

56541
FES

陆台构造的构造分析法

H.H. 佛尔什著

地质出版社

陸台構造的構造分析法

(以伏尔加 - 烏拉尔地区为例)

H. H. 佛尔什著

周國榮譯

吳偉校

地質出版社

1956·北京

Н. Н. ФОРШ
К МЕТОДИКЕ
СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА
ПЛАТФОРМЕННЫХ
ТЕКТОНИЧЕСКИХ СТРУКТУР
(на примере Волго-Уральской области)
ГОСТОПТЕХИЗДАТ
1953

本書詳盡地闡述了在未經鑽探地區上查明陸台型深處構造的方法，也就是綜合該地區的地表構造測量資料和鄰接地區的深鑽探資料，並加以分析、研究以預言該地區深處構造的方法。

這種方法的理論基礎就是以伏爾加-烏拉爾地區的泥盆紀、石炭紀和二疊紀沉積為例，對區域構造和局部構造的發展情況和相互聯繫的分析。

本書對陸台区工作的地質工作者、石油普查人員和地質勘探機構都有很大的用處，也是高等和中等地質院校師生的良好參考書。

陸台構造的構造分析法

著者	Н. Н. 佛 尔 什
譯者	周 國 榮
校訂者	吳 偉
出版者	地 質 出 版 社
	北京宣武門外永光寺西街3號
	北京市書刊出版業營業許可證出字第009號
發行者	新 華 書 店
印刷者	地 質 印 刷 廠
	北京廣安門內教子胡同甲32號

編輯：周國榮 技術編輯：張華元 校對：張曉光
印數(京)1—8280冊 一九五六年十月北京第一版
字數40000字
定價(10)0.55元 一九五六年十月第一次印刷
開本31"×43"¹/₃₂ 印張1²³/₃₂ 插頁6

目 錄

緒言.....	4
陸台上地壳变动構造的起源与發展.....	8
1. 一級構造形态的發展.....	8
2. 一級与二級構造之間的相互关系及二級構造的發展.....	14
3. 二級与三級構造的相互关系及三級構造的發展.....	21
4. 由于一級構造的位移發生構造格式的变化.....	28
查明深处構造的方法.....	30
1. 查明構造格式随着深度發生变化的方法.....	30
2. 預測深处構造的例子.....	35
参考文献.....	48

緒 言

在广大的伏尔加—烏拉尔地区上，查明構造隆起的开始階段是進行構造測量，因为它能确定發育在地表上的岩層產狀特性。構造測量發現和圈定了由露出地表岩層所形成的構造隆起；以后，大都進行了構造鑽探以查明較深岩層的產狀特性，最后，再進行了深鑽探。

進行構造測量工作的結果，查明了广大的面積，在此面積上确立和圈定了无数構造隆起。其中大部分都是根据卡贊組和塔塔尔組标准層位查明的。

可是，在構造隆起的鑽探过程中曾發現：在深層位中，岩層的傾斜和地表上所觀察到的常常很不相同，有时甚至有相反的方向。在許多情況下曾發現露出地表的岩層与產于深处的岩層其構造顯著不一致。由構造測量在地表上查明的構造隆起，看來，有时在深处岩層中是沒有的。

随着構造不一致的材料的積累才逐漸明白：在露出地表的岩層中有圈定的隆起存在，还远不足以預言該地深層位中也有隆起存在。大概由于这个緣故，有时就出現了完全不注意露出地表的岩層產狀特性的趋向。例如，有时發表这样的推断：構造測量把一定的地方列入沉降区，但靠近这地方的深鑽探却表明深处岩層的上升，因此，可以期待，在这一地方的深岩層中会有隆起。

