

南昆铁路地处祖国西南山区，地形险峻，地质复杂，技术标准高，工程艰巨，科技进步任务重。开工建设初期，铁道部针对工程建设中的重点、难点工程制定并实施了勘测、设计、施工、运营的“一条龙”科技进步计划，取得了丰硕成果和巨大效益，使我国山区铁路建设达到了 20 世纪 90 年代国际先进水平（见图 1-1）。

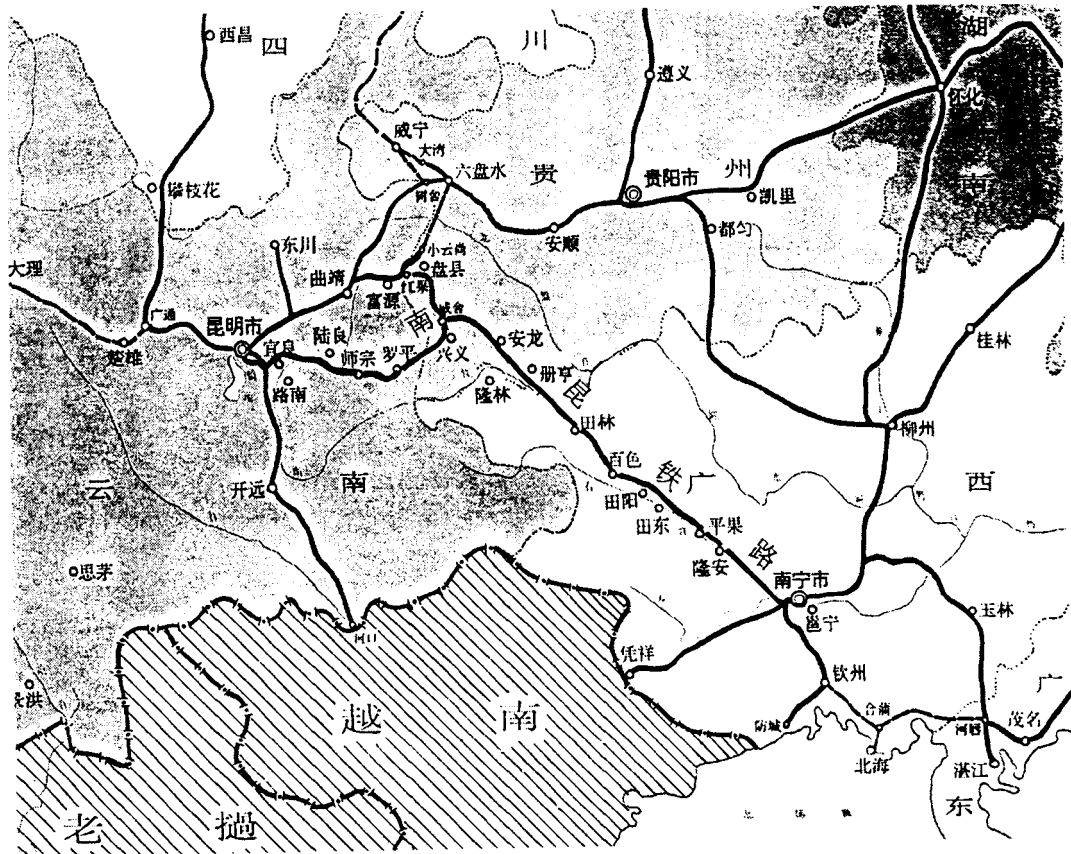


图 1-1 南昆铁路地理位置图

第一章 南昆铁路科技进步概述

第一节 南昆铁路工程特征与科技进步实施

一、线路意义及工程特征

南昆铁路东起广西南宁、西至云南昆明、北接贵州红果，全长 899.68km，新

建长度 864.2km，是我国在西南艰险山区依靠科学技术进步修建的一条具有 90 年代现代化技术水平的长大铁路干线。全线运营长度 895.865km 是我国铁路网的重要组成部分。

南昆铁路的吸引范围大，包括广西的南宁、百色地区 15 个县(市)，贵州黔西南州、盘县特区 7 个县(市)，以及滇东地区，共计 29 个县(市)，面积 $12.4 \times 10^4 \text{km}^2$ 人口 1820 万人。沿线自然资源丰富 以矿产、水能、森林、农业生物和旅游资源为主，尤其是煤、磷、铝土矿和水能资源在国内占有重要地位。

为开发滇东、黔西南和桂西北的丰富自然资源，开拓西南地区由广西出海的捷径，早在晚清和民国初年，有识之士即拟订了修建南昆铁路的奏章和规划。解放以后，党中央三代领导核心一直关心着南昆铁路的建设。20 世纪 50 年代末至 60 年代初，南昆铁路就安排过勘测设计工作和局部地段的零星工程施工。十一届三中全会以后，中央要求加快南昆铁路的建设，1982 年国家计划委员会正式下达了设计任务书，确定了南昆铁路以承担云贵两省磷、煤外运为主的路网任务。进入 90 年代后，以江泽民同志为核心的党中央，于 1990 年 5 月作出批准南昆铁路开工建设的决定，发出了“建设南昆铁路造福西南人民”的号召。经过 6 万余名铁路建设者和沿线三省(区)各族人民历经 7 年的艰苦奋斗，战胜艰难险阻，提前一年于 1997 年 11 月全线建成通车，实现了西南人民的百年夙愿。

