



朱国金在地形图前讲述他设计滇中引水工程楚雄段、昆明段的过程。

题记：“挹彼甘霖 注兹沃土”

《诗·大雅·洞酌》如是说——“洞酌彼行潦，挹彼注兹，可以濯漑。”意思是：“把远（彼）处的流水舀过来注入这（兹）里，用于生活（濯）和生产（漑）。”诞生于2600多年前的这三句诗，准确地表达了朱国金主持并直接参与的牛栏江—滇池补水工程、昆明瀑布公园、滇中引水工程的概况。秋雨霖霖，在昆明瀑布公园，首度与中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司（以下按惯例称“昆明院”、公司董事长按惯例称为“院长”）副总经理、总工程师朱国金晤面，18天后再度走访朱国金，听他讲述他和他供职的这家央企，作为工程建设的“急先锋”，是如何“化腐朽为神奇”，以云南的崇山峻岭和磅礴川水为底色，一而再，再而三地做出一篇篇令世人瞩目的锦绣文章。

朱国金：云岭滇水跋涉人

鲲鹏矫翼 其飞也翥：澜沧江上矗立一座水力升船机

2005年初夏，从昆明到滇西澜沧江小湾电站的盘山公路上，一辆普通的小面包车在山路循环往复地打转，车上的乘客中，有一位26岁的年轻人对这条逶迤山路产生了本能的好奇与紧张：“太险了，很恐怖。”

后来他又到位于金沙江边的丽江永胜县，也是乘坐汽车，沿途的惊险同样令他刻骨铭心。

年轻人叫朱国金，江苏人，刚从南京河海大学水工结构工程专业硕士研究生毕业来到昆明院工作。

小湾以及永胜之行，在惊恐之余，让朱国金第一次感性认识云南，更让他感性认识了大学读书7年从书本上无法认知的知识。

无论是水力发电的开发利用，还是水力资源的开发利用，云南这块沃土和昆明院这个光辉的平台，都给朱国金埋下了后来逐步成才并有相当建树的伏笔。

“我有幸，”他说自己一毕业就赶上了西南水电开发的黄金时期，“参加了景洪水电站、金安桥水电站、糯扎渡水电站、小湾水电站、雷打滩水电站、赵家渡水电站的建设。”

其中，景洪水电站给他的印象最为深刻，因为他在这里用自己的智慧和努力，在同事的协助下，从“无”中生出第一个令人惊悚的“有”。

也因此，朱国金自己的成才人生进入了展翅翱翔的跑道——鲲鹏矫翼，其飞也翥。

朱国金的第一次起飞伴随景洪升船机的诞生。

2007年6月至2008年12月，这一年半，朱国金作为主设人员从事景洪升船机的设计工作，“景洪升船机是世界第一座水力驱动式升船机，当时最大的难题首先是这个升船机无技术规范可供参考、无类似工程实例可供借鉴，尤其是变前人的机械动力为水动力，绝无先例，逼着我们要从‘无’中生出一个‘有’来。”

基于对“水”的特殊了解以及感情，朱国金放弃了国外相同产品以机械原理为内核，而选择了“水力”，做了一篇鲜活灵动的“水文章”，“通过近两年来的不断努力，我们最终成功解决了水力式升船机高耸薄壁塔楼支撑系统的抗震安全性和非等惯性输水系统均衡运行等核心技术问题。”

景洪水电站使用中国原创并具有完全自主知识产权的世界首台水力式升船机，实现澜沧江航道上的船只首次过坝。

“升船机最大提升高度为66.86米，过船吨位500吨，升降时间全程约17分钟，年货运量124.5万吨，”他说，“升船机的诞生，不仅极大地推进了世界升船机技术的进步和发展，更标志着中断近12年的澜沧江（湄公河）航道景洪段恢复通航。”

接下来，从2009年1月到2013年12月，朱国金以整5年的光阴，从头至尾完整做完一个补（引）水项目，从而进一步证明，在昆明院后来几个影响巨大的工程设计的关键节点，他的确是个“人物”。



朱国金（左二）与同事深入隧洞实地踏勘工程情况。

这个补水项目全称作“牛栏江—滇池补水工程”。

“野马似的牛栏江啊，我要请你回头”