在这个推断中，預言未經鑽探地方深处岩層產狀的唯一根据，只是关于鄰接地区深处岩層產狀的一些資料。

在現時为了研究深处岩層構造，根据深鑽探資料繪制其構造圖，这种構造圖能表明深处岩層構造的基本特征，当然具有很大的价值。可是这种圖亦和上述的推断有着同样的缺点。为了預报未經鑽探的地方深处岩層的構造，只能利用离該地有时是非常远的深鑽孔資料的补圖法。但对許多未經深鑽探的地方，有根据上二疊紀沉積标准層作出的構造圖，在某些情況下，还有克列利烏斯型鑽机的鑽探資料。所有这些繪制深層位構造圖的資料都沒有利用，預报僅僅根据深鑽探材料

作出，并未考慮構造測量的材料。

同时，无庸置疑，發生于上二疊紀岩層中的構造隆起与下降，應該同样反映在其下伏較老層位的產狀特性上。但是因为还在这些运动开始之前，深層位已具有它自己的傾斜与弯曲，所以，其產狀的現代性質在基本上是較老和最后运动的总結果。

因此，关于上二疊紀岩層產狀的構造測量材料稍能說明深層位產狀的特性，可是說明得很不完全，僅在較后的構造运动方面有所說明。

較老运动的結果明顯地烙印在產于表層和深处岩層之間的地層厚度变化上。就是这种厚度的变化，造成了構造的不一致。

假使我們能夠利用鄰近区域深鑽孔的材料相当正确地弄清我們感兴趣的，未經鑽探地方的厚度分布情况，然后再把这些材料与确立地表層位產狀特性的構造測量結果正确地綜合，那末就能得到比較正确的关于未經鑽探地方深岩層構造的概念。

在未經鑽探，但已作过構造測量的地方确定深处岩層的產狀特性，要解决下列二个問題，才有可能：

1. 能否应用周圍区域内鑽探的結果來弄清因为这一岩組把我們感到兴趣的深处岩層和据以進行構造測量的層位相隔开了。相当精确的岩組厚度分布圖。

2. 如果这有可能，那末应如何正确地把关于厚度的資料和地表層位產狀的資料綜合起來，从而可能更精确地弄清深处岩層產狀特点。

第一个問題具有决定性的意义。重要的是要闡明，是否存在十分明顯的厚度变化的規律性，确定这規律性有可能在未經鑽探地方的任何一个点比較精确地測定沉積厚度。

最近几年以來，对陸台的各个地区不止一次地繪制了不但是整个二疊系，石炭系和泥盆系的等厚綫圖，并且也繪制了列于其內所有的統、組和層的等厚綫圖。这些圖确定：具有厚度增大和减少特点的地区很大，而且厚度的增大或减小是在一定方向內發生的。这些規律性的存在是沒有疑問的。

在現時，大部分的地質学家都認為，厚度的这些变化基本上决定

于構造运动的情况。当然，也不应该忘記，厚度相当大的变化可能是由構造不同向的侵蝕冲刷或由沉積物的不均匀沉積引起的。可是，在研究伏尔加-烏拉尔地区的古生代沉積时，可以看到，在冲刷时期和侵蝕地形發育时期后，往往跟着有陸屑沉積物的堆積，它們在很大程度上均衡着地形的不均匀。

因此，如果在地層組合邊緣上取这种陸屑岩系的頂面，那末，冲刷和沉積物不均匀堆積的影响在一定程度上将会免除，就能更清楚地查明由構造决定的厚度变化的規律性。

能确定厚度分布一般情景的等厚綫圖，現在被用來研究古構造，用來查明上述岩層組合形成时構造运动配置情况，用來确定相应时间内的主要沉降帶和隆起帶，也可用來查明厚度与相分布之間的联系。

应该提出能否把这些厚度变化的規律性应用到其他方面，即能否用它們來預言未經鑽探地方深岩層的產狀特性这样一个問題。要解决这一問題，重要的是要知道：为这些等厚綫圖所确定的厚度变化規律性有无呈現，它只是在大区域範圍內感觉到的总趋向呢？还是在比較有限的地方，在个别局部構造範圍內厚度有順序增大和减小的趋向。必須查明决定厚度的区域变化和局部变化的規律性和它們兩者之間的关系。