南昆铁路为国家 I 级电气化铁路，新建铁路工程具有以下特征：

1. 地形险峻

南昆铁路跨越中国两大地貌阶梯，铁路从海拔 78m 的广西南宁盆地，向西逐渐攀升至云贵高原海拔 1725m 的红果和海拔 1981m 的昆明。沿线所经地貌单元，始于南宁盆地，向西北经百色盆地，溯乐里河河谷而上，穿米花岭分水岭，于八渡跨南盘江，向西溯南盘江峡谷谷坡上至黔西南高原的兴义，跨清水河至威舍。从威舍一支线路向西，顺黄泥河、喜旧溪河上至滇东高原面，经罗平、师宗、陆良溶蚀平原(盆地)和石林原野，于宜良再跨南盘江，顺汤池河、阳宗海、七甸河而至昆明盆地。另一支线路从威舍溯黄泥河向北，穿家竹箐分水岭而至红果。

线路起终点高差 1813m(南宁至昆明)，沿线还有 8 次大的地形起伏，铁路上、下行拨起高度总和达 5254m，全线最高点为位于云南省石林站东的白土山隧道，最高海拔 2088m 高出南宁车站 2010m。如此悬殊的巨大高差，为世界铁路所罕见。全线基本属珠江水系，其中上游之右江、南盘江、清水河、黄泥河等主要支流流经处 多为谷深坡陡、峡谷深切、水流湍急、起伏剧烈、人迹罕至、交通闭塞 是我国继成昆铁路之后修建的更典型的山区干线铁路。

2. 地质复杂

沿线地质构造受东西向、云南山字型、新华夏系和南北向等 4 大构造体系控制, 断裂发育, 岩体破碎, 岩性多变, 水文地质条件复杂。沿线地质灾害种类繁多, 分布广泛, 主要工程地质问题有碳酸盐岩区的岩溶 (分布于八渡南盘江以西的云贵高原区及广西平果段, 长 387.6km, 占线路总长的 43.1%)、新生界的膨胀岩土 (分布于南宁、百色盆地中右江沿岸及云南师宗长坡岭, 长 230.0km, 占线路总长的 25.6%)、煤系地层瓦斯 (分布于黄泥河、喜旧溪河河谷与家竹箐, 长 8.1km, 影响 7 座隧道) 和 8、9 度高烈度地震区 (分布于石林至昆明段, 长 84.5km, 占线路总长的 9.4%)。此外, 坡地重力灾害 (滑坡、崩塌、危岩落石等, 主要分布于南盘江、喜旧溪河、汤池河等陡峭谷坡及罗平至师宗陡坡段)、断裂破碎带 (以百色至板桃之潞城大断裂带及宜良南盘江大断裂带为主)、软土泥炭土 (分布于七甸、永丰营等地)、泥石流 (分布于段家河流域及宜良段) 和岩溶区的隧道水害等地质灾害在沿线连绵不断, 地质灾害分布线段总长超过 600km, 占全线总长的 2/3, 一些地质灾害 (如膨胀岩、坡地软土) 已超出了目前的认识水平。与 60 年代被称为“地质博物馆”、视为筑路“禁区”的成昆铁路相比, 南昆线地质灾害的地段更长, 灾种更多, 防治难度更大, 尤其是岩溶、瓦斯、膨胀岩土、泥炭土等不良地质危害更为深重。

因此, 南昆铁路可称为 20 世纪 90 年代修建铁路的“地质灾害展览馆”, 从而给铁路选线和工程建设带来极大困难 (见彩图 1)。

3. 技术标准高

(1) 铁路等级 I 级, 正数数目单线。

(2) 限制坡度, 南宁至百色上、下行 6‰, 百色至陆良、威舍至红果上行 6‰、下行 13‰, 陆良至昆明上行 6‰, 加力坡 13‰, 下行 13‰。

(3) 最小曲线半径 南宁至百色 600m, 其余 400m。

(4) 牵引种类 电力, 机车类型 SS₇ 型。

(5) 牵引定数 3900t。

(6) 到发线有效长度 850m (预留 1050m 条件)。

(7) 闭塞类型, 继电半自动。

(8) 机车交路, 南宁、昆明至威舍折返, 威舍至红果折返。

(9) 设计通过能力 近期 25~31 对, 远期 42~46.5 对, 输送能力 近期 1110×10^4 、 1879×10^4 t, 远期 $1964 \times 10^4 \sim 2567 \times 10^4$ t, 规划期 $3294 \times 10^4 \sim 4153 \times 10^4$ t。

在如此复杂的地形、地质条件下, 修建高标准、大能力、电气化铁路, 决定了工程的艰巨性和技术的复杂性。

4. 工程艰巨

全线新建铁路桥梁 463 座，桥长 72.0km，多高墩、大跨、深基的新结构桥梁。隧道 263 座，总长 195.4km，多长隧道和地质条件恶劣之隧道。桥隧总长 267.4km，占线路总长的 29.7%。其中百色至威舍段桥隧总长占线路总长的 46.0% 威舍至红果段占线路总长的 50.9%。涵洞 2631 座，61 963 横长米，平均每正线路基千米 4.2 座。

全线路基土石方 $10\ 107.4 \times 10^4 \text{m}^3$ ，污工 $672.8 \times 10^4 \text{m}^3$ ，每正线千米指标分别为 $15.99 \times 10^4 \text{m}^3$ 、 $1.06 \times 10^4 \text{m}^3$ 。通过地质灾害区段长达 600km 多高填、深挖、强支挡。

正线铺轨 876.852km 站线铺轨 334.492km 铺道岔 1287 组，铺道碴 $267.33 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

