

华北地台沉积盖层的构成及演化

梅孜文

(甘肃有色地质研究所)

黎彤

(北京科技大学)

提 要 本文统计了华北地台盖层不同时代沉积地层的体积和质量,计算了其构成。并与世界主要地台区进行了对比,探讨了其体积、质量、构成的演化及其控制因素。通过显生宙沉积岩循环率的计算,进一步论证了盖层的发育主要是沉积岩本身的循环。

关键词 华北地台盖层 体积 质量 构成演化

第一作者简介 梅孜文 男 29岁 工程师 地质地球化学

华北地台的地理位置包括北纬 42°线以南,贺兰山、六盘山以东,秦岭、大别山以北的我国广大地区。本文统计了华北地台不同时代地层及沉积岩石的面积、厚度,进而计算了体积和质量。面积是用求积仪在王鸿祯主编的《中国古地理图集》(1985)上直接测得的。厚度及各类岩石比例主要由下列书中剖面资料统计而得:1. 华北地区区域地层表(山东、山西、内蒙、河北、天津、安徽、陕西、宁夏分册);2. 中国震旦亚界(天津地质矿产研究所,1980);3. 中国的第三系(李云通,1984);4. 中国的白垩系(郝治纯等,1986);5. 中国的侏罗系(王思恩等,1985)。其中寒武系、石炭系、二叠系的资料引自叶连俊《华北地台沉积建造》的统计,在选取时注意了不同岩相区在该代整个地层面积所占的比例,各时代各类沉积岩石的比例由各剖面统计结果经算术平均而得。

1 构 成

1.1 沉积层构成

华北地台沉积层的总体积为 $9.584 \times 10^6 (\text{Km}^3)$ 约占全球沉积层的 1% (A. B. Ronov 数据比较)。总质量为 $2.45 \times 10^{22} (\text{g})$ 。

华北地台沉积层基本上由三分之一的碳酸盐岩和三分之二的碎屑岩组成。从全球地台沉积层的特征看,在地质历史上两个古大陆明显不同。冈瓦纳古陆陆源岩占其沉积层总体积的 75% 以上,劳亚古陆只占 65% 左右(不包括火山岩),陆相沉积物和火山碎屑岩冈瓦纳古陆是劳亚古陆的两倍。劳亚古陆具有较高比例的钙质岩石、蒸发岩和海底火山喷发物。根据这些特征,A. B. Ronov 认为劳亚古陆以拗陷占优势,而冈瓦纳古陆以隆起占优势。

从表 1、表 2 中可以看出,作为劳亚古大陆一部分的华北地台盖层岩石构成与劳亚古大陆地台盖层岩石构成总体上是相同的,其特点是前者蒸发岩明显趋少和与欧洲一致的碳酸盐岩的广泛分布。

与全球地台沉积层比较,华北地台陆源岩以碎屑岩所占比例较大(占岩石总体积的41%)而泥质岩比例较小(占岩石总体积的26.7%)为特征,而全球地台沉积层碎屑岩占23.12%,泥质岩占48.43%(A. B. Ronov, 1980)。

表1 华北地台盖层各纪地层岩石构成

Table1 Constitution of rock and strata from different period in North China Platform Cover

