

中国科学院青海甘肃综合考察队

引洮上山的工程地质问题

第二輯

(内部资料·注意保存)

科学出版社

04450

86.8479
144

引洮上山的工程地質問題

第 二 輯

中国科学院青海甘肃綜合考察队編

(內部資料·注意保存)

地质出版社

00949

內 容 簡 介

本輯汇集了中国科学院青海甘肃綜合考察队引洮工程地质分队等单位在 1958—1960 年間,对引洮工程建筑的工程地质条件特点及渠道工程,特别是在黄土分布地区修建的渠道工程的工程地质预报原理及方法的研究总结。此外,还介绍了 1960 年对西北黄土地区已建成的渠道所发生的工程地质现象所作的考察资料。这些研究成果不仅对于黄土地区修建渠道工程有重要参考价值,对于非黄土地区修建渠道时,也有其一定的参考意义。

引洮上山的工程地质問題

第 二 輯

編 者	中 国 科 学 院 青 海 甘 肃 綜 合 考 察 队
出版者	科 学 出 版 社 北京朝阳門大街 117 号 北京市书刊出版业营业許可証出字第 061 号
印刷者	中 国 科 学 院 印 刷 厂
发行者	科 学 出 版 社

1962 年 3 月第 一 版	书号: 2491 字数: 167,000
1962 年 3 月第一次印刷	开本: 787×1092 1/16
(京) 0001—1,500	印张: 7 3/9 插页: 5

定价: 1.25 元

緒 言*

引洮上山水利工程是建設社会主义事业中的伟大工程之一,是甘肃人民在党的“鼓足干劲,力爭上游,多快好省地建設社会主义”总路綫光輝照耀下进行的。1958年6月,总干渠开始动工修建。

引洮总干渠所处的地質条件是复杂的。总干渠的上游属于西秦岭地槽海西褶皱带,岩性复杂,多为变质岩及沉积岩。岩层的构造节理及断裂发育,則为影响边坡稳定性的重要因素。渠道中游为紅色盆地,紅色岩系风化強烈,在地下水发育地段,滑坡現象严重,則为破坏渠道稳定性的不利条件之一。渠道下游,除个别地段如华家岭、六盘山外,皆为黄土分布地区。黄土的性質变化繁多,湿陷、溶洞及水土流失現象十分严重。为了保証渠道安全,必須解决防湿陷、防渗漏等重要問題。除此而外,总干渠沿綫也为不同程度的強烈地震区。因此,这条伟大的“山上运河”給工程地質研究工作带来了丰富的内容和复杂的任务。

为完成“山上运河”,必需解决一系列工程地質問題,如強烈褶皱带区基岩的边坡稳定性問題,渠道通过滑坡地段的渠道稳定問題,土渠道的湿陷及防渗問題,深劈岭工程的稳定性問題等。

引洮上山的工程地質勘测工作,是从1958年1月开始的,由中国科学院兰州分院地質研究室(現改为中国科学院兰州地質研究所)、甘肃省地質局、铁道部兰州第一設計院、甘肃省城市建設局等单位完成了渠道測量阶段的选綫任务。

在渠道測量阶段工程地質的主要任务,是密切地配合測量选綫工作,进行了渠綫的工程地質特性比較研究,以便选择合理的渠綫位置。为渠道設計提出了初步的工程地質条件說明,并为进一步的研究工作积累資料。

从1958年6月开始,中国科学院青海甘肃綜合考察队引洮工程地質分队、地質部水文地質工程地質研究所黄土研究組也参加了这项宏伟的工程。主要是参加了設計阶段的工程地質工作,对渠綫的工程地質条件、边坡稳定、渠道渗漏及坝址的稳定性等問題做了研究,为工程設計提供了重要依据,并为进一步解决工程地質問題以及今后的研究工作打下了基础。

自工程开始,到目前为止,工程地質工作是在“边測量,边設計,边施工”的工作方法指导下进行的。各单位提出很多的地質資料,保証了工程的开工。但这些資料是零星的,分散进行的,缺乏系統整理,所以进行全面的工程地質研究工作总结,編写出初步的研究报告还是很必要的事。

本书对区域地質結構、水文地質条件及物理地質現象等做了分析。这样可使我

* 执笔者孙玉科。

們概括地了解区域地质情况，并足够地估计到它的复杂性，以确定出解决问题的途径。

在本书中对下列的几项问题进行了专题讨论：

关于水库及坝址的工程地质条件的研究，并对修建水库的可能性及坝址的选定做出结论。

对渠道通过的滑坡体及滑坡区的稳定性做了分析，对滑坡的成因进行了阐述，对可能发生的不良的工程地质现象，提出了初步的防治措施。

研究了渠道土质（岩石）边坡的工程地质分类问题，对分类的原则及边坡的类型都进行了讨论，可供作为定型断面设计的依据。同时，对人工高边坡的稳定性及决定边坡稳定性的重要因素也做了阐述和分析。

关于黄土渠道稳定性及防渗问题研究方面，着重地分析了黄土的工程地质性质，提出了渠道湿陷预测方法及对渠道稳定性的影响。同时，对黄土的防渗具体措施，提出了一些基本原则和建议。

