

# 广西南丹泥盆纪 缺氧盆地沉积模式及其演化

辛建荣

(中国地质大学)

**提要** 根据 Rhoads-Morse-Byers 缺氧盆地生物相模式, 同时考虑水体深度, 将缺氧盆地沉积自上而下划分为充氧带、弱氧带和无氧带, 与之相应的生物带则为喜氧生物带、贫氧生物带和厌氧生物带。按照这种模式, 着重描述了广西南丹泥盆纪缺氧盆地的沉积特征及生物群特征。其演化大致经历了 (1) 充氧沉积-喜氧生物群阶段 ( $D_1^1$ ); (2) 弱氧沉积-贫氧生物群阶段 ( $D_1^2-D_2$ ); (3) 无氧沉积-厌氧生物群阶段 ( $D_3$ ); (4) 弱氧沉积-贫氧生物群阶段 ( $D_3^2$ )。

**关键词** 南丹缺氧盆地 演化模式 弱氧 无氧沉积 贫氧厌氧生物 泥盆纪

**作者简介** 辛建荣 男 42岁 讲师 地层古生物学

## 引言

广西南丹地区为中国海相泥盆系发育的典型地区。整个泥盆纪期间, 以裂隙槽式缺氧盆地的发展为特征。就其沉积而言, 缺氧盆地经历了充氧—弱氧—无氧—弱氧的沉积演化过程。与之相伴的生物界则经历了喜氧—贫氧—厌氧—贫氧生物演化阶段。

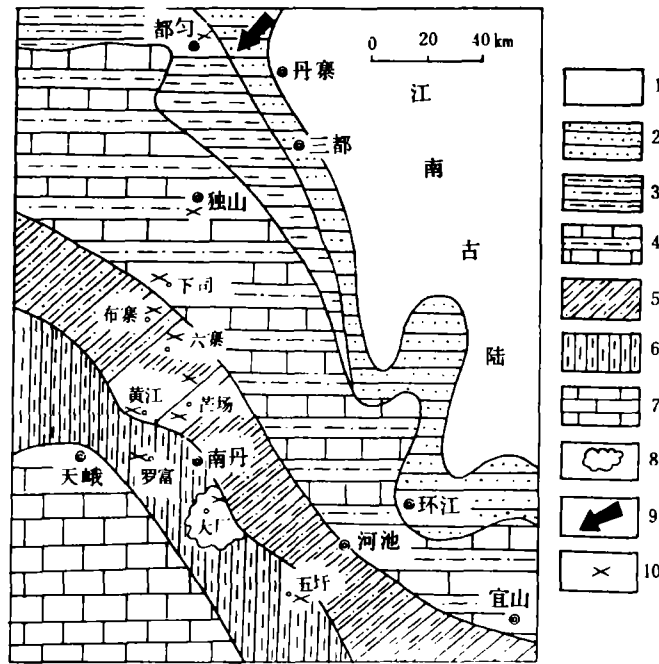
传统认为, 南丹缺氧盆地是受同生断裂控制所致。近年的资料进一步证实, 从早泥盆世晚期开始, 广西地区处于拉张作用为主导的构造环境, 由北而南发育了一系列北东、北西及东西向同沉积断裂, 形成地堑—地垒式海底地貌景观。南丹盆地是其中的一个北西—南东向地堑, 并且这个地堑本身也是由一系列次一级的断块所组成, 从而使其沉积复杂化。另外, 从中泥盆世早期至晚泥盆世早期, 南丹及相邻地区的地层中都发现有海底火山喷发物 (层凝灰岩等), 沉积物中往往含有洋壳的物质成分。以此足以证明本区泥盆纪期间地壳活动的强度及裂隙槽的发育 (图 1)。

## 一、缺氧盆地沉积模式的建立

### (一) 生物相模式的建立

Rhoads 与 Morse (1971) 以及 Byers (1977) 曾根据缺氧盆地中水体溶氧程度和生物组合划为三个不同的生物相: (1) 喜氧生物相 (aerobic) ——具多种底栖生物和生物扰动构造, 水深小于 50m, 含氧量大于 1.0ml/l, 为充氧表层水; (2) 贫氧生物相 (dysaerobic) ——生物具低分异度, 小个体内栖生物为主, 很少或不见钙质属种, 水深大于 50m, 含氧量 0.1—1.0ml/l; (3) 厌氧生物相 (anaerobic) ——缺乏壳相底栖生物和生

