

沉积岩成因

〔美〕H. 布拉特 G. V. 米德顿 R. C. 穆雷 著

科学出版社

沉积岩成因

[美] H. 布拉特 G. V. 米德顿 R. C. 穆雷 著

《沉积岩成因》翻译组 译校

W77/32



北林图 AC0069750



科学出版社

1978

内 容 简 介

本书是沉积岩石学基础理论读物,内容基本上反映了最近一、二十年来的新发展和新成就。作者着重于探讨沉积作用的物理和化学机理,从而推论各种沉积岩的成因问题。全书共二十章分为六编:(一)绪论——研究目的和方法;(二)沉积作用的物理,包括地质旋回、沉积结构与构造、相模式等;(三)陆源碎屑沉积岩,包括风化作用及其产物、矿物成分、砂岩的分类、成岩作用和泥状岩;(四)碳酸盐岩和蒸发岩,包括石灰岩的成因、成岩作用及分类、白云岩、蒸发岩和自然硫;(五)其它沉积岩,包括燧石、磷酸盐、沸石、富铁岩和锰结核等;(六)结论——沉积作用的主要外部控制。

本书可供地质专业的科研、教学工作者以及地质生产人员参考。

H. Blatt, G. V. Middleton & R. C. Murray

ORIGIN OF SEDIMENTARY ROCKS

Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1972

沉 积 岩 成 因

[美] H. 布拉特 G. V. 米德顿 R. C. 穆雷 著

《沉积岩成因》翻译组 译校

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1978年7月第一版 开本:787×1092 1/16

1978年7月第一次印刷 印张:28

印数:0001—8,980 字数:643,000

统一书号:13031·753

本社书号:1079·13—14

定价: 3.45 元

译 者 的 话

《沉积岩成因》是沉积岩石学基础理论读物。它有三个主要的特点：第一，它基本上反映了近一、二十年来沉积岩石学领域中的新成就，因此内容比较新颖；第二，在岩石类型及沉积现象的取舍上，均以最常见者为主，因此，内容比较精炼；第三，在写法上，更加侧重于沉积作用的各种物理及化学机理，并以此为基础推断沉积岩的成因，因此，对岩石成因的阐述比较深入。这些也是本书的主要优点。

本书不足和欠妥之处是：第一，对各类岩石的岩性特征描述得不够系统和全面；强调岩石的生成作用和成因是对的，但是，这一工作应在岩性特征的基础上进行，否则，就难免使人（尤其是初学者）有“起步难”的感觉。第二，对沉积环境的论述不够全面和系统，有的也不够深刻。从沉积岩的生成作用来推断沉积岩的成因是完全必要的，但这只是问题的一个方面；而更重要的一个方面，则是从沉积环境来分析沉积岩的成因，并进而推断出各类沉积岩在空间上和时间上的分布规律，从而对各种沉积矿产（如石油、天然气、煤、盐、铁、锰、铝、磷…等）的生成、分布及富集规律提出预测。这样，才能使沉积岩石学这一门自然科学更有效地成为人们了解自然、克服自然和改造自然的一种武装。当然，详细论述沉积环境已超出了本书的范畴，但是更有意识地在这一方面进行阐述和引伸，还是完全可能的和必要的。第三，本书有些章节（如第一章的第四节，第三章的第二节，第四章，第五章的第二节，第七章的某些部分，以及第二十章的某些部分）论述欠深透，文笔也欠通顺，因此难免使人读起来费力。此外，在个别地方还有一些欠妥甚至错误之处；对此，我们均酌情做了处理。

但总的看来，本书还是近十年来中，在国外出现的一本较好的沉积岩石学基础理论著作，内容比较新，且有独特之处，也比较精炼，重点部分（如第三、五、六、八、九、十一、十二、十三、十四、十五章）的论述也较为系统、扼要并有一定深度。对于我国广大的地质工作者，尤其是对于在校学习的地质专业学员和从事沉积岩及沉积矿产工作的专业人员，本书还是值得一读的。

