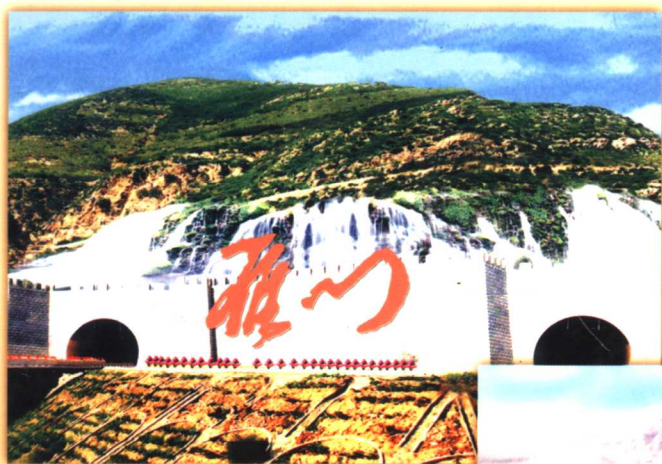


地质工程病害处治应用技术

——以山西大运高速公路雁门关段隧道及高边坡为例

郜玉兰 周永昌 主编



地质出版社

P642
G-923

地质工程病害处治应用技术

——以山西大运高速公路雁门关段隧道及高边坡为例

郜玉兰 周永昌 主编

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

近年来,山区高速公路建设中出现很多问题,归结起来主要是地质工程病害影响大,致使工期和投资增加。山西大运高速公路横穿恒山,是全线建设的难点。本书在恒山雁门关段隧道及高边坡勘察和设计资料的基础上,从地质工程学原理入手,利用地质分析和物探仪器超前预报,系统分析总结了隧道和高边坡施工中可能遇到的各类病害,成功地治理了隧道碎屑流、涌水、膨胀岩、拱顶淋涌水、塌方和高边坡风化岩、崩塌、滑塌、滑坡等工程地质病害,特别是隧道止水,既保护了水资源又解决了隧道消防用水。

本书可供公(铁)路勘察、设计、施工技术人员以及相关专业高等院校师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

地质工程病害治理应用技术——以山西大运高速公路雁门关段隧道及高边坡为例 / 郜玉兰, 周永昌主编. —北京: 地质出版社, 2005.3
ISBN 7-116-04454-X

I.地... II.①郜...②周... III.①隧道病害—防治—山西省 ②边坡—病害—防治—山西省
IV.U457 U418

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第051370号

DIZHI GONGCHENG BINGHAI CHUZHIZHUYINGYONG JISHU

责任编辑: 陈 磊

责任校对: 关风云

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路31号, 100083

电 话: (010)82324508 (邮购部); (010)82324565 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真: (010)82310759

印 刷: 北京地大彩印厂

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 13.5

字 数: 348千字

印 数: 1—1100册

版 次: 2005年3月北京第一版·第一次印刷

定 价: 68.00元

ISBN 7-116-04454-X/P · 2582

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社出版处负责调换)

地质工程病害处治应用技术

——以山西大运高速公路雁门关段隧道及高边坡为例

编辑委员会

主 编：郜玉兰 周永昌

编写人员：郜玉兰 周永昌 张国文 王润民 田志发 徐永胜
 李 开 赵善义 冯建刚 罗建国 赵小平 李保清
 李康杰 贺贵仁 梁晋平 宋来旺 李晋东 郝景文
 苏在林 周跃文 解培为 杨继荣 高天荣 武建中
 薛永军 杜冬仪 张王东 张公平 连冬香 付安生
 陈菊红 王金兰 郭 磊 秦瑞萍 武秀芳 高艳玲
 董巧妹 宋栓萍 李玉林 王 渊 梁树雄 曹为民
 王姣云 张良志 张怀远 张旭东

编写单位：山西新原高速公路建设有限责任公司
 山西省第三地质工程勘察院

目 录

第一篇 总 论

第一章 绪 言	1
第二章 自然地理概况	3
第一节 位置交通	3
第二节 气象水文	3
第三节 地形地貌	4
第三章 工程地质条件	6
第一节 地 层	6
第二节 地质构造	13
第三节 区域水文地质条件	30
第四节 工程地质条件	36
第五节 岩体结构体工程地质特征	39

