

深层卤水形成问题及其研究方法

地质矿产部水文地质工程地质研究所 编

深层卤水形成问题 及其研究方法

地质出版社

P114.1

9783

深层卤水形成问题及其研究方法

地质矿产部水文地质工程地质研究所 编

地质出版社

内 容 简 介

本书是四川盆地卤碘钾资源研究的一项科学总结,是建国以来四川盆地卤水及其碘钾水文地球化学方面一份系统的科研成果,是国内在深层卤水方面第一部较完整的科研文献,反映了我国在这一学科领域的研究程度。

作者以自己的实际资料和前人的大量资料为依据,运用将今论古的方法再现了古水文地质发育史,开展了大量的、多种的室内模拟实验和微观研究,应用了多元数理统计法和电子计算机技术,在综合分析研究的基础上,对三叠系深层卤水及其碘钾形成富集规律、水化学找钾方法和沉积岩沉积特征及孔隙成因等方面均提出了新的认识,不仅概括了规律性,同时还总结了研究方法。因此,在生产上和理论上均有一定的参考价值。

可供从事水文地质、矿床水文地质、水文地球化学、沉积岩石学、数学地质等工作以及大专院校有关师生参考。

深层卤水形成问题及其研究方法

地质矿产部水文地质工程地质研究所 编

*

水文地质工程地质研究所编辑

责任编辑:汪蕴璞

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·全国各地新华书店经售

•

开本: 787×1092¹/₁₆·印张: 15³/₈·插页: 7个·字数: 359,000

1982年9月北京第一版·1982年9月北京第一次印刷

印数1—4,000册·定价2.40元

统一书号: 15038·新832

前 言

深层卤水是以食盐为主并富含多种稀有元素的一种综合性矿产资源，它的开发利用可有效地为农业、工业、国防、科学技术现代化提供珍贵的矿物原料。开展深层地下水形成及其水文地球化学方面问题的研究，除了能对卤水资源的成因及其开发利用等提出科学的论据外，还有助于解决水文地质学、水文地球化学中重大课题，并扩大对地下水圈的认识，进而丰富和发展地下水形成理论，推动和促进上述学科的发展。

我国是世界上开发利用深层卤水最早的国家，在两千余年前的秦代，就已在四川盆地凿井提卤而著称于世。建国以来，随着油气田、钾盐勘探工作的发展，积累了大量深层水文地球化学资料，促进了深层地下水开发利用及研究工作的进展。

《深层卤水形成问题及其研究方法》是根据国家地质总局（即现地质矿产部，以下同）1972年下达的在四川盆地开展卤、碘、钾研究任务而进行的一项科学总结，是建国以来四川盆地卤水及其碘、钾水文地球化学方面一份系统的科研成果。作者在野外大量工作以及系统收集、整理、研究前人资料的基础上，开展了多方面的室内模拟实验研究，应用多元数理统计方法和电子计算机技术对大量数据进行了处理；从分析古水文地质条件及水文地球化学特征入手，阐明了卤水形成规律及碘钾元素在水中的富集条件；研究了水化学找钾方法和卤水储层的沉积特征、孔隙成因等。由于本课题研究内容比较广泛，投入的力量比较多，更重要的是开展了不同部门之间的大协作，为取得较好的科研成果创造了极为有利的条件。本书是四川盆地深层卤水研究的一部较完整的文献。

本书包括五个部分：

1. 《四川盆地西南地区三叠系卤水形成问题及其勘查开发方向》。文内阐述了卤水赋存的地质、构造环境，阐明了卤水现代水文地球化学特征及其分布规律，从古代和现代水文地质条件两个方面剖析和再现了卤水成生阶段和演化过程，论证了卤水矿床现代保存的水文地质条件，建立了卤水成因类型分类以及论证了卤水资源勘查开发方向。

2. 《四川盆地自贡—泸州地区三叠系工业原料水中碘的形成和富集规律》。文内论述了三叠系地下水的储集类型、地球化学类型和成因类型，碘在各类水中的分布，碘在水中成生和聚集的有机化学条件，古、现代电化学条件及水文地球化学条件，水中碘及其它组分的形成作用和形成阶段，并从水文地球化学角度对碘资源开发方向作出了评价。

3. 《四川盆地西南地区三叠系矿化水中钾的富集规律》。文内论述了含水岩系划分，矿化水的地球化学特征和分类，矿化水中钾的水文地球化学分区，阐述了钾的分布规律，从水文地质、水文地球化学和岩石地球化学条件论述了矿化水中钾的形成和富集规律，并提出了钾资源分区和评价。

4. 《四川盆地自贡地区水化学找钾方法研究》。在阐述研究区地质、水文地质条件的基础上，总结了卤水化学成分特征及成因类型分类，着重论述了水化学找钾标志，较深入地评价了钾溴系数，并应用聚类分析、判别分析、相关分析、趋势面分析和修正展直法等数理统计方法论证了含钾异常的分级、类型、引起异常的原因以及圈定了含钾远景区等等，指出了找钾方向。

5. 《四川盆地自贡地区三叠系沉积特征及孔隙成因的探讨》。文内通过钻孔岩心观察和岩石薄片鉴定的成果,描述了须家河组碎屑岩、雷口坡组、嘉陵江组碳酸盐岩与蒸发盐岩的沉积特征,建立了三叠系岩相古地理模式,在分析古地理环境、古气候及论述孔隙成因的基础上,指出了上述岩层中的孔隙是油气和卤水形成、运移、富集及保存的十分有利的储集体。

本课题是在四川省地质局组织协作下进行的,地质矿产部水文地质工程地质研究所和成都地质学院为技术负责单位。地质矿产部水文地质工程地质研究所所长张宗祜、四川省地质局副局长张云湘为技术顾问。参加工作的还有地质矿产部第二地质大队、四川省自贡盐业地质钻井大队和井盐设计研究所、四川省地质局中心实验室。