为了便于阅读，译者除了力求在译文上作到表达确切和文字通顺之外，还作了以下的工作：

一、在必要的地方，根据原书的内容和系统，对原书中的节和大段落进行了调整，并增加了一些标题。

二、对原书中的一些新术语的译名、译名有争议的术语、同义的术语、或译者自己也感到不够确切的一些译名或译文，大都加了“译者注”，或者把原文附上，以便读者参考和判断。

三、对原书中个别的问题或错误，译者都作了相应的改正或删略，并大都加了“译者注”。

本书译者有冯增昭、何镜宇、刘宝珺、陈国勋、沈显杰、盛志浩、余素玉、夏卫华、李继亮等；校者有冯增昭、何镜宇、刘宝珺、范嘉松、周自立、吴崇筠、陈昌明、田兴友、陈景山、方

少仙、张淑媛、陈孟莪、孙枢、茅祖兴、韩城、叶连俊等；全部译稿的统一校订和定稿工作主要由冯增昭担任。由于我们政治及业务水平所限，译文中不当甚至错误之处是难免的，敬希广大读者批评指正。

译 者

1975年9月于北京

作者序言

本书是作为一门沉积岩课程的教科书而编写的，其对象是在校的高年级大学生或刚毕业的大学生。另外，对于正在寻求沉积学现代理论的地质专业人员以及有关的科学工作者，我们也希望有所裨益。我们感到，现在还没有一本书把近十年来在沉积岩中所出现的许多深刻的概念和新颖的资料综合起来，所以我们就有了编写本书的设想。我们认为，关于沉积岩，不论是作为已有知识的总结，还是对于正在不断发展着的这一科学领域的研究方向，对于同学们来说，这一综合工作都是需要的。

本书的三位作者，在理论上、专业训练上以及研究兴趣上，都是不同的。我们试图使本书成为我们三人的共同成果。我们感到，这样作是很重要的，因为这可能使读者看到各种不同类型的沉积岩及其生成过程之间的固有的相似性和差异性。岩石，例如石灰岩和砂岩，决不应因为它们的矿物成分不同而被当作完全互不相干的东西。

我们面临着两个主要的选择，即写法上的选择和岩石类型或沉积现象的选择。本书的写法是强调沉积作用的各种物理的和化学的机理及过程。我们假定读者们已学过矿物学和古生物学，并具备化学、物理学和微积分的基本知识。利用这些基础知识，我们将试图说明沉积过程是怎样发展的；并由此导出沉积岩的成因。

我们之所以选择这一写法，而不是对各种沉积岩类型进行描述，或用环境或相模式对沉积岩进行论述的写法，是因为我们认为现在对沉积过程已经有所了解，现在有可能采用这一个多少带有演绎法的写法。但是，我们现在对沉积物的产生、搬运、沉积以及沉积后的变化这些全部过程的了解还是很不够的，因此，现在就试图对沉积过程，或沉积类型、环境模式进行完全的系统概括，似乎还为时过早。因此，本书决不象有些教科书那样给人们以这样的假象，好象问题全都解决了。

关于本书中的岩石类型或沉积现象的选择反映了我们的这一观点，即它们应是野外工作中的主要的和重要的岩石类型或沉积现象。我们所强调的那些沉积过程生成了这些常见的沉积岩。但是很遗憾，并不是所有的常见的沉积岩都被广泛地研究过；我们将尽量地避免对那些无足轻重的但却有大量文献的课题作过多的讨论。

本书尽可能地减少对已刊著作的引证。我们希望这不致于使我们的同行感到不愉快，因为我们曾引用了他们的观点，却没有特别指明他们的文章。本书每章末尾的参考文献，不仅包括正文中和图件中所指明的，还包括少量古典的或近代的文献目录，可帮助读者较快地找到有关这一课题的资料。

教科书大都是编纂和综述性的书籍，新资料大都很少。本书当然也不例外。我们的目的是为读者整理出现代沉积学的研究成果和见解，并提出达到这些成果的道路；这对于读者完成他们现在的调查研究任务和准备今后的工作，都将有所裨益。

