

DB14

山 西 省 地 方 标 准

DB 14/T 1983—2020

普通干线公路重载交通隧道设计技术指南

2020 - 01 - 10 发布

2020 - 04 - 10 实施

山西省市场监督管理局

发 布

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 总则..... 2

5 隧道总体设计..... 2

6 隧道洞口设计..... 4

7 隧道明洞与棚洞设计..... 5

8 隧道衬砌结构设计..... 5

9 隧道防水与排水设计..... 5

10 隧道防灾救援通道设计..... 6

11 隧道路基与路面设计..... 6

12 隧道装饰设计..... 6

13 隧道运营管理设施设计..... 7

14 隧道交通安全设施设计..... 8

15 隧道改建与扩建设计..... 8

附录 A（资料性附录） 山西普通国省干线公路重载交通分布图..... 10

附录 B（资料性附录） 重载交通的等级划分..... 11

前 言

本标准依据GB/T 1.1-2009《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由山西省交通运输厅提出、归口并监督实施。

本标准主要起草单位：山西省公路局、山西省交通科学研究院。

本标准主要起草人：马德文、宋飞、翟卫东、许军、高新文、侯豪斌、魏平宽、韩大千、李晓妮、梁玉荣、刘聪慧、刘俊华、马融、王小杰、孙鹏、黄江、张彦飞、聂彦蓉、颜芳华、窦斌强、王维涛、平静芳、杨建国、苏鹏、宋俊涛、崔小茹、路平、张波。

普通干线公路重载交通隧道设计技术指南

1 范围

本标准提供了普通干线公路重载交通隧道设计的指导，给出了隧道总体设计和隧道洞口、明洞与棚洞、衬砌结构、防水与排水、防灾救援通道、路基路面结构、装饰、运营管理设施、交通安全设施以及改建与扩建设计的建议。

本标准适用于普通干线公路重载交通隧道的设计，三级、四级公路有重载交通设计需求的可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

JTG B01 公路工程技术标准

JTG 3370.1 公路隧道设计规范 第一册 土建工程

JTG D70/2 公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施

JTG D40 公路水泥混凝土路面设计规范

JTG D50 公路沥青路面设计规范

JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册（土建工程）

JTG /T D70 公路隧道设计细则

JTG /T D70/02—01 公路隧道照明设计细则

JTG /T D70/02—02 公路隧道通风设计细则

JTJ 002 公路工程名词术语

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

重载交通

将“设计使用年限内设计车道累计大型客车和货车交通量” $\geq 8 \times 10^6$ 辆、“典型货车（157+1127+115）日交通量” ≥ 1200 辆且“统计年份日平均当量轴次N1” ≥ 2100 次的交通组成定义为重载交通。

3.2

救援通道

与隧道主洞连接的小断面通道，用于隧道发生灾害事故时，帮助洞内人员安全撤离和洞外救援人员顺利到达事故发生点的通道。

4 总则

- 4.1 普通干线公路重载交通隧道设计除应符合本标准规定之外，尚应符合国家颁布的现行有关标准、规范的规定。
- 4.2 本指南适用于山西省普通干线公路重载交通隧道的设计，山西省普通国省干线公路重载分布情况参见附录 A，等级划分参见附录 B。
- 4.3 隧道设计应贯彻“安全、经济、节能、环保，提升品质、满足重载交通”的设计理念。
- 4.4 隧道设计应在满足结构设计安全和相关行业规范的前提下，积极慎重地采用新技术、新材料、新设备、新工艺。
- 4.5 干线公路重载交通隧道设计，应结合地形、地貌、地质、气象、人文环境、交通组成和重载车辆组成等特点综合比选。