关于黄土建筑材料问题，主要是阐述了原湿度黄土筑坝的可能性。

上述的研究成果，是在已往的地质工作基础上，分别以中国科学院青海甘肃综合考察队引洮工程地质分队、中国科学院兰州分院地质研究室水文工程地质研究组及地质部水文地质工程地质研究所黄土研究组等单位所取得的资料为主要材料，经过上述单位集体讨论和编写的。但编写工作因受业务水平和时间限制，对现有的大量地质资料还未能进行深入研究分析。因此，本报告会存在不少缺点和错误，希望广大地质工作者及工程设计工作者提出宝贵的意见，以求得在今后的工作中改进和更深入一步地开展研究。

引洮上山工程地质工作是在引洮工程局党委直接领导下进行的，在工作中承蒙中国科学院土木建筑研究所、甘肃省水利厅、甘肃省地质局、铁道部兰州第一设计院、甘肃省城市建设局等单位大力协作，特别是引洮工程设计人员曾给予多方面支持，在此均深表谢意。

目 录

緒 言.....	(v)
引洮总干渠沿綫工程地质条件及其区划.....	(1)
古城坝址工程地质条件.....	(25)
引洮总干渠第一期工程中渠道通过滑坡体和滑坡区的稳定性及其防治措施.....	(35)
引洮渠道土质(岩石)边坡的工程地质分类.....	(49)
人工高边坡的稳定性問題.....	(57)
黄土渠道稳定性問題.....	(68)
引洮工程渠道的防滲.....	(83)
原湿度黄土修筑土渡槽問題.....	(88)
附录一 隴西黄土工程性质的一些資料.....	(105)
附录二 引洮总干渠隴东部分黄土的工程地质特性——物理、水理、力学、化学性质.....	(118)

引洮总干渠沿綫工程地质条件及其区划

一、总 述*

甘肃省中部及东部位于我国以干旱著名的黄土高原。各地气候大致相同,略有差异(見表1)。由岷县至庆阳間自西向东呈現两端較潮湿,中間干旱,高处潮湿,低处干旱的特征。如岷县潮湿系数为0.49,定西、会宁及西吉等地分別为0.21,0.19,0.14,庆阳西峯鎮为0.4,而华家岭則为0.37。年气温变化极为剧烈,具有显著的大陆性气候特点。区域土壤以灰、栗及黑鈣土型土壤为主,一般适于耕种,奈因气候干旱,土壤缺水,故有“十种九不收”之說。当地居民迫切要求改变这种景象。

表1 引洮灌区几个地点气象特征

	单位	岷 县	临 洮	渭 源	定 西	通 渭	华家岭	会 宁	西 吉	固 原	西 峯
年 降 水 量	毫米	584	469	454	369	425	475	362	260	410	546
年 蒸 发 量	毫米	1257	1368	1504	1724	1591	1291	1916	1829	1857	1377
潮 湿 系 数	—	0.49	0.34	0.31	0.21	0.27	0.37	0.19	0.14	0.22	0.40
年最高气温	t°C	31.8×	36.0×	29.3	31.2×	31.9×	28.2×	31.6×	—	17.5△	21.5△
年最低气温	t°C	-23.5×	-29.6×	-20.3×	-23.3×	-23.7×	-24.4×	-21.1×	—	-8.1△	-3.6△
年平均气温	t°C	7.2	8.5	6.1	6.8	6.9	14.2	7.1	—	7.5	9.9

注: ×——极端值; △——月平均值。

改变上述干旱景象的关键問題在于水。1958年初,中共甘肃省委决定立即着手修渠引洮河水,以应急需,灌溉黄河以南、渭河以北、洮河以东、馬蓮河以西,即东經104°—108°和北緯34°20′—36°30′間,东西长320公里,南北寬200公里的地区,总面积64,000平方公里范围内的大片可耕种土地。

洮河发源于甘肃与青海两省交界的西傾山。流經岷县、临洮,于兰州西約60公里的茅龙峡入黄河。河道长580公里,流域面积31,400平方公里。据李家村水文站实得多年平均的年逕流量为43.1亿公方,合136.1秒公方。最大逕流量为273.3秒公方(9月),最小逕流量为50秒公方(2月)。

总的来說,設計的灌溉区地貌,可分四大单元,即:秦岭构造山地山前丘陵区、隴西黄土高原区、六盘山构造山地及隴东黄土高原区。此四个地貌单元的地形被黄、渭水系及其支流(洮河、祖历河、清水、渭河、葫芦河、涇河及馬蓮河等)切割成支离破碎。所塑造成的地形,高者为山或梁,低者为沟或谷,梁梁相連,构成黄、渭水系的分水岭。黄、渭总分水岭的地势与大区地势一致,西高东低。如岷县一带,洮、渭分水岭

* 执笔者孙广忠。

羣山拔海高程一般为 3,100 米,洮河河床标高为 2,200—2,300 米。而馬蓮河一帶隴東黃土高原一般拔海高程为 1,500 米,河床高程为 1,300 米左右。其間有高有低。高者如华家岭高程为 2,400 米,月亮山为 2,600 米,六盘山可达 2,600—3,000 米。低者如大营梁,拔海高程仅为 2,100 米左右。

上述特点控制着引洮灌溉渠系及灌区的规划。

根据引洮工程局的规划,引洮灌溉渠系的渠首设于岷县古城。引洮总干渠自古城起,伴洮河北行至黑店峡,逐渐引水上山。轉行于洮、渭分水岭末段,过 2,400 米标高的黄、渭分水岭——华家岭,穿越六盘山,达董志塬(见图 1)。