为了本书的改进，我们希望读者能对我们提出批评和建议。

H. 布拉特 G. V. 米德顿 R. C. 穆雷

目 录

译者的话	i
作者序言	iii

第一编 沉积岩研究的目的和方法

第一章 绪论	2
第一节 引言	2
第二节 野外工作的重要性	3
第三节 露头剖面的描述	3
第四节 取样和资料的数字分析	4
第五节 沉积物的基本性质及派生性质	6
第六节 颗粒的性质	7
第七节 颗粒集合体的性质	8
第八节 沉积岩的分类及解释	9
参考文献	11

第二编 沉积作用的物理

第二章 地质旋回	13
第一节 引言	13
第二节 河流的载荷	14
第三节 高差的影响	15
第四节 气候和植物的影响	16
第五节 基岩的影响	18
第六节 上升速率与侵蚀速率的比较	19
参考文献	20
第三章 沉积结构	23
第一节 引言	23
第二节 频率分布和参数	23
第三节 颗粒大小(粒度)	32
第四节 颗粒形状	44
第五节 组构	50
参考文献	52
第四章 流体流动所引起的沉积物的运动	56
第一节 流体流动的基本概念	56
第二节 管流和渠流	60

第三节	沉积物在河床上的运动(起动能力)	63
第四节	河床载荷运动的速率(运移能力)	68
第五节	紊流和悬浮载荷	69
第六节	沉积物的分选作用和水力等值	73
第七节	颗粒的定向	76
	参考文献	78
第五章	沉积构造	80
第一节	层理	80
第二节	流动体制	86
第三节	波纹和砂丘	90
第四节	反砂丘	95
第五节	大型床积物形态: 砂浪、砂脊、砂坝	96
第六节	冲刷构造	99
第七节	波浪和波浪形成的构造	101
第八节	潮汐和潮汐形成的构造	107
第九节	风的作用和沉积	113
第十节	块状流	114
第十一节	浊流	118
第十二节	准同生变形作用	122
第十三节	生物成因的沉积构造	126
	参考文献	128
第六章	相模式	134
第一节	一般原理	134
第二节	古水流	136
第三节	古水力学	137
第四节	环境	139
第五节	相模式的分类	141
第六节	冲积扇模式	142
第七节	河流模式(或冲积平原模式)	143
第八节	三角洲模式	145
第九节	堤模式	150
第十节	滨外浅滩	151
第十一节	浊流沉积-深盆地	151
第十二节	结束语	152
	参考文献	152

第三编 陆源碎屑沉积岩

第七章	风化作用及其产物	157
第一节	引言	157

第二节	水	158
第三节	物理风化作用	161
第四节	化学风化作用	165
第五节	粘土矿物的构造	173
第六节	离子交换	176
第七节	风化强度和粘土矿物学之间的关系	178
第八节	土壤	181
	参考文献	185
第八章	碎屑硅酸盐岩的矿物成分	188
第一节	引言	188
第二节	火成岩的矿物成分	188
第三节	变质岩的矿物成分	190
第四节	砂岩和砾岩的矿物成分	191
	参考文献	217
第九章	砂岩的分类	220
第一节	引言	220
第二节	分类	220
第三节	碎屑粘土的重要性	222
第四节	专门术语	223
第五节	化学成分	225
	参考文献	228
第十章	天然水和砂岩的成岩作用	230
第一节	引言	230
第二节	天然水的成分	230
第三节	孔隙度、孔隙大小的分布及渗透率	245
第四节	化学胶结物的成因	247
第五节	古老岩石中的胶结作用模式	261
	参考文献	263
第十一章	泥状岩	266
第一节	引言	266
第二节	矿物成分	266
第三节	有机质	280
第四节	沉积构造	281
第五节	泥状岩的压实作用和孔隙度	283
第六节	泥状岩的化学成分及颜色	284
	参考文献	288
第四编 碳酸盐岩和蒸发岩		
第十二章	石灰岩的成因	292

