

成昆铁路

2

线路、工程地质及路基

人民铁道出版社

成 昆 铁 路

第 二 册

线路、工程地质及路基

成昆铁路技术总结委员会

人 民 铁 道 出 版 社

1 9 8 0 年 · 北 京

《成昆铁路》共六册。第一册为综合总结；第二册为线路、工程地质及路基；第三册为隧道；第四册为桥梁；第五册为站场、运营设备及生产建筑物；第六册为画册。

目 录

选 线

一、概况·····	(1)
二、线路走向与重大方案的选定·····	(3)
(一) 全线走向选定的控制因素·····	(3)
(二) 南、北两段线路走向的选定·····	(6)
(三) 线路走向与重大方案选定的体会·····	(9)
三、几项主要技术标准的分析·····	(10)
(一) 牵引种类和机车类型·····	(10)
(二) 限制坡度与加力坡度·····	(10)
(三) 机车交路·····	(17)
(四) 最小曲线半径·····	(18)
四、通过能力和输送能力·····	(20)
(一) 输送能力设计的基本情况·····	(20)
(二) 对运营后实际输送能力的分析·····	(21)
五、选线设计经验·····	(23)
(一) 越岭地段线路设计·····	(23)
(二) 越岭地段克服巨大高差的展线设计·····	(31)
(三) 河谷地段线路设计·····	(40)
(四) 平原、丘陵区线路设计·····	(48)
六、正确处理铁路与工农业及其他建设的关系·····	(49)
(一) 与农业的关系·····	(50)
(二) 与工矿的关系·····	(50)
(三) 与水库建设的关系·····	(50)
七、体会·····	(51)

工程地质概述

一、自然地理·····	(53)
(一) 主要山脉水系·····	(53)
(二) 气候特征·····	(56)
二、地层岩性·····	(57)

(一) 第四系 (Q)	(57)
(二) 新第三系昔格达组 (N)	(58)
(三) 白垩系 (K)	(58)
(四) 侏罗系 (J)	(59)
(五) 三迭系 (T)	(59)
(六) 二迭系 (P)	(59)
(七) 泥盆-志留系 (D-S)	(59)
(八) 奥陶系 (O)	(59)
(九) 寒武系 (C)	(59)
(十) 震旦系 (Z)	(59)
(十一) 下元古界 (P_t)	(59)
(十二) 侵入岩	(60)
三、地质构造	(60)
(一) 成都拗陷	(60)
(二) 峨眉山断块	(60)
(三) 凉山拗褶区	(62)
(四) 安宁河隆起区、滇中拗褶区、三台山隆起区	(62)
(五) 昆明——永善拗褶带	(63)
四、新构造运动及地震	(63)
(一) 新构造运动的迹象	(63)
(二) 新构造运动的特点	(64)
(三) 地震活动情况	(65)
(四) 沿线地震带及各段地震基本烈度的划分	(65)
五、水文地质条件	(68)
(一) 平原区	(68)
(二) 山区	(69)
(三) 地下水的水质	(70)
六、不良地质现象及主要工程地质问题	(71)
(一) 滑坡	(71)
(二) 泥石流	(72)
(三) 崩塌、落石	(73)
(四) 岩溶	(75)
(五) 河岸冲刷及水库坍岸	(75)
(六) 路基变形	(77)
(七) 隧道工程地质问题	(78)
七、工程地质分区	(81)
八、工程地质工作体会	(84)

