

# 复杂长线工程场地工程地质与工程地震条件评价 ——以永古高速公路为例

王爱国<sup>1,2</sup>, 杨 斌<sup>2</sup>, 周俊喜<sup>2</sup>

(1. 中国地震局地震预测研究所兰州基地, 甘肃 兰州 730000; 2. 甘肃省地震局, 甘肃 兰州 730000)

**摘 要:**本文以甘肃省永登 - 古浪高速公路为例, 通过野外地质调查、物探和钻探工作, 对高速公路沿线地形地貌、水文地质、地层岩性介质、构造地质、地震等几个方面进行了详细研究和分类, 并在此基础上对公路沿线分段的工程地质与工程地震条件进行了评价, 用以说明复杂长线工程场地工程地质与工程地震条件评价的工作内容和方法。研究结果表明永古高速公路沿线工程地质与工程地震条件复杂多变, 各区段均有特殊的工程地质问题和工程地震条件, 施工设计中应根据各段特点采取相应的措施。

**关键词:** 永古高速公路; 工程地质条件; 工程地震条件; 长线工程场地

**中图分类号:** O319.56      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000 - 0844(2010)01 - 0065 - 07

## Engineering Geology and Seismology Conditions Evalution for Long-line Engineering Site ——Taking the Yongdeng - Gulang Freeway as An Example

WANG Ai-guo<sup>1,2</sup>, YANG Bin<sup>2</sup>, ZHOU Jun-xi<sup>2</sup>

(1. Lanzhou Base of Institute of Earthquake Prediction, CEA, Lanzhou 730000, China;

2. Earthquake Administration of Gansu Province, Lanzhou, 730000 China)

**Abstract:** Taking the Yongdeng - Gulang Freeway as an example, through the field geology investigation, physical prospecting and borehole surveying, the detailed study and classification are implemented on topographical feature, hydrological geology conditions, lithologic characters of stratum, tectonic geology conditions and earthquake risk along the freeway. Based on above works, the engineering geology and engineering seismology conditions are evaluated on different segment of the freeway. The results show that in different segments of the freeway there are different geology problems and particular engineering earthquake conditions, so in design and construction it is necessary to take different corresponding measures for the problems and characteristics in each segment. This engineering project could be taken as an example for explicating the content and way of the work on engineering geology and seismology conditions evaluation in long-line engineering site.

**Key words:** Yongdeng - Gulang Freeway; Engineering geology condition; Engineering seismology condition; Long-line project site

收稿日期: 2008-06-01

基金项目: 甘肃省自然科学基金项目 0803RJZA090; 西部交通建设科技项目抗震专项 (2009318000102); 中国地震局地震预测所基本科研业务专项 (南北地震带北段天水地区历史大震调查与发震机理研究 (2007690)); 中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC2010012

作者简介: 王爱国 (1972 - ), 男 (汉族), 湖北洪湖人, 副研究员, 主要从事地震地质、工程地震及数值模拟方向的研究。

## 0 引言

长线工程场地指输油(气)管道工程、输水道、铁路、高等级公路、送电线路等线状分布的工程场地<sup>[1]</sup>。我国幅员辽阔,地质地貌条件多变,长线工程往往跨越不同的地质构造带,穿越不同的地貌区。随着经济建设高速发展和基础工程建设步伐的加快,越来越多的长线工程逐步上马。作为工程设计质量保证的地震安全性评价工作是这些长线工程必要的前期工作内容之一。

国家标准《工程场地地震安全性评价》(GB17741-2005)对点状和面状工程场地的内容和技术要求作出了详细规定<sup>[2]</sup>,而长线工程场地的地震安评工作则还处于探索阶段。工程场地工程地质与工程地震条件研究作为区域和近场场地地震安全性评价地震动参数确定的枢纽,在工作中起着至关重要的作用。对于长线工程,由于场地条件的多变性,场地条件勘测范围和内容的确定是值得研究的问题。通过多个长线工程项目的安评工作实践与探索,笔者认为对于复杂长线工程,场地工程地质与工程地震条件评价是场地部分一项关键的工作内容,它是场地勘测工作分布、计算控制点确定及最终地震动参数区划的重要依据和基础。