《深层卤水形成问题及其研究方法》由地质矿产部水文地质工程地质研究所、地质矿产部第二地质大队、四川省自贡盐业地质钻井大队共同完成,并由地质矿产部水文地质工程地质研究所负责主编。

1979年9月国家地质总局科学技术局主持召开了评审会,邀请了中国地质科学院、四川省地质局、四川省石油局、四川省盐务局、长春地质学院、成都地质学院等十三个单位三十二位同志参加了评审会议,评审会议建议公开出版,以利交流和推广。

在编写和出版工作的整个过程中得到了许多单位和同志们的协助和支持,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,难免有错误,敬请读者批评指正。

编 著 者

目 录

四川盆地西南地区三叠系卤水形成问题及其勘查开发方向

..... 汪蕴璞、王焕夫	(1)
一、区域地质概况.....	(1)
二、卤水现代地球化学基本特征及其分布规律.....	(4)
三、卤水形成的古水文地质条件.....	(22)
四、卤水保存的现代水文地质条件.....	(46)
五、卤水成因类型分类.....	(67)
六、卤水资源分区及勘查开发方向.....	(74)
结 语.....	(83)
主要参考文献.....	(85)

四川盆地自贡—泸州地区三叠系工业原料水中碘的形成和富

集规律..... 王东升	(86)
一、研究区三叠系工业原料水的储集类型和地球化学类型.....	(86)
二、碘的分布.....	(96)
三、碘在研究区三叠系工业原料水中的形成和富集条件.....	(101)
四、工业原料水中碘及其它化学成分的生成.....	(113)
五、工业原料水碘资源开发的水文地球化学评价.....	(126)
结 论.....	(131)
参考文献.....	(135)

四川盆地西南地区三叠系矿化水中钾的富集规律..... 徐恩孝

一、三叠系矿化水中钾的分布.....	(136)
二、三叠系矿化水中钾的形成和富集条件.....	(144)
三、矿化水中钾的资源评价.....	(169)
参考文献.....	(172)

四川盆地自贡地区水化学找钾方法研究..... 肖章棋

一、地质及水文地质概况.....	(173)
二、卤水水化学类型及成因探讨.....	(176)
三、水化学找钾标志研究.....	(181)
四、含钾异常的研究.....	(192)
五、含钾异常的成因分析.....	(201)
六、含钾异常区的圈定及其成钾远景分析.....	(205)
结 语.....	(211)
参考文献.....	(212)

四川盆地自贡地区三叠系沉积特征及其孔隙成因的探讨

.....	田荣和(213)
一、碎屑岩沉积特征及其岩相的划分.....	(214)
二、碳酸盐岩及硫酸盐岩的沉积特征.....	(219)
三、碳酸盐岩及蒸发盐岩的孔隙成因.....	(220)
结 论.....	(222)
参考文献.....	(223)
四川盆地自贡地区三叠系岩石薄片显微照片集(图版).....	(225)

四川盆地西南地区三叠系卤水形成问题及其勘查开发方向

汪蕴璞 王焕夫

地质矿产部水文地质工程地质研究所

四川盆地三叠系深层卤水资源的开发利用已有两千余年历史。以盆地西南地区自贡为中枢的卤水矿床驰名中外。早在十九世纪三十年代地质学家李春昱、李悦言等人提出过卤水成因的各种假说；五十年代后，四川省地质局 210 地质队、国家地质总局第二普查勘探大队、第七普查勘探大队、四川省盐务局、石油管理局、中国科学院地质研究所等单位，投入了浩繁的工作，对卤水成因发表了各种观点，取得了很大成绩。但是，不能认为卤水形成问题已经解决了。

卤水形成问题是水文地质学中的复杂问题之一。它的复杂性在于很多天然因素互相交织在一起，这些因素又是随着地质历史演变过程中多次地改变和组合，而卤水的形成正是这些天然因素综合作用的结果。因此，必须摒弃死水一潭的观点，从运动的、发展的观点去探索卤水地质体的形成问题。

本文以野外观察、室内实验、微观研究等工作中取得的大量实际资料和较系统地收集前人资料为依据，概述了卤水资源赋存的区域地质、构造环境，较详细地揭示了三叠系含卤岩系空间分布规律和水化学场的特点，着重剖析和再现了卤水资源成生历史过程和论证了现代保存的水文地质、水文地球化学条件，在此基础上建立了卤水成因类型分类和卤水资源分区，以及指出了勘查开发方向。

本文在研究内容、方法和途径上均有所改进，力图建立三叠系卤水形成的认识系统，总结形成机理，总结研究方法，并为卤水资源勘查开发提供科学依据。

一、区域地质概况

四川盆地是我国著名的外流盆地，它是中生代发展起来的沉降盆地，定型于白垩纪末四川运动，四周高山环绕，中央丘陵起伏，山势受构造控制，构成北东～南西向平形四边形屏障。盆地外围构造与山形一致，由古生界及时代更老地层的紧密褶皱和断裂所组成。盆地内部褶皱稍缓，地势由北向南倾斜，为侏罗系和白垩系红色地层覆盖，故又名“红色盆地”（图1）。

（一）地层层序

四川盆地地层具有明显的二元结构。基底由前震旦系地层组成。加里东运动，使泥盆系、石炭系地层几乎全部缺失；印支运动，导致三叠系地层在威远、自贡、泸州等地区遭

受不同程度的剥蚀；四川运动影响深远，使盆地定型。新生代堆积作用微弱。由震旦系至白垩系组成的盖层，总厚度达八千米左右。

根据四川省地质局编制“四川省区域地层表”拟定的原则^①，综合分析了180余口深井资料，编制了“四川盆地西南地区地层简表”（表1）。地层层序由老到新简述如下：

元古界

前震旦系为一套浅—中变质的千枚岩、砂岩、板岩夹结晶石灰岩建造，零星分布于盆地周边和西昌地区，以西昌地区的昆阳群为最发育，厚度超过15000米，是本区最老的地层。此外，威远地区深井中见有花岗岩和辉绿岩。震旦系上统灯影组：由白云岩、硅质白云岩、葡萄状白云岩、鲕状白云岩夹岩盐组成（泸州地区），富含藻类化石，厚度100—1450米。威远地区赋存天然气藏和卤水。

