

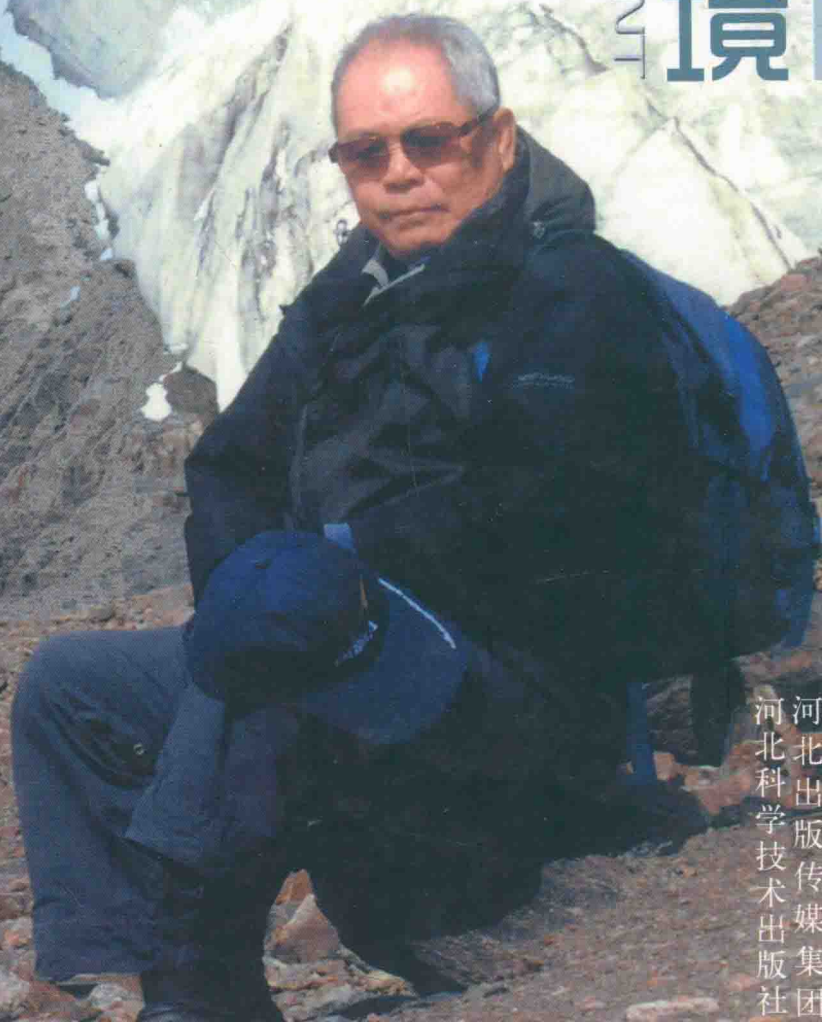
混杂堆积与环境

DIAMICTON AND ENVIRONMENT

崔之久 等著



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION



河北出版传媒集团
河北科学技术出版社

混杂堆积与环境

DIAMICTON AND ENVIRONMENT

崔之久 等著



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLISHING FUND PROJECT

河北出版传媒集团
河北科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

混杂堆积与环境/崔之久等著. —石家庄: 河北科学技术出版社, 2013. 6

ISBN 978-7-5375-5938-6

I. ①混… II. ①崔… III. ①混杂堆积-研究 IV. ①P541

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 108854 号



混杂堆积与环境

崔之久 等著

出版发行 河北出版传媒集团 河北科学技术出版社

地 址 石家庄市友谊北大街 330 号(邮编:050061)

印 刷 河北新华第一印刷有限责任公司

开 本 787 × 1092 1/16

印 张 47.25

字 数 1086 千字

版 次 2013 年 6 月第 1 版

2013 年 6 月第 1 次印刷

定 价 260.00 元

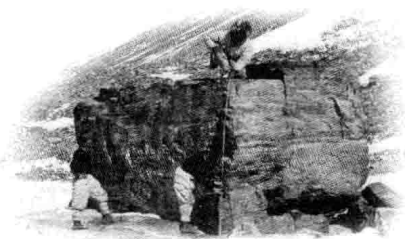
谨将此书

献给导师**王乃樑**教授，他教导我们：“地貌学家要学习和研究沉积学。”

献给“混杂堆积”一词的创建人**R. F. Flint**教授和**A. L. Washburn**教授，前者是领路人，后者是同行者、老师和挚友。

Dedicated to my instructor Professor Wang Nailiang, who taught us that geomorphologists should learn and study sedimentology.

To Professor Richard Foster Flint and Professor Albert Lincoln Washburn, who proposed the term “diamicton”. The former is a guide, and the latter is a fellow scholar, friend and mentor.