对朱国金这类工程设计“急先锋”来说，无论最后的工程作品以怎样的美轮美奂来呈现，它们最初都有一个设计的“创意问题”，也就是一个“无”中生“有”的问题。

“滇池污染举世瞩目，原因很多，其中的一个原因是，流入滇池的清洁水量很有限，不足以较快置换滇池水体，而置换水体，是减轻滇池污染的重要手段。”

“因此琢磨给滇池找到固定的、长期的水源进行补给，通过较大水量的注入，较快置换滇池水体，以此缓解污染，就成为我们这些长年与‘水’打交道的水利规划、设计人关注的问题，”朱国金说，“于是，我们院院长冯峻林以他出身规划专业的敏锐意识，创意了将发源于昆明市远郊、不断有大小溪流、河流汇聚的牛栏江水通过工程方式汲引回灌滇池的宏伟构想。”

朱国金说冯峻林的“构想”实际上是指冯峻林基于专业特质的“水利规划”。

冯峻林现任中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司党委书记、董事长。

1986年7月，冯峻林22岁时毕业于武汉水利电力学院“水资源规划及利用专业”，进入昆明院工作，供职昆明院30多年，一直围绕“水”在做水利、水电的规划工作。

多年的山水跋涉，使冯峻林把目光投注在牛栏江上。

发源于昆明市嵩明县的牛栏江，是金沙江右岸一级支流，干流全长440公里，流域面积13672平方公里，其中云南境内流域面积11408平方公里，多年平均径流量49.5亿立方米，其中云南境内为43.5亿立方米，水资源较为丰富，但开发利用程度较低，全流域只有16%，下游只有2.5%，年调水量5.72亿立方米，仅占牛栏江流域多年平均径流量的12%。

“换言之，利用牛栏江调水补给滇池，水资源方面，具有极大的可行性。”朱国金说。

而对于昆明院来说，早在上个世纪六十年代初就开始对牛栏江水利资源进行调查勘测设计，曾经派遣当时的勘测一队长期驻扎在牛栏江中段工作了10余年，换言之，昆明院对牛栏江的了解非同一般。

冯峻林介绍说，2003年，云南省提出滇池补水问题，随后昆明院就在滇池周边方圆300公里的范围展开了踏勘、调研和论证工作，2007年，经国务院批准，最终确定牛栏江—德泽补水方案：让牛栏江在德泽龙回头、干河建泵站，将江水引回昆明北郊，再通过补水工程落点，也就是今天的瀑布公园，连接盘龙江末端自然河道，进而补水滇池。

“把野马一般的牛栏江请来回救滇池，使命光荣。”

话虽如此，但补水工程开工对于朱国金而言，意味着又迎来一场艰难的挑战。

“2009年1月，我担任了补水工程设计副总工程师，第二年10月任补水

工程设计处副处长，与这个工程相伴始终，”朱国金说，“我作为项目的水工专业副设总，主持了补水工程项目建议书、可行性研究、初步设计、招标设计和施工图所有阶段的水工专业的设计工作，完成了各个阶段的工水专业设计报告，招标设计文件和施工设计图纸。”

补水工程由德泽水库、干河泵站和输水线路组成，“我们昆明院承担了输水线路的设计工作，输水线路最大的挑战是岩溶地质灾害问题，工程区可溶岩占比超过80%，强富水区占比超过45%，施工存在涌水、突水、流沙、塌陷等风险灾害，此外，区域性断层溶洞泥石流地质灾害、软弱岩土体变形破坏、线路穿越活动断裂带、地下水环境与输水隧洞交互影响等都是输水线路设计的难点，国内外均缺少相关设计经验。”

后来施工中遭遇小江断裂带等地质艰险区域，证明了朱国金的说法是准确的。

针对这些特点难点，朱国金带领团队在设计过程中建立了成套技术体系和解决方案，通过设计手段将不良地质条件对工程的不利影响降到最低，“比如，输水线路穿越区域性活动断裂带，如小江断裂带，我们针对西南地区断裂带规模大、活动性强的特点，提出了适应大变形和强地震作用的万向型波纹管伸缩节、双向滑动支座和固定支座相间布置的新型柔性吸能结构系统，这些在补水工程的建设中形成了成功经验，后来也应用于滇中引水工程的勘察设计中。”