新建、改建车站 95 个（含缓开站 26 个）其中客运站 2 个 编组站 2 个 区段站 2 个 中间站 89 个 建成生产、生活房屋 $76.20 \times 10^4 \text{m}^2$ 。

建成给水、供水站 64 个 通信站 14 个 信号联锁 66 个站 牵引变电所 18 座。

征用土地 3465.4 公顷。总投资 191.0282 亿元 每正线千米造价为 2123.3 万元。

5. 科技进步任务重

(1) 沿线地形地质复杂，线路高差巨大，展线系数（线路长度与直线距离之比）仅 1.23，铁路选线设计难度大。

(2) 穿越地质灾害地段长（累计超过 600km）灾种繁多 处理难度大 路基边坡高陡，支护工程艰巨。

(3) 需要开凿全国最长的单线铁路隧道（米花岭隧道，长 9392m）和瓦斯含量、压力居全国之冠、且具高应力比的家竹箐隧道（长 4990m）。

(4) 需要修建 4 座可跻身国际先进行列的高墩、大跨、平弯新结构桥梁（清水河大桥、板其二号大桥、喜旧溪大桥和八渡南盘江大桥）。

(5) 要努力实现牵引动力内电化、车站作业现代化、运营管理自动化的目标。

(6) 要实现高标准、大能力、投资省、保护环境的目标要求。

二、科技进步的组织实施

为适应在地形、地质极为困难条件下修建高标准南昆铁路的要求，把我国铁路建设的 20 世纪 90 年代综合技术水平集中体现在南昆铁路的设计和施工技术上，铁道部在南昆铁路建设中组织和实施了从勘测设计到施工运营的“一条龙”科技攻关，作为全路科技进步 12 条龙之一。

1. 组织领导

早在南昆铁路建设之初，1992年11月铁道部即成立了以孙永福副部长为组长的南昆线科技进步领导小组。1994年拟订了《南昆铁路科技进步计划（草案）》并组织进行了南昆线科技进步水平与差距的论证。1994年4月铁道部充实调整了南昆线科技进步领导小组，5月在昆明召开了南昆铁路科技工作会议，发布了《南昆铁路科技进步计划》及其实施办法，将全线科技攻关推向高潮。

2. 实施进程

1984年，设计单位（铁道部第二勘测设计院，简称铁二院）在南昆线初步设计中即提出了设立5个方面、共23项科研课题的建议。1990年补充初步设计再次建议将科研课题扩充至39项。铁道部南昆线科技进步领导小组及其办公室成立后，组织进行全线科技攻关项目的立项审批、方案论证、年度中间检查、成果评审鉴定等系统性工作。对4座大桥科技攻关等项目，还专门成立了专家组予以指导。

自1989年南昆线膨胀土路基工程试验立项以来，批准结合工程进行科研、试验项目共39项，新技术推广项目共36项。参加科技攻关项目的承担单位12个，路内外参加单位47个，直接参与的科技人员近千名。铁二院作为总体设计单位，在铁道部南昆铁路科技进步领导小组和铁道部南昆铁路建设指挥部的领导下，依靠路内外兄弟单位的共同努力，主持完成了24个科研、试验项目，其成果凝聚了科技人员的心血和各兄弟单位的艰辛劳动。

3. 攻关结果

通过近10年的协同攻关，目前39项科研、试验项目已全部圆满结题，38项已经铁道部鉴定，作为成套技术已获铁道部科技进步特等奖。其中19项成果尤为突出。38项分项鉴定成果中，13项达到国际先进甚至国际领先的水平，16项达到国内领先（有的项目部分为国际先进）水平。36项新技术推广项目也已按计划全部验收。这些科技攻关项目覆盖了地质路基、桥梁隧道、站场通号、牵引供变电、房屋建筑、环境保护、施工组织等设计与施工领域，在南昆线得到普遍采用，并开始在其它各线推广应用。这些科技成果的应用与推广，为高速度、高标准、高质量的建成南昆铁路和推动全路科学技术进步做出了贡献。同时有力地支持了南昆线通车后运量的迅速增长和运输的安全畅通，产生了巨大的经济效益和社会效益。国家验收委员会1998年12月在南昆铁路工程验收证书中所作结论为：“设计、施工依靠科技，开展科技攻关，采用了一系列新技术、新结构、新工艺、新设备，工程符合设计文件要求和工程质量评定验收标准，线路路基稳定，桥涵隧道结构坚固，轨道状态良好，电气化工程实现了高可靠、少维修的要求”；工程质量可靠，设备运转正