前言

QIAN YAN

中国现代（气下）混杂堆积的集中分布带是在青藏高原外缘，尤其是在高原东部——中国东西部地貌边界上，以及从大兴安岭到太行山、再到大瑶山的中台阶到低台阶的过渡带上。它们既是各类混杂堆积地带，也是盆地的边界地带。从龙门山到四川盆地，从秦岭到鄂尔多斯盆地，从喜马拉雅山到恒河盆地……呈现出山地地貌到盆地沉积系列的全过程。层序上位于一套地层的底部，是新的地质演化阶段的起始。由汶川大地震触发的各类混杂堆积物，从冰川崩塌、崩滑、滑坡、泥石流等堆积物以及构造破碎物……都从山地上部向着线状河谷——人类居住、生产、生活等地集中地倾泻而下，在此过程的同时又形成多成因的堰塞湖，进而再造成湖水溃坝和溃坝堆积，这一系列惊心动魄的灾害过程，和一系列次生过程所造成的人员伤亡比地震本身造成的损失还要惨重，让地貌第四纪工作者感到震惊和所肩负的责任。作者在汶川地震现场看到北川中学就是被源自后侧陡坡上的一个大崩塌滑坡体所掩埋。因此，无论从沉积相的理论研究需要，还是从防灾减灾的现实需要，都应该努力加强对各类混杂堆积的研究。此外，在中国东部第四纪研究中，把多种已经明确真正成因的混杂堆积，仍然“指鹿为马”地说成冰川堆积，并以讹传讹，误导中国第四纪环境的重建。对此作者以为应以混杂沉积研究为契机，站在科学的立场上，应该把伪科学、“赝科学”的招摇和科学上的百家争鸣区别开来。

本书作者正是带着这样一种激情，才投入到这一写作中，迄今已历时十多年，这是一部师生共同努力的成果。作者探索性地将1960年R. F. Flint和A. L. Washburn共同提出的一个名词“混杂堆积”（symmicton/diamicton）引申成一个可能的沉积相的分支，这只是一个开头。作者的意图是希望地貌第四纪工作者、地质工作者对混杂堆积这一复杂过程进行深入的探索和研究。因为作者又逐渐感到这与沉积学研究核心之一的“盆地分析”有内在联系，所以混杂堆积研究的是“盆边”，无论气下、水下都一样。即使有朝一日把同样的研究引申到火星、月球等外星体，也应是：既有“盆地”也有“盆边”。只有把二者联系起来才是一个完整的“盆”。故恳切希望对“盆地分析”研究卓有成就的学者们能对进行“盆边”研究的后来者给予关注和

指导。

本书是一群对混杂堆积有着共同兴趣的人们共同学习和研究的成果，只不过由作者汇总而已，其中有过犹豫，也有过十多年的断和续。如果作者内心感到“我不写，反正会有人写……”，那我就真的会不写……犹豫的原因很多，如我对沉积学比较陌生，内容很杂，资料不易收集，引用文献工作量大，自己已届八十，又没有在读的研究生相助……但我内心又总告诉自己，还是写吧！……所以我就写了。现在既有一定的满足感，又很忐忑，深恐留下遗憾，如资料引用不全面，文献引用不恰当，标注不系统等，敬请读者不吝指教。

崔之久

2012年12月于燕园



自序

Z I X U

地球上凡经过水体和风长时间搬运而沉积的沉积物都是远源沉积，都是分选良好、粒序规则、层理发育的有序沉积。它们都是盆地沉积系列，是盆地分析的主体，也是沉积学、地层学和古生物研究的主体。除此以外的沉积物则都是快速堆积的，无或弱分选的，粒序杂乱，层理不清的近源堆积，即失序或无序的混杂堆积。这类堆积是在短暂时间内因冰川、泥石流、崩塌、滑坡、坡地过程、山地风化搬运等所形成的山地沉积系列。它们都分布在大小盆地的周边，是“盆地”的物源供应带。本书试图相对于“盆地分析”尝试做一点现代的“山地分析”，想给盆地分析增加点边缘效应。“将今论古”把盆地和盆边（山地）更有机地结合起来进行，这对沉积相研究肯定会有所裨益。所谓山地系列，实质是风化、搬运过程及并不成熟的沉积过程，等待它们的颗粒越搬越小方可进入盆地成为有序堆积，然而有的则长期处在“现代的”搬运之中。故地貌和第四纪地质学家对此会给予更多的关注，并不断地向古代去“溯源”到第三纪、中生代、古生代，甚至是太古代。在此过程中会遇到一系列因混杂堆积成因判别而引起的争论，也会触及沉积学“盆地分析”研究中的与环境一致原则相矛盾的问题，尤其是考虑到在地质历史上盆地山地的位置也是不断变换的。如当初的罗圈组、南沱组冰碛层发育时究竟是盆地还是山地呢？但现在却分布在河南、湖北的低山丘陵区。如果震旦系的罗圈组、南沱组冰碛中的带冰川擦痕的漂砾滚入了非冰川成因的晚期沉积层中，又该如何判别呢？奥陶系唐王陵砾岩以及罗圈组和南沱组都有冰川或泥石流成因之争。美国侏罗系煤田中外来的漂砾的成因，海洋沉积中的“天外来岩”（漂砾）难道都是冰筏带来的吗？中国东部低山丘陵中的混杂堆积都一定要用冰川堆积来解释吗？“陷落柱”或各类“残留角砾岩”风化型“铝土矿”和“铁矿”的复杂结构也会打破各类有序沉积的秩序。其实这些都是“混杂沉积相”中所要研究的问题。更加重要的是山地沉积系列总是和灾害地质地貌过程紧紧相连。一次汶川大地震带来一系列灾害链，崩塌、滑坡、泥石流、坡积掩埋了多少工厂、学校、民居。这一系列灾害链又导致群生的堰塞湖，而堰塞湖的溃坝在此次生灾害发生的同时，又形成了溃坝沉积——一个刚被注意到的“混杂堆积”新成员。从

