

文章编号: 1674—8247(2019)03—0041—05
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2019.03.009

德钦—中甸断裂奔子栏段精定位及铁路构造工程效应

吴富峣^{1,2} 蒋良文¹ 张广泽¹ 宋章¹

(1. 中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031; 2. 西南交通大学, 成都 610031)

摘要:滇藏铁路中甸至德钦段与德钦—中甸活动断裂平行展布,在奔子栏镇附近,滇藏铁路以特大桥的形式跨越金沙江和德钦—中甸断裂,其选线受德钦—中甸活动断裂的控制。本文通过地质调查和钻孔钻探相结合的形式研究德钦—中甸断裂的平面位置和活动特征,分析德钦—中甸断裂的铁路构造工程效应。研究表明:(1)德钦—中甸断裂奔子栏段的平面精确展布状况并不对目前规划线路中的金沙江特大桥形成工程控制,不控制选线;(2)奔子栏镇一带是德钦—中甸断裂的孕震部位,其潜在震级上限可达7~7.5级左右,震中烈度值不会低于X度,一旦发震对铁路工程破坏性极大;(3)滇藏在经过奔子栏镇时,选线需考虑德钦—中甸断层的平面精确展布特征。

关键词:奔子栏; 德钦—中甸断裂; 断层; 精定位; 构造工程效应

中图分类号:P642.2 **文献标志码:**A

Precise localization of Benzilan Section of Deqin-Zhongdian Fault Zone and Effect of Railway Structural Engineering

WU Fuyao^{1,2} JIANG Liangwen¹ ZHANG Guangze¹ SONG Zhang¹

(1. China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China;
2. Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: Deqin-Zhongdian active fault of Yunnan-Tibet railway is located near Benzilan town. Yunnan-Tibet Railway crosses the Jinsha River and the Deqin-Zhongdian Fault in the form of a super bridge and its geological route selection is seriously influenced by the active fault. Geological investigation and drilling method are applied to study the plane location and active characteristic of the Deqin-Zhongdian fault and analyze the railway structural engineering effect of the Deqin-Zhongdian fault. The study results show: (1) the precise plane distribution of Benzilan section of Deqin-Zhongdian fault doesn't affect Jinshajiang super-large bridge engineering and doesn't control the geological route selection in the current planning route; (2) the area around Benzilan town is the seismogenic site of the Deqin-Zhongdian fault, with a potential magnitude of upper limit of about 7~7.5, and the epicenter intensity value will not be lower than X, once the earthquake happens, the engineering destructiveness is very great; (3) When the Yunnan-Tibet line passes through Benzilan town, consideration shall be given to the precise plane distribution characteristics of Deqin-Zhongdian fault in the geological route selection in Benzilan area.

Key words: benzilan; Deqin-Zhongdian fault; fault; precise localization; structural engineering effect

收稿日期:2019-03-12

作者简介:吴富峣(1985-),男,博士。

引文格式:吴富峣,蒋良文,张广泽,等. 德钦—中甸断裂奔子栏段精定位及铁路构造工程效应[J]. 高速铁路技术,2019,10(3):41-45.

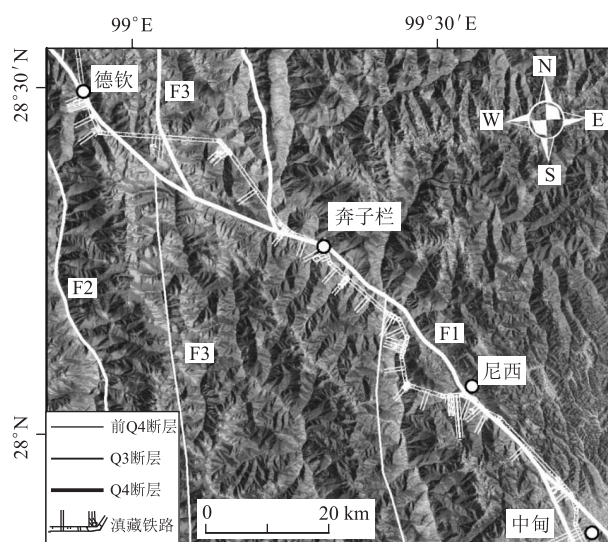
WU Fuyao,JIANG Liangwen,ZHANG Guangze,et al. Precise localization of Benzilan Section of Deqin-Zhongdian Fault Zone and Effect of Railway Structural Engineering [J]. High Speed Railway Technology, 2019, 10(3): 41-45.