地层	第三系				白垩系				侏罗系			
	比例 (%)	体积 (Km ³)	密度 (g/cm ³)	质量 1023g	比例	体积	密度	质量	比例	体积	密度	质量
泥质岩	41.48	423839	2.00	0.847	24.6	104103	2.00	20.53		65175	2.30	0.156
砂岩	26.85	274375	2.55	0.70	43.11	182414	2.57	0.469	50.1	187693	2.57	0.82
砾岩	20.97	214249	2.65	0.0568	28.91	122329	2.70	0.33	27.4	103411	2.70	0.279
灰岩								0.64	2388	2.65	0.006	
泥灰岩	7.5	76674	2.30	0.176	3.37	14275	2.30	0.033				
白云岩	0.7	7459	2.70	0.020								
其它												
总计				2.319		423121		0.999		374577		0.966
统计剖面数	8				8				6			
地层	三叠系				二叠系				石炭系			
	比例	体积	密度	质量	比例	体积	密度	质量	比例	体积	密度	质量
泥质岩	26.46	308573	2.30	0.71	39.06	311819	2.50	0.779	42.17	12705	2.55	0.0324
砂岩	72.54	846065	2.57	2.174	45.41	362531	2.57	0.932	39.02	11749	2.57	0.0302
砾岩					13.47	107567	2.70	0.29	2.5	757	2.70	0.002
灰岩					0.22	1724	2.65	0.0046	8.46	2548	2.65	0.0067
泥灰岩												
白云岩												
其它									8.54	2584		
总计		1166301				798336		2.005		301246		0.952
统计剖面数	8				38				65			
地层	奥陶系				寒武系				上奥陶武系			
	比例	体积	密度	质量	比例	体积	密度	质量	比例	体积	密度	质量
泥质岩	18.56	431581	2.60	0.43	21.95	108207	2.50	0.27	42.59	107666	2.55	0.27
砂岩	9.6	220656	2.57	0.22	6.16	30366	2.58	0.078	12.16	320740	2.62	0.08
砾岩									14.84	37515	2.70	0.1
灰岩	53.17	475494	2.65	1.26	52.65	259538	2.68	0.69	16.01	40478	2.65	0.11
泥灰岩					1.82	8972	2.30	0.021	5.55	14030	2.30	0.032
白云岩	16.8	15025	2.70	0.41	17.37	85638	2.70	0.23	7.59	19187	2.70	0.052
其它									1.23	3152		
总计		894358		2.407		492970		1.294		252795		0.54
统计剖面数	8								6			

续 表 1 华北地台盖层各纪地层岩石构成

Table 1 (Continued) Constitution of rock and strata from different period in North China Platform Cover

地层	青白口系				黄县系				南口系				长城系			
	45.46	97415	2.65		12.04	96544	2.65	0.258	18.93	293540	2.65	0.778	29.77	465243	2.65	1.23
泥质岩	30.82	68043	2.68	0.177	12.96	103939	2.68	0.278	18.2		2.68	0.758	50.81	7944089	2.68	2.13
砂岩					8.57	68731	2.7	0.186					0.42		2.75	0.018
砾岩	13.11	28093	2.65	0.074	22.14	177582	2.65	0.47	13.01	201772	2.65	0.535	11.58	180979	2.65	0.479
灰岩	3.16	6614	2.50	0.016												
泥灰岩	8.04	1724	2.70	0.046	44.27	355036	2.70	0.958	48.99	759731	2.70		2.41	115808	2.70	0.313
白云岩																
其它																
总计		214287		0.672		801997		2.146				4.173				4.00
统计 剖面数	11				7				4				6			

注:密度资料引自 H. B. 多尔捷曼(1981)《岩石和矿物的物理性质》一书。

表 2 华北地台与劳亚、全球地台区盖层岩石构成比较

Table 2 Comparison of cover rock constitution among North China platform and Laurasiavand as well as global Platform area

地区 ¹⁾	体积 (10 ⁶ Km ³)	质量 (10 ²² g)	岩石构成 ²⁾			
			陆源岩	碳酸盐岩	蒸发岩	其它
北美	29.7	0.73	67.15	27.9	4.87	
欧洲	106.7	2.63	64.57	31.6	3.3	
劳亚	136.4	3.36	65.15	30.82	3.62	
全球地台区	220.8	5.43	71.75	25.42	2.61	
华北	9.58	0.25	67.75	31.32		0.93

1)引用的其它地台区资料均据 A. B. Ronov(1982)

2)岩石构成为体积构成

1.2 各时代沉积地层的构成

据 A. B. Ronov 的研究,全球大陆沉积圈,古生代是最重要的堆积沉积岩的时代,几乎一半的沉积岩形成在其延续时间只占盖层发育时间 20% 的古生代。而华北地台古生代沉积岩所占盖层的比例与时间所占的比例是相近的(各自为 23.12% 和 20%)。华北地台盖层 40% 的沉积物形成在延续时间最长的中元古代。晚元古代与全球一样具有较少的沉积。