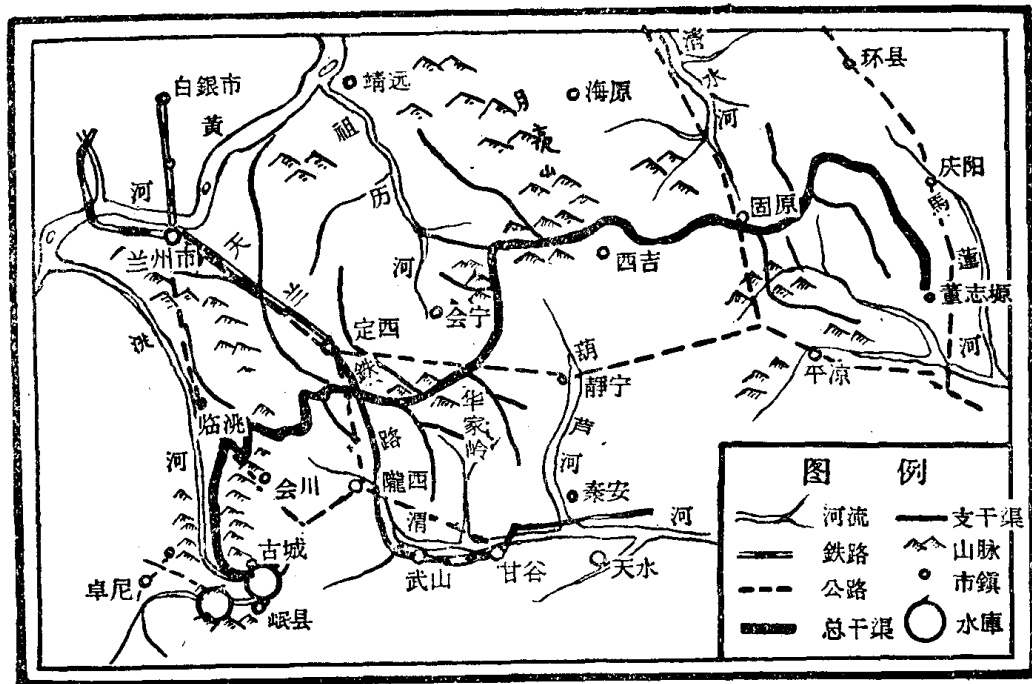


图 1 引洮灌渠地势及渠系分布图

渠綫所经过地段有时被山岭所拦,有时为沟壑所阻。考虑通航需要,确定遇山則劈;逢沟或繞或以渡槽跨越。

引洮工程規模极其宏伟,技术十分复杂。在进行修建如此大型工程时,必須慎重地弄清渠道的工程地质条件。

本文拟将引洮总干渠工程地质条件做一扼要的闡述。找出工程设计中应注意的問題。

二、引洮总干渠渠道工程地质条件一般特点

如上所述,引洮总干渠設計渠綫蜿蜒曲折行于秦岭构造山地山前丘陵区、隴西黃土高原区、六盘山构造山地区及隴東黃土高原区等四大地貌单元中的黄、渭水系的分水岭之上。这四大地貌单元的地质结构、水文地质条、气象特征及其上所发育的物理地质现象强度皆有不同,故渠綫各段的工程地质条件亦各异。

I. 渠道沿綫地質結構的工程地質条件特点*

地跨 300 余公里, 渠綫长达 1,400 余公里的引洮总干渠所經過的地段的地质結構, 明显地呈現着区域性分布規律。

渠道沿綫各段地层出露的一般情况見于附图及表 2。

表 2 資料指出, 根据大地构造特点, 全綫可以分为五个区段, 即:

- (1) 岷县至黑店峡段——秦岭中晚古生代地槽海西褶皱带;
- (2) 黑店峡至华家岭段——隴西地块;
- (3) 华家岭至偏城段——北祁連山早古生代地槽加里东褶皱带;
- (4) 偏城至固原段——六盘山台凹燕山褶皱带;
- (5) 固原至董志塬——鄂尔多斯台向斜。

区域最古老地层为太古代阜兰羣变质結晶岩系所构成。它主要遭受古生代前构造作用, 褶曲极剧烈, 伴随有火成岩侵入。該系地层构成隴西地块的基底, 分布于北大寨至华家岭一带。

隴西地块东侧, 华家岭至偏城間为早古生代南山羣地层出露区。岩层受加里东构造运动作用发生褶曲。伴随产生中等程度变质現象及酸性岩脉侵入。海西、燕山等构造运动对它的褶曲断裂及变质作用亦有一定的影响。这一套地层构成北祁連山地槽加里东褶皱带东延部分。

厚达万米以上的中晚古生代地层分布于渠首至黑店峡間, 构成秦岭地槽北翼。其中的中泥盆統至中石炭統遭受海西构造运动作用极剧烈, 岩石伴随产生輕微变质。岩层常呈閉合褶曲, 急傾斜产状。板岩中片理及劈理特別发育, 层面断裂及引曳褶曲屡見不鮮。坚硬的砂岩类岩层常出現有“人”字形构造, 岩层极破碎。显見, 这一套地层工程地質特性主要受构造作用所控制。上石炭統至二迭系形成于地槽的迴返期, 其遭受海西构造运动作用影响較前者輕微, 岩层仅遭受中等程度褶曲, 岩石发生极輕微或未发生变质現象, 它們的工程性質一般良好。