5 隧道总体设计

5.1 一般规定

- 5.1.1 隧道设计应根据隧道的功能、定位，合理确定隧道建设规模、建筑限界及通风防灾方案。对城镇附近的隧道工程，可兼顾非机动车和人行通行要求。
- 5.1.2 隧道横断面设计应根据重载交通的特点、路段平面线形、纵断面线形，周边村庄出行情况等条件综合确定。
- 5.1.3 隧道改、扩建设计应在对既有隧道现状几何尺寸、病害、设施、运营安全情况的调研基础上，合理确定技术标准和技术方案。
- 5.1.4 隧道内外防排水系统应结合当地的水文地质条件、自然生态环境、洞外地形地貌和环保要求等，合理确定防排水设计原则。
- 5.1.5 普通干线隧道进出口应在不小于 3S 设计速度行程（且不小于 50m）长度范围内，禁止与其他道路设置平面交叉。
- 5.1.6 对于长度大于 3km 的二级干线公路隧道，宜采用双洞单向行驶设计；长度大于 1km、小于 3km 的二级干线公路隧道，在靠近城镇、人口密度较大的地区，应进行双洞与平行救援通道比选，择优选择。

5.2 隧道位置选择

- 5.2.1 垭口是越岭隧道线路方案的控制点，其工程地质和水文地质条件多较为复杂，应根据线路走向及地形、地质条件综合选择可供越岭的垭口，并尽可能垂直等高线穿越，避免和减少偏压。
- 5.2.2 隧道轴线不宜从采空区、煤系地层及具有膨胀性岩层穿越。
- 5.2.3 隧道轴线不宜从粉土和黏土结合面、土层和岩层结合面处穿越。
- 5.2.4 隧道洞口位置应根据地形、地质条件，结合环境、洞外有关工程、施工条件、营运等要求，通过技术、经济比较确定。

5.3 隧道线形设计

- 5.3.1 重载交通隧道采用设有超高的平曲线时，应满足货车对停车视距（其值参照表 1）和会车视距的要求。

表 1 货车停车视距

设计速度 (km/h)	120	100	80	60	40	30	20
一级公路	245m	180m	125m	85m	—	—	—
二级及以下公路	—	—	125m	85m	50m	35m	20m

表 2 货车停车视距下坡路段修正值

纵坡坡度 (%)		设计速度 (km/h)										
		120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20
下 坡 方 向	0	245m	210m	180m	150m	125m	100m	85m	65m	50m	35m	20m
	3	265m	225m	190m	160m	130m	105m	89m	66m	50m	35m	20m
	4	273m	230m	195m	161m	132m	106m	91m	67m	50m	35m	20m
	5	—	236m	200m	165m	136m	108m	93m	68m	50m	35m	20m
	6	—	—	—	169m	139m	110m	95m	69m	50m	35m	20m
	7	—	—	—	—	—	—	—	70m	50m	35m	20m
	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	35m	20m
	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20m

5.3.2 重载交通隧道下坡路段应满足下坡路段货车停车视距和会车视距的要求，货车停车视距在下坡段，应随着坡度大小进行修正，其值参照表 2。其会车视距应不小于停车视距的 2 倍。

5.3.3 隧道群范围内路基与隧道内路面宽度、结构宜保持一致，不宜频繁变化。

5.4 隧道横断面设计

5.4.1 普通干线公路重载交通隧道建筑限界如图 1 所示，普通干线公路交通隧道建筑限界应参照 JTG 3370.1 执行。

5.4.2 对靠近村镇、有可能存在机非混行的重载交通隧道，应根据交通量、隧道长度及交通安全等因素合理设置人行道或非机动车道。可对人行道进行适当加宽；当设置非机动车道时，其净宽应不小于 1.5m，与行车道之间应保留行车道的侧向宽度，同时应设置机非隔离护栏以确保安全。