场地工程地质与工程地震条件评价包括场地沿线地形地貌条件、水文地质条件、岩性介质条件、构造地质条件等方面的描述及场地分段的工程地质与工程地震条件评价,应该说是与工程结合最为紧密的部分,它直接指明了工程设计与施工中每一工程段将会遇到的工程地震问题。本文以连云港至霍尔果斯高速公路甘肃境内永登-古浪区段(以下均简称永古高速)为例,对该工程场地工程地质与工程地震条件进行评价,说明该项工作的内容和评价方法。

## 1 工程概况

永古高速公路地处青藏高原东北缘与陇西黄土高原交接带附近,大地构造属祁连山断褶带北祁连褶带中东段。该高速公路段南起永登北圈湾,沿金强河左岸上行至下陈家沟口西,穿过乌鞘岭隧道至兰泉村,沿青河下行至寺坡根,穿过安远隧道至董家台;沿萱麻河下行至松家沟口,穿过福儿湾隧道至张家沟,再穿过高岭隧道至马场沟口东,沿柳条河下行至窑沟西,穿过古浪隧道后至线路终点王家庄,总体呈N5°E方向波状展布,长约43.3 km。公路地处北祁连山地震多发区<sup>[3]</sup>,山势陡峻,地形地貌多变,

沿线穿越多条区域性活动断层(图1),地震地质与工程地质条件之复杂在同类工程中居首。

## 2 工程沿线地质调查

### 2.1 地形地貌条件

地形地貌条件研究要对长线工程场地沿线地貌进行分区,描述各地貌分区的基本特点如高程、地形、分布范围、涉及场地区段、岩层类型等。

永古高速公路横跨北祁连断褶带,沿线工程场地穿越了中山区、低山丘陵区、黄土丘陵区、侵蚀堆积河谷区及冲洪积平原区等5个主要地貌单元。

#### (1) 中山区

位于永古高速公路乌鞘岭和安远隧道区段,高程基本介于2 850~3 150 m之间,山体浑圆,外形完整,构成了区域不甚连续的二级夷平面。雷公山-乌鞘岭-毛毛山一线构成了线路北部内陆河和南部外流河的分水岭。其中乌鞘岭隧道区段高程介于2 850~3 050 m之间,成为金强河与古浪河上游青河的分水岭,山势较缓,坡度20°~40°。山体由中、上奥陶统变质岩及上三迭统砂砾岩组成,地表有中~上更新统冲洪积碎石土堆积。安远隧道中心点以南区段高程介于2 850~3 150 m之间,成为古浪河左岸支流青河与萱麻河的分水岭,山势较陡峻,阳坡坡度约20°~40°,阴坡坡度大于40°。山体由下志留统马营沟组变质岩、加里东晚期花岗闪长岩及部分石炭系沉积岩组成,地表覆盖有薄层风积黄土,坡地并有冲洪积次生黄土、碎石土堆积。

#### (2) 低山丘陵区

安远隧道中心点以北-高岭隧道中心点区段高程介于2 518~2 800 m之间,相对高差161~471 m,成为古浪河左岸支流萱麻河与张家河、张家河与柳条河的分水岭,地形起伏较大,山势南陡北缓,南坡坡度约30°~45°,北坡坡度约10°~20°。山体主要由下白垩统砂岩、石炭系砂岩、炭质页岩夹灰岩及下奥陶统变质岩组成,地表有薄层风积黄土和冲洪积碎石土、次生黄土覆盖。

#### (3) 黄土丘陵区

主要分布于高岭隧道上马湾以北的古浪县城西北黄土丘陵区,海拔2 400~2 700 m,呈梳状或梁状地貌向北倾斜。风积黄土表层结构松散,下部结构相对密实,厚度一般30~50 m,最厚在古浪隧道可达200余米。下伏中、上更新统冲洪积砂卵砾石及次生黄土,微胶结,结构密实,基底多为上第三系砂质泥岩夹含砾砂岩。