常 整个工程符合国家批复的设计任务书要求 ”,设计和施工质量总评优良 ”。

全线科研、新技术推广共投入经费 1900 万元 , 这虽然尚不足全线总投资的 0.1% , 但成果的效益显著 , 产出与投入之比例甚高。

三、科技进步项目

1. 科研试验项目

南昆铁路结合工程的科研试验项目共计 39 项 , 覆盖铁路建设的各主要技术领域和难重工点 , 可归纳为 5 个领域。其中 , 地质勘察和路基工程领域有 8 项 , 内容涉及地下洞穴综合物探和隧道地质物探预报 , 泥石流灾害研究 , 膨胀岩土和泥炭土特性与路基处理 , 软岩路堑高边坡支挡 , 路堤高边坡的新型桩板墙和加筋土挡墙 ; 桥梁工程领域有 8 项 , 涉及 4 座高墩、大跨、平弯、新结构桥梁 (清水河大桥、板其二号大桥、喜旧溪大桥和八渡南盘江大桥) , 以及新型组合支座、专用移动支架造桥机和拖拉架梁新技术 ; 隧道工程与防灾有 12 项 , 结合家竹箐隧道开展瓦斯隧道施工与运营防灾以及高地应力灾害防治研究 , 结合米花岭隧道研究快速施工、隧道消防、隧道断面测量新技术以及粒状铵油炸药 , 还涉及中等长度隧道快速施工 (分有轨与无轨运输 2 项) 和隧道底部施工作业平台 (分有轨和无轨运输 2 项) 以及隧道抗震新结构 ; 站场与运营设备领域有 8 项 , 涉及通信两项 (小综合光缆和区段光纤数字分插设备) , 信号两项 (区段信号监督监测和高强度绝缘接头) , 牵引供变电 3 项 (牵引变电所保护监控 , 接触网开关监控和杆塔基础) , 房建 1 项 (劲性钢筋混凝土结构) ; 环保和软科学领域 3 项 , 涉及降噪工程、施工组织优化和铁路建设科学管理。汇总于表 1-1 示于图 1-2。

表 1-1 南昆铁路结合工程科研试验项目简表

序号	项 目 名 称	成 果 名 称	主 持 单 位	专 业 领 域
1	提高物探探测地下洞穴的应用效果	提高物探探测地下洞穴的应用效果	铁二院	地质路基
2	隧道施工掌子面前方不良地质预报	隧道开挖工作面前方不良地质预报	中国铁路工程总公司	地质路基
3	南昆线段家河泥石流减灾工程试验	南昆线段家河泥石流灾害研究与防灾对策	铁二院	地质路基
4	软质岩层深路堑高边坡工程试验	新建铁路破碎软弱岩质路堑高边坡防护支挡技术	铁二院	地质路基

续表 1-1

序号	项 目 名 称	成 果 名 称	主 持 单 位	专 业 领 域
5	“T”型截面桩板墙及锚拉式桩板墙	南昆线预应力锚拉式桩板墙	铁二院	地质路基
6	新型加筋土挡土墙工程试验	南昆线新型拉筋加筋土挡土墙	铁二院	地质路基
7	南昆线七甸泥炭土路基工程试验	七甸泥炭土路基处理技术	铁二院	地质路基
8	南昆线膨胀土路基试验工程	南昆线膨胀岩路基工程试验	铁二院	地质路基
9	南昆线板其二号平弯连续刚构桥设计施工技术的研究	主跨 72m 铁路预应力混凝土平弯连续刚构桥建造技术	铁二院	桥梁
10	南昆线清水河预应力混凝土连续刚构桥设计与施工研究	铁路百米高墩大跨预应力混凝土连续刚构桥建造技术	铁二院	桥梁
11	南昆线喜旧溪预应力混凝土连续刚构桥设计与施工研究	铁路双薄壁横联高墩预应力混凝土连续刚构桥建造技术	铁二院	桥梁
12	双壁高墩变截面连续箱梁钢构桥施工技术试验研究	双壁高墩变截面连续刚构桥施工技术	铁二十局	桥梁
13	南盘江 V 型支撑大跨部分预应力连续梁的设计施工技术研究	高墩 V 撑大跨 PPC 铁路连续梁桥建造技术	铁一院	桥梁
14	专用移动支架建造混凝土箱形梁施工技术研究	专用移动支架建造预应力混凝土箱形梁技术	铁道建筑研究设计院	桥梁
15-1	南昆线长大联长柔性墩桥的研究	铸钢橡胶组合支座在长大联长柔性墩桥应用技术	铁二院	桥梁
15-2	用铸钢橡胶组合支座改善桥墩受力状态研究			

续表 1-1

序号	项 目 名 称	成 果 名 称	主 持 单 位	专 业 领 域
16	96m 铁路单线钢桁梁有边跨单孔全伸臂安装技术	96m 铁路单线钢桁梁有边跨单孔全伸臂拖拉安装技术	铁二局	桥梁
17	家竹箐高瓦斯长隧道运营防灾技术试验	家竹箐高瓦斯长隧道运营防灾技术研究	铁二院	隧道
18	隧道施工中瓦斯预测、预防技术	瓦斯隧道安全施工监测管理技术	铁道部南昆铁路建设指挥部	隧道
19	高应力比煤系地层巷道稳定及支护技术	高应力比煤系地层巷道稳定及支护技术	铁二院	隧道
20	南昆线 8、9 度地震区隧道洞口及浅埋大跨段新结构设计试验研究	南昆线 8、9 度地震区隧道洞口及浅埋大跨段新结构设计试验研究	铁二院	隧道
21	单线铁路长隧道快速施工配套技术与设备	单线铁路长隧道快速施工配套技术与设备	中国铁路工程总公司	隧道
22	中等长度单线隧道无轨运输快速施工机械设备配套的研究	中等长度单线隧道无轨运输施工机械设备配套	铁十五局	隧道
23	中等长度单线隧道有轨运输快速施工机械设备配套与技术研究	中等长度单线隧道有轨运输全断面快速施工机械设备配套与技术研究	铁五局	隧道
24	单线隧道底部(仰拱或底板)无轨运输防干扰作业平台的研制	(待鉴定)	铁道建筑研究设计院	隧道
25	隧道底部(仰拱或底板)有轨运输的防干扰活动作业平台的研究	隧道底部施工自行式轨道桥	隧道局	隧道

