区属于我国东部季风半湿润地区。年平均气温 10.4°C , 最冷在一月份, 最高在七月份, 无霜期181天, 最大冻土深81cm。多年平均降水量794mm, 降水多集中在6—9四个月內, 占全年降水量的80~90%。降水的年际变化大。

气象条件对隧洞施工的影响, 主要是冬季防寒和混凝土防冻问题及雨季的防洪问题, 特别是横河与黎河河谷的明挖隧洞工程, 雨季受山洪的严重威胁。

引滦隧洞洞线, 基本与遵(化)迁(西)公路平行, 各洞口至公路线的距离大体都在一公里范围之内。又有唐(山)遵(化)线的支线——潘家口铁路专用线通过三屯营车站。修建施工便道十分方便, 为施工现场及时有效地输送机械设备和材料物资等提供了便利的运输条件。

分水岭地段地下水不丰富, 当地农业及生活用水水源均靠地表渗透水, 在村庄和耕地之中有一些大口井, 但水量有限, 不能满足施工和生活用水的需要。为此, 在施工准备阶段, 全线需要解决水源和供水问题。

隧洞工地位于京、津、唐电网范围内。黎河谷地至三屯营一线有35千伏高压线通过。横河以西管段, 系将三屯营变电所扩大并入两台5600KVA变压器, 再架设10千伏高压线至各洞口。黎河明挖隧洞段则从遵化县建明乡10千伏变电站输出。横河明挖及以东管段则从迁西县变电所输出10千伏电压至各洞口。各洞口另外配置二台57kw内燃发电机作为临时备用电源。

第二节 工程概况

一、工程规模

按全年收水 $10\text{亿}\text{m}^3$ 计算, 考虑到于桥水库和黎河汛期运用及黎河在冰冻期输水能力的降低, 以及工程检修等因素, 引水时间每年按210~270天计算, 相应引水规模为 $65—10\text{m}^3/\text{s}$ 。设计流量决定采用 $60\text{m}^3/\text{s}$, 校核流量 $75\text{m}^3/\text{s}$ 。洞挖隧洞总长9,666m, 明挖隧洞总长1,724m, 明渠和枢纽闸及出口闸、消能工及其它附属工程总长约1,000m, 整个分水岭地段输水工程全长12394.5m。

引滦入津工程(北线)起始于引滦入唐工程(南线)的总干渠0+500m处, 分水点

处建分水枢纽闸一座,负担南北两线水量的调配和节制。因南线的施工早于北线的设计,所以北线除在分水点处建筑分水枢纽闸室之外,还拆建和加高部分南线已建成的明渠,即南线里程 $0+450\sim 0+725$ 段,长275m。分水枢纽包括南线 $3\times 3.5\text{m}$ 闸门和北线 $3\times 2.5\text{m}$ 闸门、启闭机室、交通桥、农用桥、管理用房、渠下立交排洪涵洞、消力池以及南线明渠接高等工程组成。该分水枢纽规模虽不算大,但设计方面采用了两项新技术,其一是保证闸门在寒冷气候条件下能顺利启闭的油路加温系统;其二是提高运营管理效能的自动控制系统。1982年7月1日破土动工,1983年6月18日全部分水枢纽工程竣工。

洞挖隧洞总长9666m,净宽5.7m,净高6.25m,洞型和衬砌型式在施工过程中,经设计单位、施工单位、施工地质人员几次共同协商,以隧洞的实际开挖情况和施工地质报告为依据,考虑到施工难度大的型式和可能成为控制工期的段落,因而将原设计中的一些型式进行了必要的修改,最后实现施工的计有四种基本衬砌类型共11种具体衬砌型式。

为了争取时间加快工程进度,采取主要措施之一,为长洞短打即利用洞线上的沟谷浅埋地段多挖斜井和竖井(详见斜井要素表1—1和小竖井要素表1—2),初期设计了十五个斜井,至1982年8月和10月份因个别地段施工进度和地质情况有变化,决定再增加辅9号和辅10号斜井,这样斜井总数为17个,斜井全长2,319.8m,占洞挖隧洞长度的24%,平均深度30—40m,最深12号斜井深约70m。斜井净宽3.9m,净高3.0m。除辅9、辅10、14号三个斜井是单行道外,其它斜井均辅双行道。其中,2、6、9、15号四个斜井为永久斜井,以备检查维修之用,全断面衬砌,并铺设运输轨道。小竖井则是施工单位为提高工作效率,利用洞身浅埋条件,在施工中采用的方法。