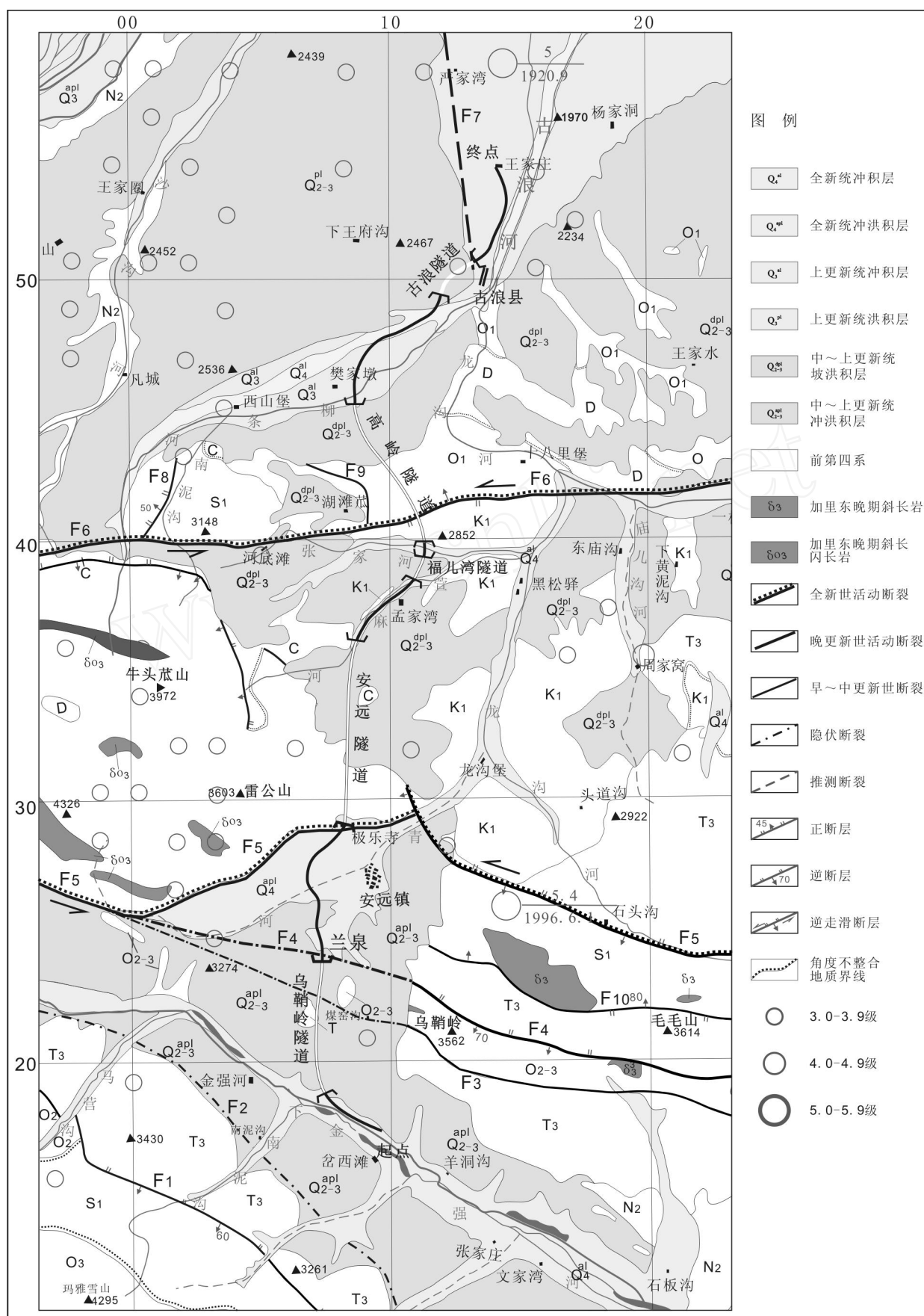


图 1 永古高速公路沿线地震地质图

Fig. 1 Seismogeological map along the Yongdeng - Gulang freeway.