古生界

下古生界由泥质岩、碳酸盐岩组成。大体以龙泉山为界，其东发育较好，层序完整，厚度较大；其西碎屑岩增多，厚度变薄。寒武系地层在威远地区厚度为730—960米，反映该区早古生代有隆起存在，而泸州地区却厚达1849米。奥陶系、志留系地层在威远地区较厚，泸州地区显著变薄。上古生界：泥盆系、石炭系地层几乎缺失。二叠系下统为海相碳酸盐岩，上统除盆地南部有广泛巨厚的玄武岩以外，其余地区均发育有含煤碎屑岩，仅东南部沉积了碳酸盐岩。

中生界

除三叠系为海相碳酸盐岩层以外，均为陆相红色碎屑岩层，和古生界相反，西厚东薄。三叠系下统飞仙关组（ T_1f ）：下部为深灰色石灰岩和页岩不等厚互层。产克氏克氏蛤，差棱正海扇等化石；上部为紫红、暗紫红、灰绿色灰质页岩、砂质页岩夹石灰岩，总厚度较稳定，为380—530米。嘉陵江组（ T_1j ）：由五个岩性段组成，其中 T_{1j}^1 、 T_{1j}^3 、 T_{1j}^5 段由石灰岩、泥灰岩、针孔状石灰岩、针孔状白云岩、生物碎屑石灰岩、白云岩、硬石膏岩所组成。皆为卤水盐水储集层，为岩溶—裂隙储集类型。 T_{1j}^2 、 T_{1j}^4 段由白云岩、硬石膏岩夹薄层岩盐所组成。总厚度200—700米。三叠系中统雷口坡组（ T_2l ）：由五个岩性段组成。其底部为黄绿色“绿豆岩”，含有硅质结核及硅质条带，以此与嘉陵江组（ T_1j ）分界。其中 T_{2l}^1 、 T_{2l}^3 、 T_{2l}^5 段以石灰岩为主，并有针孔状石灰岩，针孔状白云岩，皆为卤水储集层，为岩溶—裂隙储集类型。而 T_{2l}^2 、 T_{2l}^4 段以白云岩和硬石膏岩为主。总厚度20—650米。三叠系上统须家河组（ T_3x ）：峨嵋、江油、广元一线以西 T_{3x}^1 段、 T_{3x}^2 段为海相沉积，而本区则为在海水注入下的陆相碎屑岩沉积。岩性具有明显的六分性。其中 T_{3x}^1 、 T_{3x}^3 、 T_{3x}^5 段为含煤系地层，由泥岩、砂质页岩、炭质页岩、薄煤层夹薄层长石石英砂岩、粉砂岩组成。 T_{3x}^2 、 T_{3x}^4 、 T_{3x}^6 段由中粗粒至中细粒长石石英砂岩夹薄层粉砂岩、泥页岩组成。由此构成三个沉积旋迴。而 T_{3x}^2 、 T_{3x}^4 、 T_{3x}^6 段均为卤水、盐水储集层，为孔隙—裂隙储集类型。总厚度160—1000米。侏罗系中下统为杂色碎屑岩，含有淡水石灰岩；上统为红色泥岩与厚薄不等的砂岩互层。白垩系为砂岩、泥岩为主的红色碎屑岩层。

新生界

第三系为山间盆地堆积，散布于成都平原的西部边缘，以碎屑岩为主常夹褐煤，而本

① 四川省地质局1975年《四川省区域地层表》

区缺失；第四系主要为冲积、洪积层，由砾石、粘土和砂土碎屑物组成，零星分布于河谷两岸。厚度 0~50 米。

（二）地质构造概况

从地表地质构造形态特征分析，四川盆地以龙泉山大断裂带、华莹山深断裂带为界分为三个迥然不同的地质构造区。

西部地质构造区：西部因基底断陷而形成龙门山前断陷盆地^[1]，是新生代以来的沉降区，堆积了较厚的第四纪沉积层。断陷西侧主要有雾中山、兰家山等梳状背斜呈北东向分布；断陷东侧为龙泉山大断裂带，呈北东向分布的一系列切面形态呈箱状的小高点组成，褶皱幅度较高，两翼均发育一组纵向逆冲断层，切面倾向相反，并使背斜主体呈地垒状穹起；断陷中的熊坡、盐井沟、苏码头等背斜为继承性隆起区，呈北东向分布，平行轴部发育一组纵向逆掩断层；位于这些构造间隙的巴中、通江一带发育着规模不等的旋卷构造。

中部地质构造区：位于龙泉山大断裂以东和华莹山深断裂以西之间。构造基底稳定，以北东东向隆起为主，为大片中生代红色岩层覆盖，沉积盖层较厚。形成褶皱平缓的穹窿或鼻状构造，其分布常和基底构造相吻合。威远穹窿构造是本区基底隆起较高的地区，闭合面积最大，以上三叠统须家河组顶面构造图计算，闭合面积达 1650 平方公里。北缓南陡，两翼不对称，主轴呈雁行式斜列，并且发育一组平行长轴及交叉的“X”型逆掩—平移断层。穹窿略呈北东至北北东走向，轴部出露最老地层为三叠系嘉陵江组地层。四川运动导致隆起四周形成短轴背斜、鼻状背斜等呈放射状向外缘倾伏，大多呈北东、北北东、北东东向分布。岷江以南的天官堂背斜呈北西向分布，两端偏转呈反“S”形；五指山背斜呈弧形分布。这些紊乱的构造线方向表明，这里是一个多种构造体系穿插、干扰极为复杂的地带。