明挖隧洞全长1,724m,埋深相对较浅不宜于作洞挖隧洞,而又埋深相对较深不宜作明渠的地段设计为明挖隧洞。明挖隧洞均为钢筋混凝土结构,按复土埋深又分为两种型式:

(一)适用于顶部复土厚度大于5m,封闭式半圆拱直墙型,净宽5.7m,净高6.25m,顶、墙、底厚度分别为0.6、0.7、1.0m。

(二)适用于顶部复土厚度小于5m的方涵型,净宽5.7m,净高5.7m至5.1m,顶、墙、底厚度分别为0.8、0.7、1.0m。

明渠总长779m,全为钢筋混凝土矩形槽式整体结构,净宽5.7m(扩散段为过渡宽度)。进口明渠底板厚1.0m,边墙顶宽0.5m,底宽1.0m,墙高一般6—7m;出口明渠底板厚0.7m,边墙顶宽0.4m,底宽0.7m,净高5.7m—3.0m不等。

附属工程如检查井、进出口闸等,均为钢筋混凝土结构,

二、技术标准

本工程按水利水电枢纽工程等级划分及设计标准SDJ12—78的规定,确定于桥水库以上的输水建筑物为二等二级,次要建筑物为二等三级,临时建筑物为四级。

抗震标准根据水工建筑物抗震设计规范SDJ10—78的规定及查阅“京津唐地区地震

斜井要素 表1-1

编号	桩号	间距	斜井斜长	平坡段长	斜井全长	倾角	与洞线平面夹角	设计斜井全长	施工斜井全长 (包括叉管段长)
1	0+561	293	83.7	20	103.7	18°11'40"	90	95.95	110.95
2	1+281	720	88.8	25	108.8	10°50'50"	90	94.59	115.39
3	1+853	572	91.7	20	111.7	19°46'27"	90	102.45	119.85
4	2+248	395	91.9	20	111.9	21°23'23"	90	76.59	118.59
5	3+702	446	62.3	21.5	83.8	14°30'	90	81.97	102.84
6	4+618	402	86.8	21.5	108.3	15°09'	90	105.24	127.36
7	5+532	916	74.8	21	95.8	25°	68	94.55	96.0
8	6+471	939	151.0	16.7	167.7	20°	63	128.00	168.0
辅9	6+884	413	107.0	15	122.0	25°	80	122.00	122.0
9	7+109	225	136.2	15.5	152.7	20°	90	131.00	153.0
辅10	7+330	221	103.0	15.0	118.0	25°	90	118.04	118.0
10	7+679	349	164.5	16.0	180.5	20°	65	141.00	180.53
11	8+385	706	161.2	15	176.2	25°	90	158.24	195.27
12	9+015	630	193.1	15	208.1	25°	90	176.05	227.18
13	9+599	584	155.8	21	176.8	20°	85	137.60	176.82
14	9+870	271	136.5	21	157.5	21°	52	138.49	157.48
15	10+316	446	114.3	22	136.3	9°54'	90	136.66	155.0
总计		190	2002.6		2319.8			2038.42	2444.26

小 竖 井 要 素

表1—2

编 号	里 程	井 深 (m)	规 格 (cm)	施 工 方 法
1	1+631	33.0	$\phi 300$	钻 爆 法
2	3+802	11.65	200×200	" "
3	4+677	19.75	200×200	" "
4	5+606	29.57	250×250	" "
5	6+507	48.90	$\phi 32$	YKC钻井机
6	7+233	43.08	$\phi 90$	" " "
7	7+526	43.06	$\phi 90$	" " "
8	7+860	53.73	$\phi 90$	" " "

