

湖北恩施某铁路隧道定测深孔钻探施工技术

董同新

(中铁第四勘察设计院集团有限公司, 湖北 武汉 430000)

摘要:针对湖北恩施某铁路隧道定测深孔地层中存在的溶洞发育、岩体破碎严重及持续漏失等复杂地质条件,提出采用多级口径跟管扩孔钻进结合套管隔离技术,作为穿越上部溶洞地层的有效解决方案。介绍了钻具坠落(跑钻)事故的处理方法,分析了常规低固相冲洗液、炭质灰岩孔段专用冲洗液及破碎带冲洗液的应用效果,阐述了聚乙烯醇(PVA)通过吸附胶结成膜作用稳定孔壁的机理。同时,总结了导致3个钻孔报废的主要原因。为类似铁路隧道深孔钻探确立了溶洞发育区安全钻进的技术范式。

关键词:铁路隧道;定测深孔;溶洞;破碎;漏失;跑钻;冲洗液;聚乙烯醇(PVA)

中图分类号:P634.5;U452.1 **文献标识码:**B **文章编号:**2096-9686(2025)05-0142-06

Deep hole drilling technology for final survey of a railway tunnel in Enshi, Hubei Province

DONG Tongxin

(China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd., Wuhan Hubei 430000, China)

Abstract: To address the complex geological conditions in the deep boreholes of a railway tunnel survey in Enshi, Hubei, including karst cave development, severely fractured rock masses, and persistent fluid loss, a multi-diameter casing pipe reaming drilling technique combined with casing isolation technology is proposed as an effective solution for traversing the upper karst cave formations. This paper introduces the handling method for drilling tool falling (drill string runaway) accidents, analyzes the application effectiveness of conventional low-solid-phase flushing fluid, special flushing fluid for carbonaceous limestone sections, and fractured zone flushing fluid. In addition, it elaborates on the mechanism by which the polyvinyl alcohol (PVA) stabilizes borehole walls through adsorption, cementation, and film-forming. In the meantime, the primary causes leading to the abandonment of three boreholes are summarized. This establishes a technical paradigm for safe drilling in karst development zones for similar deep-hole drilling in railway tunnels.

Key words: railway tunnel; final survey deep borehole; karst cavity; fragmentation; leakage; drill string runaway; flushing fluid; polyvinyl alcohol (PVA)

0 引言

湖北恩施某铁路隧道定测深孔钻探施工任务目的是查明隧道洞身的地层岩性、地质构造(重点包括断层、构造节理发育分布特征,以及断层破碎带的物质组成)、裂隙发育状况、岩体结构、构造特征、风化程度及厚度、岩溶发育程度、含煤层层段、岩体完整性及其导水性,综合判定围岩分级;查明洞身附近水文地质条件;测定岩层的物理力学指

标等。

该孔设计深度约880 m,完钻孔深860.02 m。因现场施工操作失误等因素影响,历经3次移孔,耗时近8个月(含春节假期),最终完成钻探任务。特别是在2023年12月23日最后一次移孔开孔后,钻遇地层溶洞发育、岩体破碎严重、持续漏失,且发生钻具坠落(跑钻)事故。

收稿日期:2025-06-25; 修回日期:2025-07-24 DOI:10.12143/j.ztgc.2025.05.019

作者简介:董同新,男,汉族,1981年生,高级工程师,地质路基专业,从事铁路勘察设计工作,湖北省武汉市武昌区和平大道745号,1011017050941@qq.com。

引用格式:董同新.湖北恩施某铁路隧道定测深孔钻探施工技术[J].钻探工程,2025,52(5):142-147.

DONG Tongxin. Deep hole drilling technology for final survey of a railway tunnel in Enshi, Hubei Province[J]. Drilling Engineering, 2025,52(5):142-147.