防灾、减灾的角度去认识混杂堆积的不同成因、规模、发育与分布规律又给了我们一种很贴近的感觉。可见，本书既有深刻的理论意义，又有广泛的实践意义。

本书的目的有二，一是力图给沉积学的“盆地分析”中的盆地边缘增添一点相关内容；二是给混杂堆积的成因判别提供具体的帮助，并在实践中得以应用。本书的出版是 R. F. Flint 在 1960 年提出“混杂堆积”一词 50 多年后的一种进展。他当时是为了避免专业人士在不能区别混杂堆积的真正成因时无法对其进行描述，而提出用一个没有成因内涵的名词暂时代用一下，等查明真正成因后就无需再用混杂堆积一词了。但他可能没有想到，50 多年后这一名词已演变成了沉积学的一个可能的分支。他当时列入“混杂堆积”的成果也获得了新的补充。同时，为了对比，本书中也适当地讨论了火山碎屑混杂堆积、震积岩、断层破碎带以及板块混杂岩等构造混杂岩。它们和混杂沉积岩共同构成了混杂岩的两大类型，均包括了气下和水下环境。

本书共十四章，100 多万字，照片 100 余幅，图近 600 张，前有绪论，后有后语。各种混杂沉积在此已不再是原来含义的“无序”和“杂乱无章”了，而是各有其位和序——能表明成因的沉积特征，分布规律和发育过程，如冰川、泥石流、堰塞湖溃坝堆积、坡地、块体运动，（崩滑、滑坡）蚀余堆积，人工堆积等外动力混杂堆积以及内动力混杂岩。总之，本书总结了混杂堆积的一系列特征。



绪 论

X U L U N

把粒径范围从黏土到漂砾，无分选或弱分选的以细粒物填充在粗粒间隙或粗粒物“悬浮”在细粒基质中，主要由非连续介质搬运和快速而突然堆积的陆原碎屑沉积物和岩石称为混杂堆积物（diamicton）或混杂沉积岩（diamictite）^①。在这里之所以强调“主要”二字，是因为其中有部分并非非连续介质所搬运和突然而快速的堆积。如水下泥石流和蚀余堆积类，尽管它们的搬运介质不一定是非连续性的，也不一定是突然而快速的堆积，但其仍具备混杂堆积的岩石学特征。不言而喻，本书是以混杂沉积为重点，只作为对比才兼及构造混杂岩。它涉及（岩相）古地理重建和地质事件、灾害地质、地貌过程与规模、气候事件以及某些层控岩床形成与展布规律等重大问题。由于学科的发展和一些新概念的建立，人们对混杂堆积和混杂沉积岩特征的认识已大大深化，从其“无序”的总背景中已提出种种“有序”的形态和成因信息。譬如，对以前被识别为“冰碛”成因的混杂堆积物或混杂岩已纷纷提出泥石流成因解。当然，并不是“非冰碛即泥石流”，因为混杂岩成因是多种多样的。这一问题涉及范围之广，在时间、空间上都超过一般想象。可以说，目前世界上许多地方都在应用现代概念对地质史上各时代的“冰碛岩”的成因进行重新检验。而这个问题的最终解决则取决于对各不同成因的混杂堆积和混杂岩的沉积特征的深入研究和认识。我们运用比较沉积学的原则和方法，近年来对主要类型的现代混杂堆积物，如冰碛、泥石流堆积、冰缘与坡地堆积、滑坡与崩塌堆积、火山碎屑堆积等进行了研究，也对一部分有争议的不同时代的“冰碛岩”进行了重新识别。同时参考他人的工作成果，在如何建立混杂堆积相理论体系和如何有效地对混杂堆积及混杂岩进行成因判别上，有了一些感性和理性的认识，并深知成因判别之困难。如在中国东部有关于第四纪古冰川问题的争论中，对诸如“泥砾”一类混杂堆积的成因判别上的分歧乃主要内容之一。尤其是在侵蚀地貌已不存在或遭受不同程度破坏后，堆积物所赋予的成因信息就更受重视。李四光先生（1947）在《冰期之庐山》一书中也强调沉积物中保存有更丰富的成因信息。在国内外，像“泥砾”一类的混杂堆积物的成因判别也困扰了人们多年，时至20世纪60年代美国人才结束了对Mt Rinier山前混杂沉积的成因之争（确定了泥石流成因——作者注）（Washburn 面告，1993，照片5-26）。历史上常有把多种成因的混杂堆积物简单地当成是冰碛的事时有发生。已故美国著名第四纪地质学家 Flint^② 鉴于当时国际上已发现混杂堆积物的多种成因并非仅仅是冰川成因，才提出用混杂堆积物（diamicton）和混杂岩（diamictite）一词来描