单位为米

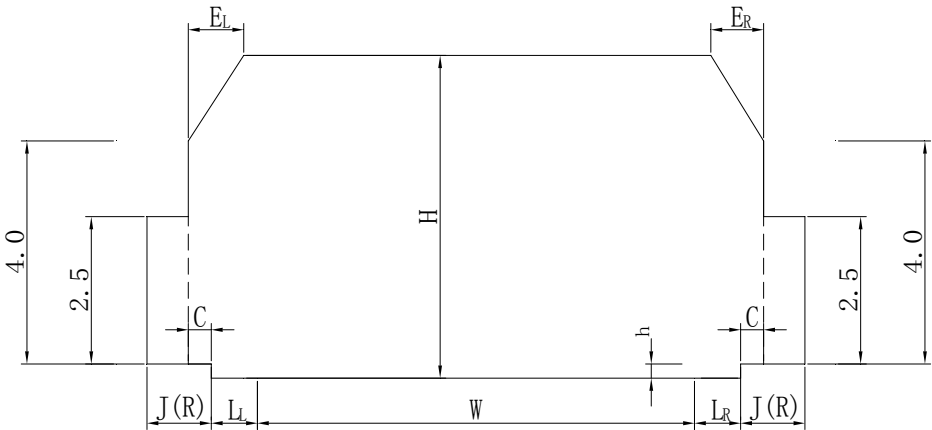


图 1 隧道建筑限界

表 3 普通干线公路重载交通隧道建筑限界横断面组成最小宽度

公路等级	设计速度 (km/h)	车道宽度 W (m)	侧向宽度 L (m)		余宽 C (m)	检修道 J (人行道 R) (m)		限界净宽 (m)
			左侧 L _L	右侧 L _R		左侧	右侧	
一级公路	80	3.75×2	0.50	0.75	0.25	1.00	1.00	10.75
	60	3.50×2	0.50	0.75	0.25	1.00	1.00	10.25
二级公路	80	3.75×2	0.75	0.75	0.25	1.00	1.00	11.00
	60	3.5×2	0.75	0.75	0.25	1.00	1.00	10.50
注：二级公路以下有重载交通需求的隧道横断面设计，可参考二级公路断面。								

5.4.3 分离式隧道车行、人行横通道尺寸及间距应根据隧道长度、设计交通量及疏散方式综合确定。车行横通道的断面应综合交叉方式、车辆的转弯半径以及防灾救援要求等因素确定。

5.4.4 车行横通道与主洞宜采用垂直方式相交时，车行横通道宽度不宜小于 6.5m，可采用标线代替两侧路缘石的设置。车行横通道与主洞采用斜交方式相交时，车行横通道宽度不宜小于 4.5m，可采用标线代替两侧路缘石的设置，如图 2 所示。

