

高等学校試用教材

道路設計

第二分冊 路基与路面設計

同濟大學 編

人民交通出版社

高等学校試用教材
道 路 設 計
第二分册 路基与路面設計
同 济 大 学 編

*

人 民 交 通 出 版 社 出 版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版业营业許可証出字第〇〇六号

新华书店北京发行所发行 全国新华书店經售

人 民 交 通 出 版 社 印 刷 厂 印 刷

*

1961年7月北京第一版 1964年12月北京第五次印刷

开本: 850×1168_{毫米} 印張: 7¹/₈張 插頁 2

全書: 190,000字 印数: 4,601—6,400册

統一書号: K 15044·1443

定价(科五): 1.10元

目 录

序

第一部分 路 基 設 計

第一章	路基設計概論	5
§1-1	路基的作用及对路基的一般要求	5
§1-2	路基破坏的一般情况	6
§1-3	路基用土	8
第二章	地質与水文地質条件对路基的影响	12
§2-1	地質与水文地質对路基設計的重要性	12
§2-2	我国地質及水文地質的概况	12
§2-3	地質构造、岩层性質和水文地質 对路基稳定的一般影响	17
§2-4	滑坡影响的分析	20
§2-5	碎落岩堆影响的分析	24
§2-6	喀斯特影响的分析	26
§2-7	冲沟影响的分析	27
§2-8	地震影响的分析	29
第三章	路基排水設計	31
§3-1	流向路基的水源及其排水系統	31
§3-2	沟渠的一般构造和水力計算	32
§3-3	边沟、取土坑和截水沟	38
§3-4	排水沟、人工渠道与蒸发池	41
§3-5	跌水与急流槽	46
§3-6	地下水的流动和地下排水的計算	52
§3-7	地下排水結構物的設計	57
§3-8	地下排水結構物的构造	58
§3-9	渗水井的設計	60

第四章	路基穩定性設計	61
§4-1	路基边坡穩定性設計	61
§4-2	浸水路堤的边坡穩定性	73
§4-3	軟弱地基上路堤的穩定性	76
§4-4	路基边坡加固	82
第五章	土基的水溫狀況及其調節	87
§5-1	土基基身的濕度來源	87
§5-2	土基基身的水分變遷及平衡	90
§5-3	道路氣候分區	99
§5-4	調節土基水溫狀況的措施	99
§5-5	土基壓實	100
§5-6	土基最小填土高度	108
第六章	土基承受荷載的特性	112
§6-1	土基的受力狀況與工作區	112
§6-2	靜荷重作用下土基的變形特性及強度評定	115
§6-3	路基土的蠕變特性及其對土基變形與 強度性質的影響	118
§6-4	荷重作用的重複性對土基變形及 強度性質的影響	122

第二部分 路面設計

第七章	路面設計概論	128
§7-1	路面的作用和行車對路面的要求	128
§7-2	路面的結構層及其分類	131
§7-3	路面設計中的一般考慮	133
§7-4	調節土基水溫狀況提高路基強度	135
§7-5	路面材料結構層和其強度在設計上的要求	140
§7-6	路面各層次厚度的正確選定	142
第八章	柔性路面設計	144
§8-1	柔性路面設計理論的基本概念	144
§8-2	車輛在柔性路面上的作用力	145

§8-3	現行柔性路面設計理論	147
§8-4	現行柔性路面設計方法的参数	153
§8-5	現行柔性路面設計中多层体系的計算方法	164
§8-6	按照彈性理論設計方法的研究	165
第九章	剛性路面設計	173
§9-1	剛性路面的工作特性	173
§9-2	剛性路面的設計参数	175
§9-3	剛性路面厚度的計算方法	182
§9-4	水泥混凝土路面版的平面尺寸	189
§9-5	水泥混凝土路面的构造	193
§9-6	双层式水泥混凝土路面	199
§9-7	装配式水泥混凝土路面	203
§9-8	預应力水泥混凝土路面	208
第十章	路面結構类型的選擇	213
§10-1	路面等級的确定	213
§10-2	影响路面类型选择的因素	215
§10-3	路面結構类型的選擇	219
§10-4	路面类型的投資效益	220
§10-5	路面的分期改建設計	225

序

道路建設是交通運輸事業的一個重要組成部分。解放以來，我國人民在黨的正確領導下，在社會主義建設總路線的光輝照耀下，到1960年為止，公路通車里程已超過解放前六、七倍。

目前我國道路建設，雖然有了迅速的發展，但無論在數量上或質量上，還遠不能適應國家經濟建設對交通運輸的要求。

路基路面是道路工程的主要部分，因此，正確地設計路基和路面，對於保證行車暢通、降低道路造價和行車費用，有着極為重要的意義。

本分冊的內容，包括路基設計和路面設計兩大部分：路基部分主要闡述地質、土質、土基水溫狀況和路基排水等問題；路面部分主要研究路基對路面的影響，結構材料對路面設計的影響，路面結構層的物理力學性質和路面技術經濟問題等。在研究和學習路基路面時，不僅要考慮它們各自的特点，同時也要考慮它們彼此之間的相互聯繫。

本分冊共分十章，前九章是根據同濟大學道路教研組所編《道路設計》講義選編的。最後一章是根據南京工學院道路教研組所編《路面設計》講義選編的。由於時間緊迫，並限於選編者的業務與政治水平，錯誤之處在所難免，希讀者提出寶貴意見。

第一部分 路基設計

第一章 路基設計概論

§ 1-1 路基的作用及对路基的一般要求

路基路面是道路的基本結構物，它們共同承受行車的作用。路基又是路面的基础。行車的条件，一方面取决于路面結構的强度、稳定性和良好的使用品質，另一方面也取决于路基是否稳定和是否坚强。一个好的路基是保証道路具有良好使用品質的根本条件。

路基作为基本結構物，应滿足下列要求：

(1) 具有足够的整体稳定性。路堤直接放置在地面上，路堑則本身就是地层的一部分。它們改变了地层的天然平衡状况或者加剧了原先的不平衡状况（在工程地質条件不良的地区）。路堑的开挖使两侧土层失去支承力，可能导致边坡的不稳定；天然坡面上的路堤可能因自重作用而下滑。在这些情况下，皆須采取措施以保証整个路基結構的稳定性。

(2) 具有足够的强度。車輪通过路面传给土基一定的压力，使之产生变形。这种变形直接反映到路面上，影响到路面的工作状况。因此，路基必須具有足够的抵抗变形的能力，在荷重的作用下不发生超过允許范围的变形。

(3) 具有足够的强度稳定性（水稳定性）。土基的强度在大气及水文等因素的侵蝕作用下会发生很大的变动，这是由于路基土的水稳定性不足，在浸湿后，其状态（密实度及湿度）会发生很大的变化所引起的。因此，土基不仅应具有足够的强度，而且应当尽力保持这个强度，使之变动不大。这样，才能使路面的强

度处在稳定状态。

§ 1-2 路基破坏的一般情况

路基的破坏变形是多种多样的，破坏的原因也是错综复杂的。根据路基破坏的形态、原因和严重程度，可以把破坏变形归纳为如下几种类型：

(一) 路堤的沉陷

它表现为路基顶面在垂直方向产生较大的位移。这是由于较高的路堤因压实不足而又受到水的浸湿作用，或是采用了过湿的填土，也可能是采用了冻土块填堆而又未经打碎和压实所引起的，如图1-1中的1)所示。

填筑在淤泥、泥炭或淤泥质粘土层上的路堤，常因基底土层的高压缩性而下沉，或者在基底土层承载力显著不足时，发生侧面剪裂凸起，如图1-1中的2)所示。

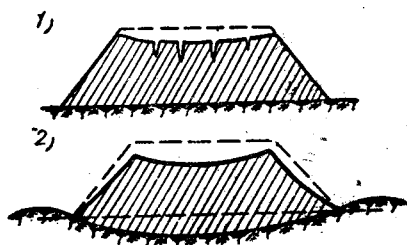


图1-1 路堤的沉陷与侧面凸起

路堤堤身内许多过湿处（水囊）的形成，也会引起路堤的沉陷。这些过湿处的形成，是由于在填筑路堤时，对于不同透水性的土没有采用有程序的填筑方法，或者是冬天采用了夹杂冻土块或带雪的土壤筑的缘故。

(二) 路基边坡的滑坍

在边坡部分，大块土体离开了路堤或路堑整体，在重力作用下沿滑坍面移动，如图1-2所示。

路基边坡过陡，不正确地按倾斜的层次来填筑路堤，或压实不足等等，都会造成边坡的滑坍。但是，在正常的修筑条件下，

产生滑坍最直接的原因乃是水的浸湿作用，特别是路堑、断面的开挖已使两侧边坡的土体失去了支承，水对坡面土体的浸湿一方面使土体的抗剪强度下降，另一方面又加重了土体，很容易造成滑坍。

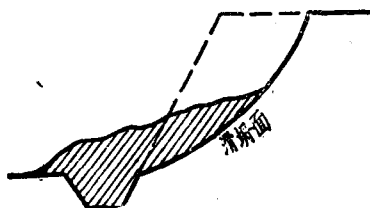


图1-2 路基边坡滑坍

(三) 路基边坡的崩坍

在山区风化较剧烈的陡山坡上或是在河流和冲沟两岸的陡坡上，有时岩块或土体会突然从岩体(土体)中崩离而下坠。崩坍体的大小可以相差很大。崩坍常常是由于风化作用破坏了岩体的结构，并减弱其各部分之间的粘聚力而造成的。水分的侵入，温度的变化则常常成为发生崩坍的直接原因。

坡脚处受到水的冲刷(或潜蚀)而被掏空，使土体失去支承，也常是土体发生崩坍的一个原因。

(四) 路基边坡的剥落

路基坡面的外露部分，感受大气的干湿和冷热作用，坡面上深度不大的土层便经常地产生胀缩现象，其结果是使这层表土成片状或成带状地从土体上剥落下来，堆在坡脚。在土体不均匀和易溶盐含量较大的土层(如黄土)，剥落的现象发生得较为普遍。

(五) 路堤沿山坡的滑动

修筑在山坡上的路堤，因地面坡度过陡，或因有水流浸湿而减少接触面上的摩阻力，就会发生整个或一部分路堤沿坡面滑动的破坏现象(图1-3)。

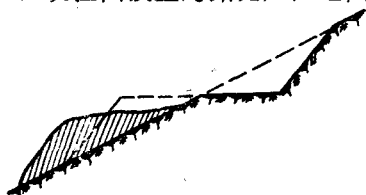


图1-3 路堤部分沿山坡滑坍

(六) 土基的沉降变形

在保證路基整体稳定性的条件下，土基受到行車和自然因素的影响而发生或多或少的沉降变形。其大小与土基的状态和土質，行車荷重的作用性質以及自然因素不利作用的严重程度等有关。由于路基强度和稳定性不足而产生的变形，直接反映到路面上，造成路面的变形与破坏。因此，必須把路基和路面很好地統一起来考虑，以滿足行車的要求。

产生上述各种变形的主要原因不外乎下列各項：

(1) 不良的工程地質和水文地質条件（如地层的构造、岩石风化的程度、地下水的潜蝕作用等）；

(2) 不利的气候及水文因素（降水、蒸发地下水、地面滯水及气温等方面）；

(3) 行車及自重的破坏作用；

(4) 施工未遵守规范的要求（如压实、填堆順序等方面）。

因此，在設計路基时，必須采取措施来消除或减小上述矛盾的不利影响，以保證路基滿足前述的三項基本要求。这些措施将在下面分別談到。

§ 1-3 路 基 用 土

路基是用当地材料修筑的。石质路基的材料为整体或碎块岩石，其强度及水稳定性較好，因此，这种路基除了整体稳定性可能不足外，在一般情况下是极为坚固而稳定的。

土基則是由土修筑的，它的工作能力取决于土粒的性質，它們的組合情况以及土粒間的联系。

不同粒径的土粒組成的土表现出不同的性質。目前公路上建議按照砂粒級(2~0.05毫米)的含量和塑性指数来划分土类，大大地簡化了試驗工作。按此原則划分的土，共为六个基本土类和十八个亚类。六个基本土类的划分列于表1-1；十八个亚类的标号列于附录表1。

公路土基本分类

表1-1

分类 编号	分类 名称	分类指标		
		>2毫米颗粒 含量 %	2~0.05毫米颗粒 含量 %	塑性指数
1	砾质土类	>10	—	—
2	砂土类	<10	—	<1
3	亚砂土类	<10	>50	1~7
4	粉砂土	<10	<50	1~7
			<40	1~17
5	亚粘土类	<10	<40	7~17
6	粘土类	<10	<50	>17

采用各类土修成的路基，其表现是各不相同的。

砂土没有塑性，具有良好的渗水性，遇水后毛细上升的高度很小，仅0.2~0.3米，具有较大的内摩阻系数。采用砂土修筑的路基，强度高，水稳定性较好。但由于砂土的粘性小，易于松散，车辆通过时容易产生较深的车辙。为了便于通车，可添加一些粘性大的土（粘土，泥炭等），以改善路基的使用质量。

粉质砂土比砂土含有较多数量的粉土粒。粉土粒含量越多，对路基性质的危害作用越大。因此，它比砂土的毛细上升大（0.3~0.6米），水稳定性较砂土差。气候干燥时，松散现象比砂土更厉害，不宜用来修筑路基，但可在其上铺筑粘土层以改善其使用质量。

亚砂土是修筑路基最合适的材料。它既能保持一定数量的粗颗粒（砂土粒），使路基具有足够的强度（内摩阻系数大）和水稳定性（毛细上升高度为0.3~0.6米）；又能保持一定数量的细颗粒，以使土具有一定的粘性（塑性指数为1~7），不致过分松散。亚砂土的粒径组成接近最佳级配，因之亚砂土修成的路基便于行车的压实作用，构成平整坚实的路基表面，雨天不泥濘，晴

天不揚塵。

粉土却是最差的路基材料。它含有較多的粉土粒，虽有一定数量的粘土和塑性（塑性指数1~7），但不易稳定。雨水多了易成流体状态（泥浆），旱天則尘土飛揚。毛细上升的高度很大，达0.8~1.5米，在季节性冰冻地区会造成很大的湿度累积，导致严重的冻胀和翻浆，因此它常常被称作翻浆土。在这些地区，遇到粉砂土而水文条件又不良时，应该設法換土。

亚粘土含有較多数量的粘土，有粘性，塑性指数为7~17，透水性差，是一种較好的路基材料。

粘土的粘性很大（塑性指数在17以上），不透水，干时很坚硬，不易浸湿。但浸湿后，又不易干燥。湿时强度下降甚剧。干湿循环时膨胀收缩引起的体积变化很大。压实性差，过干时成团块，不易破碎和压实；过湿时，又易压成弹簧土。因此，粘土路基施工較困难。

根据各类土的不同特性，在用它来修筑路基时，可以归纳为四个組別（表1-2）。每个土組依次表现出不同程度的强度和水稳定性。

路基土的性质不仅与土的粒径組成和塑性指数有关，而主要地还与土的成因类型有密切的关系。

路基土的分类是决定其使用品质的主要因素，但是土所处的状态在一定范围内和一定程度上，能够变动土的性质，使之具有不同的表现。

路基土的状态对其强度及稳定性的影响，首先表现在它的湿度上。由于土中細粒具有极易与水发生物理化学作用的表面特性，所以土中水分含量的变化，剧烈地影响土的性质。随着含水量的增长，首先是土的稠度状态发生变化。按照变化过程中所表现

土的組別 表1-2

土 組	土 的 名 称
甲	極細砂、亚砂土
乙	粉質砂土、細亚砂土
丙	亚粘土、重亚粘土、粘土
丁	粉土、粉質亚砂土、粉質亚粘土

的不同特性，可以把它划分为四个阶段：半固体、硬塑态、软塑态和液态。对于粘性土而言，这些状态都有一个比较固定的湿度界限，称之为临界湿度（以相对值——含水量绝对值 W 与液限 F 的比值表示）。粘性土各种状态与临界湿度的大致关系列于表1-3中。

不同稠度状态的土对外力抵抗能力是不同的。处在半固体状态时，土中水分很少，因此其强度特别高。但是其可塑性很小，如采用这类土来修

土的状态与相对湿度的关系 表1-3

状 态	相 对 湿 度 范 围 (W/F)
半固体	< 0.4
硬塑态	$0.4 \sim 0.7$
软塑态	$0.7 \sim 1.0$
液 态	> 1.0

筑路基，就会遇到很大的困难，也就是路基不易压实。由于土干而松，故遇水后强度急剧下降。在液态时，土过分潮湿，变成流动状态，完全失去了承载能力。硬塑和软塑状态是路基土常处的稠度范围。我们特别希望在修筑路堤时使土保持在硬塑状态，此时路基土便于压实到较大的密实度，而且压好的土对水也比较稳定。路基土在使用过程中一直保持在硬塑状态时，土便具有足够的强度，在行车荷重的作用下不致产生很大的形变。在软塑状态时，土不易压密，压实时易产生弹簧现象。土处于这种状态时，强度太低，变形很大。

土基为路堑时，通常并未破坏土的天然层次和结构。而在填筑路堤时，天然土层被挖松，土在长期的自然物理-机械作用下所获得的结构强度便遭到破坏。土的结构特性对保证土体的强度及水稳定有很大的作用。结构的破坏会使路堤的强度及水稳定性低于湿密度相同的路堑。然而，实际情况表明，土基在使用过程中，随着能变强度的恢复和结构粘聚力的再生，其强度及水稳定性会随时间而逐渐增长。老路基的强度和水稳定性要比新路基为高，就是证明。这是在路基设计中应该考虑到 的一个积极因素。

第二章 地質与水文地質条件对路基的影响

§ 2-1 地质与水文地质对路基設計的重要性

当地的地質构造是决定地基或路基岩层是否稳定的基本条件，地質构造不佳是造成路基滑坍、碎落和崩塌的因素。

由水文地質情况可以明确当地含水层的厚度和位置。对于地基和路基岩层的滑坍来講，水文地質条件差是一个最不利的因素。

正如工程实践指出，岩层的工程性質也是决定地基和路基稳定性的的重要因素。

因此，上述的三种因素，即地質构造、水文地質和岩层性質，是道路路基工程在地質方面所应研究的最重要課題。

由于填筑路堤和开挖路堑的結果，道路就改变了当地的地形。在山区中，不正确的道路修筑会破坏地形的天然平衡状态；在气候和水的影响下，会促成侵蝕地面的作用，而在道路路基附近会逐渐形成冲沟、滑坍、冲刷与崩塌的現象。因此，正确的設計就能有助于路基的稳定；不正确的設計不仅可能引起这些地区对道路的危害，并且会加强自然摧毁的过程。

在路基的設計和修筑工作中，我們應該制止或是迟緩当地地質条件对路基的破坏作用，最低限度也应该使它們的活动无害于路基的稳定。要做到这一点，首先必須仔細調查当地的地質情况，并全面地綜合考虑，然后才能正确地进行設計和修筑的工作。

§ 2-2 我国地质及水文地质的概况

根据我国气候和自然地理条件，我們可以分成七个不同地区，来概括地說明全国地質和水文地質的情况〔1〕。这七个地区

是：亚寒带冻土地区，寒温带湿润气候地区，半干旱气候地区，内陆干旱气候地区，暖温带潮湿气候地区，亚热带强烈潮湿气候地点以及内陆干寒气候的青藏高原地区。

亚寒带冻土地区包括大兴安岭北部的伊勒呼里山，嫩江上游的丘陵地，三河区的丘陵地以及内蒙古自治区的东北部。其中主要地带是兴安岭山地冻土地带呼伦贝尔草原冻土地带。

这一地区的地质构造，属于海西褶皱带，最北部则为海西基底上的燕山褶皱带，一般海拔在500至1000米，也有部分地区在1000米以上。兴安岭山地的岩层，自下而上有泥盆地地基，主要为砂岩、砾岩，另夹薄层石灰岩及頁岩。

冻土地带的地下水有冻土层上水（活动层）、深土层间水及冻土层下水。冻土活动层厚度一般为1.5至3.0米。在花崗岩及其他火成岩的裂隙中有裂隙潜水。

寒温带湿润气候地区西界大兴安岭西麓及太行山东麓，南与暖温带潮湿气候地区相接，东面临海，北面则与亚寒带冻土地区为界，整个地区包括大兴安岭、长白、小兴安岭山地、松嫩平原、辽河平原、冀热山地、辽东、山东丘陵地，华北平原及淮河平原等地。

在地质构造方面，本区大部属中朝地块，仅兴安岭及松嫩平原为海西褶皱带。这两地带皆受后期燕山运动的影响而形成山地、丘陵和平原。山地一般海拔为1000至2000米，丘陵海拔在300米左右，平原则在50米上下。至于岩层方面，自下而上有太古代、元古代的结晶基岩。

本区的特点主要是属于中等湿度的地区、受季节风的影响，广大平原地区潜水水位较高。长白、小兴安岭山地的水文地质特征有河流冲积层水，山间盆地冲积层水，冲积洪积层水，玄武岩及花崗岩风化裂隙水。

半干旱气候地区包括山西高原、河套与渭河平原、鄂尔多斯草原以及陕甘黄土高原等地，一般海拔在1000至1500米，山间盆地则在500米以下。

本区的地质构造包括山西地台与鄂尔多斯地台两个构造单位。山西地台是五台山、吕梁和中条山三个小型的古老地块。其间有盆地如宁武沁水和大同盆地。燕山期是本区主要的造山时期，鄂尔多斯地台在地形上是一个内陆盆地。除边缘部分外，地台上出露的新地层，只有轻微的褶皱。本区岩层自下而上有太古代的片麻岩及片岩。

本区水文地质学的潜水类型有冲积洪积层中的潜水、河流冲积层中的潜水，黄土层下部砂层与卵石层中的潜水，局部沙漠洼地中的潜水以及基岩风化裂隙带中的潜水。

内陆干旱气候地区包括很广，北面以蒙古人民共和国为界，西与苏联为界，东达大兴安岭的西麓，南沿山西高原及河套平原之北缘至贺兰山西麓并向西以祁连山北麓阿尔金山与崑崙山之北为界，主要有内蒙高原干草原地带，阴山山地、准噶尔与塔里木盆地及阿拉善地区沙漠石漠地带、北山及库鲁克山地、山前冲积洪积地带以及天山与阿尔泰山的山地。本区内的地势除山区外，大部为1000至2000米海拔的高原。地形主要为平缓的，起伏不大的沙漠高原，在山岭之间夹有许多大小不等的山间盆地。

本区的地质构造可分为四个构造单位，即塔里木地块、阿拉善地块、准噶尔地块和河西褶皱带。境内古老基岩出露不广，仅在山区出露，以结晶之古老片麻岩为主。

本区的水文地质情况有山麓坡积带的潜水、山前扇形冲积洪积带的潜水、盆地的细粒排水不良的沼泽地带以及冲积与风积带的潜水、除上述类型的水外，尚有基岩风化裂隙中的潜水。

暖温带潮湿气候地区位于我国东南部，北部界线由兰州以南张拉哈克山东麓开始，向北沿秦岭与熊耳山、大别山的北坡，以及长江淮河中间分水岭为界到沿海永昌镇；东部界限由永昌镇向南顺东南沿海为界；南部以南岭南麓为界；西部界限由西倾山东端至云南和四川省界盐边转为北东方向，经下关至中国和缅甸的国境交界处为止。整个地区主要包括秦巴淮阳山地，长江中下游冲积湖积平原，闽浙以火山岩系为主的山地、广西北部强烈喀斯

特化地帶、四川盆地、云貴高原以喀斯特为主的地帶以及鎮西橫断山脉的地帶。

本区的地質构造是属于中国南陆台，包括以下构造单元：秦岭、淮阳古陆、江南古陆、华夏古陆、揚子地台、康滇古陆、喜馬拉雅褶皺帶。秦岭地帶主要是受海西运动，也受到其他运动的影响，由北向南推进的逆渗断层非常明显。浙閩山地为华夏古陆的一部分，自震旦紀以来长期上升，基底由复杂的变質岩系組成，构造簡單，通常以单斜褶皺为其特征。长江中下游山地的地質构造是江南古陆和揚子地台两个单元，是一般的加里东褶皺区，广西北部地区是揚子陆台的一部，广西中部是比較安定的地区，平緩而开闊的褶皺甚为普遍，云貴高原曾受多輪迴的运动，岩层錯动非常剧烈，滇西地帶經過好几次地壳运动，第一次为海西运动，第二次为燕山运动，最后为喜馬拉雅运动，結果便形成現在的地形。

本区的岩石出露也比較复杂。在秦岭山区的岩石以元古代变質岩分布最广。第四紀地层在汉中谷地及南洋平原分布着洪积冲积层及冲积层。

本区水文地質情况是比較丰富的，第三紀地层的水均見于山間盆地中，石灰紀灰岩中的水为裂隙喀斯特水型。震旦紀灰岩中一般水量不大，长江中下游冲积层中广泛存在着潜水，水位埋藏深度自1至4米，含水层也比較厚。閩浙山区有基岩风化帶中的潜水，在山坡常有裂隙下降泉水。

亞热带强烈潮湿气候地区位于我国的南部，包括两广沿海岸冲积平原、雷州半島、珠江三角洲。在海洋中包括台湾、海南島及南海諸島。

本区的地質构造，在大陆部分包括加里东褶皺帶、属于华夏古陆东南滨海部分，向南延伸入海成为海島，东部海島为喜馬拉雅褶皺帶，雷州半島，海南島及台湾均有火山噴出，并有地震現象。

本区岩层情况，主要是花崗岩和玄武岩，分布于两广滨海平