物扰动构造, 沉积物为纹层状, 含氧量低于 0.1ml/l, 水深视环境条件而有别。后来 Thomas 等 (1986) 称其为 R-M-B 模式。



1.古陆; 2.前滨砂岩相; 3.近滨砂泥岩相; 4.开放台地碳酸盐岩相; 5.缺氧盆地近缘砂泥岩相; 6.缺氧盆地中心黑色泥岩相; 7.浅海陆棚碳酸盐岩相; 8.生物礁; 9.陆源物质供应方向; 10.观测剖面点

图 1 桂北-黔南地区中泥盆世纳标中期岩相古地理略图

Fig. 1 Sketch of lithofacies and palaeogeography of middle Nabiao age of the Middle Devonian in northern Guangxi and southern Guizhou.

由于含氧量不易测定, 贫氧与厌氧动物群之间也没有一个明确的界线, 用起来不大方便, 所以 Thompson 等 (1985) 对三个生物相的某些参数作了些修正。其划分依据是: (1) 喜氧生物相具丰富的钙质壳大型动物群和生物扰动构造, 含氧量大于 0.3ml/l; (2) 贫氧生物相具少量生物扰动构造, 小个体内栖软体动物为主, 含氧量 0.1—0.3ml/l; (3) 厌氧生物相缺乏大个体钙质壳生物, 以纹层状沉积物为特征, 含氧量小于 0.1ml/l。由上可以看出, 只要在 R-M-B 模式中加入低分异度钙质生物群这个参数, 便合理而实用了。

(二) 缺氧盆地沉积相模式的建立

关于缺氧盆地沉积模式, Hallam 和 Bradshaw (1979)、Kammer 等 (1986)、Thomas 等 (1986) 曾先后做过探讨和描述。Hallam 和 Bradshaw 曾根据侏罗系沥青质页岩的沉积特征总结了三种不同的环境模式。即 (1) 阻隔盆地模式——类似于黑海式的滞流盆地模式; (2) 浅海陆棚模式和 (3) 不规则海底模式。对于这些模式的研究, Hallam 等只是对不同环境条件的缺氧盆地予以成因分析, 并未对其沉积特征、生物特征从纵向和横向上进行探讨建立层序和模式。因此在某种意义上讲, 还只是缺氧环境类型的研究。Thomas 等 (1986) 提出的缺氧盆地模式考虑了水体垂向上透光性及含氧量的变化, 并以 R-M-B 模式

的生物相带为基础描述了相应的沉积物特征。应当说明，用生物相带的术语来描述沉积特征不能明了地体现水体与沉积物的关系，所以本文提出充氧（Oxygenate）或称富氧（Oxygen-rich）沉积、弱氧（Oxygen-weak）沉积与无氧（Oxygen-free）沉积的术语来表示缺氧盆地中垂向沉积特征，它完全与三个生物相带对应，具体划分如表1。

表 1 缺氧盆地中生物带与沉积带的垂直划分

Table 1 Faunas and sedimentary types of division vertically in the anoxic basin.

水深	生物(相)带	沉积带	解释
50	喜 氧	充 氧	缺氧盆地
	贫 氧	弱 氧	
150	无 氧	无 氧	

应当说明，R-M-B模式关于生物相带的划分从水体溶氧量和生物对氧的需求两个最为敏感的因素来分析缺氧盆地，无疑是抓住了问题的关键，从而成为建立缺氧盆地沉积模式的基础。表1所列水体深度主要参考了黑海资料（图2），同时也考虑了开放大洋的情况（孟祥化、梁传茂，1982）。值得注意的是在开放大洋无氧沉积带之下的大洋底部，由于两极充氧冰水随深部海洋流循环进入洋底而形成底部洋流充氧带。这就是说开放大洋的无氧沉积带不在洋底，其下界面应视大洋本身的情况而定，如大洋所处纬度、洋底地形、水温及循环等。南丹缺氧盆地为一准封闭型海槽，更接近黑海模式