① 也包括少量非陆源碎屑，但毕竟还是以“陆源”为主。

② 1976年去世。

述当时成因不明的堆积物 (Flint, 1960b), 亦即在所讨论的岩石或堆积物不能确定其真正成因时不用“类冰碛”等容易产生误解的词而采用非成因性术语“混杂堆积”命名为妥。这种情况在中国也同样存在而且更为突出, 澄清和解决这一问题也显得更为迫切。

应该承认, Flint 在 1960 年提出的建议是认识上的一大进步, 是一种很有价值的提示。它标志人们的认识更趋向自觉。但必须承认, 这也仅仅是权宜之计。时至今日, 50 多年过去了, 人们对多成因混杂堆积的沉积特征的认识已取得了长足的进展, 细致而正确地判别它们各自的成因已完全成为可能。因而“混杂堆积”已并非 50 年前的概念, 它已成为一个分支沉积体系。据上述混杂沉积物或混杂岩的定义, Flint 曾指出过共有六类 (1974), 即冰碛堆积 (till) [仅指狭义的、直接来自冰川而未经水体改造的堆积物, 若经过水体 (如河、湖、海) 改造则称之为冰川沉积 (glacial deposits) 具广义的内涵, 包括冰河、冰湖和冰海堆积。(作者注)]、泥石流堆积、冰缘堆积、火山碎屑堆积、崩塌滑坡堆积、断层及构造角砾岩 (Flint, 1960a、b)。而根据我们多年的实践和认识, 在混杂堆积中又增加了蚀余堆积、堰塞湖溃坝堆积、星体撞击混杂岩和人工堆积等, 并把蚀余堆积划分出河床蚀余堆积、溶蚀蚀余堆积、海和湖岸蚀余堆积、风蚀余堆积等亚相。但是, 混杂堆积和混杂沉积岩中并不包括构造角砾岩和因板块运动而造成的“构造”混杂岩 (mélange), 这完全是两码事。因为这二者成因也需要仔细鉴别, 故在本书中又不可能不涉及。但本书以讨论混杂沉积和混杂沉积岩的相特征和环境为主, 而且以现代沉积过程和环境为依托, 尤其着重讨论成因判别的原则和方法, 为今后扩大和延伸对全部混杂岩的研究铺垫。

对 diamicton 译成“混杂堆积”和 mélange 译成“混杂岩” (李春昱, 1980) 须略作说明。后者专指板块运动形成的混杂堆积体, 其真实的涵义应是构造混杂岩或称之为混杂构造岩 (作者认为它也可以包括断层破碎岩, 从而使它包括两个亚类)。李春昱的译名是很恰当的。而后来从事第四纪混杂沉积研究的人 (张林源 等, 1982; 张林源, 1987), 又把 diamicton 和 diamictite 译成为“混杂堆积”和“混杂岩”, 造成同时使用这两个含义不同的“混杂岩”名词从而出现了混乱。根据多年的实践和理论探讨, 我们认为现存的混杂岩类应包括两大类: 即“构造”混杂岩 (mélange) 和“沉积”混杂岩 (diamictite), 可冠以形容词予以区别。而在实际应用时应尊重先有的命名, “混杂岩”一词即限指“混杂构造岩”, 而使用 diamicton 或 diamictite 的译名时用“混杂沉积物”或“混杂沉积岩”即增加“沉积”二字以示区别。实际上, 除上述两类混杂岩以外, 火星上也有远比地球上规模更大的崩塌、滑坡造成的混杂堆积和冻融蠕流类堆积。在地球和月球上也有因星际物质的碰撞而成的混杂堆积, 本书虽有涉及但都有待于今后进一步系统研究。

此外, 在英文名词 deposit 具“沉积”之意, 而 sidement 则具有“沉积作用”的涵义。故在所有沉积学文献中使用中文“沉积”一词已成惯例。但在对第四纪混杂堆积物研究中, 中文“堆积”一词则广为运用。实事求是地说, 用“堆积”一词形容混杂沉积岩的形成过程是比较贴切的。因为堆积意味着快速、无分选, 分布不均匀, 延续性差等。更重要的是, 它们几乎未经水体改造或虽经水体改造也仍然保留某种“堆”的

特点。因此,总体来说,它们不具有“沉”(包括气下或气上)的机制和特征。作者宁愿在中文中使用“堆积”一词来描述这一类具有“混杂”特点的堆积体,即“混杂堆积物”和“混杂堆积岩”。但为了实事求是和尊重国内外多数人的习惯,在同意保留使用“混杂沉积物”和“混杂沉积岩”的同时,也用“混杂堆积”和“混杂堆积岩”,即“沉积”、“堆积”可以混用,这只有等待实践来检验了。

混杂堆积研究十分重要,实践的意义有:

(1) 近年来,地貌第四纪研究发展很快,它在全球变化研究中的地位已发生变化。地貌第四纪研究能提供长周期的气候变化和变化幅度的资料,因此,在全球 IGBP 计划中加上了对过去全球变化(PAGES)的重点研究内容。混杂堆积研究在这个方面具有同样意义。

对灾害地质过程的研究,如滑坡、泥石流、火山喷发,仅有现代观测数据是不够的。通过混杂堆积研究可以判别其各种成因,可以了解其在第四纪以来(至少晚更新世以来)区域上曾经发生过的灾害过程以及规模、周期和频度等。这对预测灾害十分重要,如同 PAGES 对全球变化研究一样,可以延伸记录时间。而所有这些工作基础就是首先分辨各种混杂堆积的成因类型。如甘肃武都城北古崩塌发生在离石黄土沉积之前,从地貌部位上看已无踪影,而要查明它是什么成因,只有从沉积着手继而研究它的规模、形成周期、稳定性和环境因素。因此,对环境灾害和地貌过程研究有重要意义。

(2) 混杂堆积研究在找矿上的实际意义。如我国华北、华南古铝土矿实际是化学风化产生的蚀余堆积;如青白口角砾岩就是蚀余堆积形成的;还有一些沉积铁矿、锡矿皆由不同时代的蚀余堆积形成。在阜新侏罗系煤矿矿层中存在老泥石流分布,对该泥石流研究和分析,可以解决煤田的分布问题和开采方式。在云南兰坪县,铅锌矿夹杂于新生代的泥石流和崩塌堆积中。

(3) 混杂堆积研究在工程实践上的意义。它表现在两个方面:第一,许多工程问题本身对象就涉及混杂堆积,如修建铁路就要常常研究滑坡、泥石流等堆积问题;第二,研究混杂堆积发生的周期、频率、规模和动力、沉积过程,可以为区域工程稳定性研究提出依据。

混杂堆积研究在理论上的意义有:

(1) 混杂堆积成因的正确判别可对古地理重建问题提供理论指导。

从地质发育历史来看,混杂堆积几乎分布在各个时期,时间跨度很大,如泥石流在侏罗系、白垩系都有报道。西安唐王陵砾岩系奥陶系混杂岩,原以为是冰碛物,有人认为是重力流堆积(洪庆玉,1984,1985;陆松年等,1983),我们观察后也认为是泥石流堆积而非冰碛。

构造混杂岩和沉积混杂岩在岩石特征和发育环境上更有切实研究的必要,两者之成因判别也早已提到日程上,而后者又常常随着板块挤压而混入板块混杂岩中(参考第十章第五节)。

(2) 从空间上看,地球和行星上都广泛分布混杂堆积,峡谷和盆地边缘都有大规模崩塌与滑坡。火星的北极发现“冻融蠕流”堆积,并有地下冰层。地球上从极地到赤道,混杂堆积更有气下、水下、地下,有海相、陆相。各种混杂堆积分布很广,任何

地区的地学研究都不能忽视它的存在。因此,了解混杂堆积的真实成因对于我们正确认识外星体地貌沉积及其自然环境以及全球和全宇宙变化等都有重要意义。Pettijohn (1975) 早已把星际撞击角砾岩列入砾岩和角砾岩的分类中。

(3) 混杂堆积物和混杂岩往往是地质事件的产物。崩塌、塌陷、滑坡和泥石流,除有构造事件的涵义外,也是气候事件的表征,如滑坡、泥石流就直接与暴雨过程有关。第四纪的一系列泥石流事件就表征了季风气候的形成过程。冰碛与冰川的发育更是气候事件的直接记录。火山碎屑岩的发育也是火山地质事件的直接记录。人们对环境与灾害研究迫使地质、地貌工作者去努力查明地质史上种种灾害地质、地貌事件。因为地质史上滑坡、泥石流等灾害地质的规模和发生频率也是研究现代及预报未来灾害地质、地貌过程不可缺少的资料,就像现在国际全球变化研究计划中列入 15 万 a、2 万 a 等古气候变化的幅度和周期一样。这些成果都无疑是对现代记录的有价值的延伸。各类混杂堆积有不同的工程地质性质,正确的成因判别才有正确的工程地质评价。此外,与混杂岩有关的层控矿床的寻找和勘探开采也要求对其成因有正确的判别。已知阜新煤矿存在于侏罗系扇形地堆积体中,古泥石流冲击使煤层受到变形破坏,如果把泥石流角砾岩认成断层角砾岩,后果是可想而知的(李思田,1988)。

