河北省区域岩石密度的统计结果及空间分布特征

董杰[1] ,王晓东[1] ,郝国江[2] ,郭友钊[2]
(1. 河北省地球物理勘查院 ,河北 廊坊　065000; 2. 中国地质科学院 地球物理地球化学勘查研究所 ,河北 廊坊　065000)

摘要: 介绍河北省 15 000 个岩石密度数据的统计结果与空间分布 ,供在河北省境内进行重力勘查、地质调查工作时参考使用。

关键词: 河北省;岩石;密度;重力勘查
中图分类号: P631.1;P584　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 1000-8918(2001)05-0321-07

河北省历年积累起来的大部分岩石密度数据的构成见表 1。15 000 个密度数据主要来源于区域重力调查、区域或矿区物性调查。所使用的仪器主要为天平秤、WMG-1 型和 DM-1 型密度仪、MP120-1 型电子天平秤等 ,测试精度以标准方差表示 ,均小于 0.020 $\times 10^3$ kg/ m^3。

表 1　河北省主要岩石密度数据的构成

数据来源	使用数据 个	具有岩石名称的样品数/ 块	测试仪器	测试方差 kg/ m^3
1∶5 万普查区	222	222	天平称 ,WMG-1 型密度仪	±0.014
1∶20 万重力测量	9 305	9 292	天平称 ,WMG-1 型、DM-1 型密度仪	±0.020
区域物性数据	2 303	2 303	DM-1 型密度仪	±0.004
区域物性补测数据	284	284	MP120-1 型电子天平称	±0.002
长剖面物性数据	1 743	1 743	DM-1 型密度仪	±0.004
蔡家营矿区	1 666	1 666	MP120-1 型电子天平称	±0.008
总计	15 523	15 510		
所占百分比/ %	100	99.9		

整理数据时 ,采用岩石分类与定名的国家标准[1~3]进行 ,把岩石分大类、类、亚类与种 4 级。岩石种均采用物性工作中原始记录中的岩石名称 ,再根据国标归属到亚类、类与大类。同时 ,计算了密度的算术均值、标准方差、最大值与最小值[4] ,并绘制了河北省密度分布图 ,供重力勘查、地质调查工作参考使用。

1　岩石大类的密度

火成岩的密度较低 ,变质岩的密度较高 ,沉积岩介于二者间。矿石或矿化岩石的密度远远高出三大岩类的密度(表 2)。从重力勘查的角度而言 ,三大岩类间的密度差存在 ,区域重力用于研究三大岩类的相对分布范围 ,是可行的。重力勘探方法可指导本区的找矿。

收稿日期:2001-04-22
基金项目:中国地质科学院地质大调查项目(DK9902057)

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2 岩石大类的密度统计

岩石大类	样品数/块	平均值/ (10^3 kg·m^{-3})	标准方差/ (10^3 kg·m^{-3})	最小值/ (10^3 kg·m^{-3})	最大值/ (10^3 kg·m^{-3})
沉积岩	4 441	2.638	0.148	1.773	3.750
火成岩	5 836	2.573	0.133	1.910	3.444
变质岩	4 522	2.708	0.156	2.086	4.217
矿化(矿石)	351	3.294	0.423	2.045	5.660

2 岩石类的密度

对岩石大类进行细划(表 3)。沉积岩大类中,非蒸发岩类岩石的密度高出其它类岩石的密度许多,高达 0.16 左右,差异明显。火成岩大类中,辉绿岩类、紫苏花岗岩类的密度最高,煌斑岩类、深成岩类为次高,伟晶岩类、潜火山岩类、火山熔岩类较低,火山碎屑岩类最低,差别显著。变质岩大类中,接触变质岩类的密度最高,区域变质岩类为次高,气液变质岩类与混合岩化变质岩类密度相对低,动力变质岩类的密度降到最低。