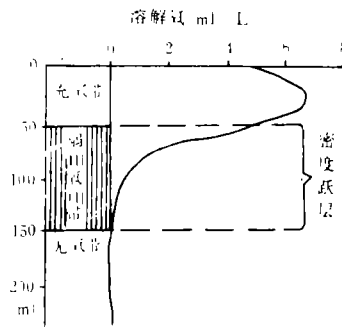


图 2 黑海缺氧盆地中氧含量变化和垂直分带（充氧带、弱氧带和无氧带）

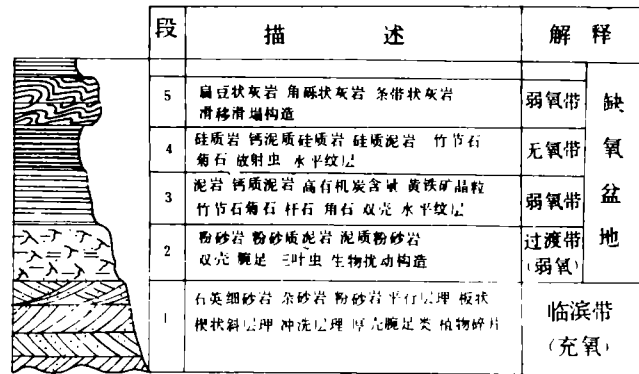
（引 Caspers, 1957, 修改）

Fig. 2  $O_2$  variation and vertical zoning (oxygenate, oxygen-weak and oxygen-free zone) in Black Sea anoxic basin. (After Caspers, 1957).

## 二、南丹缺氧盆地模式特征

### （一）沉积特征

南丹缺氧盆地沉积有以下三种类型（图3）。



段	描述	解释
5	扁豆状灰岩 角砾状灰岩 条带状灰岩 滑移滑塌构造	弱氧带
4	硅质岩 钙泥质硅质岩 硅质泥岩 竹节石 菊石 放射虫 水平纹层	无氧带
3	泥岩 钙质泥岩 高有机碳含量 黄铁矿晶粒 竹节石 菊石 杆石 角石 双壳 水平纹层	弱氧带
2	粉砂岩 粉砂质泥岩 泥质粉砂岩 双壳 腕足 三叶虫 生物扰动构造	过渡带 (弱氧)
1	石英细砂岩 杂砂岩 粉砂岩 平行层理 板状 楔状斜层理 冲洗层理 厚壳腕足类 植物碎片	临滨带 (充氧)

图 3 南丹缺氧盆地沉积层序特征及其环境解释

Fig. 3 Depositional environments as interpreted from sedimentary sequences characteristic of Nandan anoxic basin.

### 充氧沉积

可划为四个相: (1) 板状交错层理细砂岩相——以盆地中心地带的罗富剖面下泥盆统那高岭组中下部为代表。主要为石英细砂岩、杂砂岩夹泥质细砂岩、粉砂岩。平行层理为主, 见大型板状斜层理, 水流冲洗层理、楔状斜层理, 上部见不对称波痕。生物主要为腕足类、次为双壳类、棘皮类、介形虫等。保存一般较好, 部分破碎。代表临滨带上部沉积沙体。(2) 生物扰动粉砂岩相——那高岭组上部, 为深灰色粉砂岩、泥质粉砂岩, 生物扰动强烈, 以斜交层理的虫管为发育, 生物见腕足类、双壳类、保存比较完好, 还见少量海百合茎碎块。为临滨带下部沉积; (3) 块状细砂岩相——芒场大山村剖面中统纳标组中段发育, 以钙质石英细砂岩为主, 少量杂砂岩。褐灰色, 厚至巨厚层状。代表三角洲前缘河口沙坝沉积; (4) 互层状细砂岩、粉砂岩夹泥岩相——芒场大山村纳标组中段下中部, 主要为钙质细砂岩、粉砂岩夹泥岩。局部层位化石丰富, 主要为双壳类、腹足类及菊石类。水平层理及小型沙纹交错层理。代表三角洲前缘远沙坝沉积。

