

文章编号: 0253-9985(2007)05-0570-06

中国古生代海相油气田发现的回顾与启示

康玉柱

(中国石化 石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 1984年在塔里木盆地部署的沙参 2井实现了中国古生代海相油气田首次重大突破, 成为我国油气勘探史上的重要里程碑, 宣布了塔河大油田的诞生, 之后又发现数个古生代油气田, 到中国古生代海相成油理论的建立等, 这一过程充分体现了自主创新的过程, 笔者对其进行了较系统的总结和回顾, 得到的启示是: 加强基础研究是大油气田发现的前提; 开拓创新是大油气田的关键; 技术进步是大油气田发现的必要条件; 坚持勘探、不断实践是大油气田发现的保证。

关键词: 古生代; 海相; 大油气田; 塔里木盆地

中图分类号: TE122.1 **文献标识码:** A

Review and revelation of oil/gas discoveries in the Paleozoic marine strata of China

Kang Yuzhu

(Research Institute of Petroleum Exploration & Production, SINOPEC, Beijing 100083, China)

Abstract In 1984, the Shacan-2 well positioned in Tarim basin, flowed for the first time with large amount of oil and gas marking the discovery of giant Tahe oilfield. It was not only the first significant breakthrough in exploration of the Paleozoic strata, but also an important milestone in Chinese oil/gas exploration history. Since then, several other Paleozoic oilfields were discovered and the theory of hydrocarbon reservoiring in the strata in China was established. It is a period characterized by independent innovations in exploration of the Paleozoic marine strata. Based on a systematic summaries and review of the time, the article concludes that more large oil/gas discoveries depend on many factors, among which deeper basic researches are the precondition, innovations and creativity are the key, technology advancements are the necessary conditions, and continuous explorations and practices are the guarantee.

Key words Paleozoic; marine; large oil and gas field; Tarim Basin

1 古生代海相成油问题的提出

几十年来, 中国古生代海相成油, 一直是国内外专家、学者十分关注的大问题。1913年, 美国美孚石油公司组织了一个调查团对中国的山东、河南、陕西、甘肃、河北、东北和内蒙古部份地区进行石油勘探调查, 没有收获。据此, 美国明尼苏达大学埃蒙教授于 1921年断言“所有的产油层几乎都

毫无例外地都是海相地层或与海相地层密切相关的淡水地层。”1922年, 美国斯坦福大学勃拉克韦尔德教授在一篇题为《中国和西伯利亚的石油资源》的论文中再次强调, 中国没有新生代海相地层沉积, 似乎为“中国贫油”又增加了论据。M.L.Fuller 在《Explorations in China》(AAPG, 1919, Vol. 3)和《Oil Prospects in Northeastern China》(AAPG, 1926, Vol. 10)中论述了对陕北和中国其他地区的勘探。M.L.Fuller等人认为: “中国缺

石油可归因于三个地质条件: 第一, 中、新生代没有海相沉积; 第二, 古生代大部分地层不能生成石油; 第三, 除西部和西北部某些地区外, 几乎所有地质时代的岩石遭受强烈的褶皱、断裂, 并受到火成岩不同程度的侵入”。

多年来, 不少专家、学者对我国古生代海相碳酸盐岩油气勘探作了大量的研究工作, 并在四川盆地发现了一批天然气田^[1 2]。

1969年著名地质学家李四光教授提出: “现在有一个问题, 我想提出来与同志们研究一下, 我们现在找出来的油田都是中、新生代的, 难道我们的古生代就没有油吗? 美国有一半的大油田在古生代, 苏联的第二巴库也是泥盆系, 非洲的阿尔及利亚、利比亚也是古生代的。他们的特点, 都是褶皱构造比较平缓, 我们要在古生代盖层平缓、褶皱缓和的地区集中力量试验一下。譬如, 黔南、四川, 特别是塔里木……从战略上讲, 我们要选一个地方, 早一点去找开一个缺口。”^[3]

因此, 长期以来, 摆在我国石油地质学家、学者们面前有两大难题, 一是中国古生代海相到底有没有石油? 二是古生代海相石油在哪里?