东部地质构造区：位于华莹山深断裂以东至盆地周边，即宜宾、合川、达县一线以东地区。构造基底活动性较大，中生代盖层较薄，形成一系列平行排列的隔挡式褶皱束，向斜开阔、背斜狭窄的梳状褶皱，组成有名的“川东弧形褶皱带”。背斜轴部最老出露二叠系、三叠系地层，构造线都呈东北—西南向延伸，排列整齐，并常发育纵向逆冲断层，北部渐转向东西，部分插入大巴山褶皱带；向西南，构造分支，轴线向北东延伸，呈北东—东西向，至泸州地区，则呈帚状撒开，过渡为短轴背斜。南段发育着以长源坝、沈公山、打鼓场等串珠状背斜为代表的一套东西向构造，虽然组成这些背斜的地层较新，但从构造交切，横跨褶皱的关系表明这里有一个潜伏的较早期的东西向构造带的存在。

（三）地质发展简史

四川盆地地质构造经过多次剧烈变动，面貌极为复杂多样。以晋宁运动影响最深，使元古代昆阳群强烈褶皱和变质，并伴随着大规模岩浆活动，从而奠定了四川盆地地质构造的发展基础，表现在震旦纪均不整合在前震旦纪之上，因此形成了统一的扬子地台基底的一部分。

震旦纪——志留纪，以碳酸盐建造为主，并有含磷建造、陆源碎屑建造、笔石页岩建造。加里东运动使泥盆纪——石炭纪地层几乎全部缺失。海西运动广泛海侵，二叠纪——三叠纪以碳酸盐建造为主，并有含煤建造，陆相碎屑建造和含盐建造。此外，岩浆岩喷发，形

成大片玄武岩建造；同期，华莹山有辉绿岩脉侵入。三叠纪嘉陵江世末，地壳较活跃，导致海底火山喷发，形成含钾质火山凝灰岩——“绿豆岩”的广泛分布。

印支运动使整个盆地上升，基本上结束了海洋环境，致使中下三叠统地层在威远、自贡、泸州地区遭受不同程度的剥蚀。其剥蚀幅度由西往东增大。威远、泸州剥蚀到 T_1j^3 ，宜宾剥蚀到 T_1j^1 。上三叠世继而下降，早期在盆地西部接受了海相碎屑岩沉积，而广大地区为大型内陆拗陷，并继续沿着中生代沉降带，接受了侏罗——白垩纪巨厚的陆相红色碎屑沉积。

四川运动，导致整个盖层发生褶皱断裂，盆地四周褶皱隆起，伴随有岩浆活动，从此结束了盆地的沉积历史，形成了四川盆地现代地质构造的基本轮廓。

喜山运动，主要表现为上升运动，并接受新生代沉积。

综合上述，四川盆地地形平缓，地质构造简单，岩层分布稳定，基本上没有经受强烈的褶皱变动，是地质构造比较稳定的单元。由于地质构造复杂多样，为各种矿产资源，包括三叠系卤水资源的赋存，创造了有利的条件。

二、卤水现代地球化学基本特征及其分布规律

在简述卤水地质体生成环境的区域地质和构造条件的基础上，需进一步对卤水体的现代物理性质、化学组分特性及其赋存的介质性质、地球化学环境特征进行归纳和总结，从而揭露其现代水文地球化学基本特征及其分布规律，为剖析卤水生成过程奠定客观依据。

（一）含卤岩系及其空间分布规律

本区三叠系卤水资源赋存于两套截然不同的沉积岩地层中。上三叠统须家河组是由砂岩、页岩、泥岩夹煤层组成的一套碎屑岩地层，其间赋存的是黄卤（卤水呈黄色）；中、下三叠统雷口坡组、嘉陵江组是由石灰岩、白云岩、硬石膏岩和岩盐组成的一套化学岩、蒸发岩地层，其间赋存的是黑卤（卤水呈黑色）。在钻进过程中往往记载的卤水层层皆是，似乎这两套地层层层均为含水层；为勘查油气、岩盐、卤水矿床进行了大量的钻探，仅在自流井构造上已钻达万余口钻孔，加之用水溶法开采 T_1j^4 岩盐矿床引起了地层间的通腔，以致无以复加地破坏了卤水体的天然动力状态，水文地质工作面临的第一个问题是怎样划分含卤层？

1. 含卤层划分的历史情况

以往大体有三种做法：一是含卤层划得很细，甚至对每个岩组亦划为几个含水层。例如 T_3x^4 划分 T_3x^{4-3} 、 T_3x^{4-2} 和 T_3x^{4-1} 三层； T_3x^2 划分为中上部 and 下部两层；而 T_2l 和 T_1j^5 亦划为 T_2l^1 、 T_1j^5 两个含水层，并确定了各层的含卤层部位。乍看起来这种分层是很细致的，但在实用上难以奏效，并局限于单个构造上。二是不划含卤层，回避分层问题，将工作重点放在试图恢复卤水原始化学组分特征上。三是把卤水储集层和隔层统称为含水层，亦仅局限于局部构造上，未建立区域概念。总之含卤层的划分及其空间分布状态未加以系统化。

含水介质的性质、卤层划分及其空间分布状态是研究卤水形成的最基本的地质问题之一。

2. 含卤岩系概念及划分原则

通过对含卤层的对比, 将卤水储集层的岩性岩相特点、储集空间类型、构造断裂特点、卤水的物理化学性质以及开发卤水集水建筑物的技术状况等因素, 作为划分含卤岩系的具体标志, 把上述诸因素具有同一性和相似性的含卤层归并在一起, 并与其间的不导水的夹层组成的一套岩层称为含卤岩系。