续表 1-1

序号	项目名称	成果名称	主持单位	专业领域
26	自动极坐标系统在炮眼孔位、断面测量综合应用技术的研究	自动极坐标系统在炮眼孔位、断面测量综合应用技术的研究	铁二局	隧道
27	多孔粒状铵油炸药的研制及应用	重铵油炸药在隧道工程中应用技术的研究	铁二局	隧道
28	隧道消防技术的研究	隧道消防技术的研究	铁道部 科学研究院 和铁二院	隧道
29	小综合光缆试验工程	束管式铁路小综合光缆	铁二院	站场与 运营设备
30	区段光纤数字分插设备试验	铁路区段 68M-SPDH(三次群)光纤数字分插设备	铁二院	站场与 运营设备
31	区段信号设备监督监测系统研究试验及道岔减摩装置研究试验	区段信号设备监督、监测系统	铁二院	站场与 运营设备
32	高强度胶接钢轨绝缘接头	J-1 型 50kg/m、60kg/m 钢轨高强度胶接绝缘接头	北京铁路局	站场与 运营设备
33	牵引变电所微机保护测控自动化装置	牵引变电所微机保护测控综合自动化装置	铁二院	站场与 运营设备
34	研制枢纽站隔离开关微机集中监控装置	站场接触网开关微机集中监控装置	铁二院	站场与 运营设备
35	南昆铁路不良地质地段接触网杆塔基础稳定研究	南昆铁路不良地质地段接触网杆塔基础稳定研究	铁二院	站场与 运营设备
36	高烈度地震区劲性钢筋混凝土结构房屋设计及试验研究	劲性钢筋混凝土结构房屋设计及试验研究	铁二院	站场与 运营设备
37	昆明东铁路降噪工程观测试验	昆明东站铁路降噪工程观测试验	铁二院	环保与 软科学

续表 1-1

序号	项目名称	成果名称	主持单位	专业领域
38	应用层次分析法进行施工组织优化	应用层次分析法进行施工组织设计优选	铁二院	环保与软科学
39	南昆线建设科学管理模式研究	南昆线建设科学管理模式研究	铁道部南昆铁路建设指挥部	环保与软科学

2. 新技术推广项目

新技术推广项目共 36 项，以施工新技术为主，包括地质勘察（2 项）路基施工（7 项）桥梁施工（4 项）、隧道施工（11 项）、站场与牵引供变电（7 项）铺架工艺（2 项）和新设备材料（3 项）等 7 个技术领域，汇总于表 1-2。

表 1-2 南昆铁路新技术推广项目汇总表

技术领域	项目代号	项目名称	承担单位
地质勘察	T7	铁路地质综合勘探技术的推广应用	工程总公司、铁二院
	Z8	南昆线铁路工程遥感地质判释	铁专院
路基施工	T6	路堑边坡光面和预裂爆破技术的推广应用	铁五局、铁十七局、铁十八局
	T15	K-30 荷载板在路基施工中的试验应用	铁十七局、建研院
	Z3	土工布应用	铁十六局、铁二十局
	Z5	石方控制爆破技术	铁二十局
	Z6	预应力锚索坡面防护技术	铁十一局、铁二局、铁二十局、铁十七局、隧道局、铁五局
	Z9	低预应力新型锚杆的开发与应用	铁二局
	Z10	深孔抗滑桩施工技术	隧道局
桥梁施工	T1	高墩模板施工技术的推广应用	铁五局、铁十五局
	T2	高强混凝土泵送技术在桥梁施工中的推广应用	铁五局
	T3	大跨单孔栓焊梁拖拉架设技术	铁十八局
	Z12	带肋钢筋套筒挤压技术	电化局

续表 1-2

技术领域	项目代号	项 目 名 称	承 担 单 位
隧道施工	T5	压气水幕降尘器在隧道施工中的应用	隧道局、铁五局、铁十八局
	T10	隧道衬砌厚度及回填检测技术的研究及应用	工程总公司
	T11	低噪音大风量通风机应用	铁十五局、石家庄铁道学院
	T12	新型通风软管在隧道施工中的应用	铁十一局、铁十五局
	T16	喷射混凝土新工艺在隧道施工中的应用	铁十七局、建研院
	T19	隧道施工控制超欠挖技术	铁五局、铁十六局、铁十七局、铁十八局、铁二十局、隧道局、铁十五局
	Z1	衬砌台车在隧道施工中应用	铁十五局、铁十八局、隧道局、铁二局
	Z7	软弱富水断层带全封闭深孔注浆固结止水技术	铁十五局
	Z15	铁路隧道工程竣工图计算机辅助绘图	铁五局
	Z18	大跨度浅埋软弱围岩隧道施工技术	铁五局
站场与牵引供变电	Z20	家竹箐隧道瓦斯通风节电技术研究	昆明铁路局
	Z19	昆明东自动化驼峰新技术开发	昆明铁路局
	T8	接触网支柱装配、架线调整一次到位施工工艺	电化局
	T9	接触网石质基坑爆破成型技术的应用	电化局
	Z11	牵引变电所施工软母线与引下线一次安设技术	电化局
	Z13	接触网交桩测量软件包的开发应用	电化局
	Z14	EJC-1型变电二次监测车测试技术	电化局
Z21	高压主备电源快速切换及故障自动分段装置推广应用	柳州铁路局	

续表 1-2

技术领域	项目代号	项 目 名 称	承 担 单 位
铺架工艺	Z2	新线铺碴一次到标高压实技术	铁十五局、铁十七局
	Z16	连续长大坡道铺架技术	铁十一局、铁五局
新设备 材料	T14	小型搅拌机自动计量装置推广应用	铁十五局、铁二十局
	T18	混凝土外加剂、外掺料分次投料搅拌工艺的推广应用	铁十五局、铁十七局、铁十八局、铁二十局、铁五局
	Z17	橡胶乳化沥青的应用开发	铁五局