1.1 地质认识上的突破

1970年我们按李四光教授的指示, 运用地质力学理论和方法, 对塔里木盆地进行油气前景评

价, 在编写的《塔里木中新生代盆地油气远景的初步认识》报告中提出, 塔里木古生代由于“古地台”处于相对稳定阶段, 沉积一套海相碳酸盐岩及碎屑岩建造。塔里木盆地为不同性质的大型拗陷与隆起构成, 这些拗陷和隆起, 发育特点不同, 导致含油气性特点也各有不同^[4 5]。它们具有长期相对上升和下沉, 发育巨厚的中新生界和古生界, 对油气形成提供了丰富的物质基础; 且自寒武到二叠纪, 区内表现为长期较稳定的连续下沉, 形成了一套有利生储油碳酸盐岩为主的地层。并首次提出石炭—二叠系是重要的生储油岩系; 盆地大型拗陷区内的隆起及斜坡带, 具长期相对隆起性质, 在注意可能形成的油气聚集的岩相带外, 抓住有利构造进行勘探; 盆地内深大断裂一般具长期活动性, 对盆地的发生和发展, 对含油区和油气聚集带的分布, 有着一定的控制作用, 该盆地油气藏类型多。因此, 塔里木盆地是我国大型的含油气盆地。总体评价: 塔西南地区和塔东北地区油气前景最好, 塔中地区较好^[6 7] (图 1)。

具体部署: 扩大一块 (库车拗陷); 突破一块 (西南拗陷区); 准备一块 (东部拗陷区); 研究一块 (巴楚隆起古生界)

建议地质部快上石油普查勘探队伍, 开展油气勘探工作。

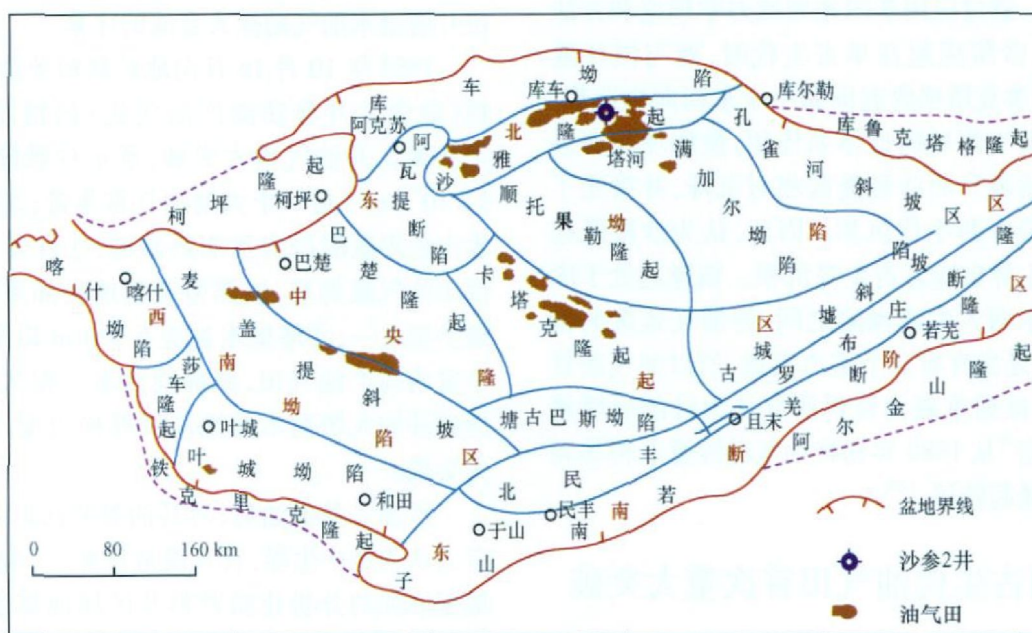


图 1 塔里木盆地古生界油气田分布

Fig. 1 Distribution of the Paleozoic oil and gas fields in the Tarim Basin

1.2 勘探部署

1978年在《新疆塔里木盆地石油地质特征及找油方向》报告中提出:

1) 塔里木盆地是我国主要的含油区之一,它生储油条件良好、④构造条件优越、④成油组合多、圈闭类型多,找油领域广阔;

2) 首次提出盆内寒武-奥陶系发育的一套海相碳酸盐岩是重要的生储油岩系,中央隆起区、沙雅隆起(斜坡)是寻找古生界古潜山油气田(藏)的有利地区^[7~9]