### 弱氧沉积

南丹地区均有发育。主要岩相类型有 (1) 水平层理粉砂岩相——下统益兰组, 为灰黑色粉砂岩、泥质粉砂岩及粉砂质泥岩。下部有少量生物扰动构造, 且含少量腕足类, 上部为竹节石、菊石和少量双壳类, 代表弱氧过渡带沉积; (2) 水平层理黑色泥岩相——下统塘丁组、中统纳标组、罗富组。为黑色泥岩, 粉砂质泥岩夹泥灰岩, 水平层理发育。生物竹节石占统治地位, 多顺层排列, 其次为菊石、杆石和小型薄壳双壳类。罗富剖面纳标组中段产丰富的三叶虫类 (镜眼虫为主)。代表深水海槽沉积; (3) 条带状灰岩相——上统五指山组下部, 为深灰色薄层微晶灰岩, 水平层理, 局部层位有揉皱现象, 只见介形虫。代表海槽边缘斜坡带沉积; (4) 扁豆状灰岩相——五指山组上部, 深灰色扁豆状泥晶灰岩, 仅见介形类。为深水海槽边缘斜坡带滑移沉积; (5) 角砾状灰岩相——主要夹于扁豆状灰岩中, 层位不稳定, 角砾多为准原地泥晶灰岩, 少量外来角砾, 偶见生屑。棱角至次棱角为主, 少数次圆

定,角砾直径大多为1—3cm。代表海槽边缘斜坡带滑塌沉积;(6) 滑移滑塌泥岩、泥灰岩相——见于芒场大山剖面纳标组上段。以泥岩、泥灰岩或钙质粉砂岩相间的条带状为特征,包卷层理发育,大者可达几米或十几米。局部地段见滑塌角砾及同生微型小断裂。为典型斜坡带滑移滑塌沉积;(7) 浊积岩相——芒场剖面纳标组中段下部。为互层状细砂岩、粉砂岩和泥岩,见完整和不完整鲍马序列,底部具槽模。局部递变层理段为生物砾屑或砂屑,成分为海百合茎、珊瑚、腕足类及苔藓虫碎片,混有竹节石。普遍含钙质,代表前三三角洲沉积。

### 无氧沉积

发育于上统榴红组的水平层理硅质岩相,为黑色硅质岩、硅质页岩、含泥质钙质硅质岩。生物含竹节石、菊石和放射虫。普遍含火山喷发物。代表无氧的深水海槽沉积。

### (二) 生物特征

根据Thompson修改的R-M-B模式,南丹缺氧盆地各生物相特征如下:

喜氧生物相——以下泥盆那高岭组为代表。主要为腕足类,其次为底栖型介形虫、海百合茎及植动碎片。上部生物扰动构造发育,具有丰富的生物遗迹化石,如沙迹、均分潜迹等。一般保存较好,少数呈破碎状。

贫氧生物相——下统益兰组、塘丁组,中统纳标组、罗富组为主发育。以软体动物占绝对优势,如竹节石、菊石、角石、杆石、双壳类。其次见小型腕足类,三叶虫、介形虫等。介形虫在下统为底栖与浮游混合型,中统主要为浮游型。

产于罗富剖面纳标组中部的三叶虫 *Phacops* 主要以蜕壳化石保存。一般胸尾相连,头和胸脱节,或一侧相连,一侧分开。明显为原地或准原地保存,说明水体比较平静。一些学者(Kammer等,1986)认为, *Phacops* 为弱光带典型分子,对氧有一定需求,但要求不太高,主要产于成层完好的纹层状灰黑色泥岩中,为弱氧条件下的产物。

罗富剖面 *Phacops* 带之上的 *Nowakia holynensis* 带和 *N. sulcata* 带地层中的光壳节石,大多以黄铁矿铸模形式保存,为典型弱氧带沉积(Kammer等,1986,Reaves,1984)。

厌氧生物相——上统榴江组为典型。主要见浮游生物竹节石、菊石和放射虫,同时见少量浮游介形虫,不见底栖生物(表2)

表2 晚泥盆世榴江期厌氧生物组合

Table 2 Anaerobic faunas of the Late Devonian (Liujiang age) in Nandan anoxic basin.

竹节石	菊石	放射虫	介形虫
<i>Striatostyliolina luofuensis</i>	<i>Manticoceras</i>	<i>Radiolarian</i>	<i>Berillonella erecta</i>
<i>Metastyliolina nahaensis</i>	<i>Eobeloceras</i>		
<i>Styliolina</i>	<i>Mesobeloceras</i>		

## 三、南丹缺氧盆地的演化

南丹缺氧盆地沉积和生物的演化(图4)大致如下:

### (一) 早泥盆世

广西运动以后, 华南滇黔桂等地于早泥盆世开始接受海陆碎屑沉积。到那高岭期, 南丹地区已处于海滩景观, 波浪、潮汐等作用影响强烈、海水浅、水循环作用良好, 呈现为充氧环境。生物以底栖型喜氧动物群为特征, 厚壳大个体的腕足类占优势。益兰期开始, 处于过渡带环境的罗富一带随着基底拉张作用的加剧, 由充氧条件变为弱氧环境, 其沉积物主要为暗色粉砂岩、粉砂质泥岩。生物由底栖型腕足类逐渐变为底栖与浮游混合型的介形虫、竹节石及小型薄壳双壳类、腕足类。以上可视为弱氧环境的上带。至塘丁期, 以软体动物为主的贫氧生物组合和纹层状暗色泥岩的发育, 说明已处于弱氧环境的下带。水深大致应在 50m 以下至 150m 以上。贫氧带的软体动物和竹节石、菊石、杆石及角石等在此期间丰度都非常高。

### (二) 中泥盆世

中泥盆世纳标期, 基本继承了拉张作用下的活动构造条件。本区及邻区一系列同期断裂的发育和火山沉积物的出现(贵州南部、广西南丹等地均有报道), 可以估测当时地壳活动的强度。薄层粉砂岩(偶夹细砂岩)、粉砂质泥岩与全套黑色纹层状泥岩的交互出现, 地层中竹节石和其它生物(三叶虫、介形虫等)交替消长的关系, 说明地壳活动的不协调和相应沉积的不均衡性。纳标中期, 差异升降加剧, 东北侧的江南古陆及其周围地带上升作用增强, 大量陆源碎屑注入盆地。位于盆地东北边缘的芒场、黄江、六寨等地广泛发育三角洲沙体。以三角洲前缘河口沙坝细砂岩沉积, 远沙坝粉砂岩、细砂岩和泥岩沉积及前三三角洲重力流沉积为特征。纳标晚期, 中心地带的罗富沉积了含白云质的黑色泥岩、粉砂岩夹细砂岩薄层。而边缘地带的芒场则沉积了滑塌滑移构造发育的粉砂岩、粉砂质泥岩夹细砂岩。六寨等地以细砂岩沉积为主。这些特征可说明地壳差异升降对陆源物质与缺氧盆地的影响。罗富期, 边缘斜坡上部地带的六寨等地广泛发育生物礁。罗富和芒场一带均以泥灰岩为特征, 富含竹节石, 说明海侵加广、海水加深, 这时的环境处于弱氧与无氧交替时期, 且以弱氧为主。

纵观整个中泥盆世纹层状泥岩中竹节石发育的情况, 在局部层位富集成层, 层厚 1—2cm, 其个体也比较小, 排列杂乱, 基本沿层面。有两种原因可能导致这种情况的出现, 一是上升洋流造成严重缺氧致使竹节石大量死亡, 使成体与幼体一起堆积下来; 二是在弱(贫)氧与无(厌)氧的交替带由于环境条件的改变导致生物大批死亡。根据本区当时所处古地理位置(古纬度和海陆展布特征)和古构造环境, 两种情况均有可能, 而以后者可能性更大。

### (三) 晚泥盆世

晚泥盆世榴江期, 在区域上大面积硅质岩和放射虫硅质岩发育, 并伴随有火山喷发物。生物只见竹节石、菊石和放射虫, 见少量浮游介形虫, 说明拉张作用增强而差异升降减弱, 导致裂隙槽缺氧条件的加剧, 从而出现无氧沉积环境, 生物为典型厌氧组合。火山喷发物可以“毒化”海水而导致无氧, 所以榴江期可能是拉张作用与海水毒化两者同时在起作用。五指山期, 下部的微晶灰岩不见化石, 可视为无氧向弱氧的过渡, 裂隙槽开始短暂的回返。碳酸盐岩的发育推知当时邻区碳酸盐台地的增长延伸已经直接影响到南丹缺氧盆地的沉积。上部扁豆状灰岩夹层位不稳定的滑塌角砾状灰岩及滑移而成的包卷层理微晶灰岩, 都足以证明斜坡的存在和发展规模。