#### (4) 侵蚀堆积河谷区

永登~古浪高速公路在隧道以外主要沿金强河及龙沟河支流青河、萱麻河、张家河、柳条河和古浪河等河谷阶地布设,海拔高程 2 850~2 025 m,总地势南高北低。由于河流的长期侵蚀和堆积作用,沉积了较厚的中、晚第四纪冲洪积物,并形成 ~ 级冲洪积阶地地貌景观。

#### (5) 山前倾斜冲洪积平原区

分布于古浪隧道出口至线路终点,由古浪河和柳条河冲洪积扇为主体的多个洪积扇裙构成山前倾斜冲洪积平原区,海拔高程约 2 095~2 025 m,地势西南高东北低,地形开阔平坦,地表略有起伏。上部有厚 0.5~6 m 的冲洪积次生黄土构成,下部为卵石土、圆砾土夹漂石土,厚度大于 20 m。

### 2.2 水文地质条件

水文地质条件分地表水和地下水两部分。其中地表水主要研究线路跨越的河流、水系、河流水源、水量等方面的特征;地下水要研究水源、水量、深度、出露形式等方面的特征。水文地质条件作为影响场地工程地质的因素之一,主要涉及排水处理措施,与工程抗震直接关系不大,只需做简单介绍。

永古高速公路沿线工程场地所跨越的主要河流均发育于系腰山-乌鞘岭-毛毛山,多属冰川融雪和山区降水补给型的常年性河流。沿线主要有金强河(中下游称庄浪河)及古浪河(中上游称龙沟河及黄羊川河、西大滩河),古浪河左岸支流有青河、萱麻河、张家河、柳条河等。

近年来,由于高山雪线上升,上游来水的减少,永登-古浪高速公路附近的金强河、古浪河及柳条河在非雨季几乎处于断流状态。

永古高速公路附近的地下水大致可分为两种类型,即基岩裂隙水和孔隙性潜水。基岩裂隙水埋深数十米至百余米,地下水位高于相应河水位,并见有局部沿断裂溢出地表的泉水,水量不大。孔隙性潜水主要赋存于线路通过的部分冲沟和河床、阶地覆盖层中,受大气降水、高山融雪水补给。河床砂砾石层中直接受河水补给,水量较丰富,与河床之下的基岩裂隙水有一定联系。一般埋深 5~40 m。

### 2.3 地层岩性介质条件

岩性介质条件主要根据区域地质图及现场调查结果,对各岩层的分布位置、岩性、工程性质进行描述,特别是第四系,要进行沉积类型、岩性、厚度等详细的分类和说明。

永登-古浪高速公路沿线出露的地层主要有奥

陶系、下志留统、中石炭统、上三迭统、下白垩统、上第三系上新统及第四系和加里东晚期侵入岩。这里不详细描述,其分布和基本性质见图 1。

### 2.4 构造地质条件

构造地质条件主要研究工程场地沿线穿越的断层、活动褶皱等地质构造,研究这些构造的新活动性、与场地线路的空间关系及其可能对场地造成的地震危害。永古高速公路沿线工程场地位于祁连山断褶带北祁连褶带中东段,野外考察及物探、钻探资料证实,线路穿越了多条区域性活动断裂带。主要活动断裂带特征及与线路的关系简要描述如下:

(1) 乌鞘岭南麓断裂  $F_3$ : 该断裂从乌鞘岭隧道北洞口以南长 1.5 km 区段大致呈 80° 夹角穿过,总长大于 200 km。表现为中、上奥陶统变质岩由北向南逆冲于上三迭统砂岩、砂砾岩夹煤系地层之上,产状  $N75^\circ \sim 80^\circ W/NE \quad 55^\circ \sim 70^\circ$ , 挤压破碎带宽 100~200 m。断裂明显控制了第四纪地貌,被晚第四纪冲洪积物覆盖,沿断裂见断层泉水溢出,是一条早、中更新世断裂。未来百年具备发生 5.5 级地震的构造背景。