赋予这种概念, 基本上能反映和符合卤水体分层序的客观情况, 它不受地层时代的限制, 能建立起空间概念。

按照上述概念将本区三叠系地层划分为五个含卤岩系。按含卤岩系的分布状况、卤水

表 2 三叠系含隔卤岩系分类表

水文地质特征 含隔卤岩系	岩 性	储集类型	结构构造	卤 水 物 理 化 学 性 质									产 量 (米 ³ /日)	开 采 情 况
				色	臭	T (°C)	pH	Eh (mv)	H ₂ S	SO ₄ ²⁻	B ₂ ⁺	M (克/升)		
T ₃ x ⁶ 次要 含卤岩系	砂岩	孔隙 裂隙型	细一中粒 厚层状	黄	无				无					不开采
T ₃ x ⁵ 相对 隔卤岩系	页岩 夹薄层 砂岩													
T ₃ x ⁴ 次要 含卤岩系	中细 粒砂岩	孔隙 裂隙型	中一细粒 块状、水平 裂隙发育	黄	无			+150 +70	无	无	有	100 160	50 100	次要开 采层
T ₃ x ³ 相对 隔卤岩系	页岩 夹薄层 砂岩													
T ₃ x ² 主要 含卤岩系	中粗 一中细 粒砂岩	孔隙 裂隙型	中粗一中 细层状。 孔隙度15 —20%	黄	无	30	5.5 7.0	+120 +70	无	无	有	100 210	>100	主要开 采层、产 量大、生 产寿命长
T ₃ x ¹ 相对 隔卤岩系	页岩 夹薄层 砂岩													
T ₂ l ²⁻⁵ 相对 隔卤岩系	灰岩、 白云岩、 硬石膏、 盐岩													威西地 区注水法 开采T ₂ l ³ 岩盐, 产 黑卤
T ₂ l ¹ + T ₁ l ⁵ 主要 含卤岩系	白云 岩、灰 岩、硬 石膏	岩溶 裂隙型	针孔状、 鲕状, 层 间有断层 连通, 孔 隙度14— 19%	黑	臭	40 以上	6.4 7.4	-140 -230	有	有	无	160 250	>100	主要开 采层
T ₁ l ⁴ 相对 隔卤岩系	硬石 膏局部 有岩盐													自流井 构造上注 水法采盐
T ₁ l ³ 次要 含卤岩系	灰岩 夹白云 岩	岩溶 裂隙型	针孔状、 鲕状	黑	臭	20	6.7 7.8	-10 -90	有	有	无	30 160	<50	不开采, 产气层

6

厚度在50—200米之间变化。以西部的乐山，南部的高木顶一带厚度最大，前者达155米，后者达215米。总体上看，由北西至南东方向厚度逐渐增加。

埋藏深度变化甚剧，从0—>1000米。以观音场、孔滩、桐梓园、白节滩、五通场一带，埋藏深度均在1000米以上；在威远构造东部倾没端至陈家场、兴隆场构造埋深亦在1000米以上；而宜宾、青山岭、荣昌等地呈南西—北东向展布的背斜核部裸露地表十余处，威远构造核部亦裸露地表（图4）。

(2) T_3x^2 含卤岩系空间分布规律

T_3x^2 含卤岩系主要由灰白色、灰黄色，结构松散呈薄板状的中粗粒，中细粒长石石英砂岩夹不等厚的黑色页岩组成。从总体上看，由北西至南东方向碎屑颗粒由粗到细变化。

厚度在50—200米之间变化。从北西至南东方向逐渐增厚，厚度最大的分布区在赤水一带，厚达280米。埋藏深度变化甚剧，由0—>1000米，变化趋势与 T_3x^4 含卤岩系基本上是一致的（图5）。