总干渠最东段为鄂尔多斯台向斜。根据文献記載的資料, 其基底地层为桑干羣及滹沱羣变质岩系所构成。其上, 复以古生代浅变质的由海相逐渐过渡为陆相的沉积岩系。这一套古老地层于渠道沿綫很少出露。

上述諸古老地层除渠首至黑店峡段秦岭地槽的中晚古生代地层直接出露地表者外, 其余的几乎全被中生代沉积物所复盖, 而与渠道工程本身无直接关系或影响不十分大。

中生代时, 北祁連山地槽与鄂尔多斯地台交接处, 鄂尔多斯地台西南部以及秦岭地槽与隴西地块交接处先后发生不等程度的凹陷。于六盘山一带沉积有侏罗系及下白堊統。于黑店峡一带沉积了上白堊統。前者在燕山运动作用时, 发生剧烈褶曲而隆起形成六盘山雛形。黑店峡至渭源一带遭受燕山作用較輕微。岩层呈現輕微褶

* 执笔者孙广忠。

表 2 引洮总干渠沿线各段地质结构特点

区段	大地构造单元	地层系统		地 层 及 岩 性 特 征	厚 度 (米)	构造作用及现象
		名 称	代号			
I 岷 县 至 黑 店 峡	秦 岭 中 晚 古 生 代 地 槽 海 西 褶 皱 带	近代堆积层	Q _{IV}	冲积、洪积、坡积、重力堆积及残积等碎屑堆积物及黄土状亚砂土，分布于山麓一带	痕迹至15	未受构造作用
		上第四系	Q _{III}	风积、冲积、洪积、黄土，含蜗牛及螺蛳。底部冲积砾石层，黄土中时而夹洪积角砾层，亦有洪积角砾中夹黄土层（洪积扇）分布于河谷两岸及山坡上	5—25	
		中第四系	Q _{II}	高原期洪积黄土，含古土壤层，偶夹角砾，含蜗牛、螺蛳及哺乳类动物牙齿化石。分布于古城、马堡、十旂等地	30—80	具有交叉节理
		下第四系	Q _I	灰色、灰绿色亚砂土，淤泥，夹褐色粉砂层，含螺蛳及蜗牛，见于马堡	15—20	受轻微错动，具有密集交叉节理
		下第三系	E	底部为灰色砾岩层，厚20—30米；上部为砖红色砂岩夹红色粘土质页岩，时而见有薄层绿色、灰白色页岩或砂岩夹于其中属山间小盆地型沉积。见于古城、中寨、马堡等地	200—300	小盆地型向斜褶曲。盆地边缘与基底岩呈断裂接触。具交叉节理及小断层
		上二迭统	P ₃	碎屑岩构成的含煤建造，岩性为棕红色、黄绿色及灰黑色页岩夹砂岩，透镜体灰岩及劣质煤层，含头足类化石；中部为夹砂岩、含砾砂岩，上部为灰岩、暗绿色页岩、煤质层、砂岩，含腕足类化石。分布于黑店峡一带	100	遭受中等程度构造作用，岩层倾向一般小于45°，被岩层劈理发育，岩层节理较发育，岩层被完整
		下二迭统	P ₂	含构造的灰色页岩，上部为夹少量砾石的砂质灰岩及夹少量砾石的白色、淡红色厚层灰岩，含珊瑚及腕足类化石，分布于九甸峡、黑店峡、磨沟峡等处	200—250	
		上石炭统	P ₁	草绿色页岩及钙质砂岩，淡红色厚层灰岩，灰色、灰绿色页岩夹灰岩及砂岩层，分布于宗庙至磨沟一带	2,500	
		中石炭统	C ₃	底部为灰白色石英砂岩、砂岩夹薄层板岩；中部为500—600米厚的薄层灰岩；上部为黑色千枚状板岩，夹砂岩及灰岩层。分布于杜家川至那几尼一带		
		上泥盆统	D ₃	薄层板岩与中厚层砂岩互层，中夹薄层及厚层灰岩、泥灰岩及含 <i>Fusulinella</i> sp. 化石的角砾状灰岩，砂岩常含钙质成分，近底部部为灰、灰绿及紫红色、黑色等，上部为黑色。分布于梅川至杜家川一带	>2,000	构造作用极强烈，常呈紧闭褶皱，岩层中引曳褶曲及劈理密集，有英岩层常出现“人”字形构造，岩石被节理切割，破碎较严重
		中泥盆统	D ₂	下部为黑色板岩夹灰黑色灰岩及砂岩，含腕足类及珊瑚化石；上部为青灰色石英岩及板岩。分布于那几尼至包河口一带	2,000—2,500	
				灰绿色板岩及石英岩，含黑色燧石层，于二郎山板岩中见有 <i>Sinospirifer sinensis</i> ，于二郎山沟内也有腕足类化石，分布于岷县至梅川一带		
		近代堆积层	Q _{IV}	冲积、洪积、重力堆积等亚粘土、砾石层，分布于河谷、山麓等地	痕迹至15	未受构造作用
II 黑 店 峡 至 隴 西 地	隴 西 地	上第四系	Q _{III}	风积、冲积、洪积、黄土，含蜗牛及螺蛳，冲积洪积砾石层，分布于河谷台地及山坡、山梁等地	5—15	
		中第四系	Q _{II}	高原期黄土，分布于标高2,500—2,600米以下，含蜗牛、螺蛳化石，入营梁附近钻孔深达160米未见底	一般20—50 最大約 200	局部受构造作用形成交叉节理
				1. 灰色、绿色亚粘土及淤泥与褐黄色粉砂层，沿缝皆有零星出露，含 <i>Elaphs</i> sp. 化石	25—30	常发现局部受褶皱及小型断裂，具交叉节理
		下第四系	Q _I	2. 角砾石层，分布于大盆河上游及骨头岔，未成岩状态 3. 残积-洪积粗土碎屑堆积物，在大寨子至司家河一带分布较广，全线皆有零星分布	20—30 最大300 10—20	