在局部構造範圍內的厚度变化，引起局部構造隨深度而移位，时常完全与上述这一局部地壳变动構造的生長条件和形成条件有联系。

某些地質学家——構造学家 [Л.Н. 罗贊諾夫 (7) 和 В.В. 別洛烏索夫 (5)] 認為隆起的中心或中点的迁移以及它們从一地到另一地的移位是这些厚度变化的主要原因。忽而局部構造的这一部分急剧上升，忽而另外一部分急剧上升，因此造成了厚度的不均匀分布，使各个岩層組合的頂部不能重合。

这种隆起中心迁移的原因尙屬未知，因此，这一問題的見解就不可能較早地預見厚度的变化和局部構造移位的性質。此外，关于厚度这种局部变化与区域变化之間的关系問題亦尙未解决

作者对構造頂部不重合現象以另一种解釋。作者認為：在这里各种岩層組合的厚度区域变化具有巨大的意义。如果这种現象不僅在穹

隆之間發現，而且也在一些局部構造範圍內發現，那末這種現象應該引起較下岩層形成的凸地（свод）朝向上述岩層組合區域厚度減小方面移動。知道了這些厚度的區域變化的規律性後，我們就能夠預言：我們感興趣的岩層是往何處移動，移動多少，它們是否會完全消失，或者相反，在露出地表的岩層水平產出和發現單斜傾斜的地方的深處岩層中是否有封閉隆起出現。這種預報的重要性是很明顯的，毋須贅述。

為了解決上面提出的關於厚度的區域變化和局部變化之間的关系問題，重要的是要闡明區域地殼變動構造和局部地殼變動構造的关系問題，這點我們努力在下面做到。

陸台上地壳变动構造的起源与發展

1. 一級構造形态的發展

陸台地壳变动構造一般分一級、二級与三級構造三种。

H.C. 沙特斯基 (12) 把地壳上的巨大平緩弯曲、陸向斜和陸背斜列于一級構造，把平背斜和平向斜列于二級構造。平背斜不但包括某些長垣形構造，还包括某些大的局部隆起。他把裂隙列于三級構造里面。

B.B. 別洛烏索夫 (5) 从陸台構造中分出大構造形态 (陸向斜和陸背斜) 与小構造形态 (断續褶曲)。

A.A. 巴基罗夫 (2) 和沙特斯基一样，把陸向斜、陸背斜以及山前拗陷列于一級構造；把大的長垣狀隆起和拗陷以及構造陡坎列于二級構造；而把使一、二級構造复雜化的局部構造列于三級構造。

我們感到巴基罗夫的分类是最恰当的。沙特斯基把裂隙分出作为三級構造形态，但是裂隙并不是岩層產狀的形态，照我們的意見，把它們列入構造分类中是不應該的。同时，在沙特斯基的分类中，象对特級構造一样，也沒有給局部構造留下地位。他把較大的局部構造看作平背斜，較小的看作二級構造形态上的复雜体。

別洛烏索夫沒有看到長垣狀隆起和局部構造之間原則上的区别。他把兩者都列入断續褶曲类，而对其分級則建議根据幅度來确定。構造幅度无疑是構造特征中十分重要的标志，可是，構造特征僅僅反映区别的數量方面。时常有这样的情况，局部構造的幅度比長垣的平均幅度來得大，而前者却是在后者範圍內形成的。同时，我們的調查表明，形成構造时，長垣是主要形态，而局部構造是派生的。

在一級構造形态的确定方面同样也存在着某些不明之处。沙特斯基把陸向斜当作地壳上具有向斜構造的巨大平緩弯曲來确定，但他并未指出这是屬於整个沉積層还是屬於个别的岩層組合。沙特斯基自己把这一名詞既用于这个意义，也用于那个意义。

有一种意見說，陸台上一級構造形态在許多个地質世的时期中，至少在最近二个巨大的大地構造旋迴中，是一直穩定地保持着的。發表这种意見的其中也有別洛烏索夫（5），他認為陸台上相對隆起区和相對沉降区的分布情况是早先在这里存在的地槽所遺留的，并以这种形态一直保存到目前。这一过程中發生的僅是陸向斜的陡度在剖面上自上至下的增加。