混杂堆积研究中之所以在成因判别问题上出现激烈争论,其主要原因是对混杂沉积的现代过程缺乏系统研究,对最具有成因判别意义的沉积特征认识不足。同时即使有研究也往往是单项进行,如对冰碛的研究而缺乏把冰碛与其他成因混杂岩作比较研究。导致很长一段时间以来(80~100a)人们认识不到成因判别的要点和难点。由于混杂堆积往往具有局部相同或相似的动力过程和沉积机制,因而必然造成局部相同或相似的沉积特征。而由动力过程和沉积机制所造成的各种沉积结构和构造又最能反映各类混杂沉积的专属沉积特征及成因。它们虽然如前所述具有局部相似动力过程和沉积机制,但却有不相同的边界条件和环境。从而形成各种不同的动力和沉积机制的组合,以及相似沉积构造不同分布部位和组合关系。譬如,叠瓦构造是局部沉积物出现差异流动或蠕动滑动时所形成的塑性变形,在混杂沉积岩中广泛出现,但其分布部位和产状以及与其他沉积构造的组合关系却大不一样。它在泥石流沉积中各种部位都可以出现,一般倾向上游 25° 左右,唯在龙头部位 ab 面倾向上游的倾角由底部向上部和向上游方向增大($25^{\circ} \sim 45^{\circ}$)。而在冰碛中,叠瓦构造仅见于限定的挤压应力特别集中的地段,如推碛型终碛堤的上游一侧或冰下融出碛受推挤在受阻地段(往往是大型基岩团块构造或前期冰碛堤)的上游方,稍一离开应力集中带叠瓦构造就会消失。在此类叠瓦构造带的上游侧或下游侧有剪断构造(似逆断层)存在,这是受推挤时压力释放的产物。此外,在冰缘堆积、崩塌—滑坡堆积等地质体中也皆因有类似的推挤机制而出现局部的叠瓦构造。故虽同为叠瓦构造,但具体产状和组合关系的差别是显而易见的(崔之久等,1988,1986,1990,1991;徐海鹏等,1985)。

总之,本书所追求的目标是要以现代沉积学去认识各种混杂沉积岩的相特征与环境以达到正确的古地理重建。从而有助于人们发现地质事件、气候事件以及灾害地质地貌的过程、规模和频率等,并试图建立较系统的混杂沉积学的理论体系和研究方法,力求从理论和实践两个方面有所发展。

必须声明,我们所说的“混杂”是以肉眼认识为准。因为随观察手段的改变,“混杂”的程度是不同的。

本书的特点是,强调对现代沉积过程的研究,即从风化—侵蚀—搬运—沉积的地貌全过程来研究沉积;强调沉积体系和综合分析的原则和方法(Fisher, 1967)指出成因与环境的不可分割的关系以及成因判别的多指标原则;强调比较沉积学的原则和方法的运用;不仅仅指出纵向上即时间上的古、今对比的重要,也强调横向上即空间的各种混杂沉积物和混杂沉积岩之间的比较研究。

应该承认,50年前Flint(1960)的建议是认识上的一大进步,他是混杂沉积研究的开拓者,促使我们用实际的工作成果去证明各种混杂沉积的成因是可以查明的。迄今“混杂沉积”已不再是成因不明的沉积物或堆积物的代名词,而是一个已能查明成因的沉积学中的一个可能的分支体系,称之为“混杂堆(沉)积相”。但把混杂堆积相作为系统的学科体系来研究,在国内外尚属初步尝试,应该学习和研究的内容还很多。

在此作者拟对包括各类混杂岩进行综合分类,按内外动力,先将各类混杂岩分为:构造混杂岩或混杂构造岩与沉积混杂岩或混杂沉积岩两大类。前者可包括板块混杂岩、断层破碎岩及震积岩,界于中间的还有复合动力类,如火山堆积,初始动力来自岩浆活动,等喷出后沉积时却经过空气水蒸气凝结和风的作用改造再沉积。星际撞击也有类似过程。而人工作用造成的混杂堆积则很难简单归入内力或外力,因为它是一种特殊的力量,故也暂列为复合动力类。此外,大多数混杂堆积都归入外力类。再依次按运动速度由慢到快排序,其中以坡积和冰川(冰碛中大部是坡积过程)堆积最慢,到蚀余堆积,因其中有河床蚀余过程较快,但化学过程与物理过程则很难说快与慢。而由泥石流→滑坡→溃坝→崩塌→崩滑则最快的流速都可以达到20~30m/s,甚至50~60m/s。这一分类系列使本书的章节排序有了些许次序。

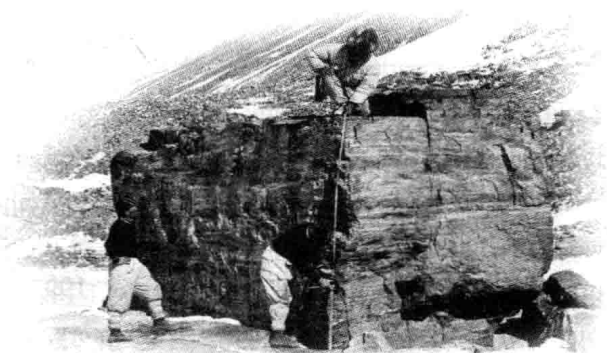
作者坦言,此种分类中纳入星际撞击堆积和人工堆积是颇牵强的,因混杂堆积之定义中强调的是“陆源物质”,而被列入分类的还有外星体撞击(变质)混杂堆积,虽然外来块体绝大部分已成为灰烬,但毕竟还是作为非陆源物质加入。最后,作者对板块构造造成的混杂堆积和水下混杂堆积,难有深入了解,但从比较的观点也总忍不住时时提到,这也容易造成错误。恳请同行和爱好者不吝指教。