第二篇 雁门关隧道地质工程病害处治技术应用研究

第一章 雁门关隧道工程地质特征	58
第一节 施工图阶段勘察概述	58
第二节 施工图阶段隧道工程设计概况	85
第三节 隧道施工方法	86
第四节 隧道施工阶段围岩类别变化情况	92
第二章 雁门关隧道地质工程病害处治技术	101
第一节 格栅拱架、钢筋网片处治隧道膨胀岩	101
第二节 钢拱湿喷综合技术处治隧道塌方	102
第三节 异径井管止水法封堵隧道涌水	106
第四节 “全周边注浆法”处治隧道碎屑流	112
第五节 “双液浆喷封技术”在隧道膨胀性软岩快速掘进中的应用	115
第六节 “EVA 复合式防水板加超前小导管注浆法”处治隧道拱顶淋涌水病害	115
第三章 取得的经验、经济效益分析及应用前景	117

第三篇 雁门关高边坡工程地质病害处治技术应用研究

第一章 高边坡岩体工程地质特征	120
第一节 高边坡形态及工程地质条件	123

第二节 高边坡病害成因及类型的划分	144
第二章 高边坡稳定性分析评价	145
第一节 定性评价	145
第二节 高边坡稳定性计算（典型研究）.....	149
第三章 高边坡病害处治方案	158
第四章 高边坡病害处治技术应用	188
第一节 高边坡病害处治技术在本工程中的应用	188
第二节 高边坡病害处治技术应用的经济效益及前景	199
总 结 论	202
参考文献	208

第一篇 总 论

第一章 绪 言

大(同)一运(城)高速公路呈南北向纵贯山西全境,是交通部规划的二连浩特至河口国道主干线在山西境内的主要路段,也是山西正在建设的“三纵八横”公路网中的重要组成部分。新(广武)一原(平)段是大运高速公路的主要路段之一,始于山阴县新广武镇,止于原平市原太高速公路连接处,途经山阴县、代县和原平三县市,全长 57.505km,概算总投资 29.98 亿元,其中雁门关隧道是新原乃至大运高速公路全线的咽喉部位。该路段的建设对于贯通山西大运全线,改善山西投资环境,具有十分重要的战略意义。

新原高速公路由交通部第一公路勘察设计院设计,山西新原高速公路建设有限责任公司承建。全线设特大桥(3578 延米)5 座、大桥(6072 延米)32 座、中桥(1640 延米)23 座、隧道(11678 延米)4 座、小桥 17 座、涵洞 123 道。

雁门关段由雁门关隧道群和一系列连续高边坡工程组成。本路段穿越恒山山脉,地形起伏大,主要由古老变质岩组成,山体经多次构造变动,地质构造复杂,岩体挤压变形严重,岩石长期风化后,原岩结构破坏,岩体强度大大降低。雁门关隧道群由四处隧道组成,其中雁门关主隧道单洞总长 10410 延米,左线长 5173m,右线长 5247m,为上下行分离式隧道,是目前我国已建成高速公路中最长的公路隧道。施工中遇到大的断层带达 16 处之多,并在断层带发生了罕见的碎屑流,流体量达 600 多方;竖井施工中涌入隧道地下水量每天近 5000 吨,仅此止水时间达 1 个多月;施工中多次发生塌方和软岩风化剥落;在不到 8km 范围内隧道进出口段就有 16 处高危边坡,最大边坡高达 86m,施工中连续出现了多处边坡失稳、滑塌、崩塌、滑坡等地质工程病害。

为此,山西省交通厅以“晋交科教字[2002]338 号文”批准,由山西新原高速公路建设有限责任公司与山西省第三地质工程勘察院组成课题组共同完成“山西大运高速公路雁门关段隧道及高危边坡地质工程病害处治应用技术研究”课题,课题编号[02-03](自筹)。

本课题主要研究的目的和任务:一是在总结隧道围岩工程地质特征的基础上,对隧道施工中制定的地质工程病害处治方案进行分析总结,提出最佳施工方法及治理方案。以便在本路段和同类公路建设中应用;二是在查明地质环境条件的基础上,从岩(土)体稳定性和工程地质性质入手,总结出在不同工程地质条件下施工中出现的高边坡病害类型和特征,提出预防措施和治理的最优技术方案。

隧道和高边坡工程是地质工程的组成部分,其病害是人们在工程活动中改变了地质体的条件和结构,地应力和水动力场发生变化的结果。课题组紧密配合施工单位,共同制定病害处治方案,在工程中取得了大量丰富的资料,取得了各类病害处治方面的经验,并总