单位为厘米

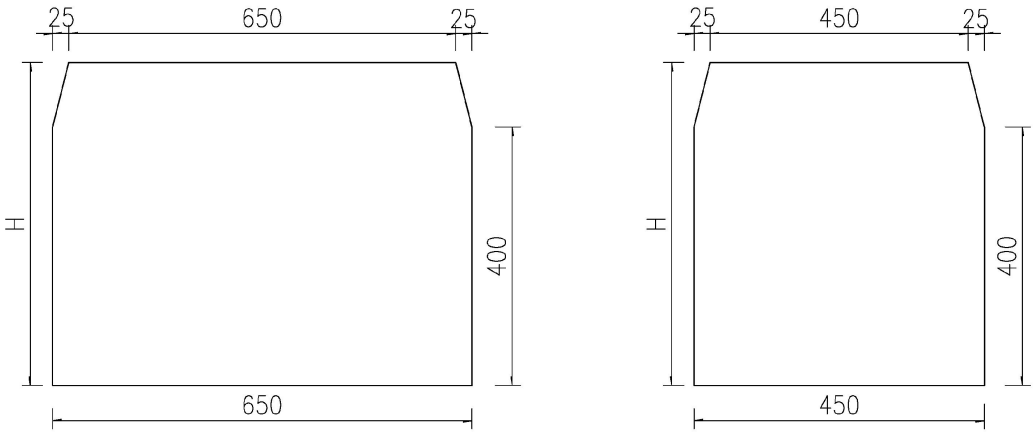


图 2 车行横通道建筑限界

5.5 隧道方案比选

5.5.1 对路线穿越垭口或沟谷的路段，当中心挖深较低但两侧挖深较高(大于 30m)时，宜进行路基与明洞、暗挖隧道方案的比选。

5.5.2 对沿河、沿溪和傍山路段，当地面横坡陡峻且单侧挖深较高(大于 30m)时，宜进行棚洞、半明半暗隧道方案与路基方案的比选。

6 隧道洞口设计

6.1 隧道洞门

6.1.1 采用端墙式洞门时，在满足支挡的条件下，宜选择薄壁式的洞门墙，降低对基底承载力的要求，减少运营期的病害。

6.1.2 洞顶排水系统应综合考虑施工期间和运营期间的特点，合理布设，综合利用，保障排水系统在全寿命周期的完整性、通畅性。

6.2 隧道洞口段

6.2.1 洞口施工应避免大开大挖，可采用半明半暗、零开挖等扰动较小的设计。洞门外两侧宜留存原状土体或增加反压土体，确保洞口边仰坡的稳定。

6.2.2 对偏压、斜交洞口宜采取明洞加长、半明半暗、体外挡墙、回填反压、地表加固等工程措施，减少边仰坡开挖高度和降低施工风险。

6.3 隧道洞口引道

双洞公路隧道洞口联络通道距洞口的距离不宜小于50m，且不宜小于3S设计速度行程长度+停车视距的长度。

7 隧道明洞与棚洞设计

7.1 棚洞结构优先采用拱形框架结构，顶部回填土厚度不宜小于1m。

7.2 棚洞设计应结合山体落石对周边环境的影响，必要时应设置防护网进行防护。

7.3 明洞及棚洞设计注意事项：

- a) 应以明洞或棚洞两端路基边坡的合理控制高度确定其设置长度。
- b) 明洞的回填高度应根据边仰坡稳定、山体地貌恢复情况综合确定，拱顶厚度一般不宜小于1.5m，且不宜大于6m。
- c) 单压式明洞和棚洞应进行滑动、倾覆稳定及地基承载力验算。
- d) 当山体存在落石风险时，应验算落石冲击荷载下的结构安全性。
- e) 当采用明洞方案通过滑坡地段时，明洞可按支挡工程设计，并结合滑坡推力，采取综合治理措施。

8 隧道衬砌结构设计

8.1 隧道衬砌设计应参照JTG 3370.1合理选择设计参数。

8.2 初期支护表层的平整度应满足 $D/L \leq 1/6$ （D为初期支护基层相邻两凸面凹进去的深度，L为两凸面的距离），减少由初期支护变异引起的应力集中。

8.3 在层状岩层中，系统锚杆的方向宜与岩层面垂直或呈大角度交角。

8.4 无仰拱段落隧道衬砌，应对拱脚处基底进行清理，保证拱脚放置在坚固的岩石面上，必要时应对基底进行加固处置。

9 隧道防水与排水设计

隧道地下水采用两侧排水沟时，应结合最冷月份平均气温和冻土深度选择其埋置深度和保温措施。最冷月份平均气温在 -10°C 以上宜采用保温式侧沟，放置在路侧边沟下方；最冷月气温在 -10°C 以下，侧沟埋置深度不满足冻深要求时，应采取必要的保温设施或采用中心排水沟。

10 隧道防灾救援通道设计

10.1 平行救援通道可兼作行人通道和非机动车专用通道。

10.2 平行救援通道断面宜结合交通量、机电设施、救援等功能需求综合设置，净宽不宜小于 4.5m。

10.3 傍山隧道的救援通道可利用地形条件，斜向通向地面。

11 隧道路基与路面设计

11.1 干线公路重载交通隧道路基、路面应根据重载车辆的特点，结合抗滑、抗车辙、抗疲劳等要求后综合确定。

11.2 干线公路重载交通隧道宜采用沥青混凝土上面层与混凝土下面层组成的复合式路面，也可采用水泥混凝土路面，并符合 JTG D40 的相关规定及重载交通道路的要求。