第一节	引言	292
第二节	矿物学	294
第三节	碳酸盐砂	298
第四节	碳酸盐泥	303
第五节	碳酸盐格架	306
第六节	石灰岩中的有机质	308
第七节	沉积作用	308
第八节	颗粒的原地堆积	309
第九节	沉积构造	311
第十节	碳酸盐台地	314
第十一节	潮汐坪沉积作用	317
第十二节	深海碳酸盐沉积物	319
第十三节	陆地碳酸钙沉积	321
第十四节	淡水湖泊沉积	322
	参考文献	323
第十三章	石灰岩的成岩作用及分类	326
第一节	引言	326
第二节	成岩作用	326
第三节	微亮晶	333
第四节	硅化作用	334
第五节	成岩环境	334
第六节	古代石灰岩的化学成分	336
第七节	碳酸盐岩的分类	337
	参考文献	338
第十四章	白云岩	341
第一节	引言	341
第二节	原生白云岩和次生白云岩	342
第三节	白云石的形成条件	344
第四节	白云化作用的机理	347
第五节	白云岩组构及孔隙度的演化	352
第六节	白云岩中原始石灰岩组构的鉴别	353
第七节	碎屑白云石	356
第八节	去白云化作用	356
	参考文献	357
第十五章	蒸发岩和自然硫	359
第一节	硫酸钙矿物和岩石	359
第二节	卤水浓化的机理	359
第三节	原生矿物——石膏或硬石膏	361
第四节	沉积环境	364

第五节	石膏-硬石膏旋回	368
第六节	压实作用	370
第七节	岩盐及更易溶的海洋蒸发岩	370
第八节	自然硫	373
参考文献		376

第五编 其他沉积岩

第十六章	燧石	379
第一节	引言	379
第二节	燧石的结构	379
第三节	燧石中的杂质	382
第四节	野外观察	383
第五节	燧石的成因	384
参考文献		386
第十七章	磷酸盐	388
第一节	引言	388
第二节	矿物学	388
第三节	现代海洋沉积	389
第四节	古代海洋沉积	390
第五节	鸟粪堆积	393
第六节	海洋磷灰岩的成因	394
第七节	磷酸盐岩的蚀变	397
第八节	磷酸盐成因问题	397
参考文献		398
第十八章	沸石	399
第一节	引言	399
第二节	矿物学	399
第三节	产状	400
第四节	沸石和低级变质作用	404
第五节	沸石地球化学概述	405
参考文献		406
第十九章	富铁岩和沉积锰结核	408
第一节	引言	408
第二节	铁的来源	409
第三节	矿物学及矿物相	409
第四节	铁沉积作用的现代环境	410
第五节	显生代铁岩	412
第六节	前寒武纪铁组	412
第七节	沉积锰结核	414

参考文献 415

第六编 结 论

第二十章 沉积作用的主要外部控制418

 第一节 引言418

 第二节 海平面的变化418

 第三节 气候的变化421

 第四节 大地构造控制422

 第五节 大的长期缓慢变化427

参考文献 432

第一编 沉积岩研究的目的和方法

野外工作是现代的和古代的沉积岩和沉积矿床研究的基础。为了使野外研究的有限时间和物力得到最有效的应用，地质工作者必须首先确定他所观察和测量的沉积岩的性质是什么，并确定如何选择他的观察资料和样品以供实验室内的进一步研究。沉积物的基本性质是什么？我们如何测量它们？我们怎样才能取得一个有真正代表性的样品呢？

第一章 绪 论

第一节 引 言

岩石的三大类，即火成岩、沉积岩和变质岩，在十九世纪中叶就很清楚地地区分开了。起初，沉积岩的成因比其他两类岩石的成因了解得较好，所以地质工作者都把他们的精力集中到玄武岩、花岗岩、片岩等岩石上了，因为这些岩石的成因有相当大的争论。

在过去，关于沉积岩的一些问题，仅仅是它们的年龄多大？或者它们之间如何进行对比？这些问题诚然是重要的，但是这些问题却使地质工作者不是在沉积岩本身上花费大量的精力，而把注意力集中到岩石层序以及能够用于对比岩石层序的化石上了。但是，沉积岩是怎么形成的呢？当地质工作者提出这一问题并且不满足于简单的回答时，对沉积岩本身的研究兴趣才重新被焕发起来了。砂岩可能就是硬化了的砂，但是为什么有的具有交错层理而另外的却具有递变层理呢？为什么有的很硬而另外的却很软呢？为什么有的很清洁并且分选很好而另外的却是含泥的而且分选很差呢？