结了工程中的失败教训，得出这一科研成果。

根据山西省科学技术情报研究所对本课题检索结果表明：高速公路对隧道和高边坡一般的施工技术介绍的多，而对制约工程进度的特殊大型地质工程病害处治技术未发现相关报道。本课题研究结果具有以下六个方面的创新和突破。即：①“全周边注浆法”治理隧道碎屑流；②“高压厚壁异径井管与上托盘式止水法”封堵隧道涌水；③风化深度80m的古老变质岩体中高边坡工程病害处治技术；④“双液浆喷封技术”在隧道膨胀性软岩快速掘进中的应用；⑤“EVA复合式防水板加超前小导管注浆法”处治隧道拱顶淋涌水病害；⑥钢拱湿喷综合技术处治隧道塌方。

2004年8月1日由山西省科学技术厅、山西省交通厅联合主持，对该项目进行了鉴定评审，认为总体达到国际先进水平，其中耐高压厚壁异径井管与上托盘式止水法达到了国际领先水平。该方法对雁门关隧道YK₁₁₀₊₉₃₀右侧3#竖井涌水治理是一项重大技术创新，又是一项发明，具有很高的使用价值：

(1) 止住了施工过程中大到5000m³/d的涌水，使隧道掘进顺利完成。

(2) 变害为利，将水流控制在隧道顶部，形成日补给量为7500m³/d的地下水库，利用偏心式球面蝶阀控制将地下水输送到隧道各方，为隧道消防提供了保障，治理了水害，实现了一治两用。

(3) 保护了雁门关地区的生态环境，也保障了当地居民的地下水资源。

第二章 自然地理概况

第一节 位置交通

研究区位于大运高速公路北段新广武—原平间，行政区划隶属于朔州市山阴县、忻州市代县和原平市。东南为京原铁路和108国道，距线路约8km，东侧为阳明堡—新广武公路。测区山势陡峻，地形起伏大，施工便道直通施工现场，交通较为便利（图1-2-1）。