曲,局部形成穹窿状构造。

中生代凹陷区在新生代初期,即早第三紀(固原期)时期又复下沉。其活动范围較中生代时期为大。凹陷区内充填以早第三紀湖相粗碎屑紅色岩系。此系地层遭受不同程度的喜馬拉亚构造运动的影响而褶曲,伴随产生小型断裂。渠首至黑店峡段秦岭山地內盆地型沉积的紅色岩系在原来凹陷的基础上再度下沉,形成盆地型向斜褶曲,伴随产生有小型正断层及沿层面移动的小断层。黑店峡至何家梁段仅遭受輕微褶曲,伴随产生閉合节理。六盘山一带在隴山运动作用下,再度上升,形成六盘山之今日形态。随此,岩层产生較为剧烈的褶曲,发育有小断层,节理密集。

第三紀后期,即晚第三紀时期,渭源以东的隴西广大区域内发生大面积凹陷。普遍沉积了一层晚第三紀的紅粘土。該岩层遭受輕微构造作用,发育有輕密集的节理。紅粘土处于較低級的成岩作用阶段。

以上是引洮总干渠沿綫第四紀以前的地質結構基本特点。

渠道沿綫极其广泛的分布着第四紀沉积物,特别是黃土。

区域内第四紀地层較为复杂,目前尙无統一的地层划分标准。

隴西区第四紀地层根据中国科学院青海甘肃綜合考察队引洮工程地質分队划分結果示于表 3。

隴东区根据地質部水文地質工程地質研究所黃土研究組划分結果示于表 4。

应当指出,根据地質部水文地質工程地質研究所黃土組所做的隴东第四紀地层划分的标准,在六盘山以东所观察到的早第四紀地层与中国科学院青海甘肃綜合考察队引洮工程地質分队在隴西工作的基础上所划分的晚第三紀紅粘土层頂部极相似。

根据上述的划分标准,引洮总干渠沿綫第四紀地层分布情况示于附图及表 2。

表 3 隴西第四紀地层划分表

(根据中国科学院青海甘肃綜合考察队引洮工程地質分队, 1959 年)

时 代	代号	地层名称	岩 性 特 征	化 石	构 造 用	成 岩 用	組成的地貌单元	成 因 型	厚 度 (米)
新第四紀	Q _{IV}	现代堆积层	粘性土,砂,卵石及角砾	—	未 受	疏 松	河谷、台地、山麓基岩表面	冲积、洪积、坡积、残积、重力堆积	痕迹—20米
晚第四紀	Q _{III}	风积期黃土层(新黃土层)	淡黄色亚砂土,亚粘土,冲积砂卵石层	蝸牛、螺絲、田鼠、羊齿等	未 受	疏 松	二級以上台地梁峁塬頂及坡	风积,少量的冲积	10—40
中第四紀	Q _{II}	高原期黃土层(老黃土层)	褐黄色亚粘土,下部富含可溶盐,常具鱗片状构造,局部可見层理	牛、馬等哺乳类动物骨骼及牙齿	局部发育有交叉节理	致密、坚硬,有石化的浪跡	四級以上台地底部,广大黃土高原区的梁峁塬主体	坡积-洪积等細流作用	一般20—50米,最大可达270米
早第四紀	Q _I	湖相沉积层、角砾岩层、残积层	灰綠色亚粘土与褐黄色粉砂互层,灰色角砾岩层,残积紅粘土	<i>Elaphs</i> sp. 及哺乳类动物馬等牙齿	輕微褶曲及小型断裂发育有交叉节理	微石化,处于成岩作用的初級阶段	不 定	湖相、洪积、残积	20—30米,角砾岩层可达300米

表4 隴东黄土地区地层划分表

(根据地质部水文地质工程地质研究所黄土研究组, 1957年)

地层划分	时 代	成因类型	厚度(米)	岩 石 种 类
第Ⅳ组	Q _{III-2+IV}	冲积、坡积、残积、 风积、混合型	1—2米至 数十米	黄土及黄土状亚粘土、河成砂砾石
第Ⅲ组	Q _{III}	Q _{III-2} 洪积	8—15	黄土
		Q _{I-1} 洪积	50—70	黄土、黄土状亚粘土及古土壤层
第Ⅱ组	Q _{II}	洪积	70—150 一般为 120	富含钙质的黄土状亚粘土
第Ⅰ组	Q _I	湖相沉积及洪积	20—80 一般为 40	富含钙质的重亚粘土、黄土状亚粘土、黄土状粘土