从表 3 可以看出,华北地台显生宙与劳亚古大陆的其它地台区(北美、欧洲)在岩石构成上明显不同,陆源岩占有很重要的比例(77.66%)。而劳亚古大陆的两个重要组成部分北美和欧洲地台在岩石构成上却是基本一致的。虽然劳亚古大陆以拗陷为主,但华北地台其陆源岩,陆相火山岩均占有相当的比例,蒸发岩却很少。这些都是以隆起占优势的显示。从地史演化上看,华北地台在中奥陶统以后就已基本上升为陆了。即在显生宙已与劳亚大陆的其它部分发生了分化。早在 60 年代,国外学者 Haug 和 Nar 等就有关于太平洋古大陆的设计。1984 年,我国学者张正坤主要依据古地磁,古生物资料认为在古生代晚期,全球不仅存在北

部的劳亚大陆、南部的冈瓦纳大陆,而且在两大陆之间还存在太平洋古陆。中朝地块即属于太平洋古陆。那么显生宙华北地台与劳亚古大陆在岩石构成上的分化是否为太平洋古陆的存在提供了一个佐证呢?

表3 华北地台盖层各时代沉积地层与其它地台区沉积地层岩石构成比较¹⁾

Table 3 Comparison of sedimentary strata and rock constitution between the cover of North China Platform and that of other platform area

时代	地区	体积 (10^6Km^3)	质量 (10^{22}g)	岩石构成			
				陆源岩	碳酸盐岩	蒸发岩	其它
显生宙	北美	22.5	0.56	62.98	30.98		
	欧洲	86	2.16	63.96	31.77		
	劳亚	108.5	2.72	63.7	31.64	4.23	0.41
	全球	182	4.57	71.2	25.55	2.93	0.37
	华北	9.58	0.245	77.66	21.39		0.94
晚元古	北美	7.2	0.18	81.91	18.01		
	欧洲	20.7	0.60	67.11	30.66	2.1	0.1
	劳亚	27.9	0.78	70.83	27.57	1.6	
	冈瓦纳	10.9	0.26	83.55	16.45		
	全球	38.8	1.04	74.29	24.52	1.29	
	华北	0.47	0.02	72.65	26.94		0.41
中晚元古	华北	3.98	0.1	54.53	45.47		
中元古	华北	4.35	0.12	56.5	43.5		

(其它地台区资料据 A. B. Ronov, 1980)

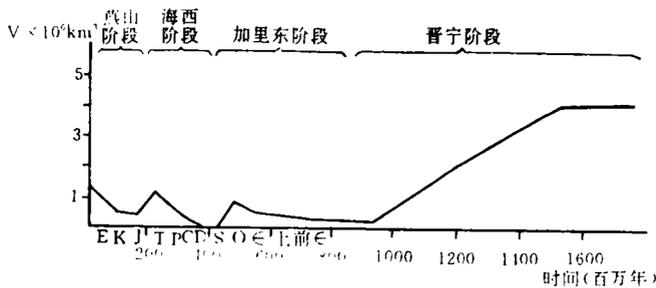


图1 华北地台盖层体积演化

Fig. 1 Volum evolution of North China Platform Cover

A. B. Ronov 在做全球其它地台盖层研究时,前寒武纪盖层时限定为 1600~570Ma,他将其全归为晚元古代。华北地台晚元古代的时限一般定为 1000~600Ma,中元古代的时限为 1850~1000Ma,华北地台从中元古代开始了稳定地台盖层的沉积。显然,不同的大陆盖层开始发育的时间是不同的,从表 3 中可以看出,如果仅将华北地台与劳亚古大陆的其它地台区

的晚元古代岩石构成比较(注意其时限的不一致),则可看出它们和基本相似的。但两者的前寒武纪盖层则差异较大,华北地台以碳酸盐岩分布广泛为特征(43.5%)而其它地区则以陆源岩占优势(70%以上)。这种差异可能由以下原因引起:①各地台在盖层发育早期具有较大的差异性;②前寒武纪盖层时限的不一致。