11.3 复合式路面应符合下列规定：

- a) 沥青混凝土面层宜采用抗滑耐磨、粘附性良好的集料。
- b) 水泥混凝土面板宜进行铣刨或抛丸处理，处理后表面构造深度应达到 $0.4\text{mm}\sim 0.8\text{mm}$ ，确保沥青混凝土面层与水泥混凝土面板间有良好的黏结性能。
- c) 水泥混凝土面板表面宜洒布快裂式 SBS 改性乳化沥青粘层油，洒布量宜为 $0.4\text{L}/\text{m}^2\sim 0.6\text{L}/\text{m}^2$ 。
- d) 隧道重载交通路面结构设计应重点控制沥青混合料层永久变形量、沥青混合料层疲劳开裂破坏。
- e) 沥青混凝土面层厚度宜不小于 90mm，且宜为双层改性沥青面层。
- f) 沥青混凝土面层宜选用 SMA 混合料，且宜掺加矿物纤维稳定剂。

11.4 水泥混凝土路面应符合下列规定：

- a) 荷载等级为重载交通一级时，宜采用钢筋混凝土面层或连续配筋混凝土面层，面层厚度宜不小于 28cm。纵向、横向钢筋均采用带肋钢筋，钢筋直径应大于 12mm，且宜为 16mm $\sim$ 20mm。
- b) 荷载等级为重载交通二、三级时，宜采用钢筋混凝土面层或连续配筋混凝土面层，面层厚度宜不小于 26cm。
- c) 水泥混凝土路面表面构造应采用刻槽、压槽、拉槽等方法制作，表面构造深度宜为 $0.8\text{mm}\sim 1.2\text{mm}$ 。
- d) 胀缝、施工缝和自由边的面层角隅及锐角面层角隅，宜配置角隅钢筋。
- e) 水泥混凝土的强度以 28d 龄期的弯拉强度控制。荷载等级为重载交通一级时，弯拉强度标准值不得低于 5.5MPa，荷载等级为重载交通二、三级时，弯拉强度标准值不得低于 5.0MPa。

12 隧道装饰设计

12.1 隧道内装饰材料一般情况下可采用反光漆及防火涂料。

12.2 隧道装饰一般应符合如下规定：

- a) 内装饰材料特征：无机材料，高温下无毒、无异味、不燃烧，具有良好耐久性，能经受至少三个月一次的压力水冲洗表面，外表美观，便于快速施工。

- b) 边墙检修道以上 2.5m 高度范围内应采用反射率较高的漫反射装饰材料，墙面反射率不宜低于 0.7，且宜采用浅色装饰材料。
- c) 长隧道内装饰表面的摩阻系数应不导致通风设备的明显增加，以节约运营费用。
- d) 隧道洞门端墙涂装宜采用真石漆，并尽可能的与周边环境协调。

13 隧道运营管理设施设计

13.1 运营管理设施总体设计

13.1.1 隧道运营管理设施主要包括隧道通风、照明、消防系统、监控系统、供配电系统、标志标线和管理用房等。系统的设置应依据 JTG 3370.1、JTG D70/2 和其它有关标准规范进行设计。

13.1.2 隧道运营管理设施设计应重点结合以下几方面：

- a) 干线公路重载交通隧道附属工程设计应充分考虑隧道主体工程的特点，与主体工程设计相协调，使人、车、路、环境和附属工程设施组成有机统一的交通系统。
- b) 在进行方案比选时，应结合重载交通隧道内潮湿、烟尘大、腐蚀性强等恶劣环境因素，确保整个设施系统可靠性高、寿命长。
- c) 为了提高重载交通隧道机电系统运行的可靠度，避免遭受雷电侵害，应重视隧道机电系统的接地与防雷方案设计。
- d) 干线公路重载交通隧道在交通工程与附属设施配置上宜提高一个等级，交通工程设施配置应执行 JTG D70/2。

13.2 隧道通风设施

13.2.1 干线公路重载交通隧道通风卫生标准应执行 JTG D70/2。

13.2.2 隧道通风应结合重载车辆车速慢、断面大、排放量大的特点，按实际车辆运行速度合理确定车速控制工况、汽车等效阻抗面积和烟雾烟尘排放的标准。

13.2.3 隧道需风量计算时，须结合重载车辆烟雾排放量大和烟尘易造成污染等因素。

13.3 隧道照明设施

13.3.1 干线公路重载交通隧道照明设置应考虑光学长隧道的影响。

13.3.2 1 隧道在靠近村庄、城镇附近照明亮度应参照人车混行的工况执行。

13.3.3 隧道照明灯具宜选择透雾性强的光源。

13.3.4 隧道照明设计时速应取本路段设计时速，若本路段设计时速大于 80km/h，宜采用 80km/h 标准。人车混行隧道的基本段照明亮度应不小于 2.5cd/m²标准。

13.3.5 隧道照明计算反射率：检修道以上 2.5m 高度范围取 60%~70%，拱部取 25%。

13.4 隧道监控设施

13.4.1 隧道监控系统遵循 JTG D70/2 的分级要求进行配置。监控系统设计内容包括外场设备布设方案、隧道监控站及系统构成。监控设施按一次设计分期实施的原则进行，预留预埋按规范规定完全配置的要求进行设计。

13.4.2 重载隧道应加强监控设施，短隧道宜在进出口设置视频监控，中长隧道应在进出口和中间段落设置视频监控，监控的位置设置参照现行规范执行。

13.4.3 为了保证各监控设备的监控数据传输的可靠性和实时性，隧道的控制网络结构方案推荐采用环形冗余结构，环形冗余结构当线路上有一个断点时，整个网络仍可正常通讯。

14 隧道交通安全设施设计

- 14.1 重载交通隧道可采用轮廓反光环，反光环间距宜取 250m~375m，反光环选材应避免产生眩光。
- 14.2 重载隧道进出口路侧护栏应设置过渡段与隧道内行车道顺接，过渡段长度应参照规范相关要求执行，护栏防护等级应不低于五级。

15 隧道改建与扩建设计

15.1 一般规定

- 15.1.1 应在调查研究的基础上合理确定重载交通隧道改扩建技术标准。原则上改扩建工程应按新标准进行。若既有隧道技术条件复杂，按新建标准改扩建困难时，为节约工程造价，可按原有标准执行。对于增建隧道，则应以新建标准建设。
- 15.1.2 本着经济节约的原则，对既有的工程设备，在有条件利用时要尽量利用。对一些可随交通量增长而逐步改建或扩建的工程（如机电工程），则可考虑分期修建。
- 15.1.3 应做好重载交通隧道改扩建施工期间的交通组织设计，维持既有道路运营不受中断或尽量减少对运营的干扰。

15.2 土建工程改扩建

15.2.1 隧道高度不够的改扩建方案

15.2.1.1 局部凿除改扩建方案

- 15.2.1.1.1 当隧道内轮廓仅高度不满足行车要求，隧道围岩稳定且其侵入限界的值只有衬砌断面厚度的一小部份时，在局部凿除不影响衬砌结构安全的前提下，可采用此方案。
- 15.2.1.1.2 施工时可采用局部临时支顶措施。为防止防水层的破坏，在凿除前的锚杆或注浆措施应谨慎采用。凿除后应设置钢筋网或碳纤维加固，表面可用水泥砂浆抹平。
- 15.2.1.1.3 拱圈有受力性裂缝时，则应进行慎重的研究分析，当危及结构稳定时，不宜采用此方案。

15.2.1.2 落底改扩建方案

当隧道净空高度与要求限界相差较多时，可采用线路降坡的方案。

15.2.1.3 挑顶改扩建方案

- 15.2.1.3.1 当既有隧道围岩状况较好，衬砌也较完好，而洞外条件复杂使降坡落底方案难于实施时，可采用此方案。
- 15.2.1.3.2 施工时拆除整个或部份旧拱圈，扩挖拱部，再修筑新拱圈。施工前须用钢架支撑加固原衬砌。如围岩破碎，应采用分段分块间隔施工，每段长宜为 2m~4m。
- 15.2.1.3.3 如挑顶高度较大，岩层松软，可采用超前小导管注浆加固，再跳跃分段扩大拱部，并架立钢架支撑，然后拆除旧拱，修筑新拱圈。

15.2.2 隧道宽度不够的改扩建方案

15.2.2.1 局部凿除改扩建方案

- 15.2.2.1.1 当围岩状况较好且衬砌完好，凿除部份衬砌后不会影响整个衬砌结构的安全与稳定时，可采用此方案。

15.2.2.1.2 根据线路中线位置，采用单侧或双侧凿除，设置钢筋网或碳纤维加固，表面以水泥砂浆抹平，必要时，在凿除前可用锚杆或注浆加固，但应对防水层进行必要的处理。