为了回答这些问题，地质工作者开始观察现代沉积物。当地质工作者的观察地点从陆地转移到较不易观察的海洋部分时，他们开始发现了以前他们所想象不到的许多事情，这些事情显然是难以解释的。在海洋中，有一些很奇异的珊瑚环礁和浅台地，其上覆盖着灰泥：毫无疑问，石灰岩正在那里形成；但是这些环礁为什么呈那种形状呢？那些灰泥是从什么地方来的呢？在大陆斜坡之下，存在着巨大的弯弯曲曲的几千英尺深的峡谷；在这些峡谷的底上，存在着砂层和砂波；然而以前却大都认为，那里应当仅仅存在细的软泥。这些峡谷是怎么形成的呢？这些砂又是怎样被带到深海中来的呢？

随着对现代沉积物的认识的提高，人们注意到，一些常见的沉积岩如燧石、白云岩和铁岩，在现代沉积物中并没有它们的类似物。难道古代的海与现代海不一样吗？或者这些岩石并不是在海底形成的而是在沉积物被埋藏以后形成的。那么，在沉积作用以后，在沉积物中又有些什么变化呢？松软的泥和砂又是怎么变成坚硬的沉积岩的呢？

仅仅在几年以前，还似乎不大可能回答这些问题。过去不可能研究的地区，现在由于有了现代的交通和通讯技术，已经可以研究了。海洋调查船只正在全世界海洋的各个地方进行勘探，最深水中的沉积物也可以取样、摄影，或通过电视或深潜水进行观察。在陆地上，石油钻井可以对 20,000 英尺以下的沉积物进行取样或取芯；石油钻井也可以对海底 1,000 英尺以下的沉积物进行取芯。

其他科学的进展也有助于指出解决这些长期悬而未决的问题的途径。在实验室进行的低温、稀溶液的研究已经达到如此程度，即甚至象海水和地下水这样复杂的溶液，也能从理论上进行成功的讨论。工程技术人员已经在大的实验管道(水槽)中研究砂的运动，并且还得到非常接近于野外所见的构造。对于迄今还是难以研究的极细粒物质，X 射线、电子显微镜以及电子探针已经开创出了新的局面。

在大约近 50 年以来，人们对沉积岩的成因已经有了相当深入的研究；在本书中，将对

这些已知的成因进行检验。我们还将利用这些已有的知识去回答沉积岩的一些问题。在这些问题中,有的问题的答案已日益明朗化,而另外一些问题尚待解决。我们希望本书将起到抛砖引玉的作用。若干年后,毫无疑问地将会看到我们现有的观点将有所改变,而一些新的观点出现了。

第二节 野外工作的重要性

野外工作是沉积学研究的基础。即便是实验室内研究,其所研究的问题也是在野外初步确定了。例如,关于溶于海水中的钙和镁的碳酸盐的物理化学,已经作了大量的实验室工作。海水对碳酸钙饱和吗?在海水的沉淀物文石、方解石或白云石中间,哪一个是稳定的碳酸盐相?这些实验工作就是试图回答这些问题的。假如这些问题不是碳酸盐沉积物或岩石的野外工作提出的话,这些问题是不会引起实验室研究人员的兴趣的。就纯实验科学来说,碳酸盐的溶液化学并没有什么特殊的意义,因此,这些问题在以前一直没有被化学工作者在实验室中彻底研究过。只是在野外工作逐步明确了溶液化学是了解碳酸盐岩的基础以后,地球化学工作者才对这些问题进行了实验工作。

实验室的研究成果反过来又促进了野外调查工作。例如,碳酸盐的分类及成岩作用的现代概念与过去的概念是大不相同的,而这些现代的概念主要来自显微镜研究成果。这些概念已大大改进了碳酸盐岩的野外描述工作,以致于整个碳酸盐岩的研究,也包括碳酸盐岩的区域地层工作在内,都生气勃勃地开展起来。另一个例子是浊流的概念,这一概念主要是从库宁(Kuenen, P. H.)在四十年代和五十年代的古典的实验研究中发展起来的。这个实验工作所提供的观点,已使许多“单调的”砂岩-页岩建造的野外调查研究可以进行了;而在以前,这些建造却被大多数地质工作者所忽视,因为它们不含化石或者没有可辨认的明显的层位。