表 3 沉积岩、火成岩、变质岩中各类岩石的密度统计

岩石类型		样品数 块	平均值 10^3 kg/ m^3	标准方差 10^3 kg/ m^3	最小值 10^3 kg/ m^3	最大值 10^3 kg/ m^3
沉积岩	非蒸发岩	2 504	2.712	0.092	2.079	3.750
	陆源碎屑岩	1 436	2.542	0.114	1.800	3.048
	泥质岩	242	2.551	0.175	1.773	3.132
	火山碎屑岩	258	2.528	0.157	1.980	2.997
火成岩	火山碎屑岩	848	2.493	0.152	1.910	3.055
	火山熔岩	1 344	2.559	0.141	1.972	3.040
	潜火山岩	482	2.537	0.086	2.040	3.444
	煌斑岩	9	2.613	0.146	2.417	2.882
	辉绿岩	40	2.797	0.135	2.402	3.050
	深成岩	3 027	2.600	0.112	2.496	2.928
	伟晶岩	14	2.575	0.106	2.496	2.928
	紫苏花岗岩	43	2.764	0.174	2.332	3.054
变质岩	区域变质岩	3 956	2.716	0.157	2.086	4.217
	混合岩化变质岩	443	2.614	0.089	2.450	3.149
	接触变质岩	2	2.800	0.014	2.790	2.810
	气液变质岩	43	2.660	0.118	2.527	3.042
	动力变质岩	7	2.514	0.057	2.450	2.625

3 岩石亚类的密度

表 4 给出沉积岩和火成岩各亚类的岩石密度。对沉积岩来说,非蒸发岩类,除铁质岩亚类具有最高的密度外,白云岩亚类的密度略高于石灰岩亚类的密度;陆源碎屑岩类,粗、中、细碎屑岩亚类的密度没有明显差异;泥质岩类,泥岩亚类的密度略高于粘土岩亚类的密度。总体而言,白云岩亚类与石灰岩亚类的密度高于其它亚类的密度。再看火成岩:火山碎屑岩类,各亚类的碎屑岩与碎屑熔岩的密度差别不明显;火山熔岩类,由英安岩、流纹岩,经粗面岩到安山岩,再到玄武岩,岩石密度稳步升高,表现出由酸性到基性密度升高的趋势;潜火山岩类,除角砾状潜火山岩亚类因具有较大的孔隙度致使密度降低外,其它熔岩状潜火山岩亚类与浅成岩状潜火山岩亚类的密度相近;深成岩,酸性的花岗岩、正长岩密度较低,中基性的闪长岩、斜长岩密度升高,而基性—超基性的辉长岩、超铁镁质岩具有很高的密度,因此,深成岩各亚类的岩石密度差异极为明显,从酸性到超基性,密度升高。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 4　沉积岩、火成岩类中各岩石亚类密度统计