几种地层的工程地质特征

I、成都粘土	(86)
一、概况.....	(87)
(一) 分布与成因.....	(87)
(二) 地貌与气候.....	(88)
(三) 地层与地质构造.....	(88)
(四) 水文地质.....	(90)
二、工程地质特征.....	(90)
(一) 矿物和化学成分.....	(90)
(二) 物理性质.....	(91)
(三) 力学性质.....	(93)
三、边坡变形的分析.....	(94)
(一) 边坡变形情况.....	(94)
(二) 变形原因分析.....	(97)
四、几点体会.....	(98)
II、红色地层	(99)
一、分布概况.....	(99)
二、区域地质.....	(100)
(一) 地层.....	(100)
(二) 构造.....	(101)
(三) 水文地质.....	(102)
三、矿物化学成分及物理力学性质.....	(103)
(一) 矿物化学成分.....	(103)
(二) 物理力学性质.....	(104)
(三) 风化堆积物的特征.....	(106)
四、主要自然物理地质现象.....	(107)
(一) 滑坡.....	(107)
(二) 错落.....	(109)
(三) 崩坍、落石.....	(109)
(四) 泥石流.....	(109)
五、工程地质条件.....	(110)
(一) 隧道工程.....	(110)
(二) 桥涵工程.....	(112)
(三) 路基工程.....	(112)
六、体会.....	(115)

Ⅲ、含盐地层	(116)
一、基本情况	(116)
(一) 含盐地层的分布	(116)
(二) 主要化学成分和矿物成分	(117)
(三) 主要工程地质问题	(119)
二、混凝土的硫酸盐型侵蚀	(121)
(一) 环境水硫酸根离子的浓度	(121)
(二) 侵蚀性调查	(121)
(三) 混凝土耐蚀性试验	(123)
(四) 混凝土抗硫酸盐型侵蚀的措施	(125)
三、坑道的膨胀变形	(127)
(一) 坑道变形的调查	(127)
(二) 膨胀性试验	(128)
(三) 膨胀现象的分析	(129)
四、边坡的稳定性及填料	(131)
(一) 边坡稳定性及岩石风化的调查	(131)
(二) 含盐地层岩石的物理力学试验	(132)
(三) 处理措施及效果	(136)
五、结语	(137)
Ⅳ、昔格达组	(138)
一、地质概况	(138)
(一) 昔格达组的分布	(138)
(二) 地层与地质构造	(138)
(三) 水文地质	(139)
二、物理力学性质	(140)
(一) 颗粒成分	(140)
(二) 物理性质	(140)
(三) 水理性质	(140)
(四) 力学性质	(141)
三、不良物理地质现象	(143)
(一) 滑坡	(143)
(二) 其它	(146)
四、工程地质条件	(146)
(一) 路基	(146)
(二) 桥基	(147)
(三) 隧道	(148)
Ⅴ、龙街层	(151)
一、分布概况	(151)

二、工程地质特征·····	(152)
(一) 地层、岩性·····	(152)
(二) 矿物成分和化学成分·····	(154)
(三) 物理力学性质·····	(154)
三、工程地质问题·····	(158)
(一) 潜蚀·····	(158)
(二) 滑坡·····	(159)
四、体会·····	(161)

泥 石 流

一、概况·····	(162)
二、泥石流的形成·····	(163)
(一) 地形·····	(163)
(二) 松散固体物质·····	(164)
(三) 水源·····	(166)
(四) 人为因素·····	(167)
三、泥石流的活动特征和危害作用·····	(168)
(一) 流态特征·····	(168)
(二) 冲、淤特征·····	(169)
(三) 危害作用·····	(170)
四、泥石流分类·····	(171)
(一) 按所处的地貌条件分类·····	(171)
(二) 按流域形态分类·····	(171)
(三) 按流态性质分类·····	(171)
(四) 按发育阶段分类·····	(171)
五、泥石流地区的铁路选线·····	(174)
(一) 沉积区的选线·····	(174)
(二) 流通区的选线·····	(175)
(三) 零散分布区的选线·····	(175)
(四) 泥石流地区车站位置的选择·····	(175)
(五) 跨河绕避·····	(176)
六、桥、隧(明洞)工程·····	(177)
(一) 桥梁工程·····	(177)
(二) 隧道(明洞)工程·····	(180)
七、铁路运营中泥石流病害的处理·····	(182)
八、泥石流的观测、试验及综合整治·····	(185)
(一) 现场观测和模型试验·····	(185)