大型的线性工程(如铁路、输油气管道等)在穿越活动断裂时,常以桥梁等高墩大跨工程的形式进行跨越,极易受到地震灾害的直接影响^[1]。为更安全、更经济地进行工程设计,需对大型工程跨越活动断裂的段落进行详细的地质调查,合理评价地震地质灾害^[2-3]。

1 德钦-中甸断裂概况

德钦-中甸断裂(如图1所示)是受滇藏高原向东挤出在5~7 Ma时因断层重组而再次活动的中生界断裂带^[4],走向310°~330°,NW起于德钦以西,向东南经由奔子栏、尼西、中甸、哈巴-玉龙雪山北麓,止于大东一带,长约300 km^[5]。此断裂在德钦-中甸一带错断金沙江断裂带,与金沙江断裂带一起构成川滇菱形块体的西边界。断裂具明显右旋兼正断活动性质^[6-7]。根据记载,在断裂南段中甸盆地一带,1961年发生过M6.0级地震,1966年发生过小中甸M5.2级地震,1993年发生过M5.8级地震,断裂北段在2013年发生过奔子栏M5.9级地震。表明第四系以来断裂具备孕育中强地震的能力。

42



F1—德钦-中甸断裂;F2—澜沧江断裂;F3—金沙江断裂

图1 滇藏铁路规划线路与德钦-中甸断裂的平面几何关系图

奔子栏镇是滇藏线上少有的人口稠密的集镇,是铁路线路规划中不可忽视的关键城镇,滇藏铁路按照前期规划在奔子栏镇一带设站,同时以金沙江特大桥跨越德钦-中甸断裂。白茫雪山隧道口也位于断裂带的阶区附近。因此查清楚德钦-中甸断裂奔子栏段的平面精确展布位置,对铁路选线和抗震设计意义重大。

本文以德钦-中甸断裂的精确定位为主要研究目标,通过野外地质调查,结合钻孔地质资料,对断裂和规划线路的几何关系进行精确定位,研究断裂的铁路构造工程效应。

2 德钦-中甸断裂奔子栏段精定位

2.1 地质地貌特征

沿金沙江河谷及其支流两岸阶地的第四系地层有冲洪积黏土、卵石土(Qp^2)和漂石土、卵石土、砂(Qp^2-Qh),两岸山体上覆有不稳定的冰水堆积成的厚层冰碛层、冰碛砾石和泥砾(Qp^3-Qh)。金沙江西岸奔子栏镇一侧出露的基岩主要为 P_2 板岩、钙质砂岩、硅质岩和 D_2 泥质板岩、灰岩和泥灰岩,东岸瓦卡镇一侧出露有 T_2 板岩、灰岩夹砂岩、凝灰岩。近SN走向的金沙江断裂带中段的分支断层与NW走向的德钦-中甸断裂在研究区内交汇,两者均为现代活动断裂带,区域上构造应力十分集中。

从工程地质条件来看,瓦卡镇-奔子栏镇附近无大型滑坡、大型泥石流。纵贯整个研究区的德钦-中甸断裂的长期活动使区域内地层松散,地质构造复杂,新构造活动强烈,对金沙江特大桥桥位和桥式跨越方案影响较大,且水边寺一带广泛分布的不稳定冰水堆积物斜坡体,对奔子栏站站位的选择也有较大影响。综上所述,德钦-中甸活动断裂控制了研究区内的工程地质条件。