这样來理解陸向斜的構成就沒有必要再來區別全部沉積底板和某些岩層組合之間的產狀特性了，因为在平面圖上，這兩者是應該相重合的。

可是在許多情況下，事情并不这样。按上侏羅紀岩層來看，西巴什基里亞和韃靼蘇維埃社会主义共和國东部比較起來，它是一个巨大的隆起区，但按石炭紀和泥盆紀岩層看，却正巧相反。按中生代岩層看，伏尔加河流域的薩拉托夫地区和古比雪夫地区比較起來，是巨大的拗折，而按石炭紀岩層看，亦正相反。

如果按个别岩層組合的產狀特征來確定陸向斜，那末在以某一种岩層確定的陸向斜地方，时常可能出現接另一年代的岩層所確定的陸背斜。在这种情况下，就不可把陸背斜和陸向斜当作陸台的構造部分，它們只是个别岩層組合的產狀形态。

可是目前存在这一种趨勢，就是根据整个沉積岩組按結晶基底地形而形成的產狀特征來確定陸向斜和陸背斜。这一解說使我們能把上述構造当作陸台的基本部分來研究，但在采用这一解釋時不可忘記，陸向斜與陸背斜有着複雜而極長久的歷史。決不能認為它們自古以來就是沉降区與隆起区，它們是在許多巨大的大地構造旋迴过程中發育起來的，而在这些旋迴过程中，大地構造条件曾不止一次地根本改变过。

應該知道，現代陸向斜的大小和外形可能与各个年代中拗陷区的大小与外形完全不一样。

別洛烏索夫（5）把陸台广大区域中那种在一定年代內穩定的拗陷地区称为次大向斜，而称穩定的相對隆起地区为次大背斜。这些隆起能指出运动的性質，这时不論陸向斜和陸背斜都是岩層產狀的形

态。

別洛烏索夫寫道，在次大向斜的地方有陸向斜形成。可是對俄羅斯陸台上一些現代陸向斜所作的詳細研究表明，它們的生成情況要雜得多。在這些陸向斜的原地曾不止一次地產生過次大背斜。而其代的特征完全決定於許多世中各種構造運動的總結果。

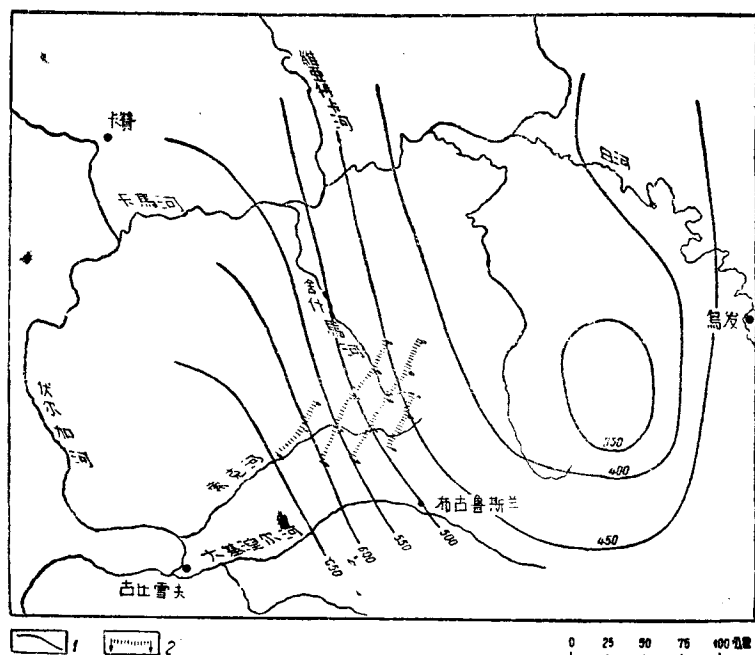


圖 1. 產於維列雅層頂面與上石炭紀頂面中間之岩層組合厚度分布圖：

1—等厚綫；2—索克-舍什馬隆起帶的構造陡坎（拗折）

M. Ф. 米爾琴克和 A. A. 巴基洛夫在其最近的著作中確定，在陸台的大地構造發育過程中，起主要作用的是地殼的波狀震盪運動。他們明確地指出，在陸台範圍內，當一級構造成因的每一次旋迴完成后，就在次大向斜和次大背斜區域的構造相互關係和空間位置上發生極大的改變，這一切變化在成因上是與陸台四周的地槽區大地構造的改造作用相聯系的。它使我們免去了證明上述情況的必要性，因為它本身完全符合我們的看法。