第三节 露头剖面的描述

一个地质工作者描述露头的能力与他对所观察的地质现象的了解程度有密切关系。假如他对所观察的现象并不了解,那么他就很难确切地观察和描述露头。

为了证明这一观点,可以想一下砂岩层底部的底面印痕这个实例。在1950年以前,几乎没有这类构造的描述。即使在这一构造很发育的地区,在地质报告中也很少看到它们。在同一地区,波痕通常都远少于底面印痕,然而波痕却常常被很认真地记录下来。这是因为那时野外地质工作者知道波痕是怎样形成的;但是对于底面印痕却了解得很差,所以地质工作者就没有能力观察它们,甚至都没有注意到它们。

在野外,地质工作者对岩石要做到心中有数,才能把岩石的全部的主要方面确切地记录下来。沉积岩的主要特征有倾向和走向、岩层的层序和厚度(逐层测量的或按岩性组合测量的)、岩性特征(按某种标准的野外分类而描述的)、主要的沉积构造(包括用以恢复古水流方向的定向构造)以及化石的出现和化石的种类。

如上所述,一个地质工作者不可能作出一个露头的“完全的”描述,因为他对沉积岩成因的有限的了解限制了他的描述能力。当对沉积岩成因的了解程度发展了,那就需要对

同一个露头再一次地和更多次地进行研究,以便取得新的观察资料。尽管如此,有些地质工作者所设计的综合性表格,还是可以在野外使用的,它们可使岩石的描述较为确切而全面。这种表格,特别是为了一个特定的计划而设计的表格,可能有助于描述工作。

鲍玛(Bouma, 1962)曾提出一个精心设计的表格*,用于详细记录“复理层”类型的砂页岩层序。表格中的各个纵列用来记录岩石类型、层理类型及层面特征、测定的古水流方向、内部沉积构造的类型、颗粒大小以及碳酸盐含量。所有这些特征均应在野外作出判断,虽然这些判断在采集样品进行研究以后还会有所修正。这样详细研究的原因是为了确定“复理层”相的不同类型;这一研究是为了在数量众多的地层剖面中建立起一些数目不多的、典型的相。这是更大课题的一部分,当然,该课题还欠完善。

这种表格的缺点是比较繁琐,对于每一种主要的沉积岩类型,为了适当地精简,都必须重新设计一种表格;即使如此,这种表格一般说来还是内容太多,所以对于基本的野外资料的快速综合图示,还是不适用的。因此,许多作者就试图设计一些较简单的格式。例如,沃克(Walker, 1967)提出一个记录“复理层”层序的资料形式,它是鲍玛所确定的浊积岩中的沉积构造的理想层序为基础的(Bouma, 1962, 参考本书第五章第二节中的讨论)。所记录的主要观察资料是层的厚度和一个理想的浊积岩层的每一个主要的亚类(即鲍玛的三个主要的亚类:1)块状类、2)平面纹理类和3)交错纹理类),还有层面的性质。通过大大缩减野外测量的参数的数目,沃克就能够在许多地层剖面中测量许多岩层。

这个方法的优点之一,是可以把每个地点和层位的定量记录资料或现象归类到一个有限数字的范畴中,这种资料可以很快地从野外表格转移到穿孔卡片上,然后就可以用计算机进行处理。这个记录方法的缺点是可能忽略一些野外所观察到的岩石特征,因为这些岩石特征不能很灵活地适应这种表格形式。并不是沉积岩的所有特征都适于定量测量或快速地规范化。不过,也没有理由认为表格式的描述,在适当的地方,不可以用一些一般的方法,即野外记录簿和照像机来做补充。

第四节 取样和资料的数字分析

在野外工作阶段所得到的观察资料一般都只能是有选择性的,即只能是所有可能得到的观察资料的一部分。由于时间和物力的限制,或者由于露头有限,地质工作者一般只能研究他所应该研究的沉积岩的一小部分。因此,在野外所得到的资料只能是选择性的,而带回实验室供进一步测量的样品也只能是许多能够采集到的样品中的一小部分。为了使这些测量资料具有真正的代表性,应当对取样的技术给予认真的重视。