2.2 地质调查定位

研究资料表明,自中甸往北,德钦-中甸断裂的断裂走向在奔子栏镇-瓦卡镇一带向西偏转约30°,使奔子栏镇一带成为德钦-中甸断裂的挤压阶区^[6-7],构造地应力集中,易成为地震成核部位,是可预见的地震发震部位。目前,地质资料的精度不足以在奔子栏镇-瓦卡镇精确定位断裂,仅知晓断裂横穿奔子栏镇-瓦卡镇而过。通过遥感解译、构造微地貌解译和大比例尺等地质调查手段,在瓦卡镇-奔子栏镇一带发现了多个断层剖面,如图2所示。从图中可以看出:(1)在瓦卡镇靠近金沙江河谷的低阶地上,可见断裂剖面出露,断层西侧砂卵石层具水平层理,东侧出露的砂卵石具斜层理,应为断裂带最新活动拖曳所致,整个断裂带宽约0.5 m。(2)沿金沙江两岸的调查并未发现两岸阶地地层的明显变形,断裂最新的活动痕迹已被冲刷剥蚀。(3)沿断裂走向向奔子栏镇中心追溯,在奔子栏镇中心部位出露基岩断裂剖面,断裂发育在砂质板岩中,断裂带宽约0.5 m,东侧岩层被明显拖曳

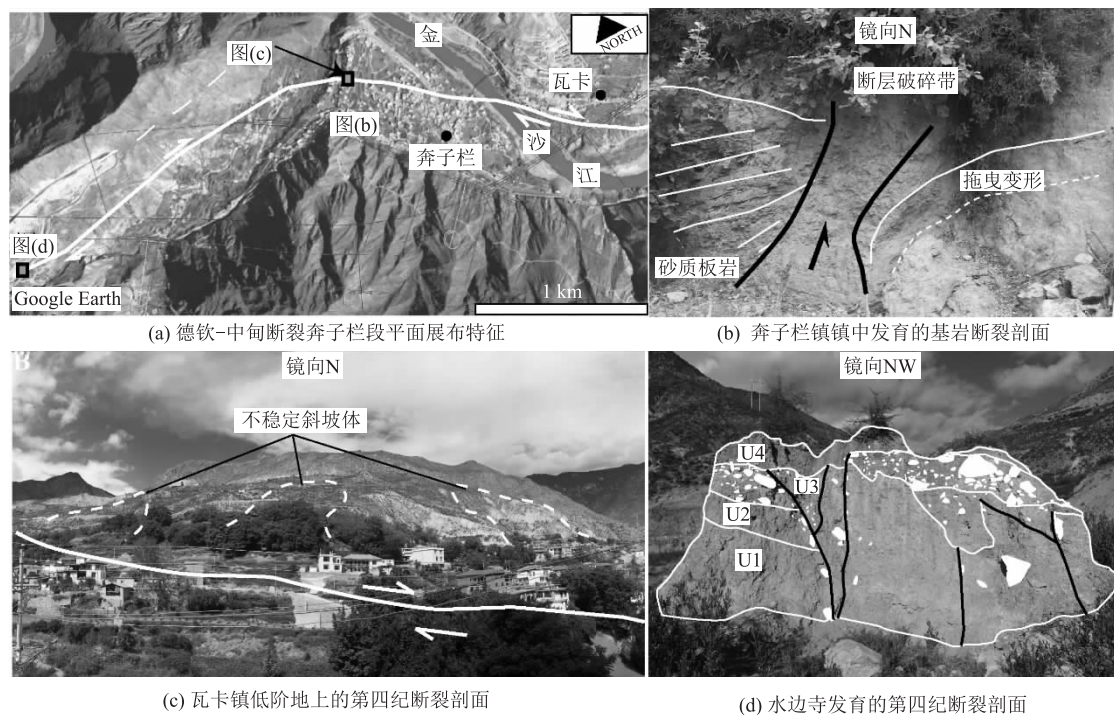


图 2 德钦-中甸断裂奔子栏段的平面展布与地质特征

变形。该点与上一个地质调查点进行联系,两者的连线能确定断裂的过江位置。(4)再往北至奔子栏镇以北的水边寺一带,在 214 国道旁出露断裂第四纪活动剖面,剖面上可见覆盖在砂质板岩上的第四系未固结地层被多条分支断裂断错,具典型的走滑断层运动学特征。