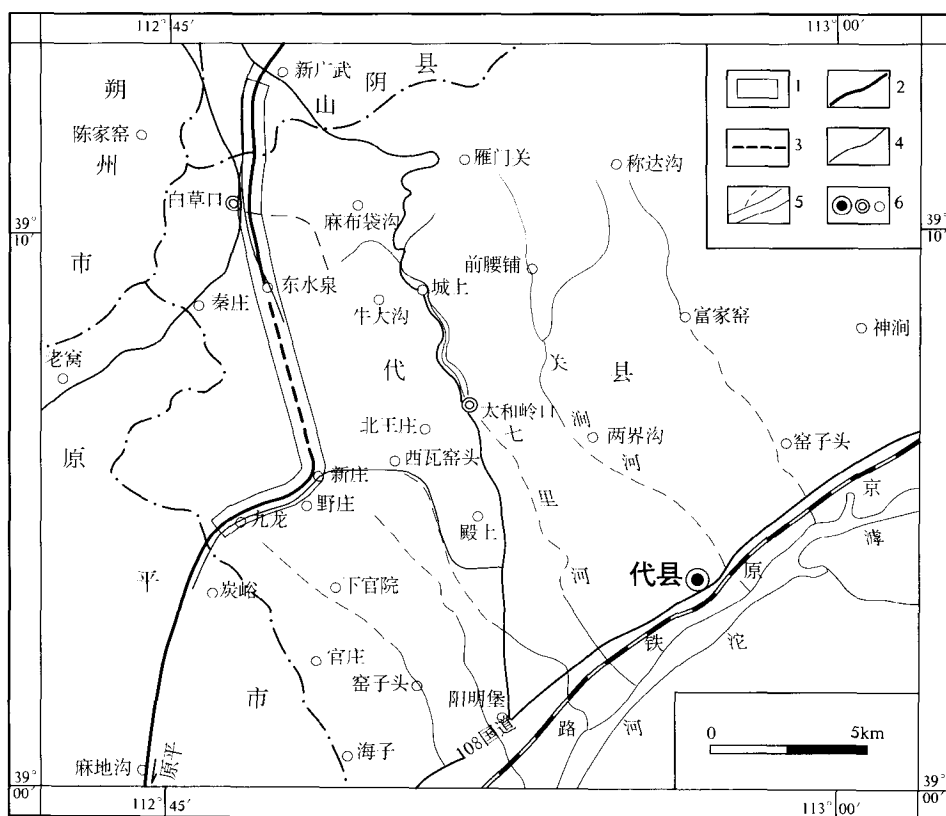


图 1-2-1 交通位置图

1—研究区范围；2—新原高速公路；3—雁门关隧道；4—施工便道；5—水系；6—县、乡(镇)及村庄

第二节 气象水文

一、气象

研究区属温带大陆型半干旱性气候，春冬季节多风寒冷，夏秋季节雨量集中。以恒山

为界,以北为中温带气候,以南为暖温带半干旱气候。年平均气温 15.4℃,最高月平均气温 22.9℃(七月),最低月平均气温 -8.5℃(一月),极端最高气温 38.9℃(1961年6月10日),极端最低气温 -24.5℃(1971年12月21日);年平均降水量 445.6mm,最大年降水量 673mm(1959年),最小年降水量 219.3mm(1972年),恒山山区平均年降水量 600mm,年内分布极不均匀,多集中在 7~8 月份,占全年降水量的 50%~70%,降雨强度大,易形成短时的强降雨径流,对坡体造成切割侵蚀;年均蒸发量 1817.4mm;年平均地面温度 10.9℃,极端最高地面温度 66.7℃(1958年7月4日),极端最低地面温度 -27.9℃;全年大风日达 40~60 天,属多大风区;年均风速 2.6m/s,最大风速 20m/s(1976年12月17日);霜冻期全年达 6 个月,一般始于 10 月下旬,止于 4 月上旬,无霜期 172 天;最大冻土深度 98cm。

二、水文

雁门关隧道横穿恒山山脉,是天然分水岭。以高家沟山、马场梁、边福尖一线地表分水岭为界,北部属桑干河流域,南部属滹沱河流域,二者均属海河水系。北部白草口河发源于罗家梁西侧,全长 17.17km,河谷纵坡降 36.2‰,多年平均径流量 $330.3 \times 10^4 \text{m}^3$,于旧广武汇入黄水河支流。河流在白草口以上主要以潜流的形式形成地下径流,以下河段则流出地表,为季节性河流。

南部滹沱河是忻定盆地的主要水系,流域面积 14284km²,研究区分水岭南部发育的冲沟,均属于其支流。主要有石峡沟、车玉沟、东马近沟、西马近沟等,这些冲沟平常干枯无水,雨季常暴发洪水。2002 年 8 月初,区内及周边突降特大暴雨,洪水将铁十八局施工的汽车、隧洞口堆放的模板等冲下山坡,并造成简易公路冲毁。另外洪水对坡面、沟谷等部位侵蚀、切割严重。

第三节 地形地貌

研究区位于北部大同盆地与南部忻定盆地之间的恒山山脉,属中山区。地形中间高,向南北两侧突降,地形起伏大,高差悬殊,沟谷发育,地面标高一般在 1220~1800m 之间,地形最高点为高家沟山主峰,海拔 2095m;其次为马场梁,海拔 2056.8m;边福尖山海拔 2008.5m,相对高差 300~800m。

雁门关隧道最大埋深 500 多米,高边坡分布于隧道进出口两侧。进口段(K101~K107)属构造剥蚀基岩山区,线路高出山间河谷 50m 以上,沟壑发育,基岩裸露,植被稀少,地形最大相对高差 210m;隧道段(K107~K113)属中山区,位于恒山山脉的西段,属于构造隆起上升区,侵蚀和剥蚀作用强烈,地形破碎,山坡北陡南缓,植被稀少,山势陡峻雄伟,沟梁大部分呈北北西向展布,山梁较宽,沟谷多呈“V”形,沟底卵砾石堆积;隧道出口段(K113~K115)属中低山侵蚀山地与黄土丘陵的结合部位,地形起伏较大,沟谷深切、岸坡陡峻;黄土丘陵区,地形比较平缓,略有起伏,地形最大相对高差 180~250m(图 1-2-2)。