早第四纪初期,隴西区处于上升剥蚀阶段。继而转为下降,气候极潮湿,故早第四纪地层底部广泛地分布一层厚约20—30米的残积角砾状红粘土,其上沉积有厚层的洪积角砾及湖相沉积物。在早第四纪末期,地壳曾一度活动,使早第四纪地层发生轻微褶曲及小型断裂,伴随发育有交叉节理。

中第四纪时期,地区开始较大幅度下沉,在细流作用下堆积了大量黄土,即引洮工程地质分队命名的“高原期黄土”(或称“老黄土”)。根据引洮地质队的资料,隴西高原期黄土最大厚度可达270米,渠道沿线一般厚度约20—30米。据地质部水文地质工程地质研究所黄土研究组资料,隴东地区黄土状亚粘土最大厚度可达150米。该黄土在隴西局部地点发现有交叉节理。

隴西、隴东普遍而广泛地分布一层厚约10—30米疏松的亚砂土类,有时为亚粘土类黄土。时代属晚第四纪。

在隴西,根据引洮工程地质分队的意见,此层黄土系由风积物质堆积成的。

在隴东,根据地质部水文地质工程地质研究所黄土研究组的意见,此层黄土系洪积的。

姑且不论其成因如何,此层黄土具有如下一些特点:

- (1) 色淡黄或灰黄;
- (2) 成分属亚砂土或轻质亚粘土;
- (3) 结构疏松,多大孔;
- (4) 含水量很低,一般为6—12%;
- (5) 密度小,干容重一般为1.1—1.3;
- (6) 呈被复状堆积于山脊及山坡、川地等不同地貌单元上;
- (7) 厚度一般为10—30米,局部地段缺失,或者很厚。

此层黄土为渠道沿线工程地质条件最不良的一层。

区域正处在上升期,新第四纪时期形成的近代堆积层多分布于地势较低及山麓一带。成因复杂,有冲积、洪积、坡积、重力堆积及残积等。此层堆积物,除近渠首一段外,大部分与渠道工程无直接关系。

根据以上资料及在野外获得的其他有关资料分析,我们对区域地质结构的工程地质条件做出如下四点结论:

1. 区域地质结构不论从全綫或局部,从平面或剖面来看,其地质构造、岩层分布、岩石成岩作用等情况皆不均一。构成了区域地质结构的工程地质条件的复杂性。

2. 区域地层由于其形成条件及发展过程中遭受的次生作用情况不同,造成各期各种类型堆积物的联结情况或成岩作用程度上的显著区别。由此,决定了岩石的强度及稳定性亦有差异。

二迭纪以前形成的堆积物曾经经过多次构造运动作用。结果,皆发生了程度不同的变质。岩石的联结方式主要为矿物结晶体聚合的结晶力,此种联结方式,地层愈老,程度愈高。此类岩石不论抗风化能力或机械强度皆极高。

二迭纪、白垩纪及第三纪时期形成的堆积物受构造作用较轻微。一般皆未发生变质。堆积物的强度及稳定性决定于岩石的联结物质及联结方式。堆积物的联结可分为两类,即:(1)胶体脱水联结及(2)可溶盐联结。

胶体脱水联结的岩石,其强度及稳定性决定于联结物的胶体脱水程度及联结方式。

二迭纪时形成的岩石为胶体全脱水基底联结,遇水后稳定,无可逆反应,其抗风化能力及机械强度较高。

白垩纪及第三纪形成的岩石由可溶盐及胶体两种物质联结。

可溶盐以碳酸盐为主,所联结成的岩石在一般条件下较为稳定,机械强度较高。

胶体以粘土为主,多处于未脱水状态或半脱水状态,所联结成的岩石遇水不稳定,易风化。其强度决定于联结方式,一般较低。

由可溶盐及胶体混合物联结成的岩石,其强度及稳定性决定于联结物的比例。

白垩纪及第三纪砾岩系以碳酸盐联结的,故其强度很高,抗风化能力很强,所构成的斜坡多构成悬崖陡壁。

白垩纪及第三纪的粘土岩系以粘土为主联结的,故易风化,长时间浸水则不稳定,强度一般较低。

白垩纪及第三纪的砂岩系以粘土及碳酸盐共同联结的,多属半充填式联结,故其强度较低,抗风化能力较弱,第三纪砂岩尤甚于白垩纪砂岩,如何家梁一带所见到的砂岩风化极甚。

晚第三纪及早第四纪的堆积物联结物质大致相同,然而其联结方式则略有不同。

第三纪及白垩纪岩石多属充填或基底式联结,而晚第三纪及早第四纪堆积物为粒间未充填式联结。前者密度很大,干容重一般为 2.0 左右,而后者一般为 1.7—1.8,故其强度远逊于前者。

广泛分布的第四纪各种黄土系由碳酸盐参与作用的胶体粒间联结的,遇水极不稳定,因为此类岩石尚未进入成岩作用阶段,故抗风化适应性很高。其机械强度决定于其组成成分及存在状态(密度及湿度),一般较低(有关黄土的工程性质见后面有关章节)。