1 地层情况及施工环境条件

实际钻遇地层如表 1 所示(预测地层与之基本相符)。100 m 以浅地层主要为溶洞和灰岩,其中溶洞累计厚度>50 m,占比>50%;中部复杂地层以

219.00~247.20 m 的炭质灰岩(工程俗称“煤层”)和 501.40~510.70 m 的构造破碎带为代表;下部地层主要为砂岩。全孔地层裂隙发育,岩体破碎严重,漏失现象持续发生。

表 1 钻孔实际钻遇地层
Table 1 Actual strata encountered in drilling

序号	孔深/m	层厚/m	岩 性	备 注
1	0~16.90	16.90	粉质黏土	主要成分以粉粒为主,含少量灰岩碎块
2	16.90~24.40	7.50	灰岩	弱风化
3	24.40~25.20	0.80	溶洞	无充填
4	25.20~26.00	0.80	灰岩	弱风化
5	26.00~42.70	16.70	溶洞	全充填,充填物为粉质黏土及灰岩碎块
6	42.70~53.40	10.70	灰岩	弱风化,裂隙较发育
7	53.40~60.00	6.60	溶洞	全充填,充填物为粉质黏土及灰岩碎块
8	60.00~65.50	5.50	灰岩	弱风化,裂隙较发育
9	65.50~83.80	18.30	串珠状溶洞	半充填,充填物为粉质黏土及灰岩碎块
10	83.80~84.50	0.70	灰岩	弱风化,裂隙发育
11	84.50~93.00	8.50	串珠状溶洞	半充填,充填物为粉质黏土及灰岩碎块
12	93.00~219.00	126.00	灰岩	弱风化,裂隙发育
13	219.00~247.20	28.20	炭质灰岩	工程俗称“煤层”
14	247.20~251.00	3.80	砂岩	弱风化,夹灰岩条带
15	251.00~337.00	86.00	灰岩	弱风化,裂隙发育充填方解石脉
16	337.00~379.60	42.60	砂岩	弱风化,夹灰岩条带
17	379.60~403.50	23.90	石英砂岩	弱风化,裂隙发育
18	403.50~452.70	49.20	砂岩	弱风化,夹灰岩条带
19	452.70~457.60	4.90	石英砂岩	弱风化,裂隙发育
20	457.60~462.00	4.40	砂岩	弱风化,夹灰岩条带
21	462.00~465.90	3.90	石英砂岩	弱风化,裂隙发育
22	465.90~501.40	35.50	砂岩	弱风化,裂隙发育
23	501.40~510.70	9.30	构造破碎带	主要成分为砂岩,强风化,泥质含量高,碎块胶结
24	510.70~723.80	213.10	砂岩	弱风化,裂隙发育
25	723.80~725.90	2.10	砂岩	棕红色,弱风化,裂隙发育
26	725.90~860.02	134.12	砂岩	弱风化,裂隙发育

钻孔地处湖北恩施山区,经济相对落后,交通不便。秋冬季干旱少雨且冬季严寒霜冻,野外钻探作业条件艰苦。

2 钻探质量要求及钻探装备

钻孔钻探施工技术质量要求主要依据《铁路工程地质钻探规程》(TB 10014—2012)^[1]执行。

设备配置遵循动力冗余原则,主要装备包括: HXY-6A 型钻机与 BW250 型泥浆泵;SG-18 型四角钻塔、1000 型绳索取心绞车、2 台泥浆搅拌机、潜水泵

及排污泵等;Ø172 mm/Ø150 mm 单管钻具,Ø133 mm/Ø114 mm/Ø96 mm/Ø76 mm 绳索取心钻具。

对钻探设备及管材进行了如下改进:

(1)钻塔底座加固:针对变形严重的钻塔底座钢梁,在钻机底座下层纵向钢梁相邻位置的上层横向钢梁下方,穿设 2 根 3 m 长 Ø71 mm 钻杆,通过长螺杆将其紧固于钻机底座纵向边缘。该方案显著抑制了钻进过程中的设备跳动现象,对维持钻机稳定性和防控孔斜效果显著。

(2)钻杆质量管理:对磨损严重的老旧绳索取

心钻杆实施地表全面检验,系统性更换不合格管材。此举有效降低了钻杆断裂率,大幅减少了孔内事故风险,显著提升了钻探施工效率。

3 钻探施工实践

在分析3次钻孔报废根本原因的同时,认真研究了钻孔地层特点,制定钻孔施工方案:采用3级口径穿过上部100 m以浅溶洞后进入稳定灰岩地层,下 $\varnothing$ 129 mm套管;换 $\varnothing$ 114 mm绳索取心钻具穿过炭质灰岩(工程俗称“煤层”)至完整砂岩并下 $\varnothing$ 110 mm套管;再换 $\varnothing$ 96 mm绳索取心钻具钻进构造破碎带,下 $\varnothing$ 89 mm套管;最后 $\varnothing$ 76 mm绳索取心终孔。