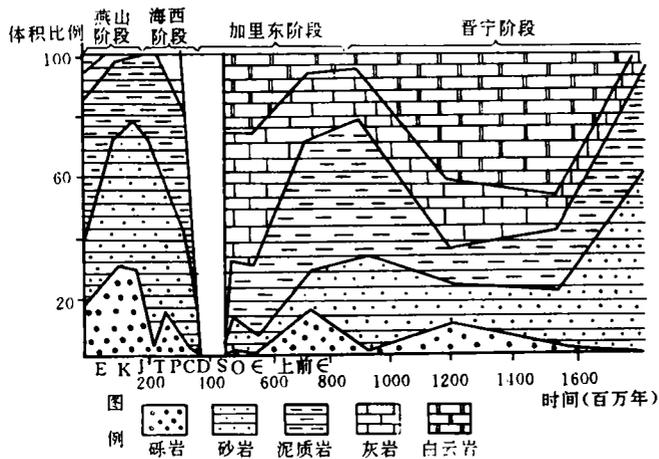


图 2 华北地台盖层岩石类型与时代演化图

Fig. 2 Evolution of rock types and periods in North China Platform Cover

综上所述,华北地台沉积层在垂直剖面上各岩类的比例变化是巨大的,这种变化比世界其它地台区幅度更大。华北地台在盖层发育时期与劳亚古大陆一致,总体上以拗陷占优势。但与之不同的是,在显生宙以隆起占优势。

2 演化

2.1 岩石构成及体积的演化

岩石类型随时间发展演化的原因,目前主要有两种观点:1. A. B. Ronov 认为岩石类型随时间的变化与地质构造旋回有重要的关系。在旋回的末期地壳以隆起为主,主要堆积陆源岩。碳酸盐岩的形成主要是在旋回中期即发生最大海侵的时期。同时认为沉积岩的体积随构造旋回具有周期性的变化,在构造旋回的中期沉积岩体积最大。而在构造旋回的初期和末期体积较小。2. R. M. Garrals 和 F. T. Mackenzie 认为:沉积岩岩石类型随地质时代变化的基本原因是不同类型的岩石具有不同的循环率。即各种类型的岩石被破坏再沉积的能力不同,影响了沉积岩石在地质时代的分布和变化。

华北地台(如图 2)表现为岩石类型随构造旋回呈周期性的变化。表明构造旋回是沉积岩石类型分布、演化最重要的控制因素。但其沉积岩总体积的变化(图 1)则与 A. B. Ronov 总结的规律略有差异,在显生宙沉积岩体积随时间作周期性的变化,但其体积最大处不是在

旋回中期,而基本上接近于旋回的结束期。华北地台特殊的地质演化历史决定了这种特点。加里东旋回在早奥陶世海侵达到最大,沉积了大量碳酸盐岩,之后大规模海退整个华北基本上升为陆。从而缺失志留纪和泥盆纪沉积,造成奥陶纪沉积岩体积较大。这之后华北地台进入陆相沉积发展阶段,旋回末期是地壳隆起而造成陆源岩发育的时期,所以造成华北地台显生宙地质构造旋回末期体积最大。其产生的本质原因是构造—热事件造成的地壳的差异起伏以及由此而产生的较高的沉积成岩速率。