烈度区划图”，该地区的抗震设计烈度确定为7度。

本工程设计流量 $60\text{m}^3/\text{s}$ ，校核流量为 $75\text{m}^3/\text{s}$ ，纵坡1/1200，（出口明挖隧洞以下为1/1800）。过水断面净宽5.7m，混凝土表面糙率小于0.015，模板接头错台不大于3mm。曲线半径400m。衬砌混凝土为 $R_{28}=200\text{Kg}/\text{cm}^2$ ，分水枢纽闸和其它水闸上部结构及洞门前段为 $R_{28}=250\text{Kg}/\text{cm}^2$ 。抗冻标号洞挖隧洞为 D_{50-100} ；明挖隧洞除0+000~0+270和11+023~11+320两段为 D_{150} 外，其余均为 D_{50-100} ；分水枢纽为 D_{200} 。抗渗标号洞挖隧洞为 S_4 ，明挖隧洞为 S_6 。洞挖隧洞要普遍进行衬砌回填压浆，部分地质不良地段做固结灌浆。有水地段按梅花形布置打排水孔，孔深2.5m，底板下设纵横盲沟排水。

第三节 勘察设计

勘察工作由水电部天津设计院承担，于1981年6月进行全院动员，从德州、衡水、密云、林县等地抽调了250名勘测队员进入工地，于7月1日开始正式的野外工作。为搞清较复杂的地质情况，采用地质测绘、物探、钻探、坑探、槽探、井探、试验等综合勘察手段。勘察工作按选线阶段、初步设计阶段、施工图阶段的程序进行。9月份提出了北线越岭地段选线地质报告，12月提出了初步设计阶段地质勘察报告，历时仅6个月。

隧洞的施工地质工作由水电部天津设计院和地质矿产部共同支援，抽调各地质专业人员组成了施工地质组，与施工队伍同驻工地，在长达十余公里的隧洞中，成功的完成了地质预报、编录、试验等施工地质工作，及时摸清了各种重大的不良地质情况，为施工提供了准确的信息。

设计工作由天津市水利勘测设计院在水电部天津设计院的支援下进行。设计人员深入现场踏勘和收集资料,进行了大量的调查、研究和计算工作,在不到一年的时间内,完成了选线报告、扩初设计和施工图设计,为施工创造了条件。在施工阶段,又派设计组驻现场,根据现场实际情况,对原设计进行必要的修改。

第四节 施 工

施工由铁道兵部队和天津驻军部队承担。以横河西岸里程3+302为界。以西至黎河明渠扩散段里程12+075由铁道兵89208部队施工,以东至分水枢纽闸段由52859部队施工。

铁道兵部队施工段全长8773m,包括洞挖隧洞、黎河明挖隧洞、出口明渠、护砌、检查井、出口防洪闸及农用桥等项工程。并开挖斜井13个,总长1883.7m。

天津驻军部队施工段全长3621.5m,其中包括分水枢纽、明渠、进口明挖隧洞、洞挖隧洞、横河明挖隧洞、引滦入唐总干渠加高工程等项工程。并开挖斜井4个,总长436.1m。

两支施工队伍的先遣分队于1981年11月11日进入现场,迅速展开劈坡开路、平地建房、打井引水、埋杆架线、布置场地等准备工作,保障了生产和生活,保障了斜井的迅速开工。

12月12日,5号斜井第一个破土动工,打响了引滦入津输水工程的第一炮。12月13日,1号和4号斜井相继劈坡拉沟,以后其它各斜井陆续动工。参见斜井施工周期表1—3。

斜井的提前动工,带动了其它各项准备工作的进展,在冬季严寒的情况下,迅速组织后续的施工队伍,大量的装备器材也陆续运到现场,保证了施工的开展。同时斜井的施工过程也是学习和练兵的过程,培训和锻炼了大批风枪手、爆破手、锚喷手等,为以后的正洞施工创造了条件。

1982年2月20日,5号斜井又第一个打到了正洞位置,用了四十天完成斜井设备的安装,于1982年4月1日正式进入正洞施工阶段。其它各斜井相继于1982年7月18日前打到正洞,并迅速完成设备安装,到8月1日各斜井全部进入正洞施工阶段。由于逐步取得了斜井施工的经验,斜井设备安装的速度也越来越快,如10号斜井仅用了12天。