3.1 阶段施工问题与技术决策

(1) 开孔阶段(孔深0~5 m)。以 $\varnothing$ 172 mm单管钻头开孔,揭露粉质黏土层;孔深2.5 m时因碎石掉块导致孔壁失稳,钻杆加接受阻。创新措施:在岩心管下端丝扣部位附近周向镶焊3块4 mm厚铁块以增大环空间隙,成功恢复钻进。

(2) 下管与漏失治理(16.3~43 m)。 $\varnothing$ 168 mm套管下至16 m后换 $\varnothing$ 133 mm绳索取心跟管钻进;孔深22 m时将套管跟进至16.3 m,随后遭遇严重漏失(801/803堵漏剂无效);钻至溶洞充填带时返水中断,采用钻杆外涂黄油反复扫孔方式勉强进尺至43 m。

(3) 套管事故处理(孔深23 m)。判定溶洞底板位置后,启用新购 $\varnothing$ 146 mm套管实施套管扩孔;扩孔至23 m受阻,提钻发现 $\varnothing$ 146 mm接箍断裂于8 m处;后续探查确认 $\varnothing$ 168 mm套管底部脱节错位。

(4) 复合工艺救险(孔深22 m)。为规避起拔 $\varnothing$ 168 mm套管导致废孔的风险,下入带木质导向头的 $\varnothing$ 146 mm套管靴(图1)。针对碎石充填段扩孔负荷大、加杆困难问题,创新采用分步工艺:先用 $\varnothing$ 133 mm单管钢丝钻头捞取碎石;再用带木质导向头的 $\varnothing$ 146 mm套管靴和 $\varnothing$ 146 mm套管跟管扩孔钻进;最终完成 $\varnothing$ 146 mm套管的下入(24.70 m)及 $\varnothing$ 168 mm套管的复位。

(5) 绳索取心工艺应用(孔深120.50 m)。下好 $\varnothing$ 146 mm套管后,换用 $\varnothing$ 133 mm绳索取心钻具配 $\varnothing$ 129 mm钻杆扫孔;穿越多层破碎溶洞充填带时采用高黏度钠膨润土冲洗液护壁;后下入长度120.50 m的 $\varnothing$ 129 mm钻杆作为永久套管。

(6) 跑钻事故溯源(孔深135.60 m)。下好 $\varnothing$ 129 mm套管后,换 $\varnothing$ 114 mm绳索取心钻具钻进至



图1 木质导向头式 $\varnothing$ 146 mm套管靴结构

Fig.1 $\varnothing$ 146mm casing shoe with wooden guide head

126 m遇大裂隙漏失;孔深135.60 m时内管卡死提不动,起出42 m后再尝试提拉内管,拉不动但有震动(跳动),导致孔口夹持器由于钻杆的向上震动(跳动)卡瓦瞬时松脱,引发钻具坠落(跑钻)事故。

(7) 事故处理与遗留问题。首先下原钻杆对接探查确认 $\varnothing$ 110 mm钻杆于84 m处断裂后,起出钻杆,后轻松提出内管;其次下108 mm公锥,锥到却顶不动,后 $\varnothing$ 71 mm钻杆顶断了;最后采用反丝工艺取出部分钻具: $\varnothing$ 71 mm钻杆6 m+108 mm公锥1个+ $\varnothing$ 110 mm钻杆39 m(反丝公锥出现3条纵向裂纹,见图2),最终孔内残留 $\varnothing$ 110 mm钻杆9 m+外管4 m。



图2 公锥裂纹形貌

Fig.2 Surface cracks of fishing taper

(8) 双吊锤冲击。在反 $\varnothing$ 110 mm钻杆时,因 $\varnothing$ 110 mm钻杆丝扣胀大变形难以进入并通过 $\varnothing$ 129 mm套管致严重阻卡,采用双吊锤冲击。双吊锤冲击法技术要点:①构建力传导系统:打杆锚固于孔口;双吊锤通过钢丝绳串联集成。②动态张力控制:打杆预设焊接螺杆固定钢丝绳中部;绳端连接立轴导向杆,确保立轴提升时钢丝绳预紧绷直。③冲击作业流程:立轴分级提升维持钢丝绳张力;实