(二) 综合整治·····	(186)
九、结语·····	(188)

路基工程

一、概述·····	(189)
二、几种地层地区的路基·····	(191)
(一) 成都粘土地区的路基·····	(191)
(二) 红色地层地区的路基·····	(193)
(三) 龙街层地区的路基·····	(194)
(四) 元谋组地区的路基·····	(194)
(五) 含盐地层地区的路基·····	(195)
三、高路堤与深路堑·····	(195)
(一) 高路堤·····	(195)
(二) 深路堑·····	(197)
四、崩塌、落石地段的路基·····	(199)
(一) 绕避·····	(199)
(二) 整治·····	(199)
五、软土地区的路基·····	(201)
(一) 滇池软土地段的路基·····	(201)
(二) 其它地段的软土路基·····	(202)
六、水库地区的路基·····	(203)
(一) 观测情况·····	(204)
(二) 对预测坍岸的认识·····	(207)
七、河流冲刷地段的防护及改河、改沟·····	(208)
(一) 河流冲刷地段的防护·····	(208)
(二) 改河、改沟·····	(209)
八、坡面防护·····	(209)
九、基床病害整治·····	(210)
(一) 病害的形成·····	(211)
(二) 病害的整治·····	(211)
十、几点体会·····	(213)

路基支挡及加固工程

一、锚杆建筑物·····	(215)
(一) 锚杆挡墙·····	(215)
(二) 竖向预应力锚杆挡墙·····	(225)

(三) 锚杆防护及加固·····	(227)
二、挖孔抗滑桩·····	(229)
(一) 截面强度计算·····	(229)
(二) 原型观测和现场加载试验·····	(231)
(三) 尚待研究解决的问题·····	(233)
三、挡土墙·····	(233)
(一) 重力式、衡重式挡墙·····	(233)
(二) 挖孔桩基础挡墙和沉井基础挡墙·····	(235)
(三) 托盘式挡墙·····	(238)
(四) 槽型挡墙和扶壁式挡墙·····	(242)
四、桥式路基·····	(245)
(一) 托盘式路基墙·····	(245)
(二) 刚构桥式路基·····	(247)
五、结语·····	(248)

滑坡防治

一、概述·····	(249)
二、滑坡的分布与特征·····	(249)
(一) 成都粘土地区滑坡·····	(250)
(二) 红色地层地区滑坡·····	(251)
(三) 昔格达组地区滑坡·····	(252)
(四) 龙街层地区滑坡·····	(253)
三、防治原则与措施·····	(253)
(一) 防治原则·····	(253)
(二) 方案比选·····	(255)
(三) 关于推力计算的几个问题·····	(257)
(四) 整治措施·····	(257)
(五) 几点施工经验·····	(258)
(六) 养护维修·····	(258)
四、工点实例·····	(259)
实例一、“疏挡结合”整治狮子山滑坡群·····	(259)
实例二、错落转化的会仙桥滑坡·····	(262)
实例三、垂直钻孔群排水的甘洛 1 号顺层老滑坡·····	(265)
实例四、甘洛 2 号洪积锥滑坡·····	(269)
实例五、重叠展线地区的白石岩老滑坡·····	(272)
实例六、乃托车站破碎岩层老滑坡·····	(274)
实例七、用明洞整治的阿底老滑坡·····	(276)

实例八、用桩墙结合整治的沙北滑坡·····	(279)
实例九、用隧道穿过的林场老滑坡·····	(281)
实例十、通车后再次滑动的弯高老滑坡·····	(283)
五、结语·····	(285)