3. 地质结构的工程地质条件不仅决定于其岩石的特性,而亦受岩层的构造作用的控制。

区域中古生代(中泥盆世至中石炭世)岩层所遭受的构造作用极为剧烈,岩层受劈理及节理切割极为破碎,常呈陡倾斜状产出,其工程地质条件极不良。此系岩层所受构造作用影响的程度,控制着渠道的边坡稳定性及渗漏情况。

晚石炭世以后的岩层受构造作用变形较轻微。因此,其工程地质性质主要受岩石性质的控制。

4. 区域的构造作用具有明显的继承性。在中生代构造活动的基础上,新生代时亦在活动。其活动性质属于振荡性升降运动。现代构造活动也是在此基础上发展起来的。由此决定,区域地震现象较为活跃。据野外考察资料分析,区域地震烈度划分结果示于表5。

表5 引洮总干渠沿线地震烈度划分表

地 段	岷县	石門	大营梁	柳家岔	偏城	董志塬
烈 度	VIII	VII	VII	IX	VII	

以上便是区域地质结构工程地质条件一般特点。

II. 水文地质条件*

前面已经说明,引洮渠道所经地区的地质、地貌、气候等条件都很复杂,因此,水文地质条也显示出了它的复杂性,在不同地段,各具不同的特征。由于资料限制,在此只能作一概括论述。

区域以内,属于海滨与内陆气候过渡带的半干旱型气候带;在地貌上,有古城—浪家山、六盘山等因褶皱上升的剥蚀山地,有红色构造盆地构成的剥蚀丘陵区,有面积广大的黄土高原,后者在六盘山以西,被切割成“梁”、“峁”地形,使黄土呈岛状分布,六盘山以东渐渐过渡为“塬”地形形态。

本区所见之地下水类型有两种,即: 1) 孔隙潜水及 2) 裂隙潜水。

第四纪的松散岩层,构成孔隙潜水蓄水区;第三纪、白垩纪及古生代的岩层,构成裂隙潜水蓄水区。

地下水水质成分比较复杂,大致可以这样分: 古城—尖山一带,为低矿化的重碳酸盐类型水;尖山—朱家山一带,为矿化度较高的氯化钠质水;朱家山—六盘山以西,水质类型复杂,一般为硫酸盐类型水,而与氯化物、重碳酸盐类型相混,呈过渡状态的混合型水;六盘山以东,为低矿化的重碳酸盐类型水。含水层多以泉的形式出露,流量都较微小。水的补给来源以大气降水为主。

从上面的概略分析中可知:区域地下水的埋藏与地质构造有密切关系,而水质则决定于含水岩层的性质;地貌及气候的特点,决定着地下水的储量及其动态。根据地质构造、岩层性质、气候等条件,全区可分为两大类型区。

* 执笔者张振中。

I^W 基岩裂隙潛水型区 此型区基岩出露较为广泛,一般是山地或丘陵地,由于所处地形、地质结构、气候条件等各有不同,故分为下列两个亚类区:

I^W 古生代地槽海西褶皱带及中生代、新生代褶皱山系裂隙潛水亚类区 此亚类区分布于渠綫不同地段,分述如下:

1. 古城—浪家山古生代地槽海西褶皱带裂隙潛水地段:本段南起岷县古城,北至浪家山,东位于野狐桥、分水岭之西,西靠洮河右岸。

地貌上,本段属于构造剝蝕山地,洮河穿行于山区峡谷地带,出黑店峡,离本区,向北流入黄河。

由于大气团活动的特点及秦岭地形的影响,本段位于岭南潮湿气候带与黄土高原干旱气候带之間,属半干旱型气候;年雨量在 600 毫米左右,小者也在 400 毫米以上;蒸发量在 1,500 毫米以下;潮湿系数为 0.33 左右,属湿度不足带。

地质构造上,本段位于秦岭地槽海西褶皱带的岷县复背斜的东北翼;岩层因强烈褶皱而破碎,主要的岩层为泥盆紀、石炭紀和二迭紀浅变质的碎屑岩及石灰岩,构成裂隙潛水含水层。

含水层中的水,在雨季形成間歇性裂隙泉水出露,泉的流量小于 1 升/秒,由于岩层透水条件良好、地形陡峻,更为地下逕流的运动提供了有利条件,所以地下水水质良好,为矿化度小于 1 克/升的重碳酸—鈣型水,用庫尔洛夫式表示于下:

$$M_{0.369} - \frac{HCO_{70.53}^3 SO_{18.48}^4}{Ca_{47.40} Na_{33.5} Mg_{18.9}},$$

此水对飲用、工业技术应用都没有害处。在个别地方如古城水庫坝軸綫处的水属硫酸、重碳酸—鎂、鈣型水,庫尔洛夫表示式: $M_{0.926} - \frac{SO_{52.08}^4 HCO_{26.39}^3 Cl_{21.5}}{Mg_{57.2} Ca_{29} Na_{13.6}}$, 这种水质的形成,可能与岩层中硫酸盐类的溶解有关,为不良的生活用水,对混凝土有弱侵蝕性。

石門、九奠峡、黑店峡等厚层石灰岩构成的峡谷地段,可能有裂隙喀斯特(溶洞)水存在。此处泉流量较大,水质良好,为重碳酸—鈉、鈣型水,矿化度是 0.3 克/升,庫尔洛夫表示式: $CO_{5.8}^2 M_{0.3} - \frac{HCO_{67.3}^3 Cl_{23.6} SO_{9.4}^4}{Ca_{54.7} Na_{31.1} Mg_{4.1}}$; 式中游离二氧化碳含量大于 5 毫克/