施上向冲击后重新校核张力锚固点。

(9)事故孔封固决策。鉴于 $\varnothing 129$ mm 套管结构完好,采用水泥浆封孔固结孔内残留的 $\varnothing 110$ mm 钻杆与外管。

(10)复工后终孔成果。扫除水泥塞后换 $\varnothing 96$ mm 绳索取心钻具钻进,穿过破碎带后下入 $\varnothing 89$ mm 套管 515 m,改 $\varnothing 76$ mm 绳索取心钻具钻进并完成终孔;最终钻孔结构见表2。

表2 实际钻孔结构

Table 2 Actual borehole structure

钻头直径/mm	套管直径/mm	套管下深/m
180	168	17.30
150	146	24.70
133	129	120.50
114	110	135.60
96	89	515.00
76	—	—

3.2 溶洞地层钻进挑战与对策

上部孔段穿越碎石充填型溶洞,面临3大难题^[2-3]:(1)孔径稳定性差,大直径钻孔引发孔壁破碎掉块及持续漏失;(2)钻具通过性受限,常规钻进难以成孔;(3)事故风险高,孔深135.60 m处发生钻具坠落(跑钻)事故。

针对性解决方案:(1)采用多级成孔工艺,实施单管跟管扩孔钻进结合套管隔离技术^[4];(2)优化岩心采取,配置钢丝钻头实施捞心;(3)处理跑钻事故,通过立轴提升绷紧钻杆下端钢丝绳,辅以双吊锤冲击法(取得部分效果)。

3.3 冲洗液体系优化与堵漏技术

3.3.1 地层特性与护壁挑战

中下部地层呈现裂隙高度发育、岩体破碎严重、持续性漏失3大特征(图3),构成护壁堵漏的核心难点,直接影响钻进效率与成孔质量。

3.3.2 冲洗液体系设计与应用

3.3.2.1 常规低固相冲洗液

冲洗液配方及处理剂添加顺序:5%预水化钠膨润土+0.3%~0.5%页岩抑制剂水解聚丙烯酰胺盐+0.3%~0.5%降滤失剂羧甲基纤维素+0.5%~1%防塌剂磺化沥青。

冲洗液性能:密度 1.06 g/cm^3 、黏度30 s、失水量12 mL/30 min,泥皮厚度1 mm。



图3 破碎地层岩心样本

Fig.3 Core samples from fractured formation

工艺优化:基于绳索取心各工序(下钻、扫孔、钻进、打捞)的实时状态,动态调整配方参数与性能指标,如孔内出现掉块时,可适当提高冲洗液黏度和密度,如孔内回转阻力变大钻机转速上不去,可添加润滑剂,或更换新鲜冲洗液等,突破传统配方的机械套用局限^[5]。

3.3.2.2 炭质灰岩孔段无固相冲洗液

应用层位:219.00~247.20 m 炭质灰岩(工程俗称“煤层”)。

地层特性:松散碎屑结构、软硬互层、水敏性强,导致孔壁失稳、钻具通过性差。

冲洗液配方及处理剂添加顺序:3%~5%预水化钠膨润土+0.5%~0.8%页岩抑制剂水解聚丙烯酰胺盐+0.5%~0.8%降滤失剂羧甲基纤维素+0.5%~1%防塌剂速氮散。

冲洗液性能:密度 1.04 g/cm^3 、黏度26 s、失水量8 mL/30 min,泥皮厚度0.5 mm。适度黏度、低滤失量、胶结强化,能有效抑制孔壁坍塌^[6]。

工艺优化:如孔内轻微垮塌,应提高冲洗液密度和增加降滤失剂、防塌剂等的加量;投送内管后

加杆困难,可在钻进回次结束时,先加杆,再提拉内管。

3.3.2.3 破碎带聚乙烯醇(PVA)护壁技术

目标层位:501.40~510.70 m 强风化砂岩破碎带。

材料特性:型号 23~99(聚合度 23,黏度大,强度高;醇解度 99,成膜)。

作用机制:渗入裂隙→吸附岩屑→胶结成膜(膜强度 $\propto$ PVA 浓度)^[7]。

现场应用工艺^[8]:(1)10%PVA 冷水预混合;(2)加热搅拌至 90℃溶解(见图 4);(3)冷却后储存备用;(4)将钻具提离孔底后取出内管;(5)通过孔内钻杆灌注 PVA 溶液;(6)泵送常规冲洗液替浆;(7)静置 1 h 成膜护壁;(8)投放内管恢复钻进。