(3) $T_2l^1 + T_{1j}^5$ 含卤岩系空间分布规律

$T_2l^1 + T_{1j}^5$ 含卤岩系由一套石灰岩、白云岩、硬石膏岩和盐岩组成。在宜宾、荣昌、

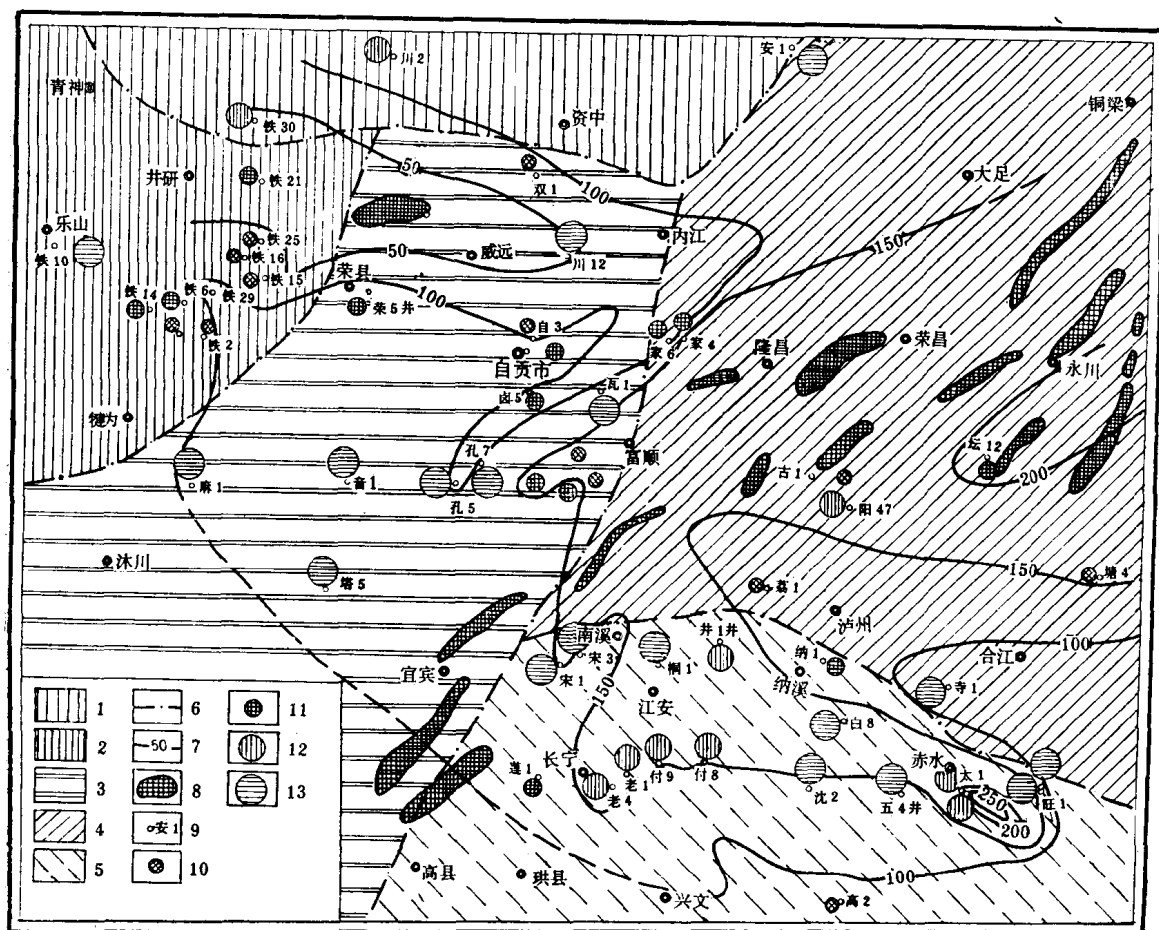


图5 四川盆地西南地区 T_3x^2 含卤岩系岩性厚度、埋深分布图

1—浅灰白色中—粗粒长石石英砂岩与灰黑色页岩互层；2—厚层状中—粗粒长石石英砂岩、局部夹少许黑色页岩；3—厚层状中—粗粒长石石英砂岩、下部夹灰黑色页岩；4—中—细粒长石石英砂岩与灰黑色页岩互层；5—中—细粒长石石英砂岩夹灰黑色页岩、局部含煤层；6—岩性界限；7— T_3x^2 层等厚线（米）；8— T_3x^2 层裸露范围；9—钻孔名称；10—埋深250—600米；11—埋深600—800米；12—埋深800—1000米；13—埋深>1000米

永川、合江、长宁等地圈闭的椭圆形范围内含卤岩系全部缺失，仅在其周围分布。总体上看：由南西至北东方向由石灰岩、白云岩、硬石膏岩、岩盐互层分布，蒸发岩的厚度逐渐增厚，在自贡、乐山、资中一带为针孔状石灰岩和白云岩展布。