露天爆破

一、抛掷大爆破·····	(287)
(一) 爆破设计、施工的特点·····	(287)
(二) 爆破效果和经济效益·····	(288)
(三) 大爆破路堑边坡的稳定情况·····	(288)
(四) 斜坡地形的爆破漏斗半径·····	(288)
二、松动爆破·····	(295)
(一) 集中药包松动爆破·····	(295)
(二) 深孔松动爆破·····	(299)
(三) 条形药包爆破·····	(302)
三、地质条件与爆破作用和边坡稳定的关系·····	(308)
(一) 岩体结构面与爆破作用和边坡稳定的关系·····	(308)
(二) 岩性与爆破作用和边坡稳定的关系·····	(310)
(三) 爆破地质工作·····	(311)
四、爆破地震效应及对邻近建筑物安全影响的观测分析·····	(312)
(一) 爆破地震波的衰减规律及其特点·····	(313)
(二) 爆破地震破坏影响的主要判据·····	(314)
(三) 爆破地震对桥墩(台)安全影响的检算和观测·····	(315)
五、结束语·····	(316)

路基土石方机械施工

一、概述·····	(318)
二、施工准备·····	(320)
(一) 施工调查及任务分配·····	(320)
(二) 施工组织设计·····	(320)
三、施工方法·····	(321)
(一) 路堤施工·····	(322)
(二) 路堑施工·····	(324)
(三) 铲运与装运施工合理运距的选择·····	(325)
(四) 石方施工·····	(327)
(五) 主要施工操作方法·····	(329)

(六) 其它.....	(330)
四、组织与管理.....	(331)
(一) 体制与分工.....	(331)
(二) 施工管理.....	(332)
(三) 机械管理.....	(332)
五、体会.....	(332)

无缝线路

一、无缝线路的长轨焊接与运输.....	(334)
(一) 长轨焊接与探伤.....	(334)
(二) 长轨列车和长轨运输.....	(335)
二、新线试铺无缝线路.....	(337)
(一) 设计参数的测定.....	(337)
(二) 设计简述.....	(339)
(三) 施工简况.....	(341)
(四) 运营效果.....	(344)
三、特殊地段无缝线路的铺设.....	(344)
(一) 长隧道内16.5%长大坡道上的无缝线路.....	(344)
(二) 400米半径曲线上的无缝线路.....	(348)
(三) 特大桥上的无缝线路.....	(351)
(四) 整体道床上的无缝线路.....	(356)
四、结束语.....	(357)

选 线

一、概 况

成昆铁路是我国西南山区新建的一条重要干线。沿线地形险峻、地质复杂、工程艰巨、工期紧迫，它的胜利建成，是我国铁路建设史上的重大成就。

这条铁路纵贯四川、云南两省，经三市、五专区（州）的23个县境，自成都起，经彭山、眉山、夹江、峨眉、峨边、甘洛、喜德、西昌、德昌、米易、元谋、禄丰、安宁等县而抵昆明。建筑里程长1,083.32公里，运营里程长1,100公里。

铁路出川西平原后，逆大渡河、牛日河而上，经过当年红军长征走过的地区，穿小相岭，经大凉山，沿安宁河，跨金沙江，溯龙川江登上滇中高原，终于滇池湖滨。有2/3的地段是山岭河谷，地形起伏多，高差大。共四次越岭，七处展线，427座隧道，991座桥梁，桥隧长度占全线总长的40%，122个车站中有1/3的站内设有桥隧。如照片1。

铁路通过地区的地质构造极为复杂，所经山区河谷，如牛日河、安宁河、金沙江等的大部分河段，都是大断裂形成的断层谷，新构造运动活跃而强烈，有约200公里的地段位于8、9度地震区，加以沿线气候多变，雨量充沛，致使岩层破碎、山体不稳，各种不良地质现象广泛发育。有分布较广的软弱地层，如成都粘土、昔格达组、龙街层等，大的崩坍、滑坡、泥石流等曾使金沙江、龙川江堵河断流。在勘测设计阶段虽已避开了许多不良地质地段，但采用线仍有滑坡、泥石流、崩坍落石、岩堆等达千余处。此外，尚有岩溶、流砂、岩爆、有害气体等。水文地质条件也很复杂，尤其在含盐、芒硝、石膏地层中的地下水，有强烈的硫酸盐性侵蚀。因而有“地质博物馆”之称。