在大部分斜井的施工到达或接近正洞的情况下,天津市人民政府于1982年5月11日在河北省遵化县隆重举行引滦入津工程开工典礼。水电部部长钱正英代表万里副总理出席了会议,并在隧洞横河出口工作面点响了向正洞掘进的第一炮,标志着引滦入津工程全线拉开了施工序幕。隧洞工程进入正洞开挖的攻坚战阶段。

通过试验,逐步推广和采用了光面爆破、锚喷支护、全断面掘进、非电导爆系统等新工艺,加快了掘进进度。并推广以钢代木,节省了大量木材,保证了施工安全。在通过大断层破碎带时,根据地质情况,变全断面开挖为正台阶法或“蘑菇式”开挖,密布孔,打浅眼,少装药,放小炮。并采取加密和加长锚杆、锚喷挂网、花管导水等一系列措施,胜利通过了大断层破碎带。

在隧洞掘进的同时,插入衬砌工程,许多洞段掘进与衬砌平行作业,狠抓综合进度。

衬砌有模筑和锚喷混凝土两种。为保证质量,制定了自检、复检、总检的三级质量检查制度。重点把住轴线幅员、扩修清底、防冻保温、绑筋立模、配料拌合、捣固、喷浆七道关口,至1983年7月14日洞挖隧洞全线完成衬砌和铺底工作。参见隧洞施工进度图1—2(附后)和洞挖隧洞施工周期表1—4。

明挖隧洞和明渠的施工,与主洞的掘进和衬砌同时进行。横河明挖隧洞于1982年2月1日破土动工。表层5—6m的河槽砂卵石层主要用推土机、铲运机、翻斗车等机械施工,下层基岩采用夜间打眼放炮,白天机械出碴的方法施工。施工中碰到的主要问题是基槽排水和防洪。排水采取了两种方法,一是打浅管井,井点外围降水,二是明沟排水,随着开挖不断加深排水沟,经过实践,仅第二种办法便能达到排水目的。汛期到来,曾三次筑堤防水,围堰长达800米,1982年7月8日山洪暴发,横河出现数百流量洪峰,洪水距堤面仅十余厘米,当时垒草袋二万条,保证了基槽的安全。进口明渠和进口明挖隧洞开挖分别于1982年2月27日和3月6日破土动工,该段碰到的主要困难是雨季边坡坍塌。进口明渠于1982年11月上旬完成。进口和横河明挖隧洞于1983年4月25日前全部完成,比原计划提前了八个月。

黎河明挖隧洞和明渠由89211部队所属的89352部队及配属各分队担任施工,1982年12月12日开工。土方工程采用推土机和铲运机配合施工。石方工程采用潜孔钻机钻孔爆破,挖掘机和翻斗汽车配合出碴。在混凝土灌筑施工中,对拌合站的设立、混凝土的运输、振捣、配合比,钢模板和钢支撑的使用,混凝土在冬季情况下的施工等各个环节都进行了严密的组织,依靠科学技术措施和思想发动,并应用了部队自己设计、制造较先进的衬砌台车,从而提高了施工速度和质量。1983年5月31日完成主体工程,历时1年零3个月。黎河明挖隧洞基槽开挖采用潜孔钻孔爆破,开始装药量过大,未注意对周围施工的影响,致使洞挖隧洞出口边坡发生坍滑,严重干扰了出口的施工,加大了工作量,这是施工中的一个教训。

分水枢纽于1982年7月1日破土动工,以两座水闸为主体,加排洪立交涵洞,管理用房、农用桥、南线明渠加高等附属工程,总混凝土量近2万 m^3 ,土石方20万 m^3 。该工程的特点是图纸晚到半年,工期紧,近9m高的闸墩和8m高的机架桥立柱,垂直度误差不超过5mm和8mm,闸槽偏差量不得超过2mm,精度要求很高。施工部队集中了16个连队,60余部机械车辆,展开分水枢纽会战,至5月30日混凝土作业全部完工。幅员尺寸、垂直度、中心线、标高合格率均为100%。分水枢纽的管理用房、闸门和机电安装等任务,由市建工局机电安装公司于7月底完成。分水枢纽比原计划提前五个月建成。参见分水枢纽、明渠、明挖隧洞施工周期表1—5。