厚度在50—200米之间变化，以资中一带厚度最大为200米。由南西至北东方向递增。

埋藏深度变化甚剧，由0—>2000米。大塔场、观音场一带埋深较大，而宜宾、青山岭一带裸露地表（图6）。

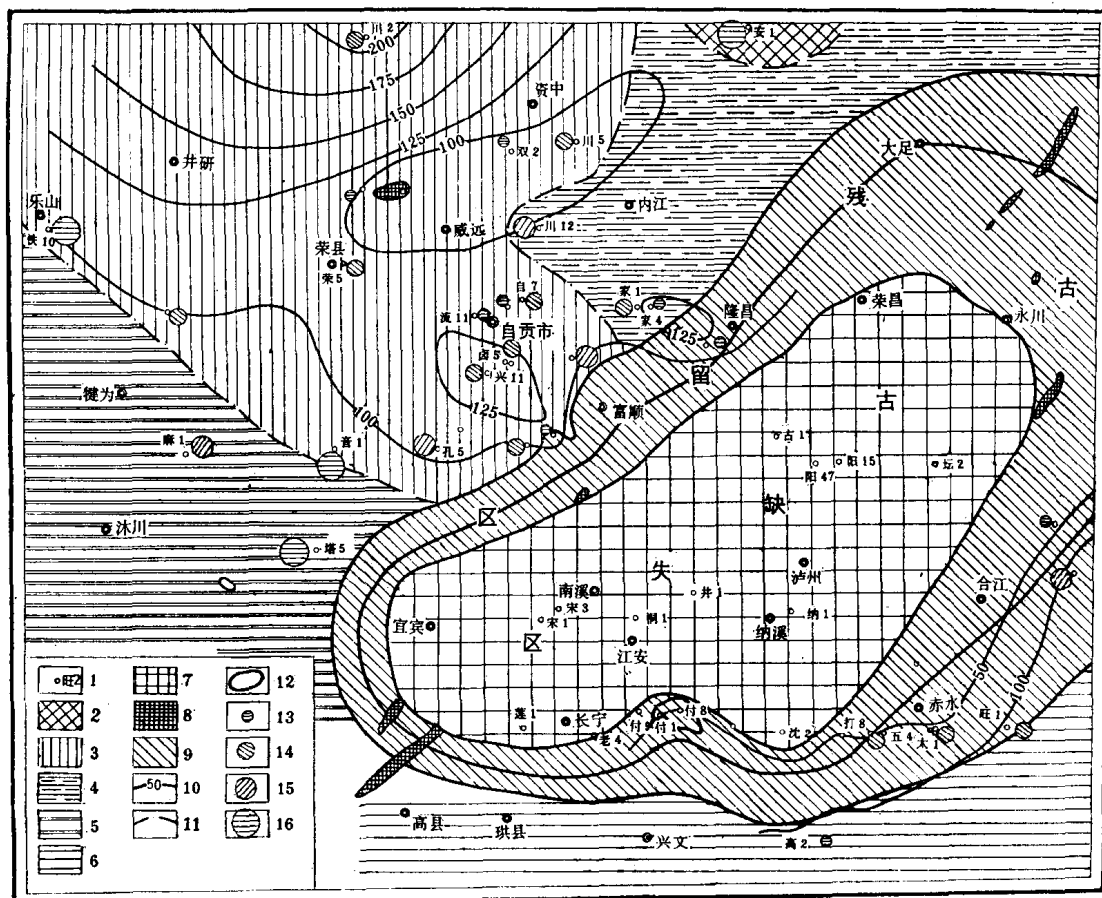


图 6 四川盆地西南地区 $T_{2l1} + T_{1j5}$ 含卤岩系岩性、厚度、埋深分布图

1—钻孔名称；2—白云岩、石灰岩、硬石膏岩、盐岩；3—白云岩、石灰岩具针孔状构造夹硬石膏岩；4—白云岩、石灰岩、硬石膏岩；5—白云岩、石灰岩、泥灰岩、硬石膏岩；6—白云岩、石灰岩夹泥灰岩，硬石膏岩；7— $T_{2l1} + T_{1j5}$ 缺失区；8— $T_{2l1} + T_{1j5}$ 裸露区；9— $T_{2l1} + T_{1j5}$ 残留区；10— $T_{2l1} + T_{1j5}$ 层等厚线（米）；11—岩性界限；12— T_{2l1} 和 T_{1j5} 残留层；13—埋深<1000米；14—埋深1000—1500米；15—埋深1500—2000米；16—埋深>2000米

（4） T_{1j3} 含卤岩系空间分布规律

T_{1j3} 含卤岩系主要由厚层致密状石灰岩为主间夹泥质灰岩、白云岩及白垩组成。从总体上看，从西往东岩性为石灰岩下部夹白垩——石灰岩夹泥质灰岩——石灰岩夹白云岩。在泸州地区普遍分布针孔状石灰岩和白云岩。

厚度在75—150米之间变动，南溪一带最厚为176米。其次是内江、自贡、富顺一带，厚度变化趋势从东、西两侧向南溪、内江一带增厚。埋藏深度由500—2000米之间变动，在观音场、大塔场一带最大埋深为2400米，并以此为中心向四周埋深变浅，一般在1000—

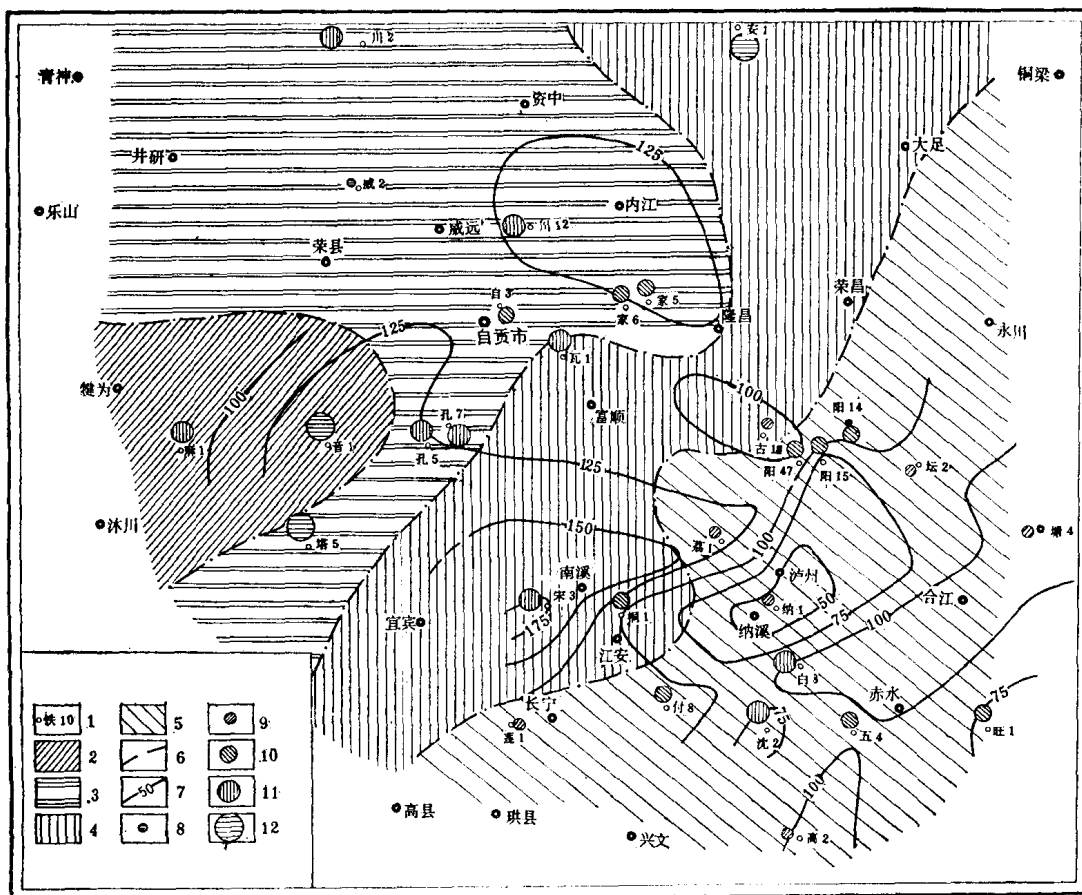


图 7 四川盆地西南地区 T_{1j^3} 含卤岩系岩性厚度、埋深分布图

1—钻孔名称；2—厚层致密状灰岩夹泥质灰岩、白垩层；3—厚层致密状灰岩夹泥质灰岩；4—厚层致密状灰岩夹薄层针孔状白云岩、石灰岩；5—厚层致密状灰岩夹薄层针孔状白云岩；6—岩性界限；7— T_{1j^3} 层等厚线(米)；8—埋深<500米；9—埋深500—1000米；10—埋深1000—1500米；11—埋深1500—2000米；12—埋深>2000米