这条铁路在政治、经济、国防上都具有重要意义。沿线矿藏丰富，有煤、铁、铜、锌、铅、锰、镍和石棉等。大型工业基地正在陆续兴建，如攀枝花钢铁基地，已建成投产。铁路所经地区农业发达，还有大量的森林和水力资源。沿线聚居着彝、苗、藏、壮、白、傣、傈僳等兄弟民族。这条铁路的建成，对于建设钢铁基地，促进西南地区工农业发展，加快社会主义建设，加强各族人民的团结，加强国防，都具有战略意义。

这条重要干线从1956年3月确定了大的走向起至1970年7月建成通车，先后勘测过11,000多公里，比较过大小300多个方案，地质钻探21万多米。勘测设计大体上可分两个阶段：第一阶段是1964年以前，经过编制设计意见书，对线路走向、限坡、加力坡及牵引种类提出了原则意见；初步设计和复线勘测设计，确定了主要技术标准和主要线路方案；进行了部分地段施工设计和重点施工，确定了控制工期的长隧道方案，从而为开展大会战打下了基础。第二阶段是大会战期间，最后审定主要技术标准，补充初测及定测、决定重大方案、编制施工设计并全面施工直至建成。



照片1 长河坝车站——大渡河峡谷

全线通车以来，在沿线地方各族人民大力支持下和铁路局辛勤养护、维修下，线路质量良好，运输畅通，满足了政治、经济和国防要求，完成了各项运输任务。实践证明成昆铁路选线是成功的。大的走向正确，主要技术标准基本上合理，局部线路方案在安全、经济、合理等方面，取得了显著效果；铁路与农业、工矿、水库建设等关系上，处理得较好，配合密切，认真贯彻了“以农业为基础，工业为主导”的方针。

成昆铁路的线路走向比选，是从线路意义上考虑，不因艰险地形和复杂地质条件而舍弃合理的方案，在具体问题上则慎重对待，周密调查，力求符合自然条件。对局部方

案强调从实际出发,查明地质水文情况,要求方案“不留后患”,采取切实有效的工程措施,突出施工、运营安全;越岭线路,根据经济上合理、运营上有利、工期上适应等条件,修建较长的隧道;傍山线路,山坡陡峻、地质不良地段,线路宁可靠里些,隧道修长些,尽量避免隧道洞壁过薄受山体偏压,减少了施工困难;沿河线路,查明两岸情况,充分比较,适时过河,合理采用裁弯取直,以较长隧道通过,避免隧道群,可改善线路和施工条件;洞口位置坚持“早进晚出”,收效较好;跨河线路,桥位处河槽要求稳定,桥长要适应自然河道“宁宽勿窄”,水文资料必须可靠,河道不宜轻易改移,采用高桥、大跨,提高了线路质量;严重的地质不良地段,尽量绕避,无法绕避的地段,即使低填浅挖也要查明情况,采取周密、可靠的工程措施。

选线与布站相结合,选线注意布站均衡、管理便利;布站考虑线路技术条件和工程大小。以满足通过能力的需要为主,也应适合地形、地质和地方运输的要求,不机械地按区间往返时分36分钟布站,而在个别不能满足通过能力的区间则采取双线插入的措施。

在定测与施工过程中,经过深入调查研究,认真分析,设计与施工密切配合,反复比较,逐段落实线路方案,共改善线路157处,长520公里。见表1。

成昆铁路经过几年来的运营实际检验,发现一些与选线有关的和值得重视的问题,如在紧坡长、隧道多、海拔高的山区铁路采用内燃机车,对其机车性能掌握不够,补强机车能力的新设备的研制工作未跟上,影响牵引定数未能按预期设想实现;个别越岭隧道较长的方案,有明显优越性,因工期急迫未能采用,成为处理近期与远期、施工与运营等关系上的教训;个别区间,为解决站距较长,而采取增强通过能力的工程、行车组织和技术装备等措施,尚待试验证实;还有少数山坡落石及泥石流,由于当时认识不足,整治不够彻底;对长大紧坡地段为保持列车运行速度虽然设置了缓坡和不机械地用足限制坡度,但还存在问题。以上这些,对于通过能力、输送能力和养护工作带来一定的影响。