第二节 修建南昆铁路成套技术要览

在地形、地质条件极其复杂的西南山区以高速度修建高标准、大能力、高质量、高效益的电气化南昆铁路，从全线整体而言，主要的关键技术问题是铁路选线、众多地质灾害的防治、高边坡及特殊地质条件路基的防护加固、高墩大跨新结构桥梁的建造、长大隧道和特殊地质条件隧道的施工与防灾、站场运营设备的自动化和电气化，以及建设中的环境保护。通过全方位众多项目的科技攻关，在各主要技术领域都取得了突破性进展，获得了全面的创新成果。这些科技成果的应用和各项新技术的推广采用，使南昆全线的科技进步全面覆盖了各主要的铁路工程领域，全线的综合技术水平达到了 20 世纪 90 年代国际先进水平，并已涌现出若干可列入国际领先行列的开创性成果。可以认为：南昆铁路是我国山区铁路建设继成昆铁路之后的新的里程碑，并已跻身于国际先进行列。下面对南昆铁路各主要技术领域的科技进步成果进行综述。

一、测绘和选线技术

1. 测绘技术

南昆线测绘制图工作，大部分在 20 世纪 70 年代末至 80 年代初完成。为了提高测绘精度，加快进度，缩短流程，全面引进了 DI₁₀ 等全站仪和航测制图技术，实现了平面、高程测量的自动化、程控化。全线航空摄影线路长度约为 1626km 摄影面积 7000 多平方公里，其规模与工作量在我国是少有的。航测制图完成全线 1:2000 和南宁枢纽、昆明枢纽的 1:1000 地形图，以及重点工程 1:500 工点地形图，为方案比选、线路设计提供了面积宽、质量高的地形资料。对地形险峻的清水河大桥等工点采用地面立体摄影测量技术快速、经济、安全。

为充分利用航片、卫片信息量大、精度高的优势，全线进行了航片、卫片的地质判调，一并编制全线工程地质图。同时对重大不良地质工点，通过卫片判释，提供了可靠的地质资料。此外，应用航片的立体判释，选择较好的桥位方案，并确定水文点的空间坐标。同时还进行地方资源、施工条件、建筑材料的判释，为施预工作提供资料。

2. 南昆铁路选线设计主要原则

(1) 突出资源选线的要求

南昆线大量的铁路选线设计工作，是在实行改革、开放政策后的新形势下完成的。为了选出一条走向合理、能力强大的铁路干线，20年来，先后进行过大面积选线、地质选线和大能力选线，对全线主要线路走向、主要技术标准和主要设计方案，进行了充分的论证。

20世纪70年代末至80年代初，根据西南路网的拓展和已在黔西南、滇中出现的煤、磷外运的紧迫要求，结合南昆沿线矿产（130余种）水力（富矿）旅游（遍布全线）等主要经济资源的分布和主要中心城市急待发展的形势，进行了技术选线和经济选线的结合。对主要线路走向，通过南（南宁—百色—罗平—昆明）、北（南宁—柳州—金城江—红果—昆明）中（南宁—百色—兴义—昆明及兴义—红果）三大走向方案和穿插其间的大量局部方案的研究比选，优选出了线路短、工程省、靠近沿线主要经济资源和主要城镇的中线方案，并在1984年、1987年完成初步设计，基本完成了主要线路走向的选择。

(2) 主要技术标准的选择体现了20世纪90年代现代化铁路的设计要求

为适应20世纪80年代后期我国铁路运输出现的全面紧张形势，探索新建铁路主要技术标准和设计能力组合的新模式，1988年至1990年，围绕南昆铁路设计能力问题，再次对南昆线限制坡度、牵引种类、机车类型、牵引定数、到发线有效长度、机车交路等主要技术标准和设计能力的可行性问题，进行了新的探索和论证。经铁道部中间检查，结合国家计委1990年关于调整南昆铁路走向问题的通知，于1990年末编制完成南昆线补充初步设计，同步完成了两端枢纽和全线电气化的工程设计配套，最终完成了主要技术标准和设计能力的选择，全面实现了线路短、工程省、标准高、能力大、造价低的目标，开创了用新技术设备装备南昆铁路的先例。

(3) 以现代化的技术和设备支撑南昆铁路的高标准、大能力目标

为突破南昆铁路沿线复杂地形、地质条件和高墩、大跨、长隧、复杂路基等设计、施工上的难点，实现“牵引动力内电化、勘测手段综合化、设计手段微机化、施工技术应用配套化、车站作业现代化、运营管理自动化”的目标，铁二院在1984年

南昆线初步设计和 1990 年补充初步设计中，提出了与南昆铁路设计和建设同步开展 23 项和 39 项科研课题的建议，以促成以科技保选线、以选线促科研试验目标的实现。

例如：以清水河大桥为代表的高墩、大跨桥梁新技术结构的突破，实现了取消清水河大桥两端可能出现的展线 30km 的目标；以米花岭隧道和家竹箐隧道为代表的长隧道快速施工和复杂地质隧道施工技术的突破，实现了将全线单机牵引区段自百色向西推移 508km 至陆良及红果的目标；一次完成单线铁路电气化牵引和大能力的设计，使新建铁路总长度较 1984 年初步设计（已含顶效方案）再次减少 8.6km 桥隧总长减少 16.7km，远期输送能力自 $(2037\sim 2076)\times 10^4\text{t}$ 预留提高至 $(3294\sim 4153)\times 10^4\text{t}$ 另客车 2 对），实现了以动力换工程以及长交路（最长 518km）轮乘制、集中修（两端枢纽）等目标，最大限度地改善了远期运营条件。