参 考 文 献

- 崔之久,熊黑钢. 1988. 论混杂堆积与混杂沉积岩的成因判别原理与标志[J]. 地质评论, 34(3): 369-376.
- 崔之久,熊黑钢. 1989. 山地冰川沉积相模式[J]. 第四纪研究, 9(3): 254-268.
- 崔之久,熊黑钢. 1990. 泥石流沉积相模式[J]. 沉积学报, 8(3): 128-140.
- 崔之久,熊黑钢. 1990. 从宏观沉积物构造判别冰碛与泥石流堆积[C]//中国地理学会冰川冻土分会,中国科学院兰州冰川冻土研究所. 第四届全国冰川冻土学术会议论文集. 北京: 科学出版社.
- 崔之久,熊黑钢. 1991. 论我国第四纪泥石流发育历史与环境[C]//中国西部环境变迁讨论会文集. 北京: 科学出版社.
- 崔之久. 1981. 我国冰缘地貌学研究的进展[J]. 冰川冻土, 3(3): 70-77.

- 崔之久. 1986. 初探沟谷泥石流及其扇形地的沉积类型、宏观特征与形成机制 [J]. 沉积学报, 4 (2): 69-79.
- 崔之久. 1986. 初探沟谷泥石流及扇形地的沉积类型与形成机制 [J]. 沉积学报, (2).
- 洪庆玉. 1984. 我国几个地区震旦纪重力流沉积物的初步研究 [J]. 西南石油学院学报, (4): 1-17.
- 洪庆玉. 1985. 唐王陵组岩石学特征及沉积物重力流 [J]. 石油天然气地质, (1): 49-59.
- 李春昱. 1975. 用板块构造学说对中国部分地区构造发展的初步分析 [J]. 地理物理学报, 18 (1): 52-76.
- 李春昱. 1980. 关于板块运动 [J]. 第四纪研究, (2).
- 李思田. 1988. 断陷盆地分析与煤聚积规律 [M]. 北京: 地质出版社.
- 李四光. 1947. 冰期之庐山 [M]. 南京: 中央研究院地质研究所.
- 陆松年, 马国干, 高振家. 1983. 中国晚前寒武纪冰成岩初探 [G] //地质矿产部, 《前寒武纪地质》编辑委员会. 中国晚前寒武纪冰成岩论文集. 北京: 地质出版社, 1-86.
- 谢又予, 崔之久, 1984. 中国石英砂表面特征图谱 [M]. 北京: 海洋出版社.
- 熊黑钢, 崔之久. 1991. 泥石流沉积相与环境 [J]. 山地研究, 9 (1): 7-13.
- 徐海鹏, 田昭一, 曾思伟. 1985. 泥石流沉积物组构特征的初步研究 [C] //中国地理学会冰川冻土分会, 中国科学院兰州冰川冻土研究所. 中国第四纪冰川冰缘学术讨论会文集. 北京: 科学出版社.
- 张林源, 牟云智. 1982. 庐山地区混杂沉积的特征和成因 [C] //全国冰川冰缘学术讨论会文集. 科学出版社.
- 张林源. 1987. 第四纪古泥石流的鉴别与陆相混杂堆积的类型 [C] //中国科学院, 水利部, 成都山地灾害与环境研究所. 第二届全国泥石流讨论会论文集. 北京: 科学出版社.
- Blackwelder E, Willis B. 1907. Research in China [M]. Washington D. C.: Carnegie institution.
- Chuakov N M. 1981. Late Precambrian glacial deposits of the Vilchity formation of western region of the U. S. S. R., Earth's prepleistocene record [M]. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dunber C D, Rodgers J. 1957. Principles of Stratigraphy. New York: John Wiley and Sons.
- Fisher W L, McGowan J H. 1967. Depositional systems in the Wilcox Group of Texas and their relationship to occurrence of oil and gas [M]. Austin: Bureau of Economic Geology, University of Texas, 105-125.
- Flint R F, Sanders J E, Rodgers J. 1960a. Symmictite: a name for nonsorted terrigenous sedimentary rocks that contain a wide range of particle sizes [J]. Geological Society of America Bulletin, 71 (4): 507-510.
- Flint R F, Sanders J E, Rodgers J. 1960b. Diamictite, a substitute term for symmictite [J]. Geological Society of America Bulletin, 71 (12): 1809-1810.
- Flint R F. 1975. Features Other than Diamict as Evident of Ancient Glaciations [J]. Geological J., 6 (Special Issue): 121-136.
- Pettijohn F J. 1975. Sedimentary Rocks [M]. New York: Harper & Row.
- Schultz C B, Smith H T U. 1965. Guidebook for field conference J: Pacific Northwest [C]. [s. l.]: INQUA.
- Washburn A L, Sander J E, Flint R F. 1963. A convenient nomenclature for poorly sorted sediments [J]. Journal of sedimentary petrology, 33 (2): 478-480.

