

我为祖国“存”石油

○李仲奎（1970届水利）



李仲奎在国庆70周年成就展黄岛工程模型前

我们这辈人对《我为祖国献石油》这首歌应该都有深刻印象，那是一首歌颂大庆石油工人的歌曲。作为一名清华水利人，我搞了一辈子水电站建筑。下面先从我的“新工人”经历说起，后来与石油结缘，是工作了40年之后的事了。

先当“新工人”

1970年毕业留校后我成为“新工人”，在清华汽车厂造了近三年的“727”牌载重卡车的驾驶楼。那段时间里，为造出百台“727”汽车开展“大会战”，连续加班加点，日夜奋战，“革命加拼命”“要车不要命”是当时最响亮的口号。虽然辛苦些，我们却遇到了好师傅，学会了钣金工、钳工和焊工的一些基本技能，我还买了这些工种的培训书籍和手册，增长了动脑又动手的能力。

三年后，由于当时教改的需要，我从

汽车厂调回到水利系，参加了由张光斗、黄文熙、施嘉炆等当时的“反动学术权威”任教的培训班，进行水利工程专业补课。虽然学校仍保留了我们“新工人”的称号，但当时的工农兵学员们并不认可，他们戏称我们是“太学生”。

俗话说“名师出高徒”，我们这些已经在“文革”前学完基础课的“太学生”们，经过这些“权威”们的培训和熏陶，专业知识果然大有长进，半年之后就开始承担教学、科研、生产等各种任务了。那时“讲成分，但不唯成分论”，我因为出身不属于“红五类”，政治上不是依靠对象，就直接派到了生产第一线，参加北京张坊水库的建设去了。从张坊水库设计大队到密云水库设计处，一干就是五六年。

在张坊水库，拒马河的河滩印上过我踏勘的脚印，大坝防渗墙工地的冲击钻机操作把手上，曾留下了我的汗水。我们住在房山县张坊村冬暖夏凉的窑洞式土坯房里，没想到一场大雨，土坯房顶塌了下来，把床板、脸盆都砸烂了，幸亏赶上大家每月一次的两天回京休假，没造成人员伤亡，算是命大。水库指挥部爱惜人才，让我们搬到离工地最近的“风葫芦台”上，住进用杂木杆子和芦苇席子搭成的油毡房里。

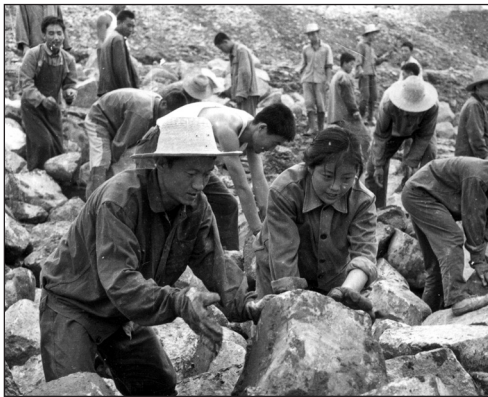
在密云水库，我爬遍了密云水库的全部七座大坝，在各种隧洞、竖井里钻进钻出，爬脚手架，钻钢筋笼。从密云水库高

水位蓄水防渗工程，到1975年河南大洪水后密云水库防洪加固工程，到1976年唐山大地震后的抗震抢险加固工程，我亲手设计、绘制工程图纸不下百张。

那时可不像现在有CAD制图软件，所有的图纸都是手工绘制和复制。首先要在地形图上画布置草图，经过计算定出具体方案和尺寸，再开始在毫米方格纸上按比例绘制出铅笔图；然后将一张透明的硫酸纸盖在铅笔图上，用描图笔沾专用绘图墨水，在透明纸上描出墨水底图，这张底图就像照片的底版一样，可以用来晒出多张供施工使用的蓝图。

工地上没有大设计院里使用的晒图机，就只能手工翻转晒图板来晒图。晒图过程中，晒图纸需要放入熏图筒中，再用氨水熏蒸。有一次出事了，我们从化工商店买来的氨水用完了，工地又急着要图，我只好到溪翁庄大队的农用氨水库里借用。由于没有经验，也没有任何防护措施，我被熏得晕倒在地，几分钟后才清醒过来。

在工地的几年里，我既当设计人员又当监理人员，几乎日夜坚守在施工工地。施工队的工人可以倒班，我们却无法倒班，除正常的巡查和去设计交底外，只要工地来电话，不管白天黑夜、酷暑严寒也要步行几里地，一口气爬上三百多级台阶的大坝，去处理出现的各种工程难题。1976年唐山大地震时，密云白河主坝发生严重滑坡，为了保护党中央和京津冀人民的安全，水利电力部和水电总局调集全国各地的技术力量和施工力量，汇集在密云水库，打开库底的导流廊道放空水库，日夜奋战抢修大坝，增加防洪设施。时任国家主席华国锋同志还到密云水库抢险工地



李仲奎（前左）在密云水库白河主坝坝坡上砌筑护坡石

视察，并参加劳动。我们设计人员则昼夜加班，对大坝的稳定性进行校核，在余震未消之时乘坐海军登陆艇到水库中测量大坝滑坡后水下部分的坡形，以便计算新的坝坡坡比和工程量。我在密云白河大坝上砌筑坝坡块石的照片还被登在了《密云水库报》上，光荣地露了一下脸。

1978年秋季恢复研究生制度，清华水利系也开始招收水工专业本科生，我被安排担任1978级新生班主任，并在职攻读硕士学位，这才又回到久别的清华园，赶上了改革开放的好时机。1980年和1987年先后两次出国进修深造，在清华获得硕士学位后，又于1990年在奥地利维也纳科技大学获得了工学博士学位。

在清华水利系，我从事的是“水电站建筑物”和“地下结构工程”教学，从事的科研是与水电站地下厂房洞室群的布置、设计相关的基础理论和关键技术研究，作为项目负责人参与的国内外项目涉及二滩、三峡、龙滩、江垭、溪洛渡、锦屏一级等水电站的地下厂房；北京地铁隧道叉路段结构研究，盾构隧道与站厅结合

段施工关键技术等；还有联合国资助的伊朗德黑兰引水隧道项目、澳大利亚墨尔本某煤矿岩体稳定数值模拟项目、中日合作的各向异性岩体真三轴试验项目，等等。我主持进行的“溪洛渡水电站地下厂房洞室群三维地质力学模型试验”项目，被以钱七虎院士为首的专家组鉴定为“整体达到国际领先水平”。

为国分忧

读者应该看出来了，我以上从事的这些工作大部分都与“地下”二字密不可分。终于，就在我即将退休之前，山东黄岛国家石油储备基地的陆宝麒总经理找到了我，我这个水利人就与石油结下了不解之缘，这次合作可算是“水油交融”，让我退休之后还能老有所为，为国家战略能源储备项目做了十几年的贡献。

石油作为战略物资在世界政治、经济发展中起着重要作用，具有举足轻重的地位，经过几次能源危机的教训，早已被各国所认同。石油资源在全球的分布极不均衡，使石油成为战略物资，也使得各消费国极其重视石油的战略储存。

改革开放以来，我国政通人和，经济腾飞，人民生活迅速改善，这使石油需求量激剧增加。但受国内资源的制约，供需矛盾日益突出，石油进口量连年增加。随着对国外原油依存度的提高，我国石油稳定供应的难度不断加大，2009年已超过51%，2020年已高达73%。

世界政治、经济、军事形势复杂，国际石油市场风云多变，石油运输通道上危机四伏，在这样严峻的形势下，建立一定规模的战略石油能源储存，是我国国民经济发展的一项重要而迫切的战略任务。

2009年前，我国建设的第一期石油储备基地，还都是在地面上建造大型储油罐群。多次发生的安全事故警示人们，与地面储油罐相比，深埋地下的水封洞库储油，其安全性和经济性都大为提高。在许多专家的建议下，地下储油被决策者逐步接受，成为后来解决我国战略能源储备问题的首选方式。这种方式是在完整性较好的岩体中，于必要的地下水位以下，人工开挖存储石油的大型地下空间。从中国“十二五”第二期国家能源储备项目的黄岛地下水封石洞油库开始，就全部或大部采用了地下储油方式。

其实，早在20世纪60年代末，我国就曾在山东青岛的黄岛地区，建设过一个15万 m^3 的小型地下水封油库，清华土木系也参与了该项工程，且受到了当时军宣队、工宣队的表彰。但由于密封性没有做好后来已经废弃；1977年又在浙江象山建造过一个4万 m^3 的小型地下水封成品油库，仅仅用来为渔船提供柴油。虽然我国以前建造过小型地下水封油库，但与黄岛300万 m^3 的大型地下水封石洞油库相比，那就是小打小闹了。

奋战黄岛

第二期国家战略能源储备基地项目包括山东黄岛、广东某州、某江、辽宁某州四座大型地下水封石洞油库，黄岛项目是唯一可以对外公开的项目。黄岛项目是第一个开工、第一个建成、第一个投入运行的项目，它的工程质量和各项技术指标均达到了国际领先水平。2015年它被评为“中国国家金奖工程”，2019年它被列入了国庆70周年“新中国150个第一”的建设成就，它的模型被放进了北京展览馆国

庆70周年成就展中。

由于黄岛项目是中国第一个超大型地下水封石洞油库，所以缺少经验就成了它最大的难关。国家发展改革委、能源局把这个项目交给了中国能源行业的国企老大——中石化。挂帅这个项目的陆宝麒总经理，就是第一期国家战略能源储备项目黄岛地面储油基地的总经理，他也曾在“引滦济津”大型泵站及引水项目中作出过突出贡献，具有深厚的石油储运的专业知识和极强的领导协调能力。论年龄他还长我一岁，担任黄岛地下水油库建设项目总经理时已是65岁，应是破格留任，大家都尊称他“陆总”。由于行业的差别，他谦虚地表示对“地下工程”一窍不通，四五次来清华邀请我参加这个国家重大工程项目的建设。

我被陆总的“年既老而不衰”的奋斗精神和人格魅力所感染，成了他的“地下工程参谋长”，带领几个博士后组成小团队，参与了黄岛项目施工的全过程。在工程施工结束合同到期后，又被聘请继续担任了项目的“高级技术顾问”，完成整个地下储库的气密性试验工作，使项目各项指标符合验收标准，并达到国际领先水平。

我也确实没有辜负陆总的期望，没有给清华丢脸，没有辜负工程参建单位对我的赞誉“清华金牌教授”这一名声。虽然在工程进行不到一年后，我也到了65岁，清华按规定给我办理了退休手续，但还是保留了我在清华的科研条件，使我能继续黄岛地下水封洞库的工作。而工地条件与校内比还是要艰苦得多，吃住行都要自己解决。尤其到后期，博士后出站了，所有事情都需要我一个人来完成，既当顾问，

又当翻译，还当司机，可谓名副其实的“万金油”了。

我曾带着几位博士后爬遍了洞库区域的山上山下，钻遍了地下所有的隧道、洞库。追随着工程开挖的进程，收集各种观测、监测数据，分析博士后计算结果，推测地下围岩条件的稳定性和可能发生的风险，为地下工程动态设计和动态施工提出相应建议。这些建议大部分为陆总和设计施工单位接受，并最后证明是正确的。除追随施工整个进程不断进行的洞库围岩稳定性综合判识外，值得一提的还有如下几点工作：

- 1.分析了地下水封石洞油库与水电站地下厂房洞室群特点和功能的异同，在详细查勘了洞库区域地形地质条件后，大胆提出了事先调整洞库布置方案的建议，通过超前钻探，把多条主洞库向围岩条件良好的一端各延伸开挖50米，先期增加库容十几万立方米。这为后期因遭遇到严重不良地质条件不能继续开挖而造成的库容损失保留了充分的库容储备，并避免了工期延误。

- 2.从辩证思维的角度以及裂隙渗流与孔隙介质渗流理论的差别，提出了“水封系统的双刃剑作用”这个与国际上流行的对水封系统作用评价的不同看法，纠正了对水幕系统的过度迷信的认知，以及没有科学依据的施工要求。提出水幕注水和灌浆封堵渗漏通道之间的辩证关系，以及不同时期、不同条件下应采取的水封系统运行方式。从而使黄岛洞库群的总渗漏水量减少近2/3，达到国际领先水平，并大大降低了地下水封油库50年生命周期内的运行成本，还能明显减少对环境的危害。

- 3.将水利工程中防渗帷幕与排水孔幕

的设计理念，通过逆向推理应用到地下水封石洞油库，提出“信息化双幕系统”概念及采用的条件和方式，申请并获得国家发明专利。

4.对严重影响整个工程项目的气密性试验进行的ZK003水位观测孔的渗漏难题，提出了正确有效且简单的处理方法，既保证了由国家聘请的外国权威机构主持的气密性试验的如期进行，又保证了该观测孔的功能可继续长期发挥作用。该观测孔深达400多米，如果废弃，则需要重新造孔，该处理方式防止了数十万元的损失。

老有所为

黄岛项目的圆满完成，并未结束我与石油领域的缘分。由于国家能源储备缺口仍然很大，而且计划在“十三五”期间完成的国家第三期地下原油储库工程，因各种原因以及突发的新冠疫情，已经大大滞后预定的工期，所以需要加快推进地下水封洞库的建设。



李仲奎（左）与挪威工程院院士吕明教授在黄岛地下水封洞油库隧道入口留影

自黄岛地下水封石洞油库高质量建成之后，我被黄岛项目的上级部门主管中石化技术部李友生主任推荐到中咨公司（前身为国家计委，承担所有国家重特大项目的咨询和评审，为顶层决策提供依据）作咨询专家。这些年我参与了几乎所有国家第三期地下原油储库项目的考察和评审，以及地下水封石洞油库的国家标准的讨论和制定工作。项目分布从北方的黑龙江到南方的广东、海南，还有沿海的浙江、福建，西部的云南，以及华中地区的安徽省。这些项目的业主包括中国石油界的四大国企——中石油、中石化、中海油和石化石油。我和这些行业的老总、专家、工程师们一起踏勘现场，一起讨论交流，从跨行业和领域的角度取长补短，为中国的战略能源安全贡献才智和力量，可以说是“水油交融”，让我在古稀之年还能为自己的祖国有一点作为。

除此之外，我还接受了水利系领导交给的任务，从著名水利专家谷兆祺教授身后留下的80多本700多万字的笔记中，精选了50多万字，编辑、注释了《谷兆祺教授笔记撷珍》一书，2019年由水利电力出版社正式出版。

在实现“健康地为祖国工作五十年”目标之际，2020年我幸运地被评为清华大学“老有所为”先进个人。虽然奖状不大，也没有所谓的“含金量”，但能得到培养自己多年的母校的认可，我还是很开心快乐的。

随着国内经济迅速恢复，更多的大型地下水封石洞油库正在等待审批并即将开工建设。“廉颇老矣，尚能饭否？”只要国家和母校需要，我还是“小车不溜只管推”。