(2) 毛毛山南麓活动断裂 ( $F_4$ ): 从乌鞘岭隧道北洞口以北约 300~400 m 处穿过公路,总长 63.5 km。早期多次活动主要表现为中、上奥陶统由南向北逆冲于上三迭统之上,挤压破碎带宽 100~200 m,由碎裂岩、角砾岩及断层泥构成,泥钙质胶结较差。由于受拉分构造的影响,该断裂最新活动表现了向安远拉分盆地方向迁移的阶梯状递降的张性正断裂性质,错动了晚更新世 ~ 级冲洪积台地,未来百年具备发生 6 级左右地震的构造条件。

(3) 金强河-毛毛山北麓活动断裂 ( $F_5$ ): 为区域性左旋逆走滑活动断裂。断裂东端以 4.5 km 阶距的喜集水拉分盆地与海原活动断裂左阶雁列,西经老虎山-毛毛山北麓,至盖菜坡附近以 5 km 阶距的安远拉分盆地与金强河北缘全新世左旋逆走滑断裂左阶雁列,总长 174 km。永古高速公路在安远隧道南洞口区段约呈 65° 夹角穿过了安远拉分盆地西北缘  $F_5 NE \sim NEE$  向正走滑断裂区段。断裂在下志留统变质岩中形成宽 50~150 m 的挤压破碎带及影响带。未来百年内,该全新世断裂具备发生 7 级左右强震的危险性<sup>[4]</sup>。

(4) 古浪活动断裂 ( $F_6$ ): 该断裂东以 3.5 km 阶距的白墩子拉分盆地与中卫活动断裂左阶雁列,西经长岭山-秦家大山-冷龙岭北麓与冷龙岭南麓金强河活动断裂斜接,近东西向波状延伸长 180 km。

1927年古浪8级地震沿该断裂产生了160 km长的地表破裂带<sup>[4]</sup>。该断裂在线路附近表现为下奥陶统由北向南逆冲于下白垩统之上,产状 $N70^{\circ}\sim 80^{\circ}E/NW\ 75^{\circ}\sim 85^{\circ}$ 。挤压破碎带宽几十米至百余米不等,由压碎岩、角砾岩和断层泥组成,断裂带物质泥钙质胶结较差。断裂最新活动割切了全新统表土层,沿断裂可见微地貌左旋逆走滑变位及古浪大地震遗迹。高岭隧道洞身在石咀村东约100 m处呈 $85^{\circ}$ 夹角穿过了古浪活动断裂挤压破碎带及影响带。未来百年内不能排除古浪活动断裂再次发生6.5级左右地震的可能性。

另外,公路沿线附近还有晚更新世早期双塔-古浪推测隐伏活动断裂( $F_7$ )及牛头崮山东麓断裂( $F_8$ )、湖滩东断裂( $F_9$ )、小柳树沟-北岭沟断裂( $F_{10}$ )等早中更新世活动断裂,这几条断裂规模相对较小,活动性差,离公路有一定距离,对工程场地影响相对较小。

### 3 工程地质与工程地震条件评价

根据前文场地沿线各种地质条件的综合研究,对长线工程场地不同区段的工程地质与工程地震问题应进行单独评价,以直接为工程服务。永古高速公路根据地质地貌分为10段,各段工程地质与工程地震条件评价如下。

(1) 圈湾-下陈家沟西区段。线路长2 805 m,沿金强河左岸 $T_1$ 、 $T_2$ 阶地交接带附近布设,地貌单元属于中山区内的侵蚀堆积河谷区,地形相对平缓。堆积了中、上更新统及全新统冲洪积次生黄土及卵石土,覆盖层厚度大于20 m。地下水埋深约4 m,对路基稳定性基本无影响。该区段无断裂,无滑坡、泥石流、崩塌、砂土液化隐患及地表断错等地震地质灾害。未来百年可能造成最大地震烈度影响为Ⅱ度。