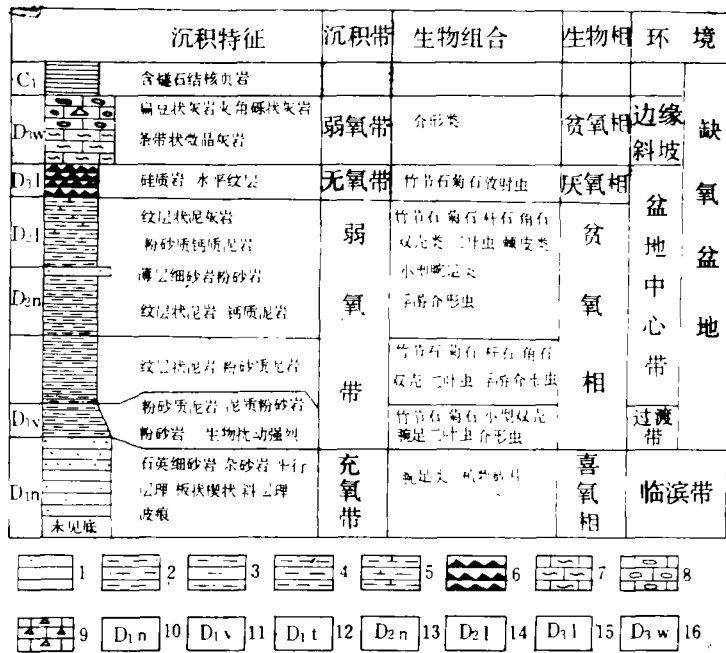


图 4 广西南丹罗富地区泥盆系沉积层序剖面图

Fig. 4 Profiles showing sedimentary sequences in anoxic basin of the Devonian of Luofu at Nandan in Guangxi

随着裂隙槽拉张作用的重新加剧，海水进一步加深，直至早石炭世时，南丹缺氧盆地扩大了黑色页岩的沉积范围。

本文得到余素玉教授的审阅，谨表谢意。

收稿日期：1989年7月25日

参 考 文 献

(1) 王尚启、张晓彬，1983，古生物学报，22卷，5期，551—561页。  
 (2) 叶德胜、周棟康、邹志福，1985，贵州中泥盆统碎屑岩沉积相特征，岩相古地理文集，1集，地质出版社，88—102页。  
 (3) 辛建荣、王良忱、罗学常，1987，地球科学—武汉地质学院学报，12卷，6期，605—611页。  
 (4) 辛建荣，1989，地质科技情报，8卷，1期，33—40页。  
 (5) 周怀玲、张振贤、吴治，1988，广西地质，1卷，1期，65—70页。  
 (6) 候鸿飞、王士涛，1985，古生物学报，2卷，2期，186—193页。  
 (7) Demeison, G.J. and Moore, G.T., 1980, AAPG Bull., Vol.64, No.8, p.1179—1209.  
 (8) Hallam, A., and Bradshaw, M.J., 1979, Jour.Geol.Soc., London, Vol.136, p.157—164.

- (9) Kammer, T.W., et. al., 1986, *Lethaia*, Vol.19, p.109—121.  
(10) Jenkyns, H.C., 1980, *Jour.Geol.Soc.London*, Vol.137, p.171—188.

## **Sedimentary Model and Evolution of Devonian “Nandan Anoxic Basin” in Guangxi Province**

**Xin Jianrong**

(China University of Geosciences)

### **Abstract**

Based on Rhoads—Morse—Byers Model of biofacies in an anoxic basin with consideration of the depth of water, the anoxic basin deposits can be downwards divided into oxygen—rich zone (oxygenate zone), oxygen—weak zone and oxygen—free zone. Corresponded with them are the three biozones as aerobic zone, dysaerobic zone and anaerobic zone. According to the model, this paper deals with the characteristics of the Devonian deposits and biotas in Nandan, Guangxi Province.

The Devonian deposits in this region are supposed to be the anoxic basin rocks accumulated in a rifted trough environment. As the result of the increase of separating of earth crust in the end of Early Devonian, the oxygen—weak deposits were presented at Luofu, the central zone of the basin, and lasted into Middle Devonian. At the margin of the basin, such as in Mangchang, delta deposit were occurred in Nabiao age ( $D_2^1$ ). At the beginning of Late Devonian, the oxygen—free sediments with volcanic tuff were deposited in the basin, then the basin began to inversion in the late stage.

Summarily, there are four stages that can be divided during the evolution of Devonian sediments and biotas in Nandan anoxic basin: (1) oxygen—rich (oxygenate)—aerobic ( $D_1^1$ ), (2) oxygen—weak—dysaerobic ( $D_1^2—D_2^1$ ), (3) oxygen—free—anaerobic ( $D_3^1$ ), and (4) oxygen—weak—dysaerobic ( $D_3^2$ ).