岩石类型		岩石亚类	样品数 块	平均值 10^3 kg/ m^3	标准方差 10^3 kg/ m^3	最小值 10^3 kg/ m^3	最大值 10^3 kg/ m^3
沉积岩	非蒸发岩	石灰岩	1 275	2.700	0.075	2.079	3.070
		白云岩	1 217	2.725	0.101	2.210	2.980
		硅质岩	8	2.664	0.129	2.488	2.800
		铁质岩	4	3.059	0.472	2.750	3.750
	陆源碎屑岩	粗碎屑岩	128	2.545	0.150	2.039	2.867
		中碎屑岩	1 139	2.544	0.145	1.800	3.046
		细碎屑岩	169	2.526	0.137	2.105	2.816
	泥质岩	泥岩(粘土岩)	86	2.593	0.175	2.019	3.132
		页岩(粘土页岩)	156	2.527	0.171	1.773	2.957
	火山碎屑岩	火山碎屑岩沉积岩	258	2.528	0.157	1.980	2.977
火成岩	火山碎屑岩	沉积火山碎屑岩	31	2.458	0.162	2.120	2.720
		熔结火山碎屑岩	4	2.410	0.043	2.360	2.464
		火山碎屑熔岩	86	2.508	0.092	2.250	2.800
		火山碎屑岩	725	2.493	0.157	1.910	3.055
	火山熔岩	流纹岩	141	2.470	0.081	2.170	2.630
		英安岩	65	2.466	0.072	2.270	2.609
		粗面岩	126	2.500	0.069	2.260	2.650
		安山岩	725	2.567	0.118	2.070	3.039
		玄武岩	287	2.629	0.197	1.972	2.970
	潜火山岩	熔岩状潜火山岩	21	2.536	0.127	2.320	2.700
		浅成岩状潜火山岩	254	2.535	0.069	2.040	2.730
		角砾状潜火山岩	4	2.415	0.071	2.350	2.490
	深成岩	花岗岩	1 732	2.564	0.050	2.210	2.990
		正长岩	409	2.579	0.108	2.259	4.114
		闪长岩	762	2.642	0.095	2.260	3.136
		辉长岩	36	2.842	0.147	2.546	3.140
		斜长岩	48	2.797	0.059	2.585	2.890
		超铁镁质岩	40	3.141	0.218	2.707	3.490
	紫苏花岗岩 *	紫苏花岗岩	43	2.764	0.174	2.332	3.054
	伟晶岩	伟晶岩	7	2.569	0.021	2.531	2.601
	辉绿岩	辉绿岩	40	2.797	0.135	2.402	3.050
	煌斑岩	煌斑岩	9	2.613	0.146	2.417	2.882

*紫苏花岗岩可属于变质岩,本文为与其它花岗岩比较在火成岩中讨论。

表 5　变质岩各岩石亚类的密度统计

岩石类型	岩石亚类	样品数 块	平均值 10^3 kg/ m^3	标准方差 10^3 kg/ m^3	最小值 10^3 kg/ m^3	最大值 10^3 kg/ m^3
区域变质岩	轻微变质岩	39	2.579	0.074	2.410	2.828
	板岩	25	2.707	0.108	2.530	2.980
	千枚岩	26	2.663	0.098	2.500	2.960
	片岩	127	2.692	0.125	2.500	3.171
	片麻岩	1 388	2.671	0.112	2.230	3.322
	变粒岩	1 516	2.726	0.162	2.086	4.217
	石英岩	128	2.599	0.109	2.180	3.109
	角闪岩	433	2.860	0.149	2.400	3.480
	麻粒岩	141	2.697	0.113	2.400	3.113
	铁英岩	17	3.247	0.213	2.757	3.510
	大理岩	112	2.734	0.079	2.540	2.996
动力变质岩	碎裂岩	6	2.495	0.031	2.450	2.540
接触变质岩	角岩	2	2.800	0.014	2.790	2.810
气液变质岩	气液蚀变岩	43	2.660	0.118	2.527	3.042
混合岩化变质岩	混合岩	441	2.612	0.083	2.450	2.937

变质岩各亚类的岩石密度见表 5。区域变质岩类中,轻微变质岩亚类与石英岩亚类具有较低的密度(略高于沉积岩中的碎屑岩的密度),千枚岩、片麻岩、片岩、麻粒岩和板岩各亚类具

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

有中等的密度,变粒岩、大理岩具有较高的密度,角闪岩与铁英岩具有很高的密度。区域变质岩的密度大小与区域变质程度似乎无关,更多地受变质原岩的控制。总体而言,从副变质(原岩为沉积岩)到正变质(原岩为火成岩)、从酸性到基性岩石密度增高。

4 岩石种的密度

以石灰岩代表沉积岩、安山岩代表火山岩、花岗岩代表侵入岩、片麻岩代表变质岩来讨论岩石种的密度,分别见表 6～9 以及图 1～4。各种岩石的密度遵循单峰分布,说明它们的密度虽然有变化,但都只有 1 个常见值。各种岩石密度的差异,主要受其所含副矿物、少量暗色矿物、杂质的多少,以及所具有的孔隙结构构造(如角砾、碎屑、气孔、杏仁等)局部因素的影响。