取样的基本概念就是从观察资料中选择少数的随机样品(random sample)用以代表总体(population)。所谓随机样品就是总体中的具有同等被选择的可能性的样品。统计学就是从样品到总体,即从样品中得出确切推论的一门数学科学。对于地质工作者来说,统计学的原理很有用处,因为地质工作者常面临从一小部分观察资料去推断整个岩体的问题;但是,要使这一原理得到确切的运用,最根本的是地质工作者如何取得一个随机样

* 即通常所谓“鲍玛序列”。——译者

品。

得到一个随机样品并不象想象的那么容易。这个样品决不能是随便搞到的。为了选择一个真正的随机样品,事先应周密思考和计划,而且必须符合以下两点: 1) 确定总体,即回答“你所研究的对象到底是什么?”这个问题。2) 保证总体中的每一部分都具有选作样品的同等的可能性。

对于保留其理论长处的随机样品略加修正常常是有用处的。通过现有的知识和观察,地质工作者通常都可以把总体划分为若干亚群,每个亚群的内部的均一性将大于总体的均一性。在统计学上,这些次一级的划分叫做取样层。在地质学上,这些取样层可以是真正的层(岩层),也可以是任何已确定的单位,如段、组,或地理区域。一个随机样品是在每个亚群中取出的,整个样品称作层随机样品。这个样品在每个亚群中是任选的,但在整个总体中则是系统的。

奥托 (Otto, 1938) 指出,取样的基本单位是沉积作用单位。沉积作用单位是在基本上均一的化学和物理条件下沉积而成的。例如,一个砂层可以是一个沉积作用单位。假如这一砂层在后来被另一砂层掩盖了,则在取样时,切不可取一个包含两层砂层的标本。这种样品,对于该层砂的性质如颗粒大小,不能提供有效的判断,因为它包含了两种不同总体的砂。

按照沉积作用单位的这个定义,立刻出现的问题就是确定这一单位界限的困难性。假如没有清楚的内部间断,那么怎样才能把一个岩层划分为不同的沉积作用单位呢? 例如,在野外,递变层是很容易确定的一个岩层单位,但是这一岩层却不是在一个不变的物理条件下沉积而成的。因此,确切地确定一个沉积作用单位是困难的。

科克伦、莫斯泰勒和图基 (Cochran, Mosteller and Tukey) 曾在统计学中提出目的总体和取样总体之间的重大区别,克鲁宾 (Krumbein, 1960) 在地质学中应用了这一提法。假定这个目的总体是一个砂层,而任务是研究采自这一砂层的手标本的长石含量。一个随机样品,对于所有可能采自该砂层的手标本来说,必须具有同等的选择机会。但是,该砂层的某一部分则是不可能进行取样的,因为它可能被侵蚀掉了;而该砂层的另一部分则又可能被其他岩石掩盖了,因此将是难以达到的。目的总体是研究目的所指的总体,而取样总体则是能够取样的那一部分的总体。严格说来,统计学的推论只能限于取样总体。把这一推论扩大到目的总体则是可以的而且是必然的,但必须知道,统计学的原理是不适用于这个外推法的。

对一个沉积岩石单位的任何调查研究,在开始时,必须指出,取样的问题是更大的实验设计的一部分。统计学的这一分支的目的在于使调研者能够区分变化性的各种原因,并控制或减小这些原因如实验误差,以及定量地判断每个原因在测量样品所表现的总变化性上的作用。对于本书来说,实验设计这一课题是太大了,因此难以深入论述;在格里菲思 (Griffiths, 1967) 以及克鲁宾和格雷比尔 (Krumbein and Graybill, 1965) 的书中,就有实验设计的详细讨论。

当调查研究工作已经恰当地设计并且资料已经获得之后,为了把资料缩减到更易处理的程度或者验证各种假说,各种统计的技术可能是需要的。一个调查研究的结果清楚到不需要任何的进一步的统计计算,是很少见的。假如是为了纯粹的描述任务,例如资料或均值计算、相关系数以及资料的回归曲线的图示,在一般情况下,统计技术都是有价值