(2) 乌鞘岭隧道。全长4 880 m,穿越了乌鞘岭中山地貌区。隧道先后通过了中、上更新统及全新统冲洪积卵石土,上三迭统砂岩、砂砾岩、粉砂岩夹薄煤层,中、上奥陶统安山凝灰岩夹变质砂岩和板岩及加里东晚期闪长岩。岩体节理、裂隙发育,完整性较差。乌鞘岭南麓断裂 $F_3$ 及毛毛山南麓断裂 $F_4$ 在北洞口区段与隧道分别呈 $80^{\circ}$ 及 $70^{\circ}$ 夹角,形成了宽约1.5 km的断裂影响带。断裂及破碎带内有大量地下水涌出,围岩稳定性差,富水性变化复杂,工程地质条件差。未来百年对乌鞘岭隧道沿线工程场地可能造成的最大地震烈度影响为Ⅱ度,在地震影

响下,北洞口附近可能产生局部坍塌等工程地质问题。

(3) 兰泉村~寺坡根区段。线路布设于安远滩,长5 913 m,位于中高山-中山区内的安远拉分盆地地貌区,海拔2 700~2 824 m,地形起伏较大,地势南高北低。地表由中、上更新统及全新统冲洪积次生黄土及砂碎石夹亚砂土构成,物探推测拉分盆地内的第四系最大厚度可达400 m以上,由南向北逐渐减少到不足100 m,局部地段地表分布有腐殖土及耕土层。该区段第四系孔隙地下水埋深较大,对地基稳定性基本无影响,工程地质条件良好。金强河北缘-毛毛山北麓正走滑断裂( $F_5$ )在该区段西北侧山前通过,未来百年内该全新世断块边界断裂具备发生7级左右强震的危险性,从而对该区段沿线工程场地可能造成最大地震烈度达到Ⅲ~Ⅳ度的影响。由于 $F_4$ 及 $F_5$ 断裂晚第四纪活动具有向安远拉分盆地方向迁移的阶梯式拉张正断裂特点,该区段内松散沉积物内不能排除有多条小规模延伸不长的正断层发育,应注意防护。

(4) 安远隧道。南起寺坡根,北至董家台,长7 132 m。隧道穿越了雷公山东麓中山-低山丘陵区。隧道先后通过了晚第四纪冲洪积次生黄土、块石、碎石土,下志留统变质砂岩、千枚岩,加里东中期花岗闪长岩,石炭系砂岩、砾岩、粉砂岩、灰岩及炭质页岩,下白垩统砂岩夹砾岩。岩体节理裂隙发育,完整性变化大。南洞口洞轴线呈 $65^{\circ}$ 夹角穿越了 $F_5$ 断裂破碎带及影响带;北洞口以南0.85~2.75 km区段有四条规模不大的早、中更新世次级小断裂与隧道洞身近于直交或斜交,挤压破碎带一般宽60~80 m及30~40 m。断裂及破碎带内有大量地下水涌出,地下水类型主要为基岩裂隙水和第四系孔隙水。围岩稳定性差,富水性变化复杂,工程地质条件较差。未来百年内金强河-毛毛山北麓全新世断裂( $F_5$ )具备发生7级左右强震的危险性,不能排除地震发生时沿 $F_5$ 最新活动的断面产生地表位错的可能,从而对该区段沿线工程场地可能造成最大地震烈度达到Ⅳ度的影响。地震时有造成南洞口岩体的崩塌和地表裂缝的可能,工程建设中应采取必要的防震抗断处理措施。

(5) 董家台-福儿湾区段。自董家台安远隧道北洞口北,沿萱麻河右岸布设,长3 870 m,属于低山丘陵区内的侵蚀堆积河谷地貌单元,海拔高程为2 518~2 423 m,相对高差95 m,地形起伏不大。董家台至梁家庄段线路沿萱麻河 $T_2$ 阶地后缘布设,