输水隧洞的主体工程完工之后,逐步进入收尾阶段。基本建设工作多年来出现开工乱、收工慢的现象,有的成为“胡子”工程。指挥部预先注意到了这点。为防止收尾阶段松劲情绪,及时提出各项工程要求达到上级领导、接收单位、驻地群众和施工单位等“四满意”。加快了收尾阶段的许多零散工作,例如隧洞修整毛边;对永久保留的斜井

衬砌和设备安装；废弃斜井的封堵；明挖隧洞、明渠、分水枢纽的对称回填；物资器材回收；平整和恢复临时占地；以及移交道路、大口井、输水管道等工作。

整个输水隧洞工程于1983年9月11日交付使用，竣工资料同时整理成册，为验收工程提供了条件。

斜井施工周期表

表1—3

斜井号	设计斜井长	拉沟日期	洞挖日期	到达正洞日期
1	95.95	81、12、13	81、12、29	82、4、8
2	94.59	81、12、17	82、2、1	82、4、13
3	102.45	81、12、22	82、1、15	82、4、22
4	76.59	81、12、13	82、3、7	82、4、21
5	81.97	81、12、12	81、12、25	82、2、20
6	105.24	81、12、15	82、1、6	82、3、14
7	94.55	81、12、13	82、1、4	82、3、9
8	128.00	81、12、18	82、2、7	82、4、27
辅9	122.0	82、8、13	82、10、2	82、11、24
9	131.00	81、12、18	82、1、16	82、6、22
辅10	118.04	82、11、21	82、12、13	83、2、5
10	141.00	81、12、18	82、1、27	82、7、18
11	158.24	81、12、15	82、1、15	82、6、23
12	176.05	81、12、15	82、1、16	82、6、22
13	137.60	81、12、26	82、2、18	82、4、28
14	138.49	82、1、18	82、2、12	82、5、5
15	136.66	81、12、26	82、1、22	82、4、5
合计	2038.42			

洞挖隧洞施工周期表

表1—4

斜井号	作 业 面	正洞设计长度	开 挖 日 期	贯 通 日 期
进 口		140	82、5、12	82、9、5
1	上 游	171	82、5、6	
	下 游	360	82、5、5	
2	上 游	360	82、5、4	82、12、21
	下 游	204	82、5、6	
3	上 游	368	82、5、25	82、12、6
	下 游	197	82、5、25	
4	上 游	198	82、5、23	82、12、4
	下 游	240	82、5、23	
横 河	横河出口	242	82、5、16	82、10、25
	明挖隧洞			
5	上 游	402	82、4、1	82、12、20
	下 游	488	82、4、1	
6	上 游	428	82、4、15	83、1、14
	下 游	472	82、4、15	
7	上 游	442	82、4、10	83、1、23
	下 游	468	82、4、10	
8	上 游	471	82、5、18	83、2、21
	下 游	209	82、5、18	
辅 9	上 游	30	82、11、24	83、2、9
	下 游	80	82、11、24	
9	上 游	319	82、7、20	83、1、15
	下 游	186	82、7、21	
				83、3、28

续表1—4

辅10	上游	35	83、2、5	83、3、28
	下游	40	83、2、5	83、3、28
10	上游	310	82、8、1	83、3、26
	下游	320	82、8、1	83、3、27
11	上游	385	82、7、15	83、3、10
	下游	245	82、7、26	82、11、24
12	上游	385	82、7、15	83、3、8
	下游	195	82、7、26	83、3、18
13	上游	390	82、5、17	
	下游	181	82、5、17	
14	上游	89	82、8、25	
	下游	170	82、6、6	
15	上游	276	82、4、20	
	下游	194	82、4、20	
出口				

分水枢纽、明渠、明挖隧洞施工周期表

表1—5

项 目	设计长度	施工长度	开 工 日 期	竣 工 日 期
分 水 枢 纽	412	420.5	82、7、1	83、6、18
大黑汀进口明渠	224	214	82、2、27	82、11、10
进口明挖隧洞	270	278	82、3、6	83、4、25
横河明挖隧洞	570	572	82、2、1	83、4、25
出口明挖隧洞	870	874	82、3、12	83、5、31
黎河出口明渠*		680	82、3、12	83、5、31

*含明渠扩散段和护砌段