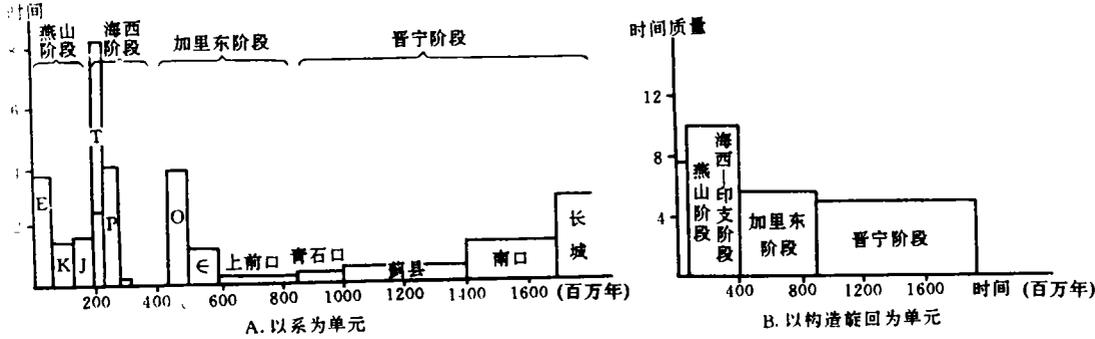


图3 华北地台盖层质量—时间关系

Fig. 3 Relationship between mass and time of North China Platform Cover

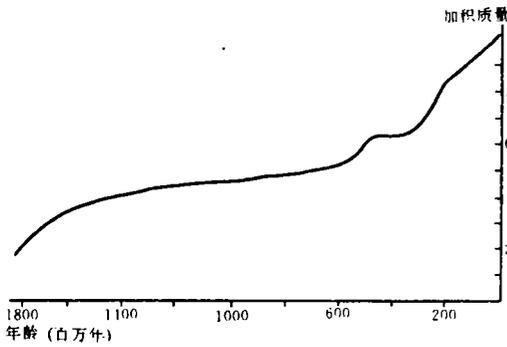


图4 华北地台盖层的质量—年龄分布
Fig. 4 Showing distribution of mass-age of North China Platform Cover

显然,华北地台沉积岩石类型和体积的演化是以全球性构造活动为基础的,但也有其特殊之处。

中、晚元古代沉积岩体积变化是随时代变新而减少。推测由以下原因产生:1. 盖层发育早期构造背景仍不稳定;2. 地台范围未固定。

2.2 质量—时间关系

沉积岩的质量—时间关系在70年代由 R. M. Gorrels 和 F. T. Mackenzie 揭示出其基本的关系——指数关系。A. B. Ronov 注意到显生宙沉积岩质量的变化(以系为单位)是波动的,不呈指数关系。但如果以更大的时间单位来看(如新生代、中生代……)则呈指数关系,华北地台的情况使笔者认识到周期性的构造—热事件是影响沉积岩质量—时间分布的一个重要原因。

图3为华北地台盖层质量—时间演化图,在晋宁运动之后,加里东、海西、燕山每一旋回内不同时代(纪)的沉积岩质量的变化是随时间变新而渐增的,而从整个盖层发育时期看,是随构造旋回呈有规律周期性波动的。

值得注意的是,三叠纪质量显著升高,可能由如下原因产生:1. 构造活动造成地壳差异起伏,使沉积盆地及厚度均较大。2. 三叠纪岩石主要为砂岩,密度较大。3. 三叠纪时间间隔

较短,造成单位时间质量升高。

构造—热事件造成的地壳差异起伏,褶皱变动不仅加大了沉积成岩速率,而且改变了沉积岩再循环过程中物质的供给关系,使以系为单位的质量—时间关系是随构造旋回周期性的变化。所以,构造作用是决定以系为单位的质量—时间分布的基本原因,但在两个构造—热事件之间较稳定时期,沉积岩的再循环对其质量—时间分布可能也起一定作用。图 3-B 以每个构造旋回为单位的华北地台沉积岩质量—时间分布,表现为时代愈老渐减的指数趋势。说明在更长的时间间隔(以大的构造旋回为单元)构造—热事件的影响被平均化了以后,沉积岩的循环作用是其质量—时间分布的基本控制因素。

循环率的估计

沉积岩不断被消除和不断再沉积的过程应遵循 $-\frac{dM(t)}{dt} = -\alpha M(t)$ 即指数关系: $M_t = M_0 e^{-\alpha t}$ 。