3) 总体部署建议着眼全盆、分区规划、加强普查、择优突破,重点西南、侦察塔东、扩大北部、探索中央,海陆兼顾、油气并举。

总之,塔里木盆地具有统一的前震旦系结晶变质基底,广泛的古生界基础和巨厚的中、新生界盖层;该盆地是多构造体系控制的复合型盆地,具有多旋回演化、多成油组合特征,喜马拉雅运动是一次强烈的构造运动,是盆地定型、油气运移及再分配的重要因素;塔里木盆地具有多圈闭类型,找油领域广泛。因此,塔里木盆地将进一步证明它是我国重要含油气区,是寻找大型油气田的基地。

在 1979年 9月国家地质总局新疆石油普查勘探指挥部(以下简称新指,后改为西北石油地质局)在阿克苏召开的地质工作会议上,针对不同的认识,首先提出由塔西向塔北沙雅隆起(斜坡)转移的意见。通过应用李四光地质力学理论和方法研究认为,沙雅隆起在早古生代时,西与柯坪隆起、东与库鲁克塔格隆起同属一个东西向构造带。晚古生代由于西域构造体系作用,使柯坪与库鲁克塔格开始隆升而沙雅隆起相对沉降,并接受了晚古生代及中生代沉积。因此,认为沙雅隆起不但有中生界也应有古生界沉积。该隆起处于库车和满加尔两大生油拗陷之间,为油气运聚的指向区,其上还发育有几个重力高点,所以油气前景好。另外,根据重磁力资料研究认为目的层埋藏较浅,“新指”从 1980年初将油气勘探重点转移到塔北沙雅隆起转移。^[10]

2 中国古生代油气田首次重大突破

2.1 沙参 2井油气重大突破

1980年将 3个地震队安排在塔北地区作区域

大剖面,并对沙雅隆起开展了 1:200 000万重力普查,以及在塔河南跃进一号重力高点上设计跃参 1井。

经过一年多勘探,在过雅克拉重力高点的二维地震剖面(302线),发现雅克拉古潜山构造。根据取得的新成果编写的 1981年油气勘探总体设计中,就首先提出在雅克拉构造上打沙参 2井的意见。之后在该构造上加密地震测线,搞清其构造形态和高点位置,并确定了具体位置。经审批于 1983年 5月中旬进行井位勘定,1983年 8月 12日,由一普 6008井队施工的沙参 2井正式开钻。1984年 8月中旬该井打到 5 363.50 m,见到了古潜山风化面,并取得少量白云岩岩心,但未见油气显示。当时部份研究人员要求停钻完井,在要不要加深的关键时刻,我们提出:决不能停钻,至少再打 100 m。其理由: ①见一点白云岩还不能确定地质时代,原地质任务尚未完成; ②该井在 3 800多米见到油砂,很可能从深部运移上来的,油气还在下面; ③根据我国古潜山油气藏特征,古风化壳有油不一定在表面,往往在古风化面下一定深度的风化淋滤带内。这个意见得到上级支持,决定加深。经过堵漏,下 7"技术套管,1984年 9月 22日只加深了 28 m,到 5 391.18 m,发现强烈井喷,喜获高产油气流,日产油 1 000 m³,天然气 200×10⁴ m³,实现我国古生代海相油气田首次重大突破,成为我国油气勘探史上的重要里程碑,亦拉开塔里木油气勘探大会战的序幕。

1984年 10月 16日向地矿部领导及专家们汇报《沙参 2井喜获高产油气流》的情况时认为:

沙参 2井油气重大突破,预示沙雅隆起(面积 3×10⁴ km²)是一个大型油气富集带; ④揭开塔里木古生界碳酸盐岩找油新领域; ④沙参 2井是古潜山油气藏类型,该类型是盆地腹部重要的油气藏类型之一; ④塔里木盆地 5 000 m 以下,还有很丰富的高产油气田,深部找油潜力很大。并建议地矿部加大塔里木盆地油气勘探力度,组织找油大会战。

沙参 2井出油后,对其油源的认识众说纷纭,有人认为是中生界,有人说是石炭-二叠系。我们根据原油的分析化验资料及区域地质条件研究,首先提出沙参 2井原油主要来源于寒武-奥陶系海相碳酸盐岩,而且是二次生油的结果,并在 1984年 12月 3日《中国地质报》“揭开塔里木油气之谜

的沙参 2 井”一文中发表, 后经几年的国内外专家学者研究取得统一认识。

2.2 塔北连获油气突破

1985年初, 地矿部为迅速扩大沙参 2 井的油气成果, 决定在塔里木盆地北部进行联合勘探, 调集 6 个地区局约 6 000 人, 在塔北摆开了空前规模的找油大会战。在扩大雅克拉, 东西展开, 注意中、浅油气发现的勘探思路指导下, 从 1985—1990 年实现了油气连续突破, 在 8 个层系 (E, K, J, K, C, O, ϵ , Z) 发现了雅克拉、轮台、阿克库木、阿克库勒、阿克莫奇、西达里亚和艾协克等 7 个古生界油气田 (特别是阿克库勒构造上沙 18 井于石炭系底部获日产油 $1\,400\text{ m}^3$, 天然气 $420 \times 10^4\text{ m}^3$, 成为国内石炭系罕见高产井), 亦迎来了石油部门到塔里木大会战的新局面。

2.3 导向性油气重大突破

1990年下半年地矿部领导指示: 沙雅隆起已经发现多个油气田, 成为油气富集带了, 寻找第二个沙雅隆起 (油气富集带) 成为首要任务。我们根据古生代海相成油特征及地质力学理论, 以西域构造体系的古隆起、古斜坡和断裂带控油理论来进行勘探部署。首先提出了巴楚隆起—麦盖提斜坡开展油气勘探工作, 寻找第二个油气富集带。经勘探部署, 1991 年在此地区开展了地震勘探, 发现了一批扭动性质的构造。1992 年 10 月在麦盖提斜坡的巴什托构造设计麦 3 井于石炭系获高产油气流, 实现了麦盖提斜坡首次重大突破; 1995 年 9 月在巴楚隆起的亚松迪构造上设计巴参 1 井于石炭系获工业油气流, 实现了巴楚隆起突破。

2.4 塔河大油田的发现

自从 1984 年沙参 2 井实现古生代海相油气首次重大突破后, 我们一直坚持纬向构造隆起带的古生界、古隆起、古斜坡找大油气田的思路, 1990 年在沙雅隆起阿克库勒凸起上的艾协克构造部署了塔河油田第一口发现井——沙 23 井。该井于石炭系首次获高产油气流, 并于奥陶系见厚层良好油气显示 (后经酸化压裂也获高产油气流)。1991 年又在桑塔木构造上部署了塔河油田第二口发现井——沙 29 井, 该井于三叠系获高产油气流。为了进一步扩大勘探成果, 加大勘探力

度, 部署三维地震勘探, 1996 年初根据三维地震新资料, 部署了沙 46、沙 47、沙 48 井和 2 口评价井, 于 1997 年在奥陶系均获高产油气流。特别是沙 48 井日产油 $450 \sim 570\text{ m}^3$, 连续 3 年累计产油 $50 \times 10^4\text{ t}$ 成为国内著名的高产稳产井。由此, 发现了塔河大油田。塔河大油田 2006 年累计探明油气地质储量 $7.8 \times 10^8\text{ t}$ 三级储量 $17.0 \times 10^8\text{ t}$ 成为我国第一个古生界大油田。

3 古生代海相成油理论的建立

通过“七五”“八五”科技攻关研究, 总结了塔里木乃至国内多个古生代油气田特征, 于 1992 年初步建立了我国古生代海相成油理论。

3.1 古生代海相成油理论^[7, 8]

3.1.1 多时代、多类型原型盆地叠加成油

中国大陆演化, 经历晚元古代早期的大陆裂谷—震旦纪晚期至早、中奥陶世的洋盆扩张—中、晚奥陶世至志留纪的俯冲消减—志留纪末至泥盆纪的碰撞造山和古中国联合大陆形成—石炭、二叠纪再次拉张挤压阶段, 从而完成了中国大陆古生代演化历史。

上述演化使塔里木、华北和扬子等地块形成多类原型盆地, 如裂陷槽 (裂谷)、大陆周边、克拉通内坳陷、挤压型克拉通等盆地, 其中沉积了盆地相、陆棚相、台地相的巨厚而广泛的碳酸盐岩及泥页岩, 不同时代原型盆地叠加造就了我国古生界形成大油气田的基础。

3.1.2 多时代烃源岩、多期成藏

1) 震旦—二叠系均能生油, 以寒武—奥陶系及石炭—二叠系为主。

2) 主要烃源岩有: 暗色泥岩、页岩、灰岩及泥灰岩等。

3) 生烃特点: 碳酸盐岩有机质丰度相对较低, 有机碳含量 0.3% 以上, 但成烃转化率高; 能二次生烃、多期生烃; 有机质成熟度高。

4) 多期成藏: 总体有 2~4 个成藏期, 如塔里木主要有 4 个成藏期, 即加里东晚期—海西早期、海西晚期、印支—燕山期及喜马拉雅期, 但以喜马拉雅期为主。

3.1.3 多时代成油组合

1) 储集岩具多时代的特点: 储集岩有碎屑岩、碳酸盐岩及岩浆岩, 但以碳酸盐岩为主; 碳酸盐岩的储集空间以裂缝-孔洞或孔洞-裂缝型为主, 非均质性强。

2) 盖层具有多时代特点, 其盖层岩石类型有: 泥岩、页岩、膏盐、致密灰岩等。

3) 纵向成油组合主要有两套: 一是古生界自生自储组合; 二是古生界生油与中、新生界成藏组合。古生界组合以寒武-奥陶系和石炭-二叠系为主。

3.1.4 油气运移远

油气具有长距离运移的特征, 油气纵向可穿过几个地质时代, 横向可运移几十千米至上百千米。

3.1.5 多成藏模式

古生界为主要烃源岩, 生成的油气聚集在多时代储层中, 形成了多种模式:

1) 古生古储, 古生代生成的油气又储集在古生代地层中 (塔里木盆地、四川盆地);

2) 后生古储: 喜马拉雅期生成的油气储集在古生代地层中 (塔里木盆地、鄂尔多斯盆地);

3) 后生中储: 喜马拉雅期生成的油气储集在中生代地层中 (塔里木盆地);

4) 后生新储: 喜马拉雅期生成的油气储集在新生界地层中 (塔里木盆地)。

3.1.6 多油气相态并存

不同时代生油岩的油气并存, 不同成熟度的油气并存, 不同相态的油气并存。

3.1.7 油气分布特征^[9]

油气在全国大地构造分布, 西油东气。油气田主要分布在塔里木、准噶尔、鄂尔多斯、四川渤海湾等盆地。油气分布的特征是:

1) 克拉通盆地古隆起、古斜坡控制油气区域性聚集;

2) 区域性不整合是油气运移和聚集的重要因素;

3) 断裂控制油气的分布。

3.2 古生代海相成油理论有效地指导了油气勘探工作

塔里木盆地自 1984 年沙参 2 井实现古生代海相油气重大突破后, 坚持以古隆起、古斜坡、断裂带及区域性不整合控油等勘探思路, 中石化和中石油两大油气勘探公司先后在塔北、塔中、塔西南发现 30 多个油气田, 共获探明储量达 7.5×10^8 t 油当量。特别是发现了塔河大油田、和田河大气田等。

1984 年塔里木盆地北部沙参 2 井实现中国古生界海相油气首次重大突破后, 以及地质理论认识, 对国内古生界油气勘探有重要的启示、借鉴和指导作用。近年来, 在我国西北、南方油气勘探取得了重大进展, 发现多个古生界大中型油气田。笔者认为, 古生代油气勘探才刚刚开始, 油气潜力巨大, 领域广泛, 必将成为我国油气资源的重要接替领域。

4 大油气田发现的几点启示

4.1 加强基础研究是大油气田发现的前提

沙参 2 井实现重大突破后, 为寻找大油气田进行科技攻关, 开展全面性基础研究, 如地层、沉积相、烃源岩及构造演化等, 并编制了全盆地各类基础图件, 包括各时代、地层划分对比图、厚度图、沉积岩相古地理图、构造图、烃源岩分布图及构造演化图等。通过编图明确了 5 个关键问题: ①各时代地层沉积相特征及展布; ②主要烃源岩展布及演化; ③几套成油组合特征; ④全盆地构造格局及演化; ⑤初步明确了大油气勘探方向和主要目标区。