表 6 石灰岩亚类中主要岩石的密度统计

岩石名称	样品数 块	平均值 10^3 kg/ m^3	标准方差 10^3 kg/ m^3	最小值 10^3 kg/ m^3	最大值 10^3 kg/ m^3
白云泥质灰岩	4	2.650	0.018	2.630	2.670
白云质灰岩	198	2.743	0.089	2.080	3.070
含白云质灰岩	20	2.629	0.125	2.316	2.792
白云质泥质灰岩	3	2.739	0.082	2.644	2.796
薄层灰岩	19	2.638	0.087	2.414	2.780
豹皮灰岩	6	2.690	0.039	2.620	2.730
纯灰岩	16	2.678	0.024	2.660	2.760
硅质灰岩	5	2.726	0.089	2.580	2.800
厚层白云质灰岩	29	2.754	0.084	2.621	2.870
灰岩	536	2.692	0.057	2.507	2.873
角砾状灰岩	15	2.677	0.068	2.519	2.820
结晶灰岩	26	2.734	0.081	2.437	2.830
泥质白云质灰岩	37	2.721	0.022	2.702	2.797
泥质灰岩	76	2.682	0.043	2.490	2.812
竹叶状灰岩	71	2.714	0.060	2.620	2.892
鲕状灰岩	79	2.689	0.081	2.079	2.802

表 7 安山岩亚类中各主要岩石的密度统计

岩石名称	样品数 块	平均值 10^3 kg/ m^3	标准方差 10^3 kg/ m^3	最小值 10^3 kg/ m^3	最大值 10^3 kg/ m^3
安山岩	438	2.578	0.096	2.140	2.829
斑状安山岩	6	2.609	0.077	2.480	2.699
变安山岩	9	2.850	0.158	2.649	3.039
次安山岩	8	2.601	0.019	2.580	2.632
粗安岩	105	2.514	0.078	2.119	2.690
辉石安山岩	8	2.701	0.048	2.630	2.768
角砾状安山岩	9	2.538	0.115	2.300	2.671
角闪安山岩	11	2.549	0.187	2.160	2.710
气孔状安山岩	40	2.411	0.157	2.069	2.650
石英粗安岩	8	2.530	0.106	2.368	2.630
蚀变安山岩	26	2.650	0.076	2.542	2.875
杏仁状安山岩	12	2.531	0.101	2.396	2.732
致密安山岩	7	2.627	0.071	2.515	2.714
玄武安山岩	4	2.437	0.127	2.300	2.560
阳起石化变质安山岩	3	2.788	0.078	2.699	2.843

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 8　花岗岩亚类中各主要岩石的密度统计

岩石名称	样品数 块	平均值 10^3 kg/ m^3	标准方差 10^3 kg/ m^3	最小值 10^3 kg/ m^3	最大值 10^3 kg/ m^3
中粗粒花岗岩	34	2.531	0.044	2.453	2.630
细粒花岗岩	6	2.529	0.016	2.511	2.550
绿泥石化花岗角闪花岗岩	6	2.664	0.060	2.624	2.786
粒状变晶花岗岩	3	2.537	0.044	2.487	2.571
碱性花岗岩	45	2.564	0.045	2.448	2.656
钾长花岗岩	46	2.535	0.029	2.476	2.590
花岗岩	1 121	2.563	0.048	2.330	2.990
花岗斑岩	3	2.531	0.037	2.496	2.570
黑云斜长花岗岩	21	2.598	0.044	2.523	2.691
二长花岗岩	210	2.573	0.054	2.420	2.840
斑状二长花岗岩	75	2.578	0.060	2.210	2.687
斑状花岗岩	121	2.571	0.049	2.410	2.700
斑状混合花岗岩	8	2.565	0.009	2.550	2.580
粗粒花岗岩	26	2.577	0.032	2.500	2.628
粗粒钾长花岗岩	2	2.541	0.008	2.535	2.546

表 9　片麻岩亚类中各主要岩石的密度统计

岩石名称	样品数 块	平均值 10^3 kg/ m^3	标准方差 10^3 kg/ m^3	最小值 10^3 kg/ m^3	最大值 10^3 kg/ m^3
白云钾长片麻岩	38	2.610	0.046	2.478	2.700
含石榴片麻岩	12	2.834	0.203	2.530	3.160
黑云奥长片麻岩	6	2.621	0.039	2.574	2.671
黑云二长片麻岩	9	2.633	0.054	2.550	2.726
黑云钾长片麻岩	5	2.712	0.211	2.550	3.080
黑云母角闪斜长片麻岩	225	2.721	0.108	2.375	3.160
黑云斜长片麻岩	578	2.636	0.086	2.289	3.023
花岗质片麻岩	11	2.593	0.055	2.490	2.670
辉石斜长片麻岩	12	2.733	0.119	2.570	2.970
混合岩化黑云斜长片麻岩	48	2.621	0.049	2.515	2.812
角闪奥长片麻岩	10	2.664	0.071	2.550	2.789
角闪黑云斜长片麻岩	62	2.662	0.082	2.539	3.020
角闪斜长片麻岩	205	2.727	0.127	2.460	3.322
片麻岩	60	2.643	0.061	2.539	2.800
石榴二辉斜长片麻岩	12	2.730	0.113	2.585	2.984
斜长角闪片麻岩	24	2.825	0.154	2.550	3.100

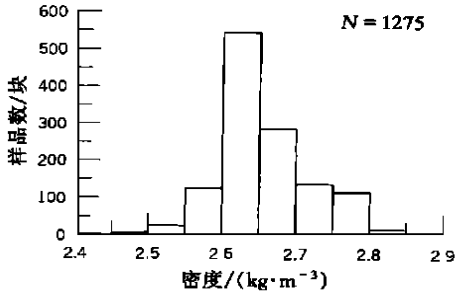

图 1　灰岩亚类密度直方分布

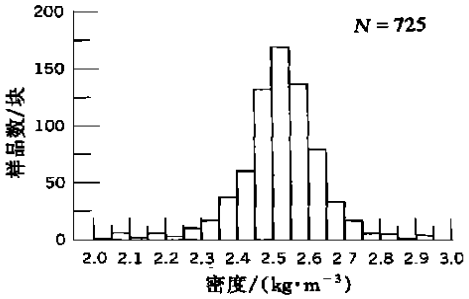

图 2　安山岩亚类密度直方分布

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

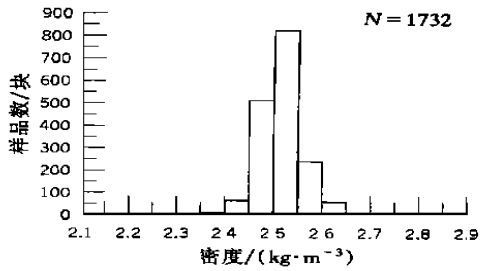

图 3 花岗岩亚类密度直方分布

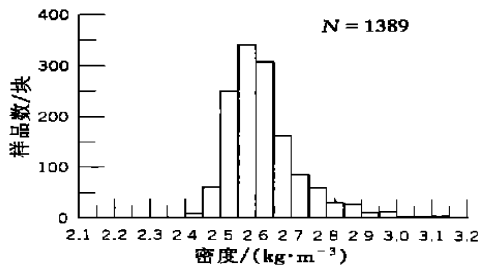

图 4 片麻岩亚类密度直方分布

5 密度的空间分布

由河北省岩石密度的空间分布(图 5)可知,第四系平原区的密度(小于 2.0)与山区基岩出露区的密度(小于 2.0)截然不同;崇礼—隆化一线南北的密度分布不同,该线以南密度较高(大于 2.5),以北密度较低(小于 2.5)。如果以表层岩石密度的空间分布作为约束条件,对河北省的布格重力异常进行反演,可能得到更为精确的地下地质构造的图景。

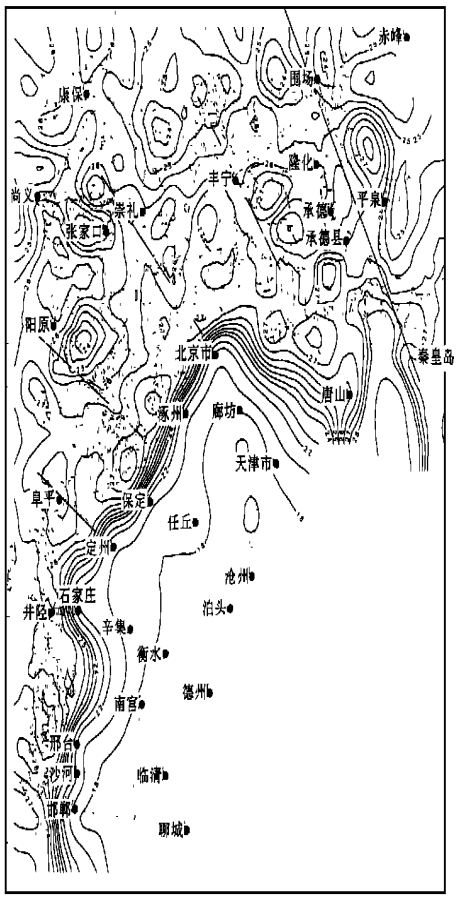

图 5 河北省表层岩土密度等值线

6 讨论与结论

河北省岩石密度测量虽然采用天平秤、WMG-1 型密度仪、DM-1 型密度仪、MP120-1 型电

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

子天平秤等,但多批次样品的测试方差均小于 0.020 ×10^3 kg/ m^3,因此,质量可靠。

岩石中各大类、类、亚类以及种之间,均存在着不同程度的密度差别,是重力勘探工作的基础。同时,也存在着同一密度反映不同岩石的情况(表 10),说明重力勘探存在着多解性。这种多解性,应在特定地区、特定地质条件的约束下加以减少。

表 10　部分密度范围内岩石大类样品数的分配

密度范围	总样数/ 块	变质岩		沉积岩		火成岩	
		样品数/ 块	百分比/ %	样品数/ 块	百分比/ %	样品数/ 块	百分比/ %
2.4～2.5	1214	95	7.8	355	29.2	764	63.0
2.5～2.6	4 539	967	21.3	747	16.5	2 825	62.2
2.6～2.7	4 157	1 441	34.7	1 456	35.0	1 260	30.3
2.7～2.8	2 413	931	38.6	1 108	45.9	374	15.5
总计	12 323	3 434	27.9	3 666	29.7	5 223	42.4

河北省地表岩土密度图含有丰富的地质信息,可作为区域重力异常地质解释的基础。

参考文献:

[1] GB/ T 17412.1-1998,岩石分类和命名方案 变质岩岩石的分类和命名方案[S].
[2] GB/ T 17412.2-1998,岩石分类和命名方案 沉积岩岩石的分类和命名方案[S].
[3] GB/ T 17412.3-1998,岩石分类和命名方案 火成岩岩石的分类和命名方案[S].
[4] 杨辟元. 物性工作手册[M]. 北京:地质出版社,1994.

STATISTICAL CHARACTERISTCS OF REGIONAL ROCK DENSITY DATA FROM HEBEI PROVINCE

DONG Jie[1], WANG Xiao-dong[1], HAO Guo-jiang[2], GUO You-zhao[2]
(1. *Heibei Institute of Geophysical Exploration, Langfang 065000, China;*
2. *Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, CAGS, Langfang 065000, China)*

Abstract: Statistical characteristics and spatial distribution of 15 000 pieces of regional rock density data from Hebei Province have been described in this paper. The density data are helpful to gravity exploration and geological survey in Hebei Province.

Key words: Hebei Province; rock; density; gravity exploration

作者简介:董杰(1957 -)男,河北磁县人,1980 年毕业于长春地质学校物探专业。现为河北省地球物理勘查院物探工程师,长期从事综合研究及物性工作,发表学术论文数篇。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net