（4）两端枢纽同步进行设计配套，同时形成运输能力

为尽快形成运输能力，南昆铁路同步进行了新线铁路区段和两端枢纽工程的设计配套。对南宁、昆明两客运站同步进行了改造，配套完成了沙井（南宁南）站近期为一级三场（远期为二级四场）的编组站新建工程，新建了昆明东下行到发场及贵阳、南宁方向上行出发线路，形成了昆明东三级四场的格局，妥善地解决了南宁、昆明客站技术改造及一大批枢纽设计和建设中的难题，并为远期其它新线的引入创造了条件。

3. 地质选线实例

采用顶效方案尽快跨上高原面，是突出地质选线优化线路方案的成功实例

南昆线在八渡过南盘江以后，起坡向高原面爬升，登上高原面的早晚，是初步设计研究的焦点问题之一，顶效方案和原南盘江沿江方案是这一过程中应运而生的两大方案。

两方案比选范围，东起自板桃车站，西至威舍区段站，正线长约 180km。顶效方案在上至高原面以前，通过可溶岩地段长约 30km，属峰丛洼地区，地形起伏较大，桥隧工程集中，但因线路走行较高，岩溶发育以垂直形态为主，处理相对较易。沿江方案傍江而行，登上高原面以前通过可溶岩地段长度近 50km 区内峡谷岸坡直立、江水湍急，岸壁常有崩塌、卸荷裂隙发育，大小岩堆连续，并曾堵江断流；谷坡以上为典型的峰丛洼地，溶洞暗河极为发育，此段线路为绕避岩堆、陡崖，主要以隧道穿行于峰丛洼地之下，隧道大规模涌水以及遭遇大型水平溶洞等问题严重，威胁线路。两方案在工程地质上主要有如下差别：

（1）沿江方案板桃至旧州段长近 20km 邻近塘兴-潞城区域性断层，越岭的央牙隧道及其后路基受其严重影响；顶效方案出板桃站后，折向北行，线路逐渐远离

区域性断层，越岭的米花岭隧道较央牙隧道工程地质条件有明显改善。

(2)沿江方案下至南盘江后，在砂页岩河谷中走行约 50km 线路受南盘江规划的梯级水库回水引起的坍岸威胁；顶效方案过南盘江后，即用足限坡紧上，很快脱离河谷，大大减轻了坍岸威胁。

(3)沿江方案进入可溶岩分布区后，直至登上高原面，长近 50km 属严重不良地质的峡谷地段；顶效方案则避开了该段。

(4)顶效方案较沿江方案提前约 40km 登上高原面，较充分地利用了高原面上的地形、地质简单和交通方便的有利条件。

(5)除上述地质条件外，顶效方案虽有重点工程较集中、距兴义市稍远等缺点，但桥隧总长少 37km，估算投资省 1.3 亿元，经综合权衡，最终确定以顶效方案作为定测方案。

4.南昆铁路选线设计实践

南昆线铁路选线设计从 1958 年开始，至 1998 年竣工验收，历时 40 年，从 1975 年方案研究报告以来，主要经历以下 4 个阶段：

(1)1975 年方案研究报告、1982 年方案研究（修改）报告

两次方案研究集中进行全线线路走向的选择与论证，突出了大面积选线，在东西长近 900km、南北宽近 300km 的范围内，对八大线路走向和近百个局部方案进行了大面积比选和调查，完成总工作量 10 900km。对铁二院早期完成的南宁至百色线、昆明至百色线的主要线路走向进行了大范围的补充修改，推荐了靠近沿线主要经济资源和主要城镇、昆明和红果两方向同时接轨的中线方案。该方案经南盘江、兴义至昆明和红果呈“人”字形布局，比原走向缩短线路长度 102.7km。方案研究修改报告将“人”形交叉接轨点由兴义改移至威舍，并进行一系列局部方案的优化，又缩短线路 17.7km，主要线路走向基本满足了线路短、工程省、三省（区）满意的要求。

(2) 1984 年初步设计和 1990 年补充初步设计

完成初步设计线路总长 3086km，突出了地质选线和高原面选线。

1984 年初步设计，进一步比较了隆安右江南北线方案、百榄至岩龙段乐里河左右线方案、板桃至威舍的顶效方案、南盘江左右岸方案、家竹箐越岭隧道方案、月湖南北岸方案、二排坡越岭隧道方案及东西两端接轨点方案，从地质和工程角度完成了这些局部方案的比选。

1990 年补充初步设计，根据电力牵引和大能力的方针，对主要技术标准和相应线路方案进行补充论证，根据地形、地质条件优化了线路走向，并完成了南宁、昆明枢纽南昆线引入工程和全线电气化工程设计配套。全线新建地段线路长度减

少为 862.0km 桥隧总长减少为 251.4km 分别比 1982 年方案报告减少 22.0km 和 24.6km ; 远期设计输送能力预留提高至 $3155 \times 10^4 \text{t}$ 、 $3814 \times 10^4 \text{t}$, 各站到发线有效长预留了远期 1050m 的条件, 实现了长交路、轮乘制、集中修的要求。补充初步设计于 1991 年 3 月获得铁道部审查批准。