巴基罗夫(2)同样也指出,次大向斜和次大背斜配置的巨大变动是在巨大的大地构造过程内發生的。对这个問題我們將要說得詳細些,因为它对弄清我們所关心的伏尔加-烏拉尔地区的構造具有重垂的意义。

石炭紀时,中伏尔加河流域地区的特点是剧烈的下降,石炭紀沉積的厚度極大可以証明这一点(圖1)。

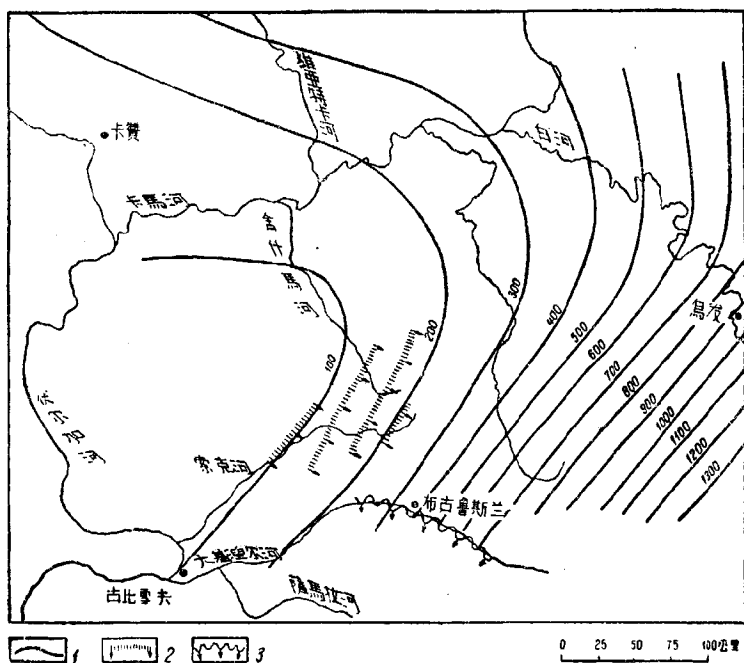


圖 2. 下二疊紀与烏菲姆沉積厚度分布圖:

1—等厚綫; 2—索克-舍什馬隆起帶的構造陡坎(拗折); 3—大基涅尔变动的構造陡坎(拗折)

往东一点,直到烏拉尔地区一帶,分布着一片厚度薄得多的地区,可是,在前烏拉尔拗陷地帶又代之为新的剧烈沉降帶。

在下二疊紀时,情形就顯著地改变。中伏尔加河流域变成次大背斜地区,其特点是厚度不很大(圖2)。分布在东面一些的石炭紀薄厚度地帶轉变为这个次大背斜帶和逐渐向陸台超掩的前烏拉尔拗陷之

間的过渡区域，这一地区的特点是沉積物厚度比中伏尔加河流域的大得多，并逐渐向东增大。以后，和前烏拉尔拗陷相联系的厚層沉積物堆積地区，依次地向西伸進，在孔谷期（二叠紀）包括了圖依馬茲区，而在烏菲姆期包括了索克-舍什馬区，这区在此以前，和它的西面地区一样，是以大陸冲刷条件为主（圖3）。