以此 3 点之间的连线可大致对德钦-中甸断裂的平面展布进行定位,但仍需和地下地质资料来进行相互比对。

2.3 钻孔定位

铁路前期勘探中,在奔子栏镇-瓦卡镇一带布施了多个钻孔勘探,其中,在瓦卡镇布置与德钦-中甸活动断裂有关的钻孔 3 个(C9Z-07-001、C9Z-07-002、C9Z-07-003),在奔子栏镇布置了 2 个(C11Z-08-001、CZ-08-001),在奔子栏镇北水边寺不稳定斜坡群一带布置了 2 个(CZ-08-002、C12Z-08-002),具体的钻孔位置如图 3 所示。本文选取这 7 个钻孔进行了地层分析和地层简易柱状图的描绘,以期能够在地质调查的基础上对断层的平面位置进行精确定。

在瓦卡镇所钻探的 3 个钻孔的简易地层柱状图如图 4 所示,从图中可以看出:远离金沙江河谷的 C9Z-07-001 孔中地层有明显的类二元结构韵律性,属典型的河流阶地堆积。靠近金沙江河谷,孔中地层韵律性明显减少,尤其是最靠近河谷的 C9Z-07-003 孔,孔中地层全为圆砾土,属典型的河漫滩堆积,叠加有部

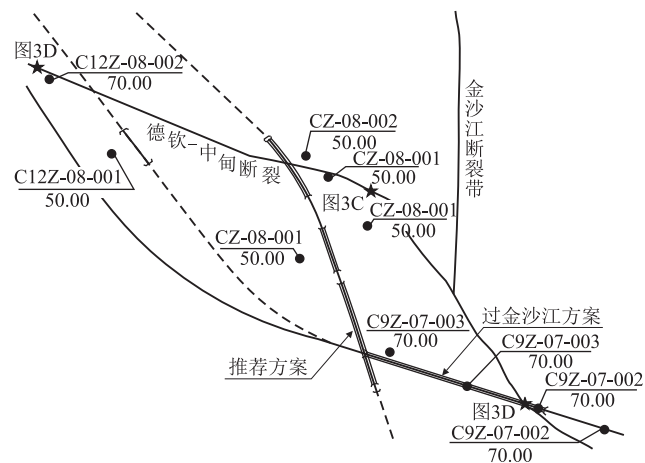


图 3 奔子栏镇-瓦卡镇钻孔位置布置示意图

分冲洪积物源物质,C9Z-07-002 中圆砾土下部的卵石土也佐证了圆砾土的沉积成因。以粗圆砾土为德钦-中甸断裂两盘的可比标准地层,发现德钦-中甸断裂的主断裂面向东倾,倾角约 70° ,该结论与 2013 年奔子栏地震及余震精定位后地球物理深部反演研究得到的结果一致^[7],也与地表出露的断层面产状类似,其断层面上延伸地表与图 2(c)断层位置近似重合。对奔子栏-水边寺一带的 4 个钻孔 C11Z-08-001、CZ-08-001、CZ-08-002 和 C12Z-08-002 同样制作简易的地层联合柱状剖面图,如图 5 所示。从柱状图中可以看出,CZ-08-002 和 C12Z-08-002 孔钻遇了基岩断层破碎带,基岩断层发育在板岩和钙质砂岩之中,而