图 4 PVA 溶液加热溶解工艺

Fig.4 Heating process of PVA solution

实际施工中,长破碎地层段经常使用聚乙烯醇(PVA)护壁技术,效果较好。

3.3.2.4 动态堵漏技术实践

材料体系:堵闭氮复合堵漏剂(见表 3,兼具吸附、微膨、凝胶三重特性)。

操作要点(提出内管后):(1)在装有 13~14 L

表 3 单袋堵闭氮堵漏剂组成及质量

Table 3 Components and quantity of single-bag plugging gel leak sealant

序号	组 成	质量/kg
1	成胶树脂	12
2	吸水树脂	3
3	聚丙烯纤维	3
4	成胶剂	7

清水的塑料桶中依次加入:1号剂 0.5 kg,2号剂 0.125 kg,3号剂 0.125 kg;(2)搅拌混合均匀后添加 4号剂 0.3 kg,继续搅拌均匀;(3)将如前配好的浆液共 6桶约 90 L 从钻杆中灌注至孔内;(4)追加适量锯末;(5)用原浆替浆至钻头位置;(6)静置 1~2 h 后恢复钻进。

堵漏效果评估:局部成功案例如 502.55、580、596 m 大裂隙堵漏(PVA+堵闭氮即时见效),综合成功率约 50%。

失效主要原因:(1)替浆量控制失准(过量或不足);(2)多漏点串通效应(处理过程中激活新漏点);(3)封堵材料时效性衰减。

关键辅助措施:(1)水资源保障:配置足量供水系统与大容量冲洗液池(漏失地层钻进先决条件);(2)堵漏优先策略:首选非水泥堵漏剂;失效时采用黄油润滑钻杆顶漏钻进;(3)防塌应急措施:提钻时实施孔口回灌;(4)冲洗液循环优化:采用浓浆搅拌→清水稀释→排污泵二次混匀的阶梯式补给工艺。

3.4 钻孔报废原因分析与经验总结

3.4.1 报废孔技术归因

3次钻孔报废事件(表 4)的根本原因是:人为因素(如钻机操作人员责任意识薄弱、专业技术能力不足)与系统因素(如常规钻探规程执行缺位、应急处置能力欠缺^[9])叠加所致。

表 4 报废孔直接技术原因

Table 4 Direct technical causes of borehole abandonment

报废次序	施工深度/m	直接原因
1	360	漏失地层冲洗液补给不足时盲目注水稀释,导致绳索取心钻具被埋,事故处理失败
2	231	破碎带持续掉块卡钻,水泥封孔过程中钻杆被埋,救援无效
3	28	机台地基填方沉降(堆填厚度 75~76 cm),诱发孔周塌陷形成 2 m×3 m×0.6 m 陷坑

3.4.2 溶洞地层钻探核心认知

基于本孔施工经验,针对溶洞发育区钻进提出以下技术准则:

(1)上部溶洞穿越技术:采用多级口径跟管扩孔钻进+套管隔离复合工艺,确保孔壁稳定。

(2)孔内事故处置规范:详细记录事故孔钻具组合参数(直径、长度、深度、余尺),分析动力系统

异常特征;根据处置反馈实时修正处理工艺;严格检验打捞工具工况^[10]。

(3)PVA护壁技术应用:聚乙烯醇(PVA)通过吸附-胶结-成膜三重作用显著增强破碎孔壁稳定性,降低漏失风险。

(4)漏失地层保障体系:配置足量供水系统与大容量冲洗液池(容积 ≥ 1.5 倍钻孔容积);优先采用非水泥堵漏剂,失效时实施钻杆黄油润滑顶漏钻进。

(5)钻机管理升级:严格遵循《地质岩心钻探规程》(DZ/T 0227—2010);建立岗位责任清单与动态检查机制;实施工序前瞻性推演与应急预案储备。

4 结论

本研究通过恩施铁路隧道深孔钻探实践,确立了溶洞发育区安全钻进的技术范式:

(1)成孔控制技术:上部溶洞地层采用多级跟管扩孔钻进+套管隔离复合工艺;中下部破碎带应用聚乙烯醇定向成膜护壁。

(2)事故防控体系:建立“工况诊断→工具校验→动态优化”事故处置流程;避免机台填方沉降诱发孔周塌陷。

(3)冲洗液技术:PVA溶液(聚合度23)静置1 h后形成连续胶结膜;堵闭氮复合堵漏剂对裂隙漏失的即时封堵(失效主因系多漏点串扰)。

参考文献(References):

- [1] 中华人民共和国铁道部.铁路工程地质钻探规程:TB 10014—2012[S].北京:中国铁道出版社,2012.
Ministry of Railways of the People's Republic of China. Code for geological drilling of railway engineering: TB 10014—2012 [S]. Beijing: China Railway Publishing House, 2012.
- [2] 陈涛,赵华宣,李强,等.贵州裸露型岩溶地下河系统污染防治技术——以遵义坪桥地下河系统污染防治工程为例[J].钻探工程,2024,51(3):60-68.
CHEN Tao, ZHAO Huaxuan, LI Qiang, et al. Pollution prevention technology for exposed karst underground river systems in Guizhou: Taking the pollution prevention project of Pingqiao Underground River System in Zunyi as an example[J]. Drilling Engineering, 2024,51(3):60-68.
- [3] 王明,张强.岩溶区隧道跟管钻进套管受力特性研究[J].岩石力学与工程学报,2021,40(5):1023-1032.
WANG Ming, ZHANG Qiang. Study on mechanical characteristics of casing in pipe-following drilling for tunnels in karst areas [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2021, 40(5):1023-1032.
- [4] 蔡隽,王步清,王虎,等.南方丘陵地区岩心钻探关键技术措施[J].钻探工程,2025,52(2):28-37.
CAI Juan, WANG Buqing, WANG Hu, et al. Key technical measures of core drilling in hilly area of southern China[J]. Drilling Engineering, 2025,52(2):28-37.
- [5] 王鹏飞,郭曜欣,翟育峰,等.小秦岭金矿田3500 m特深孔冲洗液技术[J].钻探工程,2024,51(5):115-121.
WANG Pengfei, GUO Yaixin, ZHAI Yufeng, et al. The drilling fluid technology of 3500m extra-deep hole in Xiaoaqinling Gold Field[J]. Drilling Engineering, 2024,51(5):115-121.
- [6] 麻朗朗,陶士先,邹志飞.白银市土红湾-李家沟煤炭资源详查23-2孔冲洗液技术[J].钻探工程,2023,50(5):81-87.
MA Langlang, TAO Shixian, ZOU Zhifei. Drilling fluid technology for Hole 23-2, detailed investigation of coal resources in Tuhongwan-Lijiagou, Baiyin City [J]. Drilling Engineering, 2023,50(5):81-87.
- [7] 陈立军.聚乙烯醇在破碎地层钻探护壁中的成膜机制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(8):45-50.
CHEN Lijun. Film-forming mechanism of polyvinyl alcohol for borehole wall stabilization in fractured formations[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020, 47(8):45-50.
- [8] 陶士先,纪卫军.地质钻探复杂地层冲洗液对策及应用案例[M].北京:地质出版社,2016.
TAO Shixian, JI Weijun. Flushing Fluid Strategies and Application Cases for Complex Formations in Geological Drilling [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2016.
- [9] 国土资源部.地质岩心钻探规程:DZ/T 0227-2010[S].北京:中国标准出版社,2010.
Ministry of Natural Resources. Specification for geological core drilling: DZ/T 0227-2010[S]. Beijing: Standards Press of China, 2010.
- [10] 杨启文,黄忠高,谢志翔.江西朱溪矿区绳索取芯钻具卡埋事故处理[J].西部探矿工程,2019,31(2):59-60.
YANG Qiwen, HUANG Zhonggao, XIE Zhixiang. Handling of sticking and burying accidents of wireline core drilling tools in zhuxi mining area, Jiangxi[J]. West-China Exploration Engineering, 2019,31(2):59-60.

(编辑 王文)