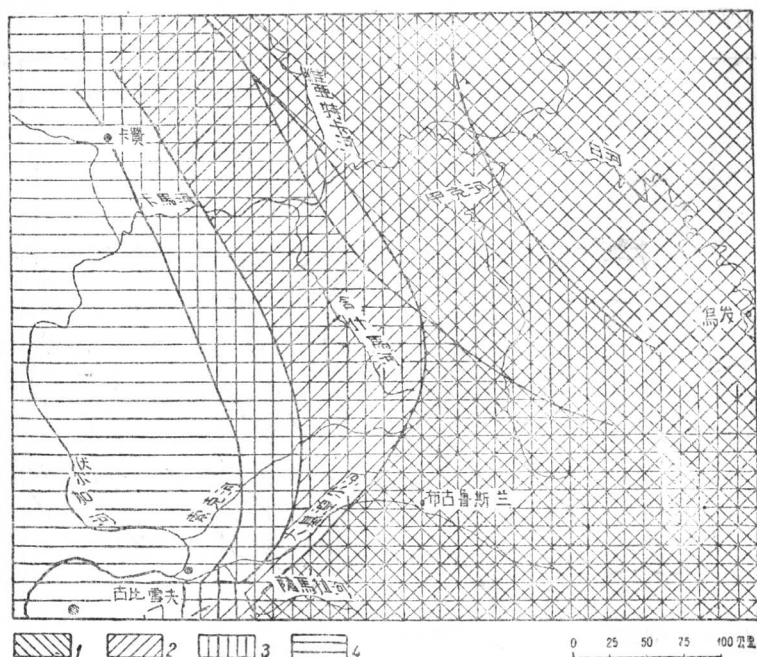


圖 3. 孔谷、烏菲姆和卡贊沉積分佈圖：

- 1—孔谷沉積；2—烏菲姆沉積；3—最下面的卡贊海相沉積；
4—上卡贊海相沉積

在卡贊期，拗陷区域已包括了中伏尔加河流域。中伏尔加河流域中厚度最大的軸部穿过索克-舍什馬区，該区是烏菲姆沉積物堆積区的西緣所在地，再往东，在朝向烏拉尔的方向，發現由于这些区域不断向烏拉尔总隆起区集結而引致的厚度縮減（圖4）。这时，前烏拉尔拗陷向西移动，已移到外伏尔加河区域一帶。但在这一移动过程中，它丧失了山前拗陷的特性（沉降速度快和厚度大）变成了陸台型拗陷区

或次大向斜。

后来，上述拗陷又向更西部地方移动，而索克-舍什馬区与由于烏拉尔隆起的关系而造成的陸台东部广大的隆起相连接起来。我們在这里看到，在僅僅包括海西大地構造旋迴一部分的二叠紀时期中，次大向斜和次大背斜地区就二度改变了位置。因此，不僅对陸台全部地史來說，甚至对个别大地構造旋迴來說，亦不能講次大向斜和次大背斜地区的分布情况是固定不变的。

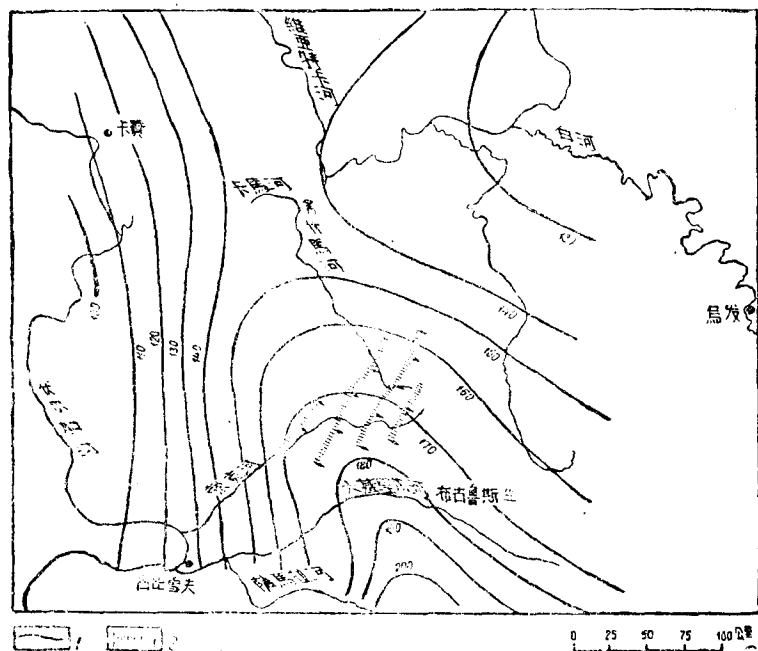


圖 4. 卡贊沉積厚度分布圖：

1—等厚綫；2—索克—舍什馬隆起帶構造陡坎（拗折）

曾經有一種不正确的看法，認為地壳的以前構造完全不影响地質構造运动的發展，沒有任何承繼以前構造形态的趋向。伏尔加-烏拉尔区域指出相反的情况。在这里，古代構造的影响表現于二个巨大地区的分离：伏尔加-烏拉尔凸地以及在东南部分布的古拗陷。当前烏拉尔拗陷在向陸台移动时，依次地从东到西既包括了这个地区，也包

括了那个地区。可是，在伏尔加-烏拉尔凸地地区內沉積厚度很小，岩相則近于淺海相。

上述拗陷向西移动时，沉積物沉積区域的西緣成弧形地从东面环圍了前面的尚未成拗陷的伏尔加-烏拉尔凸地地区（見圖3）。

因此，相应沉積物的等厚綫，在古比雪夫外伏尔加河地区有北东走向。拗陷的軸綫是一根直綫，在卡贊組厚度分布的例子中可以看到。当拗陷的軸綫通过拗陷区并在拗陷区东部向西移动后，等厚綫与相帶已經从西面成弧形环圍了在东部重新引起的伏尔加-烏拉尔凸地地区，因此，在外伏尔加河地区的相应沉積物中發現等厚綫和相帶的走向已是北西（見圖3）。

因此，問題就并不在于拗陷不能通过伏尔加-烏拉尔凸地地区。拗陷依次地通过凸地的所有地区，但在这个凸地地区中，弯曲顯得很小。这一拗曲本身与較南地区比較下，是比較狹窄的，其邊緣有双凹透鏡的外形。因此，在老構造和新运动的斗争中，新运动常是勝利者，承繼性則僅表現于促使本时代構造运动加强或减弱的明顯趋势方面。但是，如果老構造的影响表现在一个悠远的时代过程中，在該区構造活动的各个时代中，則其总的影響将会很大。

由此不应作出結論，認為这地区在整个时代內一直具有同一种的構造活动，亦不能如別洛烏索夫（5）的觀念那样，認為組成这一構造的岩層組合將重复同一种随深度而加强的岩層弯曲。很可能有这样的情况，某些岩層組合和在露出地表的岩層中所見的岩層弯曲方向相比較，它有非常特殊的甚或相反的岩層弯曲方向。

2. 一級与二級構造之間的相互关系及二級構造的發展

現在來研究一級構造与較小構造的关系問題。在这一問題上看法是很不相同的。在描述陸台上各个地区的構造时，有时完全离开了关于一級構造形态及其与各个較小構造的相互关系这样一个問題，而僅僅描述和研究二級構造与三級構造。二級和三級構造的產生，时常被解釋成为光是純局部構造动力的表現。罗贊諾夫（7）甚至認為，这种局部構造的成長正就是主要的和有决定性的，而巨大地質構造的產生

就是小構造成長的結果。在那些沒有發生過隆起源移動、局部構造在一個地方不斷地成長的地方，造成了巨大的隆起區。而在那些隆起源經常移動、局部構造沒有條件大大成長的地方，產生岩層產狀相對較低的地區。

另外有些地質學家企圖探明和確定小構造的分布和特性取決於大構造的關係。可是，在研究各級構造形態的現代分布情景後，不得不斷定，較小構造和陸向斜、陸背斜之間具有各種極不相同的關係，它們有時分布在陸向斜和陸背斜的邊緣，有時則在其中部，並且具有不同的定向排列。