升,在修筑混凝土建筑物时,对建筑物有弱侵蝕性。据黑店峡的一个水样分析資料,属硫酸、重碳酸—鈉、鈣型水,矿化度小于 1 克/升,庫尔洛夫表示式: $M_{0.41} - \frac{SO_{56.8}^4 HCO_{36.8}^3}{Na_{58.6} Ca_{39.7}}$,

此水为很差的生活用水,硫酸根离子对混凝土有侵蝕性。附近煤层中含有硫化物,以及其他岩层中含有石膏,对这种水化学成分有密切关系。

2. 华家岭隴西地块裂隙潛水地段:本段是隴西地块的上升部分,自古以来經受剝蝕作用,岩层风化破碎,裂隙发育,基岩之上复盖有一层很薄的黄土(約 2—3 米)。

此处地形并不显示其高山特征,而是黄土高原上的丘陵。

年降雨量为 500 毫米,蒸发量为 1,266 毫米,潮湿系数为 0.39,属湿度不足的半干旱型气候地带。

构成华家岭的主要岩层是皋兰羣变质岩系,但出露并不广泛。

上述条件下,华家岭的含水层有双层性,即在黄土层和基岩接触带为一孔隙潜水层;基岩裂隙带中又为一裂隙潜水层。补给来源都以大气降水为主。前者以接触泉的形式流出地表,后者以裂隙泉的形式流出地表;泉水流量为 0.01—0.1 升/秒;水质成分比较复杂。由于基岩裂隙带的裂隙都较紧闭,长期受地下水的溶解淋滤作用,在裂隙中藏有不少盐份,种类甚为复杂,地下水在这样的裂隙中埋藏和运动,遂具有极为复杂的化学成分。在黄土层中的水,具有较为单一的性質: $\text{CO}_{0.013}^2 \text{M}_{0.3554} \frac{\text{HCO}_{63.33}^3}{\text{Ca}_{43.64} \text{Mg}_{35.06}}$, 为重碳酸-鈣、鎂型水,矿化度小于 1 克/升,是良好的水源。

3. 六盘山中生代、新生代褶皱山系裂隙潜水地段: 本段即以六盘山地为主,海拔高度在 3,000 米左右,大致依北北西-南南东方向延伸,横贯于黄土高原上,以它为界分为隴东、隴西两部分,它阻隔了东西两方面气流的循环,造成海陆气候的过渡地带,亦属半干旱型气候带。

在构造上,自中生代燕山运动形成褶皱山系后,在新生代喜马拉雅运动的影响下,再次上升成山,现在还在不断上升,經受剝蝕,基岩广泛出露。

六盘山西部罗城、柳林子、石家洼一带以北,由白垩纪砾、砂岩、粘土岩构成含水层;偏城、苦菜沟梁一带及六盘山,由第三纪的砂岩、粘土岩等岩层构成含水层,除裂隙潜水层外,在胶结疏松的砂、砾岩层中可能还有层间水存在。含水层水量不大,主要补给来源为大气降水;水质属低矿化的重碳酸、硫酸盐类型水。

六盘山东部侯家沟一蝶蝶沟口,主要由白垩纪六盘山羣岩层构成含水层,水量比较丰富;开城一刘政店子,白垩纪地层出露很高,低梁处是第三纪红色砂岩、粘土岩,由它构成含水层,水量不大,补给来源可能为大气降水,水质较好。刘政店子的水为重碳酸-鉀、鈉、鎂、鈣质水,矿化度为 0.57 克/升,庫尔洛夫表示式:

$$\text{CO}_{0.004}^2 \text{M}_{0.57} \frac{\text{HCO}_{75.5}^3 \cdot \text{SO}_{15.1}^4}{\text{K} + \text{Na}_{43.7} \text{Mg}_{28.2} \text{Ca}_{28.1}}。$$

I₂^W 中生代、新生代红色岩系孔隙裂隙潜水亚类区 本亚类区位于浪家山—朱家山一带,属旁山丘陵区,并显示出隴崗地形。由于古代夷平作用,这些隴崗地之頂面一般都很平緩,只浪家山、南屏山一带为白垩系底部砾岩因构造作用而形成的陡峻山岭。本亚类区和上述 I₁^W 亚类区中之第 1 地段(古城—浪家山地段)相毗連,因此,气候条件都很相似。

本区构造并不复杂,褶皱不强烈,主要的岩石为白垩纪、第三纪的红色粘土质頁岩、粘土岩、砂岩、砾岩等。含水层中水的补给来源为大气降水。

此亚类潜水分布于不同地层及地区,分段描述于下:

1. 浪家山—尖山中生代白垩纪红色岩系裂隙潜水地段: 白垩纪地层出露于浪家山—尖山一带,园树、关山等处也有零星出露。它构成裂隙潜水的含水层,一般泉水流量不大,小于 1 升/秒,砂砾岩层中可能有孔隙层间水存在,水量比前者丰富。裂隙潜水在雨季以間歇泉的形式出露,水量较大,水质良好,为低矿化的重碳酸-鈣、鈉型水,惟有些地方,游离二氧化碳含量较高,对混凝土有弱侵蝕性,以庫尔洛夫式表示: