

図4-3 The terraces at the mouth of Dexigon Valley, the northern foot of Tianshan (after Yang Huairen et al 1965)

低地を遥か東方にたどると、峠を越えて吐魯番盆地へと至る。この低地に柴窩堡湖がある。この湖は周囲約20kmで周辺の流水が流れてむが、水深は深いところでも6m程度と浅く、塩分濃度が高いので水利用はされていない。

4-3-2 地質

調査対象地域周辺の地質概要を図4-4に示す。

烏魯木齊河源流の天山山地は古生代のデボン紀～石炭紀の粘板岩、砂岩、輝緑凝灰岩などの地層とこれらを起源とするホルンヘルス、片岩などの変成岩からなる。さらに、これらの地層を貫いて花崗岩、片麻岩など深成岩類が分布し峻険な山容を構成している。

烏魯木齊市街を挟み東西に延びる標高1,400～2,000mの山地は古生代二疊紀、中生代ジュラ紀、第三紀層の泥岩、砂岩から成る。また、東側の博格達山脈には天山山脈と一連の地層が分布している。

扇状地の西側はジュラ紀層、第三紀層の丘陵から成り、これらを覆って下部更新統(Q1)、中部更新統(Q2)などの洪積砂レキ層が分布している。

烏魯木齊河扇状地の大部分は上部更新統(Q3b)が覆い、扇頂部と、扇端部にはこれより古い時代の中～下部更新統が分布し、主扇状地面より高い地形面をつくっている。

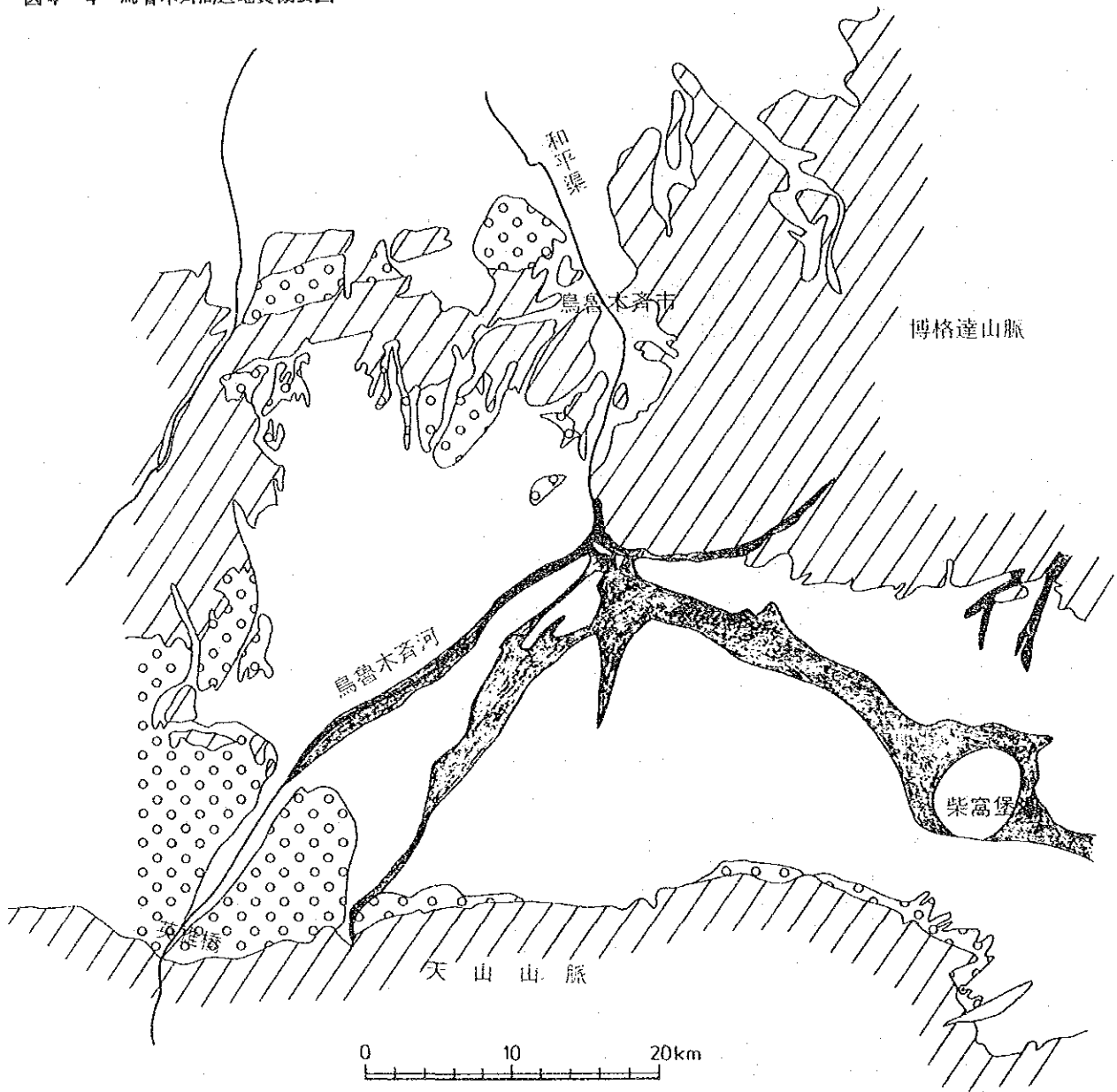
烏魯木齊河と板房沟沿いの沖積地はレキ、砂、粘土層が堆積している。

また、烏魯木齊市街の北方は広大な准噶爾盆地が開け、上部更新統、全新統(沖積統)が発達している(巻末資料「測井成果図」参照)。





4-4 水利用の現況

烏魯木齊市では烏魯木齊河から河川水と地下水を、生活用水、農業用水、工業用水に利用している。

图4-4 乌鲁木齐周边地质概要图



凡 例

-  全新統
-  上更新統
-  下-中更新統
-  先第四系

(1) 河川水

烏魯木齊河の流量は扇頂部の英雄橋で観測されており，その年間流出量は約 2.3 億 m^3 （流域面積 924 km^2 ）である（図 4-5 参照）。図に見られるように，5～7月 は融雪と降雨により流量は増加し最高 50 m^3/sec を記録するが，他の月は基底流出（地下水流出）から成り流量は 1～3 m^3/sec と極めて少ない。

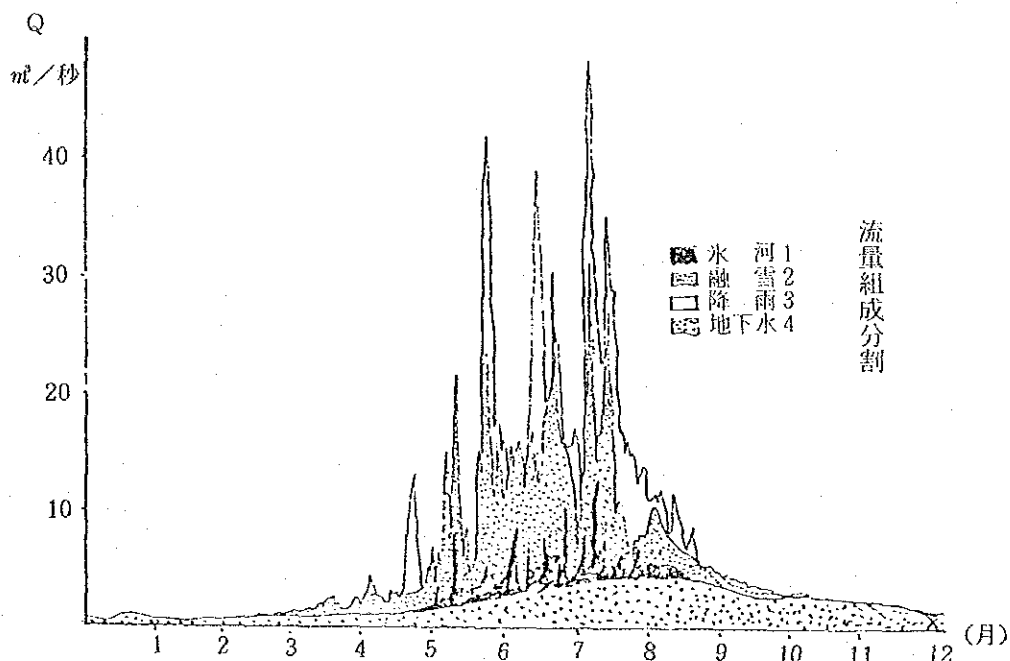


図 4-5 烏魯木齊河英雄橋水文観測所流量時系列

英雄橋下流には取水堰があり青年渠，永豊渠（左岸側），公勝渠（右岸側）など 3 本の農業用水路により流量の 80% が取水される。これらの水路は扇状地内で支線に分かれ，周辺の農場をかんがいた後さらに烏魯木齊市南方の広大なかんがい地に向かって流下する。

烏魯木齊河の残流量は扇端の烏拉泊水庫（ウラベダム）に流入する。烏拉泊水庫は総貯水量 6,000 万 m^3 で，扇端部付近の 5 つの湧水を集め，和平渠を経て南方のかんがい地へ流下する。また一部は紅雁池水庫を経て発電所冷却用水として使用されるほか烏魯木齊市街の生活用水を供給している。

市内にはこのほか小規模なダムが点在し，烏魯木齊河以外の流水も貯留しているようである。烏拉泊水庫を中心とする，これらダム群の水供給量は 8,000 万 $m^3/年$ で，そのうち約半分は農業用水として，残りは発電及び工業用水，生活用水（上水道）として利用されている。

(2) 地下水

地下水は烏魯木齊市の重要な水源である。上水道のほか，市内の工場，学校，病院などの施設で生活用水，工業用水，緑化用水として利用されている。

上水道水源は，市内の燕窩と三宮にある。

燕窩水源は烏拉泊水庫下流の烏魯木齊河の河床にある。この付近の谷幅はおよそ 600 m で，

河床堆積物（沖積砂レキ層）の厚さは約30 mあり、これを帯水層とする不圧地下水（伏流水）を年間約3,200万 m^3 取水している。なお、地下水位は5～8 mである。

この水源は、烏魯木齊市にとっても最も重要であるが、近年、2～3月の渇水期に廃水の浸透による汚染が認められるようになってきた。

二宮水源はさらに下流の烏魯木齊市北部にあり年間600万 m^3 を取水しているが、汚染のため現在は緑化用水に使用されている。

烏魯木齊市内の工場、学校、病院は「自備水」として井戸を使用しており、井戸の総数は320本、年間揚水量は約3,000万 m^3 に達している。

このように地下水の開発利用が進められた結果、燕窩水源下流では1960年代に比べると8～10 mも地下水位が低下した。この理由としては地下水揚水量の増加もあるが、ダム建設の影響も大きいとしている。

(3) 生活用水の需要と供給

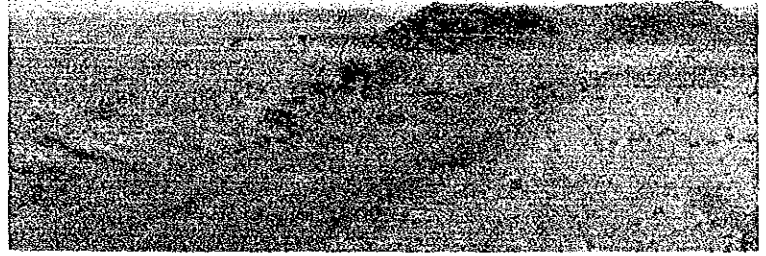
烏魯木齊市の人口は110万人で水道普及率は70%である。年間水使用量は1.4億 m^3 （38万 m^3 /日；約50lcd）で、そのうち56%にあたる7,800万 m^3 は地下水を、44%にあたる6,200万 m^3 は地表水（河川水、ダム）を利用している。

烏魯木齊市の給水計画では、1990年120lcd、2000年150lcdを目標としているが、一貫して水資源不足のため、現状は上述のように1人あたり50ℓ程度にとどまり、新しい水源開発もまだ行われていない。

生活用水は水量不足だけでなく、場所によっては水質の問題がある。水道が普及していない地域ではかんがい用水を転用したり、湧水、井戸水に頼っている。また、水道が普及している地区でも夏季のピーク時には圧力が低下し、2階以上の建物では水飢饉に陥る。この時期には、市の中心部で1日あたり8万 m^3 もの水不足が起きるといわれている。

なかでも、市の西側の山地・丘陵沿いのいわゆる西山地区（人口8万人）はとくに水事情が逼迫し、給水車に頼るような状態である。この地区は市内中心部より標高が高く、現在の水源から水道を敷設するのも困難で、緊急に対策を立てなければならない地域となっている。

カレズはこのように数十mおきに連続している。▶



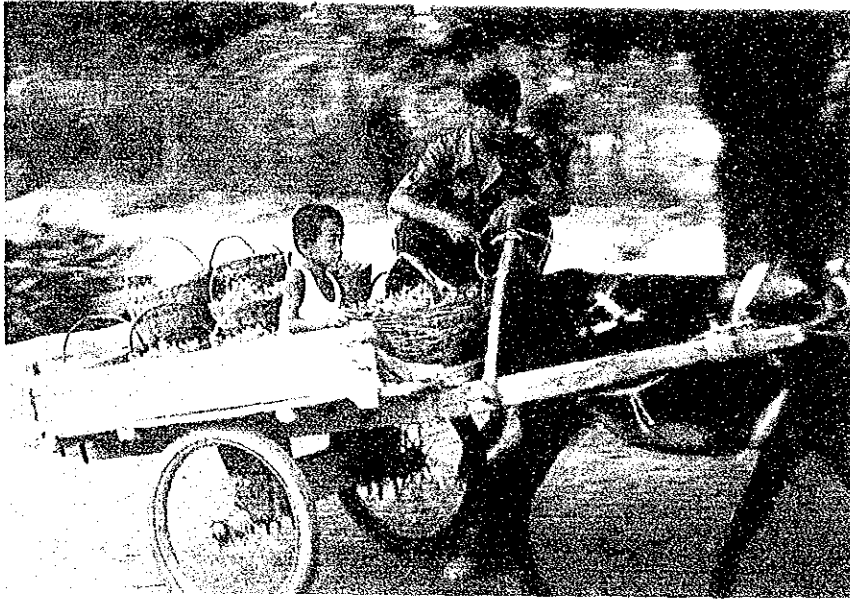
▲カレズ、山脈の水源から集落までこのような井戸が連結され、水源として利用されている。

▲住民はカレズにより水を得て葡萄などを栽培している。

▶住民は昔ながらの生活を営んでおり、輸送手段としてロバが用いられている。



▶カレーズにより砂漠の中の集落は緑に覆われている。



◀カレーズは水源の山岳部から砂漠を経て、集落にまで繋っている。

▶新疆维吾尔自治区は少数民族により構成されている。写真は回族の少女。



V 地 下 水

5-1 既往の地下水調査

烏魯木齊市街の南部に広がる扇状地、沖積地は中同側によれば烏魯木齊地区柴窩堡盆地と呼ばれている。この盆地については、新疆ウイグル自治区地質鉱産局により総面積約 4,000 km²に及ぶ、広域の水文地質調査が行われた。調査内容は、全域について地形・地質調査、電気探査、試錐、水質分析などを行い地下水開発適地を抽出するもので、調査結果は 1/10 万の総合水文地質図としてまとめられている。

この調査では、水文地質図上でみるかぎり少なくとも 23 本の試錐を行い、水質分析結果と併せ、地下水賦存形式（孔隙水、裂カ水；不圧、被圧）と富水性（8 インチ管井の湧水量により表示）などを区分している。

調査結果により、新疆ウイグル自治区地質鉱産局は、柴窩堡水源地、達板城水源地及び西山水源地の 3 地区を開発候補地として選びだした。今回計画対象地域となるのはこの西山水源地である。いずれの地域も調査はまだ予備的な段階にあるが、実際の開発計画を策定するためには、水源地とその周辺について精査が必要としている。

上記 3 候補のうち、柴窩堡湖水源地は湖周辺の沖積地である。また達板城水源地はさらに東方の吐魯番盆地側の地域で、地質鉱産局では両方とも 1990～2000 年あるいはそれ以降に開発調査を行う考えをもっている。

西山水源地は前述したように烏魯木齊市街から近く、開発が急がれている。

この地区の既存調査資料は上記の水文地質図のほか試錐柱状図、水質分析結果、地下水位測定記録、電気探査記録などを収集した（巻末資料参照）。

計画対象の西山地区を含む烏魯木齊河左岸扇状地での試錐本数は 8 本であり、水質分析と予備的な揚水試験が行われている。

5-2 水文・気象

調査対象地域を流れる河川は烏魯木齊河で、その流量については前節で述べたとおりである。扇状地内にはこのほかかんがい水路が走っている。しかし、その流量については今回資料は得られなかった。また、烏拉泊水庫などダム諸元の諸元についても同様である。

このほか、水文地質図上に表示されているように、扇端部や扇頂部には湧泉が分布している。これらが一体となってこの地域の水文環境を作りあげているわけだが、山地をのぞくと年間雨量は烏魯木齊で約 200 mm/年と極めて少なく、乾燥地帯特有の風景が見られる。

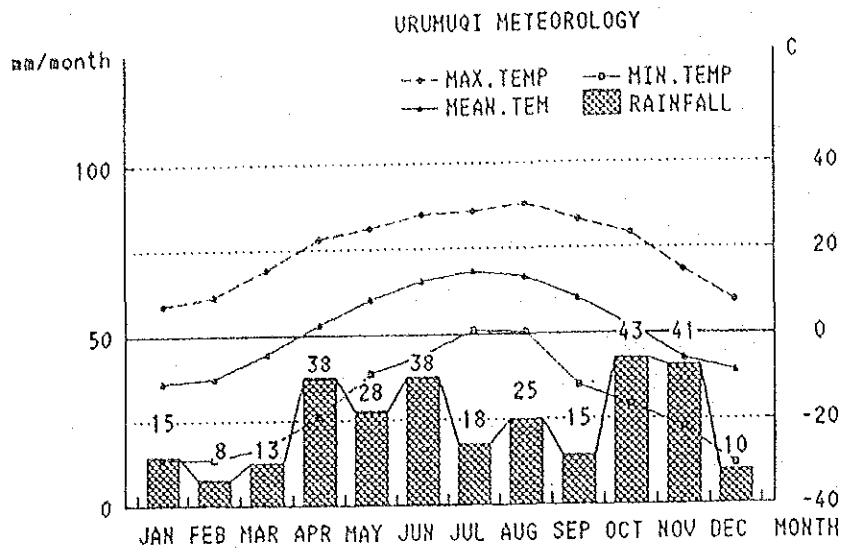


图5 - 1 乌鲁木齐市气候 1

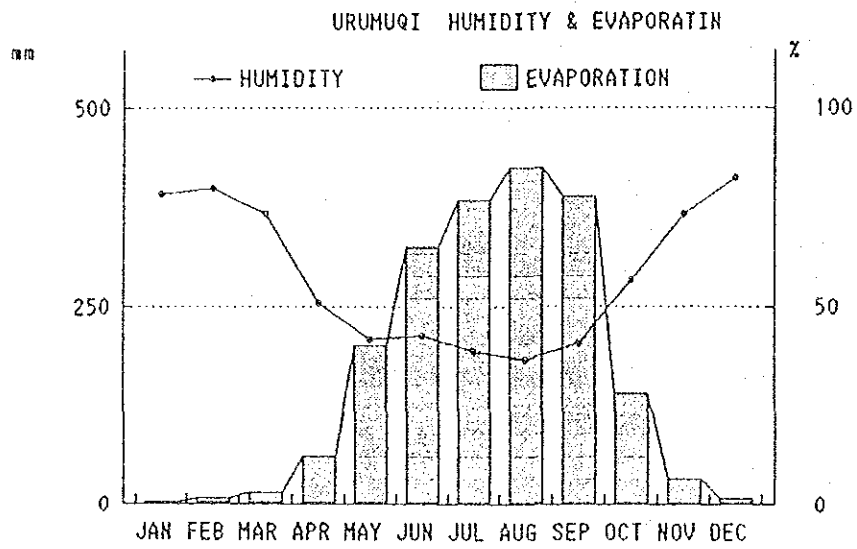


图5 - 1 乌鲁木齐市气候 2

风向统计

以共出现频率最多而论，中、外山盛行南南东风及南风，频率11~14%，中、外山已以南风和北北东为主，频率13~31%。柴窝堡盆地多西风及北西东风，频率17~23%，哈密市盛行北东风，其次为南风，频率11~13%。

乌鲁木齐市 (76~80年)

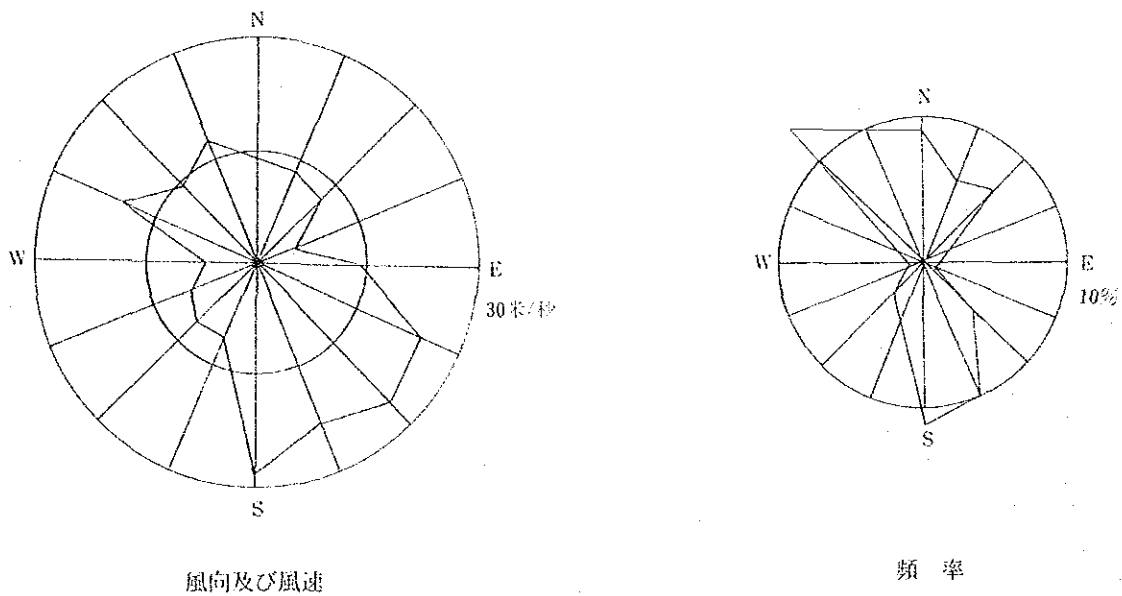


图5-2 乌鲁木齐市风向·风速

表5-1 乌鲁木齐市气象资料 (新疆维吾尔自治区地质矿产局提供)

月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
℃ 气温	-14.0	-10.4	-3.8	9.3	16.4	21.7	23.7	22.2	16.9	8.1	-3.0	-10.4
mm 降水量	10.4	9.1	17.1	31.7	4.0	37.2	11.7	11.8	31.5	17.3	18.6	13.1
% 湿度	79	80	74	51	42	43	39	37	41	57	74	83
mm 蒸发强度	2.8	9.9	16.6	61.5	201.4	326.3	387.3	427.7	391.5	140.7	35.1	9.2

表5-1に烏魯木齊における月別気温、降水量、湿度、蒸発強度の平均値を示す。年平均降水量は213mmで、少量の雨が毎月降るのが特徴である。

夏季の平均気温は21~23℃前後、最高気温は34℃に達する。また冬季の最低気温は-27~-30℃である。このため、地下水調査の野外作業は4~10月の7カ月に限られる。

図5-2は烏魯木齊における風向・風速及びその頻度を示したものである。図からわかるように北西と南東風の頻度が高く、風速は南東風が大きい。

5-3 帯水層

既往の調査によると、烏魯木齊扇状地は第四紀洪積世の堆積物からなり、その最大層厚は右岸扇状地中央部では800mにも達している。堆積物は主に大卵石とよぶ玉石層で、所々に砂層、粘土層を挟むが全般的にレキ層が優勢で、本層がこの地域の帯水層となっている。電気探査及び試錐により概略の水文地質断面図が作成されているので、これに沿って帯水層の状況を述べると次のようである。

[I-I'断面] (図5-3)

この断面は調査対象地域である烏魯木齊河扇状地左岸を通る。W-6試錐孔より上流では第四紀堆積物の層厚は100m以下で、断層に伴い基盤が隆起している。W-6からW-24にいたる調査対象地域では層厚は200mほどで、扇状地末端に向かうにつれ層厚は20~30mに減少しついには青年峰に連なる基盤岩が露出している。W-6、W-9地点では基盤岩の上にごく薄い粘土層が堆積している。W-6、W-9地点とも基盤は第三紀層の泥岩である。

地下水位はW-9地点で72.8~73.8mの間を変動している(図5-5、表5-2)。W-9地点では深度98.6~107.4mに粘土層を挟んでいる。ストレーナー深度が不明だが、粘土層より下部に設置されているとすると、地下水はここでは被圧されていることになる。

地下水位は扇状地末端に向かって次第に浅くなり、やがて扇端部では湧水となって露出し、大泉沟、小泉沟などの溪谷を作っている。

[II-II'断面] (図5-4)

この断面は烏魯木齊左岸扇状地を横切り、柴窩堡低地を通る。扇状地レキ層は最も厚く、W-13地点では、502.3mを掘進してなお基盤に達していない。W-12、W-20など低地の中央部の地質は粘土層が厚く堆積し、扇状地部とは好対照をなしている。地下水は扇状地部では玉石層を帯水層とするが、低地部では粘土層間に挟まれた砂層、レキ層が被圧帯水層となるものと考えられる。

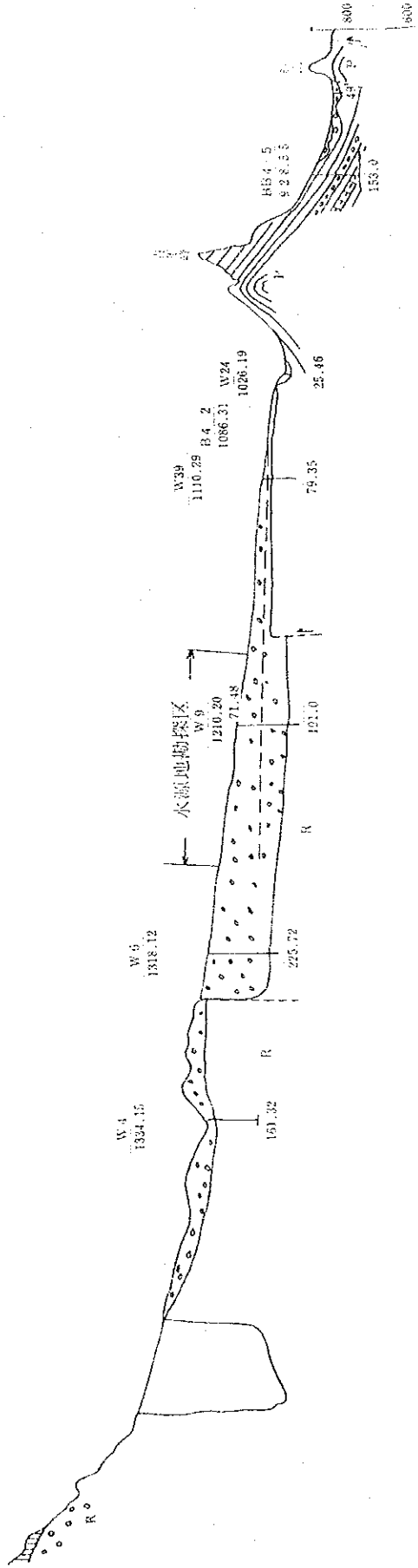


图 5-3 1-1' 水文地质断面图

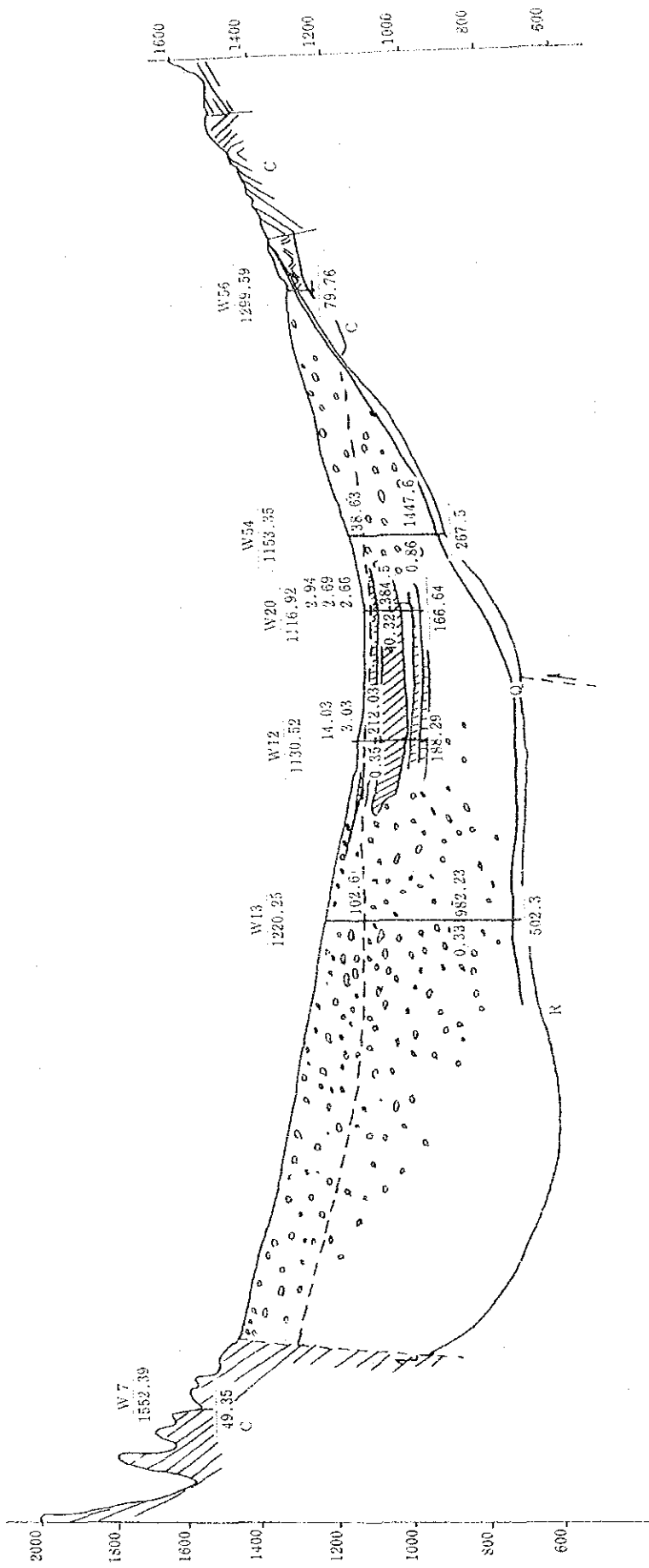


图 5-4 II-II' 水文地质断面图

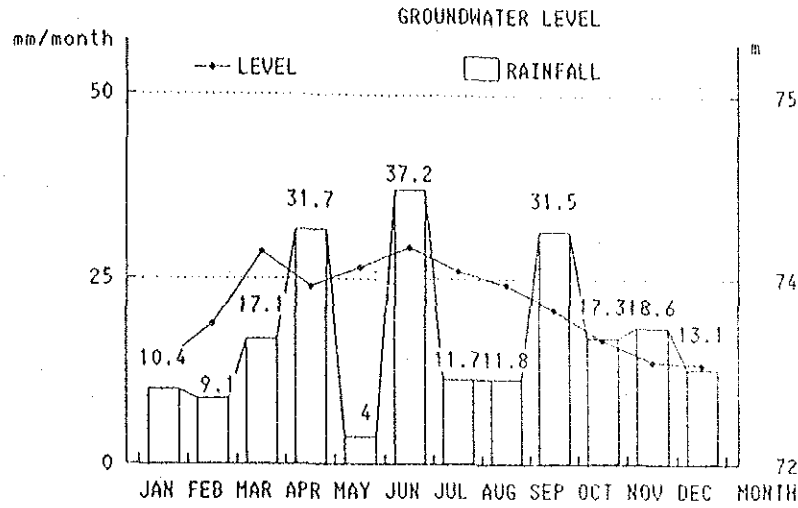


図5-5 西山地区W-9号観測井地下水位変動

表5-2 西山地区水源地W-9号観測井自記水位計記録 (1985年)

月分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
月平均水位 (m)	72.832	73.142	73.725	73.456	73.606	73.759	73.572	73.465	73.272	73.025	72.847	72.823

5-4 水質

1/10万の水文地質図では、地下水の水質による地域区分が行われている。これは、地下水中に含まれる溶存イオンを多い順に並べたもので、鳥魯木齊扇状地右岸の大部分は $\text{HCO}_3^- - \text{Cl}^- - \text{SO}_4^{2-} - \text{Na}^+ - \text{Ca}^{++}$ 型、また扇状地左岸の計画対象地域一帯は $\text{SO}_4^{2-} - \text{HCO}_3^- - \text{Na}^+ - \text{Ca}^{++}$ 型または $\text{SO}_4^{2-} - \text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{Ca}^{++}$ 型に区分されている。

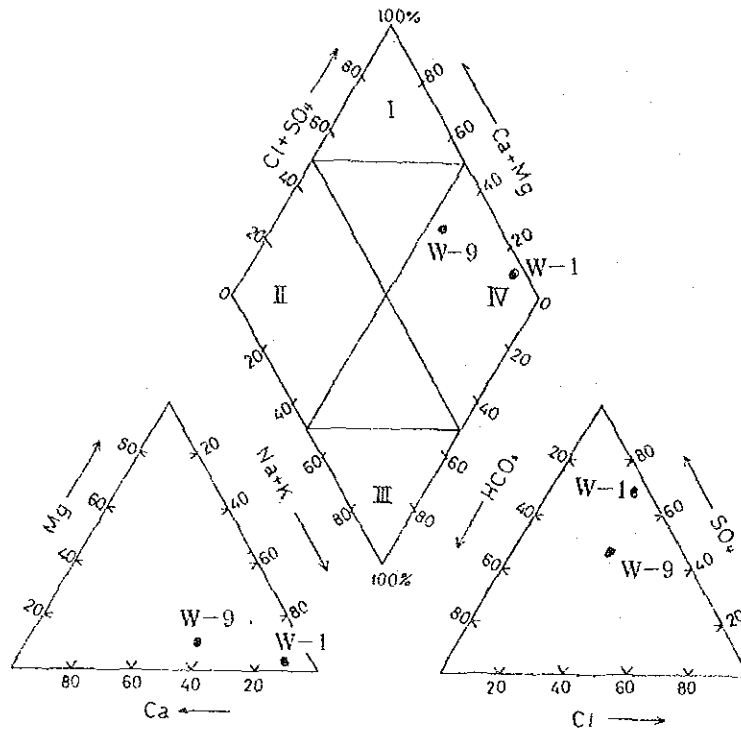
ここで、計画対象地域のW-9の水質をみると、 SO_4^{2-} は261.3 ppm、 HCO_3^- は178.2 ppm、 Na^+ は156.8 ppm、 Cl^- は133 ppmを示し、溶存イオンの総量は841 ppmになる。これは中国側の尺度で、鉱化度0.841と表される。

計画対象地域より上流側は概ね鉱化度 < 1.0 と予想されているのに対し、下流側の基盤山地に近づくと、鉱化度は1以上を示すようになる。

ちなみに、W-1の水質分析結果によると、 SO_4^{2-} は1,878.0 ppm、 Cl^- は540.8 ppm、 Na^+ は1,125.0 ppmと極めて高い値を示し、溶存イオンの総量は3,877 ppm (鉱化度3.87)にも達している。今回調査時に小泉の湧水の導電率(比電導度)は $2,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ (水温 15°C)を示したことからも、下流側の硬度が極めて高いことがわかる。中国側によると、下流側では地下水がジュラ紀の基盤岩に接触するため水質が変化するとしている。この点については、本格調査において詳しく明らかにする必要がある。

とくに、計画対象地域では概ね軟化度 0.5 前後の地下水が得られるとの見通しをたてており、大規模な地下水開発により下流側の地下水を引き込む恐れもあるので、以上の点の検討は極めて重要と思われる。

図 5-6 には、今回資料を入手できた 2 つの試錐孔の水質分析結果をトリリニアードイアグラムにプロットした。キョーダイアグラム上では、これらの試料は IV アルカリ非炭酸塩に区分される。図上でもわかるように、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 K^+ などの溶存イオン濃度が高いが、これは砂漠に特有な塩類の集積に由来するものであろう。



トリリニアードイアグラム
図 5-6 既存井戸の地下水水質

5-5 地下水開発の問題点

調査対象地域の地形、地質、水文、帯水層の概況からみると、地下水開発に当たっての問題点は以下の 3 点に集約できる。

- ① 地下水の水収支
- ② 地下水の水質
- ③ 深井戸掘削

(1) 地下水の水収支

中国側案によると、計画対象地域における当初の開発規模はおよそ $500 \sim 1,000 \text{ 万 m}^3 / \text{年}$ ($1.35 \sim 2.70 \text{ 万 m}^3 / \text{日}$) を想定しているが、今後の調査結果に応じ、改めて開発計画を樹立することとしている。またこれまでの調査を踏まえ、この地域に関する地下水の水収支に関し

ても概算が行われているようであるが、その詳細についての資料は今回入手できなかった。ただこの点については中国側調査においてもまだ予備的段階にあると思われるので、本格調査において明らかにしていく必要がある。

すでに述べたように、調査対象地域は半砂漠の乾燥地域にあり、地下水のかん養量は極めて少ないことが予想される。現状では、調査対象地域内での地下水利用はほとんどされておらず、地下水の収支はほぼ自然状態のまま均衡しているものと考えられる。

勿論、現在のかん養機構を考えるうえで、烏魯木齊河の流量やかんがい水を無視することはできない。これらの幾分かは地下に浸透し、降雨とともに、地下水の主要なかん養源となっていると考えられる。

一方、この地域からは大泉溝、小泉溝などの湧水となって地下水が流出している。水収支調査に際しては、まず、このかん養と流出の関係を定量的に明らかにすることが重要である。

計画対象地域の地下水が以上のように地表水系と密接な関係を行するならば、地下水の開発によって現在の水収支の内容が次第に変化していくことが考えられる。具体的には下流側湧水の減少などが起きる可能性もあろう。

また、帯水層が閉鎖状態にあるとすれば、地下水開発により一方的な地下水位の低下が発生することも予想される。

このように、調査対象地域の地下水の賦存機構（水文地質構造）を十分精査したうえで、水収支を定量的に把握することが、今後の地下水開発可能性を評価するために極めて重要である。

(2) 地下水の水質

既存調査により、計画対象地域の下流側ではとくに高い溶存イオン濃度の地下水が存在する。計画対象地域で多量に揚水され地下水位が低下して、下流側から逆に地下水を引き込む恐れがなきにしもあらずといえそうである。この点は、本格調査においてシミュレーションによる評価が必要である。

今回の事前調査では中国側と議論する時間がなかったが、要請書状況説明に書かれているように、中国側では“截流式”と称する一種の堰き止め方式による地下水開発を考えているようである。これは、下流側の地下水を引き込まないように、計画地域との間に不透水性の障壁を築くもので、我が国のいわゆる地下ダムの概念と同じと思われる。

このような地下水開発方式を取る必要があるかどうかは別にしても、地下水質の現状と流動に伴う変化について十分な調査を行う必要がある。

(3) 深井戸の掘削

帯水層がほとんど全層玉石からなり、井戸掘削に当たっては相当な困難が予想される。これに対応するには、相当高能力の掘削機を導入する必要がある。

とくに、生産井は調査後中国側が設置する予定の中国製水中ポンプの能力を考慮すると、かなり大口径なものが必要となる（口元で22～24インチ）。また、玉石は径が大きいばかりでなく、背後の山地から供給された珪岩、チャート、花崗岩など極めて堅硬な岩石よりなる。確実な深井戸施工を短期間に行うために適切な掘削機の導入が不可欠である。

Ⅵ 本格調査の内容

6-1 調査の基本方針

事前調査団と、中国地質鉱産部水文地質工程地質司との間で締結された実施細則（SW）によれば、本格調査の基本方針は次のとおりである。

- ① 本調査は中国新疆ウイグル自治区烏魯木斉市の生活用水不足に対処するため同市西山地区における地下水源開発基本計画を策定するものである。
- ② 日本側は、本調査の期間中、調査に参加する中国側専門家に対し、現地調査業務を通じ、技術移転を行うものとする。

地下水源開発計画を策定するためには、量及び質の両面から地下水資源の評価を行う必要があり、とくに次の点を重視した調査解析を実施する。

- 1) 水収支の把握
- 2) 地下水質変化機構の解析
- 3) 地下水シミュレーションによる予測

また、調査対象地域は玉石を主とする扇状地レキ層からなり地下水位も深く、さく井、揚水試験などは困難が予想されるので、現地調査に際しては高能力の掘削機と高揚程の水中ポンプなど十分な資機材を現地に持込み、調査にあたるものとする。

なお、新疆ウイグル自治区地質鉱産局では当面の給水計画は西山地区としているが、地下水資源の評価が固まった段階では、烏魯木斉市の他の地区への給水も考慮している。したがって、本格調査で検討する地下揚水計画はこの点を十分加味して行うものとする。

6-2 調査項目及び内容

6-2-1 調査項目

本格調査において必要と考えられる調査項目は次の11項目である。

〔第一次調査〕

- (1) 既存資料の収集整理
- (2) 地形地質調査
- (3) 電気探査
- (4) 水質分析
- (5) 地下水位観測
- (6) 井戸水準測量
- (7) 試錐、さく井（観測井）

〔第二次調査〕

- (8) 試錐，さく井（揚水井）
- (9) 揚水試験
- (10) 水文地質解析
- (11) 地下水源開発基本計画の策定

これらの調査をフローチャートで示せば図6-1のようになる。

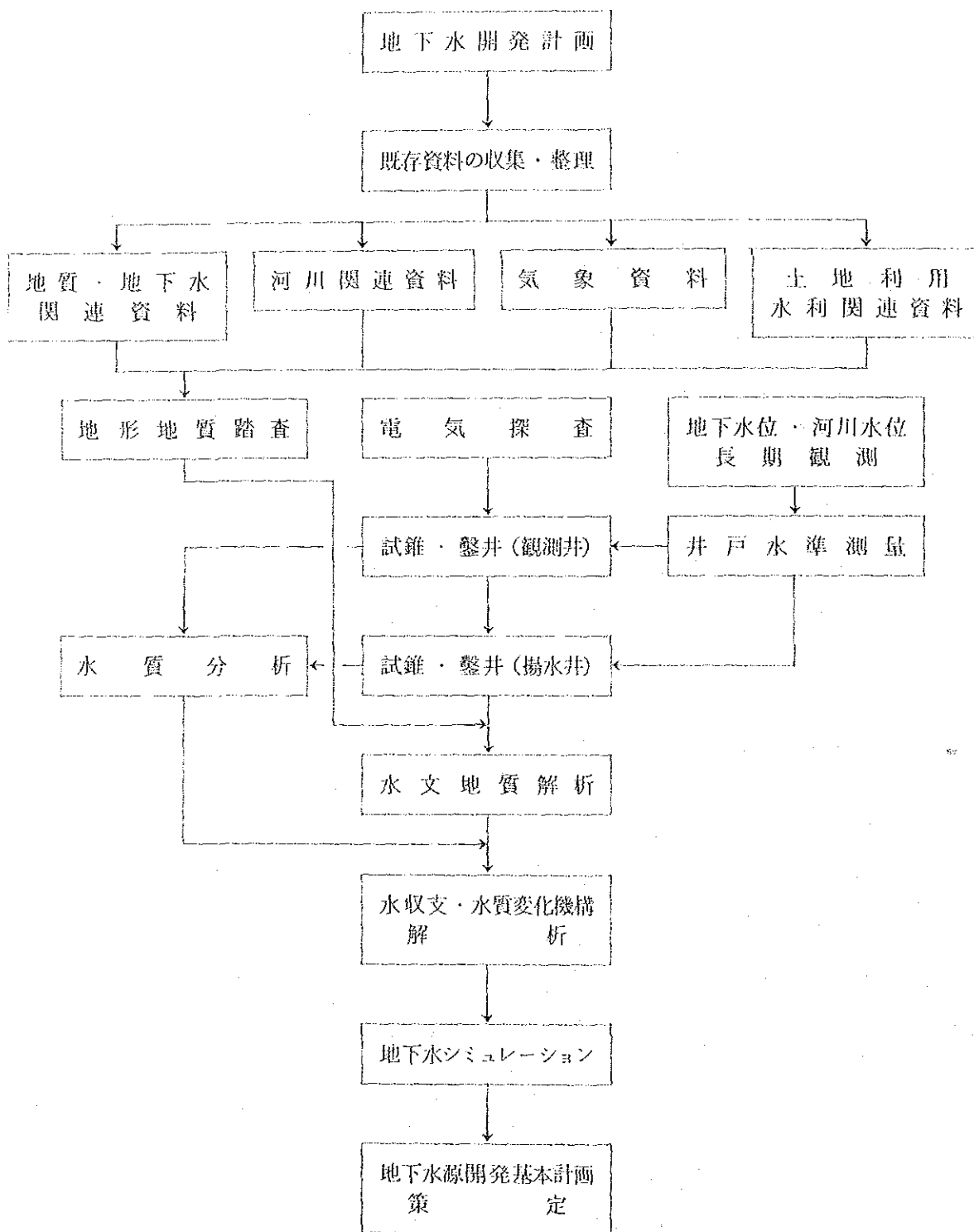


図6-1 烏魯木齊地下水開発計画調査流れ図 1

6-2-2 調査内容

(1) 既存資料の収集整理

西山地区の地下水かん養、貯留、流動の実態を解明するための基礎資料として、次の項目について既存の資料の収集・整理を行う。この場合調査対象地域だけでなく、広く周辺地域も含めて、収集・整理を行うことが必要である。

- ① 水文地質図、地質柱状図及び検層図
- ② 揚水試験記録
- ③ 地下水水質分析資料
- ④ 気象資料（降水量、気温、風向、風速、蒸発散量等）
- ⑤ 河川流量資料（烏魯木齊川及び湧泉）
- ⑥ 土地利用資料
- ⑦ 水利関連資料（用水系統、取水量など）
- ⑧ 地下水利用実態資料

(2) 地形地質調査

調査対象地域は烏魯木齊河扇状地にあり、地形は何段かの段丘面に区分される。この地域はすでに、1/10万水文地質図が作成されているので、本格調査では調査対象地域の1/2.5万～1/5万の水文地質図の作成を目標として地形地質調査を行う。

調査は空中写真判読及び現地踏査による。この結果から地形面区分、地質区分を行い、主要露頭の柱状図、岩相、層相などを記載する。

(3) 電気探査

調査対象地域の基盤岩上面の構造を把握するため電気探査を行う。探査深度は200mとする。探査結果は、比抵抗断面図、基盤岩等高線図に表すものとする。

測点の配置は、中国側が実施する観測井の位置を考慮にいて、岩相と比抵抗の対比を行えるよう配置するものとする。

(4) 水質分析

既存井、及び揚水井、観測井より採取した地下水の水質分析を行い、地域別の水質特性を明らかにし、地下水の流動、かん養機構の検討資料とする。また、地質構造、層相と水質の関係を解析する。分析項目は次のものが考えられる。

① 一般項目

HCO₃⁻、Cl⁻、SO₄²⁻

K、Na、Ca、Mg

② 水道項目

NO₃⁻、NO₂⁻、NH₄⁺、F⁻

Cr, Fe, Cu, Zn, Mn, Pb, 総硬度

その他必要項目

なお、地下水の循環機構を考察するため放射性同位元素 H^3 濃度の測定と C^{14} による年代測定を行うことを検討する。

(5) 地下水位観測

地下水の流動とかん養状況を把握するために、地下水位を測定する。また、主な湧泉の流量を測定する。

① 地下水位の長期観測

既存の観測井戸と本調査で掘削した観測井の代表的なものについて自記水位計による地下水位の長期観測を実施する。この結果より日平均地下水位を求め、降水量と対比した地下水位変動図を作成する。第一次調査ではできるだけ早期に自記水位計を設置する。

② 地下水位の一斉観測

既存井、本格調査で掘削した揚水井、観測井を利用し地下水位の一斉観測を実施する。一斉観測は豊水期、渇水期を含め年4回程度実施する。この結果より、地下水位等高線図を作成し、調査地域周辺の地下水の分布と流動を明らかにする。

③ 湧泉流量の観測

大泉沟、小泉沟などの湧水の源流部において流量観測を実施する。この結果は、水収支解析に使用する。

(6) 井戸水準測量

地下水位を観測する井戸の標高を水準測量により求める。なお、湧泉にも基準点を設け標高を求めるものとする。

(7) 試錐、さく井（観測井）

地下地質状況、帯水層、地下水位と水質などの確認のため計画対象地域を中心に観測井を掘削する。協議議事録により、中国側は第一次調査で18本掘削する予定であるが、これはひとつの目標であり、数量、深度、掘削地点については着手時点で綿密な協議を行い、別途実施する電気探査地点も考慮しつつ決定することが望ましい。

なお、シミュレーションの境界条件設定や水質解析の都合上、観測井の位置は計画対象地域内だけではなく、調査対象地域の上流側にも置く必要がある。

なお参考までに中国側が提案している観測井、揚水井の配置計画を図6-2に示す。

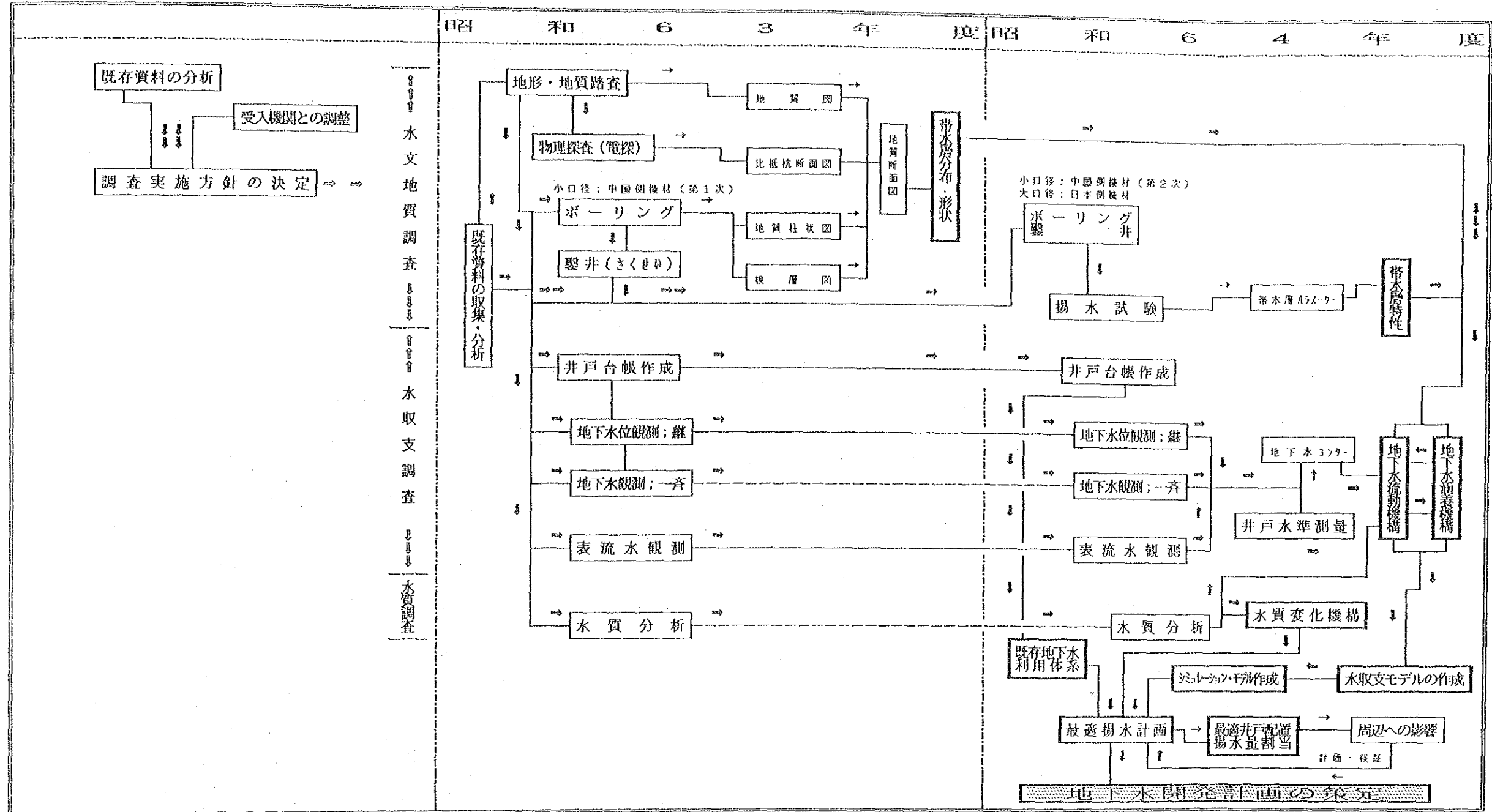
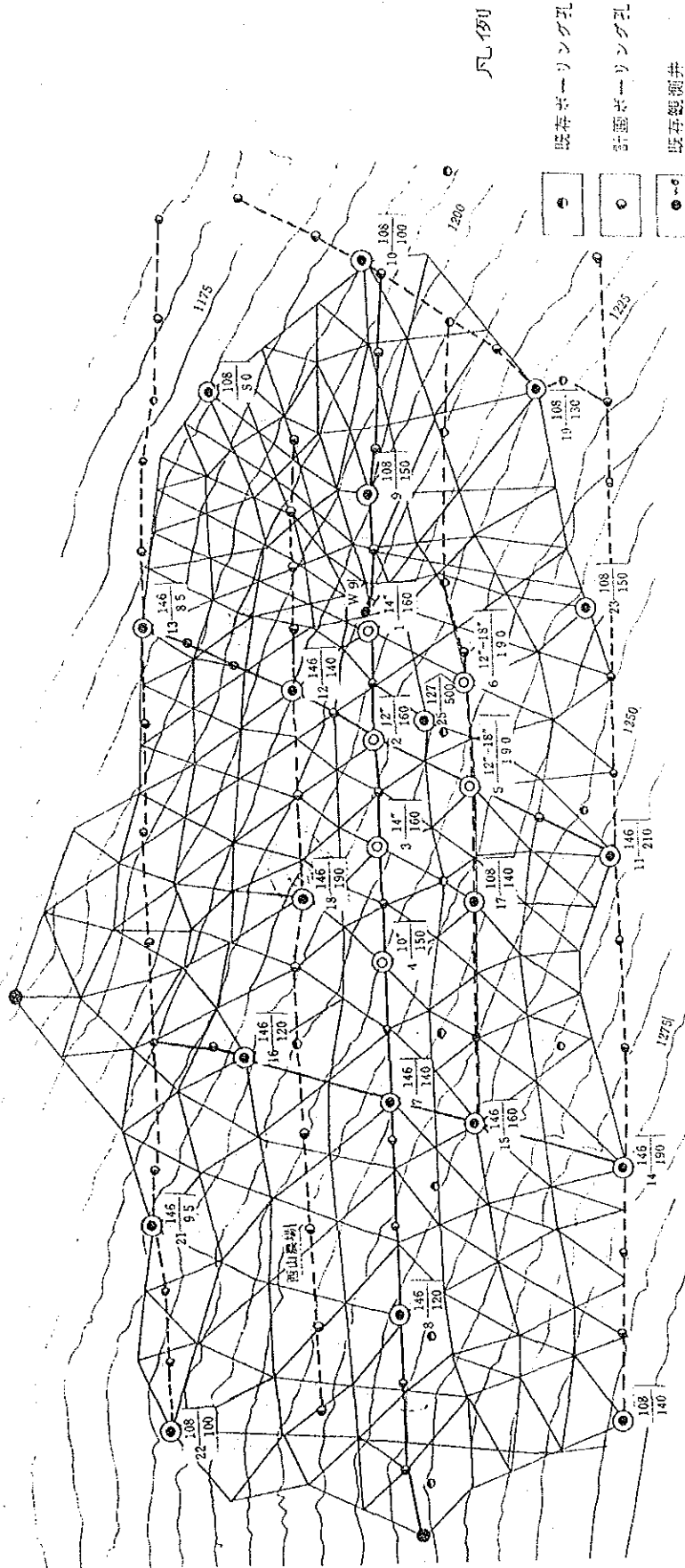


図6-1 烏魯木齊地下水開発計画調査流れ図 II



凡例

- 既存ボーリング孔
- 計画ボーリング孔
- 既存観測井
- 農家用井戸
- ⊙ 計画観測井
番号 戸数
- ⊙ 計画揚水井
番号 戸数
- ⊞ 数値計算配戻メッシュ
- 補助ボーリング線
- 主ボーリング線

図6-2 計画対象地区における観測井・生産井の配置計画
(中国側計画による)

観測孔においては各種の検層を行いストレーナーを設置する。また、可能なかぎり深度ごとに電気伝導度、水温、流向、流速を測定する。また採水器により地下水を採取し、水質分析を行う。

すべての現場試験完了後、代表的な観測井に自記水位計を設置する。

(8) 試錐，さく井（揚水井）

計画対象地域内で実際の揚水量と水位の関係を把握するための揚水井を掘削する。

協議議事録では、日本側掘削機により6箇所掘削する予定であるが、観測井と同様に、着手にあたっては場所、数量、口径、深度、ケーシングプログラム等について綿密な協議が必要がある。

既存の調査によれば上流側を除き、計画対象地域内の基盤深度は概ね200m未満と想定されるので、図6-3に示すようなケーシングプログラムを参考に大口徑深井戸の掘削計画をたてることが望ましい。

掘削孔内では、各種の検層を行った後、スクリーンを設置し井戸を仕上げる。

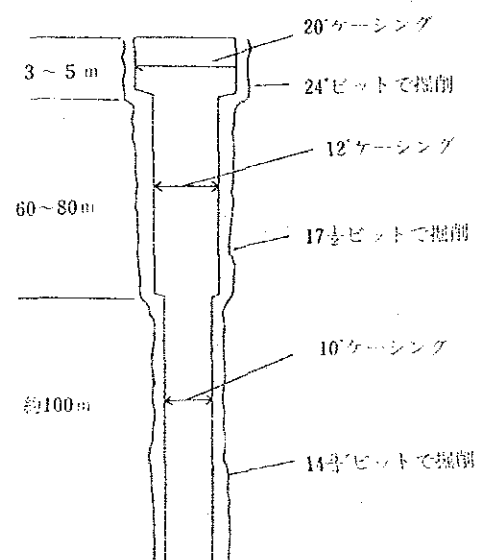


図6-3 ケーシングプログラム（案）

(9) 揚水試験

揚水井と観測井を用いて揚水試験を実施する。これより実際の一井当たり揚水量と水位降下量の関係を求める。また、各種の水理定数を求めるとともに、水質分析試料を採取する。

① 揚水試験は単独井で実施するのが基本であるが、時間の許す範囲で群井揚水を試みる

ものとする。

- (2) 単独井の揚水試験は、段階試験、定量試験、回復試験の3通りを実施する。
- (3) 解析方法は、被圧条件ではTheissの方法やJacobの方法、Hantushの方法などが適用できる。また、水位が深く、不圧条件にあるとも考えられるので、Boultonの方法なども試みる必要がある。

この結果から次の水理定数を算定する。

- a) 透水量係数（又は透水係数）
- b) 貯留係数
- c) 漏水係数
- d) 比湧出量

(10) 水文地質解析

前項までの調査結果を総合し、調査対象地域の水文地質の解析を行う。

- (1) 地下水かん養機構、流動機構、水質変化機構の把握

解析結果から次のような図表をまとめる。

- a) 水文地質図、断面図
- b) 比湧出量分布図
- c) 地下水水質区分図
- d) 基盤等高線図
- e) 粘土層（加圧層）等層厚線図
- f) 水文、気象など整理結果図表
- g) 各種の地下水パラメータの整理図表
- h) 水質分析図表

これらに基づき、水文地質構造と帯水層の性状と分布を明らかにし、地下水かん養機構、流動機構を水収支として定量的に明らかにするとともに水質変化機構を解析する。

また開発可能量評価のための地下水流動モデルの基本構造を作成する。

- (2) 地下水流動モデルによる解析

前項での水文地質構造解析結果をふまえ、調査対象地域の地下水流動を模擬するシミュレーションモデルを作成し、現況及び計画揚水後の地下水流動を解析する。

なお、計画対象地域の揚水による水質の異なる水塊の移動については流動モデルの解析結果をもとに、物質移動の数値モデルを作成するか、あるいは解析解を適用して検討する。

(11) 地下水開発基本計画の策定

- (1) 開発可能量の把握

シミュレーションモデルを運用し、数種類の揚水計画案による地下水位及び水質変化予測を行う。これらのアウトプットを比較検討し、最適案を選定し開発可能量とする。なお、最適案選定の基準としては次の要件が考えられる。

- a) 上流側の取水による湧水への影響
 - b) 上流側取水による下流側水塊の移動（水質の悪化）
 - c) 地下水位低下とポンプ設置深さの関係（あるいは揚水コスト増大など）
- ② 揚水計画の検討

前項の解析結果をふまえ、最適案に基づく揚水計画を作成して計画対象地域の地下水開発の基本計画を策定する。

検討項目は次のとおりである。

- a) 井戸配置計画及び揚水計画
- b) 給・配水計画案の作成
- c) 井戸建設及び給・配水事業費の概算
- d) 地下水モニタリング計画への提言

6-3 調査の実施体制

(1) 日本側調査体制

本調査は乾燥地域の厚い扇状地レキ層からの地下水開発を計画するもので、さく井、揚水試験など現地調査のみならずシミュレーション手法の適用など解析評価の面でも、高度な技術力を駆使して迅速に調査を行う必要がある。

このため、現地調査に必要な高度な資機材は日本から現地に持ち込むものとし、これらを使用した地下水探査、さく井技術の中国側への技術移転を行う。さらに、日本側は最終的な成果となる水文地質解析、シミュレーション、開発基本計画の策定に注力し、現地調査と合せてこれらの技術移転を計るものとする。したがって、日本側調査チームは、各専門分野の要所をおさえる方針で対処する。

日本側調査チームの、各担当ごとの役割及び必要な資格をまとめると次のようになる。

① 総括（団長）

本調査全般にわたる企画、調整、運営の全責任をもち、本開発調査の総括を行う。水資源全般についての知識があり、地下水探査、さく井、揚水試験からシミュレーションによる開発評価まで地下水調査全般を広くカバーできる水文地質家が望ましい。

② 水文地質（A）（副団長）

地下水開発のための水文地質調査及び解析を担当する。電気探査、試錐、さく井、揚水試験の各作業を各担当とともに企画し中国側を指導する。それらの、各調査結果を総合し

て水理地質図、断面図などの地下水資源評価の基礎資料を作成する。

また、他の水文地質家や給水計画専門家と協同で本調査地区の地下水資源開発基本計画をとりまとめる。

③ 水文地質 (B)

水文地質調査結果を総合し、西山地区の地下水シミュレーションを実施する。

他の水文地質担当と協同で、シミュレーション結果に基づき本地区の地下水資源の評価を行い、開発可能性を把握し、揚水計画を策定する。

本担当は地下水モデリングと評価作業に十分な経験を有する水文地質家が望ましい。

④ さく井指導

深井戸さく井、揚水試験の技術指導を行い本調査地区の帯水層の定量的評価のための資料をとりまとめる。本担当は砂レキ層の大口徑掘削にも十分な経験を有する深井戸工学専門家であることが望ましい。

⑤ 物理探査

電気探査と各種の孔内検層など物理探査全体を担当し、中国側に機器の操作方法、探査方法、解析手法を技術指導する。また、各探査結果について解析・評価を実施し水文地質担当へ資料を提供する。

⑥ 水 質

地下水の水質分析を担当し、地球化学的観点及び各種用水の水質基準の観点から地下水質を評価する。また、水文地質担当と協同で調査地区の水質変化機構を解析し、地下水流動による水質変化について検討を行う。

⑦ 給水計画

中国側の地下水開発計画に関する基本的な考え方をふまえ、本調査地区の地下水開発基本計画を作成する。水文地質担当と協同し、開発可能性をもとに揚水計画、給配水計画を検討し事業費を積算する。本担当は、地下水の給配水計画について経験をつんだ設計家が望ましい。

⑧ 機 長

トラック搭載型大口徑深井戸掘削機の機長を担当する。日本側より携行する掘削機及びその関連機器を組立て、中国側機長、助手、作業員を動員して深度 200m 前後の深井戸掘削を実施指導する。

(2) 中国側調査体制

本調査の現地作業は協議議事録に示されるように、中国側が主体的に実施し要所について日本側調査チームの技術指導を受ける。また解析・評価は日本側に協力し、技術移転を受ける。

本調査の中国側体制は、図6-4に示すように新疆ウイグル自治区地質鉱産局 陳 哲夫 (Chen Zhefu) 副局長が総括し、揚 志勲 (Yang Zhixun) 高級工程師の指揮のもとで同局水文地質第一大隊がプロジェクトチームを編成して対応する。

本調査では、第一次調査において中国側掘削機により小口径の試錐（観測井）を行う計画である。これについては、従来より中国側で実施しているのと同様の機材及び人員を配置する予定である。

調査用機材の主要なものは日本側が携行するので大きな問題はないと思われるが、前述のように、観測井の掘削は中国側機材により実施することになっている。また、揚水井のスクリーン、及びケーシングの一部を日本側が携行する。ケーシングは原則的に中国側で準備するものであるが、国内事情により必要数量が確保できない恐れがあるので、日本側が一部携行する。

現地調査に伴う諸手続き、渉外、仮設、消耗資財購入、運搬、機材組立て、給排水、掘進作業、解体、跡片付け等の現場作業は中国側が実施する。またこれに伴う諸費用（材料費、動力費、借地費、その他、ただし日本側機材の修理費は除く）についても中国側が予算措置をとる予定である。

6-4 日本側資機材

烏魯木齊における野外作業機関は4月～10月の7カ月に限られる。本調査の実施にあたっては、以上の現地条件を踏まえ、短期間のうちに精度の高い調査データを取得し、地下水開発計画のスピードアップを図る必要がある。

中国側機材の現状はよく整っているが、玉石層を短期間に大口径で掘削できるようなりグはなく、検層機器や揚水試験用機材なども老朽化が進み、絶対数も不足している。そこで本調査では、必要度が高く効果が期待できるものに限定し、表6-1に示す12項目の調査機材を現地に持ち込み、これら新鋭の機器類を駆使して調査精度の向上と工程の短縮を図ることとする。

(1) 掘削機

本調査では協議議事録に示されるように、6本の揚水井を掘る予定である。この掘削機はこれらの大口径深井戸掘削と井戸仕上げのために持ち込むものである。

現地の地層はすでに述べたように、堅硬な玉石を主とする扇状地レキ層であり、現在中国側が持っている掘削機では、このような地層で大口径の掘削はできない。そこで、高い掘進能力をもつトップヘッド型ロータリー掘削機を導入する。

なお、この点に関し、中国側からリバースサーキュレーション（逆循環）掘削方式の要望があった。24インチを越える大口径掘削にはこの方式が適していると言われるが、掘削機がかなり大型化し高価になる。今回の揚水井のケーシングプログラムでは、口径10m程度を22

表6-1 日本側調査用資機材リスト（事前調査団案）

項 目	構成又は概略仕様	数 量	持込み時期										
(1) 井戸掘削機及び 付属品	<ul style="list-style-type: none"> ○トラック塔載型 ○掘進能力：17%ビットで500m以上 	1 式	第二次										
(2) 電気探査装置及び 付属品	<ul style="list-style-type: none"> ○比抵抗法，SP法用 ○出力電流：最大1A以上 	1 式	第一次										
(3) 孔内検層機	<ul style="list-style-type: none"> ○測定深度：500m以上 ○測定項目：比抵抗，温度，自然電位， 自然放射能，キャリバー 	1 式	"										
(4) 自記水位計	<ul style="list-style-type: none"> ○井戸口径80～100mm用 ○測定限界深度120m前後 ○型 式：<table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">フ</td> <td style="padding: 0 5px;">ロ</td> <td style="padding: 0 5px;">ー</td> <td style="padding: 0 5px;">ト</td> <td style="padding: 0 5px;">式</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">水</td> <td style="padding: 0 5px;">圧</td> <td style="padding: 0 5px;">式</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table> 	フ	ロ	ー	ト	式	水	圧	式			3 台 2 台	"
フ	ロ	ー	ト	式									
水	圧	式											
(5) 水質分析装置	<ul style="list-style-type: none"> ○イオン濃度計 ○簡易分析キット ○採水器 	1 式	"										
(6) 作業用車輛	<ul style="list-style-type: none"> ○5～6人乗，左ハンドル，クーラー付 ○4輪駆動 	2 台	"										
(7) 複 写 機	<ul style="list-style-type: none"> ○乾式，A3サイズまで複写可能なもの 	1 台	"										
(8) 孔内水質計	<ul style="list-style-type: none"> ○測定項目：電気伝導度，温度 ○測定深度：300m以上 	1 台	"										
(9) 揚水試験装置 (10"井戸用)	(1)	<ul style="list-style-type: none"> ○揚水能力：揚程150mで1.9m³/min以上 ○ディーゼル発電機，据付装置 他 	1 式	第二次									
	(2)	<ul style="list-style-type: none"> ○揚水能力：揚程150mで1.35m³/min以上 	2 式										
(10) 孔内流速計	<ul style="list-style-type: none"> ○測定深度：300m以上 	1 式	第一次										
(11) スクリーン及び ケーシング	<ul style="list-style-type: none"> ○スクリーン：φ10"（亜鉛メッキ），スロット サイズ1mm，開孔率15%以上 ○ケーシング：<table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="padding: 0 5px;">φ12"</td> <td style="padding: 0 5px;">400m</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 5px;">φ10"</td> <td style="padding: 0 5px;">200m</td> </tr> </table> 	φ12"	400m	φ10"	200m	400m	第二次						
		φ12"	400m										
φ10"	200m												
600m													
(12) 小型電子計算機	<ul style="list-style-type: none"> ○CPU 16ビット ○主記憶 64～512KB ○Disk Drive, Printer ○Digitizer, Plotter 	1 式	第一次										

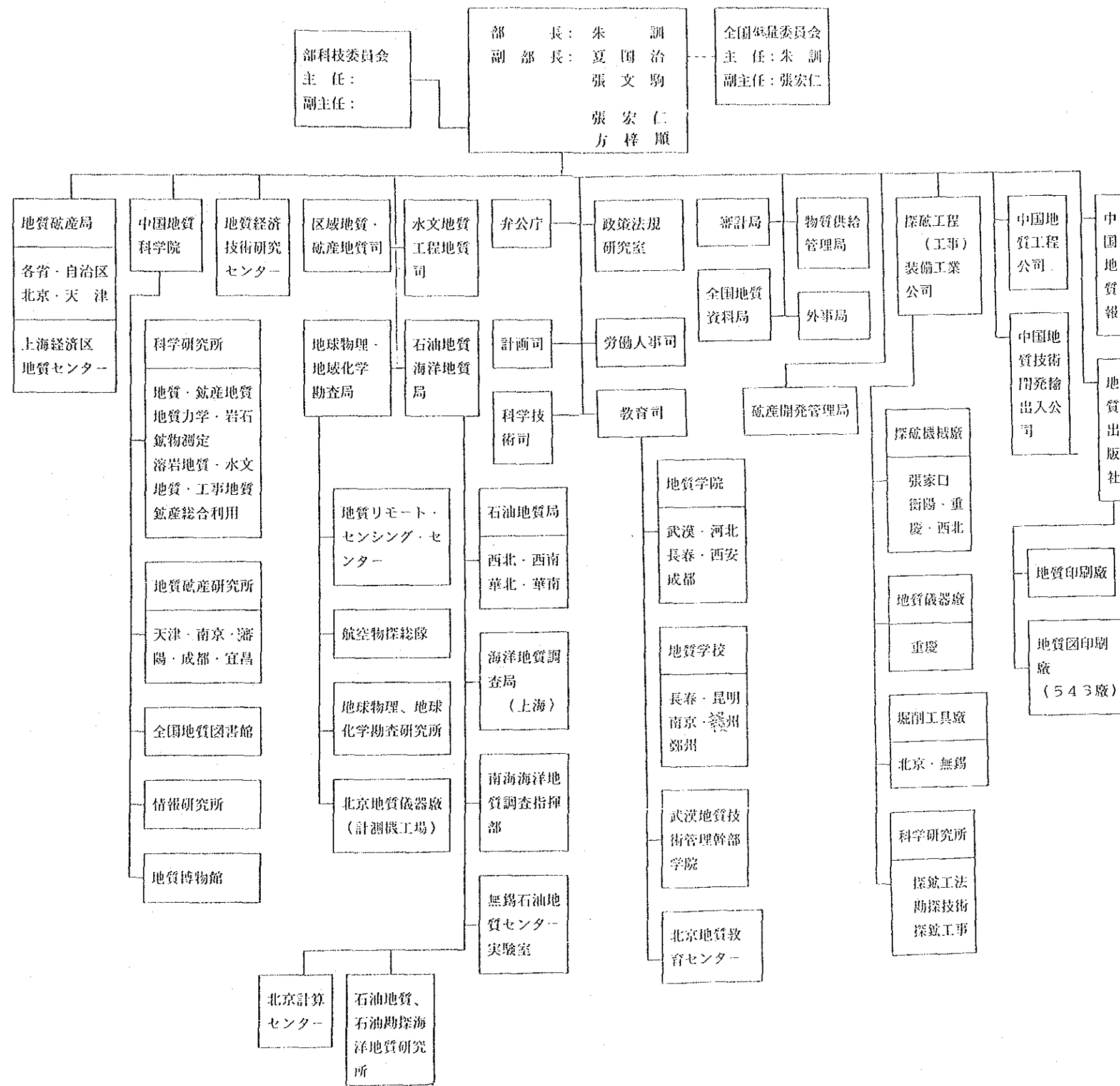


圖6-4 地質礦產部組織圖

～24インチとする予定なので、普通のトラック搭載可能な、正循環方式ロータリー掘削機が
適当と考える。

(2) 電気探査装置

現地の地質は扇状地レキ層が帯水層となり、第三紀層、中・古生層の砂岩などが水文地質
基盤となっている。これまで、中国側で実施した電気探査でも基盤構造を探査できているの
で電気探査が有効と考える。ただし、中国側機器の老朽化が激しいので、日本側で新鋭の機
種を導入し調査のスピードアップを図る。

(3) 孔内検層機

観測井、揚水井掘削後、帯水層を判定し適切な井戸仕上げを行うため、比抵抗、温度、自
然電位、自然放射能、キャリパーなどの孔内検層が必要である。

(4) 自記水位計

既存の観測井及び本調査で掘削予定の観測井に設置し、地下水位の長期連続観測を行うた
めに携行するものである。この結果は西山地区の地下水変動特性の解析や水収支解析の資料
として、またシミュレーションの検証資料として利用価値は高く効果大きい。

現在西山地区では自記水位計は設置されていないので、本格調査開始と同時に設置するも
のとするが、地下水位が相当深く、観測孔の曲りも考えられるので、フロート式と水圧式の
両方を準備するものとする。

(5) 水質分析装置

地下水の水質分析は本調査ではとくに重要である。中国側には立派な水質分析室があり、
ほとんどの項目を分析できるので、本格調査用としては野外で使用するための簡便なキット
を持ち込むものとする。

なお、地下水の放射性同位元素 (C_{14} , H^3 など) については中国国内の研究機関を利用する
ことを検討する。

(6) 作業用車輛

現地調査機器の運搬と日本側調査チームの移動に利用する。現地在半砂漠であること、雪
溶け時は表層が泥濘状態になることなどを考慮し、頑丈な高馬力のバンを2台持ち込むもの
とする。

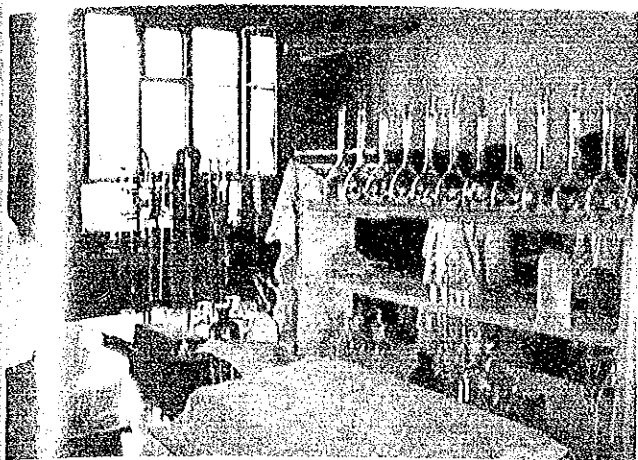
(7) 複写機

現地事務所では多量のコピー需要が発生するので、拡大・縮小可能な機種を1台携行する。

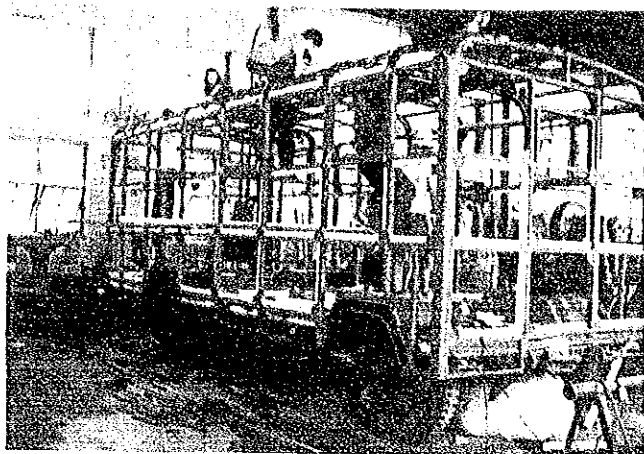
(8) 孔内水質計

孔内検層機とは別に、孔内で電気伝導度と温度を測定するためのセンサー、ケーブルなど
一式を携行する。これは、深度ごとの水質を測定するのに有効である。

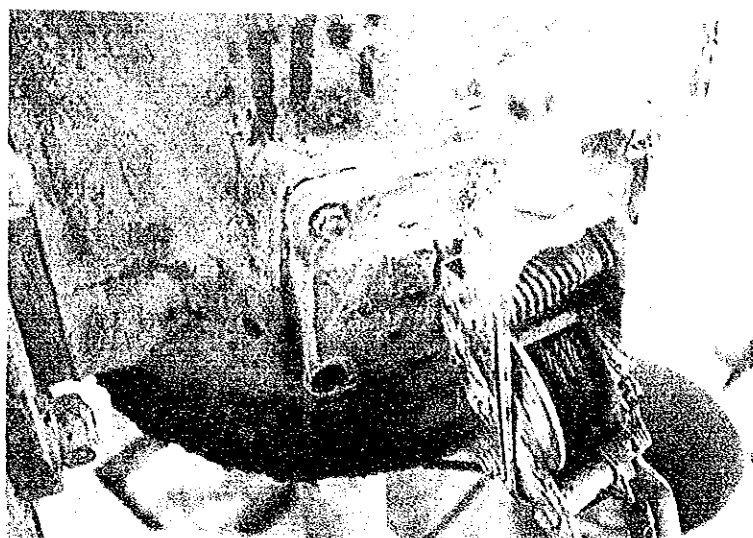
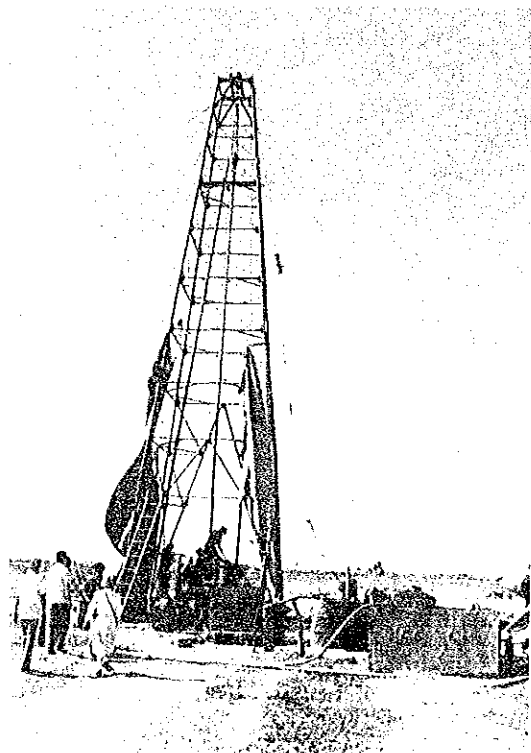
(9) 揚水試験装置



▲第1水文地質工程大隊の化学分析室。原子吸光分析装置ほか
各種類の分析装置を備え、ほとんどの分析は可能である。



▲地質鉱産局の修理工場。機材の製作、修理、調整を行なっている。



▲XB1000A掘削機。養魚池用の井戸として計10'で200m掘削中。
この機械は本来鉱山用で玉石層では計10'で深度80mが限度。

◀鳥魯木育市街からおよそ40kmの六十戸郷の井戸掘削現場。
ヤグラは第1水文地質大隊の5号リグ。



▲7トリコンビット

揚水井掘削後、実際に地下水を揚水し、揚水量と種々の帯水層定数を把握するために揚水試験を行うものである。計画対象地域は地下水位が低く、水中ポンプは高揚程のものが必要である。また群井揚水試験も可能な限り実施したほうが良いので、現場での機動性を考え、発電機とポンプを1式、ポンプのみを2式携行する。

(10) 孔内流速計

この機器は帯水層の深度ごとの地下水流速を実測するために使用する。孔内検層器とは別のキットを携行する。

(11) スクリーン及びケーシング

井戸ケーシングに接続するスクリーン（収水部分）は井戸の心臓部にあたり、湧水能力、水位降下量、砂の流出量、耐用年数などさく井の成果の優劣を左右する重要な要素である。中国側でも在来のものが手当できないわけではないが、材質、性能が劣るようであり、必要な時期に必要な数量が確保できるかどうか不安な状態にある。したがって、ケーシングとともに揚水井の分については、日本側より持ち込むものとする。

(12) 小型電子計算機

現地調査により収集・観測する各種の水文資料の整理、データベースの作成などのためにマイクロコンピュータと周辺機器を携行する。国内作業ではメインフレームでシミュレーションを行うので、これらのデータを使用し、効率よく作業することができると考えられる。

6-5 調査実施に当たっての留意点

(1) 中国側との役割分担と工程の調整

本調査は開始より24カ月の工期を予定しているが、掘削機の搬入時期の関係で揚水井の掘削を第二次調査で実施することになる。この間に基礎データを整理し、シミュレーションによる地下水開発可能量評価と計画の策定までを行わなければならないので、中国側との役割分担を明確にし、協同して作業を進めていくことが不可欠である。したがって、

- ① 現地調査は中国側を主体とし、日本側は技術移転を主体とする。
- ② 日本側は室内解析を主体とする。このため既存資料を有効に活用し、ある程度予測性をもって解析評価の準備を早期に始める。

ことを基本とし、適宜協議して工程を詰める必要がある。

(2) 測水調査の早期着手

測水調査は長期間のデータが必要なことから、観測井水位、湧水量、河川流量などはできるところから早期に着手する。

(3) 機材の運搬移動

掘削機は大型のものとなることが予想されるので運搬移動のための道路事情、対応等を十

分中国側と協議することが必要である。

(4) 評価・解析

乾燥地域の扇状地の深層地下水の水収支や水質変化の機構は複雑であり、シミュレーションによる評価解析は極めて高度な内容を含むものである。この作業は中国のコンピュータ事情から日本国内でしか実施できないと考えられる。このため、研修員の受入れの形で技術移転を図ることが考えられる。

表6-2 調査工程暫定案

中國烏魯木齊地下水開發計画調査

月	1988												1989																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12												
数																																				
年	1988												1989																							
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12												
季	1				2				3				1				2				3															
作業項目	<p>資料収集・分析</p> <p>地形地質調査</p> <p>井戸台帳作成</p> <p>物理探査</p> <p>水質分析</p> <p>地下水位観測</p> <p>表流水観測</p> <p>井戸水準測量</p> <p>ボーリング、鑿井</p> <p>揚水試験</p> <p>水文地質解析</p> <p>水収支解析</p> <p>涵洞機械把握</p> <p>開発可能量算定</p> <p>最適揚水計画</p> <p>地下水開発計画の策定</p> <p>大型機材の調達</p> <p>調査工程</p> <p>報告書</p>																																			
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

資 料 編

1. 資料収集リスト

- 1) 烏魯木齊河流域地質図（白黒コピー） 1/20万
- 2) 総合水文地質図烏魯木齊地区柴窩堡盆地 1/20万
- 3) I - I' 水文地質断面図
- 4) 西山水源地調査計画案 1/2.5万
- 5) 西山水源地1号物探地質断面図
- 6) 測井成果図 W 6（検層図）
- 7) 地質柱状図 W 6
- 8) 測井成果図 W 9（検層図）
- 9) 地質柱状図 W 9
- 10) " W 1
- 11) " W 39
- 12) " W 49
- 13) 水質分析結果表 1 - 1
- 14) " 9 - 1
- 15) 中国天山氷河 観測指南
- 16) 烏魯木齊河英雄橋水文站流量観測図
- 17) 烏魯木齊站風向・風速・頻率図
- 18) 西山水源地W 9号地下水位 図表
- 19) 烏魯木齊站気象資料
- 20) 中華人民共和国地質図集
- 21) 中華人民共和国水文地質図集

2. 面談者リスト

地質鉦産部

外事局

局 長	楊	志 齡
副局長	孫	人 一
処 員	魯	平
処 長	徐	先 忠

水文地質工程地質司

副司長 農 開 清

水文地質處

副處長 檀 金 凱

新疆維吾爾自治區人民政府

副首席 毛 德 華

新疆維吾爾自治區地質鈾產局

局 長 蔣 承 崧

副局長 陳 哲 夫

副總工程師 楊 志 勳

探鈾處

副處長 王 宝 華

主任工程師 劉 恩 隆

物資管理處

副所長 何 湛 永

第一水文地質大隊

大隊長 越 忠 林

總工程師 藩 孔 劉

新疆維吾爾自治區科學技術委員會

外事處副所長 劉 華

在北京日本大使館

一等書記官 岡 崎 新太郎

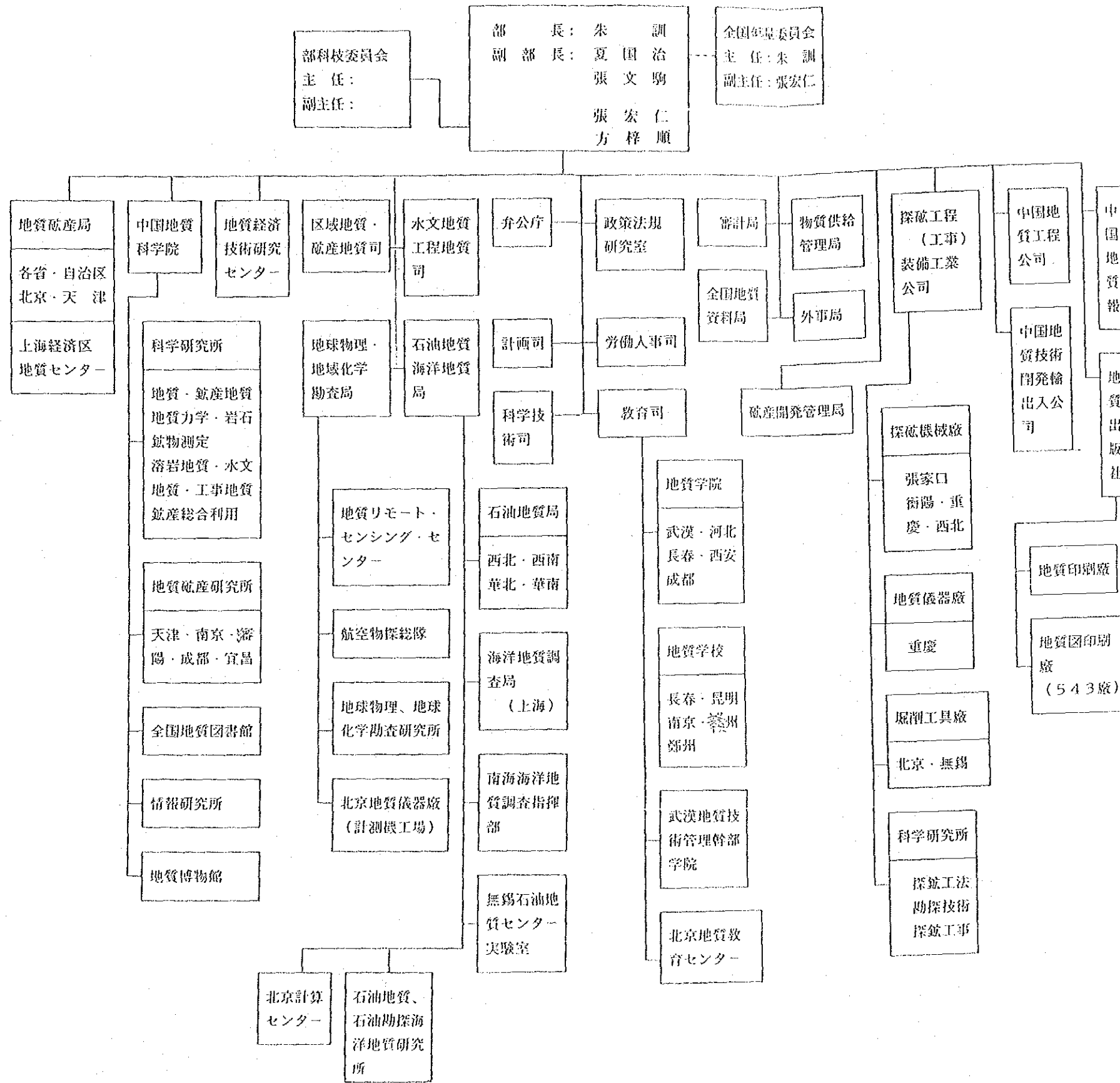
國際協力事業團中國事務所

所 長 田 口 定 則

副所長 木 村 信 雄

所 員 神 谷 克 彦

3. 地質部組織図



**GUIDE TO THE TIANSHAN GLACIOLOGICAL
STATION OF CHINA**

Glaciers in the Urumqi Valley and
Related Phenomena

Shi Yafeng Zhang Xiangsong

Lanzhou Institute of Glaciology and
Cryopedology Academia Sinica

1984

CONTENTS

- I. Preface
- II. Geographic Features of the Urumqi River Basin
- III. The Past and the Present of the Tianshan Glaciological Station
- IV. Important Visiting Localities
 1. Urumqi
 2. The Multisteps Terraces at the Outlet of the Urumqi River
 3. The Heroic Bridge Hydrological Station
 4. The Rear Gorge
 5. The New Site of the Tianshan Glaciological Station
 6. The Leap Forward Bridge Hydrological Station
 7. The Profile at the Red Month of May Bridge
 8. The Wangfeng (Peak Sighting) Till
 9. The Luobudao Valley Outlet and the Hydrological Observation Point
 10. The Tianshan Meteorologic Station and its nearby Glacial Deposits and Periglacial Features
 11. The Shenglidaban (Victory Pass) and Glacier No. 3
 12. Glacier No. 2, the Former Cirque and the Snow-Melting Runoff Observation Point
 13. The Moraines Formed during the Little Ice Age at the Terminus of Glacier No. 1
 14. Glacier No. 1
 - a. Ice-formation
 - b. Mass Balance
 - c. The Thickness of the Glacier
 - d. Ice Temperature
 - e. Glacial Movement
 15. Artificial Ice Tunnel
 16. From the Terminus of the Glacier No. 1 to the Glacial Hydrological Observation Point
 17. Permafrost
- V. Appendix List of a Part of the Reference Papers and Data on the Glaciological Studies in the Area of the Tianshan Glaciological Station
 1. Existing Glaciers and Ice-snow Physics
 2. Glacial Hydrology and Meteorology
 3. Glacial Geomorphology and Deposits
 4. Paleoglaciation and Environment Changes
 5. Permafrost, Periglacial Geomorphology and others

I. PREFACE

The Urumqi River, rising from the northern slope of the Tianger II Peak (4486 m), the main Kalawucheng Peak in the middle section of the Tianshan Mountains, is the main source of water supply to the Urumqi Municipality, the Capital of Xinjiang Uygur Autonomous Region. The river, flowing northeastward and after leaving the mountain outlet, runs between the Tianshan and the Wulabai Reservoir, and then turns northward, and passing through the Urumqi city proper finally disappears in the desert in the northwest of Miquan County, totally 240 km long with a catchment basin of 1060 km² in the mountain area. The Urumqi-Korla Highway stretching along the river and cutting through the Tianshan Mountain Range at Shenglidaban (Victory Pass), makes the access to the glacierized area easy and convenient. In 1959, a Glaciological Station was established at 3600 m a.s.l. by the Academia Sinica and researches on the glaciers and related features had been carried out successfully. Unfortunately, the work there was interrupted during the period of the so called "Cultural Revolution". After recovery in 1980, a permanent base camp was established at a height of 2100 m. More research items were added and many fruitful results were achieved. Scientists and scholars, visitors and practitioners both at home and abroad came here one after another. Up to now this station is the exclusive mountain glaciological station open to foreigners for international academic exchanges in China. It was awarded the title of the "advanced unit in field work" by the Academia Sinica in 1983. For the convenience of ever increasing visiting friends, this guide book is compiled in order to give briefly a general view of the Urumqi River valley and the glaciers at its headwaters, and a sketchy review of the work done in the past several years by the colleagues of our Institute with the co-operation of scientists all over the world. This book is published bilingually in Chinese and English so that all our friends from every corner of the world can taste the fruit of their efforts. We are looking forward to attracting more valuable advice, help and co-operation from visitors, scientists and scholars both at home and abroad to modernize the station with higher technical standard and transform it to be a comprehensive experimental research centre of glaciology, covering fields of geomorphology, Quaternary geology, climatology, hydrology, cryopedology and mountain ecology so that we can offer a more beautiful research base to the colleagues and scholars both Chinese and foreign to further accelerate the rapid development of glaciology, and mountain sciences in China and render services and contributions to the world.

II. GEOGRAPHIC FEATURES OF THE URUMQI RIVER BASIN

The landscape of the Urumqi River basin can be divided into three zones: the southern mountain area, the Chaiwopu intermontane depression and the Urumqi alluvial-pluvial piedmont plain.

This section of Tianshan is located in the south of the Urumqi city, and customarily called "the southern mountains", occupying the upper and middle reaches of the drainage area of the Urumqi River with its lower limit at about 1550-1800 m a.s.l. coincident with the lower limit of the forest zone which has its upper limit at 2600-2900 m a.s.l. and is covered mostly on the shady slope purely by *Picea Adren Kiana* but with severe deforestation. Above the upper limit of the forest is the alpine zone covered with meadow and naked bed rock. The snowline is at 4000-4100 m a.s.l. Many small glaciers (mainly cirque glaciers and hanging glaciers) scatter at the headwaters area of the

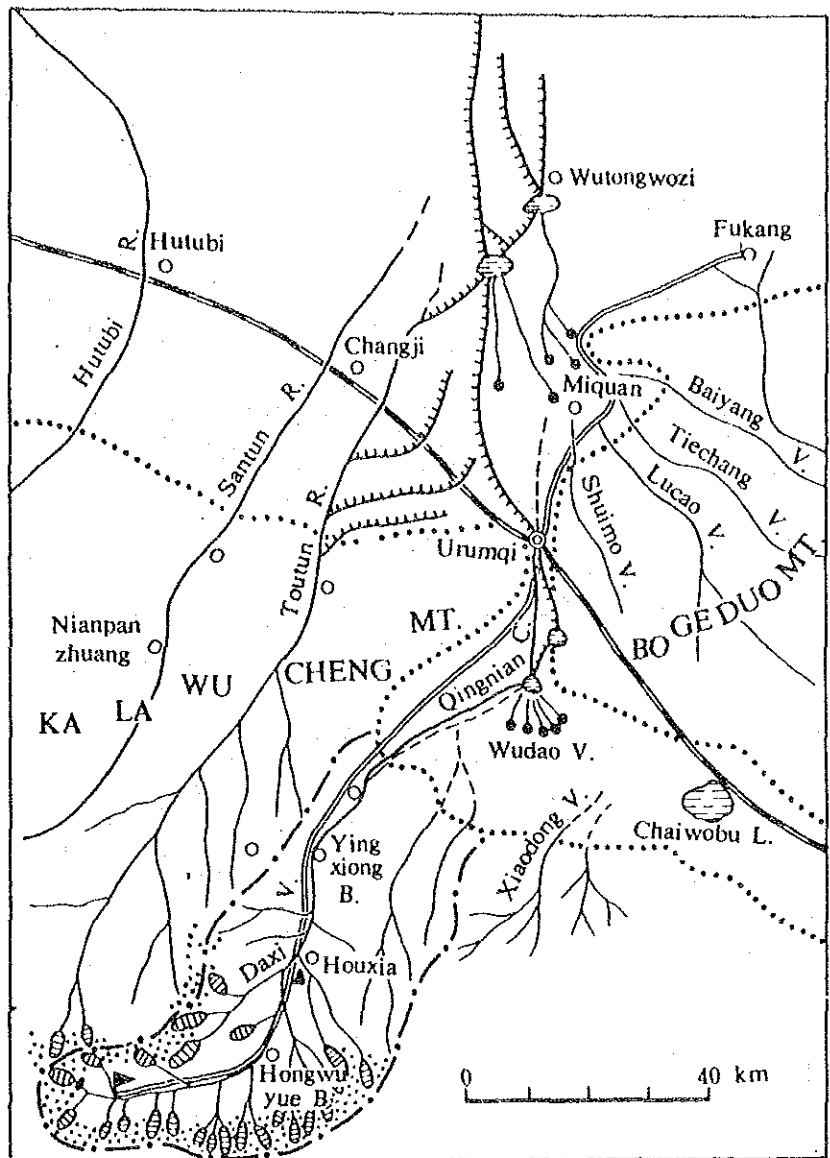
Urumqi River with a total glacierized area of 46 km², of which 38 km² is located in the Daxigou valley (the main stream of the Urumqi River) from the Hero Bridge Hydrological Station upward and covers about 4.2% of land surface. The lower limit of permafrost is between 2800-3000 m. Besides the wide and broad Quaternary trough valley of ancient glacier, the landform is prevalent with steep slopes and deep gorges. The Rear Gorge basin in the middle mountain area with a relative undulation of 200 to 300 m witnesses a fairly good development of forestry and animal husbandry and is the site of a small steel and iron factory, a cement plant and other small industry. The Front Gorge is again steep and high. The entire middle and high mountain area is a catchment area of runoff with an estimated annual mean precipitation over 470 mm of which 60% is in summer, rendering a depth of runoff at about 250 mm, of which meltwater of ice and snow takes up one third. An obvious inversion layer exists in winter, making the air temperature in the middle mountain area often warmer than that in Urumqi. So the herdsmen take this part in the mountain as a place for their winter shelter.

Chaiwopu intermontane depression is a belt located among the South Mountain, the Bogda Shan and the Tertiary tectonic belt at a height 1000 to 1500 m a.s.l. with a thick but loose Quaternary layer of sand and gravel deposit. While the river flowing across this depression, large amount of water seeps underground. Reaching the Tertiary tectonic belt, the ground water raises its level, again drains the river bed and flows into Wulabo reservoir. Here the cultivated land in the flat terrain is irrigated by a net work of canals.

Below Hongshanzui (red mountain spur), the Urumqi River flows into an extensive alluvial-pluvial piedmont plain, and the reversion of surface water and ground water occurs again. The water of the Wulabo reservoir is sent by canals to the lower reaches supplying water to more than 600,000 mu (1 mu=0.0667 hectares) of farmland. Industrial and residential water supply depends mainly on the ground water. But in recent years, the ground water drops at a rate of 0.3 to 0.9 m per year. Shortage of water supply becomes a threatening problem.

III. THE PAST AND THE PRESENT OF THE TIANSHAN GLACIOLOGICAL STATION

The Tianshan Glaciological Station was established in 1959 under the joint effort of the Alpine Ice and Snow Utilization Team of the Academia Sinica and the Water Conservancy Bureau of the Xinjiang Uygur Autonomous Region undertaking observations on glacial hydrology, glacial accumulation and ablation, glacial movement and related meteorological items in the region of Glacier No.1. In 1961 the Station was handed over to the Xinjiang Institute of Water, Soil and Biotic Resources and some small houses were built. In 1962, the observations on the radiation and heat balance, the process of ice formation, the ice structure, the runoff of ice and snow meltwater and the hydrological features of the river were carried out by the Lanzhou Division of Glaciology and Cryopedology (originally called the Alpine Ice and Snow Utilization Team of the Academia Sinica) and a Topographic Map (1:10,000) of Glacier No.1 was drawn. Based on the data and materials obtained in the previous 3 years a collection of papers entitled "A Research on the Glaciology and Hydrology in the Drainage Basin of the Urumqi River" was published (Science Press, Beijing, China, 1964). Other reports of the Xinjiang Institute of Water, Soil and Biotic Researches were collected in "A Research on Glaciers and Snow Cover" (The



- | | | | |
|---------------------------|--------------------------------|-----------------|---------|
| River (R.) | Canal (C.) | Highway | Railway |
| Divide | Summer camp | Spring-water R. | |
| Boundary line of range | Glaciers and perennial snow | | |
| Glacio-hydrological point | Tianshan Glaciological station | | |

Fig. 1. The sketch of Urumqi River basin

Xinjiang Committee of Science and technology, 1965). In 1965, the station was hand back to the Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology. Under the influence of the "Cultural Revolution", the research work at the Station had to be dropped. Not until 1979, did the Station resume its research work. For the health and happiness of our people in the field, the living and working conditions have been greatly improved; a simply paved road 3.7 km long the stretched to Glacier No.1, and a research base was established down at the forest belt (2130 m a.s.l.). Besides the routine observations other new research subjects give effect from year to year including studies on glacial geomorphology and sedimentary features in the source area of the Urumqi River, the relationship between mass balance and climate, the influence of climate to the advance and retreat of glaciers and their forecast, the radioecho sounding of the glacial thickness, more detailed researches on temperature variations, movement velocity, and surface strain rate of the glaciers, the investigations in an artificial ice tunnel, the application of remote sensing, telemetry and automatic control, the hydrological survey on profiles, and the characteristics of runoff from ice and snow in the mountains. Considerable better results have been obtained. Some of them were published in the Annual Report of the Tianshan Glaciological Station and the Journal of Glaciology and Cryopedology, while others will be published later. The station is also taken as the training base for postgraduate students and junior researchers. On the Basis of the data and condition of the station, three theses for MA degree have been completed and two more theses for MA degree and one for Doctor degree are in preparation. Many visitors and cooperative scholars at home and abroad were received including 5 Japanese, 8 American, 2 Canadian, 1 English, 1 Swiss, and 1 Austrian. In order to better serve the economic construction, beginning from this year the Station will take up some of the subjects in the research of the water resource for Urumqi, one of the key subjects in the development of the Xinjiang Uygur Autonomous Region. More workers come to Tianshan every summer (up to 30), but fewer in winter (about 10). A library, and rooms for material storage, instrumentation, exhibition observation, garage with 3 vehicles etc. are attached. Associate Professor Zhang Xiangsong is the Present Director of the Station and Technician Zhang Jinhua and Liu Haisheng (administractor) the Deputy Directors.

IV. IMPORTANT VISITING LOCALITIES

1. Urumqi To go to the Tianshan Glaciological Station, one must first reach the city of Urumqi (about 700 m a.s.l.) by plane or train. It is the Capital and the political, economical, communication and cultural centre of the Xinjiang Uygur Autonomous Region with wonderful charms and delights of national minorities. The literary meaning of the word "Urumqi" in Uygur is a beautiful pasture-land. At the time of liberation in 1949 the city claimed a population of only a hundred thousand, but now rising to about one million. It is one of the rarely large cities in the desert areas of Middle Asia. There are museums and parks, universities and institutes, of which the Xinjiang University, the Xinjiang Technological College, the Xinjiang August First Agricultural College, the Xinjiang Medical College, the Xinjiang Institute of Geography, the Xinjiang Institute of Biological Pedology, the Xinjiang Institute of Physics, the Xinjiang Institute of Chemistry, the Xinjiang Academy of Agriculture, the Xinjiang Academy of Social Sciences are among the most famous. Mt. Bogda, the highest peak (5445 m a.s.l.) in the eastern Tianshan, can be seen with it top covered by white snow all the year round, the source of numerous glaciers. The

Tianchi (Heavenly) lake on the northern slope of the mountain (1943 m a.s.l.) with an area of 49 km² at a maximum depth of 103 m, is surrounded by forest; a place of beautiful sceneries. Formerly it was taken, as a moraine lake. However, recent investigation proved it to be a landslide lake. It is 100 km from Urumqi.

2. The Multisteps Terraces at the Outlet of the Urumqi River. 51 km from Urumqi southwestwards along the Urumqi-Kuerlei Highway is the foot of the Tianshan Mountain, 1550 m a.s.l. On both sides of the river multisteps terraces, amounting to 7-9 steps, comes into our sight, with the highest one 340 m above the present river bed and the top of the fan on the highest terrace about 500 m above the present river bed. The component material of the terrace is relatively coarse fluvial pebble overlain by a thin layer of loess. The structures and lithological characters of the component materials in each of the terraces are nearly the same indicating the characteristics of the rhythmic uplift of neotectonics. As the number of terraces at various river outlets is different, it is impossible to distinguish glaciation and interglaciation periods.

3. The Heroic Bridge Hydrological Station (at 62 km, 1830 m a.s.l.). The first gorge cut by the Daxigou River is called the Front Gorge where the river cuts deeply into the intensively folded middle Carboniferous

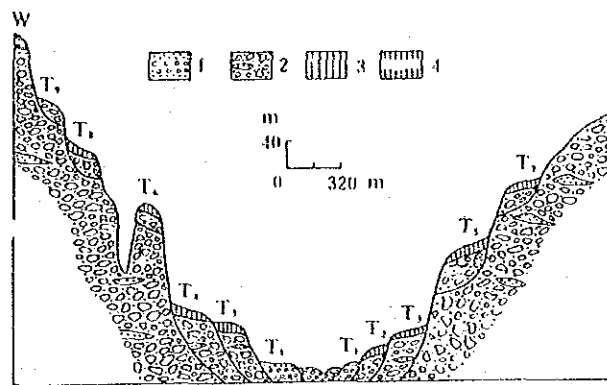


Fig.2 The terraces at the mouth of Daxigou Valley, the northern foot of Tianshan (after Yang Huairan et al 1965).

formation consisted of limestone, hornfels, conglomerate, sandstone and tuff. The Heroic Bridge Hydrological Station is established in the Front Gorge (1920 m a.s.l.). Relatively complete items of hydrological observation including water level, water temperature, discharge, silt content, river ice condition, precipitation, humidity, air temperature etc. are regularly taken. The river basin area controlled is 924 km². The annual average discharge since 1958 is 7.49 m³/s, with maximum value recorded at 169 m³/s in 1969, but after investigations at 400 m³/s in 1953. The average annual total discharge is 236 million m³, while the annual variation coefficient of discharge is 0.15.

4. The Rear Gorge The Rear Gorge is a wide fault basin running from east to west with exposed coal seam of Jurassic formation. Here the river valley is open and wide with 3 to 5 terraces. The higher terraces consist of loess and alluvial gravel with the highest at 200 m above the river bed. Nearer to the watershed, tertiary paleo-planation surface can be seen cut into flat and rounded hillocks.

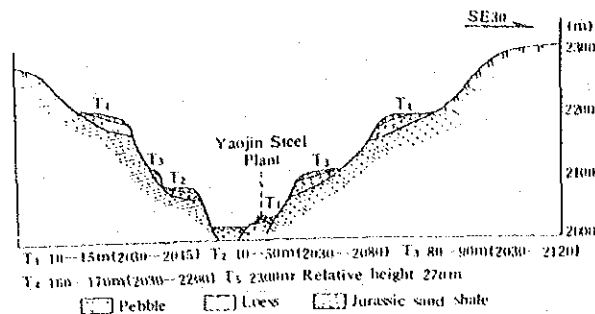


Fig.3 Sketch map of terraces on both sides of the river near Houxia (after Wang Jingtai).

Everywhere at the upper part of the terraces and the flat hillocks are solifluction terraces and sometimes pattern ground from modern periglacial processes.

5. The New Site of the Tianshan Glaciological Station (at 82.5 km, 2130 m a.s.l.). At the end of the Rear Gorge in front of the alpine mountain gorge, a group of buildings appears on the west side of the highway in the forest. It is the Tianshan Glaciological Station of the Academia Sinica. In the yard, a two-story small building and some small houses all built up in 1983, making up the base camp for the research of the Tianshan glaciers and the living quarter for our workers in winter. Improvement of facilities at the Station is still in progress.

6. The Leap Forward Bridge Hydrological Station (at 91 km, 2400 m a.s.l.). This newly built station belongs to the Xinjiang Water Conservancy Bureau controlling runoff area of 318 km² in the upper reaches with hydrological and meteorological observations beginning from the autumn of 1983, and undertaking observations of precipitation and runoff at some of the nearby localities, really one of the runoff experimentation points.

7. The Profile at the Red Month of May Bridge (at 98 km, 2517 m a.s.l.) The hydrological surveys at the Red May Bridge were taken for a short time from 1958 to 1961, controlling a drainage area of 284 km² with an annual mean discharge of 2.57 m³/s, a total amount of annual discharge at 81.45 million m³ and a runoff modulus of 9.05 l/s.km².

A profile can be found beside the red Month of May Bridge on the terrace 20 m above the river bed showing the following features: a glacial meltwater gravel layer about 5 m thick, above it an overlying layer of lake deposit of 1.2 m with a 0.45 m thick dark grey clay sand belt at its bottom having an absolute C¹⁴ date of 7320 ± 200 year B.P., upward a gray yellow gravel 0.15 m thick, still upward a drab soil layer of 0.6 m having an absolute C¹⁴ date of 3950 ± 150 year B.P. at its bottom. It was found through spore-pollen analysis that the lower part of this lake deposit predominated *Picea Schrenkiano*, indicating that the *Picea Schrenkiano* was the only existing forest 7000 year B.P., and that the climate was about the same as present or a little warmer, while in the upper part of the lake deposit *Ephedra* and *Artemisia* were predominant showing that the climate became dry and cold. The glacial-fluvial deposit below the lake deposit should belong to the early Holocene or the end of the Late Pleistocene.

8. The Wangfeng (Peak Sighting) Till (at 107-111 km, 2900 m to 3200 m a.s.l.). Near the Wangfeng Highway Maintenance Squad definite Late Pleistocene glacial deposits appeared. The features of the till were studied and divided into three categories:

a. Higher Wangfeng formation. Distributing in the glacial trough

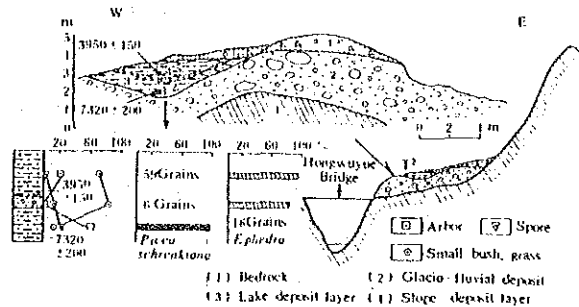


Fig.4 Profile and its spore patterns in the east of Hongwuyue bridge (after Zhou Kunsu et al, 1981)

3400 m a.s.l. with a relative height 200 m to 300 m above the river bed. Till consists of angular, sub-angular and rounded gravels and sand with large amount of boulders, some at diameter 3 to 5 m sometimes with visible stria. Lithological aspects are quite complicated mainly schist, gneiss, and gabrro, secondly silicalite, granodiorite granite and quartzite. Their original sedimentary appearance had already been destroyed and it is now covered by a yellow brown soil layer at 20 to 30 cm thick. For lack of data, the date of the till can not be ascertained at present. But according to geomorphology and recent erosion rate (about 0.5 mm/year or 1 mm/year) of the river, it was possibly deposited between 200 and 300 thousand year B.P. or even belonged to the second or the third glaciation from the last.

b. The lower Wangfeng formation. This formation is about 80 m thick distributing in the glacial trough near the Wangfeng Highway Maintenance Squad, and stretching 3 km long with its lower limit at 2900 m a.s.l. The till mainly comes from superglacial and subglacial melting-out. At the bottom there is a layer of river deposit gravel intensively pushed and disturbed by glacial flow. In the till, diluvial is partially mixed. Lithologically till contents are mainly gneiss, granodiorite, granite, schist and gabrro. Geomorphologically deformation in later period transformed it into a platform covered with brown yellow soil layer. Though without chronological data, two estimations are possible: early stage of the last glaciation, Würm ice age, or second to the last glaciation, Riss ice age.

c. The upper Wangfeng formation. From the Wangfeng Highway Maintenance Squad upward, a comparatively new undulating surface of moraine hillocks with a clear and well exposed profile from road cutting could be seen. The till mainly consists of superglacial melting-out materials with multi-structural types including tilt-bedded structure, pushed and faulted structure and conglomerated inclusion et al. Some basal melting-out till and flow till also exist. The total thickness of this formation is about 100 m. Geomorphologically, the till of this formation forms a multi-rowed end moraine with a C^{14} date of 14920 ± 750 year B.P. The top of the end moraine is covered by a layer of loess

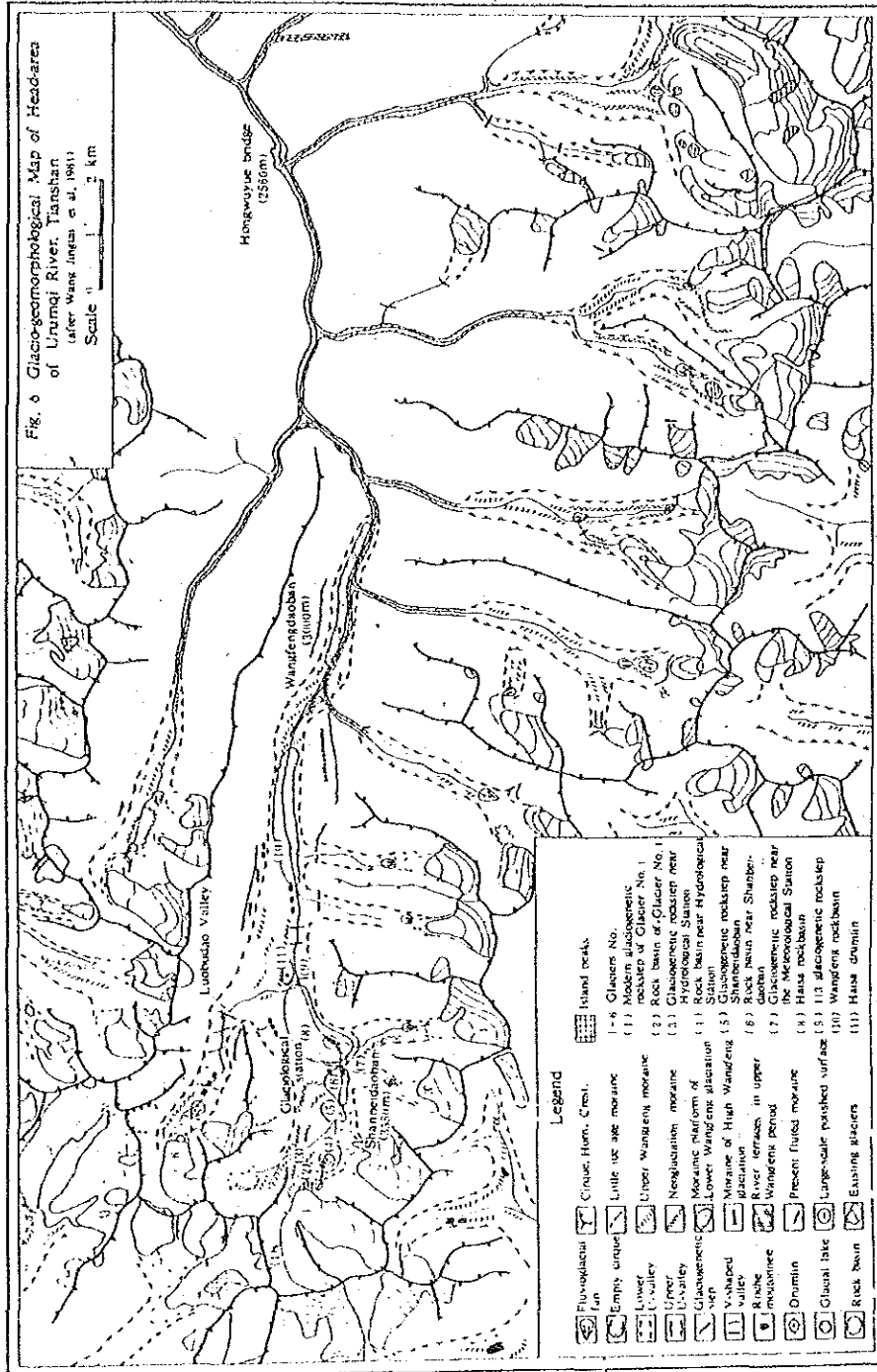
30 to 40 cm thick with a C^{14} date of 9170 ± 400 year B.P. The absolute C^{14} date of the calcareous film on the till is 5530 ± 220 year B.P. Therefore the upper Wangfeng formation is undoubtedly a product of the advance of Late Wurm glaciation, and the maximum advance is considered to be between 18000-20000 year B.P., during which it was a valley glacier 12 km long with an area of 40 km^2 and a thickness of over 200 m, a junction of many small tributary valley glaciers.

9. The Luobudao Valley Outlet and the Hydrological Observation Point (113 km, 3408 m a.s.l.). The Luobudao valley is an important tributary on the northern side of the Daxigou valley inside which there is a cirque glacier (No.6) and a hanging glacier (No.7). Below the terminus of the cirque glacier there is an ice-cored moraine formed during the Little Ice Age. On the northern side of the milestones 114 km to 115 km along the highway on the western bank there is a big roche moutonnée (25x50x30 m) of diabase overlaid by a boulder of eyeball-like gneiss. At the juncture of the Luobudao valley and Daxigou valley is a Hydrological Observation Point, controlling a catchment area of about 29.6 km^2 and covering 7 glaciers with a total area of 8 km^2 or 27% of the whole area. From May to October 1983 rendered, a discharge of $12,394,339 \text{ m}^3$ a depth of runoff at 418.7 mm (after Zhu Shouseng).

10. The Tianshan Meteorologic Station (at 116.6 km, 3588 m a.s.l.), and its nearby Glacial Deposits and Periglacial Features. The station was set up by the Xinjiang Bureau of Meteorology with observations since June 1958. The annual mean air temperature in the 20 years from 1961 to 1980 is -5.34°C , the average temperature of the coldest month January is -15.9°C , and the average temperature of the warmest month July is 4.7°C . The annual mean precipitation is 430.2 mm, mainly concentrating in the summer months of June to Aug. about 66% of the whole year. The moraine near the meteorologic station is generally considered to be the result of the Neoglaciation. At 200 m on the northern side of the station is a typical perennial pingo with cracks and a thick layer of herbaceous humus on its top. Every summer outpost observation camp is set up here by the Tianshan Glaciological Station.

11. The Shenglidaban (Victory Pass 4010 m a.s.l.) and Glacier No.3. A highway going up along the left side of Glacier No.3 was built on the debris of frost weathering on the glacial slope. It was only after very serious hardship, several changes in route line and making 8 sharp V-shape turns that the highway rises from 3589 m to 4010 m, climbs over the ridge of the backwall of the glacier and reaches the highest point on its way, overlooking the grandeur panorama on both the northern and southern sides of Tianshan.

Glacier No.3 is a hanging-cirque glacier split into two parts, with an area of 1 km^2 and a snowline at 3900 m. After studies on features of the end moraine, the superglacial debris and the dirty ice layer, it is considered that the dirty layer is a shear plane and the debris in it is the subglacial till resulted from the repeated processes of pressure melting and regelation (O. Watanabe).



- Legend**
- Fluvio-glacial fan
 - Empty cirque
 - Lower U-valley
 - Upper U-valley
 - Glaciogenic U-valley
 - V-shaped valley
 - Rock meadows
 - Drumlin
 - Glacial lake
 - Rock basin
 - Cirque Hum. Crust.
 - Little ice age moraine
 - Upper Wandeng moraine
 - Neoglaciation moraine
 - Moraine platform of Lower Wandeng glaciation
 - Moraine of High Wandeng glaciation
 - River terraces in upper Wandeng period
 - Present fluted moraine
 - Large-scale polished surface
 - Existing glaciers
 - Island rocks
 - 1-6 Glacier No.
 - (1) Modern glaciogenic rockstep of Glacier No. 1
 - (2) Rock basin of Glacier No. 1
 - (3) Glaciogenic rockstep near Hydrological Station
 - (4) Rock basin near Hydrological Station
 - (5) Glaciogenic rockstep near Shanberdaban
 - (6) Rock basin near Shanberdaban
 - (7) Glaciogenic rockstep near the Meteorological Station
 - (8) Hans rockbasin
 - (9) Glaciogenic rockstep
 - (10) Wandeng rockbasin
 - (11) Hans drumlin

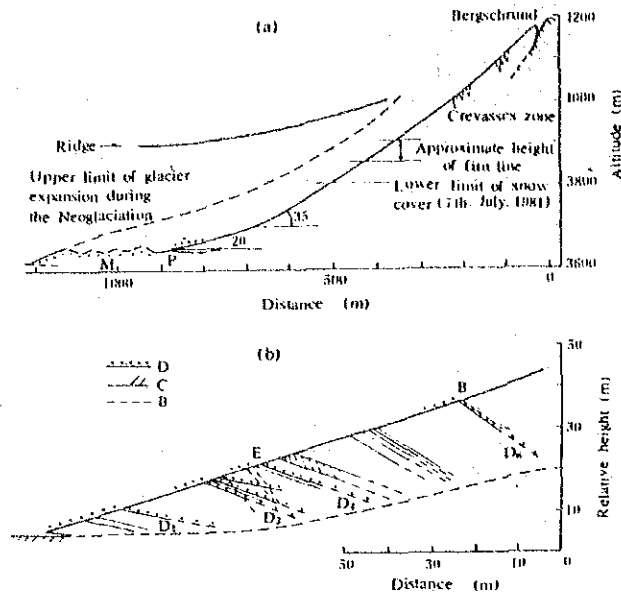


Fig.7 Vertical profile of Glacier No.3
 a) Longitudinal Section
 b) Terminus Structure
 (after O. Watanabe, et al, 1983)

D: debris laden band C: clean band B: blue vein

12. Glacier No.2, the Former Cirque and the Snow-Melting Runoff Observation Point. On the upper side of the meteorological Station at 116.8 km on the highway, a simply-paved side road leads to Glacier No.1. Along the road on the northern side of the glacial trough, a typical cirque glacier (No.2) comes into sight first. It occupies an area of 1.15 km² and the outlet of the cirque is at about 3750 m a.s.l. The glacial tongue on the right hand side stretches down to 3600 m a.s.l. and is covered with debris. Below the outlet of the cirque are rock glaciers.

On the northern side of the road, there is an empty cirque with its outlet at 3820 m a.s.l. facing the southeast and 600 m lower than the top of the back wall. The cirque itself is 1500 m long and 1000 m wide with many debris cones along the cirque wall and several rows of end moraine and lateral moraine scattered over the cirque bottom. The cirque might have been formed in last glaciation and become empty during the Hypsithermal Interval. During Neoglaciation, a small glacier might possibly still exist on its back wall, and the cirque might have constantly been covered by unstable snow cover (Fig.8). In 1982, a hydrological observation point was set up on the draining channel at the cirque outlet, controlling an area of 1.68 km² to take runoff records from May to October every year. The results for 1982 to 1983 are as follows:

Year	Runoff (m ³) May to October	Average depth of runoff (mm)
1982	581,472	327
1983	711,331	423

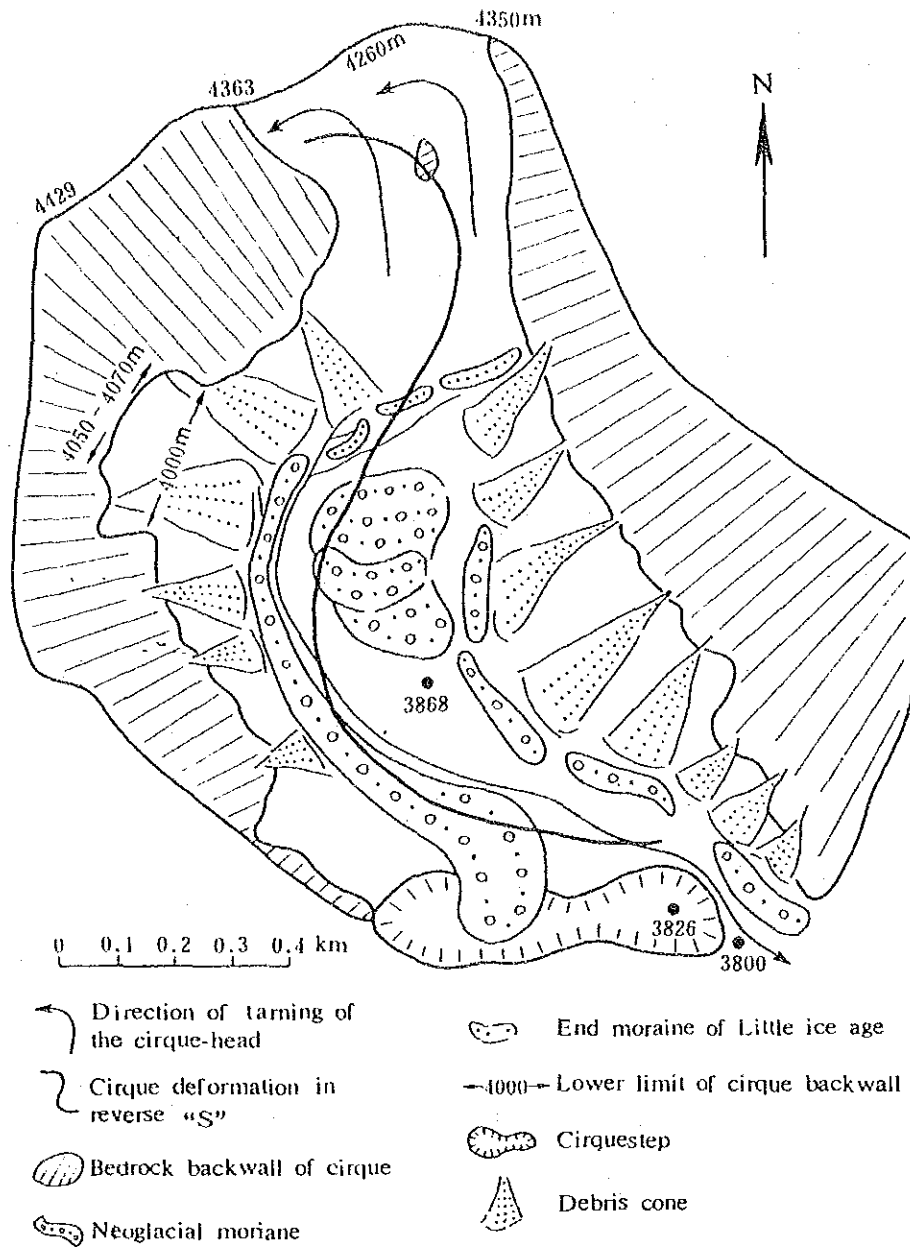


Fig.8 The map of empty cirque (after Cui Zhi-jiu, 1981)

13. The Moraines Formed during the Little Ice Age at the Terminus of Glacier No.1 (Fig.9). The simply paved road crosses the terminal moraine area of the Little Ice Age of Glacier No.1 and ends at the high lateral moraine on the left side of the glacier. The terminal moraine of the Little Ice Age consists of three rows with distances from the outside edges of the moraines to the existing glacial terminal at 600 m, 500 m and 300 m respectively and the relative heights of the terminal moraines from 30 to 50 m. On the left side of the glacial the lateral moraines jointed together to form one lateral moraine bank. Vegetation and soil are both lacking on the three rows of end moraines. They were probably formed from the seventeenth century to the nineteenth century. But someone holds that the one on the inner side was formed in the twentieth century. At the zenith of the Little Ice Age the glacial area reached 2.5 km² or 35% over the present area of 1.84 km² and the snowline was about 80 m lower.

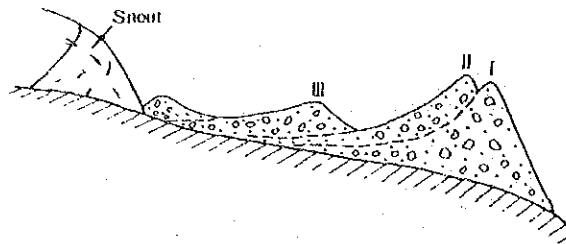


Fig.9 Sketch map of end moraines of Little Ice Age in front of Glacier No.1 (after Wang Jingtai, 1981)

14. Glacier No.1. Glacier No.1 is the main objective of research at the Tianshan Glaciological Station. It faces northeast and is the conjunction of two branch cirque-valley glaciers one on the east and one on the west. According to actual measurements in 1980, the glacier is 2.33 km long with an area of 1.84 km², an average snow line at about 4050 m, and a terminus at 3736 m. The highest peak (Tianger Peak II, 4486 m) is at its back side. Compared with 1962, its length in 1980 is 105.14 m shorter with an area shrinkage of 0.11 km² or about 5.64%. The rate of the glacial retreat is 5.96 m/yr from 1962 to 1973, 3.28 m/yr from 1973 to 1983. Comparison between two terrestrial stereophotographic maps of 1973 and 1980, shows that the ice level of the firn basin of glacier No.1 elevated 5 to 10 m, but of other sections obviously lowered with a maximum drop up to 25m.

The results of research on Glacier No.1 for years are briefly as follows.

a. Ice-formation. Ice formation was first studied in the 60's (Fig.10). In recent years, through snow pits and ice cores from Japan-made 10 m borer, profile of snow layer including thickness, structure, temperature, hardness, density and water content were studied and a diagram of snow-layer profile was drawn (Fig.11). From the firn line to the peak top, the process of ice-formation is through the infiltration of melting water, extensively existing infiltrated ice. From the ice tongue up to the peak top the melting zone (below the equilibrium line), the superimposed ice zone (corresponding to infiltration and congelation zone), the wet snow zone (corresponding to infiltrating zone) and the infiltrating zone (corresponding to cold-infiltration and recrystallization zone) appear in succession.

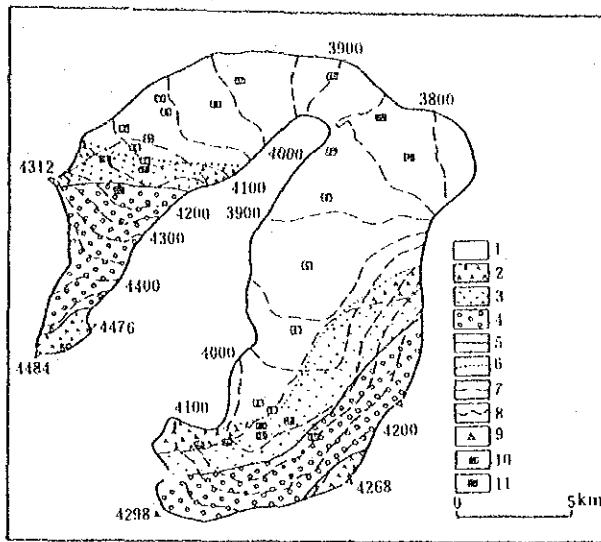


Fig.10 Distribution map of ice-formation zone of Glacier No.1 (after Xie Zichu et al, 1965)

1. Ablation zone
2. Infiltration-congelation zone
3. Infiltration zone
4. Cold infiltration-recrystalization zone
5. Boundary of glacial zone
6. 1962 snowline
7. Average firn-line
8. Contour
9. Peaks
10. Snow pit (Numerals are pit numbers)
11. Meteorological observation point (3844 m)

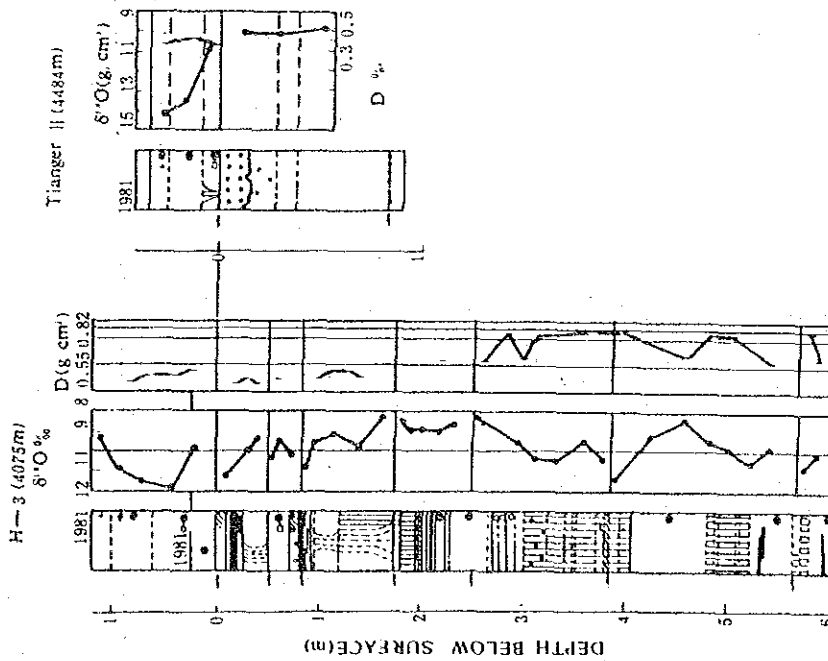


Fig.11 Stratigraphic diagram of Glacier No.1 (after O. Watanabe et al, 1983)

b. Mass balance. Seventy six stakes were located on the glacier to survey the accumulation and ablation of the glacier. The accumulation of the glacier is also gained through digging snow-pits and surveying the thickness of the yearly snow-layers. The yearly change of the mass balance from 1959 to 1983 is in the range from -708 mm to +374 mm thick in water equivalent with the negative values in 14 years and positive values in 10 years with a deviation of the mass balance at -81 mm/yr. The values from 1967 to 1978 among the twenty-four years related above are interpolated from the relationship between the meteorological data and the values of accumulation and ablation. The actually surveyed average equilibrium line from 1979 to 1982 is 4062 m a.s.l., 22 m higher than that from 1959 to 1966, the average air temperature in the ablation season of the same period, being 0.2°C higher while precipitation 11.9 mm lower.

c. The thickness of the glacier. In the summer of 1981, seven transversal profiles and one longitudinal profile were taken on the east and the west branches of Glacier No.1 by using a self-made B-I radar sounding (frequency 300 megahertz). Tests from hole by a thermal water driller proved that the radar measurements were reliable. The maximum thickness of the west branch of Glacier is 139 m, and that of the east branch 137 m. The thickness near the tongue of the west branch is within the range of 16 m to 44 m, and that of the east branch

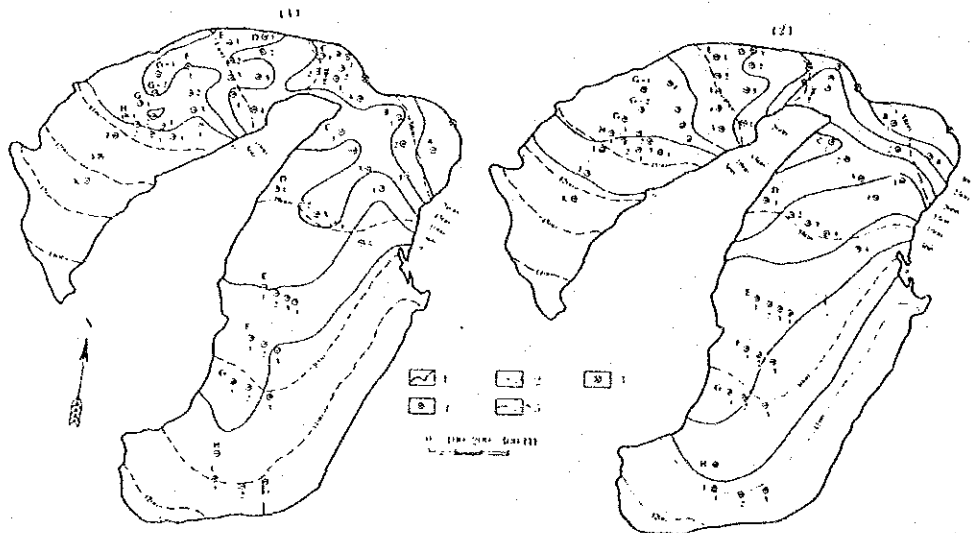


Fig.12 Map of mass balance at isoline of Glacier No.1 in 1979-1981
 (1) 1979-1980 (2) 1980-1981
 (after Zhang Jinhua et al, 1982)

- | | |
|----------------------------|------------|
| 1. Glacier boundary | 2. Contour |
| 3. Lateral ablation | 4. Stake |
| 5. Isoline of mass balance | |

within the range of 19 m to 74 m. The slope of the ice surface along the longitudinal profile is generally greater than that of ice bed, (Fig.13).

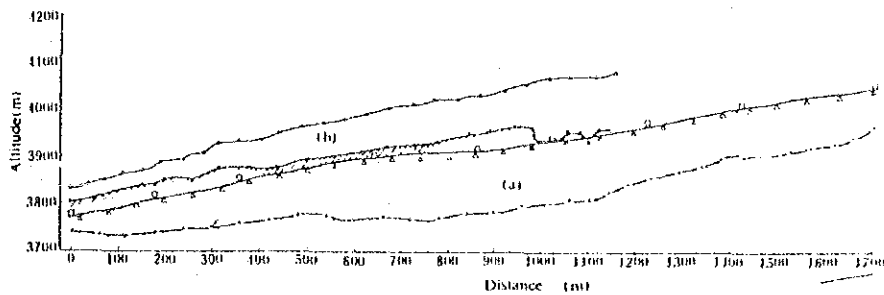


Fig.13 Variation of ice thickness along the longitudinal profiles of (a) east branch and (b) west branch of Glacier No.1 (after Qian Songlin et al, 1982)

d. Ice temperature. Since 1981; 22 holes have been drilled by using steam drilling machines. The depths of the holes are from 20 to 35 m. Besides, a quartz crystal thermometer was put in a 30 m deep hole (4075 m a.s.l.) in the ice of the west branch of the glacier for telemetry at regular intervals. Telemetry temperature measurements were also taken on the east branch of the glacier and from inside the ice at its back on the crest of Tianger Peak II. The minimum temperature in the ice layer during summer ablation period appears at the depth of 4 m to 10 m. Annual minimum temperature appears at the depth of 8.5 m at the peak (4483.6 m a.s.l.), being -8.76°C on 14th, July 1983. Temperature distribution map at the depth of 10 m shows that the minimum temperature on both of the two branches of the glacier appeared below the equilibrium line in the summer of 1982, -7°C at the east branch and -6.7°C at the west branch. In the firn basin above the equilibrium line, because of the latent heat released during the process of infiltration and regelation, the ice temperature raised to 0.0 to -1.2°C at the depth of 12 m to 20 m, showing the temperature increased with depth. According to the phenomenon of temperature variations with depth, it was evident that certain areas reached to the pressure melting point at the bottom of both the east and the west branches.

e. Glacial movement. Profiles for measuring glacial movement (nine on the east branch and ten on the west branch) were established. Measurements were made twice every year, i.e. at the end of the months of May and August at the controlling points from accurate optical theodolite. A map of the distribution of flow velocity of Glacier No.1 from May 1980 to May 1981 is shown in Fig.16.

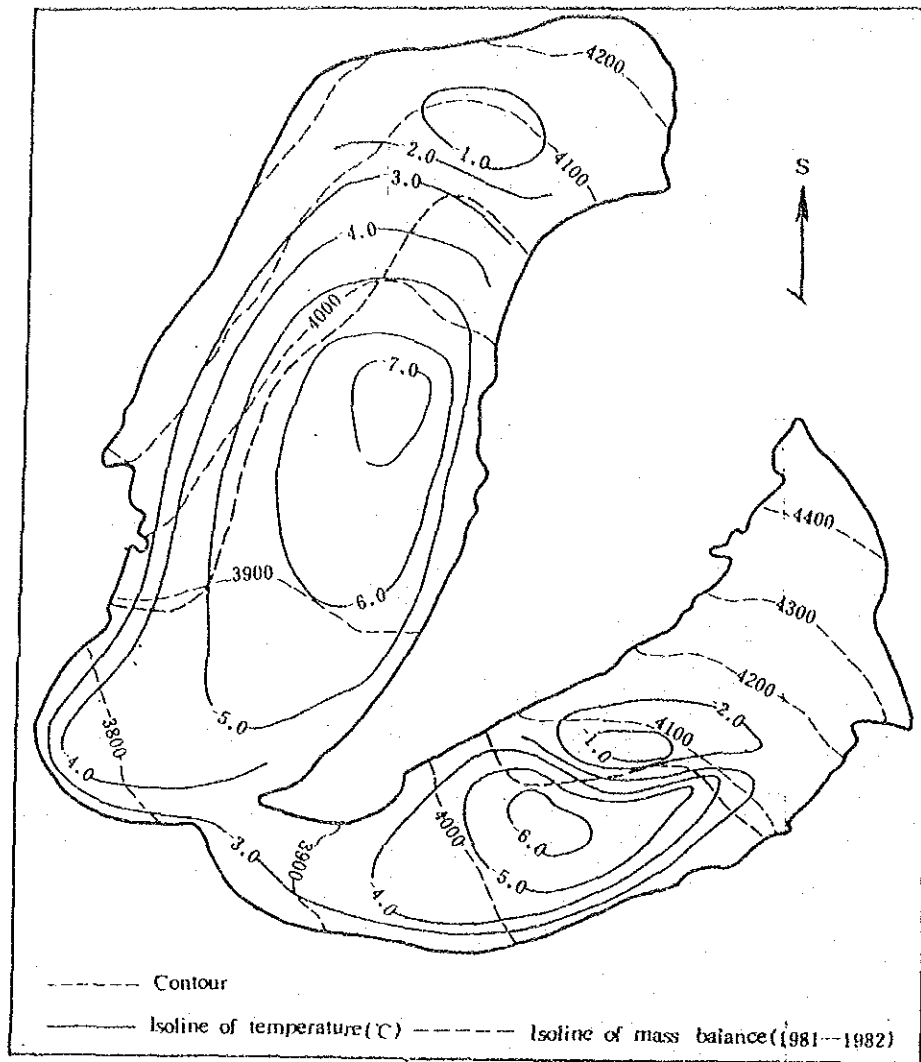


Fig.14 Map of temperature distribution at a depth of 10 m at the end of summer at Glacier No.1 (after Ren Jiawen, 1983)

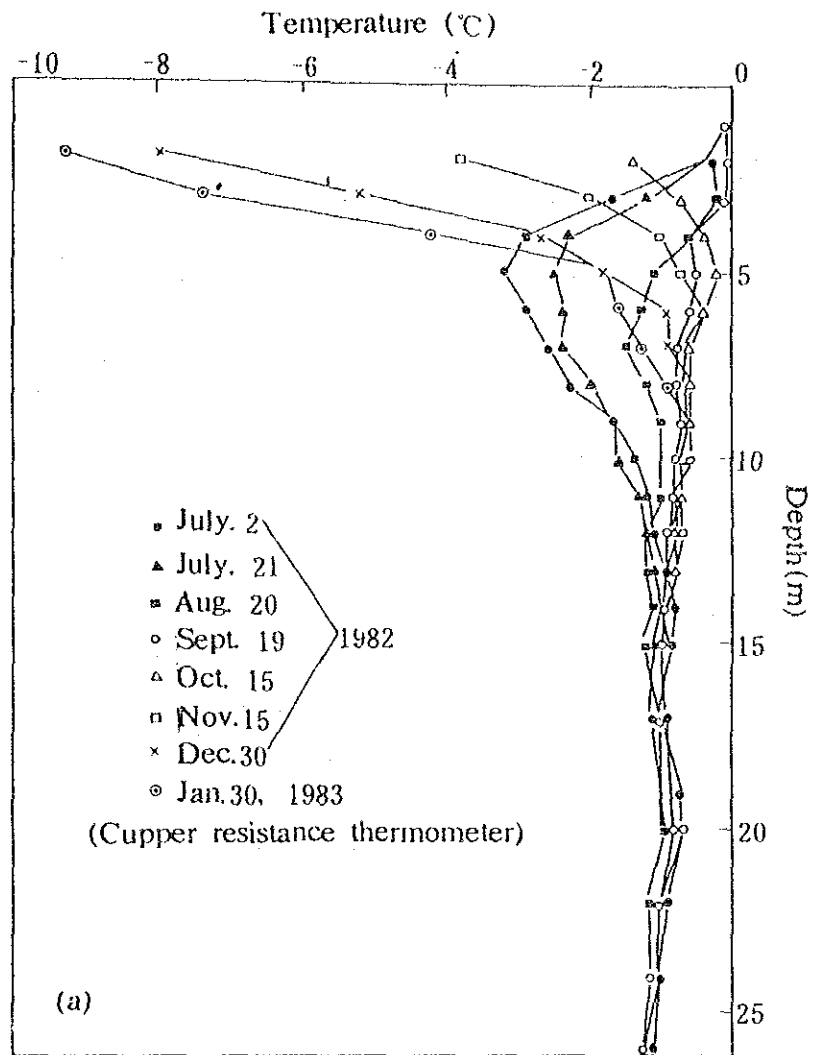
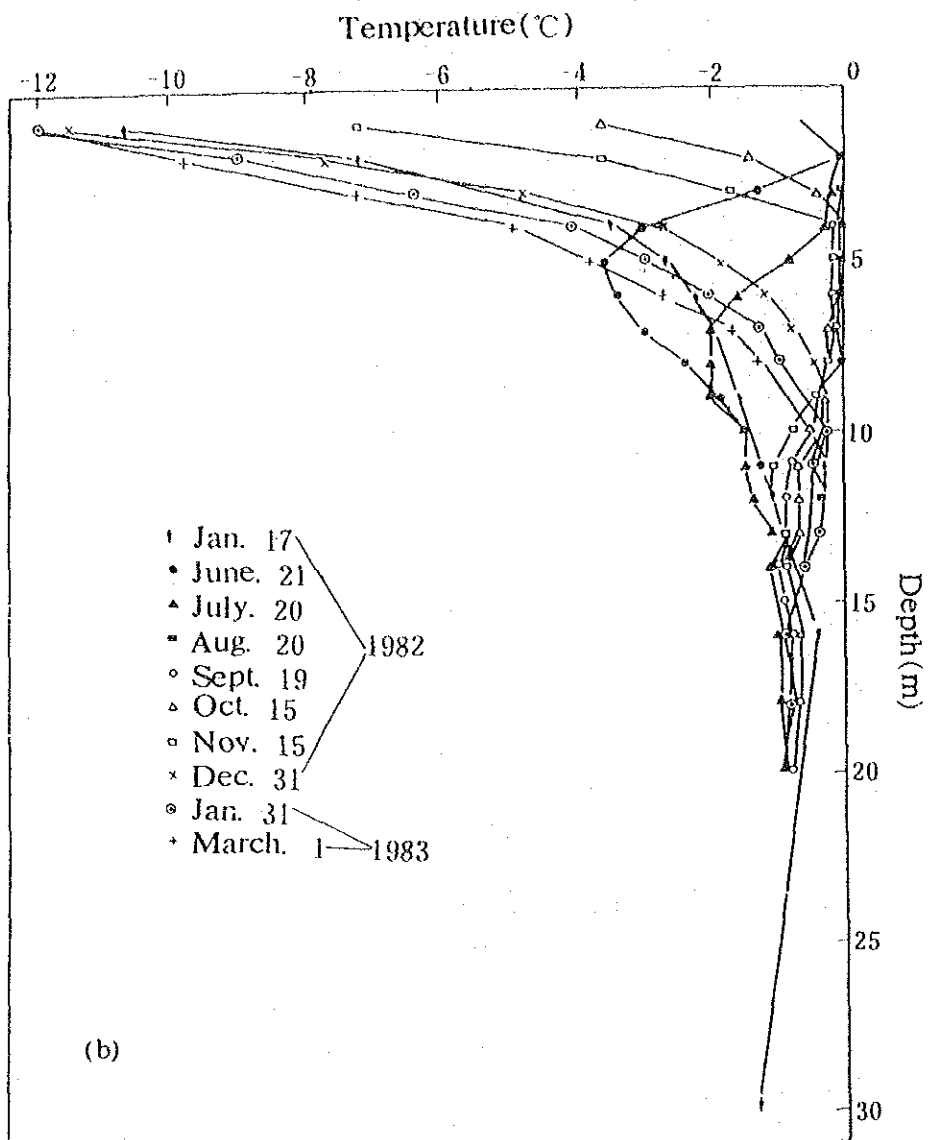
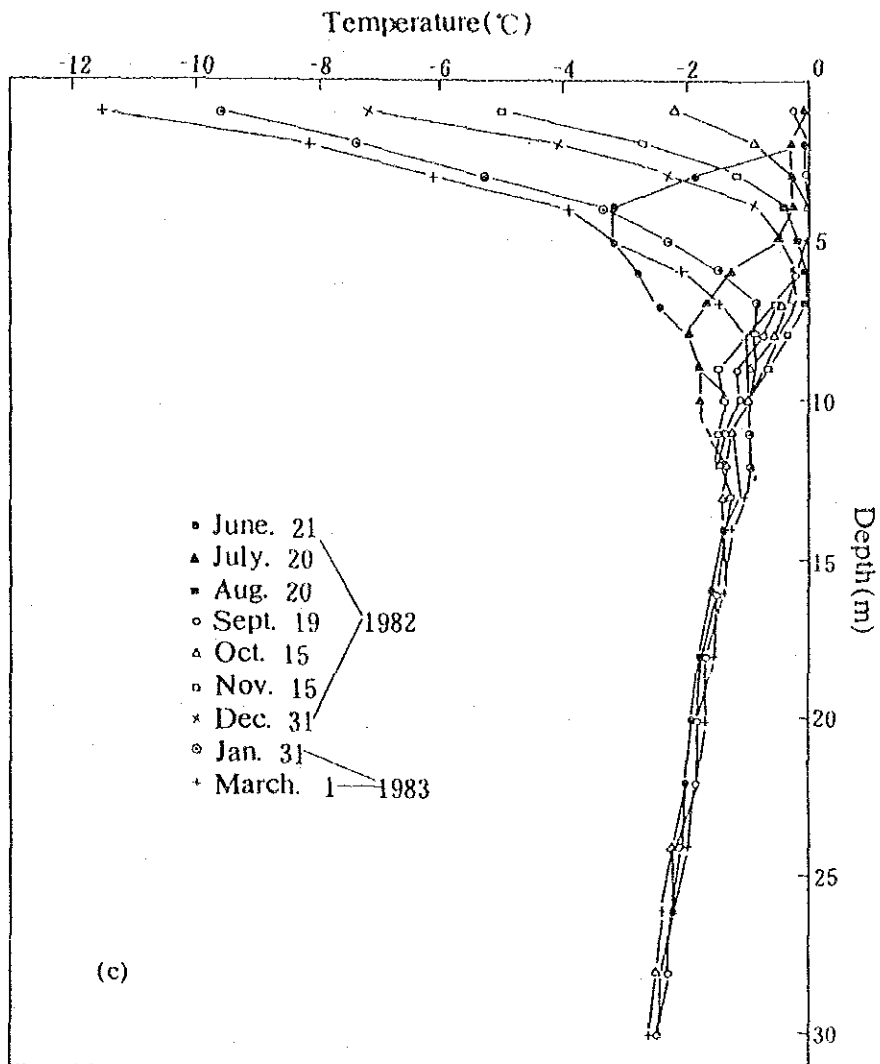


Fig.15 Changes of ice temperature with depth and time in 3 holes (after Ren Jiawen, 1983)

- a. H' hole (4055 m a.s.l.)
- b. H₃ hole (4075 m a.s.l.)
- c. I hole (4125 m a.s.l.)





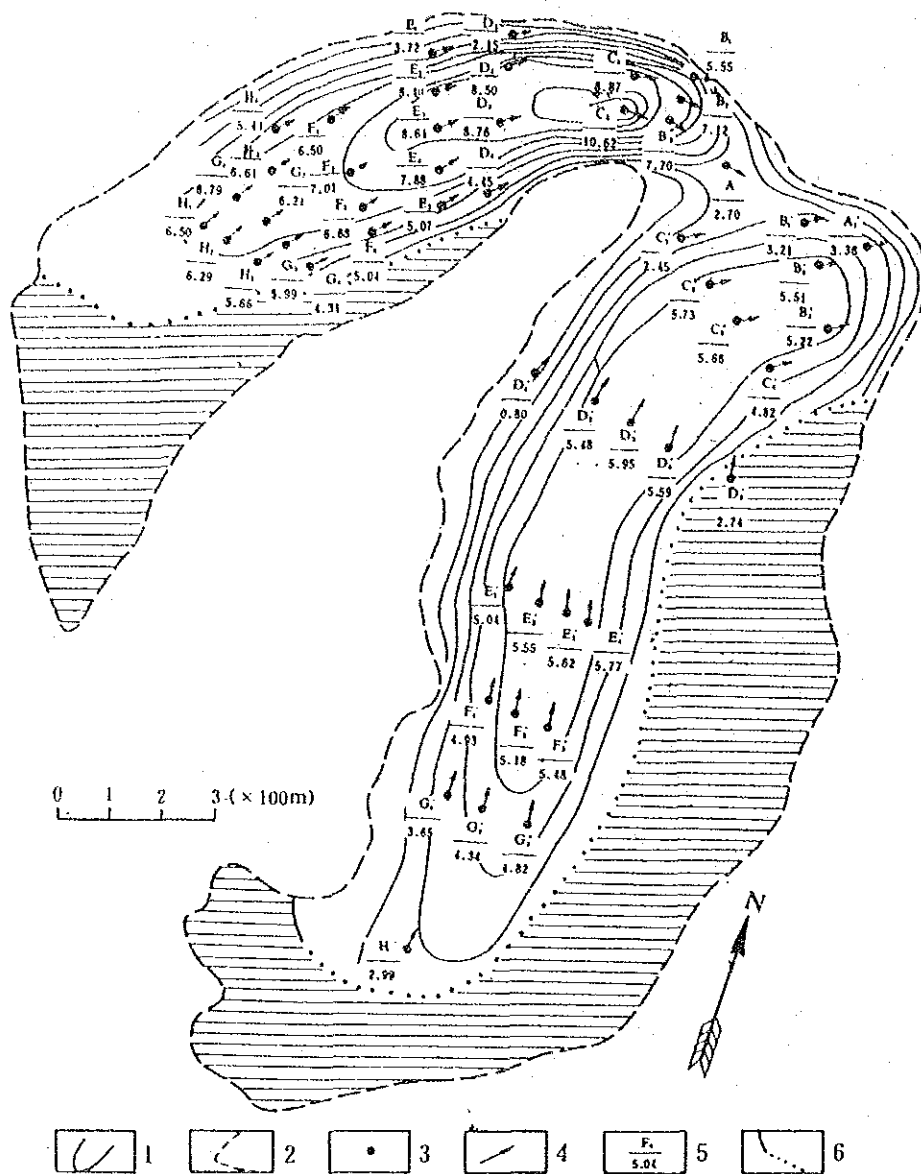


Fig.16 Field of flow velocity of Glacier No.1, 5/1980 - 5/1981
 (after Sun Zuozhe et al, 1982)

From the map, the maximum flow rate of the east branch 5.95 m/yr. appears in the middle section of the main flow line, while the flow rate at the glacial terminus and the upper section is only about 3 m/yr. The flow rate of the west branch is greater than that of the east branch, however its maximum flow rate did not appear in the middle section of the main flow line but under the steep slope at the glacial tongue, as high as 10.62 m/yr. The flow ratio of day and night on 11 to 15 July 1981 is 2.26:1 and on 5 to 8 August of the same year 2.57:1. In the process of measurements, fortuitous jerking impulse of 1 cm was detected between 2 to 4 o'clock in the afternoon, followed by perfect standstill for several hours. Generally glacial movement in summer is greater than in winter, and the velocity of glacial movement reduces with the thinning of the glacier, for example, the flow rate from May to August 1980 reduced about 30% against that from August to September of 1973.

15. Artificial Ice Tunnel. At the edge of the west branch of the Glacier No.1 (3820 m a.s.l.), an experimental ice tunnel with a length of 90 m, a height of 2 m and a width of 1.6 m was dug in 1980-1982 (photoll, Fig.17). At one lateral side in the middle section of the tunnel and at the deepest end of the it, two vertical tunnels were dug at heights of 8 m and 7 m respectively.

The ice on the both walls of the tunnel is pure, while the bubbles in the ice assume mostly laminary structure and chain-like distribution. At 40 m from the entrance of the tunnel on the upper part of the walls and the ceiling of the tunnel, large number of hexagonal "cup shaped" frost crystals very pretty and touching could be seen. They grow to the size of 3 to 5 cm in a month and reach 40 cm in half a year. In order to observe the rheological properties of the glacial flow, thirty six strain circles in six groups, thirty strain holes and 48 strain stakes in four rows were set up to control the phenomena of ice motion inside the glacier. Besides, 36 groups of vertical line observation points were arranged on the transversal profile to control the relative displacement. Primary results indicate that Glacier No.1 has a relatively high strain rate especially near the glacial bed where more obvious change in strain rate was observed. According to Glen Law $\dot{\epsilon} = At^n$ by regression analysis on data of two different time intervals of 94 days and 238 days, the values of A are 6.5×10^{-8} and 3.3×10^{-8} and values of n are 3.90 and 2.65 respectively.

At points 17.5 m and 25 m from the entrance of the tunnel, butt joint displacement stakes were used to measure the sliding of ice along the basal till. Yearly sliding values of the two respective positions were 1.75 and 2.11 m obtained from measurements of 203 days. Temperature measurements of basal ice gave a maximum value of -0.25°C and a minimum of -2.85°C . Combining other data, analysis of the glacial temperature sufficiently indicates that there exists a warm ice layer at pressure melting point or that the ice is under the state of pressure melting at the bottom of Glacier No.1 presenting favourable condition for glacial sliding.

16. From the Terminus of the Glacier No.1 to the Glacial Hydrological Observation Point. Leaving the entrance of the ice tunnel and crossing the superglacial stream at the terminus of the Glacier No.1, we come to a superglacial melting-out moraine 3 m high and 500 m long which was formerly a middle moraine between the east branch and the west branch but later pressed, pushed and overlaid by the east branch, and formed the melting-out moraine on the shear plane of the east branch.

A little to the south below the glacial tongue of the east branch are four parallel fluted moraines, with their upper extremities not yet perfectly separated from the ice body, the longest of the four being more than 100 m but their heights all under 1 m. Basically, these fluted moraines were exposed after the retreat of the glacier in 1960's up to today. Boulders with obvious striae could be seen here.

A hydrological point for observing the glacial melt water was set up at the intersecting point where the glacial melt water channel cuts the inner side of a terminal moraine of the Little Ice Age, controlling catchment area of 3.34 km² of which 55% belongs to Glacier No.1. From May to September is the melting season. The annual mean discharge of melting water from 1980 to 1983 is 1,474,200 m³ and average depth of runoff is 441.4 mm (Table 2).

Table 2.

	Annual discharge (m ³)	Average depth of runoff (mm)
1980	1,268,611	379.8
1981	1,852,934	554.8
1982	1,436,400	430.1
1983	1,338,854	400.8

(after Zhu Shouseng)

17. Permafrost. According to data from exploring pits, the lower limit of the permafrost on the sunny slope at the head area of the Urumqi River is in the range between 3180 and 3300 m. According to the development of permafrost condition six types can be seen (Fig.18).

The periglacial geomorphological landscapes such as, frost-heave block, sorted stone circle, sorted stone stripe, frost heaving mound, solifluction, thermokarst subsidence, etc. are well developed everywhere.

V. APPENDIX List of a Part of the Reference Papers and Data on the Glaciological Studies in the Area of the Tianshan Glaciological Station.

To facilitate research work, a list of reference papers and data is prepared representing a part of the results obtained in the area of our station in the years of 1964-1983, including name of author, year and title of some 80 articles classified under 5 headings. Most of them are published and their order in the list is according to the time of their appearance.

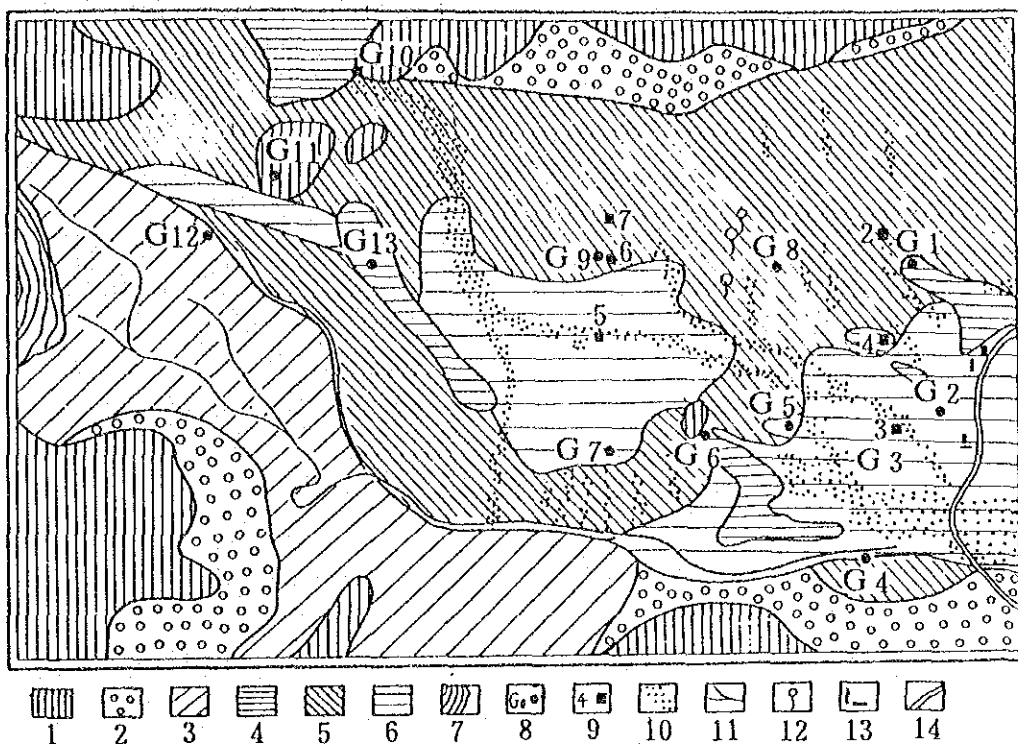


Fig.18 Map of permafrost types in the source of Urumqi River (after Qiu Guoqing et al, 1982)

1. Cracks-vein frozen ground developed in the metamorphic rock system of Paleozoic Era
2. Frozen ground with less ice developed in gravitational deposited debris
3. Frozen ground with buried glacial ice developed in the recent till-glaciofluvial deposits
4. Constructional frozen ground with saturated ice developed in the Neoglacial deposits
5. Boulder constructional frozen ground with rich ice and saturated ice developed in the slope solifluction deposits
6. Thick layer constructional frozen soil and ice layer with soil developed in glaciofluvial slope deposits
7. Existing glacier
8. Geological surveying point
9. Probing pit
10. Rock river
11. Drainages
12. Spring
13. Houses
14. Highway

I. Existing glaciers and physics of snow and ice

- (1) Ge Guangwen and Wang Shuji, 1964, Preliminary understanding of the law of accumulation and ablation changes. *Glaciers and snow research in Xinjiang*, Publ. by Science and technique Committee of Xinjiang Uygur Autonomous Region, pp.80-90.
- (2) Yuan Fangce and Ge Guangwen, 1964, The preliminary observation on the law of movement and its behaviour of Glacier No.1, Shengli Pass, Tianshan. ditto, pp.98-107.
- (3) Xie Zichu, Huang Maohuan and Mi Aili, 1965, Snow-firn layer transformation and ice formation of Glacier No.1 at the head of Urumqi River, Tianshan. *Glaciological and hydrological research of Urumqi River, Tianshan*. Science Press, Beijing, pp.1-13.
- (4) Xie Zichu and Ge Guangwen, 1965, Accumulation, ablation and mass balance of Glacier No.1 at the head of Urumqi River, Tianshan. ditto, pp.14-24.
- (5) Huang Maohuan and Yuan Jianmo, 1965, The temperature conditions of superficial ice-snow layers of Glacier No.1 at the head Urumqi River, Tianshan. ditto, pp.25-30.
- (6) Huang Maohuan, Xie Zichu and Mi Aili, 1965, Preliminary research on the ice textures of Glacier No.1 at the head of Urumqi River, Tianshan. ditto, pp.31-37.
- (7) Zhang Changqing, 1965, The state of ice movement and calculation of ice thickness of Glacier No.1 at the head of Urumqi River; Tianshan. ditto, pp.38-53.
- (8) Zhang Jinhua, 1981, Research on the mass balance of Glacier No.1 at the head of Urumqi River, Tianshan. *Journal of Glaciology and Cryopedology*, Vol.3, No.2, pp.32-40.
- (9) Sun Zuozhe, Zhang Jinhua and Chen Yaowu, 1982, Survey of topographic map and recent variations of the terminal positions of Glacier No.1 at the head of Urumqi River. *Annual Report on the Work at Tianshan Glaciological Station (Apr. 1980 - Aug. 1981)* No.1, pp.1-2, ed. by Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, Academia Sinica.
- (10) Zhang Jinhua and Wang Xiaojun, 1982, Accumulation and ablation of Glacier No.1 at the head of Urumqi River. ditto, pp.3-10.
- (11) Wang Xiaojun and Zhang Jinhua, 1982, Observations on the stratification of snow and accumulation in the accumulation area of Glacier No.1 at the head of Urumqi River. ditto, pp.11-21.
- (12) Sun Zuozhe, Chen Yaowu and Zhang Jinhua, 1982, Velocity of surface movement of Glacier No.1 at the head of Urumqi River. ditto, pp.20-30.
- (13) Zhang Jinhua and Wang Xiaojun, 1982, Ice temperature of Glacier No.1 at the head of Urumqi River. ditto, pp.53-58.
- (14) Wang Zhongxiang, Wang Wenti, Li Gang and Song Genhai, 1982, Observations in the artificial ice tunnel of Glacier No.1 at the head of Urumqi River. ditto, pp.100-102.
- (15) Wang Zhongxiang, 1983, A preliminary survey on the artificial ice tunnel of Glacier No.1 at the head of Urumqi River, Tianshan. *Journal of Glaciology and Cryopedology*, Vol.5, No.1, pp.89-94.
- (16) Tianshan Glaciological Station, 1983, The advances of recent research of Glacier No.1 at the head of Urumqi River. *Acta Geographica Sinica* (In press).
- (17) Zhang Xiangsong, Sun Zuozhe, Zhang Jinhua and Kang Xiengcheng, 1984, Advance and retreat fluctuations of Glacier No.1 at the source of Urumqi River, Tianshan and their relations with climatic changes. *Journal of Glaciology and Cryopedology*, Vol.6, No.4. (In press).

- (18) Zhang Jinhua et al, 1984, Research on the mass balance and its relation with climate on Glacier No.1 at the source of Urumqi River. ditto, (In press).
- (19) Zhang Jinhua, 1984, Some progress in the research of ice formation in Glacier No.1 at the source of Urumqi River, Tianshan. ditto, (In press).
- (20) Ren Jiawen et al, 1985, Temperature distribution of Glacier No.1 at the source of Urumqi River. ditto, (In press).
- (21) Sun Zuozhe et al, 1985, Research on superglacial movement of Glacier No.1 at the source of Urumqi River. ditto, (In press).
- (22) Han Jiankang et al, 1985, Preliminary research on superglacial strain rate of Glacier No.1 at the source of Urumqi River. ditto, (In press).
- (23) Wang Wenti et al, 1985, Calculation of the characteristics of frequency-response of Glacier No.1 at the source of Urumqi River. ditto, (In press).
- (24) Ren Jiawen, 1983, Temperature distribution and some of its characteristics of Glacier No.1 at the source of Urumqi River, Tianshan. M.D. paper, Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, Academia Sinica.
- (25) Zhang Jinhua and Wang Xinzong, 1983, Accumulation and ablation of Glacier No.1 at the source of Urumqi River. Annual Report on the Work of Tianshan Glaciological Station, No.2, ed. by Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, Academia Sinica.
- (26) Zhang Jinhua, Ren Jiawen and Wang Xinzong, 1983, Ice temperature of Glacier No.1 at the source of Urumqi River. ditto.
- (27) Glaciological Graduate Students' Class, 1983, Preliminary observations of the artificial ice tunnel at the source of Urumqi River. ditto.
- (28) Zhang Jinhua and Wang Xinzong, 1983, Explanatory notes on the data of snow-layer profiles in the accumulation area of Glacier No.1 at the source of Urumqi River. ditto.
- (29) Cai Baolin, 1983, Observations on the porosity and water content in the infiltration zone of Glacier No.1 at the source of Urumqi River. ditto.
- (30) Sun Zuozhe, Chen Yaowu, You Genxiang and Chen Xiaomei, 1983, Velocity of surface movement of Glacier No.1 at the source of Urumqi River from 1981 to 1983. ditto.
- (31) Han Jiankang, 1984, Research on superglacial strain rate of Glacier No.1 at the source of Urumqi River, Tianshan. M.D. paper, Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, Academia Sinica.
- (32) Cai Baolin, 1984, Model and calculation of the internal hydro-thermal transportation in the snow layer during ablation period in the infiltration zone of Glacier No.1, Tianshan. M.D. paper, ditto.

II. Glacial hydrology and meteorology

- (33) Wang Guiling, 1964, Yearly changes of the discharge of glacier-meltwater in the rivers on the north slope of Tianshan (with Urumqi River and Ningjian River as examples). Glaciers and snow research in Xinjiang, Publ. by Science and Technique Committee of Xinjiang Uygur Autonomous Region, pp.108-115.
- (34) Yuan Guoyang, Liang Xuetian and Chen Jibei, 1965, Discussions on the methods of runoff separation in the Daxi Valley of Urumqi River. ditto, pp.131-136.
- (35) Chen Jinxi and Xiao Shu, 1964, Macroclimate in summer over Glacier No.1 at Shengli Pass, Tianshan. ditto, pp.137-145.

- (36) Qiou Jiaqi, 1964, Temperature and humidity characteristics on Glacier No.1 at Shengli Pass, Tianshan. ditto, pp.146-150.
- (37) Wang Wenjun, Mo Chenluo, Lu Chuanlin and Li Jian, 1965, Glacial melting and its supply to the Urumqi river. Glaciological and hydrological research of Urumqi River, Tianshan, pp.88-97, Science Press, Beijing.
- (38) Liu Guangyuan and Zeng Yinxiang, 1965, Some characteristics of radiation balance during the ablation period on Glacier No.1 at the source of Urumqi River, Tianshan. ditto, pp.54-62.
- (39) Yuan Jianmo, 1965, Preliminary research of the radiation properties on and in ice and snow layer surface in Glacier No.1 at the source of Urumqi River, Tianshan. ditto, pp.63-69.
- (40) Xie Weirong and Cao Meisheng, 1965, The preliminary results of evaporation measurement on the snow surface on Glacier No.1 at the source of Urumqi River, Tianshan. ditto, pp.70-73.
- (41) Bai Zhongyuan and Xie Weirong, 1965, Heat balance on open ice-surface during the ablation period on Glacier No.1 at the source of Urumqi River, Tianshan. ditto, pp.74-82.
- (42) Wang Wenjun and Chen Qinde, 1965, Analysis of hydrological characteristics of Urumqi River. ditto, pp.98-108.
- (43) Wang Wenjun, 1965, On the relation between ground and underground water in Urumqi River basin. ditto, pp.109-118.
- (44) Wang Liangwei, Wang Wanlin and Tang Xiaosi, 1982, Remote sensing on air temperature, thermal flow, solar radiation, snow (ice) temperature and wind velocity in the firn basin of Glacier No.1. Annual Report on the Work at Tianshan Glaciological Station, No.1, ed. by Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, Academia Sinica.
- (45) Li Nianje and Zhang Jinhua, 1982, Explanation on the compilation of hydrological and climatic data of Glacier No.1 at the head of Urumqi River. ditto, pp.103-112.
- (46) Lu Chuanlin, 1983, Relationship of glacial ablation and melt-water runoff to air temperature. Journal of Glaciology and Cryopedology, Vol.5, No.1, pp.79-84.
- (47) Luo Hongzhen, 1983, Hydrochemical features of Glacier No.1 at the source region of Urumqi River, Tianshan. ditto, Vol.5, No.2, pp.55-64.
- (48) Yang Zhenniangu, 1983, Preliminary analysis of water-balance in the mountain area of Urumqi River. Present to the National Symposium on Snow and Ice by the Geographical Society of China, October, 1983, Lanzhou.
- (49) Zhu Shousen, 1983, The preliminary analysis of the relationship between glacial runoff and air temperature at the source region of Urumqi River, Tianshan. ditto.
- (50) Kang Xingcheng, 1983, Tendency analysis of climate in Urumqi River Basin — dendro-climatology. ditto.
- (51) Li Nianje, 1983, Hydrological features of Urumqi River basin. ditto.
- (52) Zhu Shousen, 1983, Explanation on the compilation of hydrological and climatic data in the source region of Urumqi River. Annual Report on the Work at Tianshan Glaciological Station, No.2, ed. by Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, Academia Sinica.
- (53) Wang Ping, 1983, Determination of chemical elements in the snow and ice of Glacier No.1 at the source area of Urumqi River. ditto.
- (54) Zhang Fuyuan, 1983, Principle and application of remote sensing inducer to the observation of precipitation in the glacial area. ditto.
- (55) Wang Liangwei, 1983, Explanation on the remote sensing data reports. ditto.

III. Glacial Geomorphology and deposits

- (56) Cui Zhijiu, 1981, Glacial erosion landforms and development of trough at the head of Urumqi River, Tianshan. *Journal of Glaciology and Cryopedology*, Vol.3, Special Issue, pp.1-15.
- (57) Wang Jingtai, 1981, On the mechanism of formation of glacial erosion topography in the source region of Urumqi River, Tianshan. ditto, pp.16-23.
- (58) Cui Zhijiu, 1981, On the glacial cirque at the head of Urumqi River, Tianshan. ditto, pp.24-35.
- (59) Cui Zhijiu, 1981, Types and features of glacial moraine and till at the head of Urumqi River, Tianshan. ditto, pp.36-48.
- (60) Wang Jingtai and Zhang Zhenshuan, 1981, Glacial sediment at the head of Urumqi River, Tianshan. ditto, pp.49-56.
- (61) Wang Jingtai and Zhang Zhenshuan, 1981, Particle size analysis of tills at the head of Urumqi River, Tianshan. ditto, pp.64-77.
- (62) Li Shude, Cui Zhijiu, Wang Jingtai and Zhang Zhenshuan, 1981, Lithological and morphological characters of till, glaciofluvial, alluvial deposits at the head of Urumqi River, Tianshan. ditto, pp.79-81.
- (63) Jiao Keqin, 1981, Cross-section of glacial valley at the head of Urumqi River, Tianshan. ditto, pp.92-96.
- (64) Li Shude, Cui Zhijiu and Zhang Zhenshuan, 1981, Preliminary study on weathering rate of rock in Shengli Daban at the head of Urumqi River, Tianshan. ditto, pp.97-105.
- (65) Ma Qihua, 1982, Basic features of topography and glacial moraine at the source of Urumqi River, Tianshan. Abstracts papers of the Symposium on Quaternary glaciation and periglaciology in China. pp.91.
- (66) Watanabe, O., Ageta, Y., and Iwata, S., 1983, Some aspects of the glacier structure and moraine characteristics of Glacier No.3 at the Urumqi River headwaters, Tianshan. *Journal of Glaciology and Cryopedology*, Vol.5, No.3, pp.159-170.
- (67) Yoshida, M., and Watanabe, O., 1983, The genesis of englacial till along the shear planes of Urumqi No.3 Glacier, Tianshan. ditto, pp.201-208.
- (68) Feng Zhaodong et al, 1983, Environment and processes of end moraine deposition since last glaciation at the source region of Urumqi River, Tianshan. Present to the National Symposium on Snow and Ice by the Geographical Society of China.
- (69) Li Shijie, Tang Yongyi, Shen Yongping and Han Jiankang, 1983, New data of the research on the first row of moraine on the surface of Glacier No.1 at the source of Urumqi River. Annual Report on the Work at Tianshan Glaciological Station, No.2, ed. by Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, Academia Sinica.
- (70) Iwata, S. and Chen Jiyang, 1983, Explanation on part of the data (geomorphology) from Sino-Japanese Joint Expedition in 1983. ditto.

IV. Paleoglaciatiion and environment changes

- (71) Shi Yafeng and Su Zhen, 1965, The morphological features and historical evolution of glaciers at the source of Urumqi River, Tianshan. *Glaciological and Hydrological Research of Urumqi River, Tianshan*, pp.83-87, Science Press, Beijing.
- (72) Yang Huairan and Qiu Suzhang, 1965, Quaternary glaciation and the postglacial climatic fluctuation in the region of Upper Urumqi Valley, Sinjiang. *Acta Geographica Sinica*, Vol.31, No.3, pp.194-211.

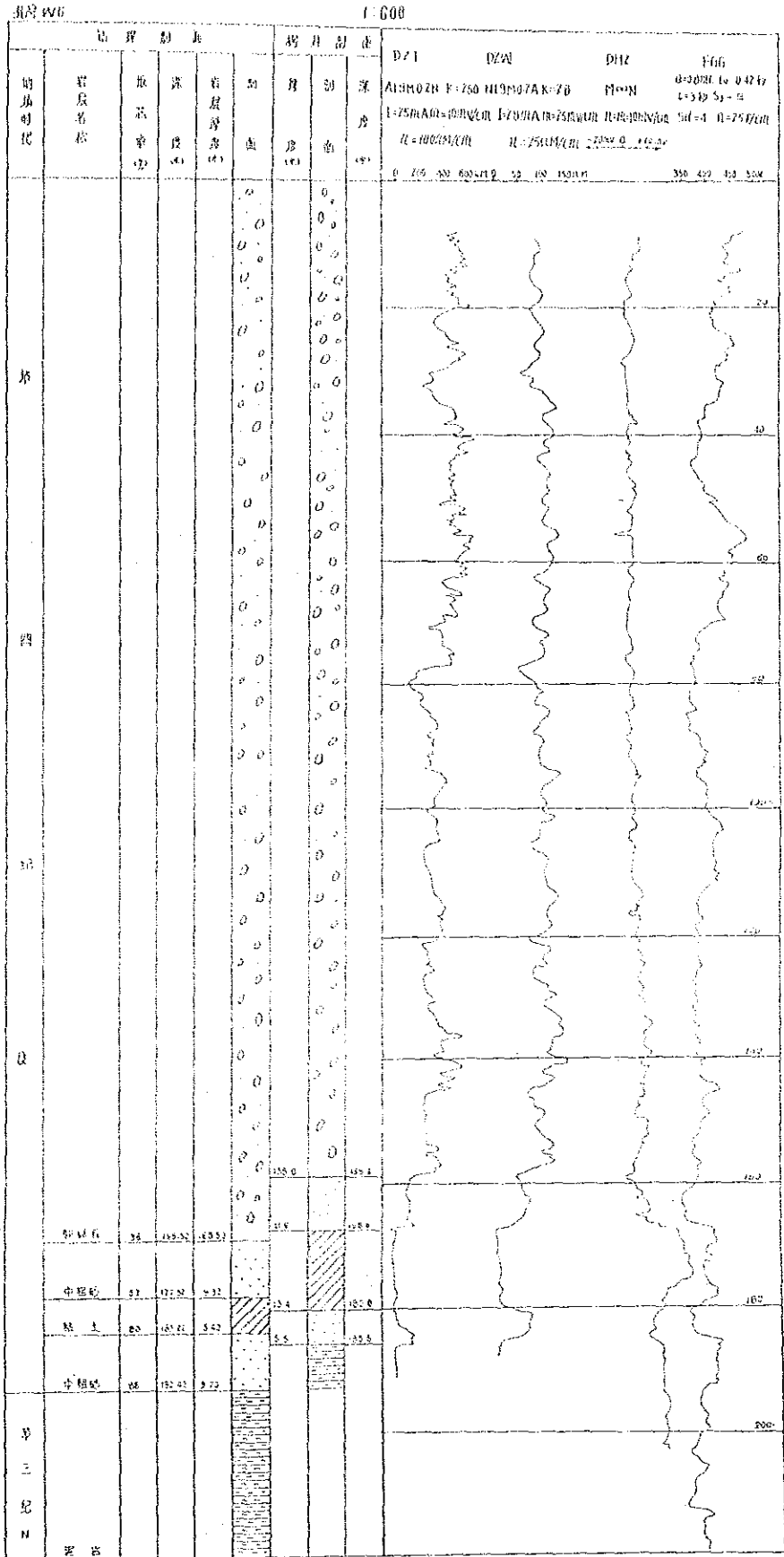
- (73) Wang Jintai, 1981, Ancient glaciers at the head of Urumqi River, Tianshan. *Journal of Glaciology and Cryopedology*, Vol.3, Special Issue, pp.57-63.
- (74) Zhou Kunshu, Liang Xulong and Liu Ruiling, 1981, Preliminary study on palynology of glacier ice and Quaternary deposits at the head of Urumqi River, Tianshan. ditto, pp.97-105.
- (75) Zhang Zhenshuan, 1981, Changes of snowline at the head of Urumqi River, Tianshan. ditto, pp.106-133.
- (76) Zheng Benxing and Zhang Zhenshuan, 1983, Fluctuations of glaciers during Neoglaciation in Bogda and the Urumqi River head, Tianshan. *Journal of Glaciology and Cryopedology*, Vol.5, No.3, pp.133-142.
- (77) Tianshan Practice Team of 1981st Postgraduate from Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, 1983, The lichenometry in Tianshan Glaciological Station area in 1982. Annual Report on the Work at Tianshan Glaciological Station, No.2, ed. by Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, Academia Sinica.
- (78) Chen Jiyang, 1984, Glacial fluctuations since Holocene in Tianger II Peak area, Tianshan. M.D. paper, Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, Academia Sinica.

V. Permafrost, periglacial geomorphology and others

- (79) Qiu Guoqing, Li Shuxun and Ding Linglong, 1982, Some new data in high mountain permafrost and periglacial phenomena in the vicinity of Tianshan Station. Annual report on the work at Tianshan Glaciological Station, No.1, pp.113-121, ed. by Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, Academia Sinica.
- (80) Zeng Zhongkong, Liu Jingren and Mi Farong, 1982, Gravitational and seismic explorations of ice thickness of Glacier No.1 at the head of Urumqi River. ditto, pp.90-99.
- (81) Li Nianjie, 1982, Highway construction from Tianshan Station to Glacier No.1 at the head of Urumqi River. ditto, pp.103-112.
- (82) Ji Zixiu, 1980, The modern periglacial process in the central part of Tianshan. *Journal of Glaciology and Cryopedology*, Vol.2, No.3, pp.1-11.
- (83) Zhang Xiangsong, Zhu Guocai, Qian Songlin, Chen Jiyang and Shen Ying, 1984, Radio-echo ice-depth measurements on Glacier No.1 at the source of Urumqi River, Tianshan. *Journal of Glaciology and Cryopedology*, Vol.6, No.4.

5. 测井成果图

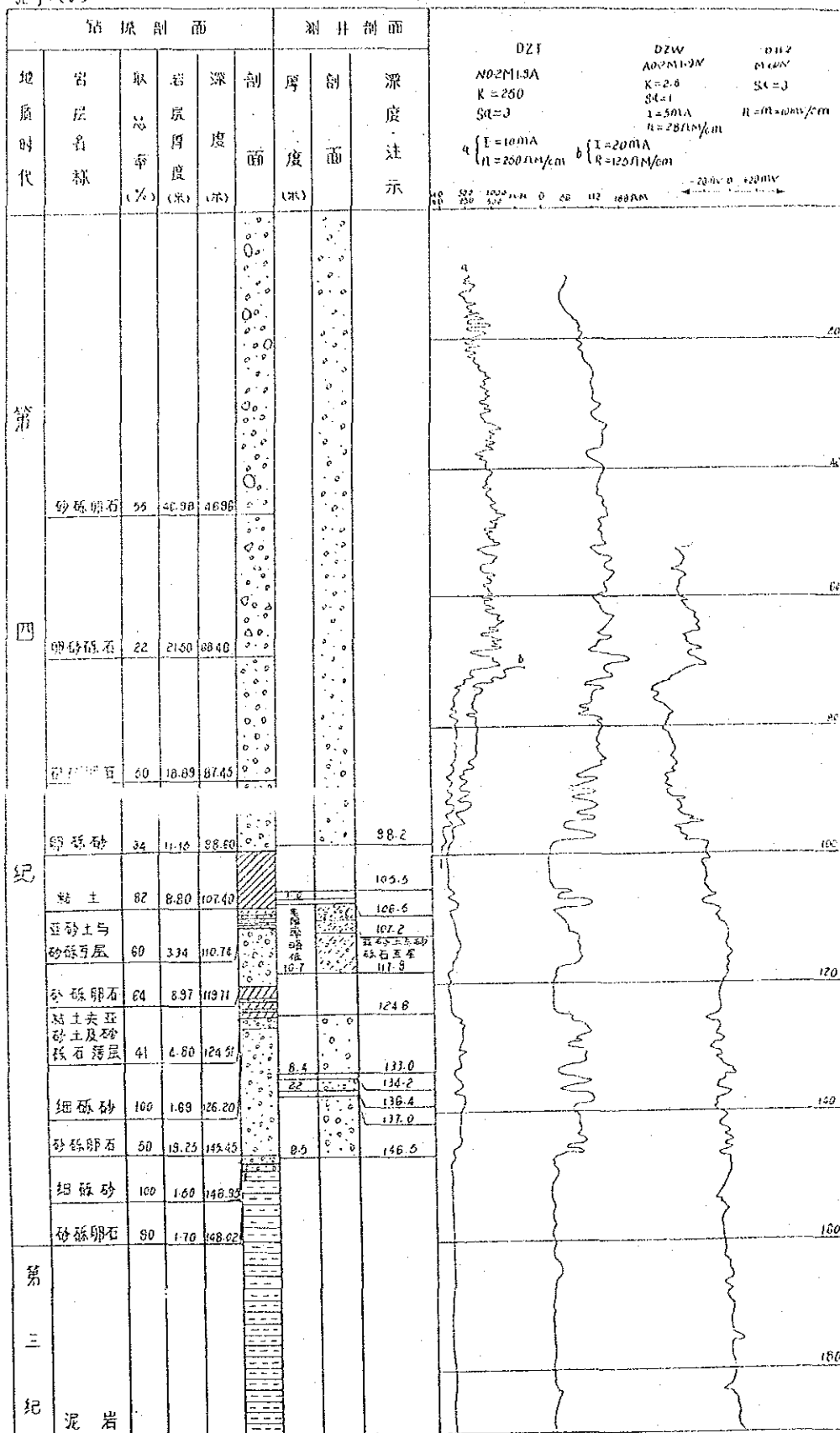
测井成果图



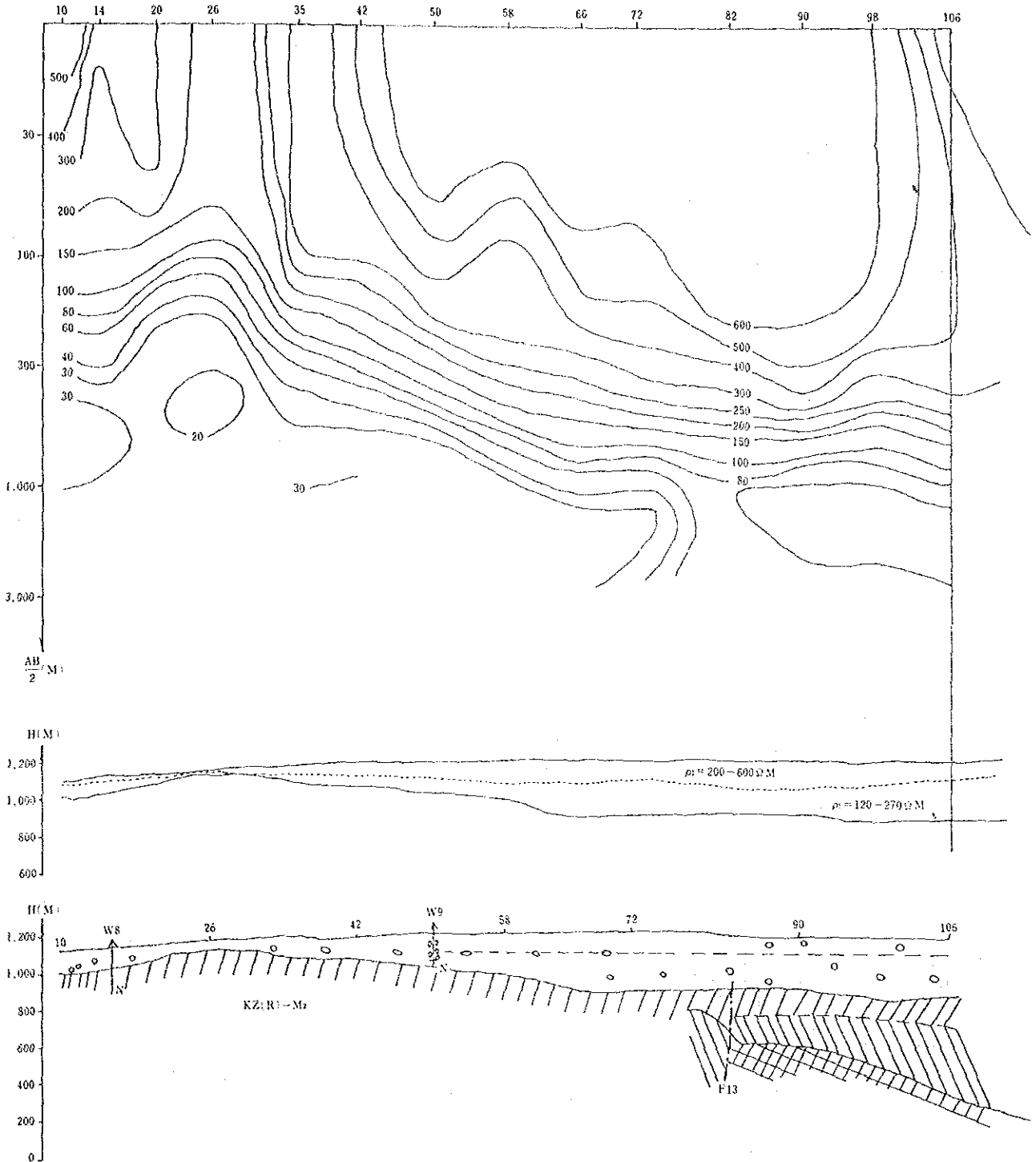
测井成果图

孔号: \V9

1:600



6. 西山水源地物理探查地質断面图



7. 地質解析（中国語）

中華人民共和國
地質圖集

中国地质科学研究院主编

一九七三年 北京

因涉及对本区前寒武系划分的不同认识,目前尚难肯定。

加里东构造运动:第一幕发生在中奥陶世与早奥陶世之间,第二幕为早奥陶世与早志留世之间,第三幕为晚志留世与晚泥盆世之间,均表现为不整合。第一幕活动区限于祁连北部,致使中奥陶统未广泛出露;第二幕规模较大,下志留统砾岩发育,祁连北部有强烈侵入活动(基性超基性岩体大都形成此期),致使志留系岩石变质程度较寒武奥陶系浅,褶皱松弛和缓,喷发活动微弱;第三幕波及范围遍及本省北部区,规模宏大,造成泥盆纪前后变质程度、褶皱形态和沉积型相的差异。

华力西构造运动:有三次表现,第一次发生在早石炭世与晚泥盆世间,祁漫塔格—布尔汗布达山及祁连西南缘显著。第二次表现为中下石炭统间的不整合,局限于祁漫塔格地区。第三期发生在早三迭世与晚二迭世间,以本省南部地区明显。

印支构造运动:第一幕发生在晚三迭世与中三迭世间,影响布尔汗布达山东段及同仁地区。唐古拉区上三迭统与石炭二迭系呈角度不整合,缺失中下三迭统,运动时期是否稍早于此期尚难肯定。第二幕发生在晚三迭中晚期相当诺利克与瑞替克期之间,致使巴颜喀拉区普遍缺失瑞替克期沉积。第三幕以侏罗系与三迭系不整合为代表,遍及全区,唐古拉区活动强烈。

喜马拉雅构造运动:以早更新世与上新世间表现最强,最早一幕发生在晚第三纪内部,唐古拉区显著,贵德地区也有表现。

断裂构造是本区地质构造的重要表现形式,以大致平行于地层走向线的北西西及北西展布的断层为主,大通河北侧、哈拉湖北—青海湖东、祁连山西南缘、奈齐郭勒河—托素湖、积石山、曲麻莱—通天河等近乎平行的断裂带,在地质发展历史中起重要作用,走向断裂由北西西—北西—北北西或南北方向呈弧形扭曲是该组断裂的特殊表现形式,以哈拉湖—海晏—官亭、大柴旦—乌兰—温泉、通天河、杂多—囊谦等断裂为代表。当金山口和泽库两地东侧出现北东向与北西或北北西向两组断裂交叉;推覆构造(飞来峰)常见于唐古拉区,未越过楚玛尔河—通天河断裂带,若布尔汗布达山东端温泉西侧下古生界属飞来峰,则在该断带之北也能偶见。阿尔金山下古生界及前寒武系构造线以北西西和北西向为主,而上古生界及中生界构造线为北东向,这些都是本区重要构造现象。

构造活动另一特征为沉降幅度的差异,本区南部石炭—侏罗系总厚与北部震旦—志留系之厚度相当,而北部泥盆—侏罗系总厚约为南部石炭—侏罗系中一个系厚度的一半。

基于前述,无论是地层的发育和岩浆活动,抑或构造变动的幕次和影响范围以及岩石区域变质程度等,在时间和空间上都显示由北向南逐渐移动的规律,且大体以36度纬线附近的奈齐郭勒河—托素湖东西断裂带分成南北两个差异的地质构造区,祁漫塔格—布尔汗布达华力西期酸性侵入岩带位于分界线附近,在地质构造上反应显著,而居北区西部被新生界掩覆的柴达木盆地显得并不突出。

新疆维吾尔自治区地质图说明

一、地理概况

新疆地处我国西北边疆。幅员辽阔,约占全国面积六分之一。境内北有阿尔泰山,南有昆仑山,阿尔金山围绕,中部天山横亘分割准噶尔和塔里木两大盆地。西南部帕米尔高原有世界屋脊之称,东部吐鲁番洼地低于海平面154米,是我国第一低地。在阿尔泰山、天山、昆仑山和阿尔金山的高山区,常见山谷冰川、U形谷、悬谷、冰斗、角峰、冰川湖等现代冰川地形。除额尔齐斯河流入北冰

洋外，都为内陆河，湖泊以罗布泊最大，除博斯腾湖为淡水湖外，几乎全为咸水湖。

二、地 层

境内地层发育齐全，从太古界至新生界均有出露。根据地层发育的不同，分为七个地层区⁽¹⁾。阿尔泰—准噶尔区位于艾比湖、呼图壁及奇台连线以北。天山区基本与天山山脉地理位置一致，并按其南北两边地层上的不同，将其划分为两部分：乌什至阿图什之东南到巴楚一带及库鲁克塔格南部属柯坪—库鲁克塔格区，罗布泊东北中新世沉积洼地至兰新铁路柳园车站一线以南为北山区，车尔臣河上游至青海茫崖一线以北为阿尔金区。昆仑区的范围大体与同名山脉相当。喀喇昆仑区包括明铁盖达坂、喀喇昆仑山口之东北，约自塔什库尔干塔吉克自治县至新藏公路附近阿克苏依湖之西南地区。

阿尔泰—准噶尔区古生界分布广泛，下古生界主要分布于阿尔泰山，为泥砂质沉积物；上古生界主要分布于东、西准噶尔，以喷出岩及其凝灰岩为特征。天山北部下古生界多集中干西段，为泥砂质和碳酸盐岩沉积物；上古生界非常发育，除西段局部地区石炭系为灰岩和博格多山二迭系为碎屑岩类外，几乎全为喷出岩及其凝灰岩。天山区南部太古界、元古界出露较多，在其北部边缘即天山靠分水岭部位，延伸着一条横贯全区的变质岩带，具有长期隆起性质；古生界除上泥盆统和下二迭统少数层位有喷出岩外几乎全为沉积岩。柯坪—库鲁克塔格区，太古界、元古界、古生界发育齐全，岩相、岩性较稳定，太古界主要是大理岩、片岩、片麻岩；元古界除碎屑岩外，在震旦系中有冰碛层；古生界主要为碳酸盐岩和砂泥质沉积物。北山区震旦系发育，为大理岩、片岩、片麻岩；下古生界有寒武纪和志留纪的沉积岩⁽²⁾；上古生界石炭系和二迭系的碎屑岩发育。昆仑区前寒武系除暂定为震旦系的细碧角斑岩外，多为绿片岩和碳酸盐岩层；古生界岩性较复杂，喷出岩虽在剖面中时有所见，但整个地层仍以沉积岩占优势。阿尔金区前寒武系多为大理岩、石英岩、片岩和片麻岩；下古生界主要为千枚岩化砂页岩；上古生界为喷出岩及碎屑岩。上述各区还发育有中生界、新生界，其中绝大多数属于陆相地层。喀喇昆仑区的主要特征是：三迭系、侏罗系和白垩系均为海相沉积物。现按时代自老至新叙述如下：

太古界

主要分布于在库鲁克塔格，在天山区北部和南部也有少许出露。库鲁克塔格初步划分出的下太古界为片麻岩、片岩；上太古界为片岩、石英岩、大理岩，两者变质程度有明显的差异。天山区太古界未详细划分，为片岩、片麻岩类岩石。

元古界

分布于柯坪—库鲁克塔格区及昆仑区，前者出露于阿克苏以西与库鲁克塔格一带，后者见于皮山和田以南的昆仑山北坡。下元古界的典型岩石是浅变质的绿泥石—绢云母片岩，有时见石英岩及大理岩。

区内未详细划分的元古界、前震旦系和前寒武系，分布于天山、北山、阿尔金山及昆仑山，多见于山脉的中部，形成古隆起的核心。主要岩石为片岩、片麻岩、白云大理岩及石英岩。在天山中元古界中产古藻类化石，卡瓦布拉克附近见 *Kussiella kussiensis amplificata*，于芨芨台子山见 *Micru-phyton definiton*，可能部分或全部相当于我国华北的震旦系。

震旦系

见于柯坪—库鲁克塔格区、天山区南部、北山区及昆仑区。各区的岩性差别很大。柯坪—库鲁克

(1) 境内的北山区，参看甘肃省地层表；阿尔金区参看青海省地层表

(2) 甘肃北山有奥陶系

塔格区震旦系与我国华南地区地层较相似，下部为碎屑岩，有时见喷出岩，相当激江砂岩，中、上部为似冰碛层、砂岩、粉砂质页岩及灰岩，相当南沱冰碛层及灯影灰岩层。天山区南部雅曼苏以南震旦系为大理岩、片岩和片麻岩。昆仑区叶城以南昆仑山北坡的细碧角闪岩及所见到的碎屑岩也暂定为震旦系。各地震旦系的厚度均在2000米以上。

古生界

广布于各大山脉。主要是海相沉积，陆相地层很少。阿尔泰—准噶尔区已知出露的最老地层为奥陶系，由砂页岩及千枚岩组成；东、西准噶尔还见有喷出岩。志留系主要为紫红色、灰绿色碎屑岩，东、西准噶尔地区尚有喷出岩。下古生界岩层总厚约7000米。从下泥盆统到下石炭统整个岩层以海相喷出岩及凝灰质碎屑岩占优势，正常沉积岩次之。在海相地层中往往有陆相或滨海相沉积物的夹层。如中泥盆统中除含有以蕨石燕 (*Acrospirifer*) 为代表的海生动物群化石外，也有时见产原始鳞木 (*Protolepidodendron*) 的岩层。整个喷出一沉积岩层厚度巨大。阿尔泰山尚未发现有中、上石炭统及二迭系，而东、西准噶尔中石炭统为海陆相和陆相碎屑岩，有时夹灰岩，局部见煤层，上石炭统只见于西准噶尔，为陆相喷出岩，二迭系全为陆相碎屑岩。另外，在东准噶尔卡拉麦里山南坡还发育有一套晚泥盆世至中石炭世早期的陆相地层，下部为上泥盆统的砂岩、泥岩、砾岩，盛产鳞木 (*Lepidodendron*)、拟鳞木 (*Lepidodendropsis*)、亚鳞木 (*Sublepidodendron*) 及圆印木 (*Cyclostigma*) 等植物化石，厚2000米，上部为石炭系的喷出岩及碎屑岩，产安加拉叶 (*Angoridium*)、似安加拉羊齿 (*Angropteridium*) 等植物化石，厚1500米。陆相地层之下为中泥盆统浅海相砂页岩，其上为含假史塔夫髓的灰岩。天山区北部已知出露的古生界有奥陶系，主要为千枚岩状页岩及砂岩。志留系由千枚岩状页岩、砂岩、碳酸盐岩层及不多的喷出岩组成。下古生界总厚数千米。中泥盆统至上石炭统主要为酸—基性喷出岩、凝灰质碎屑岩、砂页岩夹灰岩，厚达万米以上。在中泥盆统中亦含有以蕨石燕为代表的动物群化石。在博罗霍洛山北坡及博尔塔拉河以南出露的泥盆系、石炭系以及有些地区的下石炭统为灰岩及砂页岩，含有大长身贝 (*Gigantoproductus*)、阿尔泰管孔贝 (*Syringothyris altaica*)，部分为陆相碎屑岩。泥盆—石炭系总厚数千米。西部局部地段下石炭统超覆在古老岩层之上时见有铀矿层。下二迭统为海陆相或陆相碎屑岩，有时含磷，偶见喷出岩，岩层中除含有脊板杯珊瑚 (*Cyathocarinia*) 等海相化石外，还见有假日耳曼楔羊齿 (*Sphenopteris pseudogermanica*) 等陆生植物化石。上二迭统为陆相碎屑岩，含油页岩层，产古鳕鱼类 (*Palaeoniscidae*) 及安加拉植物群羊齿等化石。天山区南部寒武系出露零星，为碎屑岩、含磷硅质岩及灰岩，在卡瓦布拉克厚115—540米，哈里克套厚890米以上。奥陶系岩性与寒武系相似，在卡瓦布拉克厚数百米到近千米，哈里克套的岩层不仅厚度在1500米以上，而且泥质岩石已经千枚岩化了。志留系分布较广，为碎屑岩及碳酸盐岩相沉积。泥盆系、石炭系、下二迭统以灰岩、砂页岩为主，部分地区某些岩层为喷出岩 (焉耆以东的上泥盆统及库车以北的下二迭统)。下古生界岩性及厚度变化较大，如阿图什以北上泥盆统灰岩厚数百米，而焉耆以东同时代喷出岩厚达3900米；另外，上石炭统多为灰岩，最厚1200米，但在麦丹塔格则为砂页岩，厚2000米以上。天山区南部中泥盆统产有以鸭头贝 (*Stringocephalus*) 为代表的动物群化石。上二迭统为陆相碎屑岩，厚数百米。柯坪—库鲁克塔格区古生界三分性很明显。寒武系和奥陶系为碳酸盐岩相沉积，其中柯坪区下寒武统底部有红色砂页岩夹层，于库鲁克塔格见中性喷出岩。另外，下寒武统含磷矿，柯坪区中、上寒武统夹硬石膏。本区可能缺失上奥陶统⁽¹⁾，此点与华北相似，但生物群面貌则接近华南，如中奥陶统灰岩中含有大量我国南方常见的震旦角石 (*Sino-*

(1) 有人认为柯坪地区含震旦角石 (*Sinoceras*) 的红色团块状灰岩属上奥陶统，如确此这样，则不缺上奥陶统。

ceras)、直角石 (*Orthoceras*) 及薇角石 (*Lituites*) 等。寒武—奥陶系厚2700余米。志留系和泥盆系为浅海相和滨海陆相碎屑岩, 岩层中发育有水波纹、斜交层理、冲蚀沟及蠕形动物运行的痕迹。由南至北, 即自塔里木往天山方向, 这些近岸浅水标志逐渐消失, 最后全为浅海相沉积物所代替。岩层厚达2000米以上。石炭系和下二迭统为碳酸盐岩相—碎屑岩沉积, 其中柯坪区下、中石炭统有些地段缺失; 上石炭统灰岩于柯坪附近厚70米, 往北至卡拉铁克山剧增至1500米。柯坪南部、巴楚及麻扎尔塔格以南一带的下二迭统中夹有多层玄武岩。石炭系和下二迭统厚2000—4000米左右。上二迭统为陆相碎屑岩, 厚度不大。昆仑区古生界研究程度较差, 已知上古生界以碎屑岩为主, 灰岩次之; 喷出岩少见, 厚数千米。上古生界以灰岩占优势, 砂页岩次之, 喷出岩虽在许多地层中有所出现, 但多为次要的组份。有意义的是, 西昆仑山北坡近山麓地带(英吉沙—和田地段)古生界的剖面与柯坪—库鲁克塔格区的地层很相似。该处古生界亦具三分性, 代表三个沉积旋回。其中寒武—奥陶系为灰岩、白云岩, 志留—泥盆系为浅海相和滨海—陆相碎屑岩, 石炭系和下二迭统为灰岩及碎屑岩。这一地段的上古生界厚度也比昆仑区其他地段同时代地层为小, 如该地石炭系总厚780—1480米, 其他地方则均大于2200米。喀喇昆仑区下古生界出露不全, 目前仅见志留系, 为凝灰质碎屑岩。上古生界为灰岩、砂页岩, 厚度大于5000米。本区尚未发现上二迭统, 唯下二迭统中含新希瓦格筴 (*Neoschwagerina*), 是全疆已知出露层位最高的古生代海相地层。区内从阿尔泰山到喀喇昆仑山, 海相晚古生代地层出露的层位越来越高, 说明当时海域范围由北向南逐渐缩小。

中生界和新生界

在区内出露亦广, 主要是内陆河湖相沉积, 局部有海相沉积物。喀喇昆仑区的中生界为浅海碳酸盐岩—碎屑岩沉积, 厚数千米。准噶尔、天山山前地带、昆仑山东部、吐鲁番及伊犁等盆地的三迭系为山麓河流相及河湖相碎屑岩, 在天山区北部山前地带阜康附近于本层中发现有水龙兽 (*Lystrosaurus*)、二齿兽 (*Dicynodon*) 等化石, 说明这里曾是古老的爬行类和两栖类动物活动的场所, 昆仑山脉之北坡山前地带、哈密盆地及焉耆盆地缺失本层。下中侏罗统分布较广, 准噶尔、天山、昆仑山前及一些盆地内均有出露, 为湖泊沼泽相碎屑岩沉积, 是区内最重要的含煤层, 其中以天山南北两麓及吐鲁番—哈密盆地岩层厚度大, 含煤最丰, 其他各地次之。上侏罗统分布范围较小, 上侏罗统主要为红色碎屑岩。有些地区往往只见下中统含煤层而缺失上统。白垩系出露区大致和上侏罗统相仿。下白垩统为山麓河流相及河湖相碎屑岩。在东、西准噶尔山前地带于本层中发现有奇台天山龙、准噶尔翼龙、鳄鱼等古脊椎动物化石。上白垩统在南天山西部和西昆仑山前为海相灰岩及碎屑岩, 而其余山前地带及盆地内均为陆相碎屑岩。下第三系有泻湖—海相及陆相两种沉积物, 前者出露在南天山西部及西昆仑山前地带, 在巴楚以南塔里木盆地中部麻扎尔塔格亦有分布, 主要岩性为灰岩、碎屑岩及石膏; 后者为河湖相红色碎屑岩, 广布于天山南北山前地带及区内各大小盆地内。托里盆地还有少量基性喷出岩。天山南麓、吐鲁番盆地及西昆仑山北麓岩层中含岩盐。在吐鲁番盆地于本层中发现有大量古新世原始恐角兽类及其他动物化石。上第三系(包括中新统、下上新统及上上新统—下更新统)分布最广, 在各山系山前地带及大小盆地内均有出露。主要是山麓河流相及河湖相碎屑岩。岩性由下往上逐渐变粗, 最后几乎全由砾岩组成。一般山前地带岩层厚度比山间盆地为大, 如哈密盆地上下上新统苍棕色层厚仅100余米, 而天山北麓则厚1300—2000米。另外, 各山前地带上第三系总厚度是北部小, 愈往南厚度越增大, 如准噶尔山前厚数百米, 天山北麓厚3000—4000米, 昆仑山前则达5500米以上。岩层厚度大的地方, 碎屑沉积物粒度也粗。第四系广布于区内各大小不一的盆地内, 为洪积、冲积、冲积—洪积、冰川堆积、冰水沉积、湖积、风成沉积的砂、砾石、砂质护埽等, 其中风成砂占据着塔里木及

准噶尔两盆地中部地带。在天山以南昆仑山及山前见有玄武岩。1972年在天山北麓发现的更新世古菱齿象化石，为详细划分本区第四系提供了一定的依据。

三、侵入岩

区内侵入岩相当发育。分为元古代、加里东期、华力西期、燕山期、喜马拉雅期五期，以华力西期为主。分述如下：

元古代侵入岩

有花岗岩、花岗闪长岩等，分布于天山、西昆仑山和阿尔金山，常与前寒武纪地层相伴出露，呈岩基、岩株侵入其中，多数被后期岩体所侵入。在天山、西昆仑山分别见震旦纪、寒武奥陶纪地层与其呈沉积接触。岩石有片麻构造和压碎构造。某些岩体具淡蓝色石英为其特点。

加里东期侵入岩

包括超基性、基性、酸性岩类，前者有蛇纹岩（原岩可能是辉橄岩）、橄辉岩、辉石岩等，分布于西昆仑山，呈长条状或岩株侵入于前寒武纪地层中，并为华力西中性岩侵入。基性岩有辉长岩，仅在西昆仑山呈长条状或岩株侵入于前寒武纪地层中，并为华力西中性岩侵入。基性岩类有辉长岩，仅见于西准噶尔和昆仑山，呈小岩株、岩脉，侵入的最新地层为志留系，又为华力西期酸性岩所侵入，在西准噶尔的唐巴勒地区中泥盆统底砾岩中见到该期岩体的砾石。中酸性岩类有花岗岩、花岗闪长岩等，见于东准噶尔、天山和阿尔金山等地，侵入的最新地层为志留系，多数为华力西中期的侵入岩穿破，在东准噶尔和天山见岩体与中泥盆统或下石炭统呈沉积接触。天山一些现划为元古代的黑云母片麻岩有同位素年龄为4.39亿年的数据，可以间接证明有加里东期的侵入活动。

华力西期侵入岩

分布最广，规模最大，种类最多，活动也最频繁，与已知矿产的关系密切且重要。计有：早期、中期、晚期和未分期的侵入岩类。

早期：超基性岩类有橄辉岩、辉石橄辉岩、辉石岩等。分布于天山南坡和阿尔泰山，呈长条状、岩株状侵入于泥盆纪和奥陶纪地层中，被华力西中期侵入岩侵入。中性岩类有闪长岩、石英闪长岩等，呈岩基、岩株侵入于志留系及其志留纪以前的地层中，并被晚期的酸性岩侵入，与下石炭统呈沉积接触。酸性岩类有花岗岩、花岗闪长岩等，分布于天山和昆仑山靠分水岭地带，呈岩基侵入于中泥盆统及其以前的地层中，多数被晚期岩体穿破，在上述地区分别与下石炭统和上泥盆统呈沉积接触，托克逊南马鞍桥岩体的同位素年龄为3.50亿年，也说明其时代为华力西早期。

中期：超基性岩类岩石种类较多，有纯橄辉岩和斜辉辉橄辉岩等，分布于东、西准噶尔和天山分水岭地带，多呈长条状、岩株和不规则状侵入于石炭系及其石炭纪以前的地层中，多沿大断裂呈带状分布，为晚期酸性岩穿破。基性岩类有辉长岩等，中性岩类有闪长岩和石英闪长岩等，两者都分布于阿尔泰山、东、西准噶尔和天山，它们呈岩基、岩株状产出，侵入的最新地层为泥盆系或石炭系，并被晚期酸性岩侵入。酸性岩类有花岗岩、花岗闪长岩、钾质花岗岩等，广布于各山脉，呈巨大的岩基和岩株，侵入最新地层为石炭系，在木垒东北见到该期岩体被下二迭统盖覆，并在二迭系底砾岩中见到该期岩体的砾石。

晚期：为碱性、超基性、基性、中性和酸性岩类。它们侵入最新地层为二迭系。碱性岩类有正长岩、角闪正长岩等，零星的分布于天山、西昆仑山，呈小岩株状、脉状出露。超基性岩类有斜辉橄辉岩、橄辉岩等，分布于天山北坡和东昆仑山北坡，呈长条状、岩株。基性岩类有辉长岩和辉绿岩等，

仅见于博格多山，呈岩基、岩墙。中性岩类有闪长岩，零星见于天山，昆仑山，呈岩株、岩基。酸性岩类有花岗岩、二云母花岗岩、花岗闪长岩等，广布于各山脉，呈岩基、岩株。东准噶尔老鸦泉岩体的同位素年龄为2.26亿年，在阿尔泰山的十字石片岩、石榴子石片岩和石英片岩的同位素年龄为2.28亿年，从这些接触变质的岩石年龄来看，也可以间接证明该区的侵入活动为华力西晚期。

华力西期末分期超基性、中性和酸性岩类：超基性岩类有橄榄岩、辉石岩等，分布于阿尔金山，呈长条状和岩株，侵入最新地层为石炭系。中性岩类有闪长岩，仅见于东昆仑山，呈岩基侵入于早古生代地层，被晚期花岗岩穿破。酸性岩类有花岗岩、钾质花岗岩、花岗闪长岩等，分布于天山、阿尔金山和昆仑山，呈岩基、岩株侵入于早石炭世及其以前的地层中，被同期稍晚的花岗岩穿破。

燕山期侵入岩

为数不多，有花岗岩、花岗闪长岩和花岗斑岩，分布于昆仑山和喀喇昆仑山，呈岩基、岩株侵入于三迭、侏罗纪地层中。

另外，阿尔泰山的浅色花岗岩同位素年龄值为1.98亿年，有无属印支期的可能值得研究。

喜马拉雅期侵入岩

仅在喀什西北见到，为碱性辉长岩、方沸粗玄岩等，呈岩株、岩墙侵入侏罗、白垩纪地层中，其与该地区老第三纪的喷出岩属同期产物。

四、地质构造

境内构造运动，有早太古代末、太古代末、早元古代末、震旦纪末的构造运动及加里东期、华力西期、印支期、燕山期和喜马拉雅期构造运动。

早太古代末和太古代末运动仅见于库鲁克塔格，它使早、晚太古代沉积物发生了褶皱。

强烈的早元古代末构造运动，除使前震旦纪地层发生褶皱、断裂和岩浆侵入外，并使区内发生了明显的构造分异，塔里木地块从此转化为较稳定的性质。震旦纪末的构造运动也相当强烈，致使寒武系与震旦系之间主要为不整合接触，局部为假整合。

加里东运动在区内表现不一，塔里木地块发生较早，表现为升降运动，而广大地区发生较晚，且以褶皱运动为主。前者志留系与奥陶系之间多表现为假整合，局部为不整合；后者泥盆系与志留系之间多呈不整合，但某些地区研究尚不充分。

华力西运动在区内表现为最强烈的造山运动，除地层发生强烈的褶皱形变和断裂外，并伴随有大规模的岩浆活动，同时也改造了以前的地质构造形态，除喀喇昆仑山以外，区内自北至南相继褶皱成山，在很大程度上奠定了区内地质构造的基本轮廓。

印支运动在区内为升降运动，准噶尔地区表现较明显。

燕山运动在区内表现形式不一，除升降运动外，喀喇昆仑山则为规模较大的褶皱运动，同时有岩浆侵入。可能在白垩纪末期褶皱成山。

喜马拉雅运动在区内主要表现为强烈的上升和下降，各山系至今仍处在不断上升状态。在昆仑山及其北麓还见到玄武岩浆的喷出。这一运动的结果，基本上奠定了今日区内的地貌形态。

区内主要构造线可分为三大组：即东西向、北西向和北东向。现从北至南叙述如下：

阿尔泰山及东准噶尔地区的断裂和褶皱，主要呈 310° — 320° 方向展布，在巴里坤县东北三塘湖一带与天山东西构造带交接处，走向转为北西西向。该构造带以靠阿尔泰山分水岭处由下古生界形成的复式背斜为主体，两侧为复式向斜，它们具同斜和紧闭性质。在西准噶尔的主要构造线呈 40° — 50°

方向展布，在艾比湖一带转为北东东向，在塔尔巴哈台山一带转为近东西向。阿尔泰山和东、西准噶尔的断裂与该区的岩浆活动关系密切。从宏观上来看它们属于欧亚山字型构造体系的东翼和反射弧，而准噶尔地块应属于砥柱部分。

天山构造带主要呈近东西向横贯全疆，向东与阴山东西构造带相接，向西伸入苏联境内，为一巨型纬向构造带。该构造带内元古代变质岩组成的隆起带，对区内天山构造带的发育起着骨架作用，并在古生代将天山分为南北二个不同的岩相带。隆起带具地背斜性质，两侧为地向斜。隆起带表现为反“S”形构造，沿反“S”形构造的北侧中段向东西两端，构造线呈撒开的趋势，好像带状构造。东西构造带内的褶皱呈线状具紧闭性质，其断裂以压性和压扭性为主，岩浆活动与断裂关系密切，分布方向与构造线一致。该构造带与南缘塔里木地块为一大断裂分割，前者有向后者推覆的趋势。塔里木地块现为一菱形盆地，盆地内除局部地方出露元古代和古生代地层外，几乎全为中、新生代沉积物覆盖，该地块从元古代以来长期处于较稳定性质，由于受到来自欧亚山字型构造东翼的作用力，使这一带的断裂具有平移和逆冲的特点。

阿尔金昆仑山弧型构造带，围绕塔里木地块南缘展布，看来它是东西构造带受后期经向地应力的改造而来。该弧型构造在策勒、于田以南一带弧顶向南凸出，两翼不对称，西翼从弧顶向西北，由北西转为北北西向；东翼由北东转为北东东向。弧型带内前寒武纪和古生代地层所构成的褶皱呈线状排列，褶皱和断裂均具有明显的挤压性质，侵入岩的分布方向与弧型构造一致。该弧型构造的东翼阿尔金地带与祁吕贺山字型构造复合构成它的反射弧，其他部份分别与康藏歹字型和帕米尔歹字型复合。第四纪以来在于田以南弧顶部位有玄武岩流溢出，于1951年仍有火山喷发，表明该弧型构造现代仍处于活动状态。

本区构造体系的特征表明，不同构造体系的发生、发育及排列、复合，是由于不均质的地壳受到多次由北向南的地应力持续作用下产生的。塑性强的地带呈山系围绕塑性差的地块发育，并向地块方向推覆。前者呈带状，具强烈挤压特征，呈东西向或近东西向构造，岩浆活动强烈，近代地震活动明显；后者呈菱形地块，中、新生代盖层沿地块边缘形成长、短轴或穹隆状褶皱，X型断裂组发育，岩浆活动较弱，近代地震活动不明显。



JICA