现就选线方面的几个主要问题,分述如后。

二、线路走向与重大方案的选定

(一) 全线走向选定的控制因素

成昆铁路的建设,对于我国加强民族团结、加强国防建设、促进工农业发展,都有重要的意义,尤其对于发展国民经济有更现实的意义,主要是,为了开发这个地区的煤炭资源,建立钢铁基地。这是全线走向选定的控制因素。

自1952年起,在成都至昆明间长达一千多公里,宽约二百多公里的范围内,经过方案研究和勘测,提出东、中、西三大方案进行比较,如图1。

东线自成都经内江、宜宾、彝良、威宁、沾益至昆明,全长1,112公里。

中线自成都经内江、宜宾、巧家、东川至昆明,全长1,033公里。

西线自成都经乐山、西昌、会理、广通至昆明,全长1,167公里。

当时以中线最短、工程最省,又利于云南东川铜矿的开发,作为推荐方案,经批

表 1

1964 年及定测以后的改线情况统计表

顺 号	地 段 名 称	距 离 (公里)	地 貌	主要不良地质现象	工 程 情 况	改线 长度 (公里)	改线 所占 %	改线 处数	改线原因及处数			内 移	外 移
									避障、 改善 线路	施工 冲毁 农田	其他		
1	成都至沙湾	173	川西平原低缓丘陵	成都粘土滑坡	一般路基与局部高填斜挖	1.6	0.9	1	0	0	1	0	0
2	沙湾至埃岱	133	大渡河及牛日河下游峡谷区	危岩落石	以隧道为主，桥隧相连	26.2	19.5	14	3	1	0	2	5
3	埃岱至新基古	28	甘孜盆地（牛日河）	红层滑坡	隧道路基间半	12.0	42.7	7	1	5	0	1	5
4	新基古至铁西	34	牛日河峡谷区	红层滑坡	以隧道为主，一处迂回展线	23.9	70.0	9	0	8	1	0	7
5	铁西至喜德	108	牛日河上游及孙水河上游及瓦吉木梁子山岭区	红层滑坡	隧道路基间半，有三处迂回展线	55.9	51.5	15	0	10	3	2	0
6	喜德至泸沽	26	孙水河峡谷区	泥石流	以路基为主，少数隧道	15.7	60.0	11	2	0	7	0	3
7	泸沽至德昌	106	安宁河宽谷区	大规模泥石流	以路基为主，大部分为填方	50.2	47.5	11	0	2	1	5	3
8	德昌至金江	136	安宁河及雅砻江峡谷区	“昔格达组”滑坡	隧道路基间半	123.1	91.0	38	6	17	8	3	4
9	金江至红江	80	金沙江峡谷区	大型泥石流、崩塌、危岩落石	以隧道及深挖路基为主	84.5	106	21	1	13	2	0	5
10	红江至羊日河	50	龙川江下游元谋盆地及低山峡谷区	泥石流，“龙街层”及“元谋组”的冲刷、潜蚀	隧道路基间半	22.7	45.4	7	2	4	0	1	0
11	羊日河至广通	66	龙川江峡谷区	泥石流、崩塌、滑坡，含基岩层的滑塌、侵蚀	跨河桥多，桥隧相连	57.7	87.5	12	0	7	0	5	0
12	广通至昆明	143	滇中高原区	红层滑坡，淤泥质粘土	以路基为主	46.9	33.0	11	0	3	4	0	1
13	共 计	1083				520.4	48.1	157	15	75	28	11	28
								%	9.6	47.8	17.8	7.0	17.8