1500米(图7)。

(二) 卤水物理性质化学成分基本特征

在含卤岩系划分的基础上，进而可概括各层卤水化学成分的基本特征，为正确地反映其特点，需对各层卤水化学成分分析资料加以选择、检验和分类，然后概括它们的特征。

1. 水化学资料选取的原则

本区水化学资料有几个显著的特点：分布上疏密严重不匀；分析项目上差异甚大；层位记载上亦较混乱，究竟属于哪一层的？在尊重历史记载的同时需要加以合理的取舍，否则势必带来很大程度的随机因素。

(1) 选取水化学资料的原则

1) 首先选择本课题于1976、1977年采集的卤水分析资料为研究其化学组分的主要依据。

2) 选择历史上分析精度较高、项目较全和分析时间较新的“四川省盐务局设计研究所”、“四川省地质局第七普查勘探大队”以及“四川省石油管理局”的资料。

3) 将卤水分析资料进行分层位汇编时结合钻孔井身结构的特点进行校对。

4) 当相邻钻孔中水质资料相差悬殊时, 结合邻近钻孔资料进行对比, 选择合理的资料参予总结。

5) 未划在含卤岩系中的但历史上有记载的出水层段, 如 T_{1j}^1 、 T_{3x}^1 等一律不采用。

(2) 数理统计对各层卤水分层上的论证

在生产实践上, 对生产孔中的各层卤水未加以封隔, 在很大程度上均为混合水, 因此采用统计方法对卤水样品分类进行验证。选择不同地区、卤别、层位的卤水进行聚类 and 因子分析。

从相关系数作为相似性统计量的Q型聚类分析谱系图上看: 当相似性水平为0.2时, 分为四类(图8): 第一类均为 T_{3x}^2 、 T_{3x}^4 黄卤; 第二类均为 $T_{2l}^1 + T_{1j}^5$ 黑卤, 第三类均为 T_{1j}^3 、 T_{1j}^5 黑卤水和盐水(注 T_{1j}^5 指泸州以南的卤水, 矿化度在50克/升左右), 第四类是 T_{2l}^3 和 T_{1j}^4 岩盐人工溶滤卤水。

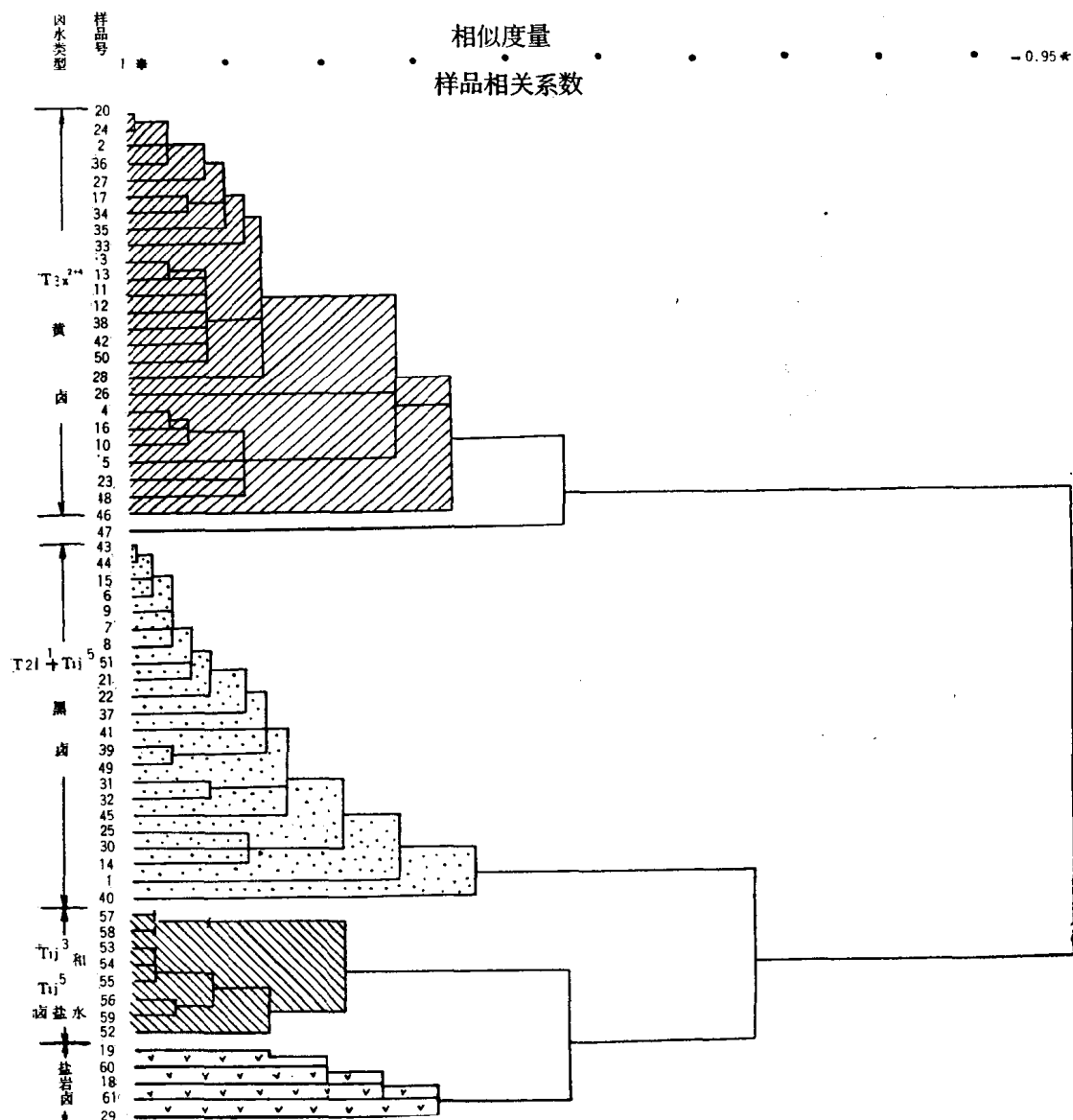


图 8 卤水样品 Q 型聚类分析谱系图