梁家庄至萱麻河大桥段位于萱麻河  $T_1$  阶地及河漫滩。 $T_1$  阶地上部为耕植土,厚 1.0~3.5 m,下部为全新统冲洪积砂砾卵石层; $T_2$  阶地上部为全新统松散的冲洪积次生黄土,厚 1.0~4.0 m,下伏下白垩统棕红色砂岩夹泥岩。梁家庄至庙台村段的线路位于萱麻河河漫滩,地下水浅埋, $T_1$  阶地边缘为泉水出露段,地下水对路基稳定有一定影响; $T_2$  阶地边缘地带底部下白垩统泥岩易发生滑动而影响路基稳定;河漫滩段部分路基压占河道,河水上涨和地下水浅埋均影响路基的稳定,工程地质条件较差。该区段无断裂,无滑坡、崩塌、泥石流隐患及地表断错等地震地质灾害。未来百年内,该区段沿线工程场地可能遭受最大地震烈度影响为  $\sim$  度。

(6) 福儿湾隧道。位于萱麻河 - 张家河之间,长 907 m,属于低山丘陵地貌区。洞身通过岩体为下白垩统砂岩、砾岩、砂质泥岩、含砾泥质粉砂岩构成的宽缓短轴向斜构造,南洞口段产状  $N40^\circ \sim 50^\circ W/NE 10^\circ$ ,北洞口段岩层产状  $N80^\circ \sim 85^\circ W/SW 29^\circ \sim 45^\circ$ 。下白垩统除青灰 - 灰白色砂岩为硅质、钙质胶结外,其他岩性均为泥质胶结,围岩稳定性差,工程地质条件一般。该区段无断裂,无滑坡、崩塌、泥石流、砂土液化隐患及地表断错等地震地质灾害。未来百年内,该区段沿线工程场地可能遭受最大地震烈度影响为 度强。

(7) 高岭隧道。位于张家河 - 柳条河之间,全长 6 293 m。其中张家河 - 上马湾沟脑段属于低山丘陵区,上马湾沟脑至柳条河冰沟墩段属于黄土丘陵区。隧道先后通过了下白垩统砂岩、砾岩、砂质泥岩、含砾泥质粉砂岩,下奥陶统板岩、变质砂岩,上第三系上新统泥岩,中、上更新统和全新统冲洪积砂砾卵石及次生黄土。南洞口下白垩统岩层产状  $N65^\circ W/SW 70^\circ \sim 80^\circ$ ,岩层倾向顺坡向,洞口开挖时易产生大体积的顺层滑动。洞身围岩下白垩统岩层泥质胶结,岩性软硬相间,遇水易软化,围岩稳定性差。洞身在南洞口以北约 1.1~1.08 km 的石咀儿村东约 100 m 呈  $85^\circ$  夹角穿过了古浪全新世断裂( $F_6$ )。洞身在南洞口以北约 2.1~3.2 km 段先后通过了发育于下奥陶统变质岩中的三条早~中更新世次级小断裂。上述四条断裂破碎带宽度均较大,破碎带潜留有大量的承压地下水;岩体结构松散,围岩稳定性差。该区段工程地质条件较差。北洞口区段无断裂,无滑坡、泥石流、崩塌、砂土液化隐患及地表断错等地震地质灾害,构造稳定性较好。未来百年内不能排除古浪活动断裂再次发生 6.5 级左右地震的可

能性,从而对该区段工程场地可能造成最大地震烈度达到 度强的影响;地震时也不能排除沿  $F_6$  断裂最新活动的断面产生轻度位错的可能,应采取必要的处理措施。

(8) 冰沟墩 - 古浪隧道南洞口段。全长 5 400 m。位于黄土丘陵区内的柳条河侵蚀堆积河谷地貌区,地形比较平坦,高程为 2 270~2 160 m,相对高差 110 m。线路布设于柳条河  $T_1$ 、 $T_2$  阶地及河漫滩上,地表上部为晚第四纪冲洪积含砾砂壤土(厚 0.5~2 m)和砂砾卵石,局部地段下伏砂及粉砂层,地下水埋深大于 20 m。该区段无断裂,无滑坡、泥石流、崩塌隐患及地表断错等地震地质灾害,工程地质条件较好。未来百年内该区段可能遭受来自古浪活动断裂最大 度强的地震烈度影响。