沙特斯基（12）在這方面從二級構造形態中分出三類：

- “1. 橫構造，其長軸橫過陸向斜翼部。
2. 縱構造，與陸向斜翼部走向平行。
3. 平背斜，使一級構造在對角方向更加複雜。”

沙特斯基還認為，二級構造的分布規律決定於陸台結晶基底上的裂隙方向，平背斜的走向亦遵循這一方向。有人認為：平背斜的分布與生長並不與陸向斜和陸背斜有因果關係，而是與陸台的全部假定特性有關，也就是與一定方向內有規律的定向裂隙有關。

誠然，沙特斯基亦指出平背斜與二級構造之間在分布上存在規律性的聯繫，並且特別指出，縱構造平行於陸向斜翼部走向而分布，其特點為被縱構造變得複雜的一級構造地區內陡翼常常按岩層傾向傾斜。他把這種規律性解釋為在陸向斜形成過程中最容易形成這種斷裂，其中翼部朝向陸向斜軸部而分布。

因此，大構造影響小構造是肯定了，但是，這種影響看起來還只是促進的關係，而不是決定性的。這種影響能解釋為什麼構造縱向分布情況比其他分布情況更為常見的緣故，但不能解釋其他定向排列的情況，並且不能確定一級與二級構造的相互關係中總的主要規律。

別洛烏索夫（5）認為被他稱為斷續褶曲的局部構造隆起是由於局部垂直上升力作用結果而成長的，並以迴返過程來解釋這種成長。其中有些單個局部構造隆起是由地殼上該區的局部彎曲所造成。這些褶曲的分布及定向排列與一級構造之間的有規律的依賴關係還沒有肯定。

在有些情況下，不能確定每一單個斷續褶曲是由以前的拗陷單獨造成的。別洛烏索夫認為整個褶曲組合大概都是由於整個次大向斜彎曲而一起造成的。在這種情形下表現出厚度等值綫與斷續褶曲走向之間是平行的。但是，為什麼總拗陷並不與總隆起相一致，而與個別局部褶曲的單個隆起相一致；為什麼看到它們和一級構造的等厚綫是平行的，這些問題都還是不清楚的。

因此，兩種不同的觀念無論在構造的分布和定向排列方面，或者在其面積和斷距的相互關係方面，都不能確定一級、二級和三級構造之間主要的從屬性。

巴基羅夫（2、3）指出，二級構造形態照例位於陸向斜和陸背斜的斜坡上，是不對稱構造，其走向與岩層區域走向相一致，而陡翼沿區域傾向分布。他並作出結論說，二級構造的形態或緊密地與一級構造的發展相聯繫，是在該區总的下降或上升的基礎上發生的。

現在來比較仔細地研究這一問題，首先來研究二級構造形態的特點。採用巴基羅夫的構造分類，我們把長垣以及與其相應的拗陷和構造陡坎列入這一類。長垣一般都鑑定為平坦的背斜和背斜狀的形態。許多人都指出，不對稱構造為其特有的。其中一翼非常平緩，特點是眼睛不易看出其岩層傾斜，而另一翼相對地較陡，很易用直接觀察來確定。

在研究中伏爾加和外伏爾加河流域過程中，作者曾參加了追蹤這些具有撓曲形態的整個褶曲系列的工作。這些陡翼呈明顯表現的構造形態延伸在幾十甚至幾百公里上。其中較大陡翼的幅度有100—200公尺之多，而在某些情況下更大得多，其特點是岩層傾向為 $15-20^{\circ}$ ，也有更大的。同時，惹人注意的是這些陡翼的幅度一般都很大，有時其幅度比位於長垣軸部背斜隆起的緩翼大幾倍。另一方面，這些陡翼一般都是以明顯表現的構造形態延伸在整個長垣距離上，這時長垣頂部構造的背斜性質在很多情況下僅在長垣的個別地區明顯地表現出來，這些地區是與長垣剖面接近構造陡坎剖面的地區相互交替的。

這些特性使有可能認為在構造形成過程中，上述陡翼岩層的撓曲狀拗折是基本的、主要的構造形態，而長垣隆起部分的背斜（穹形）