15.2.2.2 利用部份旧拱圈，拆除一侧边墙方案

15.2.2.2.1 当宽度相差较大时，根据既有隧道衬砌结构情况，经调整线路中线，使加宽工作在隧道的一侧进行，可采用此方案。

15.2.2.2.2 全部工作一般应在注浆及钢架支撑加固衬砌后，采用分段间隔（每段长 2m~4m）的方式进行施工。

15.2.3 隧道高、宽度均不够的改扩建方案

15.2.3.1 利用部份原有衬砌改扩建方案

15.2.3.1.1 拆除旧拱圈，仅保留一侧边墙。

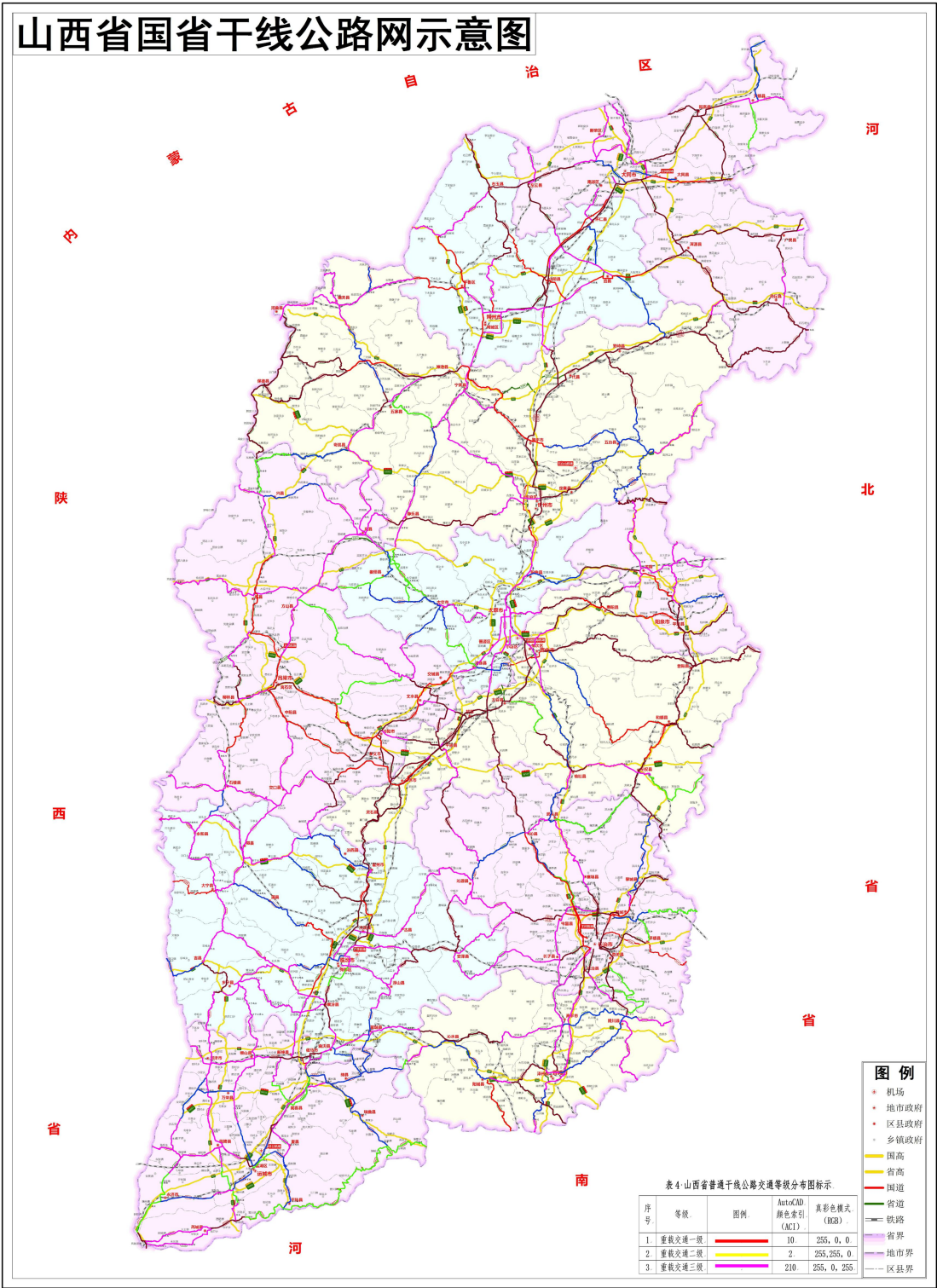
15.2.3.1.2 施工时一般采用分段扩挖，每段长 2m~4m。

15.2.3.2 全部改扩建方案

15.2.3.2.1 由上而下扩挖的先拱后墙法，适用于土质及软弱破碎围岩地段。扩挖前，须用钢架支撑加固旧衬砌，直到新衬砌全部修筑完成后才最后拆除旧衬砌。

15.2.3.2.2 由下而上扩挖的先墙后拱法，适用于围岩较好地段。旧衬砌除用钢架支撑加固外，在边墙部位扩挖时，应用横撑加固，以防止边墙向外变形。同时待新衬砌全部修筑完成后，才拆除旧衬砌。

附 录 A
(资料性附录)
山西普通国省干线公路重载交通分布图



附 录 B
(资料性附录)
重载交通的等级划分

- B.1 当“设计使用年限内设计车道累计大型客车和货车交通量” $\geq 8 \times 10^6$ 辆可判定为“重交通”；在满足“重交通”前提下，“典型货车（157+1127+ 115）日交通量” ≥ 1200 辆时，即可判定为“重载交通”。
- B.2 有条件情况下，将“统计年份日平均当量轴次N1”作为“重载交通”验算指标，当“统计年份日平均当量轴次N1” ≥ 2100 次，可判定为“重载交通”。
- B.3 重载交通共分为三级，分别为重载交通一级、重载交通二级、重载交通三级，划分标准见详表B.1。

表 B.1 重载交通等级划分标准

序号	重载交通等级	设计使用年限内设计车道累计大型客车和货车交通量（ $\times 10^6$ ，辆）	典型货车日交通量（辆）
1	重载交通一级	≥ 50.0	≥ 6000
2	重载交通二级	19.0~50.0	2500~6000
3	重载交通三级	8.0~19.0	1200~2500
注：没有重载交通实际数据的情况下，可参照“山西普通国省干线公路重载交通分布图”进行划分。			

- B.4 典型货车（157+1127+ 115）日交通量是指货车轴型为115型、157型、1127型的货车日交通量的总和。