补水工程自2013年底建成并投入使用，云南省水利厅副厅长赵永军9月13日向媒体介绍，在生态补水效益方面，截至2021年8月31日，补水工程已累计向滇池补水37.21亿立方米。

昆明院总工程师副主任、科技信息管理中心主任任磊磊说：“按当前滇池湖容13亿立方米计算，相当于将滇池水置换了近三遍。”

配合环湖截污等综合措施，工程运行5年后，滇池水质由Ⅴ类、部分劣Ⅴ类上升至Ⅳ类，为1985年以来最好水质，滇池治污初显成效。

“不仅如此，补水工程在保障昆明城市供水安全方面也发挥了重要作用，”朱国金高兴的是，他和团队的工作产生了极大的正向的“溢出效应”，“由我们承担建设任务的瀑布公园一七水厂一松华坝应急连通工程和对龙连通应急工程将补水工程的引水引至七水厂和灵源水厂，累计向城市应急供水2.8亿立方米，占比主城区供水量的30%，保证了昆明城市供水安全。”

长津激浪 惊川聒谷：昆明“挂”出一帘亚洲最大人工瀑布

如果补水工程是朱国金的亮点，那么，利用补水工程的落点制造的亚洲第一大（壮观）人工瀑布则是这个亮点的最绚丽“句点”。

这个“句点”同样是“无”中生“有”，朱国金则以“昆明瀑布公园总设计师”的身份担任了这个美丽“句点”的擎画师。

“牛栏江的水被引到了昆明北郊与原有的盘龙江交汇，然后沿自然河道进入滇池，本来故事到这里就结束了，”他说，“对于我们昆明院来说，为人工引水渠与自然河道衔接，设计一个自然流畅的落点太简单了——比如通过地下混凝土箱涵，将水源接入盘龙江，从水利工程角度可以实现功能性作用——但是如果是那样，显然不是昆明院的做派。”

在朱国金心中，补水工程如果是一阙美妙的乐章，那么，它的“休止符”不能是一个平庸低调、无声无形的静止，而必须是铿锵悦耳的“金玉振”。

“2008年3月，我和一些院领导来昆明北郊踏勘补水工程的落点，看到有12.5米高的水头（高差），几位院领导提出要利用这个水头做景观，为昆明百姓提供一个别致的‘亲水’景点，”朱国金回忆道，“我们当时的想法是，要考虑利用水的特性做景观，让昆明百姓与水体‘亲’，培养市民的爱水情结，提高城市生活品质。”

这种构想之下，2008年3月的这一天，与其说是孕育了一个前所未有的新景点，毋宁说是一个有关工程建设的新的美学原则在崛起。

曾经有出自园林方面的设计理念，基于安全考虑，设计的流量为1个流量，至多5个流量，也就是每秒1立方米或者5立方米的下泄水量，朱国金认为这样小打小闹建成的水小瀑布，景观就大打折扣了，“水势的冲击力、震撼力体现不出来，水力的美感丧失了。”

“在中国传统文化视野中，”朱国金说，“比如老子的看法，水有两个截然相反的审美向度——柔弱的水与强悍的水，就是说，水有两个相互矛盾的特性，一个是阴柔，看上去潺湲无力，这是宁静的湖泊；一个是壮美，给人以奔腾汹涌一泻千里的感觉，这个应该就是大瀑布。”

在朱国金看来，既然做成瀑布，就必须给人以视觉的极大冲击，要淋漓尽致地展现水的“阳刚”美，“李白写庐山瀑布为什么要说‘飞流直下三千尺’？他的目的是要衬托出后面那句‘疑是银河落九天’，这样就显出了大水际天而来、顺势而下、震撼人心的宏伟力道。”

“也因此，”他说，“在设计时，考虑到不同的来流量，我们建立九龙出水、景观瀑布的数值仿真模型，提前预测瀑布效果，对瀑布流动场景进行三维虚拟现实表达，使大型堰体在各级流量下均能形成完整瀑布，展现‘大流量



朱国金在他的宏伟作品——昆明瀑布公园背对大瀑布讲述他的设计理念。

时壮美，小流量时柔美’的景观。”

“建成后，”昆明院水利水电工程数字化分中心主任王超介绍说，“瀑布宽度400米左右，落差12.5米，设计流量为每秒23立方米，每天是200万立方米，这是目前亚洲幅宽最大、流量最大、规模最大的人工瀑布。”

因为这三“大”，这帘瀑布白昼云蒸霞蔚，入夜惊川聒谷，成为云南人和到云南旅游的人自发前往“朝觐”大水的“打卡点”。

瀑布公园于2016年初建成对市民开放游览，占地面积达484.4亩，水面面积达到209亩，如果用文字来描绘那幅瀑布，郦道元《水经注》中的24个字最吻合——

“长津激浪，瀑布而下；澎湃之音，惊川豁谷， torrent之势，状同洪河。”

“瀑布公园带动了周边土地的大幅升值，盘活整个山水新城，提升了盘龙江乃至昆明城市的形象和品位，促进了地区经济的快速发展，”昆明院副总工程师杨小龙说，“2013年刚开始建设瀑布公园时，周围的地价是每亩100万元，现在是700万元，当年的房价是每平方米三四千元，现在在前面加一个1都不止。”

有趣的是，瀑布公园的设计者、建设者没有留下哪怕一个字的铭记，甚至连媒体报道都从未提及这座美丽公园的设计者和建造者，直到今天，也没人知道朱国金和他的团队以及昆明院孕育、设计、建设这座公园的丝毫信息——泰戈尔《飞鸟集》有两句话说得好：“谢谢火焰给你光明，但是不要忘了那执灯的人。”

2016年1月18日，瀑布公园正式对外开放，以它为核心，一座辐射周遭至少5公里的美丽新城已呈雏形，但此时的朱国金早已深一脚浅一脚跋涉在滇中的大山深谷中——他又到滇中引



朱国金（左一蓝盔者）在工地与施工方中铁16局职工交流。

水工程那个新战场去“执灯”了。

润泽滇中 35 县：穿山越岭汲“金液”

昆明瀑布公园的设计甫定，2011年下半年，朱国金又接到了更大、更艰巨的滇中引水工程设计任务。

“2011年8月，我奉命担任滇中引水工程设计副总工程师，2012年8月兼任滇中引水工程设计分院工程设计室副主任，”朱国金说，“2016年12月任滇中引水工程常务设计副总工程师和滇中引水工程设计分院副院长，2017年2月任滇中引水工程楚雄段、昆明段设计总工程师，9月任滇中引水二期工程昆明段项目部经理。”

这就是说，滇中引水工程楚雄、昆明段总干渠总长259.547公里以及与工程生产相关配套的工程建筑归到朱国金及其团队身上。

毋庸置疑的是，昆明院、朱国金及其团队能获得参与设计滇中引水工程的殊荣，与昆明院和朱国金既有的辉煌“云为”密不可分，昆明院地质勘察院水利水电地质室主任刘皓说：“朱国金提出高海拔山区长距离引调水工程关键技术问题成套解决方案，带领团队完成了掌鸠河引水供水工程、牛栏江—滇池补水工程、滇中引水工程等水资源配置民生工程的勘察设计方案，形成了云南省在复杂地形地质长距离引调水工程的核心技术优势。”

他说，工程于2018年4月进入全面建设阶段，他代表昆明院所负责设计的楚雄段和昆明段，“面临着软岩大变形、穿越断层、突泥涌水、地下隧洞与城市环境交互影响等一系列的世界性难题，尤其是滇中引水第一长隧洞——昆玉隧洞，单洞长104公里，输水流量每秒40立方米，隧洞穿越昆明市主城区，地表环境复杂、地层性状多样。”

在此严峻挑战下，朱国金主持攻关多项技术难题，成功完成了多项第一，“77米国内最深的软土竖井、75米埋深的国内最深城区软土盾构隧洞，突破性的分析方法及设计理念，成功地将该工程单公里综合投资降低至1.1亿元，远低于国内同等规模盾构隧洞综合投资。”