PREFACE



The term “diamiction” or “diamictite” is used to describe terrigenous clastic deposits and rocks that are mainly transported by discontinuous medium and quickly and abruptly deposited, whose grain sizes range from clay to erratic boulder. They are unsorted or weak sorted, with fine grains filling between coarse grains, or coarse grains “suspending” in fine grain matrix. Noteworthy, some deposits that are not formed in such process also have the petrologic characteristics of diamiction, such as subaqueous debris flow and residual deposits. Noticeably, this book stresses on diamiction, and refers to *mélange* only for comparison. Research of diamiction involves a series of important issues, such as the petrographic reconstruction of paleogeography, geological events, hazard geology, geomorphological process and scale, climatic events, and the formation and spatial distribution of some bedding controlled strata. Due to the disciplinary development and establishment of new concepts, people have expended their knowledge of diamiction and the characteristics of diamictite, and extracted a lot of “ordered” morphological and formational information from the disordered background. For example, some of diamiction and diamictite that was explained as a diagenetic result of moraine is now explained as a product of debris flow. Besides moraine and debris flow, there are also other geneses of diamiction and diamictite. The extensive scope of this issue is beyond previous imagination both in temporal and spatial scales. Researchers in many places are reinvestigating the geneses of tillite of different periods in geological history using modern concepts. The final solution of this problem depends on the continuous research and expanding knowledge of the sedimentary characteristics of diamiction and diamictite of different geneses. We have conducted studies on major modern diamictions using comparative sedimentological principles and methods, such as glacial deposits, debris flow deposits, periglacial and slope deposits, landslide and collapse deposits, and volcanic clastic deposits. We also conducted comparative sedimentological studies on some controversial tillite of different periods. Referring to others’ working achievements, we develop some perceptual and rational knowledge of major issues, including how to establish a theoretical system of diamiction facies and how to effectively identify the formation of diamictions and diamictites. Knowing the difficulty of identifying the cause of formation, we present this issue to our readers for the purpose of discussion. In the dispute of Quaternary glaciations in eastern China, the identification of the genesis of diamictions like boulder-clay is a bone of contention. The genesis information contained in the deposits receives a lot of attention, especially when the erosional landforms have disappeared or gone through various degrees of damage. Li Siguang

(1947) stressed the abundant genesis information contained in the deposits in his "Ice Age of Lushan". The identification of the genesis of diamictons like boulder-clay has harassed researchers for many years both domestically and abroad. It is not until in the 1960s that the Americans settled the dispute of the genesis of unsorted piedmont deposit of Mt. Riner, and confirmed its debris flow genesis (Washburn, 1993). Taking unsorted deposits of various geneses simply as moraine occurs frequently in history. Considering the discovery of various geneses of the unsorted deposits besides glacial, Flint (1960), an eminent Quaternary geologist, proposed the term "diamicton" and "diamictite" to describe the deposits of uncertain geneses at that time. This makes it possible to adopt a non-genesis term when discuss rocks or deposits of uncertain geneses, instead of misleading terms like tilloid. Similar situations also exist in China, and the problem is even more prominent, so it is urgent to clarify and solve this problem.

It should be admitted that the suggestion proposed by Flint in 1960 is a great progress in cognition. As a valuable wording, it indicates more self-consciousness in terms of human cognition. However, it is only a temporary expedient. We have made great progress in understanding the sedimentary characteristics of diamictons of various geneses in the past more than 50 years. It is possible to distinguish each genesis detailedly and correctly. Therefore, the conceptual connotation of diamicton is no longer the same as it was 50 years ago. Instead, it has become a subsidiary sedimentary system. According to the definition of diamicton or diamictite, Flint categorized it into 6 types, i. e. till, debris flow deposits, periglacial deposits, volcanic debris deposits, collapse and landslide deposits, and structural breccia. The term "till", in a narrow sense, only refers to deposits originating from glacier directly and not having been transformed by water. Deposits that are transformed by water, including river, lake and sea, become glacial deposits, which include glaciofluvial, glaciolacustrine and glaciomarine deposits in a broad sense. Based on the practice and cognition in the past years, we added residual deposit, outburst deposit, extraterrestrial impact diamictite, artificial deposits, etc. in the classification of diamicton, and further divided residual deposit into microfacies, such as riverbed residual deposits, corrosive residual deposits, coast and lake beach residual deposits and aeolian residual deposits, etc. But diamicton and diamictite do not include structural breccia and *mélange* resulting from fault and plate movements. They are completely different. However, the discrimination their geneses is not easy, so it is necessary to refer to them in this book. This book mainly discusses the facies characteristics and environment of diamicton and diamictite, based on modern sedimentary process and environment. The principles and methods of the genesis identification are the core issue of the discussion. The purpose of this book is to lay a solid foundation for further and broader study of all diamictons in the future.

In Chinese context, diamictite and *mélange* share a common translation (Li C, 1980; Zhang L, et al., 1982; Zhang L, 1987). However, the former is of sedimentary genesis, while the latter is of tectonic genesis. The shared translation brings confusion. Thus it is pro-