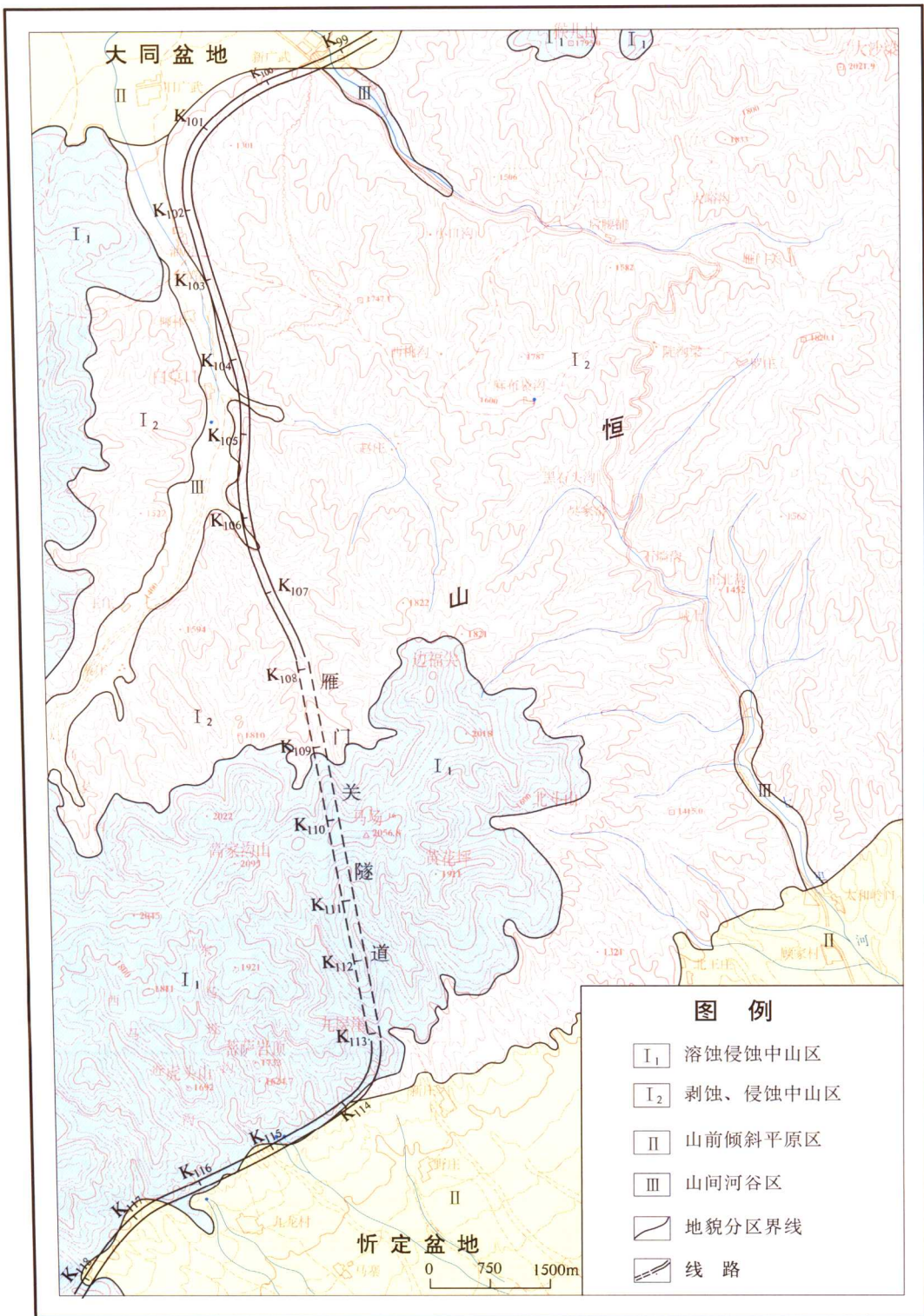


图 1-2-2 区域地形地貌图

第三章 工程地质条件

第一节 地 层

一、区域地层概况

恒山主体以变质岩为主,基岩大面积出露,主要为上太古界五台群和下古生界寒武—奥陶系地层,新生界地层分布较少。上太古界五台群为一套经受了多期变形变质和部分熔融改造的角闪岩相变质基性—酸性火山岩夹沉积岩系,主要分布于北部和东部;五台期变质中—酸性花岗质侵入岩广布其中;下古生界寒武—奥陶系为碳酸盐岩夹少量碎屑沉积岩建造,呈北东向分布于中南部的山顶,新生界松散堆积物呈三角状分布于基岩山区各河谷中及恒山南北山前一带(图 1-3-1、表 1-3-1),采用岩石地层单位划分法的岩性特征见表 1-3-2。

表 1-3-1 地层单位对照表

时代地层单位划分法					岩石地层单位划分法(本文采用此法)				
地 层 单 位			代号	厚度 m	厚度 m	代号	地 层 单 位		
奥陶系	下统	亮甲山组	O ₁ l	134.0	> 59.2	O ₁ s	三山子组	下统	奥陶系
		冶里组	O ₁ y	70.0	9.4	O ₁ l	亮甲山组		
寒武系	上统	凤山组	Є ₃ f	84.7	104.9	O ₁ y	冶里组		
					17.9	O ₁ f	凤山组		
		长山组	Є ₃ c	22.9	18.6	Є ₃ oc	长山组		
		崮山组	Є ₃ g	63.9	49.8	Є ₃ g	崮山组		
	中统	张夏组	Є ₂ z	102.7	87.1	Є ₂ z ²	二段	中统	寒武系
		徐庄组	二段 Є ₂ x ²	53.0	38.8	Є ₂ z ¹	一段		
			一段 Є ₂ x ¹	53.1	54.2	Є ₂ m ²	二段		
	下统	毛庄组	Є ₁ m ²	74.4	66.9	Є ₂ m ¹	一段		