(9) 古浪隧道。自窑沟西柳条河左岸以隧道形式穿越杜家山,至古浪县杜家庄西,长 2 855 m。隧道最大埋深 190~270 m,位于黄土丘陵区的黄土梁地貌区。洞口区段沟谷发育,地形切割较强烈。隧道洞口所处的斜坡地势较平缓,南洞口山坡坡度在 35 左右,相对高差 100 m 左右,主要分布全新统坡洪积次生黄土和中、上更新统风积、冲积黄土、圆砾土;北洞口山坡坡度大于 40°,分布全新统冲洪积次生黄土和细砂及上更新统风积黄土。洞身主体通过中、上更新统风积、冲积黄土及圆砾土,风积黄土土质密实,呈固结~半固结状态,具有湿陷性。隧道北洞口右侧分布有小型滑坡体,距线路较远,对隧道影响很小。未来百年内古浪隧道区段可能遭受最大地震烈度影响为 度。

(10) 杜家庄 - 王家庄区段。该区段线路位于山前冲洪积平原区内古浪河左岸  $T_2$  阶地地貌区,长 3 145 m;海拔高程 2 095~2 025 m,地势由南向北缓倾斜,地形较开阔平坦。地表为晚第四纪冲洪积次生黄土,厚度 3~18 m,下部为砂砾卵石层,地下水埋深大于 10 m。无不良地质现象,工程地质条件较好。双塔 - 古浪中更新世晚期~晚更新世早期推测隐伏断裂( $F_7$ )位于线路西侧约 0.1~1.5 km。未来百年内  $F_7$  推测活动断裂具备发生 5.5 级左右随机地震的构造背景, $F_6$  活动断裂具备发生 6.5 级左右地震的构造条件,从而对该区段沿线工程场地可能造成最大 度的地震烈度影响。

## 4 结论

复杂长线工程场地由于为线性工程,不可避免的要穿越不同地质地貌单元及一些活动构造<sup>[5]</sup>。与

点状工程场地不同的是,这种穿越直接涉及到工程的避让、设计参数及采取的有效措施,因此研究不能仅限于原有的定性或不确定性研究,必须进行量化、精确化。工程场地工程地质与工程地震条件的研究,是对线路工程场地的最细致化研究,直接涉及线路沿线的各种条件影响评价及工程措施的设计,对于长线工程场地地震安评工作至关重要,应该对相关的每一方面都有分段甚至逐点的详细研究和评价。

从本文的分析可以看出,永古高速公路沿线地形地貌、水文地质条件、岩性介质条件、活动构造条件及地震危险性每一方面都是多变的,工程地质与工程地震条件复杂,不同区段都有特殊的工程地质问题和工程地震环境,施工设计中应根据各段特点采取相应的措施。

以上的研究内容和方法是项目组在实际工作中根据工程要求及线路场地实际情况探索性给出的,

这种研究方式和研究结果均得到项目设计方和施工方的高度评价和认可。因此在该项工作还没有明确的技术规范之前,这种研究思路可作为复杂长线工程场地工程地质与工程地震条件评价的一种参考或借鉴。

#### [参考文献]

- [1] 冉永康,陈立春. 中国长线工程场地地震安全性评价中的活动构造问题[J]. 地震地质, 2004, 26(4): 733-741.
- [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 工程场地地震安全性评价(GB17741 - 2005) [S]. 北京:中国标准出版社, 2005.
- [3] 国家地震局. 中国地震烈度区划图(1990)概论[M]. 北京:地震出版社, 1996: 64-88.
- [4] 陈有明,刘洪春,曾文灏,等. 古浪大震的地质灾害及破坏特征[J]. 西北地震学报, 1999, 21(3): 315-320.
- [5] 袁炳祥,谌文武,梁收运,等. 青藏铁路沿线活动断裂带对地质选线的影响. 西北地震学报, 2009, 31(2): 121-125.