因此, 才有连获突破—导向性突破—塔河大油田发现。

普光大气田的发现, 也是通过地层沉积相等基础研究, 突破原来的开江—梁平海槽的认识, 明确了本区为浅海碳酸盐岩台地相区的缓坡沉积环境, 并发现礁滩、鲕粒滩等储集相带。

经过钻探, 普光 1 井在下三叠统飞仙关组和晚二叠统的长兴组白云岩生物礁滩和鲕粒滩获高产天然气流, 进而发现了中国南方第一个大气田——普光大气田。

4.2 开拓创新是大油气田发现的关键

油气勘探是一门认识科学,“石油首先在地质家的脑袋里”。

1970年到塔里木盆地进行油气前景评价研究时,对古生界海相有没有油开展了评价研究工作,从首次在盆地西南缘发现石炭-二叠系生油岩(原认为古生界变质了,碳酸盐岩不能生油等),我们首先提出塔里木石炭-二叠系是塔里木盆地重要的生储油岩系。

1978年在对塔里木盆地评价选区研究中,在柯坪地表奥陶系发现一套暗色泥页岩及泥灰岩、灰岩,特别在奥陶系中发现晶洞稠油。经过室内研究,认为这是原生原油。从而又提出寒武-奥陶系是塔里木盆地重要生储油岩系的新认识。因此,在塔里木盆地找古生代海相油有了物质基础,预测塔里木盆地蕴藏有丰富的古生代海相油气田。

1979年根据构造体系控油新思路,提出由塔西南向塔北沙雅隆起转移寻找古潜山油田。1984年古生代首次获得重大突破。

4.3 技术进步是大油气田发现的必要条件

1) 应用先进的三维地震勘探技术,准确落实圈闭和储层识别与预测,发现大油气田: 塔里木塔河大油田; ④塔里木盆地库车山前构造带,克拉2大气田; ④塔里木塔中1号大油气田; 四川盆地川东北普光气田等。

2) 超深井钻井的井筒技术

这些技术包括: 多压力系统的钻井技术; ④成像测井技术; ④先进的测试技术; 储层改造技术等。

4.4 坚持勘探、坚持投入、不断实践是大油气田发现的保证

1) 准噶尔盆地腹部油田的发现,是1955年克

拉玛依油田发现后37年才取得的。

2) 1984年沙参2井实现了我国古生代海相首次重大突破,经过13年的科研和实践,于1997年塔河大油田才基本定型。

3) 1989年塔中1实现重大突破后,经过11年,于1998年才发现克拉2大气田。

4) 1989年塔中1实现重大突破后,经14年探索,于2003年才发现塔中1号坡折断裂带——礁滩相形成大型油气田。

5) 川东北地区从1950年开始勘探,共钻探了21口井,经过53年的探索,于2003年才发现普光大气田。

6) 鄂尔多斯靖边大气田是经过几十年勘探于1989年陕参1井获工业气流后才发现的。

参 考 文 献

- 1 金之钧,蔡立国. 中国海相油气勘探前景、主要问题与对策[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(6): 722~730
- 2 马永生,蔡勋育. 四川盆地川东北区二叠系—三叠系天然气勘探成果与前景展望[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(6): 741~750
- 3 李四光. 地质力学概念[M]. 北京: 科学出版社, 1973
- 4 翟晓先. 塔河大油田新领域的勘探实践[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(6): 751~761
- 5 金之钧. 中国典型叠合盆地及其油气成藏研究新进展(之一)——叠合盆地划分与研究方法[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(5): 553~562
- 6 康玉柱. 塔里木盆地石油地质特征[M]. 北京: 石油工业出版社, 1980
- 7 康玉柱,黄有元,黎邦荣,等. 塔里木盆地古生代海相油气田[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992
- 8 康玉柱. 中国主要构造体系与油气关系[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1999
- 9 张渝昌,张荷,孙肇才,等. 中国含油气盆地原型分析[M]. 南京: 南京大学出版社, 1987
- 10 康玉柱. 中国古生代海相成油特征[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1995

(编辑 陈喜禄)