二、研究区地层

研究内广泛出露上太古界五台群石嘴亚群金岗库组和店房台片麻岩组以及下古生界寒武—奥陶系馒头—三山子组地层(图 1-3-2),五台期中酸性侵入岩金岗脑黑云角闪斜长片麻岩及吕梁期变质辉绿岩、辉绿岩墙分布其中。新生界上更新统和全新统沿山前及沟谷零星分布。其分布特点,大致以马场梁为界分为两部分,马场梁以北为变质岩系,以南为沉积盖层,前者约占全区面积的 2/3,后者约占 1/3,两者以角度不整合接触。

图1-3-2 雁门关隧道地质剖面图

1—第四系全新统; 2—第四系上更新统; 3—奥陶系三山子组; 4—奥陶系亮甲山组; 5—奥陶系冶里组; 6—奥陶系凤山组; 7—寒武—奥陶系长山组; 8—寒武系固山组; 9—寒武系中统张夏组二段; 10—寒武系中统张夏组一段; 11—寒武系中统馒头组二段; 12—寒武系中统馒头组一段; 13—五台群店房台组; 14—五台群金岗库组二段; 15—吕梁晚期辉绿岩脉; 16—吕梁中期变质花岗岩; 17—五台中期斜长片麻岩; 18—正断层; 19—地层分界线及角度不整合接触界线; 20—洞线

表 1-3-2 新原高速公路雁门关段区域地层表

界	系 (群)	统 (亚群)	组	段	代号	厚度 m	主要岩性
新生界	第四系	全新统			Q_4		砂卵砾石
		上更新统	马兰组		Q_3m	10~15	风积—坡积亚砂土、粉砂土
		中更新统	离石组		Q_2l	80.0	洪积亚粘土、亚砂土夹 4~5 层古土壤
	第三系	上新统	保德组		N_2b	56.4	半胶结砂砾岩类夹棕红色粘土、亚粘土及钙质结核
下古生界	奥陶系	下统	三山子组		O_1s	>59.2	厚—巨厚层状含燧石结核泥晶白云岩、细晶白云岩夹白云质泥晶灰岩
			亮甲山组		O_1l	9.4	厚层状含燧石结核细晶灰岩夹白云质泥灰岩
			冶里组		O_1y	104.9	厚层—巨厚层状含燧石结核泥晶、粉晶灰岩夹薄层状白云质灰岩及砾屑灰岩
			凤山组		O_1f	17.9	厚层—巨厚层含生物碎屑亮晶灰岩，含鲕粒砂屑灰岩夹泥晶灰岩
	寒武系	上统	长山组		ϵOc	18.6	含海绿石砾屑灰岩、细粒灰岩夹薄层状亮晶灰岩
			崮山组		ϵ_3g	49.8	含白云质泥晶灰岩、薄层泥晶灰岩夹砾屑灰岩及细粒灰岩
		中统	张夏组	二段	ϵ_2z^2	87.1	含海绿石鲕粒灰岩与薄层灰岩、泥质灰岩互层夹少量砾屑灰岩
				一段	ϵ_2z^1	38.8	厚—巨厚层状亮晶鲕粒灰岩夹薄层灰岩及砾屑灰岩
			馒头组	二段	ϵ_2m^2	54.2	暗紫红色泥页岩夹中厚层状泥质灰岩及薄层粉砂岩
				一段	ϵ_2m^1	66.9	砖红、紫红色泥岩夹中—厚层状粉砂、粉晶白云岩、粉晶灰岩，底部为含砾长石石英砂岩
太古宇	五台群	石嘴亚群	店房台片麻岩组		W_1d	>1114	黑云(角闪)斜长片麻岩夹斜长角闪岩
			金岗库组	二段	W_1j^2	107~264	斜长角闪岩夹磁铁石英岩及蓝晶砂线黑云(二云)变粒岩
				一段	W_1j^1	>187	黑云变粒岩、黑云角闪变粒岩夹含榴蓝晶二云变粒岩(石英片岩)，未见底