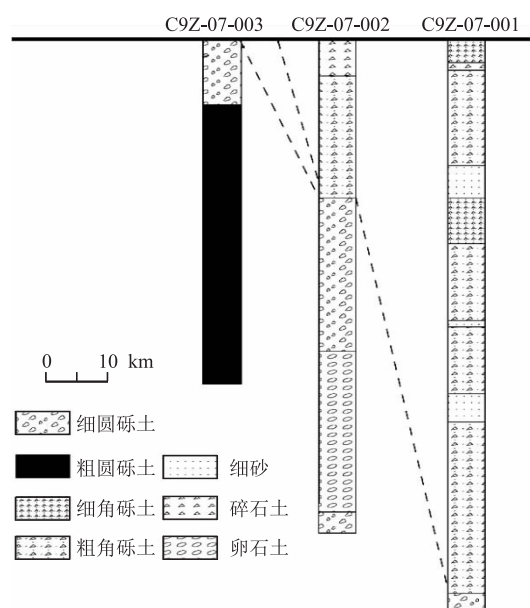


图4 瓦卡镇钻孔简易联合地层柱状图

C12Z-08-002 孔附近的断层断错第四系剖面也证实了断层平面定位的正确性。在奔子栏镇人口集中的奔子栏村设置的 C11Z-08-001 和 CZ-08-001 钻孔未钻遇基岩断层破碎带,表明断层并未从这两个钻孔的位置经过。事实上在 C11Z-08-001 和 CZ-08-001 附近调查时,发现了基岩破碎带(即断层剖面),该点位于 C11Z-08-001 北东,以该点位置为基础,结合 C11Z-08-001、CZ-08-001 和图 2(d) 所在位置,可精确定位确定德钦-中甸断层在奔子栏镇一带的平面出露位置。

根据这 7 个钻孔钻探结果和多个野外地质剖面的限定,可将瓦卡镇-奔子栏镇一带断层较为精确的平面展布位置确定下来,如图 2(a) 所示。断层在奔子栏-瓦卡有明显的拐弯,走向有较大幅度的向左偏转,与前人研究结果相符。

3 构造工程效应

瓦卡镇-奔子栏镇一带不仅是德钦-中甸活动断裂小型阶区的分段部位,也是其和金沙江断裂带分支的交汇部位,地应力十分集中,尤其是奔子栏镇北水边寺一带,大量的不稳定斜坡体群发育,地震地质灾害链效应十分明显。德钦-中甸断裂的地表出露位置与金沙江特大桥的桥墩位置并不重合,并不控制目前金沙江特大桥桥位的选址。但从构造角度分析,奔子栏部位可能是一个明显的孕震部位(即地震宏观震中),图 2(c) 和图 2(d) 出露的断裂剖面表明,断裂上发生的古地震完全错断地层,造成地表破裂。根据中国境内西南地区地震研究的经验,推断断裂潜在震级上

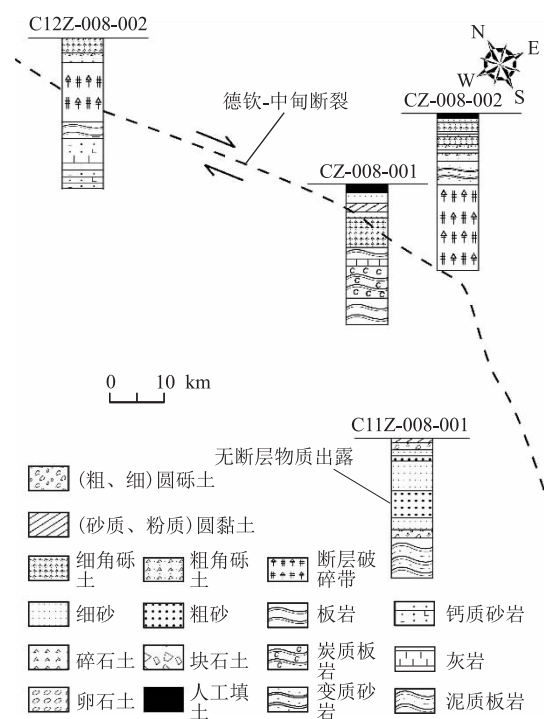


图5 奔子栏镇钻孔简易联合地层柱状图

限较高,可达 M7 ~ M7.5,若发震,其宏观震中的烈度不会低于 X 度,加之 2013 年奔子栏 M5.9 地震并未在地表造成破裂来完全释放构造应力,故本次研究不推荐铁路线路方案经过瓦卡-奔子栏一带。其原因在于整个铁路工程在奔子栏-瓦卡沿线都位于潜在 X 度震区内,一旦发震,修复难度极大。且奔子栏镇北的水边寺不稳定斜坡体群有极大的地震地质灾害链效应,对铁路规划中的白芒雪山隧道口存在掩埋威胁。