冯峻林介绍说，滇中引水工程从2003年启动规划阶段论证工作，到全面铺开建设，过程长达15年，“我们院投入滇中引水工程的勘察设计团队负责人为院总工程师朱国金，团队主要负责人约30人，多年来昆明院投入了约200名职工开展滇中引水工程勘察设计和重大技术问题科研工作，说实话，滇中引水工程的建设成功，昆明院与有荣焉。”

山泉汪濊：观照云南好“风”“光”

朱国金是自己命运的最佳舵掌人，更是时代的宠儿。

纵观朱国金到昆明院迄今为止的职业生涯，以景洪升船机、牛栏江—滇池补水工程、滇中引水工程可以视为他这段生涯的三个高潮，可圈可点处甚多，朱国金承认自己可能作用突出一些，但离开了云南这片水电气沃土，离开昆明院这个具有辉煌历史的

强大平台，自己微不足道。

他说，追溯昆明院的历史，令人自豪，“比如，‘西电东送’这个伟大的能源战略就是在1982年，由昆明院提出的。”

朱国金更多是从“团队意识”角度看自己的作用，“大型水利水电工程的勘察设计是一项复杂的系统工程，涉及规划、勘察、测绘、地勘、结构、岩土、机电、环保、移民、造价等众多专业的配合和协作，每个项目都需要依靠团队的力量才能完成，我不能包打天下！我在其中扮演‘召集人’‘主持人’‘带头人’角色，或许有些突出贡献，但绝不能因此忽视团队的努力与贡献。”

“杨小龙、李宏祥、李忠、宁宇、许尚勇这5位左膀右臂之外，”朱国金说，“还有26位伙伴应该记住，他们是——李宗龙、马建伟、何盛、黄涛、司建强、郑小芳、胡传彬、易义红、刘欣然、刘皓、何志攀、张翔、赵洪明、张大伟、王超、任杰、周绍红、韦道嘉、侯永平、刘颖、王斐、耿相国、周勇、陈琪等人。”

“一些新技术、新装备的运用也是重要的，我们在工作中紧密结合水电水利工程进行3S技术集成应用和相关的科技攻关并取得了丰硕成果，”朱国金说，“比如，我们于2012年底引进了低空无人机航空摄影测量系统，在此之前还开展了航空影像、卫星影像数据在许多工程中的应用研究，掌握了正射影像图和数字高程模型的制作方法，为建立滇中引水工程区域三维地理场景提供了完备的解决方案。”

“忽惊列岫晓未暹，朔雪洗尽烟岚昏”。征程漫长，迎晓岚送暮霭，跋涉涉水，朱国金又开始新的征程——在“水”之外，他把目光投注到了云南的“风、光”，“我们要把云南的风、光、水三大能源元素有机调配，把它们的最大潜能发掘出来。”

在与向军合著的《抽水蓄能：云南省构建新型电力系统的必由之路》一文中，朱国金提出“云南省以水、风、光为代表的绿色能源资源禀赋优异，当前已基本建成国家级水电基地和‘西电东送’重要送端……然而，高比例新能源接入将给电网安全稳定运行带来诸多问题……抽水蓄能是支撑新型电力系统的重要储能技术和基础装备，对推动能源绿色转型、应对极端事件、保障能源安全、促进能源高质量发展、助力‘碳达峰、碳中和’战略目标有效达成具有重要意义。”

“用大白话说，”朱国金说，“就是云南的风电、光电大有可为，但不稳定，需要用水力这种有保障的发电来予以调和并作基础性保障，云南地形适合发展抽水蓄能发电，因为突破了传统的在江河‘筑坝堵水’产生高差发电的做法，这是‘大水电’的思路，一句话，发展抽水蓄能发电可以使光电、风电事业发展得更好。”

“吃着碗里的，眯到锅里的，琢磨着地里的”这句民间俗谚，用在表达对事业的追求上，用在描述昆明院这类央企的胸襟上，用在纪录朱国金这类有使命感、目光悠远的科技人员身上，不仅不是贬义，而且是最正面的褒赞——

“因为我们是央企，我们是央企人，我们必须有对现实的担当，也必须有对未来的担当。”

逸兴遄飞之际，朱国金吐了心里话。（文/周 钟秀川）