(一) 上太古界

主要分布在寒武—奥陶系地层南北两侧的白草口—东水泉—马场梁和新庄—九层崖一带。分别出露金岗库组一、二段和店房台片麻岩组地层，地层走向基本呈北东—北东东向，倾角 $40^\circ \sim 80^\circ$ 。北部大面积出露，南部零星分布，自北向南地层由老到新，地层剖面介绍如下：

店房台片麻岩组 (W_1d)	未见顶	总厚>1114m
11. 中细粒黑云斜长片麻岩夹黑云角闪斜长片麻岩		50m
10. 黑云变粒岩夹条带状斜长角闪岩		107m
9. 黑云角闪斜长片麻岩夹斜长角闪岩及黑云斜长片麻岩		446m
8. 中细粒黑云斜长片麻岩夹斜长角闪岩		96m
7. 条带状混合岩化黑云斜长片麻岩夹薄层角闪黑云斜长片麻岩		86m
6. 碎裂状黑云角闪斜长片麻岩夹薄层方柱石斜长角闪岩		329m
----- 韧性剪切带 -----		
金岗库组二段 (W_1j^2)		总厚 368m
5. 条带状斜长角闪岩夹黑云变粒岩及角闪黑云变粒岩		166m

4. 含榴蓝晶黑云变粒岩, 角闪黑云变粒岩夹斜长角闪岩	166m
3. 条带状斜长角闪岩夹磁铁石英岩	36m
金岗库组一段 (W_{j1})	总厚 187m
2. 含榴黑云斜长片麻岩、含榴蓝晶砂线二云斜长片麻岩夹角闪变粒岩	46m
1. 黑云角闪变粒岩夹黑云角闪斜长片麻岩及黑云变粒岩	141m
未 见 底	

1. 金岗库组 (W_j)

呈北东—南西向带状分布于雁门关隧道北部白草口—东水泉—马场梁山脚下一带, 局部被金岗脑片麻岩侵吞, 未见顶底。原岩为一套拉斑玄武岩夹中酸性火山岩及富铝泥质砂岩碎屑岩和硅铁质沉积岩所组成。根据岩石组合特征分为两段。

一段 (W_{j1}): 以一套富铝泥砂质沉积岩为主夹酸性火山岩, 岩性为黑云变粒岩、角闪黑云变粒岩夹含榴蓝晶石砂线石黑云变粒岩 (二云石英片岩), 岩性稳定。含蓝晶石砂线石黑云变粒岩是本段良好的标志。本段厚度较稳定为 187m。

二段 (W_{j2}): 为一套拉斑玄武岩夹硅铁质沉积岩及少量中酸性火山岩。

与金岗脑片麻岩为韧性剪切带接触, 局部残留有侵入接触关系。岩性主要为斜长角闪岩、含榴斜长角闪岩夹含榴角闪黑云变粒岩及两层磁铁石英岩和一层较稳定的含榴蓝晶二云斜长片麻岩。磁铁石英岩是本段良好的标志层。本段厚 368m。

2. 店房台片麻岩组 (W_d)

主要呈北东向分布于北部西桃沟—雁门关一带, 在南部新庄—九层崖一带也有零星出露。主要为一套中细粒黑云斜长片麻岩、角闪黑云斜长片麻岩夹黑云变粒岩及斜长角闪岩。原岩为一套酸性火山岩夹泥砂质沉积岩。总厚度大于 1114m。

(二) 下古生界

主要分布于研究区中南部的九层崖—马场梁一带, 在研究区北部的猴儿山一带也有零星出露, 以角度不整合上覆于五台群石嘴亚群金岗库组二段和店房台片麻岩组结晶基底之上, 地层走向北东—北东东向, 倾角一般为 $5^\circ \sim 20^\circ$, 局部达 70° 。根据实测新庄馒头组—三山子组剖面, 下古生界自下而上划分为馒头组 (一段、二段)、张夏组 (一段、二段)、崮山组、长山组、凤山组、冶里组、亮甲山组和三山子组, 共八个组十个填图单位。现将地层剖面介绍如下:

奥陶系 (O)	总厚 > 182.1m
三山子组 (O_3s)	未见顶 > 60.4m
49. 灰黄、灰白色厚—巨厚层状含燧石结核白云泥晶灰岩夹中—厚层状细晶白云岩	60.4m
————— 整 合 —————	
亮甲山组 (O_4l)	10.1m
48. 青灰色厚层状含燧石结核细晶灰岩夹白云质泥晶灰岩, 含生物化石	10.1m
————— 整 合 —————	
冶里组 (O_4y)	111.6m
47. 黄绿色页岩	1.1m
46. 灰白色厚—巨厚层状白云质灰岩夹薄板状白云质灰岩	11.4m
45. 青灰色薄板状白云质灰岩夹中厚层状白云质灰岩	5.2m
44. 青灰色厚—巨厚层状含燧石条纹泥晶砾屑灰岩	6.3m