4 结论

本文通过地质调查和钻孔观测,研究发现:

(1)德钦-中甸断裂沿瓦卡镇低阶地面、奔子栏镇奔子栏村和水边寺往北延伸,其平面精确展布状况并不对目前规划线路中的金沙江特大桥形成工程控制地位,不控制选线。

(2)从构造角度分析,瓦卡镇-奔子栏镇是多条断裂带的交汇部位,地应力十分集中,虽然瓦卡镇和奔子栏镇的地貌条件目前位于稳定状态,但奔子栏镇北侧的水边寺一带发育有大量不稳定斜坡体,对于铁路和奔子栏镇都存在较大的威胁。奔子栏镇一带作为德钦-中甸断裂的孕震部位,其潜在震源上限可达 7 级左右,震中烈度值可达 X 度,一旦奔子栏一带发生地震,奔子栏站站位和白芒雪山隧道口有被掩埋的危险。因此滇藏线在经过奔子栏镇时,选线需考虑德钦-中甸断层的平面精确展布特征。

参考文献:

[1] 唐超,姚令侃,孙晓丹. 穿越断裂带线路地表变形震害模式分析与定线策略[J]. 铁道标准设计, 2011, 55(9):12-16.
TANG Chao, YAO Lingkan, SUN Xiaodan. Earthquake Surface Deformation Damage Mode Analysis and Route Design Strategy for Railways acrossing Fault Zone[J]. Railway Standard Design, 2011, 55(9): 12-16.

[2] 张会刚,付开隆,张广泽,等. 小江活动断裂对渝昆铁路选线的影响及评价[J]. 高速铁路技术, 2016, 7(1):60-63.
ZHANG Huigang, FU Kailong, ZHANG Guangze, et al. Evaluation of the Effect of Xiaojiang Active Fault on Route Selection of Chongqing-Kunming High Speed Railway[J]. High Speed Railway Technology, 2016, 7(1): 60-63.

[3] 王栋,张广泽,蒋良文,等. 川藏铁路成康段活动断裂工程效应及地质选线[J]. 铁道工程学报, 2015, 32(10):6-11.
WANG Dong, ZHANG Guangze, JIANG Liangwen, et al. Engineering Effect of Active Fault and Geological Alignment of Chengdu to Kangding in Sichuan-Tibet Railway [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2015, 32(10): 6-11.

[4] ZHANG Yuanze, RepluMaz A, WANG Guocan, et al. Timing and Rate of Exhumation along the Litang Fault System, Implication for Fault Re-organization in South East Tibet [J]. Tectonics, 2015, 34(6): 1219-1243.

[5] 段建中,谭筱虹. 滇西三江地区新生代主要走滑断裂性质及特征[J]. 云南地质, 2000, 19(1):8-23.
DUAN Jianzhong, TAN Xiaohong. The Nature and Feature of Cenozoic Main Strike-slip Fault in the Three-river Area of West Yunnan[J]. Yunnan Geology, 2000, 19(1): 8-23.

[6] 常祖峰,张艳凤,李鉴林,等. 德钦-中甸-大具断裂晚第四纪活动的地质与地貌表现[J]. 地震研究, 2014, 37(1): 46-52.
CHANG Zufeng, ZHANG Yanfeng, LI Jianlin, et al. The Geological and Geomorphic Characteristic of Late Quaternary Activity of the Deqin-Zhongdian-Daju Fault [J]. Journal of SeisMological Research, 2014, 37(1): 46-52.