(3)1993 年技术设计

进行了大量的优化设计工作, 仅百色至威舍段就有永乐等 6 站西移、平旺和乐里河 2 站东移及取消根龙至八渡局部展线, 从而缩短线路并减少 1 站 对线路方案进行了多处修改完善。技术设计新建线路总长 863.2km 桥隧总长 250.8km, 仅较补充初步设计增长 1.2km 和减少 0.6km, 有效地优化了方案, 控制了工程数量的增长, 获得了“技术设计对线路平纵断面分界点等进行了优化, 避开了一些严重不良的地质地段, 改善了运营及安全条件, 减少了工程投资”的鉴定评价。

(4)1996 年施工图设计及配合施工(至 1998 年)

继续优化设计, 处理工程病害, 根据科技攻关初步成果对一些地段进行改线、改坡、改变工程布局, 将优化和完善设计贯穿到了设计的全过程。例如: 那厘至百色段多段膨胀岩地段的改线、提坡、加设桥梁, 百色至威舍段永乐一号隧道等 5 处滑坡、边坡坍塌以及威舍至昆明段照壁山段的改线和改坡, 避免或减轻了地质病害。施工图设计新建地段线路长度、桥隧总长分别为 864.2km 和 264.3km(均不含枢纽)仅较技术设计增加 1.0km 和 13.5km 但仍较 1975 年方案研究报告减少了 40.9km 和 11.7km。

5. 南昆铁路选线设计的主要技术成果

通过大面积选线, 并在石林、顶效地区等地质灾害集中地段贯彻地质选线的原则, 在板桃至威舍和陆良至宜良等段充分利用高原面地形平缓进行的高原选线, 以及依靠科技进步采用米花岭长隧道和清水河等高墩、大跨桥梁, 改善了线路条件, 缩短了展线长度, 使南昆线选线设计取得了以下主要成果:

(1) 达到了线路短、工程省的目的

全线(含枢纽)建筑长度 899.68km, 运营长度 895.9km, 综合展长系数仅 1.23, 远小于西南地区的成渝(1.92)、宝成(1.38)、川黔(1.41)、贵昆(1.49)、成昆(1.72)等线, 全线线路总长度较 1975 年方案研究报告减少近 40.9km 桥隧总长也有所减少, 减少概算约 8.7 亿元。标志着随着时代前进与科学技术进步, 南昆线的山区铁路选线技术迈上了新台阶。

(2) 实现了标准高、能力大的目标

1990 年补充初步设计中, 全线改按一次电气化牵引、大能力进行设计和建设, 新建线路长度、桥隧总长均比初步设计有所减少, 收到“以动力换工程”之效果。结

合地形、运量特征 选用上行 6‰、下行 13‰为主的单方向限坡，将远期可实现单机牵引区段长度由 232km 提高到 740km，极大地改善了远期运营条件。牵引定数初期即可达 3900t 以上，并预留了远期实现 5450t 的条件，各区段远期输运能力可达 $3294 \times 10^4 \text{t}$ 、 $4153 \times 10^4 \text{t}$ ，高于西南地区其它干线电气化改造后的设计能力的一倍左右 每提高 $100 \times 10^4 \text{t}$ 能力近、远期投资总和仅 560.5 万元，仅相当于同期建设的成昆、川黔铁路每提高 $100 \times 10^4 \text{t}$ 能力所需投资的 16%和 13% 开创了在西南山区建设单线大能力通道的先例和模式。

(3) 满足了技术新、造价低的要求

通过选用大量的高桥、大跨、长隧、强支挡等新技术，给选线设计提供了更大的自由度 最终达到了线路短、工程少、标准高、能力大、技术新、造价低的预定目标。不但建成了一条安全畅通的山区现代化铁路，而且全线每正线千米的概算水平（含两端枢纽及铁路电气化）仅为 2123.3 万元，比铁道部 1999 年颁布的《铁路工程建设项目综合指标》规定的困难山区 I 级铁路造价指标（2852.39 万元/km）低 729.09 万元/km 降低了 1/4。

二、地质勘察技术

针对南昆全线地质条件极其复杂，地质灾害地段长、类型多、危害大的情况，地质勘察中研究和应用了一系列先进技术。

1. 广泛应用遥感技术

在各阶段勘测设计中，对重点不良地质地段和重大地质工点，普遍应用了遥感技术，获得了丰富的地质信息，为地质选线、方案比选和病害处理提供了可靠资料。采用片种为 1979 年摄 1:1.7 万全色黑白航片和 1:10 万~1:50 万假彩色 TM 卫星图像。成果为 1:1 万~1:5 万遥感判释图和 1:20 万~1:50 万全线 TM 卫星影像图及卫片镶嵌图。

南昆线卫片、航片的地质判释内容广泛，效果突出，主要有以下成果：

(1)对编制的 TM 影像图进行地质判释，编制出全线断裂构造判释图，在沿线 60km 范围内共判释出断裂 2500 条，并划分出碳酸盐岩和碎屑岩两类岩性，成为全线工程地质的基础资料^[1]。

(2)利用三个时期的航片进行对比判释，显示了段家河流域植被覆盖的变化趋势和泥石流的动态变化，为流域泥石流的趋势预测和防治规划提供了依据。

(3)对重大地质工点进行遥感图像判释，为方案比选和工程设计服务。例如：对家竹箐隧道进行地质判释后推测了隧道的富水地段；对八渡南盘江大桥的地质判释确认桥位处无深大断裂通过；对石林地区通过判释查明了岩溶分布；对小德