其中 t ——时间, α ——衰减常数, M_t ——在时间 t 时保留下来的质量, M_0 ——时间 $t=0$ 处的质量。

在时间间隔 Δt 内,因侵蚀和溶化作用,沉积岩总质量减小到 $Me^{-\alpha \Delta t}$,而在这段时间间隔内沉积的物质质量等于被去掉的物质质量。因此,在每一段时间间隔 Δt 内净沉积下来的沉积质量 Md 等于总质量 M 减去保留下来的质量 $Me^{-\alpha \Delta t}$ 。

$$Md = M - Me^{-\alpha \Delta t} = M(1 - e^{-\alpha \Delta t})$$

令 $b = 1 - e^{-\alpha \Delta t}$ 则 b 为在时间间隔 Δt 内沉积岩的循环率。

图 4 为华北地台盖层的加积质量—年龄分布图,对该曲线的显生宙部分用最小二乘法模拟的结果是其服从: $y = 126e^{-0.0039t}$ 。

根据前推出的循环率公式 $b = 1 - e^{-\alpha \Delta t} = 1 - e^{-0.0039 \Delta t}$ 则可计算在显生宙(持续时间 600Ma)范围内其沉积岩的循环率 $b = 1 - e^{-0.0039 \times 600} = 0.9037$ 。

既在显生宙有 90.37% 的沉积岩经过了循环,说明华北地台显生宙沉积岩的主要物质来源是沉积岩本身。值得指出的是:这只是一个理论上的推导,还有待于大量实际工作的证实。

3 结 论

1. 华北地台盖层基本上由三分之一的碳酸盐岩和三分之二的陆源岩组成。在岩石构成特点上华北地台盖层与劳亚古大陆各地台区盖层的岩石构成特征是相近的,只是蒸发岩相对较少。但在各时代,沉积地层的岩石构成特征有较大差异,这是由华北地台特殊的地质发展历史所决定的。

2. 周期性的构造—热事件改变了沉积岩的物质来源和沉积成岩速率。是华北地台盖层岩石构成和体积、质量发生变化的主要基础,沉积岩的再循环作用对沉积岩质量—时间分布的影响,在较长的时间间隔(如以构造旋回为单元)才显著。在构造运动稳定期也有影响。只有从构造—热事件的作用和沉积岩再循环作用综合的角度认识沉积岩的构成和质量变化规律才更为全面。

3. 模拟计算表明:华北地台在显生宙发展时期有 90% 的沉积岩经过了循环。

参 考 文 献

- [1] 王鸿祯等编, 1985, 中国古地理图集, 地图出版社。
- [2] A. Б. Ронов, 刘本立译, 1981, 地球沉积圈的结构和发展史, 地质地球化学, (3): 18~22。
- [3] Ронов, А. В. , 1980, The earth's sedimentary shell. The American. Geological. Institute.
- [4] Garreis, R. M. and Mackenzie, F. T. , 1969, Sedimentary rock type relative proportion as a function of geological time. Scienc. Vol. 163, p. 570~577.

Constitution of Rocks and Evolution of Sedimentary Cover in North China Platform

Mei Ziwen

(Gansu Non-ferrous Metallic Geological Institute)

Li Tong

(The University of Science and Technology, Beijing)

This paper has discussed volumes and mass of each period sedimentary strata in North China platform. The constitution of rocks has been calculated and compared with other main platform in the world. The sedimentary cover of North China platform is composed of one /third carbonate and two /thirds terrigenous rocks. The constitution of rocks is similar to Laurasia and North China platform. But there are poor evaporite and extensive distribution of carbonate. Compared with the earth's sedimentary shell, North China Platform is characterized by that terrigenous rock is rich in clastic rock (41 percent of gross rock volum) and percentage of argillaceous rock is low (26.7 percent of gross rock volum). However, Character of constitute of rocks of each sedimentary time is greatly different from each other, which is determined by special history of geological development in North China Platform.

Periodically tectonic and thermal event changed the resource of sedimentary rock and rate of sedimentation. It makes mass, volume constitution of rocks change with tectonic cycle, and is main base of variation of constitute, volume, mass. Only in Longer period of geological time, will the influence of recycling of sediment be obvious. Because the influence of tectonic-thermal event is averaged in this case. The influence of recycling of sediment also exist in the stable period of tectonic activity. Only considering tectonic event and recycling of sediment can we realize the variation of the constitute of sedimentary rocks and mass.

Simulating calculation shows that the 90% of sedimentary rock in North China Platform have been recycled during the period of sedimentary cover development which indicates that it is main recycling of sedimentary rocks during sedimentary cover development.