[7] 吴薇薇,龙锋,杨建思,等. 2013年川滇交界香格里拉一得荣震群序列的重新定位、震源机制及发震构造[J]. 地球物理学报, 2015, 58(5): 1584-1596.
WU Weiwei, LONG Feng, YANG Jiansi, et al. Relocation, Focal Mechanisms and Seismogenic Structure of the 2013 Shangrila-Dêrong Earthquake Swarm Sequence in the Yunnan-Sichuan Border Region [J]. Chinese Journal of Geophics, 2015, 58(5): 1584-1596.

[8] 邓起东,于贵华,叶文华. 地震地表破裂参数与震级关系的研究[M]. 北京:地震出版社,1992.
DENG Qidong, YU Guihua, YE Wenhua. Research on the Relationship between Surface Rupture Parameter and Magnitude of Earthquake [M]. Beijing: Seismological Press, 1992.

(编辑:刘会娟 张红英)

(上接第18页)

(3)当岩层埋深较浅、上层地质条件较好时,钻孔灌注桩反而更具成本优势。同时,因SPT值变大、土质变硬,此时PHC管桩的施打难度也相应增加,建议优先选用钻孔灌注桩。

参考文献:

[1] BS5400 Steel, Concrete and Composite Bridges-Part4: Code of Practice for Design of Concrete Bridges[S].

[2] BS8004 Code of Practice for Foundations[S].

[3] 史佩栋. 实用桩基工程手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 1999.
SHI Peidong. Practical Pile Foundation Engineering Manual [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 1999.

[4] 刘恩典. 钻孔灌注桩施工技术与质量控制研究[D]. 武汉:华中科技大学,2005.
LIU Endian. Study on Construction Technology and Quality Control of Bored Piles [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2005.

[5] 李甫,王离. 浅析锤击管桩与静压管桩的若干区别[J]. 广东土木与建筑,2004,32(7):19-20.
LI Fu, WANG Li. A Brief Analysis of Several Differences between Hammer Pipe Pile and Static Pressure Pipe Pile [J]. Guangdong Architecture Civil Engineering, 2004, 32(7): 19-20.

[6] 杨志锋. 预应力管桩挤土效应研究及工程实测分析[D]. 天津:天津大学,2011.
YANG Zhifeng. Study on the Squeezing Effect of Prestressed Pipe Pile

and Its Engineering Measurement Analysis [D]. Tianjin: Tianjin University, 2011.

[7] 姜正平,明维,周展钊,等. PHC管桩与钻孔灌注桩的分析与对比[J]. 混凝土与水泥制品,2015,42(10):39-43.
JIANG Zhengping, MING Wei, ZHOU Zhanzhao, et al. Analysis and Comparison of PHC Pipe Pile and Bored Pile[J]. China Concrete and Cement Products, 2015, 42(10): 39-43.

[8] TB 10093-2017 铁路桥涵地基和基础设计规范[S].
TB 10093-2017 Code for Design of Foundation of Railway Bridges and Culverts [S].

[9] 吴晓东. 单桩竖向承载力参数确定方法探讨[J]. 建筑工程技术与设计,2014,2(9):940-942.
WU Xiaodong. Determination of Vertical Bearing Capacity Parameters of Single Pile [J]. Architectural Engineering Technology and Design, 2014, 2(9): 940-942.

[10] BOWLES, P. E. Foundation Analysis and Design[M]. Singapore: The McGraw-Hill Companies, Inc. 1996.

[11] GLICK, G. W. Influence of Soft Ground in the Design of Long Piles. 2ndICSMFE, VOL. 4, 1948:84-88.

[12] 葛俊颖. 桥梁工程软件midas Civil使用指南[M]. 北京:人民交通出版社,2013.
GE Junying. Guide for the Use of Bridge Engineering Software MIDAS Civil [M]. Beijing: China Communications Press, 2013.

[13] 刘美兰. Midas Civil在桥梁结构分析中的应用(一)[M]. 北京:人民交通出版社,2012.
LIU Meilan. Application of Midas Civil in Bridge Structure Analysis (1) [M]. Beijing: China Communications Press, 2012.

(编辑:赵立红 苏玲梅)