43. 黄绿色薄板状白云质灰岩夹中厚层砾屑灰岩	5.5m
42. 青灰色厚—巨厚层状泥晶灰岩夹薄层白云质灰岩及砾屑白云岩	10.9m
41. 淡青色薄板状白云质灰岩	3.3m
40. 灰色厚—巨厚层状粉晶灰岩夹薄板状白云质灰岩及砾屑白云岩	34.5m
39. 浅灰色薄板状白云质灰岩夹厚—巨厚层状含燧石条纹白云质团块泥晶砾屑灰岩, 底部见 1m 厚亮晶砾屑灰岩, 含腕足类化石	33.4m
——— 整 合 ———	
凤山组 (O_f)	18.9m
38. 浅灰白色厚—巨厚层状亮晶含生物碎屑灰岩夹泥晶灰岩	14.1m
37. 浅灰色厚—巨厚层状亮晶含鲕粒砂屑灰岩	4.8m
——— 整 合 ———	
寒武系 (ϵ)	总厚 315.6m
长山组 ($\epsilon - Oc$)	19.6m
36. 灰色砾屑灰岩夹薄板状灰岩, 底部为 0.4m 暗紫红色页片状泥晶灰岩	3.0m
35. 青灰色厚—巨厚层状砾屑灰岩夹白云质亮晶含海绿石生物屑灰岩	6.7m
34. 灰色中厚层状灰岩夹薄板状灰岩及砾屑灰岩	4.5m
33. 紫红色砾屑灰岩	5.4m
——— 整 合 ———	
崮山组 (ϵ_g)	50.6m
32. 浅灰色薄—中层状含白云质条带灰岩	3.4m
31. 浅灰色薄—中厚层状含白云粉晶灰岩夹中厚层状砾屑灰岩及泥晶砾屑灰岩	15.8m
30. 下部青灰色薄板状灰岩及砾屑灰岩, 含大量三叶虫化石, 上部灰褐色薄层状泥晶灰岩及板状含粉砂结晶灰岩	3.8m
29. 青灰色厚—巨厚层状白云质泥晶灰岩夹薄层灰岩及砾屑灰岩	8.0m
28. 青灰色薄板状灰岩夹砾屑灰岩	3.8m
27. 青灰色厚层状含叠层泥晶灰岩	0.7m
26. 青灰色薄板状泥晶灰岩 (底部紫红色, 上部黄色砾屑灰岩)	15.1m
——— 整 合 ———	
张夏组 (ϵ_z)	253.0m
二段 (ϵ_z^2)	88.4m
25. 灰色、灰褐色厚—巨厚层状亮晶含海绿石放射状生物屑鲕粒灰岩夹薄板状粉晶灰岩, 含大量生物碎屑及化石	27.7m
24. 灰紫色页片状泥晶灰岩夹青灰色厚层状亮晶含海绿石放射状鲕粒灰岩	9.4m
23. 灰褐色厚—巨厚层亮晶生物屑鲕粒灰岩夹薄板状灰岩	8.0m
22. 浅灰色泥晶—亮晶放射状鲕粒灰岩夹薄板状灰岩及砾屑灰岩	6.2m
21. 含泥质条带薄板状灰岩夹砾屑灰岩	8.2m
20. 中—厚层状灰色、灰褐色亮晶含粉砂鲕粒核形石灰岩夹薄板状灰岩	4.2m
19. 青灰色薄板状灰岩夹厚层灰岩及砾屑灰岩	9.5m
18. 薄板状含海绿石粉砂、粉晶灰岩夹中厚层状含海绿石生物屑亮晶灰岩一段 (ϵ_z^1)	15.2m
17. 厚—巨厚层状亮晶放射—同心鲕粒灰岩夹薄板状灰岩及中厚层状鲕粒灰岩	38.1m
16. 中薄层鲕粒灰岩夹中厚层砾屑灰岩及纹层状含砂屑亮晶灰岩	16.5m
15. 中—厚层状亮晶放射状鲕粒灰岩夹含泥质条带薄层板状灰岩	7.5m
14. 灰岩夹薄层生物碎屑灰岩	11.0m
——— 整 合 ———	3.1m